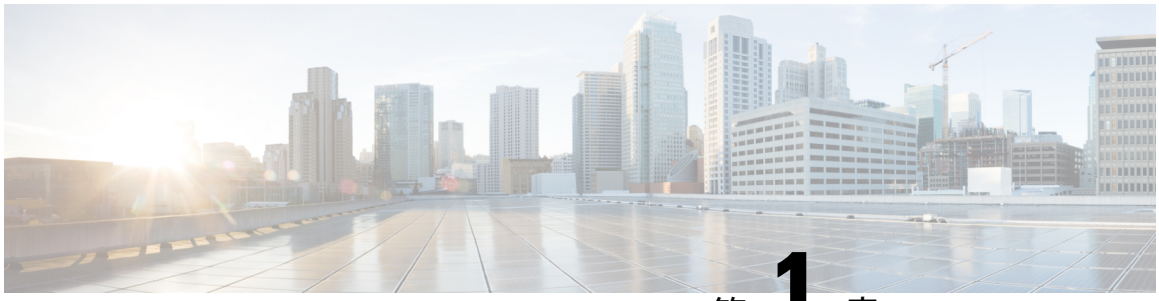
Cisco IOS XE Bengaluru 17.4.x（Catalyst 9200 スイッチ）レイヤ 2 コンフィギュレーション ガイド

初版：2020 年 11 月 30 日

シスコシステムズ合同会社
〒107-6227 東京都港区赤坂9-7-1 ミッドタウン・タワー
http://www.cisco.com/jp
お問い合わせ先：シスコ コンタクトセンター
0120-092-255 （フリーコール、携帯・PHS含む）
電話受付時間：平日 10:00～12:00、13:00～17:00
http://www.cisco.com/jp/go/contactcenter/

【注意】シスコ製品をご使用になる前に、安全上の注意（**www.cisco.com/jp/go/safety_warning/**）をご確認ください。本書は、米国シスコ発行ドキュメントの参考和訳です。リンク情報につきましては、日本語版掲載時点で、英語版にアップデートがあり、リンク先のページが移動/変更されている場合がありますことをご了承ください。あくまでも参考和訳となりますので、正式な内容については米国サイトのドキュメントを参照ください。また、契約等の記述については、弊社販売パートナー、または、弊社担当者にご確認ください。

目 次



第 1 章

スパニングツリー プロトコルの設定

この章では、Catalystデバイスのポートベース VLAN 上でスパニングツリープロトコル（STP）を設定する方法について説明します。このデバイスは、IEEE 802.1D 標準に準拠した Per-VLAN Spanning-Tree plus（PVST+）とシスコ独自の拡張機能の組み合わせか、もしくは IEEE 802.1w 標準に準拠した Rapid Per-VLAN Spanning-Tree plus（Rapid PVST+）プロトコルのいずれかを使用できます。デバイススタックは、ネットワークのその他の部分に対しては単一のスパニングツリーノードに見え、すべてのスタックメンバが同一のブリッジ ID を使用します。

スパニングツリープロトコルの制約事項

- ルートデバイスとしてデバイスを設定しようとする場合、ルートデバイスにするために必要な値が 1 未満だと、失敗します。
- ネットワークが、拡張システム ID をサポートするデバイスとサポートしないものの両方で構成されている場合、拡張システム ID をサポートするデバイスがルートデバイスになる可能性は低くなります。古いソフトウェアを実行している接続デバイスのプライオリティより VLAN 番号が大きい場合は常に、拡張システム ID によってデバイスプライオリティ値が増加します。
- 各スパニングツリーインスタンスのルートデバイスは、バックボーンまたはディストリビューション デバイスでなければなりません。アクセスデバイスをスパニングツリー プライマリ ルートとして設定しないでください。

スパニング ツリー プロトコルに関する情報

ここでは、スパニングツリープロトコルについて説明します。

スパニングツリー プロトコル

スパニングツリープロトコル（STP）は、ネットワーク内のループを回避しながらパスを冗長化するためのレイヤ2リンク管理プロトコルです。レイヤ2イーサネット ネットワークが正常に動作するには、任意の2つのステーション間で存在できるアクティブ パスは1つだけです。エンドステーション間に複数のアクティブパスがあると、ネットワークにループが生じます。このループがネットワークに発生すると、エンドステーションにメッセージが重複して到着する可能性があります。デバイスは、複数のレイヤ 2 インターフェイスのエンドステーション MAC アドレスを学習する可能性もあります。このような状況によって、ネットワークが不安定になります。スパニングツリーの動作は透過的であり、エンドステーション側で、単一LAN セグメントに接続されているのか、複数セグメントからなるスイッチド LAN に接続されているのかを検出することはできません。

STPは、スパニングツリーアルゴリズムを使用し、スパニングツリーのルートとして冗長接続ネットワーク内のデバイスを1つ選択します。アルゴリズムは、次に基づき、各ポートに役割を割り当て、スイッチド レイヤ 2 ネットワークを介して最良のループフリー パスを算出します。 アクティブ トポロジでのポートの役割：

- ルート：スパニングツリー トポロジに対して選定される転送ポート
- 指定：各スイッチド LAN セグメントに対して選定される転送ポート
- 代替：スパニングツリーのルート ブリッジへの代替パスとなるブロック ポート
- バックアップ：ループバック コンフィギュレーションのブロック ポート

すべてのポートに役割が指定されているデバイス、またはバックアップの役割が指定されているデバイスはルートデバイスです。 少なくとも*1*つのポートに役割が指定されているデバイスは、指定デバイスを意味します。

冗長データ パスはスパニングツリーによって、強制的にスタンバイ（ブロックされた）ステートにされます。スパニングツリーのネットワーク セグメントでエラーが発生したときに冗長パスが存在する場合は、スパニングツリー アルゴリズムがスパニングツリー トポロジを再計算し、スタンバイ パスをアクティブにします。デバイスは、スパニングツリーフレーム（ブリッジ プロトコル データ ユニット（BPDU）と呼ばれる）を定期間隔で送受信します。デバイスはこれらのフレームを転送せずに、ループのないパスを構成するために使用します。 BPDUには、送信側デバイスおよびそのポートについて、デバイスおよび MAC アドレス、デバイスプライオリティ、ポートプライオリティ、パスコストなどの情報が含まれます。スパニングツリーはこの情報を使用して、スイッチドネットワーク用のルートデバイスおよびルートポートを選定し、さらに、各スイッチドセグメントのルートポートおよび指定ポートを選定します。

デバイスの 2 つのポートがループの一部である場合、 spanning-tree および、パス コスト設定は、どのポートがフォワーディング ステートになるか、およびどのポートがブロッキング ス

テートになるかを制御します。スパニングツリー ポート プライオリティ値は、ネットワークトポロジにおけるポートの位置とともに、トラフィック転送におけるポートの位置がどれだけ適切であるかを表します。コスト値は、 メディア速度を表します。

（注） ロングパスコスト方式は、デフォルトのSTPパスコスト方式です。

（注） デフォルトでは、Small Form-Factor Pluggable（SFP）モジュールを備えていないインターフェイスにだけ、デバイスが（接続が稼働していることを確認するために）キープアライブメッセージを送信します。[**no**] **keepalive** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドをキーワードなしで入力すると、インターフェイスのデフォルトを変更できます。

スパニングツリー トポロジと BPDU

スイッチド ネットワーク内の安定したアクティブ スパニングツリー トポロジは、次の要素によって制御されます。

- デバイス上の各 VLAN に関連付けられた一意のブリッジ ID（デバイスプライオリティおよび MAC アドレス）。スイッチスタックでは、任意のスパニング ツリー インスタンスに対し、すべてのスイッチが同一のブリッジ ID を使用します。
- ルートデバイスに対するスパニングツリーパスコスト。
- 各レイヤ 2 インターフェイスに対応付けられたポート ID（ポート プライオリティおよび MAC アドレス）。

ネットワーク内のデバイスに電源が入ると、各機能はルートデバイスとして機能します。各デバイスは、そのすべてのポートからコンフィギュレーション BPDU を送信します。BPDU によって通信が行われ、スパニングツリー トポロジが計算されます。各設定 BPDU には、次の情報が含まれています。

- 送信デバイスがルートデバイスとして識別するデバイスの一意のブリッジ ID。
- ルートまでのスパニングツリー パス コスト
- 送信デバイスのブリッジ ID
- メッセージ エージ
- 送信側インターフェイス ID
- hello タイマー、転送遅延タイマー、および max-age プロトコル タイマーの値

デバイスは、優位な情報（より小さいブリッジ ID、より低いパスコストなど）が含まれているコンフィギュレーションBPDUを受信すると、そのポートに対する情報を保存します。このBPDUをデバイスのルートポート上で受信した場合、そのデバイスが指定デバイスとなっているすべての接続 LAN に、更新したメッセージを付けて BPDU を転送します。

デバイスは、そのポートに現在保存されている情報よりも下位の情報を含むコンフィギュレーション BPDU を受信した場合は、その BPDU を廃棄します。デバイスが下位 BPDU を受信した LAN の指定デバイスである場合、そのポートに保存されている最新情報を含む BPDU をその LAN に送信します。このようにして下位情報は廃棄され、優位情報がネットワークで伝播されます。

BPDU の交換によって、次の処理が行われます。

- ネットワーク内の 1 つのデバイスが ルート スイッチ（スイッチド ネットワークのスパニングツリートポロジーの論理的な中心）。箇条書きの項目の下の図を参照してください。

  VLAN ごとに、デバイスプライオリティが最も高い（最も小さい数字の優先順位の値）デバイスがルートスイッチとして選択されます。すべてのデバイスがデフォルトのプライオリティ（32768）で設定されている場合、VLAN 内で MAC アドレスの最も小さいデバイスがルートデバイスになります。デバイスのプライオリティ値は、ブリッジ ID の最上位ビットを占めます。

- デバイスごとに（ルートスイッチを除く）、ルートポートが 1 つ選択されます。このポートは、デバイスがルートスイッチにパケットを転送するとき、最適な（コストが最小の）パスを提供します。

- ルートスイッチへの最短距離は、パスコストに基づいてデバイスごとに計算されます。

- LAN セグメントごとに指定デバイスが選択されます。指定デバイスは、その LAN からルートスイッチにパケットを転送するときの最小パスコストを提供します。指定デバイスが LAN への接続に使用したポートは、指定ポートと呼ばれます。

スイッチド ネットワーク上のすべての地点からルート スイッチに到達する場合に必要のないパスはすべて、スパニングツリー ブロッキング モードになります。

ブリッジ ID、デバイス プライオリティ、および拡張システム ID

IEEE 802.1D 標準では、それぞれのデバイスに固有の ルートスイッチの選択を制御するブリッジ識別子（ブリッジ ID）が必要です。各 VLAN は PVST+ と Rapid PVST+ によって異なる論理ブリッジと見なされるので、同一のデバイスは設定された各 VLAN とは異なるブリッジ ID を保有している必要があります。デバイス上の各 VLAN には一意の 8 バイトブリッジ ID が設定されます。上位の 2 バイトはデバイスプライオリティに使用され、残りの 6 バイトがデバイスの MAC アドレスから取得されます。

従来はデバイスプライオリティに使用されていた 2 バイトが、4 ビットのプライオリティ値と 12 ビットの拡張システム ID 値（VLAN ID と同じ）に割り当てられています。

表 *1*: デバイス プライオリティ値および拡張システム *ID*

プライオリティ値				拡張システム ID（VLAN ID と同設定）											
ビット 16	ビット 15	ビット 14	ビット 13	ビット 12	ビット 11	ビット 10	ビット 9	ビット 8	ビット 7	ビット 6	ビット 5	ビット 4	ビット 3	ビット 2	ビット 1
32768	16384	8192	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1

スパニングツリーは、ブリッジ ID を VLAN ごとに一意にするために、拡張システム ID、デバイスプライオリティ、および割り当てられたスパニングツリー MAC アドレスを使用します。

拡張システム ID のサポートにより、ルート スイッチ、セカンダリ ルート スイッチ、および VLAN のスイッチ プライオリティの手動での設定方法に影響が生じます。たとえば、スイッチのプライオリティ値を変更すると、ルート スイッチとして選定される可能性も変更されることになります。大きい値を設定すると可能性が低下し、値が小さいと可能性が増大します。

ポート プライオリティとパス コスト

ループが発生した場合、スパニングツリーはポートプライオリティを使用して、フォワーディング ステートにするインターフェイスを選択します。最初に選択されるインターフェイスには高いプライオリティ値（小さい数値）を割り当て、最後に選択されるインターフェイスには低いプライオリティ値（高い数値）を割り当てることができます。すべてのインターフェイスに同じプライオリティ値が与えられている場合、スパニングツリーはインターフェイス番号が最小のインターフェイスをフォワーディング ステートにし、他のインターフェイスをブロックします。

スパニングツリー パス コストのデフォルト値は、インターフェイスのメディア速度に基づきます。ループが発生した場合、スパニングツリーはコストを使用して、フォワーディング ステートにするインターフェイスを選択します。最初に選択されるインターフェイスには低いコスト値を割り当て、最後に選択されるインターフェイスには高いコスト値を割り当てることができます。すべてのインターフェイスに同じコスト値が与えられている場合、スパニングツリーはインターフェイス番号が最小のインターフェイスをフォワーディング ステートにし、他のインターフェイスをブロックします。

デバイスがスイッチスタックのメンバーの場合は、最初に選択させたいインターフェイスには小さいコスト値を与え、最後に選択させたいインターフェイスには（ポートプライオリティを調整せずに）大きいコスト値を与えます。詳細については、関連項目を参照してください。

スパニングツリー インターフェイス ステート

プロトコル情報がスイッチド LAN を通過するとき、伝播遅延が生じることがあります。その結果、スイッチド ネットワークのさまざまな時点および場所でトポロジーの変化が発生します。インターフェイスがスパニングツリートポロジに含まれていない状態からフォワーディング ステートに直接移行すると、一時的にデータ ループが形成されることがあります。インター

フェイスは新しいトポロジ情報がスイッチド LAN 上で伝播されるまで待機し、フレーム転送を開始する必要があります。インターフェイスはさらに、古いトポロジで使用されていた転送フレームのフレーム存続時間を満了させることも必要です。

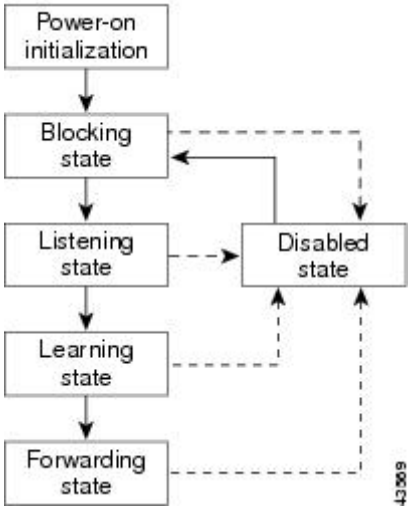
スパニングツリーを使用しているデバイスの各レイヤ2インターフェイスは、次のいずれかのステートになります。

- ブロッキング：インターフェイスはフレーム転送に関与しません。
- リスニング：インターフェイスをフレーム転送に関与させることをスパニングツリーが決定した場合、ブロッキング ステートから最初に移行するステートです。
- ラーニング：インターフェイスはフレーム転送に関与する準備をしている状態です。
- フォワーディング：インターフェイスはフレームを転送します。
- ディセーブル：インターフェイスはスパニングツリーに含まれません。シャットダウンポートであるか、ポート上にリンクがないか、またはポート上でスパニングツリーインスタンスが稼働していないためです。

インターフェイスは次のように、ステートを移行します。

- 初期化からブロッキング
- ブロッキングからリスニングまたはディセーブル
- リスニングからラーニングまたはディセーブル
- ラーニングからフォワーディングまたはディセーブル
- フォワーディングからディセーブル

図 *1:* スパニングツリー インターフェイス ステート



インターフェイスはこれらのステート間を移動します。

デフォルト設定では、デバイスを起動するとスパニングツリーがイネーブルになります。その後、デバイスの各インターフェイス、VLAN、ネットワークがブロッキングステートからリス

ニングおよびラーニングという移行ステートを通過します。スパニングツリーは、フォワーディング ステートまたはブロッキング ステートで各インターフェイスを安定させます。

スパニングツリー アルゴリズムがレイヤ 2 インターフェイスをフォワーディング ステートにする場合、次のプロセスが発生します。

1. スパニングツリーがインターフェイスをブロッキング ステートに移行させるプロトコル情報を待つ間、インターフェイスはリスニング ステートになります。
2. スパニングツリーは転送遅延タイマーの満了を待ち、インターフェイスをラーニング ステートに移行させ、転送遅延タイマーをリセットします。
3. ラーニングステートの間、デバイスが転送データベースのエンドステーションの位置情報を学習しているとき、インターフェイスはフレーム転送をブロックし続けます。
4. 転送遅延タイマーが満了すると、スパニングツリーはインターフェイスをフォワーディング ステートに移行させ、このときラーニングとフレーム転送の両方が可能になります。

ブロッキング ステート

ブロッキング ステートのレイヤ2インターフェイスはフレームの転送に関与しません。初期化後、デバイスの各インターフェイスにBPDUが送信されます。デバイスは最初、他のデバイスとBPDUを交換するまで、ルートとして動作します。この交換により、ネットワーク内でどのデバイスがルートまたはルートデバイスになるかが確立されます。ネットワーク内にデバイスが1つしかない場合は交換は行われず、転送遅延タイマーが満了し、インターフェイスがリスニングステートになります。インターフェイスはデバイスの初期化後、必ずブロッキングステートになります。

ブロッキング ステートのインターフェイスは、次の機能を実行します。

- インターフェイス上で受信したフレームを廃棄します。
- 転送用に他のインターフェイスからスイッチングされたフレームを廃棄します。
- アドレスを学習しません。
- BPDU を受信します。

リスニング ステート

リスニング ステートは、ブロッキング ステートを経て、レイヤ 2 インターフェイスが最初に移行するステートです。インターフェイスがリスニング ステートになるのは、スパニングツリーによってそのインターフェイスのフレーム転送への関与が決定された場合です。

リスニング ステートのインターフェイスは、次の機能を実行します。

- インターフェイス上で受信したフレームを廃棄します。
- 転送用に他のインターフェイスからスイッチングされたフレームを廃棄します。
- アドレスを学習しません。
- BPDU を受信します。

ラーニング ステート

ラーニング ステートのレイヤ2インターフェイスは、フレームの転送に関与できるように準備します。インターフェイスはリスニング ステートからラーニング ステートに移行します。

ラーニング ステートのインターフェイスは、次の機能を実行します。

- インターフェイス上で受信したフレームを廃棄します。
- 転送用に他のインターフェイスからスイッチングされたフレームを廃棄します。
- アドレスを学習します。
- BPDU を受信します。

フォワーディング ステート

フォワーディング ステートのレイヤ2インターフェイスは、フレームを転送します。インターフェイスはラーニング ステートからフォワーディング ステートに移行します。

フォワーディング ステートのインターフェイスは、次の機能を実行します。

- インターフェイス上でフレームを受信して転送します。
- 他のインターフェイスからスイッチングされたフレームを転送します。
- アドレスを学習します。
- BPDU を受信します。

ディセーブル ステート

ブロッキング ステートのレイヤ2インターフェイスは、フレームの転送やスパニングツリーに関与しません。ディセーブル ステートのインターフェイスは動作不能です。

ディセーブル インターフェイスは、次の機能を実行します。

- インターフェイス上で受信したフレームを廃棄します。
- 転送用に他のインターフェイスからスイッチングされたフレームを廃棄します。
- アドレスを学習しません。
- BPDU を受信しません。

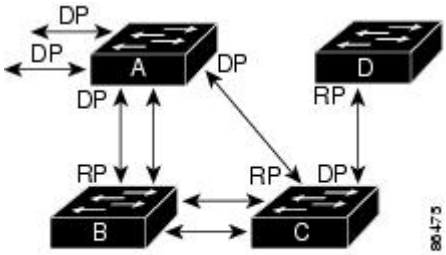
デバイスまたはポートがルート デバイスまたはルート ポートになる仕組み

ネットワーク上のすべてのデバイスがデフォルトのスパニングツリー設定で有効になっている場合、最小の MAC アドレスを持つデバイスがルートデバイスになります。

図 *2:* スパニングツリー トポロジ

スイッチ A はルートデバイスとして選択されます。すべてのデバイスのデバイスプライオリティがデフォルト（32768）に設定されていて、デバイス A の MAC アドレスが最も小さいためです。ただし、トラフィックパターン、転送インターフェイスの数、またはリンクタイプに

よっては、スイッチ A が最適なルートデバイスとは限りません。ルートデバイスになるように、最適なデバイスのプライオリティを引き上げる（数値を引き下げる）と、スパニングツリーの再計算が強制的に行われ、最適なデバイスをルートとした新しいトポロジが形成されます。



RP = Root Port
DP = Designated Port

スパニングツリートポロジがデフォルトのパラメータに基づいて算出された場合、スイッチドネットワークの送信元エンド ステーションから宛先エンド ステーションまでのパスが最適にならない場合があります。たとえば、ルート ポートよりプライオリティの高いインターフェイスに高速リンクを接続すると、ルート ポートが変更される可能性があります。最高速のリンクをルート ポートにすることが重要です。

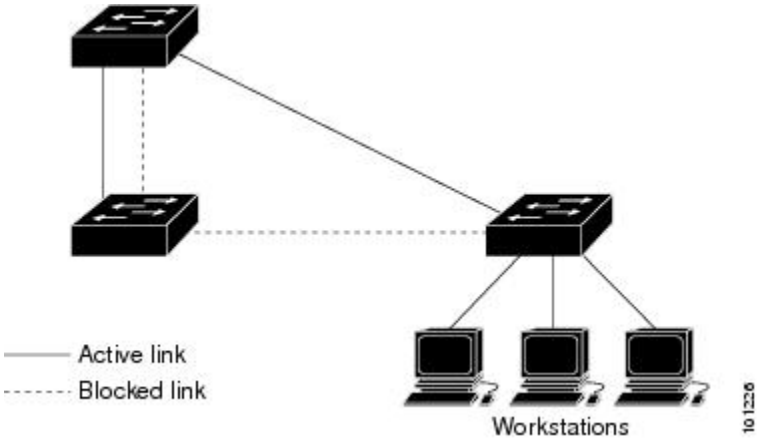
たとえば、スイッチ B のあるポートがギガビット イーサネット リンクで、別のポート（10/100 リンク）がルート ポートであると仮定します。ネットワーク トラフィックはギガビット イーサネット リンクに流す方が効率的です。ギガビット イーサネット ポートのスパニングツリー ポート プライオリティをルート ポートより高くする（数値を小さくする）と、ギガビット イーサネット ポートが新しいルート ポートになります。

スパニングツリーおよび冗長接続

図 *3:* スパニングツリーおよび冗長接続

2 つのスイッチ インターフェイスを別の 1 台のデバイス、または 2 台の異なるデバイスに接続することにより、スパニングツリーを使用して冗長バックボーンを作成できます。スパニングツリーは一方のインターフェイスを自動的にディセーブルにし、他方でエラーが発生した場合にはそのディセーブルにしていた方をイネーブルにします。一方のリンクが高速で、他方が低速の場合、必ず、低速の方のリンクがディセーブルになります。速度が同じ場合、ポート優先

度とポートIDが加算され、最大値を持つリンクがスパニングツリーによって無効にされます。



EtherChannel グループを使用して、デバイス間に冗長リンクを設定することもできます。

スパニングツリー アドレスの管理

IEEE 802.1D では、各種ブリッジ プロトコルに使用させるために、0x00180C2000000 ～ 0x0180C2000010 の範囲で 17 のマルチキャスト アドレスが規定されています。これらのアドレスは削除できないスタティック アドレスです。

スパニングツリーステートに関係なく、スタック内の各では 0x0180C2000000 ～ 0x0180C200000F のアドレス宛てのパケットを受信しますが、転送は行いません。

スパニングツリーがイネーブルの場合、スイッチまたはスタック内の各スイッチの CPU は 0x0180C2000000 および 0x0180C2000010 宛てのパケットを受信します。スパニングツリーがディセーブルの場合は、スイッチまたはスタック内の各スイッチは、それらのパケットを不明のマルチキャスト アドレスとして転送します。

接続を維持するためのエージング タイムの短縮

ダイナミックアドレスのエージングタイムはデフォルトで 5 分です。これは、**mac address-table aging-time** グローバル コンフィギュレーション コマンドのデフォルトの設定です。ただし、スパニングツリーの再構成により、多数のステーションの位置が変更されることがあります。このようなステーションは、再構成中、5 分以上にわたって到達できないことがあるので、アドレステーブルからステーションアドレスを削除し、改めて学習できるように、アドレスエージング タイムが短縮されます。スパニングツリー再構成時に短縮されるエージングタイムは、転送遅延パラメータ値（**spanning-tree vlan** *vlan-id* **forward-time** *seconds* グローバル コンフィギュレーション コマンド）と同じです。

各 VLAN はそれぞれ独立したスパニングツリー インスタンスなので、スイッチは VLAN 単位でエージング タイムを短縮します。ある VLAN でスパニングツリーの再構成が行われると、その VLAN で学習されたダイナミック アドレスがエージング タイム短縮の対象になります。他の VLAN のダイナミック アドレスは影響を受けず、スイッチで設定されたエージング タイムがそのまま適用されます。

スパニングツリー モードおよびプロトコル

このデバイスでサポートされるモードおよびプロトコルは、次のとおりです。

- PVST+：このスパニングツリー モードは、IEEE 802.1D 標準およびシスコ独自の拡張機能に準拠します。PVST+ はデバイス上の各 VLAN でサポートされる最大数まで動作し、各 VLAN にネットワーク上でのループフリーパスを提供します。

  PVST+ は、対象となる VLAN にレイヤ 2 ロード バランシングを提供します。ネットワーク上の VLAN を使用してさまざまな論理トポロジを作成し、特定のリンクに偏らないようにすべてのリンクを使用できるようにします。VLAN 上のPVST+インスタンスごとに、それぞれ 1 つのルートスイッチがあります。このルートスイッチは、その VLAN に対応するスパニングツリー情報を、ネットワーク上の他のすべてのデバイスに伝送します。このプロセスにより、各デバイスがネットワークに関する共通の情報を持つため、ネットワークトポロジが確実に維持されます。

- Rapid PVST+：このスパニングツリーモードは、IEEE 802.1w 標準に準拠した高速コンバージェンスを使用する以外は PVST+ と同じです。デバイスのデフォルト STP モードは Rapid PVST+ です。このスパニングツリーモードは、IEEE 802.1w 標準に準拠した高速コンバージェンスを使用する以外は PVST+ と同じです。高速コンバージェンスを行うため、Rapid PVST+ はトポロジ変更を受信すると、ポート単位でダイナミックに学習した MAC アドレス エントリをただちに削除します。このような場合、PVST+ では、ダイナミックに学習した MAC アドレス エントリには短いエージング タイムが使用されます。

  Rapid PVST+ は PVST+ と同じ設定を使用しているので（特に明記する場合を除く）、デバイスで必要なことは最小限の追加設定のみです。Rapid PVST+ の利点は、大規模な PVST+ のインストール ベースを Rapid PVST+ に移行する際に、複雑なマルチ スパニングツリー プロトコル（MSTP）設定の学習やネットワーク再設定の必要がないことです。Rapid PVST+ モードでは、各 VLAN は独自のスパニングツリー インスタンスを最大数実行します。

- MSTP：このスパニングツリー モードは IEEE 802.1s 標準に準拠しています。複数の VLAN を同一のスパニングツリー インスタンスにマッピングし、多数の VLAN をサポートする場合に必要となるスパニングツリーインスタンスの数を減らすことができます。MSTP は Rapid Spanning-Tree Protocol（RSTP）（IEEE 802.1w 準拠）上で実行され、転送遅延を解消し、ルート ポートおよび指定ポートをフォワーディング ステートにすばやく移行することにより、スパニングツリーの高速コンバージェンスを可能にします。 スイッチ スタックでは、クロススタック高速移行（CSRT）機能が RSTP と同じ機能を実行します。RSTP または CSRT を使用しなければ、MSTP は稼働できません。

サポートされるスパニングツリー インスタンス

PVST+ または Rapid PVST+ モードでは、デバイスまたはデバイススタックは最大 128 のスパニングツリー インスタンスをサポートします。

MSTP モードでは、デバイスまたはデバイススタックは最大 64 の MST インスタンスをサポートします。特定の MST インスタンスにマッピング可能な VLAN 数は 512 です。

スパニングツリーの相互運用性と下位互換性

MSTP および PVST+ が混在したネットワークでは、Common Spanning-Tree（CST）のルートは MST バックボーンの内側に配置する必要があり、PVST+ デバイスを複数の MST リージョンに接続することはできません。

ネットワーク内に Rapid PVST+ を実行しているデバイスと PVST+ を実行しているデバイスが存在する場合、Rapid PVST+ デバイスと PVST+ デバイスを別のスパニングツリー インスタンスに設定することを推奨します。Rapid PVST+ スパニングツリーインスタンスでは、ルートスイッチは Rapid PVST+ デバイスでなければなりません。PVST+ インスタンスでは、ルートスイッチは PVST+ デバイスでなければなりません。PVST+ デバイスはネットワークのエッジに配置する必要があります。

すべてのスタック メンバーが、同じバージョンのスパニングツリーを実行します（すべて PVST+、すべて Rapid PVST+、またはすべて MSTP）。

表 *2 : PVST+*、*MSTP*、*Rapid PVST+* の相互運用性と互換性

	PVST+	**MSTP**	**Rapid PVST+**
PVST+	あり	あり（制限あり）	あり（PVST+に戻る）
MSTP	あり（制限あり）	あり	あり（PVST+に戻る）
Rapid PVST+	あり（PVST+に戻る）	あり（PVST+に戻る）	対応

STP および IEEE 802.1Q トランク

VLAN トランクに関する IEEE 802.1Q 規格は、ネットワークのスパニングツリー ストラテジに一定の制限を設けています。この規格では、トランク上で使用できるすべての VLAN に対して、1 つのスパニングツリー インスタンスしか認められません。ただし、IEEE 802.1Q トランクを介して接続される Cisco デバイスのネットワークにおいて、デバイスはトランク上で許容される VLAN ごとに 1 つのスパニングツリー インスタンスを維持します。

IEEE 802.1Q トランクを介して Cisco デバイスを他社製のデバイスに接続する場合、Cisco デバイスは PVST+ を使用してスパニングツリーの相互運用性を実現します。Rapid PVST+ がイネーブルの場合、デバイスは PVST+ ではなく Rapid PVST+ を使用します。デバイスは、トランクの IEEE 802.1Q VLAN のスパニングツリー インスタンスと他社の IEEE 802.1Q デバイスのスパニングツリー インスタンスを結合します。

ただし、PVST+ または Rapid PVST+ の情報はすべて、他社製の IEEE 802.1Q デバイスからなるクラウドにより分離された Cisco デバイスによって維持されます。Cisco デバイスを分離する他社製の IEEE 802.1Q クラウドは、デバイス間の単一トランクリンクとして扱われます。

PVST+ は IEEE 802.1Q トランクで自動的に有効になるので、ユーザ側で設定する必要はありません。アクセスポートおよび ISL（スイッチ間リンク）トランクポートでの外部スパニングツリーの動作は、PVST+ の影響を受けません。

スパニングツリーとスイッチ スタック

スイッチスタックが PVST+ または Rapid PVST+ モードで動作している場合：

- スイッチ スタックは、ネットワークのその他の部分に対しては単一のスパニングツリー ノードに見え、すべてのスタック メンバが与えられたスパニングツリーに同一のブリッジ ID を使用します。ブリッジ ID は、アクティブスイッチの MAC アドレスから取得されます。
- 新しいデバイスがスタックに加わると、そのデバイスは、アクティブスイッチのブリッジ ID を自分のブリッジ ID として設定します。新しく追加されたデバイスの ID が最も小さく、ルートパスコストがすべてのスタックメンバー間で同じ場合は、新しく追加されたデバイスがスタックルートになります。
- スタック メンバがスタックから除外されると、スタック内でスパニングツリーの再コンバージェンスが発生します（スタック外で発生する場合もあります）。残っているスタック メンバのうち最も低いスタック ポート ID を持つスタック メンバが、スタック ルートになります。
- スイッチスタックがスパニングツリールートで、アクティブスイッチで障害が発生した、またはスタックから外れた場合、スタンバイスイッチが新しいアクティブスイッチになり、ブリッジ ID は同じままで、スパニングツリーの再コンバージェンスが発生する可能性があります。
- スタック外にあるネイバーデバイスに障害が発生したか、またはその電源が停止した場合、通常のスパニングツリー処理が発生します。スパニングツリーの再コンバージェンスは、アクティブなトポロジ内のデバイスが失われたことにより発生する場合もあります。
- スイッチスタック外にある新しいデバイスがネットワークに追加された場合、通常のスパニングツリー処理が発生します。スパニングツリーの再コンバージェンスは、ネットワークにデバイスが追加されたことにより発生する場合もあります。

スパニングツリー機能のデフォルト設定

表 *3:* スパニングツリー機能のデフォルト設定

機能	デフォルト設定
イネーブル ステート	VLAN 1 上でイネーブル
スパニングツリー モード	Rapid PVST+（PVST+ と MSTP はディセーブル）
デバイスプライオリティ	32768
スパニングツリー ポート プライオリティ（インターフェイス単位で設定可能）	128

機能	デフォルト設定
スパニングツリー ポート コスト（インターフェイス単位で設定可能）	1000 Mb/s：4 100 Mb/s：19 10 Mb/s：100
スパニングツリー VLAN ポート プライオリティ（VLAN 単位で設定可能）	128
スパニングツリー VLAN ポート コスト（VLAN 単位で設定可能）	1000 Mb/s：4 100 Mb/s：19 10 Mb/s：100
スパニングツリー タイマー	hello タイム：2 秒 転送遅延時間：15 秒 最大エージング タイム：20 秒 転送保留カウント：6 BPDU

（注） Cisco IOS Release 15.2(4)E 以降では、デフォルトの STP モードは Rapid PVST+ です。

スパニングツリープロトコルの設定方法

ここでは、スパニングツリープロトコルの設定について説明します。

スパニングツリー モードの変更

スイッチは次の 3 つのスパニングツリー モードをサポートします。Per-VLAN Spanning-Tree Plus（PVST+）、Rapid PVST+、またはマルチ スパニングツリープロトコル（MSTP）。デフォルトでは、デバイスは Rapid PVST+ プロトコルを実行します。

デフォルト モード以外のモードをイネーブルにする場合、この手順は必須です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree mode** {**pvst** | **mst** | **rapid-pvst**} 例： `Device(config)# spanning-tree mode pvst`	スパニングツリーモードを設定します。 すべてのスタック メンバーは、同じバージョンのスパニング ツリーを実行します。 • PVST+ をイネーブルにするには、**pvst** を選択します。 • MSTP をイネーブルにするには、**mst** を選択します。 • rapid PVST+ をイネーブルにするには、**rapid-pvst** を選択します。
ステップ 4	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface GigabitEthernet1/0/1`	設定するインターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。有効なインターフェイスとしては、物理ポート、VLAN、ポート チャネルなどがあります。VLAN ID の範囲は 1 ～ 4094 です。指定できるポートチャネルの範囲は 1 ～ 48 です。
ステップ 5	**spanning-tree link-type point-to-point** 例： `Device(config-if)# spanning-tree link-type point-to-point`	このポートのリンク タイプがポイントツーポイントであることを指定します。 このポート（ローカルポート）をポイントツーポイントリンクでリモートポートと接続し、ローカルポートが指定ポートになると、デバイスはリモートポートとネゴシエーションし、ローカルポートをフォワーディングステートにすばやく変更します。
ステップ 6	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。
ステップ 7	**clear spanning-tree detected-protocols** 例：	デバイス上のいずれかのポートがレガシー IEEE 802.1D デバイス上のポートに接続されている場合は、このコマンドに

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device# clear spanning-tree detected-protocols`	よりデバイス全体のプロトコル移行プロセスを再開します。 このステップは、このデバイスで Rapid PVST+ が稼働していることを指定デバイスが検出する場合のオプションです。

スパニングツリーのディセーブル化

スパニングツリーはデフォルトで、VLAN 1 およびスパニングツリー限度を上限として新しく作成されたすべての VLAN 上でイネーブルです。スパニングツリーをディセーブルにするのは、ネットワーク トポロジにループがないことが確実な場合だけにしてください。

⚠

注意 スパニングツリーがディセーブルでありながら、トポロジにループが存在していると、余分なトラフィックが発生し、パケットの重複が無限に繰り返されることによって、ネットワークのパフォーマンスが大幅に低下します。

この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**no spanning-tree vlan** *vlan-id* 例： `Device(config)# no spanning-tree vlan 300`	*vlan-id* に指定できる範囲は 1 ～ 4094 です。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

ルート デバイスの設定

特定の VLAN でデバイスをルートとして設定するには、**spanning-tree vlan** *vlan-id* **root** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用して、デバイスのプライオリティをデフォルト値（32768）から、それより大幅に小さい値に変更します。このコマンドを入力すると、ソフトウェアが各 VLAN について、ルート スイッチのスイッチ プライオリティをチェックします。拡張システム ID をサポートするため、スイッチは指定された VLAN の自身のプライオリティを 24576 に設定します。この値によって、このスイッチを指定された VLAN のルートに設定できます。

レイヤ 2 ネットワークの直径（つまり、レイヤ 2 ネットワーク上の任意の 2 つのエンドステーション間デバイスの最大ホップカウント）を指定するには、**diameter** キーワードを指定します。ネットワーク直径を指定すると、デバイスは、その直径のネットワークで最適な hello タイム、転送遅延時間、最大エージング タイムを自動的に設定し、これによって収束時間が大幅に短縮されます。**hello** キーワードを使用して、自動的に計算される hello タイムを上書きできます。

この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** **例**： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** **例**： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree vlan** *vlan-id* **root primary** [**diameter** *net-diameter*] **例**： `Device(config)# spanning-tree vlan 20-24 root primary diameter 4`	指定された VLAN のルートになるように、デバイスを設定します。 • *vlan-id* には、VLAN ID 番号で識別された単一の VLAN、ハイフンで区切られた範囲の VLAN、またはカンマで区切られた一連の VLAN を指定できます。指定できる範囲は 1 ～ 4094 です。 • （任意）**diameter** *net-diameter* には、任意の 2 つのエンドステーション間デバイスの最大数を指定します。範囲は 2 ～ 7 です。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

次のタスク

ルートスイッチとしてスイッチを設定した後で、**spanning-tree vlan** *vlan-id* **hello-time**、**spanning-tree vlan** *vlan-id* **forward-time**、および **spanning-tree vlan** *vlan-id* **max-age** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用して、hello タイム、転送遅延時間、および最大エージングタイムを手動で設定することは推奨できません。

セカンダリ ルート デバイスの設定

スイッチをセカンダリ ルートとして設定すると、スイッチ プライオリティがデフォルト値（32768）から 28672 に変更されます。このプライオリティにより、プライマリ ルート スイッチで障害が発生した場合に、このスイッチが指定された VLAN のルートスイッチになる可能性が高くなります。これは、他のネットワークスイッチがデフォルトのスイッチプライオリティ 32768 を使用し、ルートスイッチになる可能性が低いことが前提です。

複数のスイッチでこのコマンドを実行すると、複数のバックアップ ルート スイッチを設定できます。**spanning-tree vlan** *vlan-id* **root primary** グローバル コンフィギュレーション コマンドでプライマリルートスイッチを設定したときと同じネットワーク直径および hello タイム値を使用してください。

この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree vlan** *vlan-id* **root secondary** [**diameter** *net-diameter*] 例： `Device(config)# spanning-tree vlan 20-24 root secondary diameter 4`	指定された VLAN のセカンダリルートになるように、デバイスを設定します。 • *vlan-id* には、VLAN ID 番号で識別された単一の VLAN、ハイフンで区切られた範囲の VLAN、またはカンマで区切られた一連の VLAN を指

	コマンドまたはアクション	目的
		定できます。指定できる範囲は1～4094 です。 • （任意）**diameter** *net-diameter* には、任意の2つのエンドステーション間デバイスの最大数を指定します。指定できる範囲は2～7です。 プライマリルートスイッチを設定したときと同じネットワーク直径を使用してください。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

ポート プライオリティの設定

この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/2`	設定するインターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。 有効なインターフェイスは、物理ポートおよびポートチャネル論理インターフェイス（**port-channel** *port-channel-number*）です。
ステップ 4	**spanning-tree port-priority** *priority* 例：	インターフェイスのポート プライオリティを設定します。

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device(config-if)# spanning-tree port-priority 0`	*priority* に指定できる範囲は 0 ～ 240 で、16 ずつ増加します。デフォルトは 128 です。有効な値は 0、16、32、48、64、80、96、112、128、144、160、176、192、208、224、240 です。その他の値はすべて拒否されます。値が小さいほど、プライオリティが高くなります。
ステップ 5	**spanning-tree vlan** *vlan-id* **port-priority** *priority* 例： `Device(config-if)# spanning-tree vlan 20-25 port-priority 0`	VLAN のポート プライオリティを設定します。 • *vlan-id* には、VLAN ID 番号で識別された単一の VLAN、ハイフンで区切られた範囲の VLAN、またはカンマで区切られた一連の VLAN を指定できます。指定できる範囲は 1 ～ 4094 です。 • *priority* に指定できる範囲は 0 ～ 240 で、16 ずつ増加します。デフォルトは 128 です。有効な値は 0、16、32、48、64、80、96、112、128、144、160、176、192、208、224、240 です。その他の値はすべて拒否されます。値が小さいほど、プライオリティが高くなります。
ステップ 6	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

パス コストの設定

この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/1`	設定するインターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。有効なインターフェイスは、物理ポートおよびポート チャネル論理インターフェイス（**port-channel** *port-channel-number*）です。
ステップ 4	**spanning-tree cost** *cost* 例： `Device(config-if)# spanning-tree cost 250`	インターフェイスのコストを設定します。 ループが発生した場合、スパニングツリーはパス コストを使用して、フォワーディング ステートにするインターフェイスを選択します。低いパス コストは高速送信を表します。 *cost* の範囲は 1 ～ 200000000 です。デフォルト値はインターフェイスのメディア速度から派生します。
ステップ 5	**spanning-tree vlan** *vlan-id* **cost** *cost* 例： `Device(config-if)# spanning-tree vlan 10,12-15,20 cost 300`	VLAN のコストを設定します。 ループが発生した場合、スパニングツリーはパス コストを使用して、フォワーディング ステートにするインターフェイスを選択します。低いパス コストは高速送信を表します。 • *vlan-id* には、VLAN ID 番号で識別された単一の VLAN、ハイフンで区切られた範囲の VLAN、またはカンマで区切られた一連の VLAN を指定できます。指定できる範囲は 1 ～ 4094 です。 • *cost* の範囲は 1 ～ 200000000 です。デフォルト値はインターフェイスのメディア速度から派生します。
ステップ 6	**end** 例：	特権 EXEC モードに戻ります。

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device(config-if)# end`	

show spanning-tree interface *interface-id* 特権 EXEC コマンドによって表示されるのは、リンクアップ動作可能状態のポートの情報だけです。そうでない場合は、**show running-config** 特権 EXEC コマンドを使用して設定を確認してください。

VLAN のデバイス プライオリティの設定

スイッチ プライオリティを設定して、スタンドアロン スイッチまたはスタック内のスイッチがルート スイッチとして選択される可能性を高めることができます。

（注） このコマンドの使用には注意してください。通常、スイッチのプライオリティを変更するには **spanning-tree vlan** *vlan-id* **root primary** および **spanning-tree vlan** *vlan-id* **root secondary** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用することを推奨します。

この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree vlan** *vlan-id* **priority** *priority* 例： `Device(config)# spanning-tree vlan 20 priority 8192`	VLAN のデバイス プライオリティを設定します。 • *vlan-id* には、VLAN ID 番号で識別された単一の VLAN、ハイフンで区切られた範囲の VLAN、またはカンマで区切られた一連の VLAN を指定できます。指定できる範囲は 1 ～ 4094 です。 • *priority* の範囲は 0 ～ 61440 で、4096 ずつ増加します。デフォルトは 32768 です。数値が小さいほど、ス

	コマンドまたはアクション	目的
		イッチがルート スイッチとして選択される可能性が高くなります。 有効なプライオリティ値は 4096、8192、12288、16384、20480、24576、28672、32768、36864、40960、45056、49152、53248、57344、61440 です。その他の値はすべて拒否されます。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

hello タイムの設定

hello タイムはルート スイッチによって設定メッセージが生成されて送信される時間の間隔です。

この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**spanning-tree vlan** *vlan-id* **hello-time** *seconds* 例： `Device(config)# spanning-tree vlan 20-24 hello-time 3`	VLAN の hello タイムを設定します。hello タイムはルート スイッチによって設定メッセージが生成されて送信される時間の間隔です。これらのメッセージは、スイッチがアクティブであることを意味します。 • *vlan-id* には、VLAN ID 番号で識別された単一の VLAN、ハイフンで区切られた範囲の VLAN、またはカンマで区切られた一連の VLAN を指定できます。指定できる範囲は 1 ～ 4094 です。 • *seconds* に指定できる範囲は 1 ～ 10 です。デフォルトは 2 です。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 3	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

VLAN の転送遅延時間の設定

この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree vlan** *vlan-id* **forward-time** *seconds* 例： `Device(config)# spanning-tree vlan 20,25 forward-time 18`	VLANの転送時間を設定します。転送遅延時間は、スパニングツリー ラーニング ステートおよびリスニング ステートからフォワーディング ステートに移行するまでに、インターフェイスが待機する秒数です。 • *vlan-id* には、VLAN ID 番号で識別された単一のVLAN、ハイフンで区切られた範囲のVLAN、またはカンマで区切られた一連の VLAN を指定できます。指定できる範囲は1～4094 です。 • *seconds* に指定できる範囲は 4 ～ 30 です。デフォルトは 15 です。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

VLAN の最大エージング タイムの設定

この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree vlan** *vlan-id* **max-age** *seconds* 例： `Device(config)# spanning-tree vlan 20 max-age 30`	VLAN の最大エージング タイムを設定します。最大エージング タイムは、再構成を試行するまでにスイッチがスパニングツリー コンフィギュレーション メッセージを受信せずに待機する秒数です。 • *vlan-id* には、VLAN ID 番号で識別された単一の VLAN、ハイフンで区切られた範囲の VLAN、またはカンマで区切られた一連の VLAN を指定できます。指定できる範囲は 1 ～ 4094 です。 • *seconds* に指定できる範囲は 6 ～ 40 です。デフォルトは 20 です。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

転送保留カウントの設定

転送保留カウント値を変更することで、BPDU のバースト サイズを設定できます。

（注） このパラメータをより高い値に変更すると、（特に Rapid PVST+ モードで）CPU の使用率に大きく影響します。逆に、この値を低く設定すると、セッションによってはコンバージェンスを抑えることができます。この値は、デフォルト設定で使用することを推奨します。

この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree transmit hold-count** *value* 例： `Device(config)# spanning-tree transmit hold-count 6`	1 秒間停止する前に送信できる BPDU 数を設定します。 *value* に指定できる範囲は 1 ～ 20 です。デフォルト値は 6 です。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

スパニングツリープロトコルのモニタリングの設定ステータス

表 *4: STP* 設定ステータスを表示するためのコマンド

show spanning-tree active	STP アクティブインターフェイスだけに関する情報を表示します。
show spanning-tree detail	インターフェイス情報の詳細サマリーを表示します。
show spanning-tree vlan *vlan-id*	指定された VLAN の STP コンフィギュレーション情報を表示します。
show spanning-tree interface *interface-id*	指定されたインターフェイスの STP コンフィギュレーション情報を表示します。
show spanning-tree interface *interface-id* **portfast**	指定されたインターフェイスの STP portfast 情報を表示します。

show spanning-tree summary [**totals**]	インターフェイス ステートのサマリーを表示します。またはSTP ステート セクションのすべての行を表示します。

STP カウンタをクリアするには、**clear spanning-tree** [**interface** *interface-id*] 特権 EXEC コマンドを使用します。

スパニングツリープロトコルに関する追加情報

関連資料

関連項目	マニュアル タイトル
この章で使用するコマンドの完全な構文および使用方法の詳細。	

スパニングツリープロトコルの機能履歴

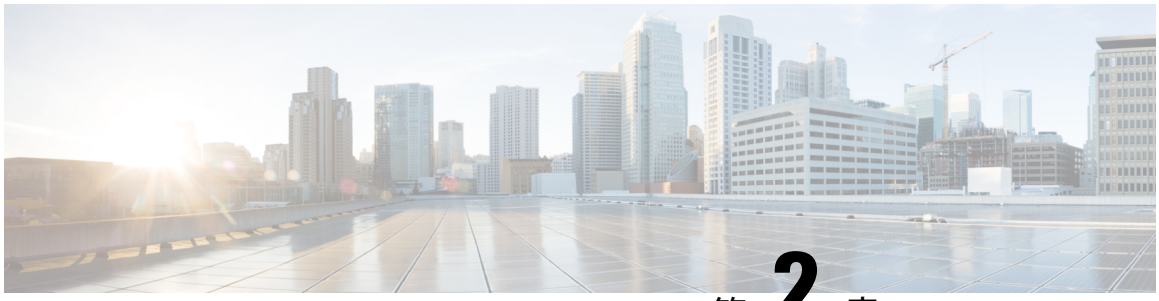
次の表に、このモジュールで説明する機能のリリースおよび関連情報を示します。

これらの機能は、特に明記されていない限り、導入されたリリース以降のすべてのリリースで使用できます。

表 *5*：新しい機能の履歴

リリース	機能	機能情報
Cisco IOS XE Fuji 16.9.2	スパニングツリー プロトコル	STP は、ネットワーク上でループを防止しながら、パスの冗長性を実現するレイヤ 2 リンク管理プロトコルです。

Cisco Feature Navigator を使用すると、プラットフォームおよびソフトウェアイメージのサポート情報を検索できます。Cisco Feature Navigator には、http://www.cisco.com/go/cfn からアクセスします。



第 2 章

ループ検出ガードの設定

ループ検出ガードの制約事項

ループ検出ガードは、レイヤ2物理インターフェイスでのみ設定できます。ポートチャネル、スイッチ仮想インターフェイス（SVI）、トンネルなどのレイヤ 3 ポートおよび仮想インターフェイスはサポートされません。

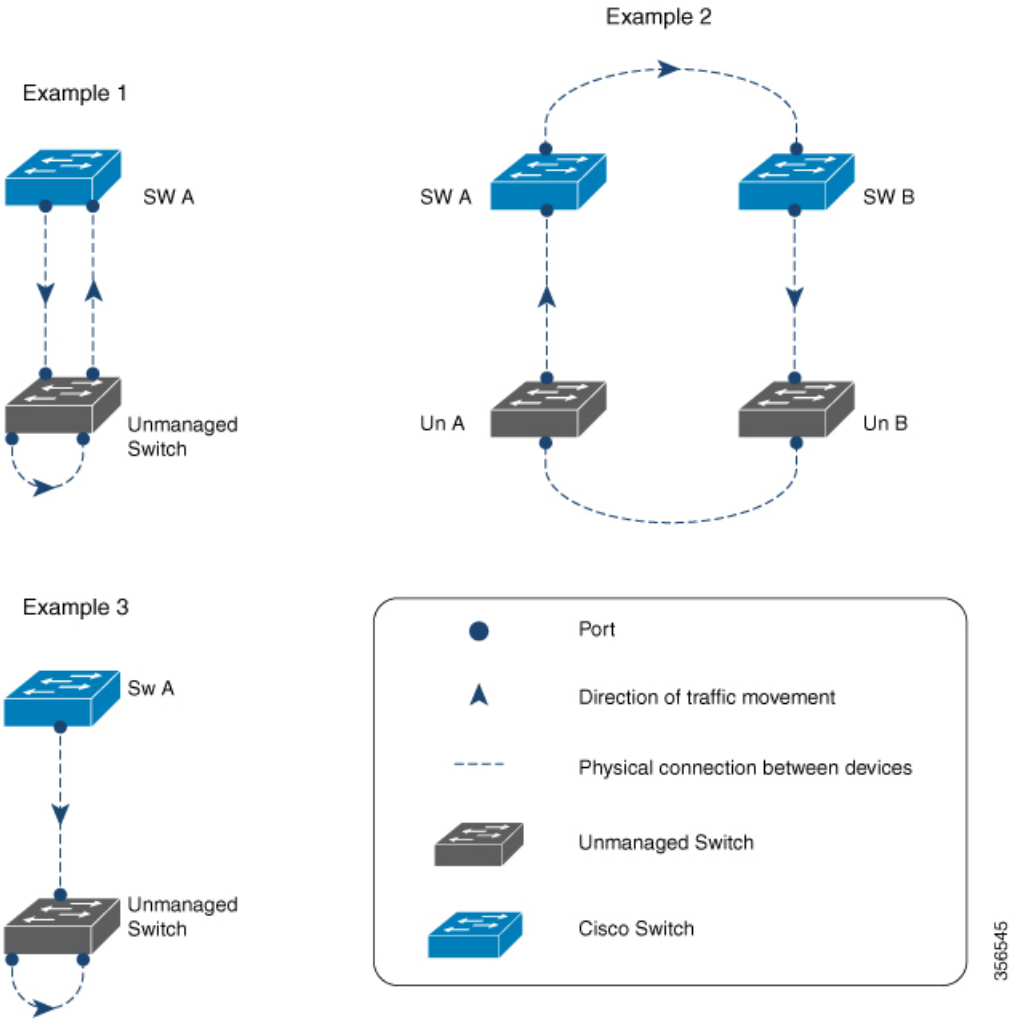
ループ検出ガードについて

コンピュータネットワークでは、2つのエンドポイント間に複数のレイヤ 2 パスがあるネットワークループが発生する可能性があります。ネットワーク内の2つのスイッチ間に複数の接続がある場合、または同じスイッチ上の2つのポートが相互に接続されている場合が考えられます。次の図に、ネットワークループの例をいくつか示します。

例 1：ネットワーク内にあるスイッチ SW A は、1 つのポートでアンマネージドスイッチにトラフィックを送信し、別のポートで同じアンマネージドスイッチからのトラフィックを受信しています。アンマネージドスイッチでは、トラフィックを受信するポートが、ネットワーク内の SW A にトラフィックを送信するポートに接続されているため、ネットワークループが発生しています。

例 2：この例では、ネットワーク内の 2 台のスイッチ（SW A と SW B）と 2 台のアンマネージドスイッチ（Un A と Un B）の 4 台のスイッチを含むネットワークループを示します。トラフィックは、SW A から SW B、Un A から Un B、そして SW A に戻る順に移動するため、ネットワークループが発生しています。

例3：アンマネージドスイッチの2つのポートが相互に接続されているため、ネットワークループが発生しています。



通常、この目的（ネットワークループを防ぐ）のために設定されるプロトコルはスパニングツリープロトコル（STP）ですが、STP を認識しないネットワーク内にアンマネージドスイッチが存在する場合や、STP がネットワーク上で設定されていない状況では、ループ検出ガードが適しています。

ループ検出ガードは、インターフェイスレベルでイネーブルです。ループを検出するため、システムはインターフェイスからループ検出フレームを事前に設定された間隔で送信します。ループが検出されると、設定されたアクションが実行されます。

デフォルトでは、ループ検出ガードはディセーブルになっています。この機能をイネーブルにすると、次のいずれかのアクションを設定できます。

- トラフィックを送信するポートをエラーディセーブルにします。
- トラフィックを受信するポートをエラーディセーブルにします（デフォルト）。
- エラーメッセージを表示し、ポートをディセーブルにしません。

ポートがエラーディセーブルになっている場合、そのポートでトラフィックは送受信されません。

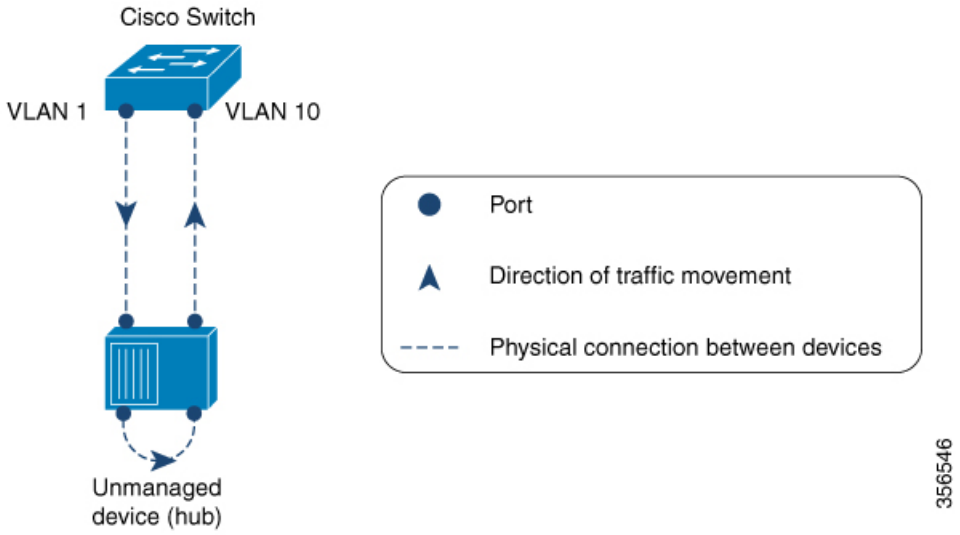
ループ検出ガードと他の機能の連携動作

STP およびループ検出ガード

デバイスでループ検出ガードと STP の両方が有効になっている場合、STP がネットワークのループモニタリングを引き継ぎます。この場合、ループ検出パケットはネットワークで受信も処理もされません。

VLAN およびループ検出ガード

以下の理由から、ハブに接続されているスイッチでこの機能を設定することは推奨されません。ハブは、すべてのインターフェイスにトラフィックをフラッディングします。ネットワーク内のスイッチが同じハブからのトラフィックを異なる VLAN のポートで受信している場合は、これらの宛先ポートを誤ってエラーディセーブルにする可能性があります。次の図は、このような状況を示します。VLAN 1 のポートがハブにトラフィックを送信しています。スイッチはまた、同じハブからのトラフィックを、異なる VLAN（VLAN 10）のポートで受信します。ループ検出ガードを設定した場合（および宛先ポートをエラーディセーブルにするデフォルトアクションを設定した場合）、VLAN 10 のポートはブロックされます。（ポートをエラーディセーブルにする代わりに）メッセージを表示するオプションを設定することも推奨されません。これは、ハブに設定されたインターフェイスの数と同じ数だけメッセージが表示されるため、CPU が過負荷になるためです。



ループ検出ガードの設定方法

ループ検出ガードのイネーブル化と必要なポートのエラーディセーブル化

この機能はデフォルトで無効に設定されています。ループ検出ガードを有効にして、ループが検出されたときにシステムに実行させるアクションを設定するには、次の手順を実行します。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。

ステップ 3	**interface** {*interface-id* | *subinterface-id* | *vlan-id*}
	例：
	`Device(config)# interface tengigabitethernet 1/0/20`
	`Device(config-if)#`
		インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。デバイスでループ検出ガードを設定するには、物理インターフェイスのみを指定します。PortChannel、スイッチ仮想インターフェイス（SVI）、トンネルなどのレイヤ 3 ポートおよび仮想インターフェイスはサポートされません。

ステップ 4	[**no**] **loopdetect** 例： `Device(config-if)# loopdetect`	デバイスでループ検出ガードをイネーブルにします。設定されたインターフェイスからループ検出フレームが送信されます。ループ検出ガードをイネーブルにするには、キーワードを指定せずに **loopdetect** コマンドを使用します。 この機能を無効化するには、このコマンドの **no** 形式を使用します。

	コマンドまたはアクション	目的
		（注） トランクポートでこの機能をイネーブルにすることはできますが、次の理由により、警告メッセージが表示されます。トランクポートが複数のVLANのトラフィックを同時に伝送する。1つのVLANでループが検出されると、トランクポートに関連付けられたすべてのVLANトラフィックがエラーディセーブルになる。
ステップ5	［**no**］**loopdetect**{*time* | **action syslog** | **source-port**} 例： `Device(config-if)# loopdetect 7`	ループ検出フレームが送信される頻度と、ループが検出されたときにシステムが実行するアクションを指定します。アクションを指定しない場合、宛先ポートはデフォルトでエラーディセーブルになります。 次の設定を行えます。 • *time*：ループ検出フレームを送信する時間間隔（秒単位）。範囲は0～10です。デフォルトは5分です。 • **action syslog**：システムメッセージを表示し、どのポートもエラーディセーブルにしません。このコマンドの**no**形式を使用すると、システムは最後に設定されたオプションに戻ります。 • **source-port**：ポートをエラーディセーブルにします。このコマンドの**no**形式を使用すると、宛先ポートはエラーディセーブルになります。 左側の設定例（`Device(config-if)# loopdetect 7`）では、インターフェイスは7秒ごとにループ検出フレームを送信し、ループが検出された場合は宛先ポートをエラーディセーブルに設定するように設定されます（**action syslog**オプションも**source-port**オプションも設定され

	コマンドまたはアクション	目的
		ていないため、デフォルトが適用される）。
ステップ 6	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。
ステップ 7	**show loopdetect** 例： `Device# show loopdetect`	ループ検出ガードがイネーブルになっているすべてのインターフェイス、ループ検出パケットが送信される頻度、および物理インターフェイスのステータスを表示します。

ループ検出ガードの設定に関するその他の参考資料

関連資料

関連項目	マニュアル タイトル
この章で使用するコマンドの完全な構文および使用方法の詳細。	の「Layer 2/3 Commands」の項を参照してください*Command Reference (Catalyst 9200 Series Switches)*

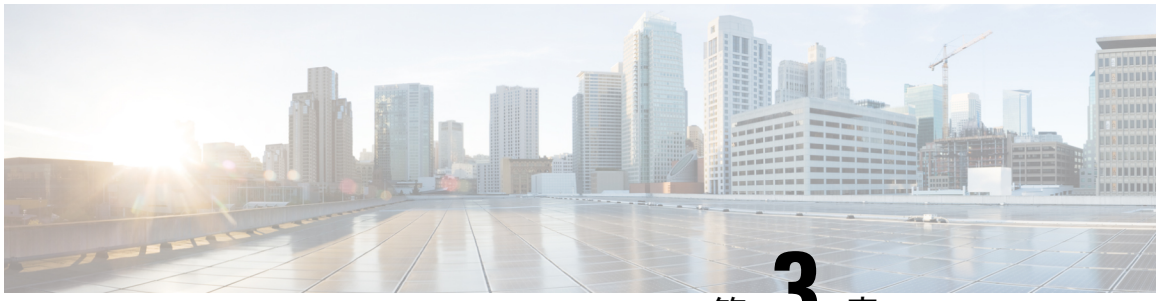
ループ検出ガードの機能履歴

次の表に、このモジュールで説明する機能のリリースおよび関連情報を示します。

これらの機能は、特に明記されていない限り、導入されたリリース以降のすべてのリリースで使用できます。

リリース	機能	機能情報
Cisco IOS XE Amsterdam 17.2.1	ループ検出ガード	ループ検出ガードは、STPが設定されていないネットワーク、または STP が設定されているネットワーク内の管理対象外デバイスのネットワークループを防止します。

Cisco Feature Navigator を使用すると、プラットフォームおよびソフトウェアイメージのサポート情報を検索できます。Cisco Feature Navigator には、http://www.cisco.com/go/cfn からアクセスします。



第 3 章

複数のスパニング ツリー プロトコルの設定

MSTP の前提条件

- 2 つ以上のデバイスを同じマルチスパニングツリー（MST）リージョンに設定するには、その 2 つに同じ VLAN/インスタンスマッピング、同じコンフィギュレーション リビジョン番号、同じ名前を設定しなければなりません。
- ネットワーク内の冗長パスでロード バランシングを機能させるには、すべての VLAN/インスタンスマッピングの割り当てが一致している必要があります。一致していないと、すべてのトラフィックが 1 つのリンク上で伝送されます。
- Per-VLAN Spanning-Tree Plus（PVST+）と MST クラウドの間、または Rapid- PVST+ と MST クラウドの間でロードバランシングが機能するためには、すべての MST 境界ポートがフォワーディングでなければなりません。MST クラウドの内部スパニングツリー（IST）のルートが共通スパニングツリー（CST）のルートである場合、MST 境界ポートはフォワーディングです。MST クラウドが複数の MST リージョンから構成されている場合、いずれかの MST リージョンに CST ルートを含める必要があり、その他すべての MST リージョンに、PVST+ クラウドまたは高速 PVST+ クラウドを通るパスよりも、MST クラウド内に含まれるルートへのパスが良くする必要があります。クラウド内のデバイスを手動で設定しなければならない場合もあります。

MSTP の制約事項

- PVST+、Rapid PVST+、および MSTP はサポートされますが、アクティブにできるのは 1 つのバージョンだけです（たとえば、すべての VLAN で PVST+ を実行する、すべての VLAN で Rapid PVST+ を実行する、またはすべての VLAN で MSTP を実行します）。
- MST コンフィギュレーションの VLAN トランキング プロトコル（VTP）伝搬はサポートされません。ただし、コマンドライン インターフェイス（CLI）または簡易ネットワーク管理プロトコル（SNMP）サポートを通じて、MST リージョン内の各デバイスで MST コンフィギュレーション（リージョン名、リビジョン番号、および VLAN とインスタンスのマッピング）を手動で設定することは可能です。
- ネットワークを多数のリージョンに分割することは推奨できません。ただし、どうしても分割せざるを得ない場合は、スイッチド LAN をルータまたは非レイヤ 2 デバイスで相互接続された小規模な LAN に分割することを推奨します。
- リージョンは、同じ MST コンフィギュレーションを持つ 1 つまたは複数のメンバーで構成されます。リージョンの各メンバーは高速スパニングツリープロトコル（RSTP）ブリッジ プロトコル データ ユニット（BPDU）を処理する機能を備えている必要があります。ネットワーク内の MST リージョンの数に制限はありませんが、各リージョンは最大 64 のスパニングツリー インスタンスのみをサポートできます。VLAN には、一度に 1 つのスパニングツリー インスタンスのみ割り当てることができます。

MSTP について

ここでは、Multiple Spanning-Tree Protocol（MSTP）について説明します。

MSTP の設定

高速コンバージェンスのために高速スパニングツリープロトコル（RSTP）を使用するマルチスパニング ツリー プロトコル（MSTP）では、複数の VLAN をグループ化して同じスパニングツリー インスタンスにマッピングすることが可能で、多くの VLAN をサポートするのに必要なスパニングツリー インスタンスの数を軽減できます。MSTP は、データ トラフィックに複数の転送パスを提供し、ロード バランシングを実現して、多数の VLAN をサポートするのに必要なスパニングツリーインスタンスの数を減らすことができます。MSTP を使用すると、1 つのインスタンス（転送パス）で障害が発生しても他のインスタンス（転送パス）は影響を受けないので、ネットワークのフォールトトレランスが向上します。

（注） マルチ スパニングツリー（MST）実装は IEEE 802.1s 標準に準拠しています。

MSTP を導入する場合、最も一般的なのは、レイヤ 2 スイッチド ネットワークのバックボーンおよびディストリビューション レイヤへの導入です。MSTP の導入により、サービス プロバイダー環境に求められる高可用性ネットワークを実現できます。

デバイスが MST モードの場合、IEEE 802.1w 準拠の RSTP が自動的にイネーブルになります。RSTP は、IEEE 802.1D の転送遅延を軽減し、ルート ポートおよび指定ポートをフォワーディング ステートにすばやく移行する明示的なハンドシェイクによって、スパニングツリーの高速コンバージェンスを実現します。

MSTP と RSTP は、既存のシスコ独自の Multiple Instance STP（MISTP）、および既存の Cisco PVST+ と Rapid Per-VLAN Spanning-Tree plux（Rapid PVST+）を使用して、スパニングツリーの動作を改善し、（オリジナルの）IEEE 802.1D スパニング ツリーに準拠した機器との下位互換性を保持しています。

デバイススタックは、ネットワークのその他の部分に対しては単一のスパニングツリーノードに見え、すべてのスタックメンバが同一のデバイス ID を使用します。

MSTP モードでは、デバイスまたはデバイススタックは最大 64 の MST インスタンスをサポートします。特定の MST インスタンスにマッピング可能な VLAN 数は 512 です。

MSTP 設定時の注意事項

- **spanning-tree mode mst** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用して、MST をイネーブルにすると、RSTP が自動的にイネーブルになります。
- UplinkFast、BackboneFast、クロススタック UplinkFast の設定のガイドラインについては、関連項目のセクションの該当するセクションを参照してください。
- デバイスが MST モードの場合は、パスコスト値の計算に、ロングパスコスト計算方式（32 ビット）が使用されます。ロング パス コスト計算方式では、次のパス コスト値がサポートされます。

速度	パス コスト値
10 Mb/s	2,000,000
100 Mb/s	200,000
1 Gb/s	20,000
10 Gb/s	2,000
100 Gb/s	200

ルート スイッチ

スイッチは、スパニングツリーインスタンスを VLAN グループとマッピングして維持します。各インスタンスには、スイッチプライオリティとスイッチの MAC アドレスからなるデバイス

ID が対応付けられます。VLAN グループの場合は、最小のデバイス ID を持つスイッチがルートスイッチになります。

スイッチをルートとして設定するときは、スイッチが指定されたスパニングツリーインスタンスのルート スイッチになるように、スイッチプライオリティをデフォルト値（32768）から著しく小さい値に変更します。このコマンドを入力すると、スイッチは、ルート スイッチのスイッチ プライオリティを確認します。拡張システム ID のサポートのため、スイッチは指定されたインスタンスについて、自身のプライオリティを 24576 に設定します（この値によって、このスイッチが指定されたスパニングツリー インスタンスのルートになる場合）。

指定されたインスタンスのルート スイッチに、24576 に満たないスイッチ プライオリティが設定されている場合は、スイッチは自身のプライオリティを最小のスイッチ プライオリティより 4096 だけ小さい値に設定します（4096 は 4 ビット スイッチ プライオリティの最下位ビットの値です。詳細については、関連項目の「ブリッジ ID、スイッチプライオリティ、および拡張システム ID」リンクを参照してください。

ネットワーク上に拡張システム ID をサポートするスイッチとサポートしないスイッチが混在する場合は、拡張システム ID をサポートするスイッチがルートスイッチになることはほぼありません。拡張システム ID によって、旧ソフトウェアが稼働する接続スイッチのプライオリティより VLAN 番号が大きくなるたびに、スイッチ プライオリティ値が増大します。

各スパニングツリー インスタンスのルート スイッチは、バックボーン スイッチまたはディストリビューション スイッチにする必要があります。アクセス スイッチをスパニングツリーのプライマリ ルートとして設定しないでください。

レイヤ 2 ネットワークの直径（つまり、レイヤ 2 ネットワーク上の任意の 2 つのエンドステーション間の最大スイッチホップカウント）を指定するには、**diameter** キーワードを指定します（MST インスタンス 0 の場合のみ使用可）。ネットワークの直径を指定すると、その直径のネットワークに最適な hello タイム、転送遅延時間、および最大エージング タイムをスイッチが自動的に設定するので、コンバージェンスの所要時間を大幅に短縮できます。**hello** キーワードを使用して、自動的に計算される hello タイムを上書きできます。

MST リージョン

スイッチを MST インスタンスに加入させるには、同じ MST コンフィギュレーション情報を使用して矛盾のないようにスイッチを設定する必要があります。同じ MST 設定の相互接続スイッチの集まりによって MST リージョンが構成されます。

MST 設定により、各デバイスが属する MST リージョンが制御されます。この設定には、領域の名前、バージョン番号、MST VLAN とインスタンスの割り当てマップが含まれます。その中で MST リージョンの設定を指定することにより、リージョンのデバイスを設定します。MST インスタンスに VLAN をマッピングし、リージョン名を指定して、リビジョン番号を設定できます。手順と例については、関連項目の「MST リージョン設定の指定と MSTP のイネーブル化」リンクをクリックします。

リージョンには、同一の MST コンフィギュレーションを持った 1 つまたは複数のメンバが必要です。さらに、各メンバは、RSTP ブリッジプロトコル データ ユニット（BPDU）を処理できる必要があります。ネットワーク内の MST リージョンの数に制限はありませんが、各リージョンは最大 64 のスパニングツリー インスタンスをサポートできます。インスタンスは、0

～ 4094 の範囲の任意の番号で識別できます。VLAN には、一度に 1 つのスパニングツリー インスタンスのみ割り当てることができます。

IST、CIST、CST

すべてのスパニングツリー インスタンスが独立している PVST+ および Rapid PVST+ とは異なり、MSTP は次の 2 つのタイプのスパニングツリーを確立して保持しています。

- Internal Spanning-Tree（IST）は、1 つの MST リージョン内で稼働するスパニングツリーです。

  各 MST リージョン内の MSTP は複数のスパニングツリー インスタンスを維持しています。インスタンス 0 は、リージョンの特殊なインスタンスで、IST と呼ばれています。その他すべての MSTI には、1 ～ 4094 の番号が付きます。

  IST は、BPDU を送受信する唯一のスパニングツリー インスタンスです。他のスパニングツリーの情報はすべて、MSTP BPDU 内にカプセル化されている M レコードに格納されています。MSTP BPDU はすべてのインスタンスの情報を伝送するので、複数のスパニングツリー インスタンスをサポートする処理が必要な BPDU の数を大幅に減少できます。

  同一リージョン内の MST インスタンスはすべて、同じプロトコル タイマーを共有しますが、各 MST インスタンスは独自のトポロジ パラメータ（ルート スイッチ ID、ルート パス コストなど）を持っています。デフォルトでは、すべての VLAN が IST に割り当てられます。

  MSTI はリージョンにローカルです。たとえばリージョン A およびリージョン B が相互接続されていても、リージョン A の MSTI 1 は、リージョン B の MSTI 1 に依存しません。

- Common and Internal Spanning-Tree（CIST）は、各 MST リージョン内の IST と、MST リージョンおよびシングル スパニングツリーを相互接続する Common Spanning-Tree（CST）の集合です。

  1 つのリージョン内で計算されたスパニングツリーは、スイッチド ドメイン全体を網羅する CST のサブツリーと見なされます。CIST は、IEEE 802.1w、IEEE 802.1s、および IEEE 802.1D 標準をサポートするスイッチ間で実行されるスパニングツリー アルゴリズムによって形成されます。MST リージョン内の CIST は、リージョン外の CST と同じです。

MST リージョン内の動作

IST は 1 つのリージョン内のすべての MSTP スイッチを接続します。IST が収束すると、IST のルートは CIST リージョナル ルートになります。これは、リージョン内で最も小さいデバイス ID、および CIST ルートに対するパスコストを持つスイッチです。ネットワークに領域が 1 つしかない場合、CIST リージョナル ルートは CIST ルートにもなります。CIST ルートがリージョンの外部にある場合、リージョンの境界に位置する MSTP スイッチの 1 つが CIST リージョナル ルートとして選択されます。

MSTP スイッチは初期化時に、自身が CIST のルートおよび CIST リージョナル ルートであることを主張するため、CIST ルートと CIST リージョナル ルートへのパス コストがいずれもゼロに設定された BPDU を送信します。スイッチはさらに MST インスタンスをすべて初期化し、

自身がこれらすべてのインスタンスのルートであると主張します。スイッチは、ポート用に現在保存されているものより上位の MST ルート情報（低いデバイス ID、低いパスコストなど）を受信した場合、CIST リージョナルルートとしての主張を放棄します。

リージョンには、初期化中に多くのサブ リージョンが含まれて、それぞれに独自の CIST リージョナル ルートが含まれることがあります。スイッチは、優位の IST 情報を受信すると、古いサブリージョンを脱退して、真の CIST リージョナル ルートが含まれている新しいサブリージョンに加入します。真の CIST リージョナル ルートが含まれている以外のサブリージョンは、すべて縮小します。

正常な動作のためには、MST リージョン内のすべてのスイッチが同じ CIST リージョナル ルートを承認する必要があります。共通の CIST リージョナル ルートに収束する場合、そのリージョン内にある 2 つのスイッチは、1 つの MST インスタンスに対するポートの役割のみを同期させます。

MST リージョン間の動作

ネットワーク内に複数のリージョンまたは IEEE 802.1D 準拠のレガシー スイッチが混在している場合、MSTP は、ネットワーク内のすべての MST リージョンとすべてのレガシー STP スイッチからなる CST を構築して維持します。MSTI は、リージョンの境界にある IST と組み合わさり、CST になります。

IST は、リージョン内のすべての MSTP スイッチに接続し、スイッチド ドメイン全体を網羅する CIST のサブツリーとして見なされます。サブツリーのルートは CIST リージョナル ルートです。MST リージョンは、隣接する STP スイッチや MST リージョンからは仮想スイッチとして認識されます。

BPDU を送受信するのは、CST インスタンスだけです。MST インスタンスは自身のスパニングツリー情報を BPDU に追加して、ネイバー スイッチと通信し、最終的なスパニングツリー トポロジを計算します。したがって、BPDU伝送に関連するスパニングツリーパラメータ（hello タイム、転送時間、最大エージング タイム、最大ホップ カウントなど）は、CST インスタンスだけで設定されますが、その影響はすべての MST インスタンスに及びます。スパニングツリー トポロジに関連するパラメータ（スイッチ プライオリティ、ポート VLAN コスト、ポート VLAN プライオリティなど）は、CST インスタンスと MST インスタンスの両方で設定できます。

MSTP スイッチは、バージョン 3 RSTP BPDU または IEEE 802.1D STP BPDU を使用して、レガシー IEEE 802.1D デバイスと通信します。MSTP スイッチは、MSTP BPDU を使用して MSTP デバイスと通信します。

IEEE 802.1s の用語

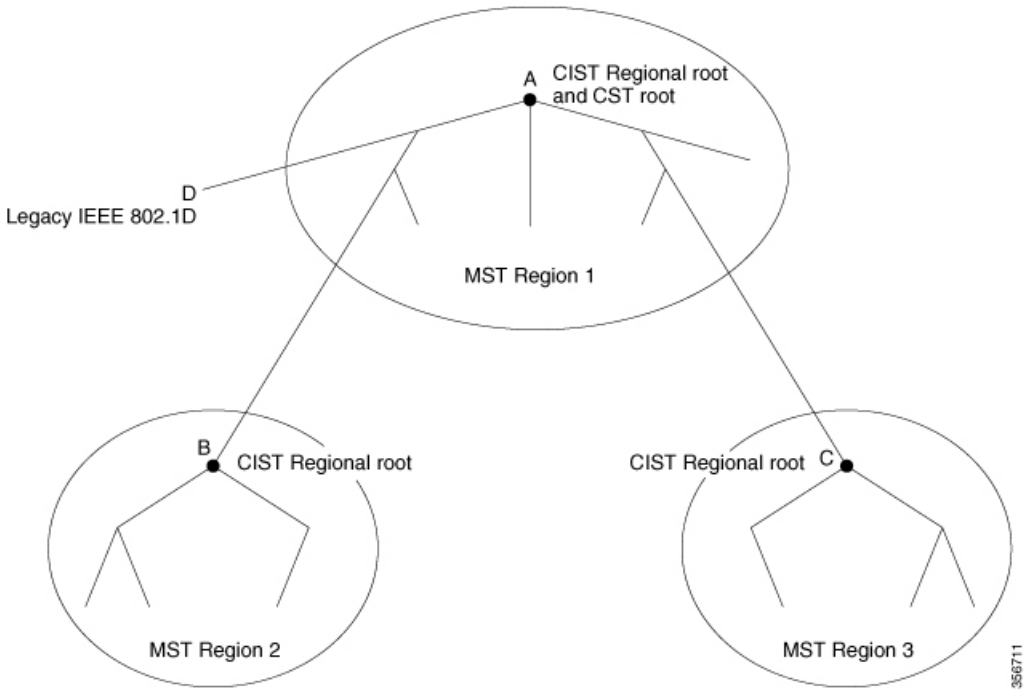
シスコの先行標準実装で使用される一部の MST 命名規則は、一部の内部パラメータまたはリージョンパラメータを識別するように変更されました。これらのパラメータは、ネットワーク全体に関連している外部パラメータと違い、MST リージョン内でのみ影響があります。CIST はネットワーク全体を網羅するスパニングツリー インスタンスのため、CIST パラメータのみ、内部修飾子やリージョナル修飾子ではなく外部修飾子が必要です。

- CIST ルートは、ネットワーク全体を網羅する一意のインスタンスのためのルート スイッチです。
- CIST 外部ルート パス コストは、CIST ルートまでのコストです。このコストは MST 領域内で変化しません。CIST では、MST リージョンが単一のスイッチのように見えるので注意してください。CIST 外部ルート パス コストは、この仮想デバイス、およびどの領域にも属さないデバイスの間で計算されるルート パス コストです。
- CIST ルートが領域内にある場合、CIST リージョナル ルートは CIST ルートです。または、CIST リージョナル ルートがそのリージョンで CIST ルートに最も近いスイッチになります。CIST リージョナル ルートは IST のルート スイッチとして動作します。
- CIST 内部ルート パス コストは、領域内の CIST リージョナル ルートまでのコストです。このコストは、IST つまりインスタンス 0 だけに関連します。

MST リージョンの図

この図は、3 個の MST リージョンとレガシー IEEE 802.1D デバイス（D）を示しています。リージョン 1 の CIST リージョナル ルート（A）は、CIST ルートでもあります。リージョン 2 の CIST リージョナル ルート（B）、およびリージョン 3 の CIST リージョナル ルート（C）は、CIST 内のそれぞれのサブツリーのルートです。RSTP はすべてのリージョンで稼働しています。

図 *4 : MST* リージョン、*CIST* リージョナルルート、*CST* ルート



ホップ カウント

ISTおよびMSTインスタンスは、スパニングツリートポロジの計算に、コンフィギュレーション BPDU のメッセージ有効期間と最大エージング タイムの情報を使用しません。その代わりに、IP Time To Live（TTL）メカニズムに似た、ルートまでのパス コストおよびホップ カウント メカニズムを使用します。

spanning-tree mst max-hops グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用すると、領域内で最大ホップ カウントを設定し、その領域の IST およびすべての MST インスタンスに適用できます。ホップ カウントを設定すると、メッセージ エージ情報を設定するのと同様の結果が得られます（再構成の開始時期を決定します）。インスタンスのルート スイッチは、常にコストを 0、ホップ カウントを最大値に設定して BPDU（または M レコード）を送信します。この BPDU を受信したスイッチは、受信 BPDU の残存ホップ カウントから 1 だけ差し引いた値を残存ホップ カウントとする BPDU を生成し、これを伝播します。このホップ カウントが 0 になると、スイッチはその BPDU を廃棄し、ポート用に維持されていた情報を期限切れにします。

BPDU の RSTP 部分に格納されているメッセージ有効期間と最大エージング タイムの情報は、リージョン全体で同じままであり、そのリージョンの境界に位置する指定ポートによって同じ値が伝播されます。

境界ポート

シスコ先行標準の実装では、境界ポートは、RSTP が稼働する単一のスパニングツリー リージョン、PVST+ または Rapid PVST+ が稼働する単一のスパニングツリー リージョン、または異なる MST コンフィギュレーションを持つ別の MST リージョンに MST リージョンを接続します。また、境界ポートは、指定デバイスがシングル スパニングツリー スイッチまたは異なる MST コンフィギュレーションを持つスイッチのいずれかである LAN に接続されます。

IEEE 802.1s 標準では、境界ポートの定義はなくなりました。IEEE 802.1Q-2002 標準では、ポートが受信できる 2 種類のメッセージを識別します。

- 内部（同一リージョンから）
- 外部（別のリージョンから）

メッセージが内部の場合、CIST の部分は CIST によって受信されるので、各 MST インスタンスは個々の M レコードだけを受信します。

メッセージが外部である場合、CIST だけが受信します。CIST の役割がルートや代替ルートの場合、または外部 BPDU のトポロジが変更された場合は、MST インスタンスに影響する可能性があります。

MST リージョンには、デバイスおよび LAN の両方が含まれます。セグメントは、DP のリージョンに属します。そのため、セグメントの指定ポートではなく異なるリージョンにあるポートは境界ポートになります。この定義では、リージョン内部の 2 つのポートが、別のリージョンに属するポートとセグメントを共有し、内部メッセージおよび外部メッセージの両方を 1 つのポートで受信できるようになります。

シスコ先行標準の実装との主な違いは、STP互換モードを使用している場合、指定ポートが境界ポートとして定義されない点です。

（注） レガシーSTPデバイスがセグメントに存在する場合、メッセージは常に外部と見なされます。

シスコ先行標準の実装から他に変更された点は、送信デバイスIDを持つRSTPまたはレガシーIEEE 802.1Qデバイスの部分に、CIST リージョナルルートデバイス ID フィールドが加えられたことです。リージョン全体は、一貫した送信者デバイス ID をネイバーデバイスに送信し、単一仮想デバイスのように動作します。この例では、AまたはBがセグメントに指定されているかどうかに関係なく、ルートの一貫した送信者デバイス ID が同じである BPDU をスイッチ C が受信します。

IEEE 802.1s の実装

シスコの IEEE MST 標準の実装には、標準の要件を満たす機能だけでなく、すでに公開されている標準には含まれていない一部の（要望されている）先行標準の機能が含まれています。

ポートの役割名の変更

境界の役割は最終的に MST 標準に含まれませんでしたが、境界の概念自体はシスコの実装に投影されています。ただし、リージョン境界にある MST インスタンスのポートは、対応するCISTポートのステートに必ずしも従うわけではありません。現在、2つの境界の役割が存在しています。

- 境界ポートが CIST リージョナル ルートのルート ポートである場合：CIST インスタンスポートを提案されて同期中の場合、対応するすべての MSTI ポートの同期を取り終わった後であれば（その後フォワーディングします）、その場合のみ合意を返信してフォワーディング ステートに移行できます。MSTIポートには、特別なプライマリ ロールがあります。
- 境界ポートが CIST リージョナル ルートのルート ポートでない：MSTI ポートは、CIST ポートのステートおよび役割に従います。標準では提供される情報が少ないため、MSTI ポートが BPDU（M レコード）を受信しない場合、MSTI ポートが BPDU を代わりにブロックできる理由がわかりにくい場合があります。この場合、境界の役割自体は存在していませんが、**show** コマンドで見ると、出力される *type* カラムで、ポートが境界ポートとして認識されていることがわかります。

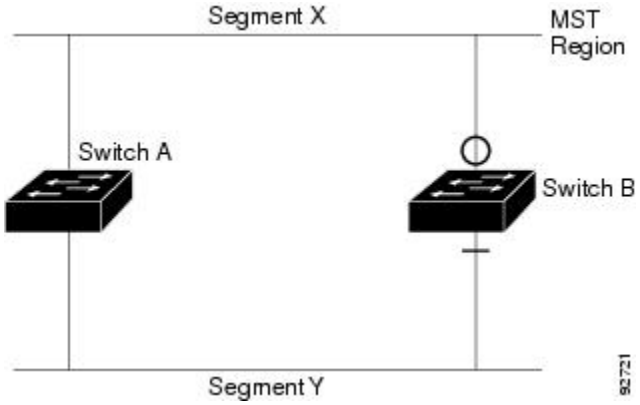
レガシーデバイスと標準デバイスの相互運用

先行標準デバイスの自動検出はエラーになることがあるので、インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用して先行標準ポートを識別できます。標準デバイスと先行標準デバイスの間にあるリージョンは形成できませんが、CIST を使用することで相互運用できます。このような特別な方法を採用しても、失われる機能は、異なるインスタンス上のロードバランシングだけです。ポートが先行標準の BPDU を受信すると、CLI（コマンドライン インターフェイス）にはポートの設定に応じて異なるフラグが表示されます。デバイスが先行標準BPDU

送信用に設定されていないポートで先行標準BPDUを初めて受信したときは、Syslogメッセージも表示されます。

図 *5:* 標準デバイスと先行標準デバイスの相互運用

Aを標準スイッチ、Bを先行標準のスイッチと仮定してください。両方とも同じリージョンに設定されています。AはCISTのルートスイッチであり、Bにはセグメント Xにルートポート（BX）、セグメント Yに代替ポート（BY）があります。セグメント Yがフラップして BYのポートが代替になってから 1つの準規格 BPDUを送信すると、準規格スイッチが Yに接続されていることを AYは検出できず、規格 BPDUの送信を続けます。ポート BYは境界に固定され、Aと Bとの間でのロードランシングは不可能になります。セグメント Xにも同じ問題がありますが、Bはトポロジの変更であれば送信する場合があります。



（注） 規格 MST 実装と準規格 MST 実装間の相互作用を最低限に抑えることを推奨します。

単一方向リンク障害の検出

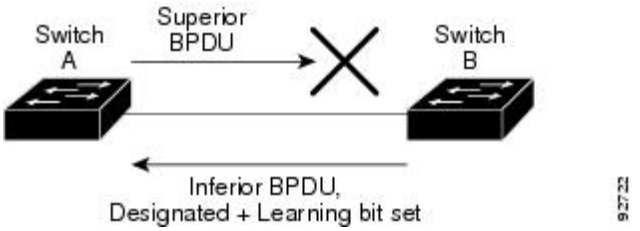
IEEE MST標準にはこの機能が存在していませんが、Cisco IOS Releaseには加えられています。ソフトウェアは、受信したBPDUでポートのロールおよびステートの一貫性をチェックし、ブリッジング ループの原因となることがある単方向リンク障害を検出します。

指定ポートは、矛盾を検出すると、その役割を維持しますが、廃棄ステートに戻ります。一貫性がない場合は、接続を中断した方がブリッジング ループを解決できるからです。

図 *6:* 単一方向リンク障害の検出

次の図に、ブリッジングループの一般的な原因となる単方向リンク障害を示します。スイッチAはルートデバイスであり、スイッチBへのリンクでBPDUは失われます。RSTPおよびMST BPDUには、送信側ポートの役割と状態が含まれます。この情報があれば、スイッチAは、送信した優位 BPDUにスイッチ Bが反応しないこと、さらにスイッチ Bはルートスイッチではなく指定スイッチであることを検出できます。この結果、スイッチAは、そのポートをブロッ

クし（またはブロックし続け）、ブリッジング ループが防止されます。



MSTP とスイッチ スタック

スイッチ スタックは、ネットワークのその他の部分に対しては単一のスパニングツリー ノードに見え、すべてのスタック メンバが与えられたスパニングツリーに同一のブリッジ ID を使用します。ブリッジ ID は、デバイスの MAC アドレスから取得されます。

MSTP をサポートしていないデバイスが、MSTP またはリバースをサポートしているスイッチ スタックに追加されると、デバイスはバージョンが不一致の状態になります。可能な場合、デバイスは、スイッチスタックで実行中のソフトウェアと同じバージョンに自動的にアップグレードまたはダウングレードされます。

IEEE 802.1D STP との相互運用性

MSTP が稼働しているデバイスは、IEEE 802.1D 準拠のレガシーデバイスとの相互運用を可能にする組み込み型のプロトコル移行メカニズムをサポートします。このデバイスは、レガシー IEEE 802.1D コンフィギュレーション BPDU（プロトコルバージョンが 0 に設定されている BPDU）を受信すると、そのポート上では IEEE 802.1D BPDU のみを送信します。また、MSTP デバイスは、レガシー BPDU、別のリージョンに関連付けられている MSTP BPDU（バージョン 3）、または RSTP BPDU（バージョン 2）を受信することによって、ポートがリージョンの境界に位置していることを検出できます。

ただし、デバイスが IEEE 802.1D BPDU を受信していない場合は、自動的に MSTP モードに戻りません。これはレガシースイッチが指定デバイスでない限り、レガシースイッチがリンクから削除されたかどうか検出できないためです。このデバイスの接続先デバイスが領域に加わったとき、デバイスは境界ロールをポートに割り当て続けることもあります。プロトコル移行プロセスを再開するには（強制的にネイバーデバイスと再びネゴシエーションするには）、**clear spanning-tree detected-protocols** 特権 EXEC コマンドを使用します。

リンク上のすべてのレガシースイッチが RSTP デバイスであれば、これらのデバイスは、RSTP BPDU 同様に MSTP BPDU を処理できます。したがって、MSTP デバイスは、バージョン 0 コンフィギュレーションと TCN BPDU またはバージョン 3 MSTP BPDU のいずれかを境界ポートで送信します。境界ポートは、指定デバイスがシングル スパニングツリー スイッチまたは異なる MST コンフィギュレーションを持つスイッチのいずれかである LAN に接続されます。

RSTP 概要

RSTP は、ポイントツーポイントの配線を利用して、スパニングツリーの高速コンバージェンスを実現します。また、1 秒未満の間に、スパニングツリーを再構成できます（IEEE 802.1D スパニングツリーのデフォルトに設定されている 50 秒とは異なります）。

ポートの役割およびアクティブ トポロジ

RSTP は、ポートに役割を割り当てて、アクティブ トポロジを学習することによって高速コンバージェンスを実現します。RSTP はデバイスをルートデバイスとして最も高いデバイスプライオリティ（プライオリティの数値が一番小さい）に選択するために、IEEE 802.1D STP 上に構築されます。RSTP は、次のうちいずれかのポートの役割をそれぞれのポートに割り当てます。

- ルートポート：デバイスがルートスイッチにパケットを転送するとき、最適な（コストが最小の）パスを提供します。
- 指定ポート：指定デバイスに接続し、その LAN からルートスイッチにパケットを転送するとき、パスコストを最低にします。指定デバイスが LAN への接続に使用したポートは、指定ポートと呼ばれます。
- 代替ポート：現在のルート ポートが提供したパスに代わるルート スイッチへの代替パスを提供します。
- バックアップ ポート：指定ポートが提供した、スパニングツリーのリーフに向かうパスのバックアップとして機能します。2 つのポートがポイントツーポイント リンクによってループバックで接続した場合、または共有 LAN セグメントへの複数の接続がデバイスにある場合に限り、バックアップ ポートは存在できます。
- ディセーブル ポート：スパニングツリーの動作において何も役割が与えられていません。

ルート ポートまたは指定ポートのロールを持つポートは、アクティブなトポロジに含まれます。代替ポートまたはバックアップ ポートのロールがあるポートは、アクティブ トポロジから除外されます。

ネットワーク全体のポートの役割に矛盾のない安定したトポロジでは、RSTP は、すべてのルートポートおよび指定ポートがただちにフォワーディング ステートに移行し、代替ポートとバックアップ ポートが必ず廃棄ステート（IEEE 802.1D のブロッキング ステートと同じ）になるように保証します。ポートのステートにより、転送処理および学習処理の動作が制御されます。

表 *6:* ポート ステートの比較

運用ステータス	STP ポート ステート（IEEE 802.1D）	RSTP ポート ステート	ポートがアクティブ トポロジに含まれているか
イネーブル	ブロッキング	廃棄	×
イネーブル	リスニング	廃棄	×

運用ステータス	STP ポート ステート（IEEE 802.1D）	RSTP ポート ステート	ポートがアクティブトポロジに含まれているか
イネーブル	ラーニング	ラーニング	○
イネーブル	転送	転送	○
ディセーブル	ディセーブル	廃棄	×

Cisco STP の実装との一貫性を保つため、このマニュアルでは、ポート ステートを廃棄ではなくブロッキングとして定義します。DP はリスニング ステートから開始します。

高速コンバージェンス

RSTP は、デバイス、デバイスポート、LAN のうちいずれかの障害のあと、接続の高速回復を提供します。エッジ ポート、新しいルート ポート、ポイントツーポイント リンクで接続したポートに、高速コンバージェンスが次のように提供されます。

- エッジポート：**spanning-tree portfast** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用して RSTP デバイスでエッジポートとしてポートを設定した場合、エッジポートはフォワーディングステートにすぐに移行します。エッジ ポートは Port Fast 対応ポートと同じであり、単一エンドステーションに接続しているポートだけでイネーブルにする必要があります。
- ルート ポート：RSTP は、新しいルート ポートを選択した場合、古いルート ポートをブロックし、新しいルート ポートをフォワーディング ステートにすぐに移行します。
- ポイントツーポイント リンク：ポイントツーポイント リンクによってあるポートと別のポートを接続することでローカル ポートが指定ポートになると、提案合意ハンドシェイクを使用して他のポートと急速な移行がネゴシエートされ、トポロジにループがなくなります。

図 *7:* 高速コンバージェンスの提案と合意のハンドシェイク

スイッチ A がスイッチ B にポイントツーポイント リンクで接続され、すべてのポートはブロッキング ステートになっています。スイッチ A のプライオリティがスイッチ B のプライオリティよりも数値的に小さいとします。スイッチ A は提案メッセージ（提案フラグを設定した設定 BPDU）をスイッチ B に送信し、指定デバイスとしてそれ自体を提案します。

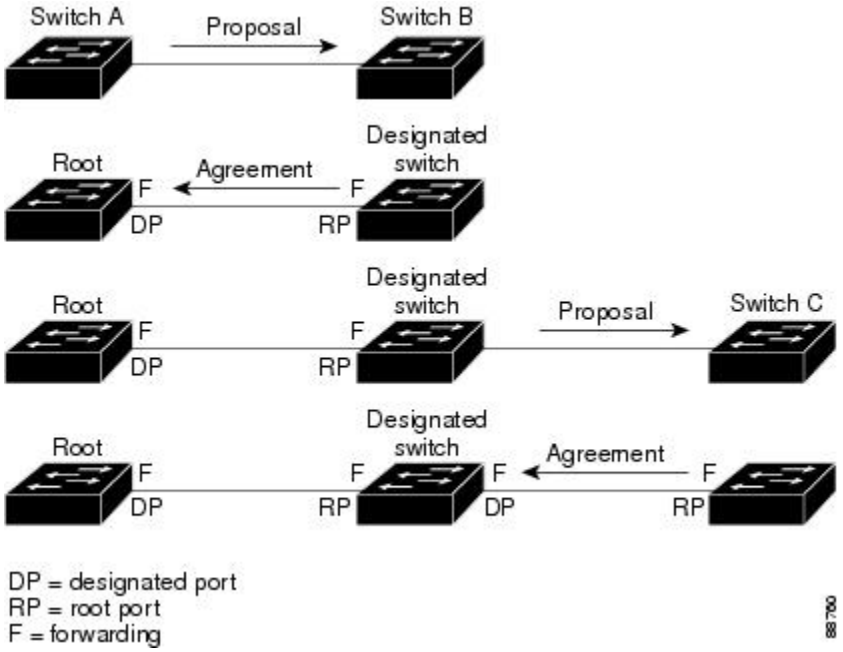
スイッチ B は、提案メッセージを受信すると、提案メッセージを受信したポートを新しいルート ポートとして選択し、すべての非エッジポートをブロッキング ステートにします。さらに、新しいルート ポート経由で合意メッセージ（合意フラグが設定された BPDU）を送信します。

スイッチ A は、スイッチ B の合意メッセージを受信すると、ただちに自身の指定ポートをフォワーディング ステートにします。スイッチ B はその非エッジポートをすべてブロックし、またスイッチ A とスイッチ B はポイントツーポイントリンクで接続されているので、ネットワークにループは形成されません。

スイッチ C がスイッチ B に接続された場合も、同様のハンドシェイク メッセージが交換されます。スイッチ C はスイッチ B に接続されたポートをルート ポートとして選択し、両端のポートはただちにフォワーディング ステートに移行します。このハンドシェイク処理を繰り返して、もう 1 つのデバイスがアクティブトポロジに加わります。ネットワークが収束すると、この提案/合意ハンドシェイクがルートからスパニングツリーのリーフへと進みます。

スイッチ スタックでは、Cross-Stack Rapid Transition（CSRT）機能を使用すると、ポートがフォワーディング ステートに移行する前に、スタック メンバで、提案/合意ハンドシェイク中にすべてのスタック メンバから確認メッセージを受信できます。デバイスが MST モードの場合、CSRT は自動的に有効にされます。

デバイスはポートのデュプレックスモードによってリンクタイプを学習します。全二重ポートはポイントツーポイント接続と見なされ、半二重接続は共有接続と見なされます。デュプレックス設定によって制御されるデフォルト設定を無効にするには、**spanning-tree link-type** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを入力します。



ポート ロールの同期

デバイスがそのルータのポートの 1 つで提案メッセージを受信し、そのポートが新しいルートポートとして選択されると、RSTP によってその他すべてのポートが新しいルートの情報と強制的に同期化します。

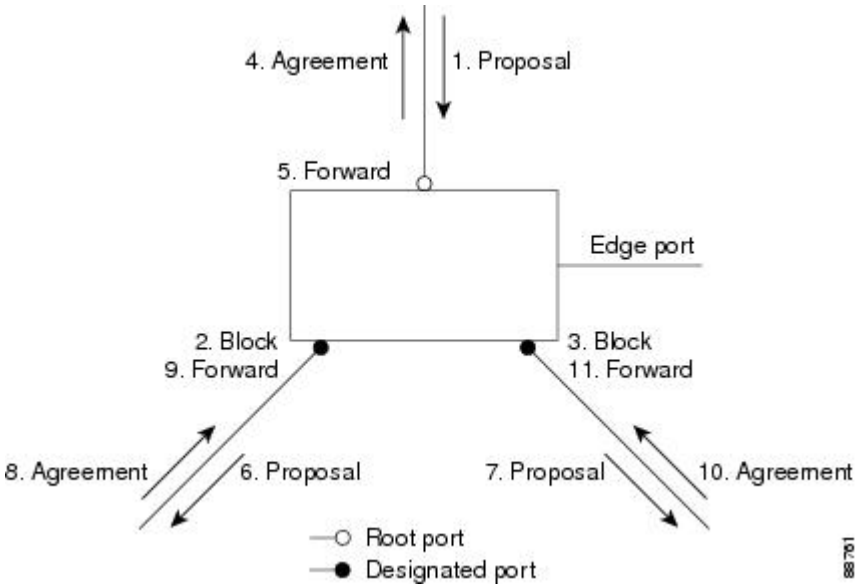
その他すべてのポートを同期化する場合、ルート ポートで受信した優位ルート情報でデバイスは同期化されます。デバイスのそれぞれのポートは、次のような場合に同期化します。

- ポートがブロッキング ステートである。
- エッジ ポートである（ネットワークのエッジに存在するように設定されたポート）。

指定ポートがフォワーディング ステートでエッジ ポートとして設定されていない場合、RSTP によって新しいルート情報と強制的に同期されると、その指定ポートはブロッキング ステートに移行します。一般的に RSTP がルート情報でポートを強制的に同期化し、ポートが上の条件を満たしていない場合、そのポート ステートはブロッキングに設定されます。

図 *8 :* 高速コンバージェンス中のイベントのシーケンス

すべてのポートが同期化されてから、デバイスは、ルートポートに対応する指定デバイスに合意メッセージを送信します。ポイントツーポイントリンクで接続されたデバイスがポートの役割で合意すると、RSTP はポートステートをフォワーディングにすぐに移行します。



ブリッジ プロトコル データ ユニットの形式および処理

RSTP BPDU のフォーマットは、プロトコル バージョンが 2 に設定されている点を除き、IEEE 802.1D BPDU のフォーマットと同じです。新しい 1 バイトのバージョン 1 の Length フィールドは 0 に設定されます。これはバージョン 1 のプロトコルの情報がないことを示しています。

表 *7 : RSTP BPDU* フラグ

ビット	機能
0	トポロジーの変化（TC）
1	提案

ビット	機能
2 ～ 3: 00 01 10 11	ポートの役割： 不明 代替ポート ルートポート 指定ポート
4	ラーニング
5	転送
6	合意
7	トポロジー変更確認応答（TCA）

送信側デバイスは RSTP BPDU の提案フラグを設定し、その LAN の指定デバイスとして自分自身を提案します。提案メッセージのポートの役割は、常に DP に設定されます。

送信側デバイスは、RSTP BPDUの合意フラグを設定して以前の提案を受け入れます。合意メッセージ内のポート ロールは、常にルート ポートに設定されます。

RSTP には個別のトポロジ変更通知（TCN）BPDUはありません。TC フラグが使用されて、TC が示されます。ただし、IEEE 802.1D デバイスとの相互運用性を保つために、RSTP デバイスは TCN BPDU の処理と生成を行います。

ラーニング フラグおよびフォワーディング フラグは、送信側ポートのステートに従って設定されます。

優位 BPDU 情報の処理

ポートに現在保存されているルート情報よりも優位のルート情報（小さいデバイス ID、低いパスコストなど）をポートが受け取ると、RSTP は再構成を開始します。ポートが新しいルート ポートとして提案されて選択されると、RSTP は強制的にその他すべてのポートを同期化します。

受信した BPDU が、提案フラグが設定されている RSTP BPDU である場合、デバイスはその他すべてのポートが同期化されてから合意メッセージを送信します。BPDU が IEEE 802.1D BPDU の場合、デバイスは提案フラグを設定せずに、そのポートの転送遅延タイマーを起動します。新しいルート ポートでは、フォワーディング ステートに移行するために、2 倍の転送遅延時間が必要となります。

ポートで優位の情報が受信されたために、そのポートがバックアップ ポートまたは代替ポートになる場合、RSTP はそのポートをブロッキング ステートに設定し、合意メッセージは送信しません。DP は、転送遅延タイマーが失効するまで、提案フラグを設定して BPDU を送信し続け、転送遅延タイマーの失効時に、ポートはフォワーディング ステートに移行します。

下位 BPDU 情報の処理

指定ポートの役割を持つ下位BPDU（そのポートに現在保存されている値より大きいデバイスID、高いパスコストなど）を指定ポートが受信した場合、その指定ポートはただちに現在の自身の情報で応答します。

トポロジの変更

ここでは、スパニングツリー トポロジの変更処理について、RSTP と IEEE 802.1D の相違を説明します。

- 検出：IEEE 802.1D では、どのようなブロッキング ステートとフォワーディング ステートとの間の移行でもトポロジの変更が発生しますが、RSTP でトポロジの変更が発生するのは、ブロッキング ステートからフォワーディング ステートに移行する場合だけです（トポロジの変更と見なされるのは、接続数が増加する場合だけです）。エッジポートにおけるステート変更は、TC の原因になりません。RSTP デバイスは、TC を検出すると、TCN を受信したポートを除く、エッジ以外のすべてのポートで学習した情報を削除します。
- 通知：IEEE 802.1D は TCN BPDU を使用しますが、RSTP は使用しません。ただし、IEEE 802.1D との相互運用性を保つために、RSTP デバイスは TCN BPDU の処理と生成を行います。
- 確認：RSTP デバイスは、指定ポートで IEEE 802.1D デバイスから TCN メッセージを受信した場合、TCA ビットが設定された IEEE 802.1D コンフィギュレーション BPDU で応答します。ただし、IEEE 802.1D デバイスに接続されたルートポートで TC 時間タイマー（IEEE 802.1D のトポロジ変更タイマーと同じ）がアクティブであり、TCA ビットが設定されたコンフィギュレーション BPDU が受信された場合、TC 時間タイマーはリセットされます。

  この処理は、IEEE 802.1Dデバイスをサポートする目的でのみ必要とされます。RSTP BPDU は TCA ビットが設定されていません。
- 伝播：RSTP デバイスは、DP またはルートポートを介して別のデバイスから TC メッセージを受信すると、エッジ以外のすべてのDP、およびルートポート（TCメッセージを受信したポートを除く）に変更を伝播します。デバイスはこのようなすべてのポートでTC-whileタイマーを開始し、そのポートで学習した情報を消去します。
- プロトコルの移行：IEEE 802.1Dデバイスとの下位互換性を保つため、RSTP はIEEE 802.1D コンフィギュレーション BPDU および TCN BPDU をポート単位で必要に応じて送信します。

  ポートが初期化されると、移行遅延タイマーが開始され（RSTP BPDU が送信される最低時間を指定）、RSTP BPDU が送信されます。このタイマーがアクティブである間、デバイスはそのポートで受信したすべてのBPDUを処理し、プロトコルタイプを無視します。

  デバイスはポートの移行遅延タイマーが満了した後に IEEE 802.1D BPDU を受信した場合、IEEE 802.1Dデバイスに接続されていると想定し、IEEE 802.1D BPDU のみの使用を開始します。ただし、RSTPデバイスが 1 つのポートでIEEE 802.1D BPDU を使用していて、タイマーが満了した後に RSTP BPDU を受信した場合、タイマーが再起動し、そのポートで RSTP BPDU の使用が開始されます。

プロトコル移行プロセス

MSTP が稼働しているデバイスは、IEEE 802.1D 準拠のレガシーデバイスとの相互運用を可能にする組み込み型のプロトコル移行メカニズムをサポートします。このデバイスは、レガシー IEEE 802.1D コンフィギュレーション BPDU（プロトコルバージョンが 0 に設定されている BPDU）を受信すると、そのポート上では IEEE 802.1D BPDU のみを送信します。また、MSTP デバイスは、レガシー BPDU、別のリージョンに関連付けられている MST BPDU（バージョン 3）、または RST BPDU（バージョン 2）を受信することによって、ポートがリージョンの境界に位置していることを検出できます。

ただし、デバイスが IEEE 802.1D BPDU を受信していない場合は、自動的に MSTP モードに戻りません。これはレガシースイッチが指定デバイスでない限り、レガシースイッチがリンクから削除されたかどうか検出できないためです。また、接続するデバイスがリージョンに加入していると、デバイスはポートに境界の役割を割り当て続ける場合があります。

MSTP のデフォルト設定

表 *8 : MSTP* のデフォルト設定

機能	デフォルト設定
スパニングツリー モード	
デバイスプライオリティ（CIST ポートごとに設定可能）	32768
スパニングツリー ポート プライオリティ（CIST ポート単位で設定可能）	128
スパニングツリー ポート コスト（CIST ポート単位で設定可能）	
hello タイム	
転送遅延時間	
最大エージング タイム	20 秒
最大ホップ カウント	20 ホップ

MSTP および MSTP パラメータの設定方法

ここでは、MSTP および MSTP パラメータの設定について説明します。

MST リージョンの設定および MSTP のイネーブル化

2つ以上のスイッチを同じMSTリージョンに設定するには、その2つのスイッチに同じVLAN/インスタンス マッピング、同じコンフィギュレーション リビジョン番号、同じ名前を設定しなければなりません。

リージョンには、MST設定が同一である、1つ以上のメンバーを含めることができます。各メンバーでは、RSTP BPDU を処理できる必要があります。ネットワーク内の MST リージョンの数に制限はありませんが、各リージョンは最大 64 のスパニングツリー インスタンスのみをサポートできます。VLAN には、一度に 1 つのスパニングツリー インスタンスのみ割り当てることができます。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree mst configuration** 例： `Device(config)# spanning-tree mst configuration`	MST コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 4	**instance** *instance-id* **vlan** *vlan-range* 例： `Device(config-mst)# instance 1 vlan 10-20`	VLAN を MSTI にマップします。 • *instance-id* に指定できる範囲は、0 ～ 4094 です。 • **vlan** *vlan-range* に指定できる範囲は、1 ～ 4094 です。 VLAN を MSTI にマップする場合、マッピングは増加され、コマンドに指定した VLAN は、以前マッピングした VLAN に追加されるか、そこから削除されます。 VLAN の範囲を指定するには、ハイフンを使用します。たとえば **instance 1 vlan 1-63** では、VLAN 1 ～ 63 が MSTI 1 にマップされます。

	コマンドまたはアクション	目的
		VLAN を列挙して指定する場合は、カンマを使用します。たとえば **instance 1 vlan 10, 20, 30** と指定すると、VLAN 10、20、30 が MST インスタンス 1 にマッピングされます。
ステップ 5	**name** *name* 例： `Device(config-mst)# name region1`	コンフィギュレーション名を指定します。*name* 文字列の最大の長さは 32 文字であり、大文字と小文字が区別されます。
ステップ 6	**revision** *version* 例： `Device(config-mst)# revision 1`	設定リビジョン番号を指定します。指定できる範囲は 0 ～ 65535 です。
ステップ 7	**show pending** 例： `Device(config-mst)# show pending`	保留中の設定を表示し、設定を確認します。
ステップ 8	**exit** 例： `Device(config-mst)# exit`	すべての変更を適用し、グローバル コンフィギュレーション モードに戻ります。
ステップ 9	**spanning-tree mode mst** 例： `Device(config)# spanning-tree mode mst`	MSTP をイネーブルにします。RSTP もイネーブルになります。 スパニングツリー モードを変更すると、すべてのスパニングツリーインスタンスは以前のモードであるため停止し、新しいモードで再起動するので、トラフィックを中断させる可能性があります。 MSTP と PVST+ または MSTP と Rapid PVST+ を同時に実行することはできません。
ステップ 10	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

ルート デバイスの設定

この手順は任意です。

始める前に

マルチスパニングツリー（MST）が、デバイスで指定されて有効になっている必要があります。詳細については、関連項目を参照してください。

指定された MST インスタンス ID も把握する必要があります。この例のステップ 2 では、インスタンス ID として 0 を使用します。これは「関連項目」で示されている手順によって設定されたインスタンス ID が 0 であるためです。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree mst** *instance-id* **root primary** 例： `Device(config)# spanning-tree mst 0 root primary`	デバイスをルートデバイスとして設定します。 • *instance-id* には、単一のインスタンス、ハイフンで区切られた範囲のインスタンス、またはカンマで区切られた一連のインスタンスを指定できます。指定できる範囲は 0 ～ 4094 です。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

セカンダリ ルート デバイスの設定

拡張システム ID をサポートするデバイスをセカンダリルートとして設定する場合、デバイスプライオリティはデフォルト値（32768）から 28672 に修正されます。プライマリルートデバイスで障害が発生した場合は、このデバイスが指定インスタンスのルートデバイスになる可能性があります。ここでは、その他のネットワークデバイスが、デフォルトのデバイスプライオリティの 32768 を使用しているためにルートデバイスになる可能性が低いことが前提となっています。

このコマンドを複数のデバイスに対して実行すると、複数のバックアップルートデバイスを設定できます。**spanning-tree mst** *instance-id* **root primary** グローバル コンフィギュレーション コ

マンドでプライマリルートデバイスを設定したときと同じネットワーク直径および hello タイム値を使用してください。

この手順は任意です。

始める前に

マルチスパニングツリー（MST）が、デバイスで指定されて有効になっている必要があります。詳細については、関連項目を参照してください。

指定された MST インスタンス ID も把握する必要があります。この例では、インスタンス ID として 0 を使用します。これは「関連項目」で示されている手順によって設定されたインスタンス ID が 0 であるためです。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree mst** *instance-id* **root secondary** 例： `Device(config)# spanning-tree mst 0 root secondary`	デバイスをセカンダリルートデバイスとして設定します。 • *instance-id* には、単一のインスタンス、ハイフンで区切られた範囲のインスタンス、またはカンマで区切られた一連のインスタンスを指定できます。指定できる範囲は 0 ～ 4094 です。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

ポート プライオリティの設定

ループが発生した場合、MSTP はポート プライオリティを使用して、フォワーディング ステートにするインターフェイスを選択します。最初に選択されるインターフェイスには高いプライオリティ値（小さい数値）を割り当て、最後に選択されるインターフェイスには低いプライオリティ値（高い数値）を割り当てることができます。すべてのインターフェイスに同じプライ

オリティ値が与えられている場合、MSTP はインターフェイス番号が最小のインターフェイスをフォワーディング ステートにし、他のインターフェイスをブロックします。

（注） デバイスがスイッチスタックのメンバーの場合、**spanning-tree mst**[*instance-id*] **port-priority** *priority* インターフェイス コンフィギュレーション コマンドの代わりに、**spanning-tree mst**[*instance-id*] **cost** *cost* インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用し、フォワーディングステートにするポートを選択する必要があります。最初に選択させたいポートには、より小さいコスト値を割り当て、最後に選択させたいポートには、より大きいコスト値を割り当てることができます。詳細については、関連項目の下に表示されるパス コストのトピックを参照してください。

この手順は任意です。

始める前に

マルチスパニングツリー（MST）が、デバイスで指定されて有効になっている必要があります。詳細については、関連項目を参照してください。

指定された MST インスタンス ID と使用されるインターフェイスも把握する必要があります。この例では、インスタンス ID として 0 を使用し、インターフェイスとして GigabitEthernet0/1 を使用します。これは「関連トピック」で示されている手順によってインスタンス ID とインターフェイスがそのように設定されているためです。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/1`	設定するインターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 4	**spanning-tree mst** *instance-id* **port-priority** *priority* 例： `Device(config-if)# spanning-tree mst 0 port-priority 64`	ポート プライオリティを設定します。 • *instance-id* には、単一のインスタンス、ハイフンで区切られた範囲のインスタンス、またはカンマで区切られた一連のインスタンスを指定でき

	コマンドまたはアクション	目的
		ます。指定できる範囲は 0 ～ 4094 です。 • *priority* 値の範囲は 0 ～ 240 で、16 ずつ増加します。デフォルト値は 128 です。値が小さいほど、プライオリティが高くなります。 使用可能な値は、0、16、32、48、64、80、96、112、128、144、160、176、192、208、224、240 だけです。その他の値はすべて拒否されます。
ステップ 5	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

show spanning-tree mst interface *interface-id* 特権 EXEC コマンドで情報が表示されるのは、ポートがリンクアップ動作可能の状態にある場合に限られます。そうでない場合は、**show running-config interface** 特権 EXEC コマンドを使用して設定を確認してください。

パス コストの設定

MSTP パス コストのデフォルト値は、インターフェイスのメディア速度に基づきます。ループが発生した場合、MSTP はコストを使用して、フォワーディング ステートにするインターフェイスを選択します。最初に選択されるインターフェイスには低いコスト値を割り当て、最後に選択されるインターフェイスには高いコスト値を割り当てることができます。すべてのインターフェイスに同じコスト値が与えられている場合、MSTP はインターフェイス番号が最小のインターフェイスをフォワーディング ステートにし、他のインターフェイスをブロックします。

この手順は任意です。

始める前に

マルチスパニングツリー（MST）が、デバイスで指定されて有効になっている必要があります。詳細については、関連項目を参照してください。

指定された MST インスタンス ID と使用されるインターフェイスも把握する必要があります。この例では、インスタンス ID として 0 を使用し、インターフェイスとして GigabitEthernet1/0/1 を使用します。これは「関連項目」で示されている手順によってインスタンス ID とインターフェイスがそのように設定されているためです。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/1`	設定するインターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。有効なインターフェイスには、物理ポートとポートチャネル論理インターフェイスがあります。指定できるポートチャネルの範囲は1～48 です。
ステップ 4	**spanning-tree mst** *instance-id* **cost** *cost* 例： `Device(config-if)# spanning-tree mst 0 cost 17031970`	コストを設定します。 ループが発生した場合、MSTP はパス コストを使用して、フォワーディング ステートにするインターフェイスを選択します。低いパス コストは高速送信を表します。 • *instance-id* には、単一のインスタンス、ハイフンで区切られた範囲のインスタンス、またはカンマで区切られた一連のインスタンスを指定できます。指定できる範囲は 0 ～ 4094 です。 • *cost* の範囲は 1 ～ 200000000 です。デフォルト値はインターフェイスのメディア速度から派生します。
ステップ 5	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

show spanning-tree mst interface *interface-id* 特権 EXEC コマンドによって表示されるのは、リンクアップ動作可能状態のポートの情報だけです。そうでない場合は、**show running-config** 特権 EXEC コマンドを使用して設定を確認してください。

デバイスのプライオリティの設定

デバイスのプライオリティを変更すると、スタンドアロンスイッチまたはスタック内のスイッチであるかに関係なく、ルートスイッチとして選択される可能性が高くなります。

（注） このコマンドの使用には注意してください。通常のネットワーク設定では、**spanning-tree mst** *instance-id* **root primary** および **spanning-tree mst** *instance-id* **root secondary** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用して、デバイスをルートまたはセカンダリルートデバイスとして指定することをお勧めします。これらのコマンドが動作しない場合にのみデバイスプライオリティを変更する必要があります。

この手順は任意です。

始める前に

マルチスパニングツリー（MST）が、デバイスで指定されて有効になっている必要があります。詳細については、関連項目を参照してください。

使用する指定された MST インスタンス ID も把握する必要があります。この例では、インスタンス ID として 0 を使用します。これは「関連項目」で示されている手順によって設定されたインスタンス ID が 0 であるためです。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree mst** *instance-id* **priority** *priority* 例： `Device(config)# spanning-tree mst 0 priority 40960`	デバイスプライオリティを設定します。 • *instance-id* には、単一のインスタンス、ハイフンで区切られた範囲のインスタンス、またはカンマで区切られた一連のインスタンスを指定できます。指定できる範囲は 0 ～ 4094 です。 • *priority* の範囲は 0 ～ 61440 で、4096 ずつ増加します。デフォルトは 32768 です。この値が低いほど、デ

	コマンドまたはアクション	目的
		バイスがルートスイッチとして選択される可能性が高くなります。 使用可能な値は、0、4096、8192、12288、16384、20480、24576、28672、32768、36864、40960、45056、49152、53248、57344、61440 です。これらは唯一の許容値です。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

hello タイムの設定

hello タイムはルートデバイスによって設定メッセージが生成されて送信される時間の間隔です。

この手順は任意です。

始める前に

マルチスパニングツリー（MST）が、デバイスで指定されて有効になっている必要があります。詳細については、関連項目を参照してください。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree mst hello-time** *seconds* 例： `Device(config)# spanning-tree mst hello-time 4`	すべての MST インスタンスについて、hello タイムを設定します。hello タイムはルートデバイスによって設定メッセージが生成されて送信される時間の間隔です。このメッセージは、デバイスが活動中であることを表します。

	コマンドまたはアクション	目的
		seconds に指定できる範囲は 1 ～ 10 です。デフォルトは 3 です。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

転送遅延時間の設定

始める前に

マルチスパニングツリー（MST）が、デバイスで指定されて有効になっている必要があります。詳細については、関連項目を参照してください。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree mst forward-time** *seconds* 例： `Device(config)# spanning-tree mst forward-time 25`	すべての MST インスタンスについて、転送時間を設定します。転送遅延時間は、スパニングツリー ラーニング ステートおよびリスニング ステートからフォワーディング ステートに移行するまでに、ポートが待機する秒数です。 *seconds* に指定できる範囲は 4 ～ 30 です。デフォルトは 20 です。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

最大エージング タイムの設定

始める前に

マルチスパニングツリー（MST）が、デバイスで指定されて有効になっている必要があります。詳細については、関連項目を参照してください。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree mst max-age** *seconds* 例： `Device(config)# spanning-tree mst max-age 40`	すべての MST インスタンスについて、最大経過時間を設定します。最大エージングタイムは、デバイスが再設定を試す前にスパニングツリー設定メッセージを受信せずに待機する秒数です。 *seconds* に指定できる範囲は 6 ～ 40 です。デフォルトは 20 です。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

最大ホップ カウントの設定

この手順は任意です。

始める前に

マルチスパニングツリー（MST）が、デバイスで指定されて有効になっている必要があります。詳細については、関連項目を参照してください。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree mst max-hops** *hop-count* 例： `Device(config)# spanning-tree mst max-hops 25`	BPDU を廃棄してポート用に保持していた情報を期限切れにするまでの、リージョンでのホップ数を設定します。 *hop-count* に指定できる範囲は 1 ～ 255 です。デフォルト値は 20 です。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

高速移行を保証するリンク タイプの指定

ポイントツーポイント リンクでポート間を接続し、ローカル ポートが DP になると、RSTP は提案と合意のハンドシェークを使用して別のポートと高速移行をネゴシエーションし、ループがないトポロジを保証します。

デフォルトの場合、リンク タイプはインターフェイスのデュプレックス モードから制御されます。全二重ポートはポイントツーポイント接続、半二重ポートは共有接続と見なされます。MSTP を実行しているリモートデバイスの単一ポートに、半二重リンクを物理的にポイントツーポイントで接続した場合は、リンクタイプのデフォルト設定を無効にして、フォワーディングステートへの高速移行をイネーブルにすることができます。

この手順は任意です。

始める前に

マルチスパニングツリー（MST）が、デバイスで指定されて有効になっている必要があります。詳細については、関連項目を参照してください。

指定された MST インスタンス ID と使用されるインターフェイスも把握する必要があります。この例では、インスタンス ID として 0 を使用し、インターフェイスとして GigabitEthernet1/0/1 を使用します。これは「関連項目」で示されている手順によってインスタンス ID とインターフェイスがそのように設定されているためです。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/1`	設定するインターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。有効なインターフェイスには、物理ポート、VLAN、およびポート チャネル論理インターフェイスがあります。VLAN ID の範囲は 1 ～ 4094 です。指定できるポートチャネルの範囲は 1 ～ 48 です。
ステップ 4	**spanning-tree link-type point-to-point** 例： `Device(config-if)# spanning-tree link-type point-to-point`	ポートのリンク タイプがポイントツーポイントであることを指定します。
ステップ 5	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

ネイバー タイプの指定

トポロジには、先行標準に準拠したデバイスと IEEE 802.1s 標準準拠のデバイスの両方を加えることができます。デフォルトの場合、ポートは準規格デバイスを自動的に検出できますが、規格 BPDU および準規格 BPDU の両方を受信できます。デバイスとそのネイバーの間に不一致がある場合は、CIST だけがインターフェイスで動作します。

準規格 BPDU だけを送信するようにポートを設定できます。先行標準のフラグは、ポートが STP 互換モードにある場合でも、すべての **show** コマンドで表示されます。

この手順は任意です。

始める前に

マルチスパニングツリー（MST）が、デバイスで指定されて有効になっている必要があります。詳細については、関連項目を参照してください。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/1`	設定するインターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。有効なインターフェイスには、物理ポートが含まれます。
ステップ 4	**spanning-tree mst pre-standard** 例： `Device(config-if)# spanning-tree mst pre-standard`	ポートが準規格 BPDU だけを送信できることを指定します。
ステップ 5	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

プロトコル移行プロセスの再開

この手順では、プロトコル移行プロセスを再開し、ネイバーデバイスとの再ネゴシエーションを強制します。また、デバイスを MST モードに戻します。これは、IEEE 802.1D BPDU の受信後にデバイスがそれらを受信しない場合に必要です。

デバイスでプロトコルの移行プロセスを再開する（隣接するデバイスで再ネゴシエーションを強制的に行う）手順については、これらの手順に従ってください。

始める前に

マルチスパニングツリー（MST）が、デバイスで指定されて有効になっている必要があります。詳細については、関連項目を参照してください。

コマンドのインターフェイス バージョンを使用する場合は、使用する MST インターフェイスが分かっている必要があります。この例では、インターフェイスとして GigabitEthernet1/0/1 を使用します。それが「関連項目」で示されている手順によって設定されたインターフェイスであるからです。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。

ステップ 2	次のいずれかのコマンドを入力します。
	• **clear spanning-tree detected-protocols**
	• **clear spanning-tree detected-protocols interface** *interface-id*
	例：
	`Device# clear spanning-tree detected-protocols`
	または
	`Device# clear spanning-tree detected-protocols interface gigabitethernet 1/0/1`
		デバイスが MSTP モードに戻り、プロトコルの移行プロセスが再開されます。

次のタスク

この手順は、デバイスでさらにレガシー IEEE 802.1D コンフィギュレーション BPDU（プロトコルバージョンが 0 に設定された BPDU）を受信する場合に、繰り返しが必要なことがあります。

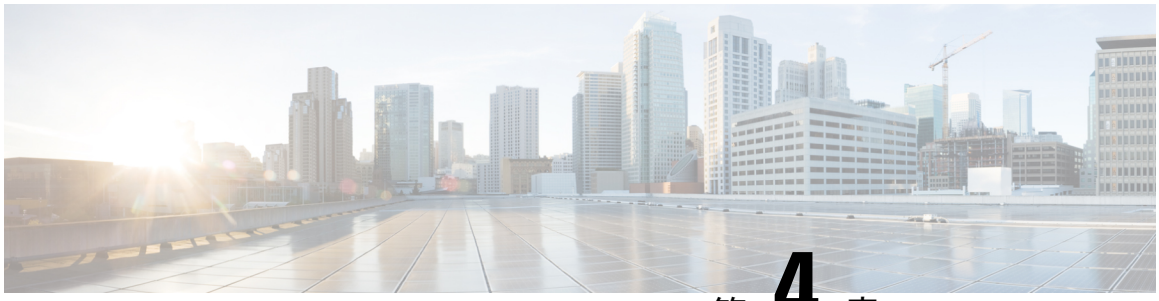
MSTP の機能の履歴

次の表に、このモジュールで説明する機能のリリースおよび関連情報を示します。

これらの機能は、特に明記されていない限り、導入されたリリース以降のすべてのリリースで使用できます。

リリース	機能	機能情報
Cisco IOS XE Fuji 16.9.2	複数のスパニングツリープロトコル	高速コンバージェンスのために RSTP を使用する MSTP では、複数の VLAN をグループ化して同じスパニングツリー インスタンスにマッピングすることが可能で、多くの VLAN をサポートするのに必要なスパニングツリー インスタンスの数を軽減できます。

Cisco Feature Navigator を使用すると、プラットフォームおよびソフトウェアイメージのサポート情報を検索できます。Cisco Feature Navigator には、http://www.cisco.com/go/cfn からアクセスします。



第 4 章

オプションのスパニングツリー機能の設定

オプションのスパニングツリー機能について

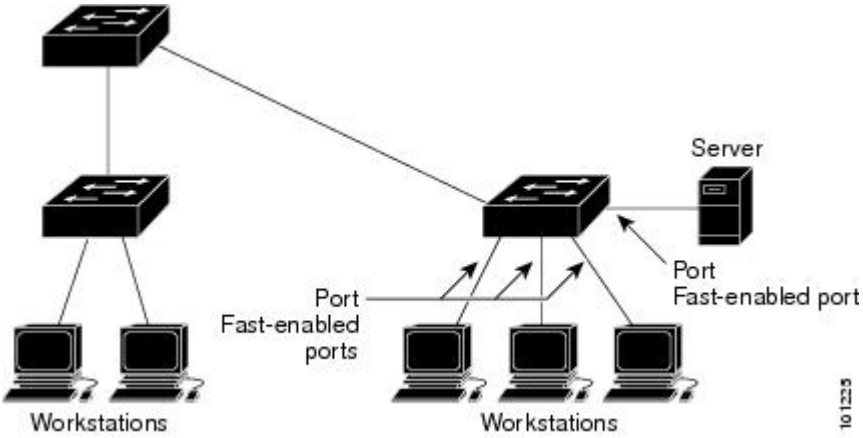
ここでは、オプションのスパニングツリー機能について説明します。

PortFast

PortFast機能を使用すると、アクセス ポートまたはトランク ポートとして設定されているインターフェイスが、リスニング ステートおよびラーニング ステートを経由せずに、ブロッキング ステートから直接フォワーディング ステートに移行します。

図 *9 : PortFast* が有効なインターフェイス

1 台のワークステーションまたはサーバに接続されているインターフェイス上で PortFast を使用すると、スパニングツリーが収束するのを待たずにデバイスをすぐにネットワークに接続できます。



1 台のワークステーションまたはサーバに接続されたインターフェイスがブリッジプロトコルデータ ユニット（BPDU）を受信しないようにする必要があります。スイッチを再起動すると、PortFast が有効に設定されているインターフェイスは通常のスパニングツリー ステータスの遷移をたどります。

インターフェイスまたはすべての非トランク ポートで有効にして、この機能を有効にできます。

BPDU ガード

ブリッジプロトコルデータユニット（BPDU）ガード機能はスイッチ上でグローバルにイネーブルにすることも、ポート単位でイネーブルにすることもできます。ただし、これらの動作は次の点で異なります。

PortFast 対応ポート、 上でグローバルレベルで BPDU ガードをイネーブルにすると、スパニング ツリーは、BPDU が受信されると、PortFast 動作 ステートのポートをシャットダウンします。有効な設定では、PortFast 対応ポートは BPDU を受信しません。 PortFast 対応ポート が BPDUを受信した場合は、許可されていないデバイスの接続などの無効な設定が存在することを示しており、BPDU ガード機能によってポートは error-disabled ステートになります。この状態になると、スイッチは違反が発生したポート全体をシャットダウンします。

PortFast 機能、をイネーブルにせずにインターフェイスレベルでポート上の BPDU ガードをイネーブルにした場合、ポートが BPDU を受信すると、error-disabled ステートになります。

インターフェイスを手動で再び動作させなければならない場合、無効な設定を防ぐには、BPDU ガード機能が役に立ちます。サービスプロバイダー ネットワーク内でアクセス ポートがスパニングツリーに参加しないようにするには、BPDU ガード機能を使用します。

BPDU フィルタリング

BPDU フィルタリング機能はスイッチ上でグローバルにイネーブルにすることも、インターフェイス単位でイネーブルにすることもできます。ただし、これらの動作は次の点で異なります。

PortFast 対応インターフェイス で、グローバルレベルで BPDU フィルタリングをイネーブルにすると、 PortFast動作 状態にあるインターフェイスが BPDU を送受信しなくなります。ただし、リンクが確立してからスイッチが発信 BPDU のフィルタリングを開始するまでの間に、このインターフェイスから BPDU がいくつか送信されます。これらのインターフェイスに接続されたホストが BPDU を受信しないようにするには、スイッチ上で BPDU フィルタリングをグローバルにイネーブルにする必要があります。BPDU が 、PortFast 対応インターフェイス、で受信された場合、インターフェイスは 、PortFast 動作ステータス、を失い、BPDU フィルタリングはディセーブルになります。

PortFast 機能 をイネーブルにせずに、インターフェイスで BPDU フィルタリングをイネーブルにすると、インターフェイスでの BPDU の送受信が防止されます。

⚠

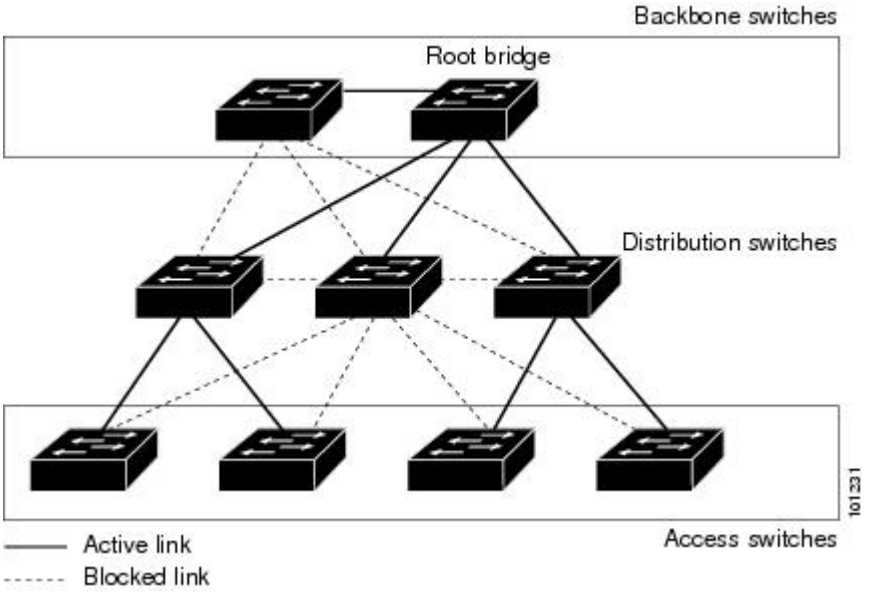
注意 BPDUフィルタリングを特定のインターフェイス上でイネーブルにすることは、そのインターフェイス上でスパニングツリーをディセーブルにすることと同じであり、スパニングツリーループが発生することがあります。

スイッチ全体または1つのインターフェイスでBPDUフィルタリング機能をイネーブルにできます。

UplinkFast

図 *10*：階層型ネットワークのスイッチ

階層型ネットワークに配置されたスイッチは、バックボーン スイッチ、ディストリビューション スイッチ、およびアクセス スイッチに分類できます。この複雑なネットワークには、ディストリビューション スイッチとアクセス スイッチがあり、ループを防止するために、スパニング ツリーがブロックする冗長リンクが少なくとも 1 つあります。



スイッチの接続が切断されると、スイッチはスパニングツリーが新しいルートポートを選択すると同時に代替パスの使用を開始します。リンクやスイッチに障害が発生した場合、またはスパニングツリーが UplinkFast の有効化によって自動的に再設定された場合に、新しいルートポートを短時間で選択できます。ルートポートは、通常のスパニングツリー手順とは異なり、リスニング ステートおよびラーニング ステートを経由せず、ただちにフォワーディング ステートに移行します。

スパニングツリーが新規ルートポートを再設定すると、他のインターフェイスはネットワークにマルチキャストパケットをフラッディングし、インターフェイス上で学習した各アドレスにパケットを送信します。max-update-rate パラメータの値を小さくすることで、これらのマルチキャスト トラフィックのバーストを制限できます（このパラメータはデフォルトで毎秒150パ

ケットです）。ただし、0 を入力すると、ステーション学習フレームが生成されないので、接続切断後スパニングツリー トポロジがコンバージェンスする速度が遅くなります。

（注） UplinkFast は、ネットワークのアクセスまたはエッジに位置する、ワイヤリング クローゼットのスイッチで非常に有効です。バックボーン デバイスには適していません。他のアプリケーションにこの機能を使用しても、有効とは限りません。

UplinkFast は、直接リンク障害発生後に高速コンバージェンスを行い、アップリンク グループを使用して、冗長レイヤ 2 リンク間でロードバランシングを実行します。アップリンク グループは、（VLAN ごとの）レイヤ 2 インターフェイスの集合であり、いかなるときも、その中の 1 つのインターフェイスだけが転送を行います。つまり、アップリンク グループは、（転送を行う）ルート ポートと、（セルフループを行うポートを除く）ブロックされたポートの集合で構成されます。アップリンク グループは、転送中のリンクで障害が起きた場合に代替パスを提供します。

図 *11 :* 直接リンク障害が発生する前の *UplinkFast* の例

このトポロジにはリンク障害がありません。ルート スイッチであるスイッチ A は、リンク L1 を介してスイッチ B に、リンク L2 を介してスイッチ C に直接接続されています。スイッチ B に直接接続されているスイッチ C のレイヤ 2 インターフェイスは、ブロッキング ステートです。

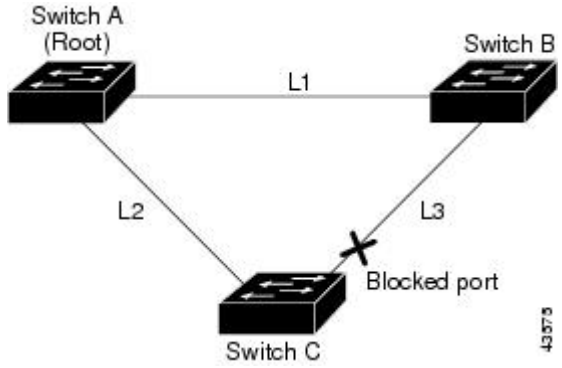
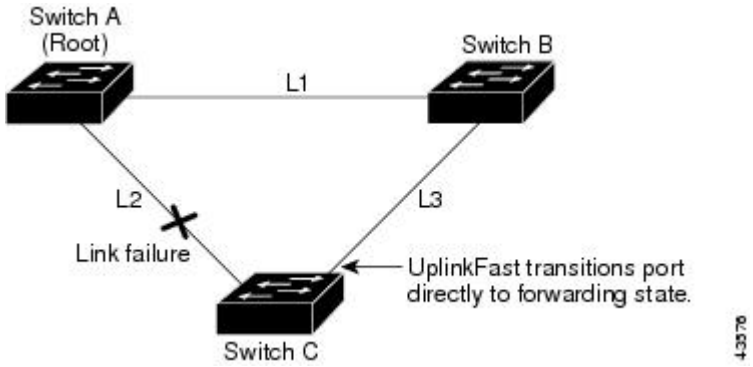


図 *12 :* 直接リンク障害が発生したあとの *UplinkFast* の例

スイッチ C が、ルート ポートの現在のアクティブ リンクである L2 でリンク障害（直接リンク障害）を検出すると、UplinkFast がスイッチ C でブロックされていたインターフェイスのブロックを解除し、リスニング ステートおよびラーニング ステートを経由せずに、直接フォワー

ディング ステートに移行させます。この切り替えに必要な時間は、約 1 ～ 5 秒です。



クロススタック UplinkFast

クロススタック UplinkFast（CSUF）は、スイッチ スタック全体にスパニングツリー高速移行（通常のネットワーク状態の下では1秒未満の高速コンバージェンス）を提供します。高速移行の間は、スタック上の代替冗長リンクがフォワーディング ステートになり、一時的なスパニングツリーループもバックボーンへの接続の損失も発生させません。一部の設定では、この機能により、冗長性と復元力を備えたネットワークが得られます。CSUF は UplinkFast 機能をイネーブルにすると、自動的にイネーブルになります。

CSUF で高速移行が得られない場合もあります。この場合は、通常のスパニングツリー移行が発生し、30 ～ 40 秒以内に完了します。詳細については、「関連項目」を参照してください。

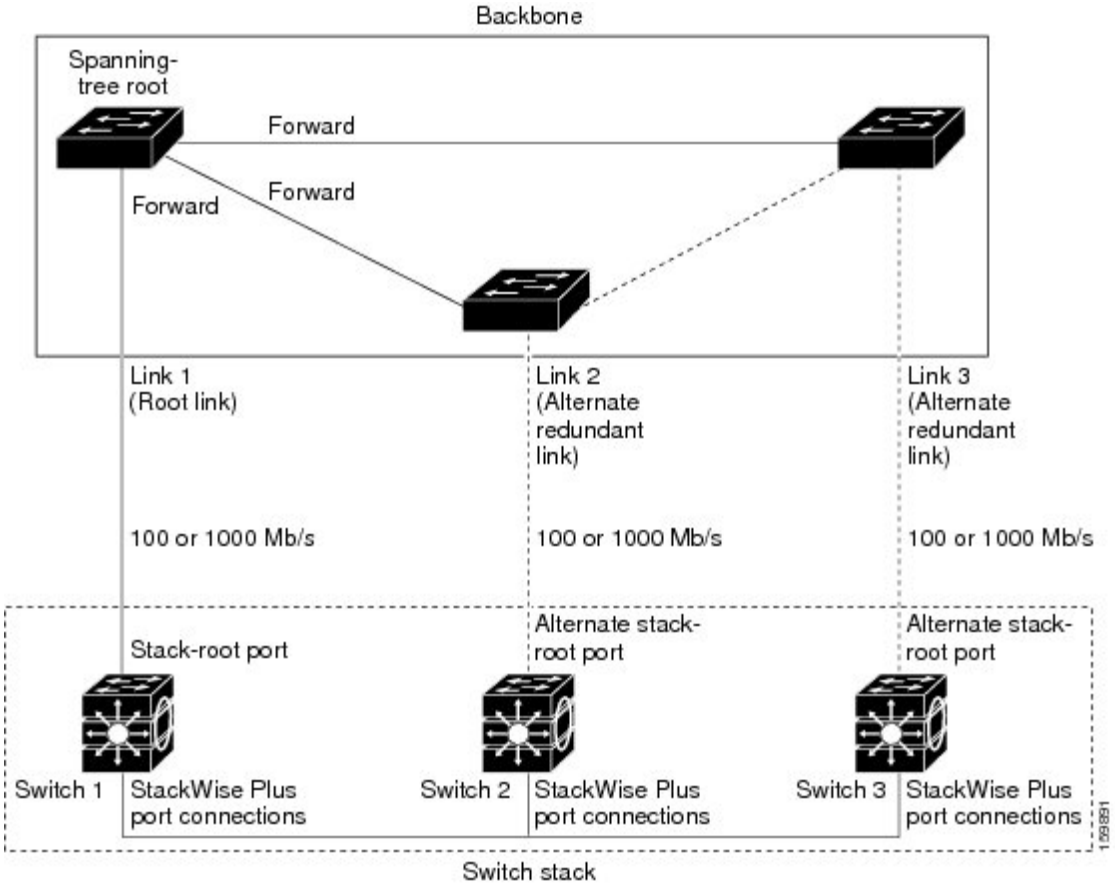
クロススタック UplinkFast の動作

クロススタック UplinkFast（CSUF）によって、ルートへのパスとしてスタック内で1つのリンクが確実に選択されます。

図 *13* : クロススタック *UplinkFast* トポロジ

スイッチ1のスタックルート ポートは、スパニングツリーのルートへパスを提供しています。スイッチ 2 およびスイッチ 3 の代替スタックルート ポートは、現在のスタックルート スイッチに障害が発生したか、またはそのスパニングツリー ルートへのリンクに障害が発生した場合に、スパニングツリー ルートへの代替パスを提供できます。

ルート リンクである Link 1 は、スパニングツリー フォワーディング ステートになっています。Link 2 と Link 3 は、スパニングツリー ブロッキング ステートになっている代替冗長リンクです。スイッチ 1 に障害が発生したか、そのスタック ルート ポートに障害が発生したか、または Link 1 に障害が発生した場合には、CSUF が、1 秒未満でスイッチ 2 またはスイッチ 3 のいずれかにある代替スタックルート ポートを選択して、それをフォワーディング ステートにします。



特定のリンク損失またはスパニングツリーイベントが発生した場合（次のトピックを参照）、Fast Uplink Transition Protocol は、ネイバー リストを使用して、高速移行要求をスタック メンバーに送信します。

高速移行要求を送信するスイッチは、ルートポートとして選択されたポートをフォワーディング ステートへ高速移行する必要があります。また、高速移行を実行するには、事前に各スタックから確認応答を取得しておく必要があります。

スタック内の各スイッチが、ルート、コスト、およびブリッジ ID を比較することにより、このスパニングツリー インスタンスのスタック ルートとなるよりも送信スイッチの方がよりよい選択肢であるかどうかを判断します。スタック ルートとして送信スイッチが最も良い選択である場合は、スタック内の各スイッチが確認応答を返します。それ以外の場合は、高速移行要求を送信します。この時点では、送信スイッチは、すべてのスタック スイッチから確認応答を受け取っていません。

すべてのスタック スイッチから確認応答を受け取ると、送信スイッチの Fast Uplink Transition Protocol は代替スタックルートポートをすぐにフォワーディング ステートに移行させます。送信スイッチがすべてのスタック スイッチからの確認応答を取得しなかった場合、通常のスパニングツリー移行（ブロッキング、リスニング、ラーニング、およびフォワーディング）が行われ、スパニングツリー トポロジが通常のレート（2×転送遅延時間＋最大エージング タイム）で収束します。

Fast Uplink Transition Protocol は、VLAN ごとに実装されており、一度に 1 つのスパニングツリー インスタンスにしか影響しません。

高速コンバージェンスを発生させるイベント

CSUF 高速コンバージェンスは、ネットワーク イベントまたはネットワーク障害に応じて、発生する場合もあれば発生しない場合もあります。

高速コンバージェンス（通常のネットワーク状態で1秒未満）は、次のような状況で発生します。

- スタック ルート ポート リンクに障害が発生した。

  スタック内の2つのスイッチがルートへの代替パスを持つ場合、それらのスイッチの片方だけが高速移行を行います。

- スタック ルートをスパニングツリー ルートに接続するリンクに障害が発生し、回復した。
- ネットワークの再設定により、新しいスタックルート スイッチが選択された。
- ネットワークの再設定により、現在のスタックルート スイッチ上で新しいポートがスタック ルート ポートとして選択された。

（注） 複数のイベントが同時に発生すると、高速移行が行われなくなる場合もあります。たとえば、スタック メンバの電源がオフになり、それと同時にスタック ルートをスパニングツリー ルートに接続しているリンクが回復した場合、通常のスパニングツリー コンバージェンスが発生します。

通常のスパニングツリー コンバージェンス（30 ～ 40 秒）は、次のような状況で発生します。

- スタック ルート スイッチの電源がオフになったか、またはソフトウェアに障害が発生した。
- 電源がオフになっていたか、または障害が発生していたスタック ルート スイッチの電源が入った。
- スタック ルートになる可能性のある新しいスイッチがスタックに追加された。

BackboneFast

BackboneFast は、バックボーンのコアにおける間接障害を検出します。BackboneFast は、UplinkFast 機能を補完するテクノロジーです。UplinkFast は、アクセス スイッチに直接接続されたリンクの障害に対応します。BackboneFast は、最大エージング タイマーを最適化します。最大エージング タイマーによって、スイッチがインターフェイスで受信したプロトコル情報を保存しておく時間の長さが制御されます。スイッチが別のスイッチの指定ポートから下位BPDU

を受信した場合、BPDUは他のスイッチでルートまでのパスが失われた可能性を示すシグナルとなり、BackboneFast はルートまでの別のパスを見つけようとします。

スイッチのルート ポートまたはブロックされたインターフェイスが、指定スイッチから下位 BPDU を受け取ると、BackboneFast が開始します。下位 BPDU は、ルート ブリッジと指定スイッチの両方を宣言しているスイッチを識別します。スイッチが下位BPDUを受信した場合、そのスイッチが直接接続されていないリンク（間接リンク）で障害が発生したことを意味します（指定スイッチとルートスイッチ間の接続が切断されています）。スパニングツリーのルールに従い、スイッチは最大エージング タイム（デフォルトは 20 秒）の間、下位 BPDU を無視します。

スイッチは、ルート スイッチへの代替パスの有無を判別します。下位 BPDU がブロック インターフェイスに到達した場合、スイッチ上のルート ポートおよび他のブロック インターフェイスがルート スイッチへの代替パスになります（セルフループ ポートはルート スイッチの代替パスとは見なされません）。下位 BPDU がルート ポートに到達した場合には、すべてのブロック インターフェイスがルート スイッチへの代替パスになります。下位 BPDU がルート ポートに到達し、しかもブロック インターフェイスがない場合、スイッチはルート スイッチへの接続が切断されたものと見なし、ルート ポートの最大エージング タイムが経過するまで待ち、通常のスパニングツリー ルールに従ってルート スイッチになります。

スイッチが代替パスでルート スイッチに到達できる場合、スイッチはその代替パスを使用して、Root Link Query（RLQ）要求を送信します。スイッチは、スタック メンバーがルート スイッチへの代替ルートを持つかどうかを学習するために、すべての代替パスに RLQ 要求を送信し、ネットワーク内およびスタック内の他のスイッチからのRLQ応答を待機します。スイッチは、すべての代替パスに RLQ 要求を送信し、ネットワーク内の他のスイッチからの RLQ 応答を待機します。

スタック メンバが、ブロック インターフェイス上の非スタック メンバから RLQ 応答を受信し、その応答が他の非スタック スイッチ宛てのものであった場合、そのスタック メンバは、スパニングツリー インターフェイス ステートに関係なく、その応答パケットを転送します。

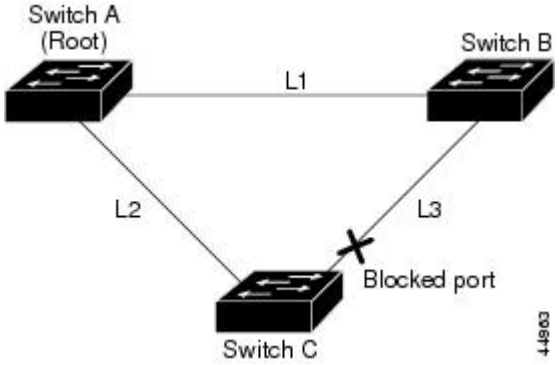
スタック メンバが非スタック メンバから RLQ 応答を受信し、その応答がスタック宛てのものであった場合、そのスタック メンバは、他のすべてのスタック メンバがその応答を受信するようにその応答を転送します。

ルートへの代替パスがまだ存在していると判断したスイッチは、下位 BPDU を受信したインターフェイスの最大エージング タイムが経過するまで待ちます。ルート スイッチへのすべての代替パスが、スイッチとルートスイッチ間の接続が切断されていることを示している場合、スイッチは RLQ 応答を受信したインターフェイスの最大エージング タイムを満了させます。1 つまたは複数の代替パスからルート スイッチへ引き続き接続できる場合、スイッチは下位 BPDUを受信したすべてのインターフェイスを指定ポートにして、（ブロッキング ステートになっていた場合）ブロッキング ステートを解除し、リスニング ステート、ラーニング ステートを経てフォワーディング ステートに移行させます。

図 *14 :* 間接リンク障害が発生する前の *BackboneFast* の例

これは、リンク障害が発生していないトポロジ例です。ルート スイッチであるスイッチ A はリンク L1 を介してスイッチ B に、リンク L2 を介してスイッチ C に直接接続されています。

スイッチ B に直接接続されているスイッチ C のレイヤ 2 インターフェイスは、ブロッキング



ステートです。

図 *15* : 間接リンク障害が発生したあとの *BackboneFast* の例

リンク L1 で障害が発生した場合、スイッチ C はリンク L1 に直接接続されていないので、この障害を検出できません。一方スイッチ B は、L1 によってルート スイッチに直接接続されているため障害を検出し、スイッチ B 自身をルートとして選定して、自らをルートとして特定した状態で BPDU をスイッチ C へ送信し始めます。スイッチ B から下位 BPDU を受信したスイッチ C は、間接障害が発生していると見なします。この時点で、BackboneFast は、スイッチ C のブロック インターフェイスを、インターフェイスの最大エージング タイムが満了するまで待たずに、ただちにリスニング ステートに移行させます。BackboneFast は、次に、スイッチ C のレイヤ 2 インターフェイスをフォワーディング ステートに移行させ、スイッチ B からスイッチ A へのパスを提供します。ルートスイッチの選択には約 30 秒必要です。これは転送遅延時間がデフォルトの 15 秒に設定されていればその倍の時間です。BackboneFast がリンク L1 で発生した障害に応じてトポロジを再設定します。

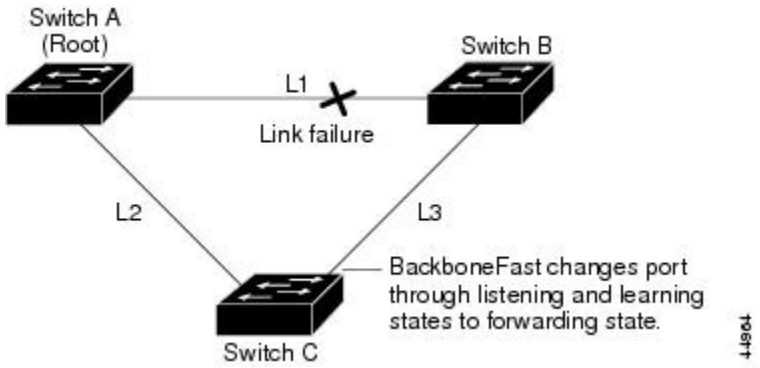
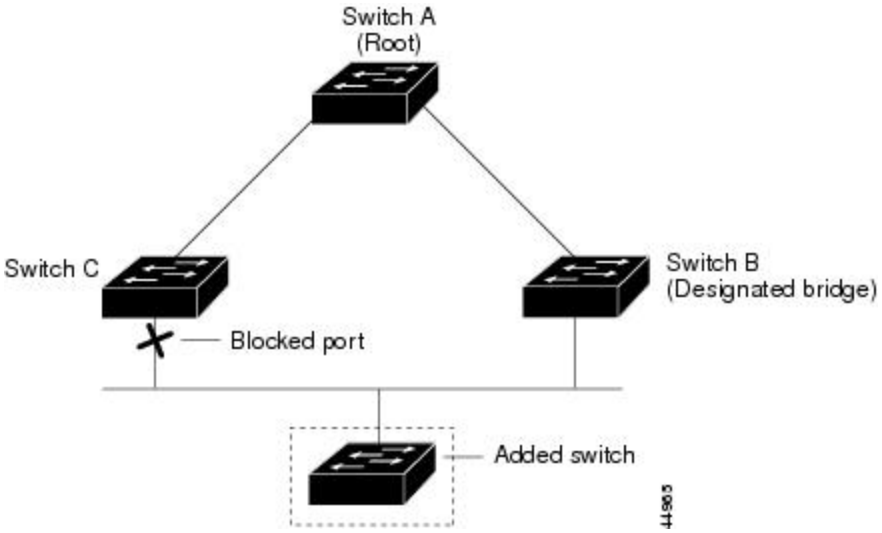


図 *16* : メディア共有型トポロジにおけるスイッチの追加

新しいスイッチがメディア共有型トポロジに組み込まれた場合、認識された指定スイッチ（スイッチ B）から下位 BPDU が届いていないので、BackboneFast はアクティブになりません。新しいスイッチは、自身がルート スイッチであることを伝える下位 BPDU の送信を開始します。ただし、他のスイッチはこれらの下位 BPDU を無視し、新しいスイッチはスイッチ B がルー

ト スイッチであるスイッチ A への指定スイッチであることを学習します。



EtherChannel ガード

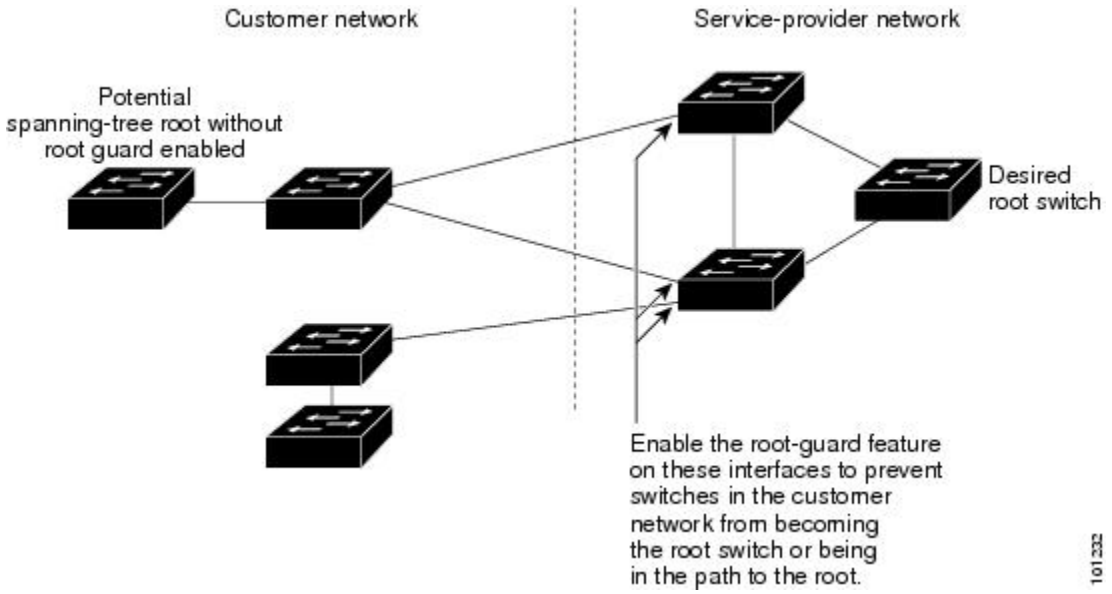
EtherChannel ガードを使用すると、スイッチと接続したデバイス間での EtherChannel の設定の矛盾を検出できます。スイッチ インターフェイスは EtherChannel として設定されているものの、もう一方のデバイスのインターフェイスではその設定が行われていない場合、設定の矛盾が発生します。また、EtherChannel の両端でチャネルのパラメータが異なる場合にも、設定の矛盾が発生します。

スイッチが、他のデバイス上で設定の矛盾を検出した場合、EtherChannel ガードは、スイッチのインターフェイスを errdisable ステートにし、エラー メッセージを表示します。

ルート ガード

図 *17*: サービス プロバイダー ネットワークのルート ガード

サービス プロバイダー（SP）のレイヤ 2 ネットワークには、SP 以外が所有するスイッチへの接続が多く含まれている場合があります。このようなトポロジでは、スパニングツリーが再構成され、カスタマー スイッチをルート スイッチとして選択する可能性があります。この状況を防ぐには、カスタマー ネットワーク内のスイッチに接続する SP スイッチ インターフェイス上でルート ガード機能を有効に設定します。スパニングツリーの計算によってカスタマー ネットワーク内のインターフェイスがルート ポートとして選択されると、ルート ガードがそのインターフェイスを root-inconsistent（ブロッキング）ステートにして、カスタマーのスイッチがルート スイッチにならないようにするか、ルートへのパスに組み込まれないようにします。



SP ネットワーク外のスイッチがルート スイッチになると、インターフェイスがブロックされ（root-inconsistent ステートになり）、スパニングツリーが新しいルート スイッチを選択します。カスタマーのスイッチがルートスイッチになることはありません。ルートへのパスに組み込まれることもありません。

スイッチが MST モードで動作している場合、ルート ガードが強制的にそのインターフェイスを指定ポートにします。また、境界ポートがルート ガードによって Internal Spanning-Tree（IST）インスタンスでブロックされている場合にも、このインターフェイスはすべての MST インスタンスでもブロックされます。境界ポートは、指定スイッチが IEEE 802.1D スイッチまたは異なる MST リージョン設定を持つスイッチのいずれかである LAN に接続されるインターフェイスです。

1 つのインターフェイス上でルート ガードをイネーブルにすると、そのインターフェイスが所属するすべての VLAN にルート ガードが適用されます。VLAN は、MST インスタンスに対してグループ化された後、マッピングされます。

⚠

注意 ルート ガード機能を誤って使用すると、接続が切断されることがあります。

ループ ガード

ループ ガードを使用すると、代替ポートまたはルート ポートが、単一方向リンクの原因となる障害によって指定ポートになることを防ぎます。この機能は、スイッチドネットワーク全体でイネーブルにした場合に最も効果があります。ループ ガードによって、代替ポートおよびルート ポートが指定ポートになることが防止され、スパニングツリーがルート ポートまたは代替ポートで BPDU を送信することはありません。

スイッチが PVST+ または Rapid PVST+ モードで動作している場合、ループ ガードによって、代替ポートおよびルート ポートが指定ポートになることが防止され、スパニングツリーがルート ポートまたは代替ポートで BPDU を送信することはありません。

スイッチが MST モードで動作しているとき、ループ ガードによってすべての MST インスタンスでインターフェイスがブロックされている場合でのみ、非境界ポートで BPDU を送信しません。境界ポートでは、ループ ガードがすべての MST インスタンスでインターフェイスをブロックします。

オプションのスパニングツリー機能の設定方法

ここでは、オプションのスパニングツリー機能の設定について説明します。

PortFast のイネーブル化

PortFast 機能がイネーブルに設定されているインターフェイスは、標準の転送遅延時間の経過を待たずに、すぐにスパニングツリー フォワーディング ステートに移行されます。

音声 VLAN 機能をイネーブルにすると、PortFast 機能が自動的にイネーブルになります。音声 VLAN をディセーブルにしても、PortFast 機能は自動的にディセーブルになりません。

スイッチで PVST+、Rapid PVST+、または MSTP が稼働している場合、この機能をイネーブルにできます。

⚠

注意 PortFast を使用するのは、1 つのエンド ステーションがアクセス ポートまたはトランク ポートに接続されている場合に限定されます。スイッチまたはハブに接続するインターフェイス上でこの機能をイネーブルにすると、スパニングツリーがネットワーク ループを検出または阻止できなくなり、その結果、ブロードキャスト ストームおよびアドレス ラーニングの障害が起きる可能性があります。

この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** **例：** `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** **例：** `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/2`	設定するインターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 4	**spanning-tree portfast** [**trunk**] 例： `Device(config-if)# spanning-tree portfast trunk`	単一ワーク ステーションまたはサーバに接続されたアクセス ポート上で PortFast をイネーブルにします。 **trunk** キーワードを指定すると、トランクポート上で PortFast をイネーブルにできます。 （注） トランク ポートで PortFast をイネーブルにするには、**spanning-tree portfast trunk** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用する必要があります。**spanning-tree portfast** コマンドは、トランクポート上では機能しません。 トランク ポート上で PortFast をイネーブルにする場合は、事前に、トランク ポートとワークステーションまたはサーバの間にループがないことを確認してください。 デフォルトでは、PortFast はすべてのインターフェイスでディセーブルです。
ステップ 5	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

次のタスク

spanning-tree portfast default グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用すると、すべての非トランクポート上で PortFast 機能をグローバルにイネーブルにできます。

BPDU ガードのイネーブル化

スイッチで PVST+、Rapid PVST+、または MSTP が稼働している場合、BPDU ガード機能をイネーブルにできます。

⚠

注意 PortFastは、エンドステーションに接続するポートのみに設定します。それ以外に設定すると、予期しないトポロジループが原因でデータのパケットループが発生し、スイッチおよびネットワークの動作が妨げられることがあります。

この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/2`	エンドステーションに接続するインターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 4	**spanning-tree portfast bpduguard default** 例： `Device(config-if)# spanning-tree portfast bpduguard default`	BPDU ガードをイネーブルにします。
ステップ 5	**spanning-tree portfast** 例： `Device(config-if)# spanning-tree portfast`	PortFast 機能をイネーブルにします。
ステップ 6	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

次のタスク

ポートをシャットダウンしないようにするには、**errdisable detect cause bpduguard shutdown vlan** グローバルコンフィギュレーションコマンドを使用して、違反が発生したポート上の原因となっている VLAN だけをシャットダウンします。

PortFast 機能をイネーブルにしなくても、**spanning-tree bpduguard enable** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用して、任意のポートで BPDU ガードをイネーブルにすることもできます。BPDU を受信したポートは、errdisable ステートになります。

BPDU フィルタリングのイネーブル化

をイネーブルにしなくても、**spanning-tree bpdufilter enable** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用して、任意のインターフェイスで BPDU フィルタリングをイネーブルにすることもできます。このコマンドを実行すると、インターフェイスはBPDUを送受信できなくなります。

⚠

注意 BPDUフィルタリングを特定のインターフェイス上でイネーブルにすることは、そのインターフェイス上でスパニングツリーをディセーブルにすることと同じであり、スパニングツリーループが発生することがあります。

スイッチで PVST+、Rapid PVST+、または MSTP が稼働している場合、BPDU フィルタリング機能をイネーブルにできます。

⚠

注意 は、エンドステーションに接続するインターフェイスのみに設定します。それ以外に設定すると、予期しないトポロジループが原因でデータのパケットループが発生し、スイッチおよびネットワークの動作が妨げられることがあります。

この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree portfast bpdufilter default** 例：	BPDUフィルタリングをグローバルにイネーブルにします。

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device(config)# spanning-tree portfast bpdufilter default`	BPDUフィルタリングは、デフォルトではディセーブルに設定されています。
ステップ 4	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/2`	エンドステーションに接続するインターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 5	**spanning-tree portfast** 例： `Device(config-if)# spanning-tree portfast`	指定したインターフェイスでPortFast機能をイネーブルにします。
ステップ 6	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

冗長リンク用 UplinkFast のイネーブル化

（注） UplinkFastをイネーブルにすると、スイッチまたはスイッチスタックのすべてのVLANに影響します。個々の VLAN について UplinkFast を設定することはできません。

Rapid PVST+ または MSTP に対して UplinkFast または Cross-Stack UplinkFast（CSUF）機能を設定できますが、この機能は、スパニングツリーのモードを PVST+ に変更するまではディセーブル（非アクティブ）になったままです。

この手順は任意です。UplinkFastおよびCSUFをイネーブルにするには、次の手順に従います。

始める前に

スイッチ プライオリティが設定されている VLAN 上で UplinkFast をイネーブルにすることはできません。スイッチプライオリティが設定されているVLAN上でUplinkFastをイネーブルにする場合は、最初に **no spanning-tree vlan** *vlan-id* **priority** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用することによって、VLANのスイッチプライオリティをデフォルト値に戻す必要があります。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree uplinkfast** [**max-update-rate** *pkts-per-second*] 例： `Device(config)# spanning-tree uplinkfast max-update-rate 200`	UplinkFast をイネーブルにします。 （任意）*pkts-per-second* に指定できる範囲は毎秒 0 ～ 32000 パケットです。デフォルト値は 150 です。 0 を入力すると、ステーション学習フレームが生成されないので、接続切断後スパニングツリー トポロジがコンバージェンスする速度が遅くなります。 このコマンドを入力すると、すべての非スタック ポート インターフェイス上で CSUF もイネーブルになります。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

UplinkFast をイネーブルにすると、すべての VLAN のスイッチ プライオリティは 49152 に設定されます。UplinkFast をイネーブルにする場合、または UplinkFast がすでにイネーブルに設定されている場合に、パス コストを 3000 未満の値に変更すると、すべてのインターフェイスおよび VLAN トランクのパス コストが 3000 だけ増加します（パス コストを 3000 以上の値に変更した場合、パス コストは変更されません）。スイッチ プライオリティおよびパス コストを変更すると、スイッチがルート スイッチになる可能性が低くなります。

デフォルト値を変更していない場合、UplinkFast をディセーブルにすると、すべての VLAN のスイッチ プライオリティとすべてのインターフェイスのパス コストがデフォルト値に設定されます。

次の手順に従って UplinkFast 機能をイネーブルにすると、CSUF は非スタック ポート インターフェイスで自動的にグローバルにイネーブルになります。

UplinkFast のディセーブル化

この手順は任意です。

UplinkFast および Cross-Stack UplinkFast（SUF）をディセーブルにするには、次の手順に従います。

始める前に

UplinkFast を有効にする必要があります。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**no spanning-tree uplinkfast** 例： `Device(config)# no spanning-tree uplinkfast`	スイッチおよびそのスイッチのすべての VLAN で UplinkFast および CSUF をディセーブルにします。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

デフォルト値を変更していない場合、UplinkFast をディセーブルにすると、すべての VLAN のスイッチ プライオリティとすべてのインターフェイスのパス コストがデフォルト値に設定されます。

次の手順に従って UplinkFast 機能をディセーブルにすると、CSUF は非スタック ポート インターフェイスで自動的にグローバルにディセーブルになります。

BackboneFast のイネーブル化

BackboneFast をイネーブルにすると、間接リンク障害を検出し、スパニングツリーの再構成をより早く開始できます。

Rapid PVST+ または MSTP に対して BackboneFast 機能を設定できます。ただし、スパニングツリーモードを PVST+ に変更するまで、この機能はディセーブル（非アクティブ）のままです。

この手順は任意です。スイッチ上で BackboneFast をイネーブルにするには、次の手順に従います。

始める前に

BackboneFast を使用する場合は、ネットワーク上のすべてのスイッチでイネーブルする必要があります。BackboneFast は、トークンリング VLAN ではサポートされません。この機能は他社製スイッチでの使用にサポートされています。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree backbonefast** 例： `Device(config)# spanning-tree backbonefast`	BackboneFast をイネーブルにします。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

EtherChannel ガードのイネーブル化

デバイスで PVST+、Rapid PVST+、または MSTP が稼働している場合、EtherChannel の設定の矛盾を検出する EtherChannel ガード機能をイネーブルにできます。

この手順は任意です。

デバイスで EtherChannel ガードをイネーブルにするには、次の手順に従います。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree etherchannel guard misconfig** 例： `Device(config)# spanning-tree etherchannel guard misconfig`	EtherChannel ガードをイネーブルにします。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

次のタスク

show interfaces status err-disabled 特権 EXEC コマンドを使用することで、EtherChannel の設定矛盾が原因でディセーブルになっているデバイスポートを表示できます。リモートデバイス上では、特権 EXEC モードで **show etherchannel summary** コマンドを使用して、EtherChannel の設定を確認できます。

設定を修正した後、誤って設定していたポート チャネル インターフェイス上で、**shutdown** および **no shutdown** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを入力してください。

ルート ガードのイネーブル化

1 つのインターフェイス上でルート ガードをイネーブルにすると、そのインターフェイスが所属するすべての VLAN にルート ガードが適用されます。UplinkFast 機能が使用するインターフェイスで、ルート ガードをイネーブルにしないでください。UplinkFast を使用すると、障害発生時に（ブロック ステートの）バックアップ インターフェイスがルート ポートになります。ただし、同時にルート ガードもイネーブルになっていた場合は、UplinkFast 機能が使用するすべてのバックアップ インターフェイスが root-inconsistent（ブロック）ステートになり、フォワーディング ステートに移行できなくなります。

（注） ルート ガードとループ ガードの両方を同時にイネーブルにすることはできません。

スイッチで PVST+、Rapid PVST+、または MSTP が稼働している場合、この機能をイネーブルにできます。

この手順は任意です。

スイッチ上でルート ガードをイネーブルにするには、次の手順に従います。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例：	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device# configure terminal`	
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/2`	設定するインターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 4	**spanning-tree guard root** 例： `Device(config-if)# spanning-tree guard root`	インターフェイス上でルート ガードをイネーブルにします。 デフォルトでは、ルート ガードはすべてのインターフェイスでディセーブルです。
ステップ 5	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

ループ ガードのイネーブル化

ループ ガードを使用すると、代替ポートまたはルート ポートが、単一方向リンクの原因となる障害によって指定ポートになることを防ぎます。この機能は、スイッチドネットワーク全体に設定した場合に最も効果があります。ループ ガードは、スパニングツリーがポイントツーポイントと見なすインターフェイス上でのみ動作します。

（注） ループ ガードとルート ガードの両方を同時にイネーブルにすることはできません。

デバイスで PVST+、Rapid PVST+、または MSTP が稼働している場合、この機能をイネーブルにできます。

この手順は任意です。デバイスでループガードをイネーブルにするには、次の手順に従います。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	次のいずれかのコマンドを入力します。 • **show spanning-tree active** • **show spanning-tree mst** 例： `Device# show spanning-tree active` または	どのインターフェイスが代替ポートまたはルートポートであるかを確認します。

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device# show spanning-tree mst`	
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**spanning-tree loopguard default** 例： `Device(config)# spanning-tree loopguard default`	ループ ガードをイネーブルにします。 ループ ガードは、デフォルトではディセーブルに設定されています。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

スパニングツリー ステータスのモニタリング

表 *9:* スパニングツリー ステータスをモニタリングするコマンド

コマンド	目的
show spanning-tree active	アクティブ インターフェイスに関するスパニングツリー情報だけを表示します。
show spanning-tree detail	インターフェイス情報の詳細サマリーを表示します。
show spanning-tree interface *interface-id*	指定したインターフェイスのスパニングツリー情報を表示します。
show spanning-tree mst interface *interface-id*	指定インターフェイスのMST情報を表示します。
show spanning-tree summary [**totals**]	インターフェイス ステートのサマリーを表示します。またはスパニングツリー ステート セクションのすべての行を表示します。
show spanning-tree mst interface *interface-id* **portfast**	指定したインターフェイスのスパニングツリー portfast 情報を表示します。

オプションのスパニング ツリー機能に関する追加情報

関連資料

関連項目	マニュアル タイトル
この章で使用するコマンドの完全な構文および使用方法の詳細。	*Command Reference (Catalyst 9200 Series Switches)*

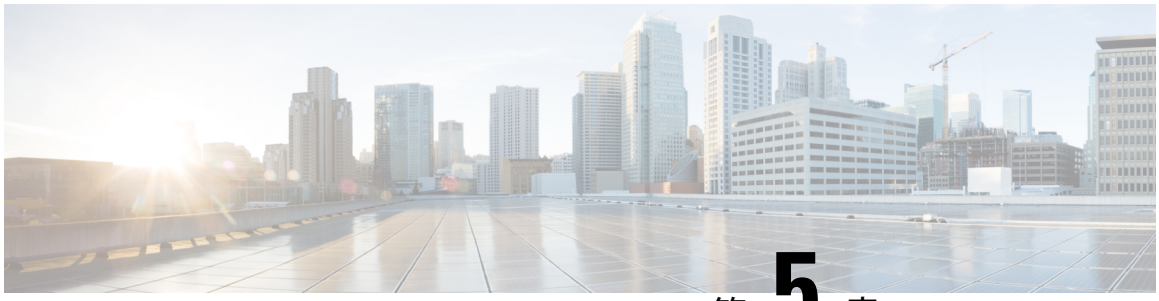
オプションのスパニングツリー機能の機能履歴

次の表に、このモジュールで説明する機能のリリースおよび関連情報を示します。

これらの機能は、特に明記されていない限り、導入されたリリース以降のすべてのリリースで使用できます。

リリース	機能	機能情報
Cisco IOS XE Fuji 16.9.2	オプションのスパニングツリープロトコル	STP のオプション機能は、ループの防止を強化し、ユーザの設定ミスをなくし、プロトコルパラメータに関する制御力を高めます。

Cisco Feature Navigator を使用すると、プラットフォームおよびソフトウェアイメージのサポート情報を検索できます。Cisco Feature Navigator には、http://www.cisco.com/go/cfn からアクセスします。



第 5 章

EtherChannel の設定

EtherChannel の制約事項

次に、EtherChannels の制約事項を示します。

- EtherChannel のすべてのポートは同じ VLAN に割り当てるか、またはトランク ポートとして設定する必要があります。
- LACP 1:1 冗長性機能は、ポート チャネル インターフェイスでのみサポートされます。

EtherChannel について

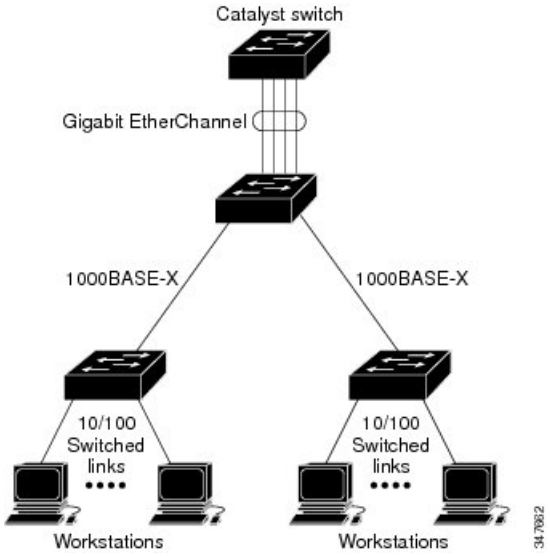
ここでは、EtherChannel と、EtherChannel を設定するためのさまざまなモードについて説明します。

EtherChannel の概要

EtherChannel は、スイッチ、ルータ、およびサーバ間にフォールトトレラントな高速リンクを提供します。EtherChannel を使用して、ワイヤリング クローゼットとデータセンター間の帯域幅を増やすことができます。さらに、ボトルネックが発生しやすいネットワーク上のあらゆる場所に EtherChannel を配置できます。EtherChannel は、他のリンクに負荷を再分散させることによって、リンク切断から自動的に回復します。リンク障害が発生した場合、EtherChannel は自動的に障害リンクからチャネル内の他のリンクにトラフィックをリダイレクトします。

EtherChannel は、単一の論理リンクにバンドルする個別のイーサネット リンクで構成されます。

図 *18 :* 一般的な *EtherChannel* 構成

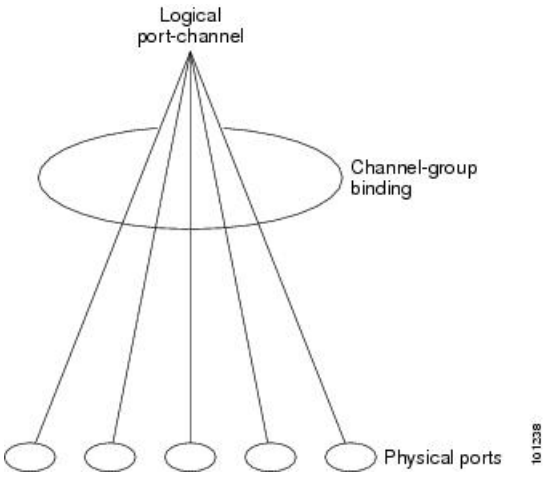


各 EtherChannel は、互換性のある設定のイーサネット ポートを 8 つまで使用して構成できます。

チャネル グループおよびポートチャネル インターフェイス

EtherChannel は、チャネル グループとポートチャネル インターフェイスから構成されます。チャネル グループはポートチャネル インターフェイスに物理ポートをバインドします。ポートチャネル インターフェイスに適用した設定変更は、チャネル グループにまとめてバインドされるすべての物理ポートに適用されます。

図 *19 :* 物理ポート、チャネルグループおよびポートチャネル インターフェイスの関係



channel-group コマンドは、物理ポートおよびポートチャネル インターフェイスをまとめてバインドします。各 EtherChannel には 1 ～ 48 までの番号が付いたポートチャネル論理インターフェイスがあります。ポートチャネル インターフェイス番号は、**channel-group** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドで指定した番号に対応しています。

- レイヤ 2 ポートの場合は、**channel-group** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用して、ポートチャネル インターフェイスを動的に作成します。

  また、**interface port-channel** *port-channel-number* グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用して、ポートチャネル論理インターフェイスを手動で作成することもできます。ただし、その場合、論理インターフェイスを物理ポートにバインドするには、**channel-group** *channel-group-number* コマンドを使用する必要があります。*channel-group-number* は *port-channel-number* と同じ値に設定することも、違う値を使用することもできます。新しい番号を使用した場合、**channel-group** コマンドは動的に新しいポートチャネルを作成します。

- レイヤ 3 ポートの場合は、**interface port-channel** グローバル コンフィギュレーション コマンド、およびそのあとに **no switchport** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用して、論理インターフェイスを手動で作成する必要があります。その後、**channel-group** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用して、手動で EtherChannel にインターフェイスを割り当てます。

Port Aggregation Protocol; ポート集約プロトコル

ポート集約プロトコル（PAgP）はシスコ独自のプロトコルで、Cisco デバイスおよび PAgP をサポートするベンダーによってライセンス供与されたデバイスでのみ稼働します。PAgP を使用すると、イーサネット ポート間で PAgP パケットを交換することにより、EtherChannel を自動的に作成できます。

スイッチまたはスイッチ スタックは PAgP を使用することによって、PAgP をサポートできるパートナーの識別情報、および各ポートの機能を学習します。次に、設定が類似している（スタック内の単一デバイス上の）ポートを、単一の論理リンク（チャネルまたは集約ポート）に動的にグループ化します。設定が類似しているポートをグループ化する場合の基準は、ハードウェア、管理、およびポート パラメータ制約です。たとえば、PAgP は速度、デュプレックス モード、ネイティブ VLAN、VLAN 範囲、トランキング ステータス、およびトランキング タイプが同じポートをグループとしてまとめます。リンクを EtherChannel にグループ化した後で、PAgP は単一デバイスポートとして、スパニングツリーにそのグループを追加します。

PAgP モード

PAgP モードは、PAgP ネゴシエーションを開始する PAgP パケットをポートが送信できるか、または受信した PAgP パケットに応答できるかを指定します。

表 *10 : EtherChannel PAgP* モード

モード	説明
auto	ポートをパッシブ ネゴシエーション ステートにします。この場合、ポートは受信する PAgP パケットに応答しますが、PAgP パケット ネゴシエーションを開始することはありません。これにより、PAgP パケットの送信は最小限に抑えられます。
desirable	ポートをアクティブ ネゴシエーション ステートにします。この場合、ポートは PAgP パケットを送信することによって、相手ポートとのネゴシエーションを開始します。

スイッチポートは、**auto** モードまたは **desirable** モードに設定された相手ポートとだけ PAgP パケットを交換します。**on** モードに設定されたポートは、PAgP パケットを交換しません。

auto モードおよび **desirable** モードはともに、相手ポートとネゴシエーションして、ポート速度などの条件に基づいて（レイヤ 2 EtherChannel の場合は、トランクステートおよび VLAN 番号などの基準に基づいて）、ポートで EtherChannel を形成できるようにします。

PAgP モードが異なっていても、モード間で互換性がある限り、ポートは EtherChannel を形成できます。次に例を示します。

- **desirable** モードのポートは、**desirable** または **auto** モードの別のポートと EtherChannel を形成できます。
- **auto** モードのポートは、**desirable** モードの別のポートと EtherChannel を形成できます。

両ポートとも LACP ネゴシエーションを開始しないため、**auto** モードのポートは、**auto** モードの別のポートと EtherChannel を形成することはできません。

サイレント モード

PAgP 対応のデバイスにスイッチを接続する場合、**non-silent** キーワードを使用すると、スイッチポートを非サイレント動作用に設定できます。**auto** モードまたは **desirable** モードとともに **non-silent** モードを指定しなかった場合は、サイレントモードが指定されていると見なされます。

サイレント モードを使用するのは、PAgP 非対応で、かつほとんどパケットを送信しないデバイスにスイッチを接続する場合です。サイレント パートナーの例は、トラフィックを生成しないファイル サーバ、またはパケット アナライザなどです。この場合、サイレント パートナーに接続された物理ポート上で PAgP を稼働させると、このスイッチ ポートが動作しなくなります。ただし、サイレントを設定すると、PAgP が動作してチャネル グループにポートを結合し、このポートが伝送に使用されます。

PAgP 学習方式およびプライオリティ

ネットワーク デバイスは、PAgP 物理ラーナーまたは集約ポート ラーナーに分類されます。物理ポートによってアドレスを学習し、その知識に基づいて送信を指示するデバイスは物理ラーナーです。集約（論理）ポートによってアドレスを学習するデバイスは、集約ポート ラーナーです。学習方式は、リンクの両端で同一の設定にする必要があります。

デバイスとそのパートナーが両方とも集約ポート ラーナーの場合、論理ポートチャネル上のアドレスを学習します。デバイスは EtherChannel のいずれかのポートを使用することによって、送信元にパケットを送信します。集約ポート ラーナーの場合、どの物理ポートにパケットが届くかは重要ではありません。

PAgP は、パートナー デバイスが物理ラーナーの場合およびローカル デバイスが集約ポート ラーナーの場合には自動検出できません。したがって、物理ポートでアドレスを学習するには、ローカルデバイスに手動で学習方式を設定する必要があります。また、負荷の分散方式を送信元ベース分散に設定して、指定された送信元 MAC アドレスが常に同じ物理ポートに送信されるようにする必要もあります。

グループ内の 1 つのポートですべての伝送を行うように設定して、他のポートをホット スタンバイに使用することもできます。選択された 1 つのポートでハードウェア信号が検出されなくなった場合は、数秒以内に、グループ内の未使用のポートに切り替えて動作させることができます。パケット伝送用に常に選択されるように、ポートを設定するには、 **pagp port-priority** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用してプライオリティを変更します。プライオリティが高いほど、そのポートが選択される可能性が高まります。

（注） CLI で **physical-port** キーワードを指定した場合でも、デバイスがサポートするのは、集約ポート上でのアドレスラーニングのみです。**pagp learn-method** コマンドおよび **pagp port-priority** コマンドは、デバイスハードウェアには影響を及ぼしませんが、Catalyst 1900 スイッチなど、物理ポートによるアドレスラーニングのみをサポートしているデバイスと PAgP の相互運用性を確保するために必要です。

デバイスのリンクパートナーが物理ラーナーである場合、**pagp learn-method physical-port** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用して物理ポートラーナーとしてデバイスを設定することを推奨します。また、**port-channel load-balance src-mac** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用して、送信元 MAC アドレスに基づいて負荷分散方式を設定することを推奨します。すると、デバイスは送信元アドレスを学習した EtherChannel 内の同じポートを使用して、物理ラーナーにパケットを送信します。この状況では、**pagp learn-method** コマンドのみを使用します。

PAgP と他の機能との相互作用

ダイナミック トランキング プロトコル（DTP）および Cisco Discovery Protocol（CDP）は、EtherChannel の物理ポートを使用してパケットを送受信します。トランク ポートは、番号が最も小さい VLAN 上で PAgP プロトコル データ ユニット（PDU）を送受信します。

レイヤ 2 EtherChannel では、チャネル内で最初に起動するポートが EtherChannel に MAC アドレスを提供します。このポートがバンドルから削除されると、バンドル内の他のポートの 1 つが EtherChannel に MAC アドレスを提供します。レイヤ 3 EtherChannel の場合、（**interface port-channel** グローバル コンフィギュレーション コマンドを経由して）インターフェイスが作成された直後に、アクティブなデバイスにより MAC アドレスが割り当てられます。

PAgP が PAgP PDU を送受信するのは、PAgP が auto モードまたは desirable モードでイネーブルになっている、稼働状態のポート上だけです。

Link Aggregation Control Protocol

LACP は IEEE 802.3ad で定義されており、シスコデバイスが IEEE 802.3ad プロトコルに適合したデバイス間のイーサネットチャネルを管理できるようにします。LACP を使用すると、イーサネット ポート間で LACP パケットを交換することにより、EtherChannel を自動的に作成できます。

スイッチまたはスイッチ スタックは LACP を使用することによって、LACP をサポートできるパートナーの識別情報、および各ポートの機能を学習します。次に、設定が類似しているポートを単一の倫理リンク（チャネルまたは集約ポート）に動的にグループ化します。設定が類似しているポートをグループ化する場合の基準は、ハードウェア、管理、およびポートパラメータ制約です。たとえば、LACP は速度、デュプレックス モード、ネイティブ VLAN、VLAN 範囲、トランキング ステータス、およびトランキング タイプが同じポートをグループとしてまとめます。リンクをまとめて EtherChannel を形成した後で、LACP は単一デバイスポートとして、スパニングツリーにそのグループを追加します。

ポート チャネル内のポートの独立モード動作が変更されます。CSCtn96950 では、デフォルトでスタンドアロン モードが有効になっています。LACP ピアから応答が受信されない場合、ポート チャネル内のポートは中断状態に移動されます。

LACP モード

LACP モードでは、ポートが LACP パケットを送信できるか、LACP パケットの受信のみができるかどうかを指定します。

表 *11 : EtherChannel LACP* モード

モード	説明
active	ポートをアクティブ ネゴシエーション ステートにします。この場合、ポートは LACP パケットを送信することによって、相手ポートとのネゴシエーションを開始します。
passive	ポートはパッシブ ネゴシエーション ステートになります。この場合、ポートは受信する LACP パケットに応答しますが、LACP パケット ネゴシエーションを開始することはありません。これにより、LACP パケットの送信を最小限に抑えます。

active モードおよび **passive LACP** モードはともに、相手ポートとネゴシエーションして、ポート速度などの条件に基づいて（レイヤ 2 EtherChannel の場合は、トランクステートおよび VLAN 番号などの基準に基づいて）、ポートで EtherChannel を形成できるようにします。

LACP モードが異なっていても、モード間で互換性がある限り、ポートは EtherChannel を形成できます。次に例を示します。

- **active** モードのポートは、**active** または **passive** モードの別のポートと EtherChannel を形成できます。
- 両ポートとも LACP ネゴシエーションを開始しないため、**passive** モードのポートは、**passive** モードの別のポートと EtherChannel を形成することはできません。

LACP とリンクの冗長性

LACP ポートチャネルの最小リンクおよび LACP の最大バンドルの機能を使用して、LACP ポートチャネル動作、帯域幅の可用性およびリンク冗長性をさらに高めることができます。

LACP ポートチャネルの最小リンク機能：

- LACP ポート チャネルでリンクし、バンドルする必要があるポートの最小数を設定します。
- 低帯域幅の LACP ポート チャネルがアクティブにならないようにします。
- 必要な最低帯域幅を提供する十分なアクティブ メンバ ポートがない場合、LACP ポート チャネルが非アクティブになるようにします。

LACP の最大バンドル機能：

- LACP ポート チャネルのバンドル ポートの上限数を定義します。
- バンドル ポートがより少ない場合のホット スタンバイ ポートを可能にします。たとえば、5 個のポートがある LACP ポート チャネルで、3 個の最大バンドルを指定し、残りの 2 個のポートをホット スタンバイ ポートとして指定できます。

LACP と他の機能との相互作用

DTP および CDP は、EtherChannel の物理ポートを介してパケットを送受信します。トランクポートは、番号が最も小さい VLAN 上で LACP PDU を送受信します。

レイヤ 2 EtherChannel では、チャネル内で最初に起動するポートが EtherChannel に MAC アドレスを提供します。このポートがバンドルから削除されると、バンドル内の他のポートの 1 つが EtherChannel に MAC アドレスを提供します。レイヤ 3 EtherChannel の場合、**interface port-channel** グローバル コンフィギュレーション コマンドを経由してインターフェイスが作成された直後に、アクティブなデバイスにより MAC アドレスが割り当てられます。

LACP が LACP PDU を送受信するのは、LACP が active モードまたは passive モードでイネーブルになっている稼働状態のポートとの間だけです。

LACP 1:1 冗長性

LACP 1:1 冗長性機能では、ホットスタンバイ リンクへのファスト スイッチオーバーとアクティブ リンク 1 つによる EtherChannel 設定がサポートされます。ポート プライオリティ番号が小さい（つまり、プライオリティの高い）方のポートに接続されたリンクがアクティブ リンクになり、もう一方のリンクはホット スタンバイ ステートになります。アクティブ リンクがダウンした場合、LACP はホット スタンバイ リンクへのファスト スイッチオーバーを実行して、EtherChannel のアップ状態を維持します。障害が発生したリンクが再度動作可能になると、LACP は、もう一度ファスト スイッチオーバーを実行して元のアクティブ リンクに戻します。

高プライオリティ/低プライオリティ スイッチオーバー後にポートが再度アクティブになった際に、プライオリティが高いポートを安定させるため、LACP の 1:1 のホット スタンバイ ダンプニング機能では、ポートがアクティブになった後のプライオリティが高いポートへのスイッチオーバーを遅らせるタイマーが設定されます。

EtherChannel の On モード

EtherChannel **on** モードは、EtherChannel を手動で設定するために使用できます。**on** モードでは、ネゴシエーションを行わずにポートは強制的に EtherChannel に参加されます。**on** モードは、リモートデバイスが PAgP または LACP をサポートしていない場合に役立つことがあります。**on** モードでは、リンクの両端のデバイスが **on** モードに設定されている場合のみ、使用可能な EtherChannel が存在します。

同じチャネルグループ内で **on** モードに設定されているポートは、互換性のあるポート特性（速度やデュプレックスなど）を備えている必要があります。互換性のないポートは、**on** モードに設定されている場合でも、一時停止されます。

⚠

注意 **on** モードを使用する場合は、注意する必要があります。これは手動の設定であり、EtherChannel の両端のポートには、同一の設定が必要です。グループの設定を誤ると、パケット損失またはスパニングツリーループが発生することがあります。

ロードバランシングおよび転送方式

EtherChannel は、フレーム内のアドレスに基づいて形成されたバイナリ パターンの一部を、チャネル内の 1 つのリンクを選択する数値に縮小することによって、チャネル内のリンク間でトラフィックのロードバランシングを行います。MAC アドレス、IP アドレス、送信元アドレス、宛先アドレス、または送信元と宛先両方のアドレスに基づいた負荷分散など、複数の異なるロードバランシングモードから 1 つを指定できます。選択したモードは、デバイス上で設定されているすべての EtherChannel に適用されます。

（注） レイヤ 3 等コスト マルチ パス（ECMP）のロード バランシングは、送信元 IP アドレス、宛先 IP アドレス、送信元ポート、宛先ポート、およびレイヤ 4 プロトコルに基づいています。フラグメント化されたパケットは、これらのパラメータを使用して計算されたアルゴリズムに基づいて 2 つの異なるリンクで処理されます。これらのパラメータのいずれかを変更すると、ロード バランシングが実行されます。

MAC アドレス転送

送信元 MAC アドレス転送の場合、EtherChannel に転送されたパケットは、着信パケットの送信元 MAC アドレスに基づいてチャネル ポート間で分配されます。したがって、ロード バランシングを行うために、送信元ホストが異なるパケットはそれぞれ異なるチャネル ポートを使用しますが、送信元ホストが同じパケットは同じチャネル ポートを使用します。

宛先 MAC アドレス転送の場合、EtherChannel に転送されたパケットは、着信パケットの宛先ホストの MAC アドレスに基づいてチャネル ポート間で分配されます。したがって、宛先が同じパケットは同じポートに転送され、宛先の異なるパケットはそれぞれ異なるチャネル ポートに転送されます。

送信元および宛先 MAC アドレス転送の場合、EtherChannel に転送されたパケットは、送信元および宛先の両方の MAC アドレスに基づいてチャネル ポート間で分配されます。この転送方式は、負荷分散の送信元 MAC アドレス転送方式と宛先 MAC アドレス転送方式を組み合わせたものです。特定のデバイスに対して送信元 MAC アドレス転送と宛先 MAC アドレス転送のどちらが適切であるかが不明な場合に使用できます。送信元および宛先 MAC アドレス転送の場合、ホスト A からホスト B、ホスト A からホスト C、およびホスト C からホスト B に送信されるパケットは、それぞれ異なるチャネル ポートを使用できます。

IP アドレス転送

送信元 IP アドレスベース転送の場合、パケットは、着信パケットの送信元 IP アドレスに基づいて EtherChannel ポート間で分配されます。ロード バランシングを行うために、IP アドレスが異なるパケットはチャネルでそれぞれ異なるポートを使用しますが、IP アドレスが同じパケットはチャネルで同じポートを使用します。

宛先 IP アドレスベース転送の場合、パケットは着信パケットの宛先 IP アドレスに基づいて EtherChannel ポート間で分配されます。ロード バランシングを行うために、同じ送信元 IP アドレスから異なる宛先 IP アドレスに送信されるパケットは、チャネルの異なるチャネル ポートに送信できます。異なる送信元 IP アドレスから同じ宛先 IP アドレスに送信されるパケットは、常にチャネルの同じポートに送信されます。

送信元と宛先 IP アドレスベース転送の場合、パケットは着信パケットの送信元および宛先の両方の IP アドレスに基づいて EtherChannel ポート間で分配されます。この転送方式は、送信元 IP アドレスベース転送方式と宛先 IP アドレスベース転送方式を組み合わせたもので、特定のデバイスに対して送信元 IP アドレスベース転送と宛先 IP アドレスベース転送のどちらが適切であるか不明な場合に使用できます。この方式では、IP アドレス A から IP アドレス B に、

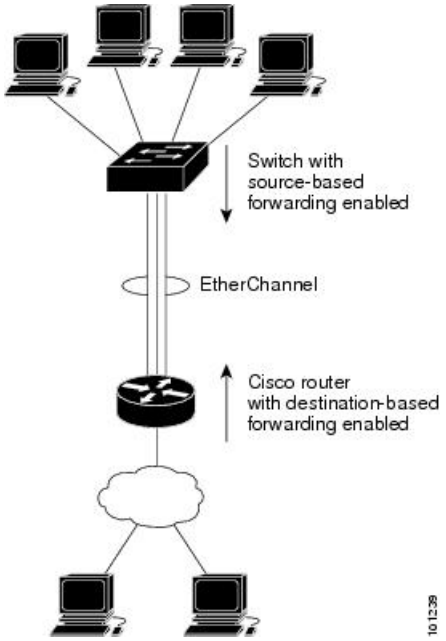
IP アドレス A から IP アドレス C に、および IP アドレス C から IP アドレス B に送信されるパケットは、それぞれ異なるチャネル ポートを使用できます。

ロードバランシングの利点

ロードバランシング方式には異なる利点があるため、ネットワーク内のデバイスの位置、および負荷分散が必要なトラフィックの種類に基づいて特定のロードバランシング方式を選択する必要があります。

図 *20 :* 負荷の分散および転送方式

次の図では、4 台のワーク ステーションの EtherChannel がルータと通信します。ルータは単一 MAC アドレスデバイスであるため、スイッチ EtherChannel で送信元ベース転送を行うことにより、スイッチが、ルータで使用可能なすべての帯域幅を使用することが保証されます。ルータは、宛先アドレスベース転送を行うように設定されます。これは、多数のワークステーションで、トラフィックがルータ EtherChannel から均等に分配されることになっているためです。



設定で一番種類が多くなるオプションを使用してください。たとえば、チャネル上のトラフィックが単一 MAC アドレスを宛先とする場合、宛先 MAC アドレスを使用すると、チャネル内の同じリンクが常に選択されます。ただし、送信元アドレスまたはIPアドレスを使用した方が、ロードバランシングの効率がよくなる場合があります。

EtherChannel とスイッチ スタック

EtherChannel に加入しているポートが含まれているスタック メンバに、障害が発生するか、そのスタック メンバがスタックから除外された場合、アクティブなスイッチにより、障害が発生したスタック メンバ スイッチ ポートが EtherChannel から削除されます。EtherChannel に残っているポートがある場合、接続は引き続き確保されます。

スイッチが既存スタックに追加されると、新しいスイッチでは、アクティブなスイッチから実行コンフィギュレーションを受信し、EtherChannel 関連のスタック設定でアップデートされます。スタック メンバでは、動作情報（動作中で、チャネルのメンバであるポートのリスト）も受信します。

2 つのスタック間で設定されている EtherChannel がマージされた場合、セルフループ ポートになります。スパニングツリーにより、この状況が検出され、必要な動作が発生します。正常な状態にあるスイッチ スタックにある PAgP 設定または LACP 設定は影響を受けませんが、損失したスイッチ スタックの PAgP 設定または LACP 設定は、スタックのリブート後に失われます。

スイッチスタックおよび PAgP

PAgP では、アクティブなスイッチに障害が発生するか、スタックを離れた場合、スタンバイ スイッチが新しいアクティブ スイッチになります。新しいアクティブ スイッチはアクティブなスイッチの該当項目にスタック メンバの設定を同期します。PAgP 設定は、EtherChannel に古いアクティブ スイッチ上にあるポートがない限り、アクティブなスイッチの変更後も影響を受けません。

スイッチ スタックおよび LACP

LACP の場合、システム ID には、アクティブなスイッチから取得したスタック MAC アドレスが使用されます。アクティブスイッチに障害が発生したり、スタックを離れ、スタンバイスイッチが新しいアクティブスイッチが変更になっても、LACP システム ID は変更されません。デフォルトでは、LACP 設定はアクティブスイッチの変更後も影響を受けません。

EtherChannel のデフォルト設定

EtherChannel のデフォルト設定を、次の表に示します。

表 *12 : EtherChannel* のデフォルト設定

機能	デフォルト設定
チャネル グループ	割り当てなし
ポートチャネル論理インターフェイス	未定義
PAgP モード	デフォルトなし
PAgP 学習方式	すべてのポートで集約ポート ラーニング
PAgP プライオリティ	すべてのポートで 128
LACP モード	デフォルトなし
LACP 学習方式	すべてのポートで集約ポート ラーニング

機能	デフォルト設定
LACP ポート プライオリティ	すべてのポートで 32768
LACP システム プライオリティ	32768
LACP システム ID	LACP システムのプライオリティおよびスイッチまたはスタックの MAC アドレス
ロード バランシング	着信パケットの送信元MACアドレスに基づいてスイッチ上で負荷を分散 送信元 MAC アドレスは **src-mac** です。

EtherChannel 設定時の注意事項

EtherChannelポートを正しく設定していない場合は、ネットワークループおよびその他の問題を回避するために、一部の EtherChannel インターフェイスが自動的にディセーブルになります。設定上の問題を回避するために、次の注意事項に従ってください。

- スイッチまたはスイッチスタックでは、最大48のEtherChannelがサポートされています。
- PAgP EtherChannelは、同じタイプのイーサネット ポートを8つまで使用して設定します。
- 同じタイプのイーサネット ポートを最大で 16 個備えた LACP EtherChannel を設定してください。最大 8 つのポートを active モードに、最大 8 つのポートを standby モードにできます。
- EtherChannel内のすべてのポートを同じ速度および同じデュプレックス モードで動作するように設定します。
- EtherChannel 内のすべてのポートをイネーブルにします。**shutdown** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用して無効にされたEtherChannel内のポートはリンク障害として扱われ、そのトラフィックはEtherChannel内の残りのポートのいずれかに転送されます。
- グループを初めて作成した際には、そのグループに最初に追加されたポートのパラメータ設定値をすべてのポートが引き継ぎます。次のパラメータのいずれかで設定を変更した場合は、グループ内のすべてのポートでも変更する必要があります。
  - 許可 VLAN リスト
  - 各 VLAN のスパニングツリー パス コスト
  - 各 VLAN のスパニングツリー ポート プライオリティ
  - スパニングツリー PortFast の設定
- 1つのポートが複数のEtherChannelグループのメンバになるように設定しないでください。

- EtherChannel は、PAgP と LACP の両方のモードには設定しないでください。PAgP および LACP が稼働している複数の EtherChannel グループは、同じスイッチまたはスタック内の別のスイッチ上で共存できます。個々の EtherChannel グループは PAgP または LACP のいずれかを実行できますが、相互運用することはできません。
- アクティブまたはアクティブでない EtherChannel メンバであるポートを IEEE 802.1x ポートとして設定しないでください。EtherChannel ポートで IEEE 802.1x をイネーブルにしようとすると、エラー メッセージが表示され、IEEE 802.1x はイネーブルになりません。
- EtherChannel がデバイスインターフェイスに設定されている場合は、**dot1x system-auth-control** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用して、デバイス上で IEEE 802.1x をグローバルに有効にする前に、インターフェイスから EtherChannel 構成を削除します。

レイヤ 2 EtherChannel 設定時の注意事項

レイヤ 2 EtherChannels を設定する場合は、次の注意事項に従ってください。

- EtherChannel 内のすべてのポートを同じ VLAN に割り当てるか、またはトランクとして設定してください。複数のネイティブ VLAN に接続されるポートは、EtherChannel を形成できません。
- EtherChannel は、トランキング レイヤ 2 EtherChannel 内のすべてのポート上で同じ VLAN 許容範囲をサポートしています。VLAN 許容範囲が一致していないと、PAgP が **auto** モードまたは **desirable** モードに設定されていても、ポートは EtherChannel を形成しません。
- スパニングツリーパス コストが異なるポートは、設定上の矛盾がない限り、EtherChannel を形成できます。異なるスパニングツリーパス コストを設定すること自体は、EtherChannel を形成するポートの矛盾にはなりません。

レイヤ 3 EtherChannel 設定時の注意事項

レイヤ 3 EtherChannel の場合は、レイヤ 3 アドレスをチャネル内の物理ポートでなく、ポートチャネル論理インターフェイスに割り当ててください。

Auto-LAG

Auto-LAG 機能は、スイッチに接続されたポートで EtherChannel を自動的に作成できる機能です。デフォルトでは、Auto-LAG がグローバルに無効にされ、すべてのポート インターフェイスで有効になっています。Auto-LAG は、グローバルに有効になっている場合にのみ、スイッチに適用されます。

Auto-LAG をグローバルに有効にすると、次のシナリオが可能になります。

- パートナー ポート インターフェイス上に EtherChannel が設定されている場合、すべてのポート インターフェイスが自動 EtherChannel の作成に参加します。詳細については、次の表「アクターとパートナー デバイス間でサポートされる *Auto-LAG* 設定」を参照してください。

- すでに手動 EtherChannel の一部であるポートは、自動 EtherChannel の作成に参加することはできません。
- Auto-LAG がすでに自動で作成された EtherChannel の一部であるポート インターフェイスで無効になっている場合、ポート インターフェイスは自動 EtherChannel からバンドル解除されます。

次の表に、アクターとパートナー デバイス間でサポートされる Auto-LAG 設定を示します。

表 *13*：アクターとパートナー デバイス間でサポートされる *Auto-LAG* 設定

アクター/パートナー	アクティブ	パッシブ	自動
アクティブ	対応	対応	対応
パッシブ	対応	不可	対応
自動	対応	対応	対応

Auto-LAG をグローバルに無効にすると、自動で作成されたすべての Etherchannel が手動 EtherChannel になります。

既存の自動で作成された EtherChannel で設定を追加することはできません。追加するには、最初に **port-channel**<*channel-number*>**persistent** を実行して、手動 EtherChannel に変換する必要があります。

（注） Auto-LAG は自動 EtherChannel の作成に LACP プロトコルを使用します。一意のパートナー デバイスで自動的に作成できる EtherChannel は 1 つだけです。

Auto-LAG 設定時の注意事項

Auto-LAG 機能を設定するときには、次の注意事項に従ってください。

- Auto-LAG がグローバルで有効な場合、およびポート インターフェイスで有効な場合に、ポート インターフェイスを自動 EtherChannel のメンバーにしたくない場合は、ポート インターフェイスで Auto-LAG を無効にします。
- ポート インターフェイスは、すでに手動 EtherChannel のメンバーである場合、自動 EtherChannel にバンドルされません。自動 EtherChannel にバンドルされるようにするには、まずポート インターフェイスで手動 EtherChannel のバンドルを解除します。
- Auto-LAG が有効になり、自動 EtherChannel が作成されると、同じパートナー デバイスで複数の EtherChannel を手動で作成できます。ただし、デフォルトでは、ポートはパートナー デバイスで自動 EtherChannel の作成を試行します。
- Auto-LAG は、レイヤ 2 EtherChannel でのみサポートされています。レイヤ 3 インターフェイスおよびレイヤ 3 EtherChannel ではサポートされていません。

• Auto-LAG は、Cross-Stack EtherChannel でサポートされています。

EtherChannel の設定方法

EtherChannelの設定後、ポートチャネルインターフェイスに適用した設定変更は、そのポートチャネルインターフェイスに割り当てられたすべての物理ポートに適用されます。また、物理ポートに適用した設定変更は、設定を適用したポートだけに作用します。

ここでは、EtherChannel のさまざまな設定情報について説明します。

レイヤ 2 EtherChannel の設定

レイヤ 2 EtherChannel を設定するには、インターフェイス コンフィギュレーション モードで **channel-group** コマンドを使用して、チャネルグループにポートを割り当てます。このコマンドにより、ポートチャネル論理インターフェイスが自動的に作成されます。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** **例：** `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** **例：** `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* **例：** `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/1`	物理ポートを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。 指定できるインターフェイスは、物理ポートです。 PAgP EtherChannel の場合、同じタイプおよび速度のポートを 8 つまで同じグループに設定できます。 LACP EtherChannel の場合、同じタイプのイーサネット ポートを 16 まで設定できます。最大 8 つのポートを active モードに、最大 8 つのポートを standby モードにできます。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 4	**switchport mode** {**access** | **trunk**} 例： `Device(config-if)# switchport mode access`	すべてのポートをスタティックアクセス ポートとして同じ VLAN に割り当てるか、またはトランクとして設定します。 ポートをスタティックアクセス ポートとして設定する場合は、ポートを1つの VLANにのみ割り当ててください。指定できる範囲は 1 ～ 4094 です。
ステップ 5	**switchport access vlan** *vlan-id* 例： `Device(config-if)# switchport access vlan 22`	ポートをスタティックアクセス ポートとして設定する場合は、ポートを1つの VLANにのみ割り当ててください。指定できる範囲は 1 ～ 4094 です。
ステップ 6	**channel-group** *channel-group-number* **mode** {**auto** [**non-silent**] | **desirable** [**non-silent**] | **on** } | { **active** | **passive**} 例： `Device(config-if)# channel-group 5 mode auto`	チャネルグループにポートを割り当て、PAgP モードまたは LACP モードを指定します。 **mode** には、次のキーワードのいずれか 1 つを選択します。 • **auto** –PAgP 装置が検出された場合に限り、PAgP をイネーブルにします。ポートをパッシブ ネゴシエーション ステートにします。この場合、ポートは受信する PAgP パケットに応答しますが、PAgP パケット ネゴシエーションを開始することはありません。 • **desirable** –無条件に PAgP をイネーブルにします。ポートをアクティブ ネゴシエーション ステートにします。この場合、ポートは PAgP パケットを送信することによって、相手ポートとのネゴシエーションを開始します。 • **on** – : PAgP または LACP を使用せずにポートが強制的にチャネル化されます。**on** モードでは、使用可能な EtherChannel が存在するのは、**on** モードのポートグループが、**on** モードの別のポートグループに接続する場合だけです。

	コマンドまたはアクション	目的
		• **non-silent** – （任意）デバイスが PAgP 対応のパートナーに接続されている場合、ポートが **auto** または **desirable** モードになると非サイレント動作を行うようにデバイスポートを設定します。**non-silent** を指定しなかった場合は、サイレントが指定されたものと見なされます。サイレント設定は、ファイル サーバまたはパケット アナライザとの接続に適しています。サイレントを設定すると、PAgP が動作してチャネル グループにポートを結合し、このポートが伝送に使用されます。 • **active**：LACP 装置が検出された場合に限り、LACP をイネーブルにします。ポートをアクティブ ネゴシエーション ステートにします。この場合、ポートは LACP パケットを送信することによって、相手ポートとのネゴシエーションを開始します。 • **passive** – ：ポート上で LACP をイネーブルにして、ポートをパッシブ ネゴシエーション ステートにします。この場合、ポートは受信する LACP パケットに応答しますが、LACP パケット ネゴシエーションを開始することはありません。
ステップ 7	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

レイヤ 3 EtherChannel の設定

レイヤ 3 EtherChannel にイーサネット ポートを割り当てるには、この手順を実行します。この手順は必須です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/2`	物理ポートを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。 有効なインターフェイスには、物理ポートが含まれます。 PAgP EtherChannel の場合、同じタイプおよび速度のポートを 8 つまで同じグループに設定できます。 LACP EtherChannel の場合、同じタイプのイーサネット ポートを 16 まで設定できます。最大 8 つのポートを active モードに、最大 8 つのポートを standby モードにできます。
ステップ 4	**no ip address** 例： `Device(config-if)# no ip address`	物理ポートに割り当てられている IP アドレスがないことを確認します。
ステップ 5	**no switchport** 例： `Device(config-if)# no switchport`	ポートをレイヤ 3 モードにします。
ステップ 6	**channel-group** *channel-group-number* **mode** { **auto** [**non-silent**] | **desirable** [**non-silent**] | **on** } | { **active** | **passive** } 例： `Device(config-if)# channel-group 5 mode auto`	チャネル グループにポートを割り当て、PAgP モードまたは LACP モードを指定します。 **mode** には、次のキーワードのいずれか 1 つを選択します。 • **auto**：PAgP 装置が検出された場合に限り、PAgP をイネーブルにします。ポートをパッシブ ネゴシエーション ステートにします。この場合、ポートは受信する PAgP パケッ

	コマンドまたはアクション	目的
		トに応答しますが、PAgP パケット ネゴシエーションを開始することはありません。EtherChannel メンバーがスイッチ スタック内で異なるスイッチに属している場合、このキーワードはサポートされません。 • **desirable**：無条件に PAgP をイネーブルにします。ポートをアクティブ ネゴシエーション ステートにします。この場合、ポートは PAgP パケットを送信することによって、相手ポートとのネゴシエーションを開始します。EtherChannel メンバーがスイッチスタック内で異なるスイッチに属している場合、このキーワードはサポートされません。 • **on**：PAgP や LACP を使用しないで、ポートを強制的にチャネル化します。**on** モードでは、使用可能な EtherChannel が存在するのは、**on** モードのポートグループが、**on**モードの別のポートグループに接続する場合だけです。 • **non-silent**（任意）デバイスが PAgP 対応のパートナーに接続されている場合、ポートが **auto** または **desirable** モードになると非サイレント動作を行うようにデバイスポートを設定します。**non-silent** を指定しなかった場合は、サイレントが指定されたものと見なされます。サイレント設定は、ファイル サーバまたはパケット アナライザとの接続に適しています。サイレントを設定すると、PAgP が動作してチャネル グループにポートを結合し、このポートが伝送に使用されます。 • **active**：LACP 装置が検出された場合に限り、LACP をイネーブルにします。ポートをアクティブ ネゴシエーション ステートにします。こ

	コマンドまたはアクション	目的
		の場合、ポートはLACPパケットを送信することによって、相手ポートとのネゴシエーションを開始します。 • **passive** –：ポート上で LACP をイネーブルにして、ポートをパッシブ ネゴシエーション ステートにします。この場合、ポートは受信する LACP パケットに応答しますが、LACPパケット ネゴシエーションを開始することはありません。
ステップ 7	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

EtherChannel ロード バランシングの設定

複数の異なる転送方式の 1 つを使用するように EtherChannel ロードバランシングを設定できます。

このタスクはオプションです。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**port-channel load-balance** {**dst-ip** | **dst-mac** | **dst-mixed-ip-port** | **dst-port** | **extended** | **src-dst-ip** | **src-dst-mac** | **src-dst-mixed-ip-port** | **src-dst-port** | **src-ip** | **src-mac** | **src-mixed-ip-port** | **src-port** } 例：	EtherChannel のロードバランシング方式を設定します。 デフォルトは **src-mac** です。 次のいずれかの負荷分散方式を選択します。 • **dst-ip**：宛先ホストの IP アドレスを指定します。

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device(config)# port-channel load-balance src-mac`	• **dst-mac**：着信パケットの宛先ホストの MAC アドレスを指定します。 • **dst-mixed-ip-port**：ホストの IP アドレスおよび TCP/UDP ポートを指定します。 • **dst-port**：宛先 TCP/UDP ポートを指定します。 • **src-dst-ip**：送信元および宛先ホストの IP アドレスを指定します。 • **src-dst-mac**：送信元および宛先ホストの MAC アドレスを指定します。 • **src-dst-mixed-ip-port**：送信先および宛先ホストの IP アドレスおよび TCP/UDP ポートを指定します。 • **src-dst-port**：送信元および宛先 TCP/UDP ポートを指定します。 • **extended**：標準コマンドで使用可能なもの以外に、送信元および宛先の方式を組み合わせた、拡張ロードバランシング方式を指定します。 • **src-ip**：送信元ホストの IP アドレスを指定します。 • **src-mac**：着信パケットの送信元 MAC アドレスを指定します。 • **src-mixed-ip-port**：送信元ホストの IP アドレスおよび TCP/UDP ポートを指定します。 • **src-port**：送信元 TCP/UDP ポートを指定します。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

EtherChannel 拡張ロードバランシングの設定

ロードバランシング方式を組み合わせて使用する場合には、拡張ロードバランシングを設定します。

このタスクはオプションです。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**port-channel load-balance extended** {**dst-ip** | **dst-mac dst-port** | **ipv6-label** | **l3-proto** | **src-ip** | **src-mac** | **src-port** } 例： `Device(config)# port-channel load-balance extended dst-ip dst-mac src-ip`	EtherChannel 拡張ロードバランシング方式を設定します。 デフォルトは **src-mac** です。 次のいずれかの負荷分散方式を選択します。 • **dst-ip**：宛先ホストの IP アドレスを指定します。 • **dst-mac**：着信パケットの宛先ホストの MAC アドレスを指定します。 • **dst-port**：宛先 TCP/UDP ポートを指定します。 • **ipv6-label**：IPv6 フロー ラベルを指定します。 • **l3-proto**：レイヤ 3 プロトコルを指定します。 • **src-ip**：送信元ホストの IP アドレスを指定します。 • **src-mac**：着信パケットの送信元 MAC アドレスを指定します。 • **src-port**：送信元 TCP/UDP ポートを指定します。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

PAgP 学習方式およびプライオリティの設定

このタスクはオプションです。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/2`	伝送ポートを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 4	**pagp learn-method physical-port** 例： `Device(config-if)# pagp learn-method physical port`	PAgP 学習方式を選択します。 デフォルトでは、**aggregation-port learning** が選択されています。つまり、EtherChannel 内のポートのいずれかを使用して、デバイスがパケットを送信元に送信します。集約ポート ラーナーの場合、どの物理ポートにパケットが届くかは重要ではありません。 is物理ポートラーナーである別のデバイスに接続する**physical-port**を選択します。 **port-channel load-balance** グローバル コンフィギュレーション コマンドを **src-mac** に設定してください。 学習方式はリンクの両端で同じ方式に設定する必要があります。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 5	**pagp port-priority** *priority* 例： `Device(config-if)# pagp port-priority 200`	選択したポートがパケット伝送用として選択されるように、プライオリティを割り当てます。 *priority* に指定できる範囲は 0 ～ 255 です。デフォルト値は 128 です。プライオリティが高いほど、ポートが PAgP 伝送に使用される可能性が高くなります。
ステップ 6	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

LACP ホット スタンバイ ポートの設定

LACP がイネーブルの場合、ソフトウェアはデフォルトで、チャネルにおける LACP 互換ポートの最大数（最大 16 個のポート）の設定を試みます。一度にアクティブにできる LACP リンクは 8 つだけです。残りの 8 個のリンクがホット スタンバイ モードになります。アクティブ リンクの 1 つが非アクティブになると、ホット スタンバイ モードのリンクが代わりにアクティブになります。

チャネルでアクティブ ポートの最大数を指定することでデフォルト動作を上書きできます。この場合、残りのポートがホット スタンバイ ポートになります。たとえばチャネルで最大 5 個のポートを指定した場合、11 個までのポートがホット スタンバイ ポートになります。

9 つ以上のリンクが EtherChannel グループとして設定された場合、ソフトウェアは LACP プライオリティに基づいてアクティブにするホット スタンバイ ポートを決定します。ソフトウェアは、LACP を操作するシステム間のすべてのリンクに、次の要素（プライオリティ順）で構成された一意のプライオリティを割り当てます。

- LACP システム プライオリティ
- システム ID（デバイス MAC アドレス）
- LACP ポート プライオリティ
- ポート番号

プライオリティの比較においては、数値が小さいほどプライオリティが高くなります。プライオリティは、ハードウェア上の制約がある場合に、すべての互換ポートが集約されないように、スタンバイ モードにするポートを決定します。

アクティブ ポートかホット スタンバイ ポートかを判別するには、次の（2 つの）手順を使用します。まず、数値的に低いシステム プライオリティとシステム ID を持つシステムの方を選びます。次に、ポート プライオリティおよびポート番号の値に基づいて、そのシステムのアクティブ ポートとホット スタンバイ ポートを決定します。他のシステムのポート プライオリティとポート番号の値は使用されません。

ソフトウェアのアクティブおよびスタンバイ リンクの選択方法に影響を与えるように、LACP システム プライオリティおよびLACP ポート プライオリティのデフォルト値を変更できます。

LACP の最大バンドルの設定

ポート チャネルで許可されるバンドル化された LACP ポートの最大数を指定すると、ポート チャネル内の残りのポートがホット スタンバイ ポートとして指定されます。

ポート チャネルの LACP ポートの最大数を設定するには、特権 EXEC モードで開始して、次の手順に従います。この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface port-channel** *channel-number* 例： `Device(config)# interface port-channel 2`	ポート チャネルのインターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。 *channel-number* の範囲は 1 ～ 48 です。
ステップ 4	**lacp max-bundle** *max_bundle_number* 例： `Device(config-if)# lacp max-bundle 3`	ポートチャネル バンドルで LACP ポートの最大数を指定します。 指定できる範囲は 1 ～ 8 です。
ステップ 5	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

LACP ポートチャネル スタンドアロン ディセーブルの設定

ポート チャネルのスタンドアロン EtherChannel メンバー ポート ステートをディセーブルにするには、ポート チャネル インターフェイスで次の作業を行います。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface port-channel** *channel-group* 例： `Device(config)# interface port-channel channel-group`	設定するポート チャネル インターフェイスを選択します。
ステップ 4	**port-channel standalone-disable** 例： `Device(config-if)# port-channel standalone-disable`	ポートチャネル インターフェイスのスタンドアロン モードをディセーブルにします。
ステップ 5	**end** 例： `Device(config-if)# end`	設定モードを終了します。

ステップ 6	**show etherchannel**
	例：
	`Device# show etherchannel channel-group port-channel`
	`Device# show etherchannel channel-group detail`
		設定を確認します。

LACP ポートチャネルの MinLink の設定

リンク アップ状態で、リンク アップ ステートに移行するポート チャネル インターフェイスの EtherChannel でバンドルする必要のあるアクティブ ポートの最小数を指定できます。EtherChannel の最小リンクを使用して、低帯域幅 LACP EtherChannel がアクティブになることを防止できます。また、LACP EtherChannel にアクティブ メンバー ポートが少なすぎて、必要な最低帯域幅を提供できない場合、この機能により LACP EtherChannel が非アクティブになります。

ポート チャネルに必要なリンクの最小数を設定する。次の作業を実行します。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface port-channel** *channel-number* 例： `Device(config)# interface port-channel 2`	ポートチャネルのインターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。 *channel-number* の範囲は 1 ～ 48 です。
ステップ 4	**port-channel min-links** *min-links-number* 例： `Device(config-if)# port-channel min-links 3`	リンク アップ状態で、リンク アップ ステートに移行するポート チャネル インターフェイスの EtherChannel でバンドルする必要のあるメンバ ポートの最小数を指定できます。 *min-links-number* の範囲は 2 ～ 8 です。
ステップ 5	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

LACP システム プライオリティの設定

lacp system-priority コマンドをグローバル コンフィギュレーション モードで使用して、LACP をイネーブルにしているすべての EtherChannel に対してシステムプライオリティを設定できます。LACP を設定済みの各チャネルに対しては、システムプライオリティを設定できません。デフォルト値を変更すると、ソフトウェアのアクティブおよびスタンバイ リンクの選択方法に影響します。

どのポートがホットスタンバイモードにあるか確認するには、特権 EXEC モードで **show etherchannel summary** コマンドを使用します（H ポートステートフラグで表示）。

LACP システム プライオリティを設定するには、次の手順に従います。この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例：	特権 EXEC モードを有効にします。

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device> enable`	パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**lacp system-priority** *priority* 例： `Device(config)# lacp system-priority 32000`	LACP システム プライオリティを設定します。 指定できる範囲は 1 ～ 65535 です。デフォルトは 32768 です。 値が小さいほど、システム プライオリティは高くなります。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

LACP ポート プライオリティの設定

デフォルトでは、すべてのポートは同じポート プライオリティです。ローカル システムのシステム プライオリティおよびシステム ID の値がリモート システムよりも小さい場合は、LACP EtherChannel ポートのポート プライオリティをデフォルトよりも小さな値に変更して、最初にアクティブになるホット スタンバイ リンクを変更できます。ホット スタンバイ ポートは、番号が小さい方が先にチャネルでアクティブになります。どのポートがホット スタンバイ モードにあるか確認するには、**show etherchannel summary** 特権 EXEC コマンドを使用します（H ポート ステート フラグで表示）。

（注） LACP がすべての互換ポートを集約できない場合（たとえば、ハードウェアの制約が大きいリモート システム）、EtherChannel 中でアクティブにならないポートはすべてホット スタンバイ ステートになり、チャネル化されたポートのいずれかが機能しない場合に限り使用されます。

LACP ポート プライオリティを設定するには、次の手順に従います。この手順は任意です。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/2`	設定するポートを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 4	**lacp port-priority** *priority* 例： `Device(config-if)# lacp port-priority 32000`	LACP ポート プライオリティを設定します。 指定できる範囲は 1 ～ 65535 です。デフォルトは 32768 です。値が小さいほど、ポートが LACP 伝送に使用される可能性が高くなります。
ステップ 5	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

LACP 1:1 冗長性の設定

（注）
- LACP EtherChannel の両端で LACP 1:1 冗長性をイネーブルにする必要があります。
- LACP 1:1 冗長性機能を機能させるには、**lacp fast-switchover** コマンドとともに **lacp max-bundle 1** コマンドを設定する必要があります。
- LACP 1:1 ホット スタンバイ ダンプニング機能を動作させるには、**lacp fast-switchover dampening** コマンドを設定する前に **lacp max-bundle 1** および **lacp fast-switchover** コマンドを設定する必要があります。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 • パスワードを入力します（要求された場合）。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface port-channel** *group_number* 例： `Device(config)# interface port-channel 40`	LACP ポート チャネル インターフェイスを選択し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 4	**lacp fast-switchover** 例： `Device(config-if)# lacp fast-switchover`	EtherChannel の LACP 1:1 冗長性機能をイネーブルにします。
ステップ 5	**lacp max-bundle 1** 例： `Device(config-if)# lacp max-bundle 1`	アクティブ メンバー ポートの最大数を 1 に設定します。LACP 1:1 冗長性でサポートされる値は「1」だけです。
ステップ 6	**lacp fast-switchover dampening** *seconds* 例： `Device(config-if)# lacp fast-switchover dampening 60`	（任意）この EtherChannel の LACP 1:1 のホット スタンバイ ダンプニング機能をイネーブルにします。timeパラメータの範囲は 30 ～ 180 秒です。
ステップ 7	**end** 例： `Device(config-if)# end`	インターフェイス コンフィギュレーション モードを終了し、特権 EXEC モードに戻ります。

LACP 高速レート タイマーの設定

LACP タイマー レートを変更することにより、LACP タイムアウトの時間を変更することができます。**lacp rate** コマンドを使用し、LACP がサポートされているインターフェイスで受信される LACP 制御パケットのレートを設定します。タイムアウト レートは、デフォルトのレート（30 秒）から高速レート（1 秒）に変更することができます。このコマンドは、LACP がイネーブルになっているインターフェイスでのみサポートされます。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** {**fastethernet** | **gigabitethernet** | **tengigabitethernet**} *slot/port* 例： `Device(config)# interface gigabitEthernet 2/1`	インターフェイスを設定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 4	**lacp rate** {**normal** | **fast**} 例： `Device(config-if)# lacp rate fast`	LACP がサポートされているインターフェイスで受信される LACP 制御パケットのレートを設定します。 タイムアウトレートをデフォルトにリセットするには、**no lacp rate** コマンドを使用します。
ステップ 5	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

ステップ 6	**show lacp internal**
	例：
	`Device# show lacp internal`
	`Device# show lacp counters`
		設定を確認します。

グローバルな Auto-LAG の設定

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	[**no**] **port-channel auto** 例：	スイッチ上の Auto-LAG 機能をグローバルで有効にします。スイッチ上の

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device(config)# port-channel auto`	Auto-LAG 機能をグローバルで無効にするには、このコマンドの no 形式を使用します。 （注） デフォルトでは、auto-LAG 機能は各ポート上でイネーブルになっています。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。
ステップ 5	**show etherchannel auto** 例： `Device# show etherchannel auto`	EtherChannel が自動的に作成されたことが表示されます。

ポート インターフェイスでの Auto-LAG の設定

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/1`	Auto-LAG を有効にするポート インターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 4	[**no**] **channel-group auto** 例： `Device(config-if)# channel-group auto`	（任意）個々のポート インターフェイスで Auto-LAG 機能を有効にします。個々のポート インターフェイス上で Auto-LAG 機能を無効にするには、このコマンドの no 形式を使用します。 （注） デフォルトでは、auto-LAG 機能は各ポート上でイネーブルになっています。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 5	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。
ステップ 6	**show etherchannel auto** 例： `Device# show etherchannel auto`	EtherChannel が自動的に作成されたことが表示されます。

Auto-LAG での持続性の設定

自動で作成された EtherChannel を手動のものに変更し、既存の EtherChannel に設定を追加するには、persistence コマンドを使用します。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**port-channel** *channel-number* **persistent** 例： `Device# port-channel 1 persistent`	自動で作成された EtherChannel を手動のものに変更し、EtherChannel に設定を追加することができます。
ステップ 3	**show etherchannel summary** 例： `Device# show etherchannel summary`	EtherChannel 情報を表示します。

EtherChannel、PAgP、および LACP ステータスのモニタ

この表に記載されているコマンドを使用して EtherChannel、PAgP、および LACP ステータスを表示できます。

表 *14 : EtherChannel*、*PAgP*、および *LACP* ステータスのモニタ用コマンド

コマンド	説明
clear lacp { *channel-group-number* **counters** | **counters** }	LACP チャネル グループ情報およびトラフィック カウンタをクリアします。

コマンド	説明
clear pagp { *channel-group-number* **counters** | **counters** }	PAgP チャネル グループ情報およびトラフィック カウンタをクリアします。
show etherchannel [*channel-group-number* { **detail** | **load-balance** | **port** | **port-channel** | **protocol** | **summary** }] [**detail** | **load-balance** | **port** | **port-channel** | **protocol** | **auto** | **summary**]	EtherChannel 情報が簡潔、詳細に、1 行のサマリー形式で表示されます。負荷分散方式またはフレーム配布方式、ポート、ポート チャネル、プロトコル、および Auto-LAG 情報も表示されます。
show pagp [*channel-group-number*] { **counters** | **internal** | **neighbor** }	トラフィック情報、内部 PAgP 設定、ネイバー情報などの PAgP 情報が表示されます。
show pagp [*channel-group-number*] **dual-active**	デュアルアクティブ検出ステータスが表示されます。
show lacp [*channel-group-number*] { **counters** | **internal** | **neighbor** | **sys-id** }	トラフィック情報、内部 LACP 設定、ネイバー情報などの LACP 情報が表示されます。
show running-config	設定エントリを確認します。
show etherchannel load-balance	ポート チャネル内のポート間のロードバランシング、またはフレーム配布方式を表示します。

EtherChannel の設定例

ここでは、EtherChannel のさまざまな設定例について説明します。

例：レイヤ 2 EtherChannel の設定

次に、スタック内の 1 つのスイッチに EtherChannel を設定する例を示します。2 つのポートを VLAN 10 のスタティックアクセスポートとして、PAgP モードが **desirable** であるチャネル 5 に割り当てます。

```
Device# configure terminal
Device(config)# interface range gigabitethernet2/0/1 -2
Device(config-if-range)# switchport mode access
Device(config-if-range)# switchport access vlan 10
Device(config-if-range)# channel-group 5 mode desirable non-silent
Device(config-if-range)# end
```

次に、スタック内の 1 つのスイッチに EtherChannel を設定する例を示します。2 つのポートは VLAN 10 のスタティックアクセス ポートとして、LACP モードが active であるチャネル 5 に割り当てられます。 **active :**

```
Device# configure terminal
Device(config)# interface range gigabitethernet2/0/1 -2
Device(config-if-range)# switchport mode access
Device(config-if-range)# switchport access vlan 10
Device(config-if-range)# channel-group 5 mode active
Device(config-if-range)# end
```

次の例では、クロススタック EtherChannel を設定する方法を示します。LACP パッシブ モードを使用して、VLAN 10 内のスタティックアクセス ポートとしてスタック メンバ 1 のポートを 2 つ、スタック メンバ 2 のポートを 1 つチャネル 5 に割り当てます。

```
Device# configure terminal
Device(config)# interface range gigabitethernet2/0/4 -5
Device(config-if-range)# switchport mode access
Device(config-if-range)# switchport access vlan 10
Device(config-if-range)# channel-group 5 mode passive
Device(config-if-range)# exit
Device(config)# interface gigabitethernet3/0/3
Device(config-if)# switchport mode access
Device(config-if)# switchport access vlan 10
Device(config-if)# channel-group 5 mode passive
Device(config-if)# exit
```

PoE または LACP ネゴシエーションのエラーは、スイッチからアクセスポイント（AP）に 2 つのポートを設定した場合に発生する可能性があります。このシナリオは、ポート チャネルの設定をスイッチ側で行うと回避できます。詳細については、次の例を参照してください。

```
Device(config)# interface Port-channel1
Device(config-if)# switchport access vlan 20
Device(config-if)# switchport mode access
Device(config-if)# switchport nonegotiate
Device(config-if)# no port-channel standalone-disable
Device(config-if)# spanning-tree portfast
```

（注） ポートがポートのフラッピングに関する LACP エラーを検出した場合は、次のコマンドも含める必要があります。 **no errdisable detect cause pagp-flap**

例：レイヤ 3 EtherChannel の設定

この例では、レイヤ 3 インターフェイスの設定方法を示します。2 つのポートは、LACP モードが **active** であるチャネル 5 に割り当てられます。

```
Device# configure terminal
Device(config)# interface range gigabitethernet2/0/1 -2
Device(config-if-range)# no ip address
Device(config-if-range)# no switchport
Device(config-if-range)# channel-group 5 mode active
Device(config-if-range)# end
```

この例では、クロススタック レイヤ 3 EtherChannel の設定方法を示します。スタック メンバー 2 の 2 つのポートとスタック メンバー 3 の 1 つのポートは、LACP active モードでチャネル 7 に割り当てられます。

```
Device# configure terminal
Device(config)# interface range gigabitethernet2/0/4 -5
Device(config-if-range)# no ip address
Device(config-if-range)# no switchport
Device(config-if-range)# channel-group 7 mode active
Device(config-if-range)# exit
Device(config)# interface gigabitethernet3/0/3
Device(config-if)# no ip address
Device(config-if)# no switchport
Device(config-if)# channel-group 7 mode active
Device(config-if)# exit
```

例：LACP ホットスタンバイポートの設定

この例では、少なくとも3個のアクティブポートがある場合にアクティブ化されるEtherChannelを設定する例を示します（ポートチャネル2）。これは、7個のアクティブポートとホットスタンバイ ポートとしての最大9個の残りのポートから構成されます。

```
Device# configure terminal
Device(config)# interface port-channel 2
Device(config-if)# port-channel min-links 3
Device(config-if)# lacp max-bundle 7
```

例：LACP 1:1 冗長性の設定

この例は、EtherChannel で LACP 1:1 冗長性機能を設定する方法を示しています。

```
Device> enable
Device# configure terminal
Device(config)# interface port-channel 40
Device(config-if)# lacp fast-switchover
Device(config-if)# lacp max-bundle 1
Device(config-if)# lacp fast-switchover dampening 60
Device(config-if)# end
```

次に、**show lacp internal** コマンドの出力例を示します。

```
Device# show lacp 1 internal

Flags: S - Device is requesting Slow LACPDUs
       F - Device is requesting Fast LACPDUs
       A - Device is in Active mode
       P - Device is in Passive mode

Channel group 1,[146 s left to exit dampening state]
                            LACP port     Admin     Oper    Port        Port
Port      Flags   State     Priority      Key       Key     Number      State
Fa1/1     FA      hot-sby   30000*        0x1       0x1     0x103       0x7
Fa1/2     SA      bndl      32768         0x1       0x1     0x102       0x3D
```

例：Auto-LAG の設定

次に、スイッチに Auto-LAG を設定する例を示します。

```
Device> enable
Device# configure terminal
Device(config)# port-channel auto
```

```
Device(config-if)# end
Device#  show etherchannel auto
```

次の例は、自動的に作成された EtherChannel の概要を示します。

```
Device# show etherchannel auto
Flags:  D - down        P - bundled in port-channel
        I - stand-alone s - suspended
        H - Hot-standby (LACP only)
        R - Layer3      S - Layer2
        U - in use      f - failed to allocate aggregator
        M - not in use, minimum links not met
        u - unsuitable for bundling
        w - waiting to be aggregated
        d - default port
        A - formed by Auto LAG

Number of channel-groups in use: 1
Number of aggregators:           1

Group  Port-channel  Protocol    Ports
------+-------------+-----------+-----------------------------------------------
1      Po1(SUA)         LACP      Gi1/0/45(P) Gi2/0/21(P) Gi3/0/21(P)
```

次の例は、**port-channel** 1 **persistent** コマンドを実行した後の自動 EtherChannel の概要を示します。

```
Device# port-channel 1 persistent

Device# show etherchannel summary
Switch# show etherchannel summary
Flags:  D - down        P - bundled in port-channel
        I - stand-alone s - suspended
        H - Hot-standby (LACP only)
        R - Layer3      S - Layer2
        U - in use      f - failed to allocate aggregator
        M - not in use, minimum links not met
        u - unsuitable for bundling
        w - waiting to be aggregated
        d - default port
        A - formed by Auto LAG

Number of channel-groups in use: 1
Number of aggregators:           1

Group  Port-channel  Protocol    Ports
------+-------------+-----------+-----------------------------------------------
1      Po1(SU)          LACP      Gi1/0/45(P) Gi2/0/21(P) Gi3/0/21(P)
```

EtherChannels の追加リファレンス

関連資料

関連項目	マニュアル タイトル
この章で使用するコマンドの完全な構文および使用方法の詳細。	の「Layer 2/3 Commands」の項を参照してください *Command Reference (Catalyst 9200 Series Switches)*

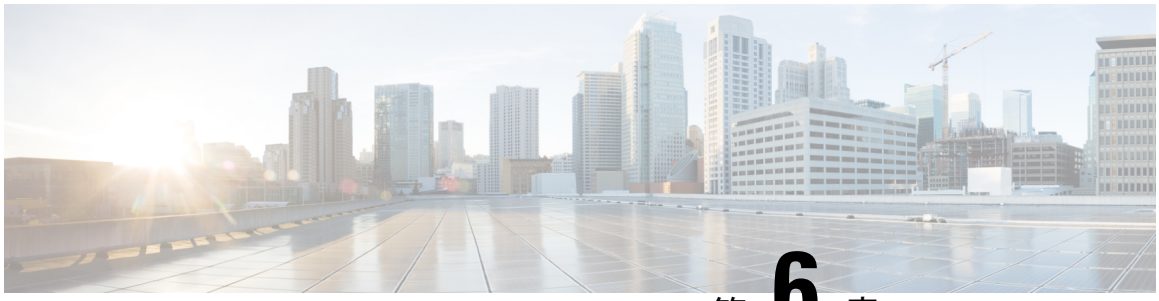
EtherChannel の機能履歴

次の表に、このモジュールで説明する機能のリリースおよび関連情報を示します。

これらの機能は、特に明記されていない限り、導入されたリリース以降のすべてのリリースで使用できます。

リリース	機能	機能情報
Cisco IOS XE Fuji 16.9.2	EtherChannel	EtherChannel は、スイッチ、ルータ、およびサーバ間にフォールトトレラントな高速リンクを提供します。
Cisco IOS XE Amsterdam 17.3.1	LACP 1:1 冗長性とダンプニング	LACP 1:1 冗長性機能では、ホットスタンバイ リンクへのファスト スイッチオーバーとアクティブ リンク 1 つによる EtherChannel 設定がサポートされます。 LACP 1:1 ホット スタンバイ ダンプニング機能は、アクティブになった後、プライオリティの高いポートへのスイッチオーバーを遅らせるタイマーを設定します。

Cisco Feature Navigator を使用すると、プラットフォームおよびソフトウェアイメージのサポート情報を検索できます。Cisco Feature Navigator には、http://www.cisco.com/go/cfn からアクセスします。



第 6 章

Resilient Ethernet Protocol の設定

Resilient Ethernet Protocol について

（注） Resilient Ethernet Protocol は Cisco IOS XE Bengaluru 17.4.x リリースではサポートされていません。

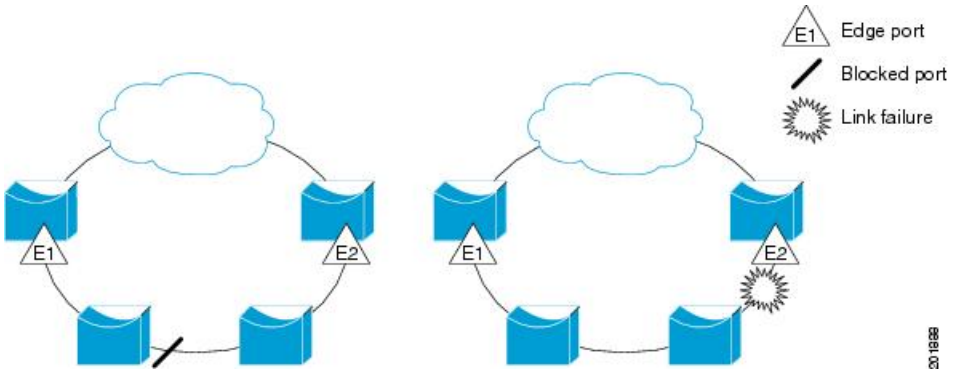
Resilient Ethernet Protocol（REP）はシスコ独自のプロトコルで、スパニングツリー プロトコル（STP）に代わるプロトコルとして、ネットワーク ループの制御、リンク障害の処理、コンバージェンス時間の改善を実現します。REP は、セグメントに接続されているポートのグループを制御することで、セグメントがブリッジングループを作成するのを防ぎ、セグメント内のリンク障害に応答します。REP は、より複雑なネットワークを構築するための基盤を提供し、VLAN ロード バランシングをサポートします。

（注） この機能は、Network Essentials ライセンスを実行している Cisco Catalyst シリーズ スイッチでサポートされています。

REP セグメントは、相互接続されたポートのチェーンで、セグメント ID が設定されます。各セグメントは、標準（非エッジ）セグメント ポートと、2 つのユーザ設定エッジ ポートで構成されています。1 スイッチに、同じセグメントに属することができるポートは 2 つまでで、各セグメント ポートにある外部ネイバーは 1 つだけです。セグメントは共有メディアを経由できますが、どのリンクでも同じセグメントに属することができるポートは 2 つだけです。REP は、トランク ポートでのみサポートされます。

次の図に、4 つのスイッチにまたがる 6 つのポートで構成されているセグメントの例を示します。ポート E1 および E2 がエッジ ポートとして設定されています。（左側のセグメントのように）すべてのポートが動作可能の場合、斜線で表しているように単一ポートがブロックされます。ブロックされたポートは、代替ポート（ALT ポート）とも呼ばれます。ネットワークに障害が発生した場合、ブロックされたポートがフォワーディング ステートに戻り、ネットワークの中断を最小限に抑えます。

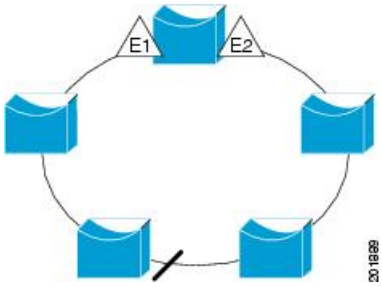
図 *21 : REP* オープン セグメント



上の図に示されたセグメントは、オープンセグメントで、2 つのエッジポート間は接続されていません。REP セグメントはブリッジング ループの原因とならないため、セグメント エッジを安全に任意のネットワークに接続できます。セグメント内のスイッチに接続されているすべてのホストには、エッジ ポートを通じて残りのネットワークに接続する方法が 2 つありますが、いつでもアクセス可能なのは 1 つだけです。いずれかのセグメントまたは REP セグメントのいずれかのポートに障害が発生した場合、REP はすべての ALT ポートのブロックを解除し、他のゲートウェイ経由で接続できるようにします。

下に示すセグメントはリングセグメントとも呼ばれる閉じたセグメントであり、同じルータ上に両方のエッジポートがあります。この設定を使用すると、セグメント内の任意の 2 ルータ間で冗長接続を形成することができます。

図 *22 : REP* リング セグメント



REP セグメントには、次のような特徴があります。

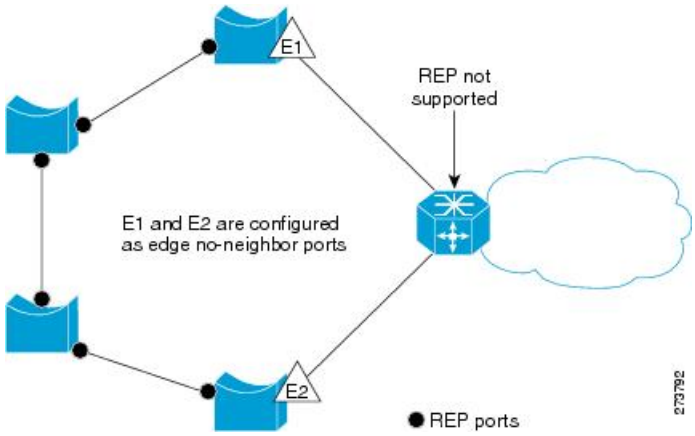
- セグメント内の全ポートが動作可能な場合、1 ポート（ALT ポートと呼ばれる）が各 VLAN でブロック ステートとなります。VLAN ロードバランシングが設定されている場合は、セグメント内の 2 つの ALT ポートが VLAN のブロック ステートを制御します。

- ポートが動作不能になり、リンク障害が発生すると、すべてのポートがすべての VLAN トラフィックを転送して、接続性を確保します。
- リンク障害の場合、できるだけ早期に代替ポートのブロックが解除されます。障害リンクが復旧すると、ネットワークの中断を最小限に抑えるようにVLAN単位で論理的にブロックされたポートが選択されます。

REP セグメントに基づいて、ほとんどのネットワーク タイプを構成することができます。

アクセス リング トポロジでは、下の図に示すように、ネイバー スイッチで REP がサポートされない場合があります。この場合、そのスイッチ側のポート（E1 と E2）を非ネイバー エッジ ポートとして設定できます。非ネイバーエッジポートは、STP トポロジ変更通知（TCN）をアグリゲーションスイッチに送信するように設定できます。

図 *23* : 非ネイバー エッジ ポート



REP には次のような制限事項があります。

- 各セグメント ポートを設定する必要があります。設定を間違えると、ネットワーク内でフォワーディング ループが発生します。
- REP はセグメント内の単一障害ポートだけを管理できます。REP セグメント内の複数ポート障害の場合、ネットワークの接続が中断します。
- 冗長ネットワーク内だけに REP を設定します。冗長性のないネットワークに REP を設定すると、接続が失われます。

リンク完全性

REP は、リンク完全性の確認にエッジ ポート間でエンドツーエンド ポーリング機能を使用しません。ローカル リンク障害検出を実装しています。REP リンク ステータス レイヤ（LSL）が REP 対応ネイバーを検出して、セグメント内の接続性を確立します。ネイバーが検出されるまで、インターフェイス上ですべての VLAN がブロックされます。ネイバーが特定されたあと、REP が代替ポートとなるネイバー ポートと、トラフィックを転送するポートを決定します。

セグメント内のポートごとに、一意のポート ID が割り当てられます。ポート ID フォーマットは、スパニングツリーアルゴリズムで使用されるものと類似しており、ポート番号（ブリッジ上で一意）と、関連 MAC アドレス（ネットワーク内で一意）から構成されます。セグメントポートが起動すると、ポートの LSL がセグメント ID およびポート ID を含むパケットの送信を開始します。ポートは、同じセグメント内のネイバーとのスリーウェイ ハンドシェイクを実行したあとで、動作可能と宣言されます。

次のような場合、セグメント ポートは動作可能になりません。

- ネイバーに同じセグメント ID がない
- 複数のネイバーに同じセグメント ID がある
- ネイバーがピアとして、ローカル ポートに確認応答しない

各ポートは、直近のネイバーと隣接関係を確立します。ネイバーとの隣接関係が確立されると、代替ポートとして機能する、セグメントのブロックされたポートを決定するようにポートが相互にネゴシエートします。その他のすべてのポートのブロックは解除されます。デフォルトでは、REP パケットはブリッジ プロトコル データ ユニットクラスの MAC アドレスに送信されます。パケットは、シスコ マルチキャスト アドレスにも送信できますが、セグメントに障害が発生した場合にブロックされたポートのアドバタイズ（BPA）メッセージの送信だけに使用されます。パケットは、REP が動作していない装置によって廃棄されます。

高速コンバージェンス

REP は、物理リンク ベースで動作し、VLAN 単位ベースでは動作しません。すべての VLAN に対して 1 つの hello メッセージしか必要ないため、プロトコル上の負荷が軽減されます。指定セグメント内の全スイッチで継続的に VLAN を作成し、REP トランク ポート上に同じ許容 VLAN を設定することを推奨します。ソフトウェアでのメッセージのリレーによって発生する遅延を回避するために、REP ではいくつかのパケットを通常のマルチキャスト アドレスにフラッディングすることも可能です。これらのメッセージはハードウェア フラッド レイヤ（HFL）で動作し、REP セグメントだけではなくネットワーク全体にフラッディングされます。セグメントに属していないスイッチは、これらのメッセージをデータ トラフィックとして扱います。ドメイン全体または特定のセグメントの管理 VLAN を設定することで、これらのメッセージのフラッディングを制御することができます。

VLAN ロード バランシング

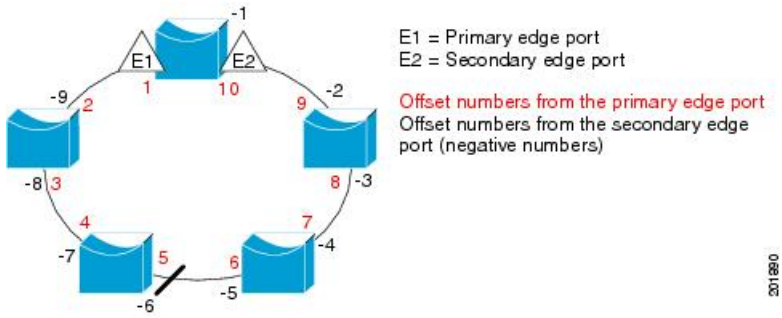
REP セグメント内の 1 つのエッジ ポートがプライマリ エッジ ポートとして機能し、もう一方がセカンダリ エッジ ポートとなります。セグメント内の VLAN ロード バランシングに常に参加しているのがプライマリ エッジ ポートです。REP VLAN バランシングは、設定された代替ポートでいくつかの VLAN をブロックし、プライマリ エッジ ポートでその他の全 VLAN をブロックすることで実行されます。VLAN ロード バランシングを設定する際に、次の 3 種類の方法のいずれかを使用して代替ポートを指定できます。

- インターフェイスにポート ID を入力します。セグメント内のポート ID を識別するには、ポートの **show interface rep detail** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを入力します。
- **preferred** キーワードを入力します。これにより、**rep segment** *segment-id* **preferred** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドで優先代替ポートとしてすでに設定されているポートを選択します。
- セグメント内のポートのネイバー オフセット番号を入力します。これは、エッジ ポートのダウンストリーム ネイバー ポートを識別するものです。ネイバー オフセット番号の範囲は、-256 ～ +256 で、0 値は無効です。プライマリ エッジ ポートはオフセット番号 1 です。1 を超える正数はプライマリ エッジ ポートのダウンストリーム ネイバーを識別します。負数は、セカンダリ エッジ ポート（オフセット番号 -1）とそのダウンストリーム ネイバーを示します。

（注） プライマリ（またはセカンダリ）エッジポートからポートのダウンストリーム位置を識別することで、プライマリ エッジ ポートのオフセット番号を設定します。番号1はプライマリ エッジポートのオフセット番号なので、オフセット番号 1 は入力しないでください。

次の図に、E1 がプライマリ エッジ ポートで E2 がセカンダリ エッジ ポートの場合の、セグメントのネイバーオフセット番号を示します。リングの内側にある赤い番号は、プライマリ エッジ ポートからのオフセット番号で、リングの外側にある黒い番号がセカンダリ エッジ ポートからのオフセット番号です。正のオフセット番号（プライマリ エッジ ポートからのダウンストリーム位置）または負のオフセット番号（セカンダリ エッジ ポートからのダウンストリーム位置）のいずれかにより、（プライマリ エッジ ポートを除く）全ポートを識別できます。E2 がプライマリ エッジ ポートになるとオフセット番号 1 となり、E1 のオフセット番号が -1 になります。

図 *24*：セグメント内のネイバー オフセット番号



REP セグメントが完了すると、すべての VLAN がブロックされます。VLAN ロード バランシングを設定する際には、次の 2 種類の方法のいずれかを使用してトリガーを設定する必要もあります。

- プライマリ エッジ ポートのあるスイッチ上で **rep preempt segment** *segment-id* 特権 EXEC コマンドを入力することで、いつでも手動で VLAN ロード バランシングをトリガーすることができます。
- **rep preempt delay** *seconds* インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを入力すると、プリエンプション遅延時間を設定できます。リンク障害が発生して回復すると、設定されたプリエンプション期間の経過後に VLAN ロード バランシングが開始されます。設定時間が経過する前に別のポートで障害が発生した場合、遅延タイマーが再開されることに注意してください。

（注） VLAN ロード バランシングが設定されている場合、手動での介入またはリンク障害および回復によってトリガーされるまで、動作が開始されません。

VLAN ロード バランシングがトリガーされると、プライマリ エッジ ポートがメッセージを送信して、セグメント内の全インターフェイスにプリエンプションについて警告します。メッセージがセカンダリ ポートで受信されると、メッセージがネットワークに送信され、メッセージ内で指定された VLAN セットをブロックするように代替ポートに通知し、残りの VLAN をブロックするようにプライマリ エッジ ポートに通知します。

またすべての VLAN をブロックするために、セグメント内の特定ポートを設定できます。プライマリ エッジ ポートだけによって VLAN ロードバランシングが開始され、セグメントが各エンドでエッジポートによって終端されていない場合開始することができません。プライマリ エッジ ポートは、ローカル VLAN ロードバランシング設定を決定します。

ロード バランシングを再設定するには、プライマリ エッジ ポートを再設定します。ロードバランシング設定を変更すると、プライマリ エッジ ポートでは、**rep preempt segment** コマンドが実行されるか、ポート障害および復旧のあとで設定済みプリエンプト遅延期間が経過してから、新規設定が実行されます。エッジ ポートを通常セグメント ポートに変更しても、既存の VLAN ロードバランシング ステータスは変更されません。新規エッジ ポートを設定すると、新規トポロジ設定になる可能性があります。

スパニングツリー インタラクション

REP は STP とやり取りしませんが、共存はできます。セグメントに属しているポートはスパニングツリーの制御から削除されるため、セグメント ポートでは STP BPDU の送受信は行われません。したがって、STP はセグメント上で実行できません。

STP リング コンフィギュレーションから REP セグメント コンフィギュレーションに移行するには、まずリング内の単一ポートをセグメントの一部として設定し、次にセグメント数を最小限にするように隣接するポートを設定します。各セグメントには、常にブロックされたポートが含まれているので、セグメントが複数になるとブロックされたポートも複数になり、接続が失われる可能性があります。セグメントがエッジポートの場所まで両方向に設定されたら、次にエッジ ポートを設定します。

REP ポート

REP セグメントは、障害ポート、オープン ポート、および代替ポートで構成されます。

- 標準セグメント ポートとして設定されたポートは、障害ポートとして起動します。
- ネイバーとの隣接関係が確立されると、ポートは代替ポート ステートに移行して、インターフェイス内の全 VLAN をブロックします。ブロックされたポートのネゴシエーションが実施され、セグメントが安定すると、1 つのブロックされたポートが代替ロールに留まり、他のすべてのポートがオープン ポートになります。
- リンク内で障害が発生すると、すべてのポートが障害ステートに遷移します。代替ポートは、障害通知を受信すると、すべての VLAN を転送するオープン ステートに遷移します。

通常セグメント ポートをエッジ ポートに変換しても、エッジ ポートを通常セグメント ポートに変換しても、必ずトポロジ変更が発生するわけではありません。エッジ ポートを通常セグメント ポートに変更する場合、設定されるまで VLAN ロード バランシングは実装されません。VLAN ロード バランシングの場合、セグメント内に 2 つのエッジ ポートを設定する必要があります。

スパニングツリー ポートとして再設定されたセグメント ポートは、スパニングツリー設定に従って再起動します。デフォルトでは、これは指定ブロッキング ポートです。PortFast が設定されていたり、STP がディセーブルの場合、ポートはフォワーディング ステートになります。

Resilient Ethernet Protocol の設定方法

セグメントは、チェーンで相互接続されているポートの集合で、セグメント ID が設定されています。REP セグメントを設定するには、REP 管理 VLAN を設定し（またはデフォルト VLAN 1 を使用し）、次にインターフェイス コンフィギュレーション モードを使用してセグメントにポートを追加します。2 つのエッジ ポートをセグメント内に設定して、デフォルトで 1 つをプライマリ エッジ ポート、もう 1 つをセカンダリ エッジ ポートにします。1 セグメント内のプライマリ エッジ ポートは 1 つだけです。別のスイッチのポートなど、セグメント内で 2 つのポートをプライマリ エッジ ポートに設定すると、REP がそのうちのいずれかを選択してセグメントのプライマリ エッジ ポートとして機能させます。必要に応じて、STCN および VLAN ロード バランシングが送信される場所を設定できます。

REP のデフォルト設定

REP はすべてのインターフェイス上でディセーブルです。イネーブルにする際に、エッジ ポートとして設定されていなければインターフェイスは通常セグメント ポートになります。

REP をイネーブルにする際に、STCN の送信タスクはディセーブルで、すべての VLAN はブロックされ、管理 VLAN は VLAN 1 になります。

VLAN ロードバランシングがイネーブルの場合、デフォルトは手動でのプリエンプションで、遅延タイマーはディセーブルになっています。VLAN ロード バランシングが設定されていな

い場合、手動でのプリエンプション後のデフォルト動作は、プライマリ エッジ ポートで全 VLAN がブロックとなります。

REP 設定時の注意事項

REP の設定時には、次の注意事項に従ってください。

- REP は、10 ギガビット イーサネット インターフェイスでサポートされます。
- まず 1 ポートの設定から始めて、セグメント数とブロックされたポートの数を最小限に抑えるように隣接するポートを設定することを推奨します。
- 外部ネイバーが設定されておらずセグメント内では 3 つ以上のポートに障害が発生した場合、1 ポートがデータ パス用のフォワーディング ステートになり、設定中の接続性の維持に役立ちます。**show rep interface** コマンド出力では、このポートのポートロールは「Fail Logical Open」と表示され、他の障害ポートのポートロールは「Fail No Ext Neighbor」と表示されます。障害ポートの外部ネイバーが設定されている場合、ポートは代替ポート ステートに移行して、代替ポート選択メカニズムに基づいて最終的にオープン ステートになるか、代替ポートのままになります。
- REP ポートは、レイヤ 2 IEEE 802.1Q またはトランク ポートのいずれかである必要があります。
- 同じ許可 VLAN のセットでセグメント内のすべてのトランク ポートを設定することを推奨します。
- Telnet 接続を通じて REP を設定する際には注意してください。これは、別の REP インターフェイスがブロック解除のメッセージを送信するまで、REP はすべての VLAN をブロックするためです。同じインターフェイス経由でルータにアクセスする Telnet セッションで REP をイネーブルにすると、ルータへの接続が失われることがあります。
- 同じセグメントやインターフェイスで REP と STP を実行することはできません。
- STP ネットワークを REP セグメントに接続する場合、接続はセグメント エッジであることを確認してください。エッジで実行されていない STP 接続は、REP セグメントでは STP が実行されないため、ブリッジング ループが発生する可能性があります。すべての STP BPDU は、REP インターフェイスで廃棄されます。
- 同じ許容 VLAN セットでセグメント内のすべてのトランク ポートを設定する必要があります。そうでない場合、設定ミスが発生します。
- REP がスイッチの 2 ポートでイネーブルの場合、両方のポートが通常セグメント ポートまたはエッジ ポートである必要があります。REP ポートは以下の規則に従います。
  - スイッチ上の REP ポートの数に制限はありませんが、同じ REP セグメントに属することができるスイッチ上のポートは 2 つだけです。
  - セグメント内にスイッチ上の 1 ポートだけが設定されている場合、そのポートがエッジ ポートとなります。

- 同じセグメント内に属するスイッチに2つのポートがある場合、両方のポートがエッジポートであるか、両方のポートが通常セグメントポートであるか、一方が通常ポートでもう一方が非ネイバー エッジ ポートである必要があります。スイッチ上のエッジ ポートと通常セグメント ポートが同じセグメントに属することはできません。
- スイッチ上の2ポートが同じセグメントに属していて、1つがエッジ ポートとして設定され、もう1つが通常セグメントポートに設定されている場合（設定ミス）、エッジ ポートは通常セグメント ポートとして扱われます。

- REPインターフェイスはブロックされた状態になり、ブロック解除できるようになるまでブロックされた状態のまま残ります。突然の接続切断を避けるために、このステータスを認識しておく必要があります。
- REP はネイティブ VLAN 上においてすべての LSL PDU をタグなしフレームで送信します。シスコ マルチキャスト アドレスに送信された BPA メッセージは、管理 VLAN で送信されます。これはデフォルトで VLAN 1 です。
- ネイバーからの hello が受信されないままどのくらいの時間が経過すると REP インターフェイスがダウンするかを設定できます。**rep lsl-age-timer** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用して、120 ～ 10000 ミリ秒の時間を設定します。LSL hello タイマーは、このエージング タイマーの値を3で割った値に設定されます。通常の動作では、ピア スイッチのエージング タイマーが満了になって hello メッセージが確認されるまでに LSL hello が 3 回送信されます。
  - EtherChannel ポート チャネル インターフェイスでは、1000 ミリ秒未満の LSL エージング タイマー値はサポートされていません。ポート チャネルで 1000 ミリ秒未満の値を設定しようとすると、エラー メッセージが表示されてコマンドが拒否されます。
- REP ポートは、次のポート タイプのいずれかに設定できません。
  - スイッチド ポート アナライザ（SPAN）宛先ポート
  - トンネル ポート
  - アクセスポート
- REP は EtherChannel でサポートされていますが、EtherChannel に属する個別のポートではサポートされません。
- スイッチごとに最大 64 の REP セグメントを設定できます。

REP 管理 VLAN の設定

リンク障害メッセージ、およびロード バランシング時の VLAN ブロッキング通知によって作成される遅延を回避するため、REP はハードウェア フラッド レイヤ（HFL）で通常のマルチキャスト アドレスにパケットをフラッディングします。これらのメッセージは REP セグメントだけではなくネットワーク全体にフラッディングされます。管理VLANを設定することで、これらのメッセージのフラッディングを制御できます。

REP 管理 VLAN を設定する場合、次の注意事項に従ってください。

- 管理 VLAN を設定しない場合、デフォルトは VLAN 1 です。
- 管理 VLAN は RSPAN VLAN になりません。

REP ドメインに相互に排他的な複数の REP セグメントがある場合、REP ドメイン全体でループのない単一の管理 VLAN を維持することは困難です。Cisco IOS XE 17.2.1 リリース以降では、複数の REP VLAN を設定し、相互に排他的な複数の REP セグメントを管理できます。追加の管理 VLAN を設定するには、rep admin vlan コマンドでセグメント ID を指定します。

単一のグローバル REP の管理 VLAN を使用する既存の設定は、以前と同様に機能します。特定の管理 VLAN が割り当てられていない REP セグメントは、グローバル管理 VLAN を使用します。HFL パケットは、セグメントに設定された管理 VLAN にフラッディングされます。

REP セグメントに REP 管理 VLAN を設定するには、次の手順を実行します。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**rep admin vlan** *vlan-id* **segment** *segment-id* 例： `Device(config)# rep admin vlan 2 segment 4`	セグメントの管理VLANを指定します。VLAN の範囲は 2 ～ 4094 です。指定できるセグメント ID 番号の範囲は 1 ～ 1024 です。 管理 VLAN をデフォルトの 1 に設定するには、**no rep admin vlan** グローバル コンフィギュレーション コマンドを入力します。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	グローバル コンフィギュレーション モードを終了し、特権 EXEC モードに戻ります。
ステップ 5	**show interface** ［*interface-id*］ **rep detail** 例： `Device# show interface gigabitethernet1/1 rep detail`	（任意）REP インターフェイスの設定を検証します。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 6	**copy running-config startup config** 例： `Device# copy running-config startup config`	（任意）スイッチ スタートアップ コンフィギュレーション ファイルに設定を保存します。

REP インターフェイスの設定

REP を設定する場合、各セグメントインターフェイスで REP をイネーブルにして、セグメント ID を指定します。このタスクは必須で、他の REP 設定の前に実行する必要があります。また、各セグメントにプライマリおよびセカンダリ エッジ ポートを設定する必要があります。それ以外の手順はすべてオプションです。

インターフェイスで REP をイネーブルにし、設定するには、次の手順を実行します。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet1/1`	インターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。インターフェイスは物理レイヤ 2 インターフェイスまたはポート チャネル（論理インターフェイス）に設定できます。
ステップ 4	**switchport mode trunk** 例： `Device(config-if)# switchport mode trunk`	インターフェイスをレイヤ 2 トランク ポートとして設定します。
ステップ 5	**rep segment** *segment-id* [**edge** [**no-neighbor**] [**primary**]] [**preferred**] 例： `Device(config-if)# rep segment 1 edge no-neighbor primary`	インターフェイス上で REP をイネーブルにして、セグメント番号を特定します。指定できるセグメント ID の範囲は 1 ～ 1024 です。

	コマンドまたはアクション	目的
		（注） 各セグメントに1つのプライマリ エッジ ポートを含めて、2つのエッジ ポートを設定する必要があります。 これらの任意のキーワードは利用可能です。 • （任意）**edge**：エッジ ポートとしてポートを設定します。各セグメントにあるエッジ ポートは2つだけです。**primary** キーワードなしで **edge** キーワードを入力すると、ポートがセカンダリエッジポートとして設定されます。 • （任意）**primary**：プライマリエッジポート（VLAN ロードバランシングを設定できるポート）としてポートを設定します。 • （任意）**no-neighbor**：エッジポートとして外部REP ネイバーを使用せずにポートを設定します。ポートはエッジポートのすべてのプロパティを継承し、エッジポートの場合と同様にプロパティを設定できます。 （注） 各セグメントにあるプライマリエッジポートは1つだけですが、2 つの異なるスイッチにエッジポートを設定して **primary** キーワードを両方のスイッチに入力しても、その設定は有効です。ただし、REP ではセグメント プライマリ エッジ ポートとして1つのポートだけが選択されます。特権 EXEC モードで **show rep topology** コマンドを入力すると、セグメントのプライマリエッジポートを特定できます。

	コマンドまたはアクション	目的
		• （任意）**preferred**：ポートが優先代替ポートであるか、VLAN ロードバランシングの優先ポートであるかを示します。 （注） ポートを優先に設定しても、代替ポートになるとは限りません。同等に可能性のあるポートよりやや可能性が高くなるだけです。通常、前に障害が発生したポートが、代替ポートとなります。
ステップ 6	**rep stcn** {**interface** *interface id* | **segment** *id-list* | **stp**} 例： `Device(config-if)# rep stcn segment 25-50`	（任意）STCN を送信するようにエッジ ポートを設定します。 • **interface** *interface -id*：物理インターフェイスまたはポート チャネルを指定して、STCN を受け取ります。 • **segment** *id-list*：STCN を受け取る 1 つ以上のセグメントを特定します。有効な範囲は 1 ～ 1024 です。 • **stp**：STCN を STP ネットワークに送信します。 （注） STCN を STP ネットワークに送信するために **rep stcn stp** コマンドを設定する場合は、スパニング ツリー（MST）モードがネイバーなしのエッジ ノード上に必要です。
ステップ 7	**rep block port** {**id** *port-id* | *neighbor-offset* | **preferred**} **vlan** {*vlan-list* | **all**} 例： `Device(config-if)# rep block port id 0009001818D68700 vlan 1-100`	（任意）プライマリエッジポートに VLAN ロードバランシングを設定して、3 つの方法のいずれかを使用して REP 代替ポートを特定し（**id** *port-id*、*neighbor_offset*、**preferred**）、代替ポートでブロックされるように VLAN を設定します。 • **id** *port-id*：ポート ID で代替ポートを特定します。セグメント内の各

	コマンドまたはアクション	目的
		ポートにポートIDが自動的に生成されます。**show interface** *type number* **rep** [**detail**] 特権 EXEC コマンドを入力し、インターフェイスポート ID を表示できます。 • *neighbor_offset*：エッジポートからのダウンストリーム ネイバーとして代替ポートを特定するための番号。有効範囲は -256 ～ 256 で、負数はセカンダリ エッジポートからのダウンストリーム ネイバーを示します。**0** の値が無効です。**-1** を入力して、セカンダリエッジポートを代替ポートとして識別します。 （注） プライマリ エッジ ポート（オフセット番号 1）に **rep block port** コマンドを入力するので、代替ポートを特定するのにオフセット値 1 を入力できません。 • **preferred**：すでに VLAN ロードバランシングの優先代替ポートとして指定されている通常セグメント ポートを選択します。 • **vlan** *vlan-list*：1 つの VLAN または VLAN の範囲をブロックします。 • **vlan all**：すべての VLAN をブロックします。 （注） REP プライマリ エッジ ポート上にだけこのコマンドを入力します。
ステップ 8	**rep preempt delay** *seconds* 例： `Device(config-if)# rep preempt delay 100`	（任意）プリエンプト遅延時間を設定します。 • リンク障害が発生して復旧した後に、VLAN ロードバランシングを自動的にトリガーするには、このコマンドを使用します。

	コマンドまたはアクション	目的
		• 遅延時間の範囲は 15 ～ 300 秒です。デフォルトは、遅延時間のない手動によるプリエンプションです。 （注） REP プライマリ エッジ ポート上にだけこのコマンドを入力します。
ステップ 9	**rep lsl-age-timer** *value* 例： `Device(config-if)# rep lsl-age-timer 2000`	（任意）ネイバーからの hello が受信されないままどのくらいの時間（ミリ秒）が経過すると REP インターフェイスがダウンするかを設定します。 指定できる範囲は 120 ～ 10000 ミリ秒（40 ミリ秒単位）です。デフォルト値は 5000 ミリ秒（5 秒）です。 （注） • EtherChannel ポート チャネルインターフェイスでは、1000 ミリ秒未満の LSL エージング タイマー値はサポートされていません。 • リンクのフラップを避けるため、リンクの両方のポートに同じ LSL エージが設定されている必要があります。
ステップ 10	**end** 例： `Device(config-if)# end`	グローバル コンフィギュレーション モードを終了し、特権 EXEC モードに戻ります。
ステップ 11	**show interface** ［*interface-id*］ **rep** [**detail**] 例： `Device# show interface gigabitethernet1/1 rep detail`	（任意）REP インターフェイスの設定を表示します。
ステップ 12	**copy running-config startup-config** 例： `Device# copy running-config startup-config`	（任意）スイッチ スタートアップ コンフィギュレーション ファイルに設定を保存します。

VLAN ロード バランシングの手動によるプリエンプションの設定

プライマリエッジポートで **rep preempt delay** *seconds* インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを入力しないで、プリエンプション時間遅延を設定する場合、デフォルトではセグメントで VLAN ロードバランシングを手動でトリガーします。手動で VLAN ロード バランシングをプリエンプトする前に、他のすべてのセグメント設定が完了しているかどうか確認してください。**rep preempt delay segment** *segment-id* コマンドを入力すると、プリエンプションによってネットワークが中断する可能性があるため、コマンド実行前に確認メッセージが表示されます。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。

ステップ 3	**rep preempt segment** *segment-id*
	例：
	`Device(config)# rep preempt segment 100`
	`The command will cause a momentary traffic disruption.`
	`Do you still want to continue? [confirm]`
		手動により、セグメント上の VLAN ロード バランシングをトリガーします。
		実行前にコマンドを確認する必要があります。

ステップ 4	**end** 例： `Device# end`	グローバル コンフィギュレーション モードを終了し、特権 EXEC モードに戻ります。
ステップ 5	**show rep topology segment** *segment-id* 例： `Device# show rep topology segment 100`	（任意）REP トポロジの情報を表示します。
ステップ 6	**end** 例： `Device# end`	特権 EXEC モードを終了します。

REP の SNMP トラップ設定

REP 固有のトラップを送信して、簡易ネットワーク管理プロトコル（SNMP）サーバにリンクの動作状態の変更およびすべてのポート役割の変更を通知するようにルータを設定できます。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**snmp mib rep trap-rate** *value* 例： `Device(config)# snmp mib rep trap-rate 500`	スイッチでREPトラップの送信をイネーブルにして、1秒あたりのトラップの送信数を設定します。 • 1秒あたりのトラップの送信数を入力します。範囲は 0 ～ 1000 です。デフォルトは0（制限なし、発生するたびにトラップが送信される）です。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。
ステップ 5	**show running-config** 例： `Device# show running-config`	（任意）実行コンフィギュレーションを表示します。これを使用してREPトラップ コンフィギュレーションを検証できます。
ステップ 6	**copy running-config startup-config** 例： `Device# copy running-config startup-config`	（任意）スイッチ スタートアップ コンフィギュレーション ファイルに設定を保存します。

Resilient Ethernet Protocol 設定のモニタリング

（注） ピア側のポートがダウンしている場合、**show rep topology** コマンドはプライマリポートとセカンダリポートの両方をセカンダリポートとして表示します。

次の例では、**show interface**［*interface-id*］**rep**［**detail**］コマンドの出力を示します。この表示では、アップリンクポートの REP 設定とステータスを示します。

```
Device# show interfaces TenGigabitEthernet4/1 rep detail

TenGigabitEthernet4/1 REP enabled
Segment-id: 3 (Primary Edge)
PortID: 03010015FA66FF80
Preferred flag: No
Operational Link Status: TWO_WAY
Current Key: 02040015FA66FF804050
Port Role: Open
Blocked VLAN: <empty>
Admin-vlan: 1
Preempt Delay Timer: disabled
Configured Load-balancing Block Port: none
Configured Load-balancing Block VLAN: none
STCN Propagate to: none
LSL PDU rx: 999, tx: 652
HFL PDU rx: 0, tx: 0
BPA TLV rx: 500, tx: 4
BPA (STCN, LSL) TLV rx: 0, tx: 0
BPA (STCN, HFL) TLV rx: 0, tx: 0
EPA-ELECTION TLV rx: 6, tx: 5
EPA-COMMAND TLV rx: 0, tx: 0
EPA-INFO TLV rx: 135, tx: 136
```

次の例では、**show interface**［*interface-id*］**rep**［**detail**］コマンドの出力を示します。この表示では、ダウンリンクポートのREP設定とステータスを示します。

```
Device#show interface TenGigabitEthernet5/0/27 rep detail
TenGigabitEthernet5/0/27   REP enabled
Segment-id: 1 (Segment)
PortID: 019B380E4D9ACAC0
Preferred flag: No
Operational Link Status: NO_NEIGHBOR
Current Key: 019B380E4D9ACAC0696B
Port Role: Fail No Ext Neighbor
Blocked VLAN: 1-4094
Admin-vlan: 1
Preempt Delay Timer: 100 sec
LSL Ageout Timer: 2000 ms
LSL Ageout Retries: 5
Configured Load-balancing Block Port: 09E9380E4D9ACAC0
Configured Load-balancing Block VLAN: 1-100
STCN Propagate to: segment 25
LSL PDU rx: 292, tx: 340
```

```
HFL PDU rx: 0, tx: 0
BPA TLV rx: 0, tx: 0
BPA (STCN, LSL) TLV rx: 0, tx: 0
BPA (STCN, HFL) TLV rx: 0, tx: 0
EPA-ELECTION TLV rx: 0, tx: 0
EPA-COMMAND TLV rx: 0, tx: 0
EPA-INFO TLV rx: 0, tx: 0
```

次の例では、**show rep topology**［**segment** *segment-id*］［**archive** ］［**detail**］コマンドを示します。この表示では、すべてのセグメントの REP トポロジ情報を示します。

```
Device# show rep topology

REP Segment 1
BridgeName       PortName   Edge Role
---------------- ---------- ---- ----
10.64.106.63     Te5/4      Pri  Open
10.64.106.228    Te3/4           Open
10.64.106.228    Te3/3           Open
10.64.106.67     Te4/3           Open
10.64.106.67     Te4/4           Alt
10.64.106.63     Te4/4      Sec  Open

REP Segment 3
BridgeName       PortName   Edge Role
---------------- ---------- ---- ----
10.64.106.63     Gi50/1     Pri  Open
SVT_3400_2       Gi0/3           Open
SVT_3400_2       Gi0/4           Open
10.64.106.68     Gi40/2          Open
10.64.106.68     Gi40/1          Open
10.64.106.63     Gi50/2     Sec  Alt
```

Resilient Ethernet Protocol に関する追加情報

関連資料

関連項目	マニュアル タイトル
REP コマンド	*Command Reference (Catalyst 9200 Series Switches)* の「Layer 2/3 Commands」の項を参照してください

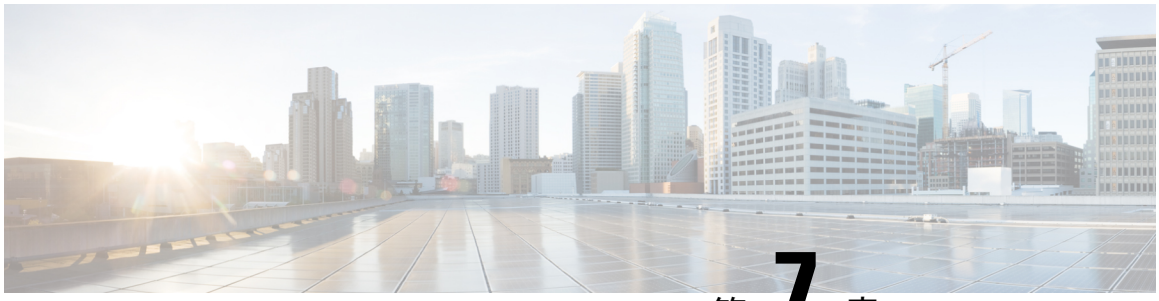
Resilient Ethernet Protocol の機能履歴

次の表に、このモジュールで説明する機能のリリースおよび関連情報を示します。

これらの機能は、特に明記されていない限り、導入されたリリース以降のすべてのリリースで使用できます。

リリース	機能	機能情報
Cisco IOS XE Fuji 16.9.2	Resilient Ethernet Protocol	REP はシスコ独自のプロトコルで、STP に代わるプロトコルとして、ネットワークループの制御、リンク障害の処理、コンバージェンス時間の改善を実現します。 アップリンクポートとダウンリンクポートでこの機能を設定できます。
Cisco IOS XE Amsterdam 17.2.1	Resilient Ethernet Protocol 用の複数の管理 VLAN	REP での複数の管理 VLAN 設定のサポートが導入されました。

Cisco Feature Navigator を使用すると、プラットフォームおよびソフトウェアイメージのサポート情報を検索できます。Cisco Feature Navigator には、http://www.cisco.com/go/cfn からアクセスします。



第 7 章

単方向リンク検出の設定

UDLD 設定の制約事項

次に、単方向リンク検出（UDLD）設定の制約事項を示します。

- UDLD 対応ポートが別のデバイスの UDLD 非対応ポートに接続されている場合、このポートは単方向リンクを検出できません。
- モード（通常またはアグレッシブ）を設定する場合、リンクの両側に同じモードを設定します。

⚠

注意 ループ ガードは、ポイントツーポイント リンクでのみサポートされます。リンクの各終端には、STP を実行するデバイスを直接接続することを推奨します。

UDLD について

UniDirectional Link Detection（UDLD）は、光ファイバまたはツイストペア イーサネット ケーブルを通して接続されたデバイスからケーブルの物理設定をモニタリングしたり、単一方向リンクの存在を検出できるようにするためのレイヤ2プロトコルです。このプロトコルが単一方向リンクを正常に識別してディセーブルにするには、接続されたすべてのデバイスで UDLD プロトコルがサポートされている必要があります。UDLDは単一方向リンクを検出すると、影響を受けるポートをディセーブルにして警報を発信します。単一方向リンクは、スパニングツリー トポロジ ループをはじめ、さまざまな問題を引き起こす可能性があります。

動作モード

UDLD サポートしています。通常（デフォルト）とアグレッシブです。通常モードの UDLD は、光ファイバ接続におけるポートの誤った接続による単一方向リンクを検出できます。アグレッシブ モードの UDLD は、光ファイバ リンクおよびツイストペア リンク上の片方向トラフィックと、光ファイバ リンク上のポートの誤った接続による単一方向リンクも検出できます。

通常およびアグレッシブの両モードの UDLD は、レイヤ 1 のメカニズムを使用して、リンクの物理ステータスを学習します。レイヤ1では、物理的シグナリングおよび障害検出は、自動ネゴシエーションによって処理されます。UDLD は、ネイバー ID の検出、誤って接続されたポートのシャットダウンなど、自動ネゴシエーションでは実行不可能な処理を実行します。自動ネゴシエーションと UDLD の両方をイネーブルにすると、レイヤ 1 と 2 の検出機能が連動し、物理的および論理的な単一方向接続、および他のプロトコルの誤動作を防止します。

ローカルデバイスが送信したトラフィックをネイバーが受信するにもかかわらず、ネイバーから送信されたトラフィックをローカルデバイスが受信しない場合に、単一方向リンクが発生します。

通常モード

通常モードの UDLD は、光ファイバ ポートの光ファイバが誤って接続されている場合に単一方向リンクを検出しますが、レイヤ1メカニズムは、この誤った接続を検出しません。ポートが正しく接続されていてもトラフィックが片方向である場合、単一方向リンクを検出するはずのレイヤ1メカニズムがこの状況を検出できないため、UDLDは単一方向リンクを検出できません。この場合、論理リンクは不確定と見なされ、UDLD はポートをディセーブルにしません。

UDLD が通常モードのときに、ペアの一方の光ファイバが切断されており、自動ネゴシエーションがアクティブであると、レイヤ1メカニズムがリンクの物理的な問題を検出するため、リンクは稼働状態でなくなります。この場合は、UDLDは何のアクションも行わず、論理リンクは不確定と見なされます。

アグレッシブモード

アグレッシブ モードでは、UDLD はこれまでの検出方法で単一方向リンクを検出します。アグレッシブ モードの UDLD は、2 つのデバイス間の障害発生が許されないポイントツーポイント リンクの単一方向リンクも検出できます。また、次のいずれかの問題が発生している場合に、単一方向リンクも検出できます。

- 光ファイバ リンクまたはツイストペア リンクで、ポートの 1 つがトラフィックを送受信できない。
- 光ファイバ リンクまたはツイストペア リンクで、ポートの 1 つがダウンし、残りのインターフェイスが稼働している。
- ケーブルのうち 1 本の光ファイバが切断されている。

これらの場合、UDLD は影響を受けたポートをディセーブルにします。

ポイントツーポイントリンクでは、UDLD helloパケットをハートビートと見なすことができ、ハートビートがあればリンクは正常です。逆に、ハートビートがないということは、双方向リンクを再確立できない限り、リンクをシャットダウンする必要があることを意味しています。

レイヤ1の観点からケーブルの両方の光ファイバが正常な状態であれば、アグレッシブモードのUDLDはそれらの光ファイバが正しく接続されているかどうか、およびトラフィックが正しいネイバー間で双方向に流れているかどうかを検出します。自動ネゴシエーションはレイヤ1で動作するため、このチェックは自動ネゴシエーションでは実行できません。

単一方向の検出方法

UDLDは、2つの方法で動作します。

- ネイバー データベース メンテナンス
- イベントドリブン検出およびエコー

ネイバー データベース メンテナンス

UDLDは、アクティブな各ポート上でhelloパケット（別名アドバタイズまたはプローブ）を定期的に送信して、他のUDLD対応ネイバーに関して学習し、各デバイスがネイバーに関する情報を常に維持できるようにします。

デバイスがhelloメッセージを受信すると、エージングタイム（ホールドタイムまたは存続可能時間）が経過するまで、情報をキャッシュします。古いキャッシュエントリの期限が切れる前に、デバイスが新しいhelloメッセージを受信すると、デバイスが古いエントリを新しいエントリで置き換えます。

UDLDの実行中にポートがディセーブルになったり、ポート上でUDLDがディセーブルになったり、またはデバイスをリセットした場合、UDLDは設定変更の影響を受けるポートの既存のキャッシュエントリをすべてクリアします。UDLDは、ステータス変更の影響を受けるキャッシュの一部をフラッシュするよう、ネイバーに通知するメッセージを1つまたは複数送信します。このメッセージは、キャッシュを継続的に同期するためのものです。

（注） インターフェイスは複数のUDLDネイバーをサポートしません。入力UDLDプロトコルデータユニット（PDU）のエコータイプ、長さ、値（TLV）に複数のデバイスIDがある場合、インターフェイスはエラーによるオフ状態になります。

イベントドリブン検出およびエコー

UDLDは検出動作としてエコーを利用します。UDLDデバイスが新しいネイバーを学習するか、または同期していないネイバーから再同期要求を受信すると、接続のUDLDデバイス側の検出ウィンドウを再起動して、エコーメッセージを返送します。この動作はすべてのUDLDネイバーに対して同様に行われるため、エコー送信側では返信エコーを受信するように待機します。

検出ウィンドウが終了し、有効な応答メッセージが受信されなかった場合、リンクは、UDLD モードに応じてシャットダウンされることがあります。UDLDが通常モードにある場合、リンクは不確定と見なされ、シャットダウンされない場合があります。UDLDがアグレッシブ モードにある場合は、リンクは単一方向と見なされ、ポートはディセーブルになります。

UDLD リセット オプション

インターフェイスが UDLD でディセーブル化された場合、次のオプションの 1 つを使用して UDLD をリセットできます。

- **udld reset** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドです。
- **no shutdown** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドに続いて **shutdown** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを入力すると、ディセーブル化されたポートを再起動できます。
- **no udld** {**aggressive** | **enable**} グローバル コンフィギュレーション コマンドの後に **udld** {**aggressive** | **enable**} グローバル コンフィギュレーション コマンドが続くと、無効なポートが再度イネーブルになります。
- **no udld port** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドに続いて **udld port** [**aggressive**] インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを入力すると、無効なファイバー オプティック ポートがイネーブルになります。
- **errdisable recovery cause udld** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用すると、UDLD の errdisable ステートから自動回復するタイマーをイネーブルにできます。さらに、**errdisable recovery interval** *interval* グローバル コンフィギュレーション コマンドでは、udld errdisable ステートから回復する時間を指定します。

udld port disable コマンドは、光ファイバのLANポート上でUDLDをディセーブルにします。

（注） このコマンドは、光ファイバ LAN ポートでのみサポートされています。

UDLD のデフォルト設定

表 *15 : UDLD* のデフォルト設定

機能	デフォルト設定
UDLD グローバル イネーブル ステート	グローバルにディセーブル
ポート別の UDLD イネーブル ステート（光ファイバ メディア用）	すべてのイーサネット光ファイバ ポート上でディセーブル
ポート別のUDLDイネーブル ステート（ツイストペア（銅製）メディア用）	すべてのイーサネット 10/100 および 1000BASE-TX ポート上でディセーブル

機能	デフォルト設定
UDLD アグレッシブ モード	ディセーブル

UDLD の設定方法

ここでは、UDLD の設定について説明します。

UDLD のグローバルなイネーブル化

アグレッシブモードまたは通常モードで UDLD をイネーブルにし、デバイス上のすべての光ファイバポートに設定可能なメッセージタイマーを設定するには、次の手順に従います。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**udld** {**aggressive** | **enable** | **message time** *message-timer-interval*} 例： `Device(config)# udld enable message time 10`	UDLD モードの動作を指定します。 • **aggressive**：すべての光ファイバポートにおいて、アグレッシブモードでUDLDをイネーブルにします。 • **enable**：デバイス上のすべての光ファイバポート上で、UDLDを通常モードでイネーブルにします。UDLDはデフォルトでディセーブルです。 個々のインターフェイスの設定は、**udld enable** グローバル コンフィギュレーション コマンドの設定を上書きします。 • **message time** *message-timer-interval*：アドバタイズメント フェーズにあり、双方向リンクが検出されたポートでの UDLD プローブ メッセージ

	コマンドまたはアクション	目的
		の時間間隔を設定します。有効な範囲は 1 ～ 90 秒です。デフォルト値は 15 です。 （注） このコマンドが作用するのは、光ファイバ ポートだけです。他のポートタイプで UDLD をイネーブルにする場合は、**udld** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用します。 UDLD をディセーブルにするには、このコマンドの **no** 形式を使用します。
ステップ 4	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

インターフェイス上での UDLD のイネーブル化

アグレッシブ モードまたは通常モードをイネーブルにする、またはポート上で UDLD をディセーブルにするには、次の手順に従います。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 1/0/1`	UDLD 用にイネーブルにするポートを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 4	**udld port** [**aggressive**] 例： `Device(config-if)# udld port aggressive`	UDLD はデフォルトでディセーブルです。 • **udld port**：指定されたポート上で、UDLD を通常モードでイネーブルにします。 • **udld port aggressive**：（任意）指定されたインターフェイスにおいて、アグレッシブ モードで UDLD をイネーブルにします。 （注） 特定の光ファイバポート上で UDLD をディセーブルにする場合は、 **no udld port** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用します。
ステップ 5	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

光ファイバ LAN インターフェイス上での UDLD のディセーブル化

始める前に

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 • パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 3	**interface** *type number* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet 0/1/1`	インターフェイスを設定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 4	**udld port disable** 例： `Device(config-if)# udld port disable`	光ファイバの LAN ポート上で UDLD をディセーブルにします。 • **udld port disable** コマンドは、光ファイバ LAN ポートでのみサポートされています。 • **no udld port disable** コマンドを実行すると、 **udld enable** グローバル コンフィギュレーション コマンド設定に戻ります。
ステップ 5	**end** 例： `Device(config-if)# end`	インターフェイスコンフィギュレーション モードを終了し、特権 EXEC モードに戻ります。

UDLD のモニタおよびメンテナンス

コマンド	目的
show udld [*interface-id* | **neighbors**]	指定されたポートまたはすべてのポートの UDLD ステータスを表示します。

UDLD の追加リファレンス

関連資料

関連項目	マニュアル タイトル
この章で使用するコマンドの完全な構文および使用方法の詳細。	の「Layer 2/3 Commands」の項を参照してください*Command Reference (Catalyst 9200 Series Switches)*

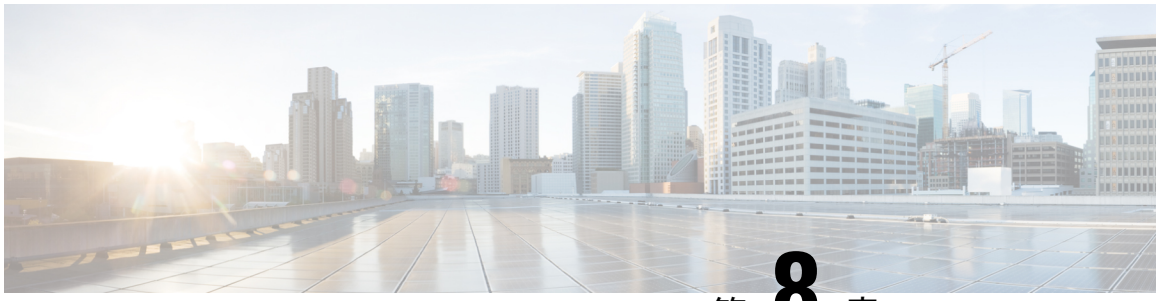
単方向リンク検出の機能履歴

次の表に、このモジュールで説明する機能のリリースおよび関連情報を示します。

これらの機能は、特に明記されていない限り、導入されたリリース以降のすべてのリリースで使用できます。

リリース	機能	機能情報
Cisco IOS XE Fuji 16.9.2	単一方向リンク検出（UDLD）	UDLD は、光ファイバまたはツイストペアイーサネット ケーブルを通して接続されたデバイスからケーブルの物理設定をモニタしたり、単一方向リンクの存在を検出したりできるようにするためのレイヤ 2 プロトコルです。

Cisco Feature Navigator を使用すると、プラットフォームおよびソフトウェアイメージのサポート情報を検索できます。Cisco Feature Navigator には、http://www.cisco.com/go/cfn からアクセスします。



第 8 章

レイヤ 2 プロトコル トンネリングの設定

レイヤ 2 プロトコルトンネリングを設定するための前提条件

ここでは、レイヤ2プロトコルトンネリングを設定するための前提条件と考慮事項について説明します。

EtherChannel の自動作成を容易にするためにレイヤ 2 ポイントツーポイント トンネリングを設定するには、サービスプロバイダー（SP）エッジスイッチおよびカスタマーデバイスの両方を設定する必要があります。

レイヤ 2 プロトコルのトンネリングについて

ここでは、レイヤ 2 プロトコルトンネリングについて説明します。

レイヤ 2 プロトコル トンネリングの概要

サービスプロバイダーネットワークを越えて接続されている、さまざまなサイトに散在するカスタマーは、さまざまなレイヤ 2 プロトコルを使用してトポロジをスケールし、すべてのリモート サイトおよびローカル サイトを含める必要があります。STP を適切に動作させる必要があり、サービスプロバイダー ネットワークを越えたローカル サイトおよびすべてのリモートサイトを含む、適切なスパニングツリーをすべての VLAN で構築する必要があります。Cisco

Discovery Protocol（CDP）では、隣接するシスコ デバイスをローカル サイトおよびリモート サイトから検出する必要があります。VLAN トランキング プロトコル（VTP）では、カスタマー ネットワークのすべてのサイトで矛盾しないVLAN 設定を提供する必要があります。

プロトコルトンネリングが有効である場合、サービス プロバイダ ネットワークのインバウンド側エッジデバイスでは、特殊 MAC アドレスでレイヤ 2 プロトコルパケットがカプセル化され、サービス プロバイダ ネットワークに送信されます。ネットワークのコアデバイスでは、このパケットが処理されずに通常のパケットとして転送されます。CDP、STP、VTP のレイヤ 2プロトコルデータユニット（PDU）は、サービスプロバイダ ネットワークをまたがり、サービス プロバイダ ネットワークのアウトバウンド側のカスタマーデバイスに配信されます。同一パケットは同じ VLAN のすべてのカスタマー ポートで受信され、次のような結果になります。

- それぞれのカスタマー サイトのユーザは STP を適切に実行でき、すべての VLAN では（ローカルサイトだけではなく）すべてのサイトからのパラメータに基づいて、正しいスパニングツリーが構築されます。
- CDP では、サービスプロバイダー ネットワークによって接続されているその他のシスコデバイスに関する情報が検出されて表示されます。
- VTP ではカスタマーネットワーク全体で一貫した VLAN 設定が提供され、サービスプロバイダーを通してすべてのデバイスに伝播されます。

レイヤ 2 プロトコル トンネリングは個別に使用できます。レイヤ 2 プロトコル トンネリングでは、IEEE 802.1Q トンネリングを向上させることができます。IEEE 802.1Q トンネリングポートでプロトコルトンネリングが有効になっていない場合、サービス プロバイダ ネットワークの受信側のリモートデバイスでは PDU が受信されず、STP、CDP、VTP を適切に実行できません。プロトコルのトンネリングが有効である場合、それぞれのカスタマーネットワークのレイヤ2プロトコルは、サービスプロバイダーネットワーク内で動作しているものから完全に区別されます。IEEE 802.1Q トンネリングでサービスプロバイダ ネットワークを通してトラフィックを送信する、さまざまなサイトのカスタマーデバイスでは、カスタマー VLAN が完全に認識されます。IEEE 802.1Q トンネリングを使用しない場合は、アクセスポートでカスタマーデバイスに接続し、サービスプロバイダーのアクセスポートでトンネリングを有効にすることで、レイヤ 2 プロトコルトンネリングを有効にできます。

たとえば、次の図（レイヤ2プロトコルトンネリング）では、カスタマーX の 4 つのスイッチが同じ VLAN 上にあり、サービス プロバイダ ネットワークを通して互いに接続されています。ネットワークでPDUがトンネルされない場合、ネットワークの向こう側のスイッチでは、STP、CDP、VTP を適切に実行できません。たとえば、カスタマーX のサイト 1 内のスイッチ上の VLAN に対する STP は、サイト 2 のカスタマー X のスイッチに基づくコンバージェンスパラメータを考慮せずに、サイト1のスイッチ上にスパニングツリーを構築します。これにより、「適切なコンバージェンスを含まないレイヤ2ネットワーク トポロジ」の図に示されているようなトポロジになる可能性があります。

図 *25* : レイヤ *2* プロトコル トンネリング

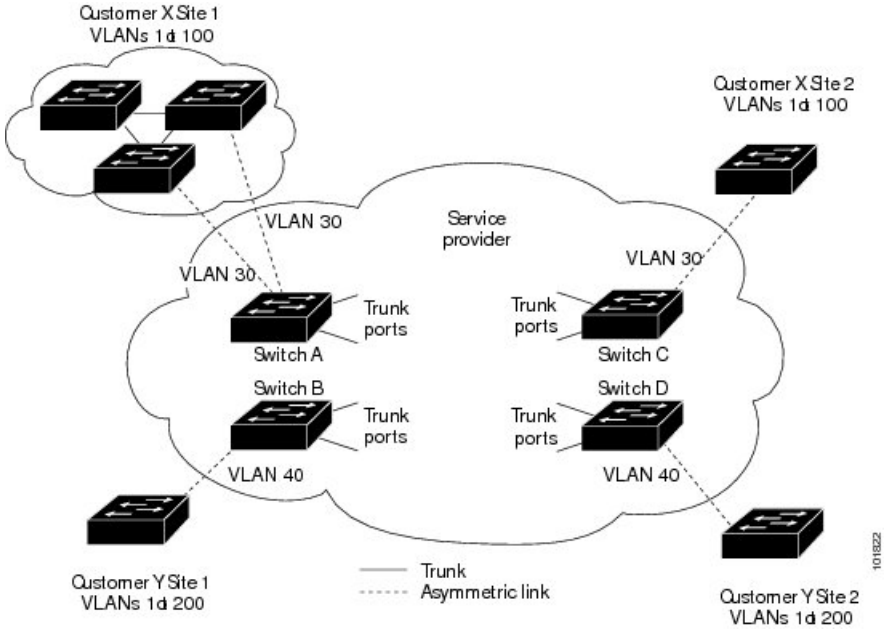
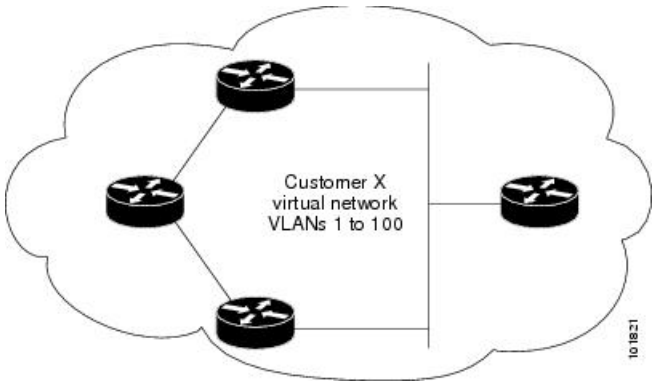


図 *26* : 適切なコンバージェンスを含まないレイヤ *2* ネットワーク トポロジ



ポートでのレイヤ 2 プロトコル トンネリング

サービスプロバイダーネットワークのエッジデバイスで、カスタマーに接続されているポートにおいて、レイヤ2プロトコルトンネリングを（プロトコルごとに）イネーブルにできます。カスタマーデバイスに接続されているサービスプロバイダー エッジ デバイスでは、トンネリング処理が実行されます。エッジ デバイス トンネル ポートは、カスタマーの IEEE 802.1Q トランクポートに接続されます。エッジ デバイス アクセス ポートは、カスタマーアクセスポートに接続されます。カスタマーデバイスに接続されているエッジデバイスでは、トンネリング処理が実行されます。

レイヤ2プロトコルトンネリングは、アクセスポート、トンネルポート、またはトランクポートとして設定されたポート上でイネーブルにできます。**switchport mode dynamic auto** モード

（デフォルトモード）または **switchport mode dynamic desirable** モードに設定されているポートでは、レイヤ2プロトコルトンネリングをイネーブルにできません。

デバイスでは、CDP、STP、VTP のレイヤ2プロトコルトンネリングがサポートされます。ポイントツーポイント ネットワーク トポロジのエミュレートの場合は、PAgP、LACP、UDLD のプロトコルもサポートされます。

（注） PAgP、LACP、UDLDプロトコル トンネリングでは、ポイントツーポイントトポロジのエミュレートだけが目的です。設定を間違えたことによりトンネリングパケットが多くのポートに送信されると、ネットワーク障害が発生する可能性があります。

レイヤ2プロトコルがイネーブルになっているポート経由でサービスプロバイダーのインバウンドエッジデバイスに入ったレイヤ2PDUが、トランクポートからサービスプロバイダーネットワークに出て行くとき、デバイスでは、カスタマー PDU 宛先 MAC アドレスが、周知のシスコ固有のマルチキャストアドレス（01-00-0c-cd-cd-d0）で上書きされます。IEEE 802.1Q トンネリングがイネーブルである場合、パケットにはタグが二重に付きます。このうち外部タグはカスタマーのメトロ タグ、内部タグはカスタマーの VLAN タグです。コアデバイスでは内部タグが無視され、同じメトロ VLAN のすべてのトランクポートにパケットが転送されます。アウトバウンド側のエッジデバイスでは、適切なレイヤ2プロトコル情報および MAC アドレス情報が復元され、同じメトロ VLAN のすべてのトンネルポートまたはすべてのアクセスポートにパケットが転送されます。このため、レイヤ2 PDU はそのまま残り、サービスプロバイダー インフラストラクチャを越えてカスタマー ネットワークの反対側に配信されます。

「レイヤ2プロトコル トンネリングの概要」のレイヤ2プロトコルトンネリングの図を参照してください（それぞれアクセス VLAN 30、40 のカスタマー X とカスタマー Y）。非対称リンクにより、サイト1のカスタマーは、サービスプロバイダー ネットワークのエッジ スイッチに接続されています。サイト1のカスタマーYからスイッチBに発信されたレイヤ2PDU（たとえば BPDU）は、周知の MAC アドレスが宛先 MAC アドレスになっている二重タグ パケットとしてインフラストラクチャに転送されます。この二重タグ パケットには、40 というメトロ VLAN タグ、および VLAN 100 などの内部 VLAN タグが付いています。二重タグ パケットがスイッチ D に入ると、外部 VLAN タグ 40 が外されて周知の MAC アドレスがそれぞれのレイヤ2プロトコル MAC アドレスで置き換わり、パケットは、VLAN 100 の1重タグ フレームとしてサイト2のカスタマー Y に送信されます。

カスタマー スイッチのアクセス ポートまたはトランク ポートに接続されているエッジ スイッチのアクセス ポートでも、レイヤ2プロトコル トンネリングをイネーブルにできます。この場合は、カプセル化プロセスとカプセル開放プロセスが、前の段落で説明したものと同じですが、パケットはサービスプロバイダーネットワークで二重タグになりません。カスタマー固有のアクセス VLAN タグの1重タグになります。

スイッチスタックでは、レイヤ2プロトコルトンネリング設定はすべてのスタックメンバーに配信されます。ローカルポート上で入力パケットを受信する各スタックメンバーは、パケットをカプセル化またはカプセル化解除して、該当する宛先ポートに転送します。単一のスイッチ上では、レイヤ2プロトコル トンネリング処理された入力トラフィックは、レイヤ2プロトコル トンネリングがイネーブルになっている同一 VLAN 上のすべてのローカル ポートに送信されます。スタックでは、レイヤ2プロトコル トンネリングの設定が行われたポートで受信した

パケットを、スタック内のレイヤ 2 プロトコル トンネリングが設定され、同じ VLAN 内にあるすべてのポートに配信します。レイヤ2プロトコルトンネリング設定は、すべてアクティブスイッチにより取り扱われ、すべてのスタックでメンバースイッチに配信されます。

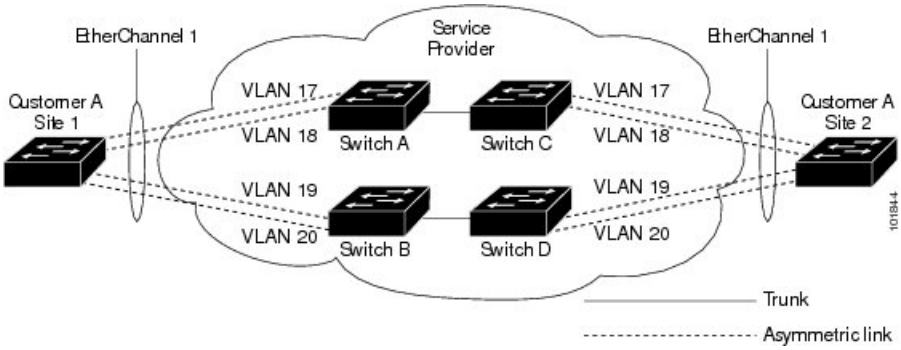
EtherChannel のレイヤ 2 プロトコル トンネリング

サービスプロバイダー ネットワークでは、レイヤ 2 プロトコル トンネリングを使用し、ポイントツーポイント ネットワーク トポロジをエミュレートして、EtherChannel の作成を向上させることができます。サービスプロバイダー スイッチでプロトコル トンネリング（PAgP または LACP）をイネーブルにすると、リモート カスタマー スイッチでは PDU が受信され、EtherChannel の自動作成をネゴシエーションできるようになります。

たとえば、次の図（EtherChannels のレイヤ 2 プロトコルトンネリング）では、カスタマー A の 2 つのスイッチが同じ VLAN 上にあり、サービス プロバイダ ネットワークを介して接続されています。ネットワークでPDUがトンネリングされると、ネットワークの向こう側のスイッチでは、専用回線を必要とせずに、EtherChannel の自動作成をネゴシエーションできます。

トランクポートでレイヤ 2 プロトコルトンネリングを設定する場合は、サービス プロバイダ エッジ デバイスの両方のトランクポートに異なるネイティブ VLAN を設定する必要があります。ループを回避するには、一方のトランクポートのネイティブ VLAN をもう一方のトランクポートの許可された VLAN リストに含めないでください。

図 *27 : EtherChannel* のレイヤ *2* プロトコル トンネリング



レイヤ 2 プロトコル トンネリングのデフォルト設定

次の表に、レイヤ 2 プロトコル トンネリングのデフォルト設定を記載します。

表 *16 :* レイヤ *2* イーサネット インターフェイス *VLAN* のデフォルト設定

機能	デフォルト設定
レイヤ 2 プロトコル トンネリング	ディセーブル
シャットダウンしきい値	未設定。
ドロップしきい値	未設定。

機能	デフォルト設定
CoS 値	インターフェイスで CoS 値が設定されている場合は、その値がレイヤ 2 プロトコル トンネリングの BPDU CoS 値を設定するために使用されます。インターフェイス レベルで CoS 値が設定されてない場合は、L2 プロトコル トンネリング BPDU の CoS マーキングのデフォルト値は 5 になります。これはデータ トラフィックに適用されません。

レイヤ 2 プロトコル トンネリングの設定方法

次の項では、レイヤ 2 プロトコルトンネルの設定方法について説明します。

レイヤ 2 プロトコル トンネリングの設定

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet1/0/1`	IP Phone に接続するインターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。

ステップ 4	次のいずれかを使用します。
	• **switchport mode dot1q-tunnel**
	• **switchport mode trunk**
	例：
	`Device(config-if)# switchport mode dot1q-tunnel`
	または
	`Device(config-if)# switchport mode trunk`
		IEEE 802.1Q トンネルポートまたはトランクポートとしてインターフェイスを設定します。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 5	**l2protocol-tunnel**[**cdp** | **lldp** | **point-to-point** | **stp** | **vtp**] 例： `Device(config-if)# l2protocol-tunnel cdp`	目的のプロトコルに対してプロトコル トンネリングをイネーブルにします。キーワードを入力しない場合、トンネリングは、4 つのすべてのレイヤ 2 プロトコルでイネーブルになります。 （注） いずれかのレイヤ 2 プロトコルまたは 3 つすべてのレイヤ 2 プロトコルのプロトコル トンネリングをディセーブルにするには、 **no l2protocol-tunnel** [**cdp** | **lldp** | **point-to-point** | **stp** | **vtp**] インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用します。
ステップ 6	**l2protocol-tunnel shutdown-threshold**[*packet_second_rate_value* | **cdp**|**lldp** **point-to-point** |**stp** | **vtp**] 例： `Device(config-if)# l2protocol-tunnel shutdown-threshold 100 cdp`	（任意）1 秒間にカプセル化可能なパケット数を表すしきい値を設定します。設定したしきい値を超えると、インターフェイスは無効になります。プロトコル オプションを指定しない場合、しきい値は、それぞれのトンネリングされたレイヤ 2 プロトコル タイプに適用されます。指定できる範囲は 1 ～ 4096 です。デフォルトでは、しきい値は設定されません。 （注） このインターフェイスでドロップしきい値も設定する場合は、**shutdown-threshold** 値を **drop-threshold** の値以上にする必要があります。

レイヤ 2 プロトコル トンネリングの設定

	コマンドまたはアクション	目的
		（注） **no l2protocol-tunnel shutdown-threshold** [*packet_second_rate_value* | **cdp** | **lldp**| **point-to-point** | **stp** | **vtp**] および **no l2protocol-tunnel drop-threshold** [*packet_second_rate_value* | **cdp** | **lldp**| **point-to-point** |**stp** | **vtp**] コマンドを使用し、シャットダウンとドロップのしきい値をデフォルト設定に戻します。
ステップ 7	**l2protocol-tunnel drop-threshold**[*packet_second_rate_value* | **cdp**|**lldp** | **point-to-point**|**stp** | **vtp**] 例： `Device(config-if)# l2protocol-tunnel drop-threshold 100 cdp`	（任意）1 秒間にカプセル化可能なパケット数を表すしきい値を設定します。設定したしきい値を超えると、インターフェイスによってパケットがドロップされます。プロトコルオプションを指定しない場合、しきい値は、それぞれのトンネリングされたレイヤ 2 プロトコルタイプに適用されます。指定できる範囲は 1 ～ 4096 です。デフォルトでは、しきい値は設定されません。 （注） このインターフェイスでシャットダウンしきい値も設定する場合は、**drop-threshold** 値を **shutdown-threshold** の値以上にする必要があります。 （注） **no l2protocol-tunnel shutdown-threshold** [**cdp** | | **lldppoint-to-pointstp** | **vtp**] および **no l2protocol-tunnel drop-threshold** [**cdp** | **stp** | **vtp**] コマンドを使用し、シャットダウンおよびドロップしきい値がデフォルト設定に戻ります。
ステップ 8	**exit** 例： `Device(config-if)# exit`	グローバル コンフィギュレーション モードに戻ります。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 9	**errdisable recovery cause l2ptguard** 例： `Device(config)# errdisable recovery cause l2ptguard`	（任意）インターフェイスが再び有効になって再試行できるように、レイヤ 2 最大レート エラーからの復旧メカニズムを設定します。errdisable recovery はデフォルトでディセーブルになっています。イネーブルにした場合、デフォルトの間隔は 300 秒です。
ステップ 10	**l2protocol-tunnel cos** *value* 例： `Device(config)# l2protocol-tunnel cos value 7`	（任意）トンネリングされたすべてのレイヤ 2 PDU に対して CoS 値を設定します。範囲は 0 ～ 7 です。デフォルトは、インターフェイスのデフォルト CoS 値です。設定されていない場合、デフォルトは 5 です。
ステップ 11	**spanning-tree bpdufilter enable** 例： `Device(config)# spanning-tree bpdufilter enable`	スパニングツリーの BPDU フィルタを挿入します。 （注） トランクポートでレイヤ 2 プロトコルトンネリングを設定する場合は、スパニングツリーの BPDU フィルタをイネーブルにする必要があります。
ステップ 12	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。
ステップ 13	**show l2protocol** 例： `Device# show l2protocol`	デバイスのレイヤ 2 トンネルポートを表示します（設定されているプロトコル、しきい値、カウンタを含む）。
ステップ 14	**copy running-config startup-config** 例： `Device# copy running-config startup-config`	（任意）コンフィギュレーション ファイルに設定を保存します。

EtherChannel のレイヤ 2 プロトコルトンネリングの設定方法

EtherChannel の場合は、SP（サービスプロバイダー）エッジデバイスおよびカスタマーデバイスをレイヤ 2 プロトコルトンネリング用に設定する必要があります。ここでは、SP エッジデバイスの設定方法とカスタマーデバイスの設定方法について説明します。

サービスプロバイダー エッジ スイッチの設定

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet1/0/1`	IP Phone に接続するインターフェイスを指定し、インターフェイスコンフィギュレーションモードを開始します。
ステップ 4	**switchport trunk native vlan** *vlan-id* 例： `Device(config-if)# switchport trunk native vlan 2`	ネイティブ VLAN を設定します。 （注） トランクポートで EtherChannel のレイヤ 2 プロトコルトンネリングを設定する場合は、SP エッジデバイスの両方のトランクポートで異なるネイティブ VLAN を設定する必要があります。
ステップ 5	**switchport trunk allowed vlan** *vlan-id list* 例：	許可 VLAN のリストを指定します。

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device(config-if)# switchport trunk allowed vlan 1,2,4-3003,3005-4094`	（注） トランクポートで EtherChannel のレイヤ 2 プロトコルトンネリングを設定する場合は、ループを回避するために、SP エッジデバイスの一方のトランクポートのネイティブ VLAN が、他方のトランクポートの許可 VLAN のリストに含まれないようにする必要があります。

ステップ 6	次のいずれかを使用します。
	• **switchport mode dot1q-tunnel**
	• **switchport mode trunk**
	例：
	`Device(config-if)# switchport mode dot1q-tunnel`
	または
	`Device(config-if)# switchport mode trunk`
		IEEE 802.1Q トンネルポートまたはトランクポートとしてインターフェイスを設定します。

ステップ 7	**l2protocol-tunnel point-to-point**[**pagp** |**lacp** |**udld**] 例： `Device(config-if)# l2protocol-tunnel point-to-point pagp`	（任意）目的のプロトコルに関するポイントツーポイントプロトコル トンネリングを有効にします。キーワードを入力しない場合、トンネリングは、3 つすべてのプロトコルで有効になります。 （注） ネットワーク障害を避けるため、ネットワークがポイントツーポイントトポロジになっていることを確認してから、PAgP パケット、LACP パケット、UDLD パケットのうちいずれかのトンネリングをイネーブルにしてください。

	コマンドまたはアクション	目的
		（注） **no l2protocol-tunnel** [**point-to-point** [**pagp** | **lacp** | **udld**]] インターフェイス コンフィギュレーションを使用し、1 つまたは 3 つすべてのレイヤ 2 プロトコルのポイントツーポイント プロトコル トンネリングを無効にします。
ステップ 8	**l2protocol-tunnel shutdown-threshold** [**point-to-point** [**pagp** | **lacp** | **udld**]] *value* 例： `Device(config-if)# l2protocol-tunnel shutdown-threshold point-to-point pagp 100`	（任意）1 秒間にカプセル化可能なパケット数を表すしきい値を設定します。設定したしきい値を超えると、インターフェイスは無効になります。プロトコル オプションを指定しない場合、しきい値は、それぞれのトンネリングされたレイヤ 2 プロトコル タイプに適用されます。指定できる範囲は 1 ～ 4096 です。デフォルトでは、しきい値は設定されません。 （注） このインターフェイスでドロップしきい値も設定する場合は、**shutdown-threshold** 値を **drop-threshold** の値以上にする必要があります。 （注） **no l2protocol-tunnel shutdown-threshold** [**point-to-point** [**pagp** | **lacp** | **udld**]] および **no l2protocol-tunnel drop-threshold** [[**point-to-point** [**pagp** | lacp | **udld**]] コマンドを使用し、シャットダウンおよびドロップしきい値がデフォルト設定に戻ります。
ステップ 9	**l2protocol-tunnel drop-threshold** [**point-to-point** [**pagp** | **lacp** | **udld**]] *value* 例： `Device(config-if)# l2protocol-tunnel drop-threshold point-to-point pagp 500`	（任意）1 秒間にカプセル化可能なパケット数を表すしきい値を設定します。設定したしきい値を超えると、インターフェイスによってパケットがドロップされます。プロトコル オプションを指定しない場合、しきい値は、それぞれのトンネリングされたレイヤ 2

	コマンドまたはアクション	目的
		プロトコルタイプに適用されます。指定できる範囲は1～4096です。デフォルトでは、しきい値は設定されません。 （注） このインターフェイスでシャットダウンしきい値も設定する場合は、**drop-threshold** 値を **shutdown-threshold** の値以上にする必要があります。
ステップ 10	**no cdp enable** 例： `Device(config-if)# no cdp enable`	インターフェイス上でCDPを無効にします。
ステップ 11	**spanning-tree bpdu filter enable** 例： `Device(config-if)# spanning-tree bpdu filter enable`	インターフェイス上でBPDUフィルタリングをイネーブルにします。
ステップ 12	**exit** 例： `Device(config-if)# exit`	グローバル コンフィギュレーション モードに戻ります。
ステップ 13	**errdisable recovery cause l2ptguard** 例： `Device(config)# errdisable recovery cause l2ptguard`	（任意）インターフェイスが再び有効になって再試行できるように、レイヤ2最大レート エラーからの復旧メカニズムを設定します。errdisable recoveryはデフォルトでディセーブルになっています。イネーブルにした場合、デフォルトの間隔は300秒です。
ステップ 14	**l2protocol-tunnel cos** *value* 例： `Device(config)# l2protocol-tunnel cos 2`	（任意）トンネリングされたすべてのレイヤ2 PDUに対してCoS値を設定します。範囲は0～7です。デフォルトは、インターフェイスのデフォルトCoS値です。設定されていない場合、デフォルトは5です。
ステップ 15	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 16	**show l2protocol** 例： `Device# show l2protocol`	デバイスのレイヤ 2 トンネルポートを表示します（設定されているプロトコル、しきい値、カウンタを含む）。
ステップ 17	**copy running-config startup-config** 例： `Device# copy running-config startup-config`	（任意）コンフィギュレーションファイルに設定を保存します。

カスタマーデバイスの設定

始める前に

EtherChannel の場合は、サービス プロバイダー エッジ デバイスおよびカスタマーデバイスをレイヤ 2 プロトコルトンネリング用に設定する必要があります。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet1/0/1`	IP Phone に接続するインターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 4	**switchport trunk encapsulation dot1q** 例： `Device(config-if)# switchport trunk encapsulation dot1q`	トランキング カプセル化形式を IEEE 802.1Q に設定します。
ステップ 5	**switchport mode trunk** 例： `Device(config-if)# switchport mode trunk`	インターフェイスでトランキングをイネーブルにします。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 6	**udld port** 例： `Device(config-if)# udld port`	インターフェイス上で UDLD を通常モードでイネーブルにします。
ステップ 7	**channel-group** *channel-group-number* **mode desirable** 例： `Device(config-if)# channel-group 25 mode desirable`	チャネル グループにインターフェイスを割り当て、PAgP モードに desirable を指定します。
ステップ 8	**exit** 例： `Device(config-if)# exit`	グローバル コンフィギュレーション モードに戻ります。
ステップ 9	**interface port-channel port-channel** *number* 例： `Device(config)# interface port-channel port-channel 25`	ポートチャネルインターフェイス モードを開始します。
ステップ 10	**shutdown** 例： `Device(config)# shutdown`	インターフェイスをシャットダウンします。
ステップ 11	**no shutdown** 例： `Device(config)# no shutdown`	インターフェイスを有効にします。
ステップ 12	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。
ステップ 13	**show l2protocol** 例： `Device# show l2protocol`	デバイスのレイヤ 2 トンネルポートを表示します（設定されているプロトコル、しきい値、カウンタを含む）。
ステップ 14	**copy running-config startup-config** 例：	（任意）コンフィギュレーション ファイルに設定を保存します。

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device# copy running-config startup-config`	（注） インターフェイスをデフォルト設定に戻すには、**no switchport mode trunk**、**no udld enable**、および **no channel group** *channel-group-number* **mode desirable** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用します。

レイヤ 2 プロトコルトンネリングの設定例

ここでは、レイヤ 2 プロトコル トンネリングのさまざまな設定例を示します。

例：レイヤ 2 プロトコル トンネリングの設定

以下の例では、CDP、STP、VTP のレイヤ 2 プロトコル トンネリングを設定し、設定を確認する方法を示します。

```
Device(config)# interface gigabitethernet1/0/11
Device(config-if)# l2protocol-tunnel cdp
Device(config-if)# l2protocol-tunnel stp
Device(config-if)# l2protocol-tunnel vtp
Device(config-if)# l2protocol-tunnel shutdown-threshold 1500
Device(config-if)# l2protocol-tunnel drop-threshold 1000
Device(config-if)# exit
Device(config)# l2protocol-tunnel cos 7
Device(config)# end
Device# show l2protocol

COS for Encapsulated Packets: 7
Port Protocol Shutdown Drop Encapsulation Decapsulation Drop
Threshold Threshold Counter Counter Counter
------- -------- --------- --------- ------------- ------------- -------------
Gi0/11 cdp 1500 1000 2288 2282 0
stp 1500 1000 116 13 0
vtp 1500 1000 3 67 0
pagp ---- ---- 0 0 0
lacp ---- ---- 0 0 0
udld ---- ---- 0 0 0
```

例：サービスプロバイダー エッジ スイッチとカスタマー スイッチの設定

以下は、サービス プロバイダーのエッジ スイッチ 1 およびエッジ スイッチ 2 を設定する方法の例です。VLAN 17、18、19、20 はアクセス VLAN、ファスト イーサネット インターフェイス 1 および 2 は PAgP および UDLD がイネーブルになっているポイントツーポイント トンネル ポート、ドロップしきい値は 1000、ファスト イーサネット インターフェイス 3 はトランク ポートです。

サービスプロバイダー エッジ スイッチ 1 の設定は次のとおりです。

```
Device(config)# interface gigabitethernet1/0/1
Device(config-if)# switchport access vlan 17
Device(config-if)# switchport mode dot1q-tunnel
Device(config-if)# l2protocol-tunnel point-to-point pagp
Device(config-if)# l2protocol-tunnel point-to-point udld
Device(config-if)# l2protocol-tunnel drop-threshold point-to-point pagp 1000
Device(config-if)# exit
Device(config)# interface gigabitethernet1/0/2
Device(config-if)# switchport access vlan 18
Device(config-if)# switchport mode dot1q-tunnel
Device(config-if)# l2protocol-tunnel point-to-point pagp
Device(config-if)# l2protocol-tunnel point-to-point udld
Device(config-if)# l2protocol-tunnel drop-threshold point-to-point pagp 1000
Device(config-if)# exit
Device(config)# interface gigabitethernet1/0/3
Device(config-if)# switchport trunk encapsulation isl
Device(config-if)# switchport mode trunk
```

サービスプロバイダー エッジ スイッチ 2 の設定は次のとおりです。

```
Device(config)# interface gigabitethernet1/0/1
Device(config-if)# switchport access vlan 19
Device(config-if)# switchport mode dot1q-tunnel
Device(config-if)# l2protocol-tunnel point-to-point pagp
Device(config-if)# l2protocol-tunnel point-to-point udld
Device(config-if)# l2protocol-tunnel drop-threshold point-to-point pagp 1000
Device(config-if)# exit
Device(config)# interface gigabitethernet1/0/2
Device(config-if)# switchport access vlan 20
Device(config-if)# switchport mode dot1q-tunnel
Device(config-if)# l2protocol-tunnel point-to-point pagp
Device(config-if)# l2protocol-tunnel point-to-point udld
Device(config-if)# l2protocol-tunnel drop-threshold point-to-point pagp 1000
Device(config-if)# exit
Device(config)# interface gigabitethernet1/0/3
Device(config-if)# switchport trunk encapsulation isl
Device(config-if)# switchport mode trunk
```

次は、サイト 1 のカスタマー スイッチを設定する方法の例です。ファスト イーサネット インターフェイス 1、2、3、4 は IEEE 802.1Q トランキング用に設定されており、UDLD はイネーブル、EtherChannel グループ 1 はイネーブル、ポート チャネルはシャットダウンされた後でイネーブルになり EtherChannel 設定がアクティブになります。

```
Device(config)# interface gigabitethernet1/0/1
Device(config-if)# switchport trunk encapsulation dot1q
Device(config-if)# switchport mode trunk
Device(config-if)# udld enable
Device(config-if)# channel-group 1 mode desirable
Device(config-if)# exit
Device(config)# interface gigabitethernet1/0/2
Device(config-if)# switchport trunk encapsulation dot1q
Device(config-if)# switchport mode trunk
Device(config-if)# udld enable
Device(config-if)# channel-group 1 mode desirable
Device(config-if)# exit
Device(config)# interface gigabitethernet1/0/3
Device(config-if)# switchport trunk encapsulation dot1q
Device(config-if)# switchport mode trunk
Device(config-if)# udld enable
Device(config-if)# channel-group 1 mode desirable
Device(config-if)# exit
Device(config)# interface gigabitethernet1/0/4
Device(config-if)# switchport trunk encapsulation dot1q
Device(config-if)# switchport mode trunk
Device(config-if)# udld enable
Device(config-if)# channel-group 1 mode desirable
Device(config-if)# exit
Device(config)# interface port-channel 1
Device(config-if)# shutdown
Device(config-if)# no shutdown
Device(config-if)# exit
```

トンネリング ステータスのモニタリング

次の表では、トンネリング ステータスをモニタするために使用するコマンドについて説明します。

表 *17:* トンネリングのモニタリング コマンド

コマンド	目的
clear l2protocol-tunnel counters	レイヤ 2 プロトコル トンネリング ポートのプロトコル カウンタをクリアします。
show dot1q-tunnel	デバイスの IEEE 802.1Q トンネルポートを表示します。
show dot1q-tunnel interface *interface-id*	特定のインターフェイスがトンネル ポートであるかどうかを確認します。
show l2protocol-tunnel	レイヤ 2 プロトコル トンネリング ポートに関する情報を表示します。

コマンド	目的
show errdisable recovery	レイヤ 2 プロトコル トンネル エラーディセーブル ステートの回復タイマーがイネーブルかどうかを確認します。
show l2protocol-tunnel interface *interface-id*	特定のレイヤ 2 プロトコル トンネリング ポートに関する情報を表示します。
show l2protocol-tunnel summary	レイヤ 2 プロトコルのサマリー情報だけを表示します。
show vlan dot1q tag native	デバイスのネイティブ VLAN タギングのステータスを表示します。

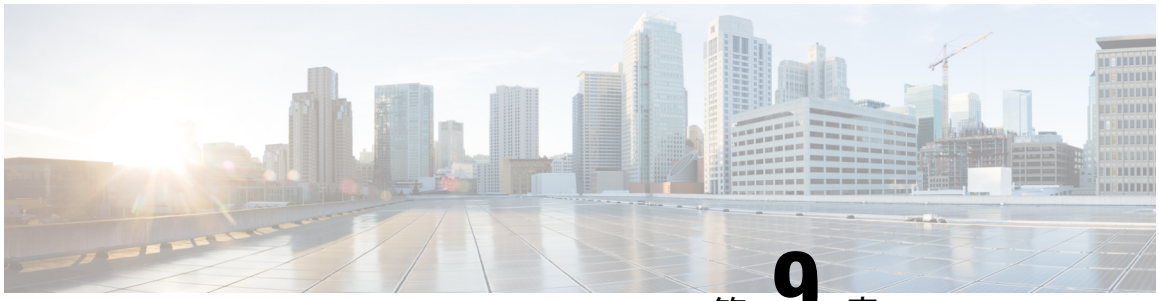
レイヤ 2 プロトコルトンネリングの機能履歴

次の表に、このモジュールで説明する機能のリリースおよび関連情報を示します。

これらの機能は、特に明記されていない限り、導入されたリリース以降のすべてのリリースで使用できます。

リリース	機能	機能情報
Cisco IOS XE Gibraltar 16.12.1	レイヤ 2 プロトコル トンネリング	レイヤ 2 プロトコルを使用すると、すべてのリモートサイトとローカルサイトを含むようにトポロジを拡張できます。

Cisco Feature Navigator を使用すると、プラットフォームおよびソフトウェアイメージのサポート情報を検索できます。Cisco Feature Navigator には、http://www.cisco.com/go/cfn からアクセスします。



第 9 章

IEEE 802.1Q トンネリングの設定

IEEE 802.1Q トンネリングについて

IEEE 802.1Q トンネリングは、サービスプロバイダーのネットワークを越えて複数のカスタマーのトラフィックを運び、その他のカスタマーのトラフィックに影響を与えずに、それぞれのカスタマーの VLAN およびレイヤ 2 プロトコルの設定を維持する必要があるサービスプロバイダー用に設計された機能です。

サービス プロバイダ ネットワークにおける IEEE 802.1Q トンネルポート

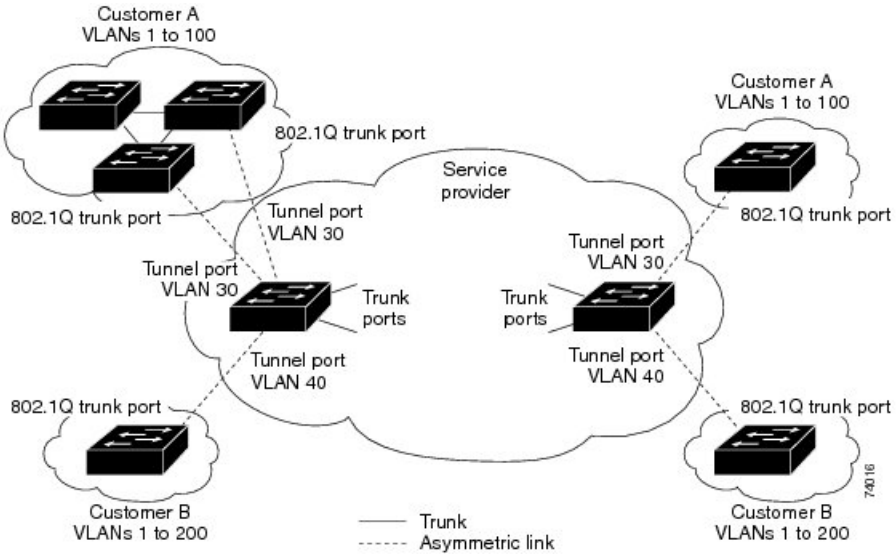
サービス プロバイダーのビジネス カスタマーには、多くの場合、サポートする VLAN ID および VLAN の数に固有の要件があります。同一サービスプロバイダー ネットワークのさまざまなカスタマーが必要とする VLAN 範囲は重複し、インフラストラクチャを通るカスタマーのトラフィックは混合してしまうことがあります。それぞれのカスタマーに VLAN ID の固有の範囲を割り当てると、カスタマーの設定が制限され、IEEE 802.1Q 仕様の VLAN 制限（4096）を簡単に超えてしまうことがあります。

サービス プロバイダーは、IEEE 802.1Q トンネリング機能を使用すると、単一の VLAN を使用して、複数の VLAN を含むカスタマーをサポートできます。カスタマーの VLAN ID は、同一 VLAN にあるように見えても保護され、さまざまなカスタマーのトラフィックは、サービスプロバイダー ネットワーク内で区別されます。IEEE 802.1Q トンネリングを使用する場合、VLAN-in-VLAN 階層構造およびタグ付きパケットへの再タグ付けによって、VLAN スペースを拡張できます。IEEE 802.1Q トンネリングをサポートするように設定したポートは、トンネル ポートと呼ばれます。トンネリングを設定する場合は、トンネリング専用の VLAN ID にト

ンネル ポートを割り当てます。それぞれのカスタマーには別個のサービスプロバイダーVLAN ID が必要ですが、その VLAN ID ではすべてのカスタマーの VLAN がサポートされます。

適切な VLAN ID で通常どおりにタグ付けされたカスタマーのトラフィックは、カスタマーデバイスの IEEE 802.1Q トランクポートからサービスプロバイダーのエッジデバイスのトンネルポートに発信されます。カスタマーデバイスとエッジデバイス間のリンクは、片方が IEEE 802.1Q トランクポートとして設定され、もう一方がトンネルポートとして設定されるため、非対称です。それぞれのカスタマーに固有のアクセス VLAN ID には、トンネル ポート インターフェイスを割り当てます。

図 *28 :* サービス プロバイダー ネットワークにおける *IEEE 802.1Q* トンネル ポート

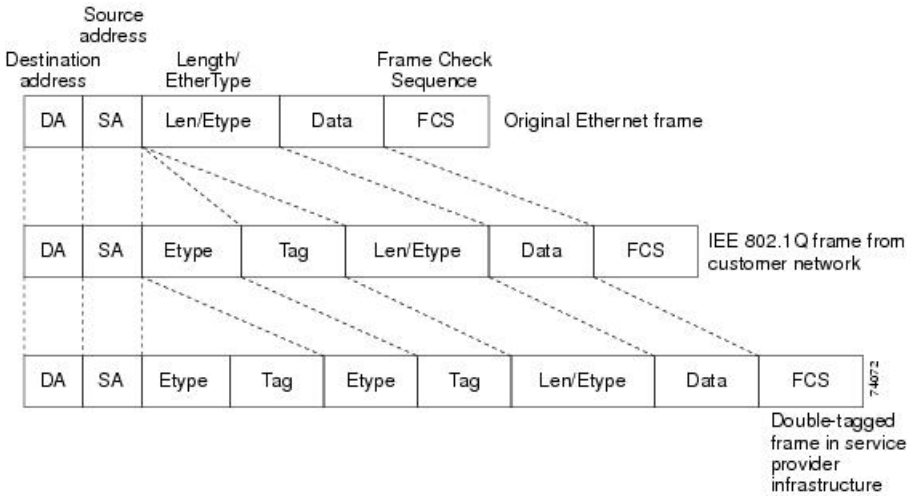


カスタマーのトランクポートからサービスプロバイダーのエッジデバイスのトンネルポートに発信されるパケットには、通常、適切な VLAN ID とともに IEEE 802.1Q タグが付いています。これらのタグ付きパケットは、デバイス内部ではそのまま保持され、トランクポートを出てサービスプロバイダー ネットワークに入る時点で、カスタマーに固有の VLAN ID を含む、IEEE 802.1Q タグのもう 1 つのレイヤ（メトロタグと呼ばれる）でカプセル化されます。カスタマーの元の IEEE 802.1Q タグは、カプセル化されたパケット内で保護されます。このため、サービスプロバイダー ネットワークに入るパケットには、カスタマーのアクセス VLAN ID を含む外部（メトロ）タグ、および着信トラフィックのものである内部 VLAN ID という、二重のタグが付きます。

二重タグパケットがサービスプロバイダー コア デバイスの別のトランクポートに入ると、デバイスがパケットを処理するときに外部タグが外されます。パケットがその同じコアデバイスの別のトランクポートを出るとき、同じメトロタグがパケットに再び追加されます。

図 *29* : 元の（通常）イーサネット パケット、*IEEE 802.1Q* イーサネット パケット、二重タグ イーサネット パケットの形式

この図は、二重タグ付きパケットのタグ構造を示しています。



パケットがサービスプロバイダー出力デバイスのトランクポートに入ると、デバイスがパケットを内部処理する間に外部タグが再び外されます。ただし、パケットがエッジデバイスのトンネルポートからカスタマーネットワークに送信されるとき、メトロタグは追加されません。パケットは通常の IEEE 802.1Q タグ フレームとして送信され、カスタマー ネットワーク内で元の VLAN 番号は保護されます。

上記のネットワークの図では、カスタマー A に VLAN 30、カスタマー B に VLAN 40 が割り当てられています。エッジデバイスのトンネルポートに入る、IEEE 802.1Q タグが付いたパケットは、サービスプロバイダー ネットワークに入るとき、VLAN ID 30 または 40 を適切に含む外部タグ、および VLAN 100 などの元の VLAN 番号を含む内部タグが付いて二重タグになります。カスタマー A とカスタマー B の両方が、それぞれのネットワーク内で VLAN 100 を含んでいても、外部タグが異なるので、サービスプロバイダーネットワーク内で区別されます。それぞれのカスタマーは、その他のカスタマーが使用する VLAN 番号スペース、およびサービスプロバイダー ネットワークが使用する VLAN 番号スペースから独立した、独自の VLAN 番号スペースを制御します。

アウトバウンド トンネル ポートでは、カスタマーのネットワーク上の元の VLAN 番号が回復されます。トンネリングとタグ付けを複数レベルにすることもできますが、このリリースのデバイスでは 1 レベルだけがサポートされます。

カスタマー ネットワークから発信されるトラフィックにタグ（ネイティブ VLAN フレーム）が付いていない場合、そのパケットのブリッジングまたはルーティングは通常パケットとして行われます。エッジデバイスのトンネルポートを通ってサービスプロバイダーネットワークに入るすべてのパケットは、タグが付いていないか、IEEE 802.1Q ヘッダーですでにタグが付いているかに関係なく、タグなしパケットとして扱われます。パケットは、IEEE 802.1Q トランク ポートでサービスプロバイダー ネットワークを通じて送信される場合、メトロ タグ VLAN ID（トンネル ポートのアクセス VLAN に設定）でカプセル化されます。メトロ タグの優先度フィールドは、トンネル ポートで設定されているインターフェイス サービス クラス（CoS）優先度に設定されます（設定されていない場合、デフォルトはゼロです）。

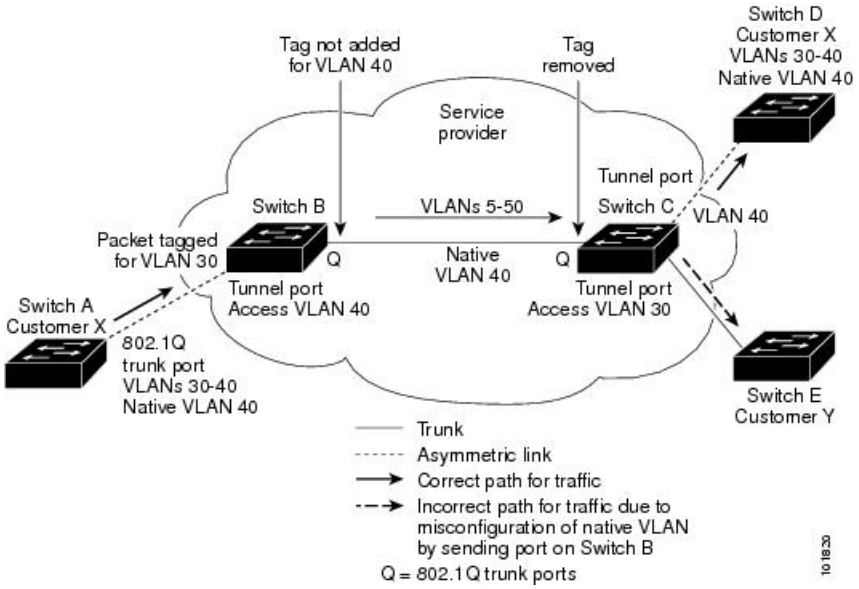
スイッチでは、802.1Q トンネリングはポート単位で設定されるため、スイッチがスタンドアロンデバイスであるか、またはスタックメンバーであるかは関係ありません。すべての設定は、アクティブスイッチで行われます。

ネイティブ VLAN

エッジデバイスで IEEE 802.1Q トンネリングを設定する場合、サービスプロバイダー ネットワークにパケットを送信するために、IEEE 802.1Q トランクポートを使用する必要があります。ただし、サービスプロバイダー ネットワークのコアを通過するパケットは、IEEE 802.1Q トランク、ISL トランク、非トランキング リンクのいずれかで送信できます。コアデバイスで IEEE 802.1Q トランクを使用する場合、IEEE 802.1Q トランクのネイティブ VLAN は、同一デバイスの非トランキング（トンネリング）ポートのネイティブ VLAN と同じであってはなりません。これは、ネイティブ VLAN のトラフィックは、IEEE 802.1Q 送信トランクポートではタグ付けされないためです。

以下のネットワーク図では、VLAN 40 は、サービス プロバイダー ネットワークの入力エッジ スイッチ（スイッチ B）において、カスタマー X からの IEEE 802.1Q トランク ポートのネイティブ VLAN として設定されています。カスタマー X のスイッチ A は、VLAN 30 のタグ付きパケットを、アクセス VLAN 40 に属する、サービスプロバイダー ネットワークのスイッチ B の入力トンネル ポートに送信します。トンネル ポートのアクセス VLAN（VLAN 40）は、エッジ スイッチのトランク ポートのネイティブ VLAN（VLAN 40）と同じであるため、トンネル ポートから受信したタグ付きパケットには、メトロ タグが追加されません。パケットには VLAN 30 タグだけが付いて、サービスプロバイダー ネットワークで出力エッジ スイッチ（スイッチ C）のトランク ポートに送信され、出力スイッチ トンネルによってカスタマー Y に間違えて送信されます。

図 *30 : IEEE 802.1Q* トンネリングおよびネイティブ *VLAN* に潜在する問題



この問題の解決方法は次のとおりです。

- **vlan dot1q tag native**グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用することで、（ネイティブ VLAN を含む）IEEE 802.1Q トランクから発信されるすべてのパケットがタグ付けされるようにエッジスイッチを設定します。すべての IEEE 802.1Q トランクでネイティブ VLAN パケットにタグを付けるようにスイッチを設定した場合、スイッチはタグなしパケットをドロップし、タグ付きパケットだけを送受信します。
- エッジスイッチのトランクポートのネイティブ VLAN ID が、カスタマー VLAN 範囲に含まれないようにしてください。たとえばトランク ポートが VLAN100 ～ 200 のトラフィックを運ぶ場合は、この範囲以外の番号をネイティブ VLAN に割り当てます。

システム MTU

デバイス上のトラフィックに関するデフォルトのシステム MTU は、1500 バイトです。

system mtu *bytes* グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用すると、10 ギガビット イーサネット ポートおよびギガビット イーサネット ポートで 1500 バイトを超えるフレームをサポートするように設定できます。

システム MTU 値とシステム ジャンボ MTU 値には、IEEE 802.1Q ヘッダーは含まれていません。IEEE 802.1Q トンネリング機能では、メトロタグが追加されるとフレームサイズが 4 バイト増加するため、システム MTU サイズに最低 4 バイトを追加することによって、サービス プロバイダ ネットワークのすべてのデバイスが最大フレームを処理できるように設定する必要があります。

たとえば、デバイスはこの構成で最大 1496 バイトのフレームサイズをサポートしています。デバイスのシステム MTU 値が 1500 バイトで、 **switchport mode dot1q tunnel** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使って 10 ギガビットイーサネットまたはギガビット イーサネット デバイス ポートが設定されています。

IEEE 802.1Q トンネリングおよびその他の機能

IEEE 802.1Q トンネリングはレイヤ 2 パケット スイッチングで適切に動作しますが、一部のレイヤ 2 機能およびレイヤ 3 スイッチングの間には非互換性があります。

- トンネル ポートはルーテッド ポートにできません。
- IEEE 802.1Q トンネル ポートを含む VLAN では IP ルーティングがサポートされません。トンネル ポートから受信したパケットは、レイヤ 2 情報だけに基づいて転送されます。トンネル ポートを含むスイッチ仮想インターフェイス（SVI）でルーティングがイネーブルである場合、トンネル ポートから受信したタグなし IP パケットは、スイッチに認識されてルーティングされます。カスタマーは、ネイティブ VLAN を介してインターネットにアクセスできます。このアクセスが必要ない場合は、トンネル ポートを含む VLAN で SVI を設定しないでください。
- フォールバック ブリッジングは、トンネル ポートでサポートされません。トンネル ポートから受信したすべての IEEE 802.1Q タグ付きパケットは IP 以外のパケットとして扱われるので、トンネル ポートが設定されている VLAN でフォールバック ブリッジングが有効

である場合、IP パケットは VLAN を越えて不適切にブリッジングされます。このため、トンネル ポートを含む VLAN ではフォールバック ブリッジングを有効にしないでください。

- トンネル ポートでは IP アクセス コントロール リスト（ACL）がサポートされません。
- レイヤ 3 の Quality of Service（QoS）ACL およびレイヤ 3 情報に関連する他の QoS 機能は、トンネル ポートではサポートされていません。MAC ベース QoS はトンネル ポートでサポートされます。
- IEEE 802.1Q 設定が EtherChannel ポート グループ内で矛盾しない場合、EtherChannel ポート グループにはトンネル ポートとの互換性があります。
- ポート集約プロトコル（PAgP）、Link Aggregation Control Protocol（LACP）、単一方向リンク検出（UDLD）は、IEEE 802.1Q トンネル ポートでサポートされます。
- トンネル ポートとトランク ポートで非対称リンクを手動で設定する必要があるので、ダイナミック トランキング プロトコル（DTP）には IEEE 802.1Q トンネリングとの互換性がありません。
- VLAN トランキング プロトコル（VTP）は、非対称リンクで接続されているデバイス間、またはトンネルを通して通信を行うデバイス間で動作しません。
- IEEE 802.1Q トンネル ポートでは、ループバック検出がサポートされます。
- IEEE 802.1Q トンネル ポートとしてポートを設定すると、スパニングツリー ブリッジ プロトコルデータ ユニット（BPDU）フィルタリングがインターフェイスで自動的に有効になります。Cisco Discovery Protocol（CDP）は、インターフェイスで自動的にディセーブルに設定されます。

（注） IEEE 802.1Q トンネリングを設定している場合、スパニングツリー BPDU フィルタが自動的に有効になるため、BPDU フィルタリング設定情報は表示されません。**show spanning tree interface** コマンドを使用して BPDU フィルタ情報を確認できます。

- IEEE 802.1Q トンネルポートが SPAN 送信元として設定されている場合、パケット損失を回避するために、SVLAN に SPAN フィルタを適用する必要があります。
- IGMP/MLD パケット転送は、IEEE 802.1Q トンネルで有効にできます。これは、サービス プロバイダ ネットワークで IGMP/MLD スヌーピングを無効にすることで実行できます。

IEEE 802.1Q トンネリングのデフォルト設定

デフォルトでは、デフォルト switchport モードが dynamic auto であるため、IEEE 802.1Q トンネルはディセーブルです。すべての IEEE 802.1Q トランク ポートにおける IEEE 802.1Q ネイティブ VLAN パケットのタグ付けもディセーブルです。

IEEE 802.1Q トンネリングの設定方法

ポートを IEEE 802.1Q トンネルポートとして設定するには、次の手順に従います。

始める前に

- カスタマーデバイスおよびエッジデバイスの間で非対称リンクを常に使用する必要があります。カスタマーデバイスのポートを IEEE 802.1Q トランクポートに、エッジデバイスのポートをトンネルポートとして設定してください。
- トンネリングに使用する VLAN だけにトンネル ポートを割り当ててください。
- ネイティブ VLAN と最大伝送単位（MTU）の設定要件に従ってください。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet2/0/1`	トンネル ポートとして設定するインターフェイスのインターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。これは、カスタマーデバイスに接続するサービスプロバイダ ネットワーク内のエッジポートである必要があります。有効なインターフェイスには、物理インターフェイスおよびポート チャネル論理インターフェイス（ポート チャネル 1 ～ 48）が含まれます。
ステップ 4	**switchport access vlan** *vlan-id* 例： `Device(config-if)# switchport access vlan 2`	インターフェイスがトランキングを停止した場合に使用されるデフォルト VLAN を指定します。この VLAN ID は特定カスタマーに固有です。
ステップ 5	**switchport mode dot1q-tunnel** 例：	IEEE 802.1Q トンネル ポートとしてインターフェイスを設定します。

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device(config-if)# switchport mode dot1q-tunnel`	（注） ポートを dynamic desirable デフォルト状態に戻すには、**no switchport mode dot1q-tunnel** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを使用します。
ステップ 6	**exit** 例： `Device(config-if)# exit`	グローバル コンフィギュレーション モードに戻ります。
ステップ 7	**vlan dot1q tag native** 例： `Device(config)# vlan dot1q tag native`	（任意）すべての IEEE 802.1Q トランクポートでネイティブ VLAN パケットのタギングがイネーブルになるようにデバイスを設定します。これを設定せず、カスタマー VLAN ID がネイティブ VLAN と同じである場合、トランクポートはメトロ タグを適用せず、パケットは誤った宛先に送信される可能性があります。 （注） ネイティブ VLAN パケットのタグ付けをディセーブルにするには、**no vlan dot1q tag native** グローバル コンフィギュレーション コマンドを使用します。
ステップ 8	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

ステップ 9	次のいずれかを使用します。
	• **show dot1q-tunnel**
	• **show running-config interface**
	例：
	`Device# show dot1q-tunnel`
	または
	`Device# show running-config interface`
		IEEE 802.1Q トンネリング用に設定されたポートを表示します。
		トンネリング モードになっているポートを表示します。

ステップ 10	**show vlan dot1q tag native** 例：	IEEE 802.1Q ネイティブ VLAN タギング ステータスを表示します。

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device# show vlan dot1q native`	
ステップ 11	**copy running-config startup-config** 例： `Device# copy running-config startup-config`	（任意）コンフィギュレーション ファイルに設定を保存します。

トンネリング ステータスのモニタリング

次の表では、トンネリング ステータスをモニタするために使用するコマンドについて説明します。

表 *18*：トンネリングのモニタリング コマンド

コマンド	目的
show dot1q-tunnel	デバイスの IEEE 802.1Q トンネルポートを表示します。
show dot1q-tunnel interface *interface-id*	特定のインターフェイスがトンネル ポートであるかどうかを確認します。
show vlan dot1q tag native	デバイスのネイティブ VLAN タギングのステータスを表示します。

例：IEEE 802.1Q トンネリング ポートの設定

以下の例では、トンネル ポートとしてインターフェイスを設定してネイティブ VLAN パケットのタグ付けをイネーブルにし、設定を確認する方法を示します。 この設定では、スタックメンバー 1 のインターフェイス Gigabit Ethernet 7 に接続するカスタマーの VLAN ID は、VLAN 22 になります。

```
Device(config)# interface gigabitethernet1/0/7
Device(config-if)# switchport access vlan 22
% Access VLAN does not exist. Creating vlan 22
Device(config-if)# switchport mode dot1q-tunnel
Device(config-if)# exit
Device(config)# vlan dot1q tag native
Device(config)# end
Device# show dot1q-tunnel interface gigabitethernet1/0/7
Port
-----
Gi1/0/1Port
-----
Device# show vlan dot1q tag native
dot1q native vlan tagging is enabled
```

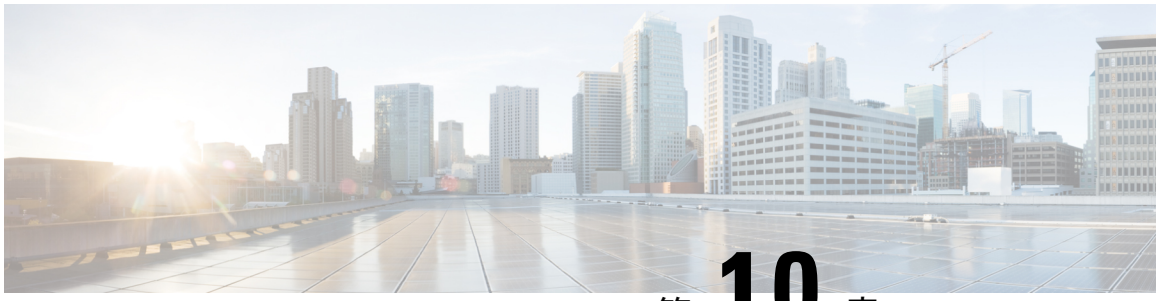
IEEE 802.1Q トンネリングの機能履歴

次の表に、このモジュールで説明する機能のリリースおよび関連情報を示します。

これらの機能は、特に明記されていない限り、導入されたリリース以降のすべてのリリースで使用できます。

リリース	機能	機能情報
Cisco IOS XE Fuji 16.9.2	IEEE 802.1Q トンネリング	IEEE 802.1Q トンネリングは、サービスプロバイダーのネットワークを越えて複数のカスタマーのトラフィックを運び、その他のカスタマーのトラフィックに影響を与えずに、それぞれのカスタマーの VLAN およびレイヤ 2 プロトコルの設定を維持する必要があるサービスプロバイダー用に設計された機能です。

Cisco Feature Navigator を使用すると、プラットフォームおよびソフトウェアイメージのサポート情報を検索できます。Cisco Feature Navigator には、http://www.cisco.com/go/cfn からアクセスします。



第 10 章

VLAN マッピングの設定

VLAN マッピングの前提条件

- デフォルトで、VLAN マッピングは設定されていません。
- **Network Advantage** ライセンスを実行していることを確認します。VLAN マッピングは、**Network Advantage** ライセンスレベルでのみサポートされます。
- 一貫して制御トラフィックを処理するには、次のようにレイヤ2プロトコルトンネリングをイネーブルにするか（推奨）、

```
!
Device(config)# interface HundredGigE1/0/1
Device(config-if)# switchport mode access
Device(config-if)# l2protocol-tunnel stp
Device(config-if)# end
```

または、次のようにスパニングツリーの BPDU フィルタを挿入します。

```
Current configuration : 153 bytes
!
Device(config)# interface HundredGigE1/0/1
Device(config-if)# switchport mode trunk
Device(config-if)# switchport vlan mapping 10 20
Device(config-if)# spanning-tree bpdufilter enable
Device(config-if)# end
```

One-to-One の VLAN マッピングの前提条件

- One-to-One の VLAN マッピングは、トランクポートでのみ設定でき、ダイナミックトランクでは設定できません。
- One-to-One の VLAN マッピングは、両方のポートで同一である必要があります。
- S-VLAN が作成され、One-to-One の VLAN マッピングが設定されているトランクポートの許可された VLAN リスト内に存在する必要があります。

VLAN マッピングの制限事項

- VLAN マッピングが EtherChannel で有効になっている場合、設定は EtherChannel バンドルのすべてのメンバーポートには適用されず、EtherChannel インターフェイスにのみ適用されます。
- VLAN マッピングが EtherChannel で有効であり、競合するマッピング変換がメンバーポートで有効になっている場合、ポートは EtherChannel から削除されます。
- EtherChannel に属するポートが VLAN マッピングで設定され、EtherChannel が競合する VLAN マッピングで設定されている場合、ポートは EtherChannel から削除されます。
- ポートのモードが「トランク」モード以外に変更されると、EtherChannel のメンバーポートは EtherChannel バンドルから削除されます。
- デフォルトのネイティブ VLAN、ユーザ設定のネイティブ VLAN、および予約済み VLAN は、VLAN マッピングに使用できません。
- VLAN マッピングに使用される S-VLAN は、EVPN や LISP などの他のレイヤ 3 コンフィギュレーションの一部にはできません。
- PVLAN サポートは、VLAN マッピングが設定されている場合は使用できません。

One-to-One の VLAN マッピングの制約事項

- One-to-One の VLAN マッピングが設定されている場合、複数の C-VLAN を同じ S-VLAN にマッピングすることはできません。
- One-to-One の VLAN マッピングの場合、C-VLAN と S-VLAN スパニングツリートポロジのマージはサポートされません。

VLAN マッピングについて

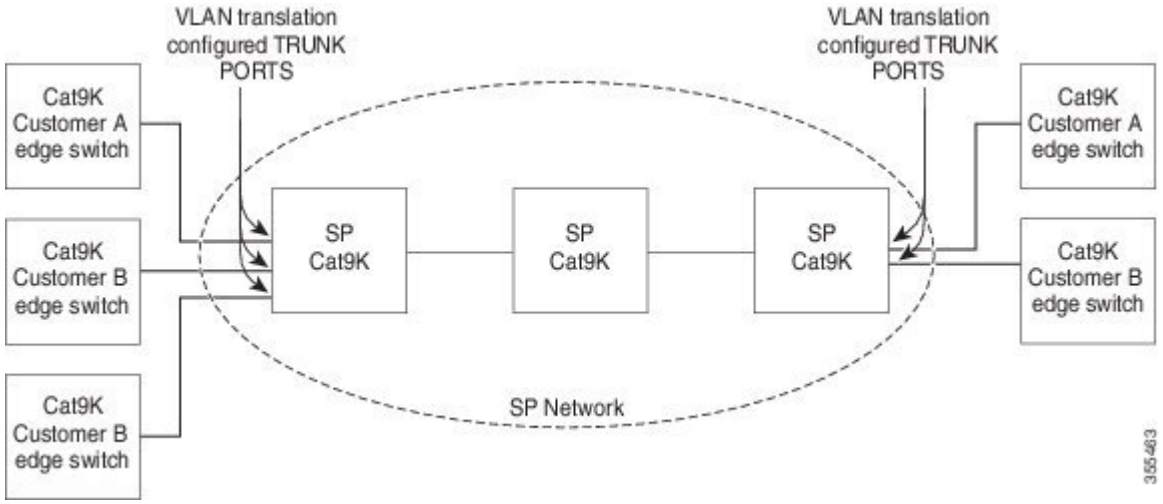
VLANマッピングの一般的な導入では、サービスプロバイダーは、ローカルサイトの一部であるリモートサイトにある顧客のスイッチを含む透過的なスイッチングインフラストラクチャを提供する必要があります。これにより、カスタマーは、同じ VLAN ID スペースを使用し、プロバイダーネットワークを介してレイヤ2制御プロトコルをシームレスに実行できます。このようなシナリオでは、サービス プロバイダーはその VLAN ID をカスタマーに適用しないことを推奨します。

変換済み VLAN ID（S-VLAN）を確立する 1 つの方法として、カスタマーネットワークに接続されたトランクポートで、カスタマー VLAN を VLAN にマッピングします（VLAN ID 変換とも呼ばれます）。ポートに入るパケットは、ポート番号とパケットの元のカスタマーVLAN-ID（C-VLAN）に基づいて、サービスプロバイダーの VLAN（S-VLAN）にマッピングされます。

サービスプロバイダーの内部割り当ては、カスタマーの VLAN と競合する場合があります。カスタマートラフィックを分離するために、サービスプロバイダーは、トラフィックがクラウドにある間に、特定の VLAN を別の VLAN にマッピングします。

配備例

図では、サービスプロバイダーはレイヤ 2 VPN サービスを 2 つの異なる顧客 A と B に提供します。サービスプロバイダーは、2 つの顧客間およびプロバイダー自身の制御トラフィックからデータと制御トラフィックを分離します。また、サービス プロバイダー ネットワークは、カスタマー エッジ デバイスに対して透過的である必要があります。



Catalyst 9000 シリーズスイッチのすべての転送処理は、C-VLAN 情報ではなく、S-VLAN 情報を使用して実行されます。これは、VLAN ID が、入力時に S-VLAN にマッピングされるためです。

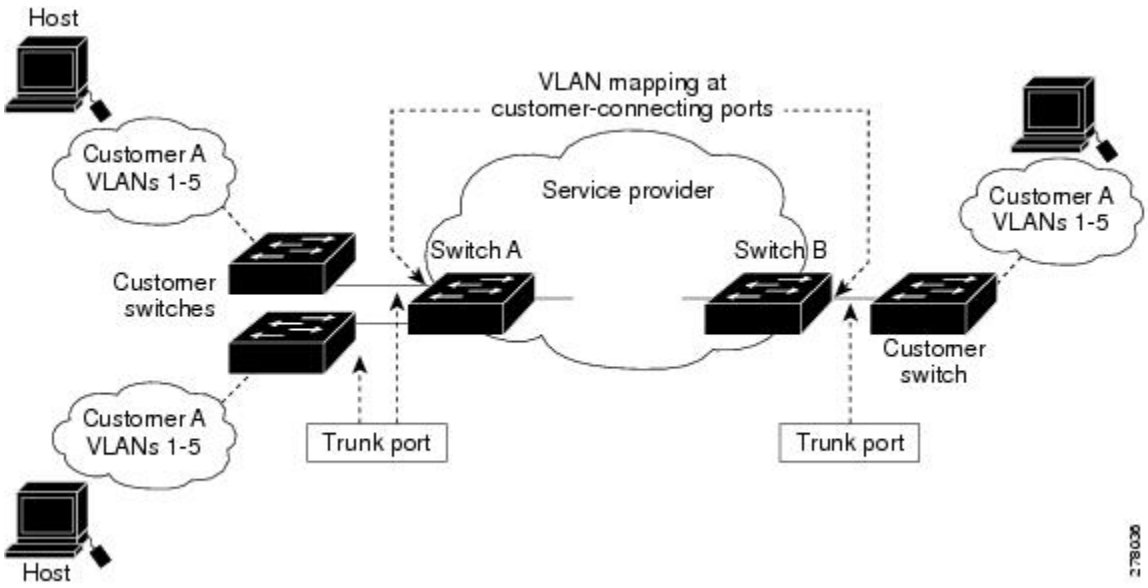
（注） VLANマッピングのポートに機能を設定する場合、C-VLANではなく常にS-VLANを使用します。

VLAN マッピングが設定されているインターフェイスでは、指定された C-VLAN パケットはポートに入るとき、指定されたS-VLANにマッピングされます。パケットがポートから出る場合も同様に、カスタマー C-VLAN にマッピングが行われます。

スイッチはトランクポートにおける次の種類の VLAN マッピングをサポートします。

- One-to-One の VLAN マッピング。
- 選択的 QinQ。
- トランクポートでの Q-in-Q。

図 *31* : カスタマー *VLAN* からサービスプロバイダー *VLAN* へのマッピング



図は、カスタマーがサービス プロバイダー ネットワークの両端の複数のサイトで同じ VLAN を使用する場合のトポロジを示します。C-VLAN ID は、サービス プロバイダー バックボーンを経由でパケットを伝送できるように、サービスプロバイダー VLAN ID にマッピングされます。C-VLAN ID は、他のカスタマーサイトで使用するために、サービス プロバイダー バックボーンの反対側で取得されます。サービス プロバイダー ネットワークのそれぞれの側のカスタマー接続ポートで同じ VLAN マッピング セットを設定します。

One-to-One の VLAN マッピング

One-to-One VLAN マッピング。ポートへの入出時に実行され、802.1Q タグの C-VLAN ID が S-VLAN ID にマッピングされます。他のすべての VLAN ID を持つパケットが転送されるように指定することもできます。

選択的 Q-in-Q

選択した QinQ は、UNI に入る指定のカスタマー VLAN を指定の S-VLAN ID にマッピングします。S-VLAN ID は未変更の着信 C-VLAN に追加され、パケットはサービス プロバイダ ネットワークに二重タグ付きで送信されます。出力では、S-VLAN ID が削除され、カスタマー VLAN-ID がパケットで保持されます。デフォルトでは、指定したカスタマー VLAN に一致しないパケットはドロップされます。

トランクポートでの Q-in-Q

トランクポートの QinQ は、UNI に入るカスタマー VLAN を指定の S-VLAN ID にマッピングします。選択的 QinQ と同様に、パケットには二重タグが付けられ、出力では S-VLAN ID が削除されます。

VLAN マッピング設定時の注意事項

（注）
- デフォルトで、VLAN マッピングは設定されていません。
- サポートされる VLAN マッピング設定の最大数は、システム全体で 512 です。
-

ガイドラインは次のとおりです。

- VLAN マッピングが EtherChannel で有効になっている場合、設定は EtherChannel バンドルのすべてのメンバーポートには適用されず、EtherChannel インターフェイスにのみ適用されます。
- VLAN マッピングが EtherChannel で有効であり、競合するマッピング/変換がメンバーポートで有効になっている場合、ポートは EtherChannel から削除されます。
- EtherChannel に属するポートが VLAN マッピングで設定され、EtherChannel が競合する VLAN マッピングで設定されている場合、ポートは EtherChannel から削除されます。
- ポートのモードが「トランク」モード以外に変更されると、EtherChannel のメンバーポートは EtherChannel バンドルから削除されます。
- 一貫して制御トラフィックを処理するには、次のようにレイヤ 2 プロトコル トンネリングをイネーブルにするか（推奨）、

```
!
Device(config)# interface HundredGigE1/0/1
Device(config-if)# switchport mode trunk
Device(config-if)#switchport vlan mapping 20 300
Device(config-if)# l2protocol-tunnel stp
Device(config-if)# end
```

または、次のようにスパニングツリーの BPDU フィルタを挿入します。

```
Current configuration : 153 bytes
!
Device(config)# interface HundredGigE1/0/1
Device(config-if)# switchport mode trunk
Device(config-if)# switchport vlan mapping 10 20
Device(config-if)# spanning-tree bpdufilter enable
Device(config-if)# end
```

- デフォルトのネイティブ VLAN、ユーザ設定のネイティブ VLAN、および予約済みの VLAN（範囲 1002 ー 1005）は、VLAN マッピングに使用できません。
- VLAN マッピングに使用される S-VLAN は、EVPN や LISP などの他のレイヤ 3 コンフィギュレーションの一部にはできません。
- PVLAN サポートは、VLAN マッピングが設定されている場合は使用できません。

One-to-One VLAN マッピングの設定時の注意事項

- One-to-One の VLAN マッピングは、トランクポートでのみ設定でき、ダイナミックトランクでは設定できません。
- One-to-One の VLAN マッピングは、両方のポートで同一である必要があります。
- S-VLAN が作成され、One-to-One の VLAN マッピングが設定されているトランクポートの許可された VLAN リスト内に存在する必要があります。
- One-to-One の VLAN マッピングが設定されている場合、複数の C-VLAN を同じ S-VLAN にマッピングすることはできません。
- One-to-One の VLAN マッピングの場合、C-VLAN と S-VLAN スパニングツリートポロジのマージはサポートされません。

選択的 Q-in-Q の設定時の注意事項

- S-VLAN が作成され、選択的 Q-in-Q が設定されているトランクポートの許可された VLAN リスト内に存在する必要があります。
- 選択的 Q-in-Q が設定されている場合、デバイスは CDP、STP、LLDP、および VTP のレイヤ 2 プロトコルトンネリングをサポートします。ポイントツーポイント ネットワーク トポロジのエミュレートの場合は、PAgP、LACP、UDLD のプロトコルもサポートされます。
- IP ルーティングは、選択的 Q-in-Q 対応ポートではサポートされません。

• IPSG は、選択的 Q-in-Q 対応ポートではサポートされません。

トランクポートでの Q-in-Q の設定時の注意事項

• S-VLAN は、トランクポートで Q-in-Q が設定されているトランクポートの許可 VLAN リストで作成および存在する必要があります。

• トランクポートで Q-in-Q が設定されている場合、デバイスは CDP、STP、LLDP、および VTP のレイヤ 2 プロトコルトンネリングをサポートします。ポイントツーポイント ネットワーク トポロジのエミュレートの場合は、PAgP、LACP、UDLD のプロトコルもサポートされます。

• 入力および出力 SPAN、および RSPAN は、QinQ が有効になっているトランクポートでサポートされます。

• Q in Q を有効にすると、SPAN フィルタリングを有効にして、マッピングされた VLAN（S-VLAN）上のトラフィックのみをモニタできます。

• IGMP スヌーピングは C-VLAN ではサポートされません。

VLAN マッピングの設定方法

ここでは、VLAN マッピングの設定方法について説明します。

One-to-One の VLAN マッピング

（注） VLAN マッピングは、**network-advantage** ライセンスレベルでのみサポートされます。

サービス プロバイダー VLAN ID にカスタマー VLAN ID をマッピングするために、1 対 1 の VLAN マッピングを設定するには、次の作業を行います。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet1/0/1`	サービスプロバイダーネットワークに接続されるインターフェイスのインターフェイスコンフィギュレーションモードを開始します。物理インターフェイスまたは EtherChannel ポートチャネルを入力できます。
ステップ 4	**switchport mode trunk** 例： `Device(config-if)# switchport mode trunk`	指定したインターフェイスをトランクポートとして設定します。
ステップ 5	**switchport vlan mapping** *vlan-id translated-id* 例： `Device(config-if)# switchport vlan mapping 2 102`	マッピングする VLAN ID を入力します。 • vlan-id：カスタマー ネットワークからスイッチに入るカスタマー VLAN ID（C-VLAN）。指定できる範囲は 1 ～ 4094 です。 • translated-id：割り当てられた VLAN ID（S-VLAN）。指定できる範囲は 1 ～ 4094 です。
ステップ 6	**exit** 例： `Device(config-if)# exit`	グローバル コンフィギュレーション モードに戻ります。
ステップ 7	**spanning-tree bpdufilter enable** 例： `Device(config)# spanning-tree bpdufilter enable`	スパニングツリーの BPDU フィルタを挿入します。 （注） 一貫して制御トラフィックを処理するには、レイヤ 2 プロトコルトンネリングをイネーブルにするか（推奨）、またはスパニングツリーの BPDU フィルタを挿入します。
ステップ 8	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。
ステップ 9	**show vlan mapping** 例： `Device# show vlan mapping`	設定を確認します。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 10	**copy running-config startup-config** 例： `Device# copy running-config startup-config`	（任意）コンフィギュレーション ファイルに設定を保存します。

例

no switchport vlan mappingVLAN マッピング情報を削除するには、 コマンドを使用します。**no switchport vlan mapping all** コマンドを入力すると、すべてのマッピング設定が削除されます。

この例では、カスタマーネットワークの VLAN ID 2 ～ 6 をサービス プロバイダ ネットワークの VLAN ID 101 ～ 105 にマッピングする方法を示します（図 3 ～ 5）。スイッチ A とスイッチ B のポートに、同じ VLAN マッピングコマンドを設定します。他のすべての VLAN ID のトラフィックは通常のトラフィックとして転送されます。

```
Device> enable
Device# configure terminal
Device(config)# interface gigabiethernet0/1
Device(config-if)# switchport vlan mapping 2 101
Device(config-if)# switchport vlan mapping 3 102
Device(config-if)# switchport vlan mapping 4 103
Device(config-if)# switchport vlan mapping 5 104
Device(config-if)# switchport vlan mapping 6 105
Device(config-if)# exit
```

前の例では、サービス プロバイダ ネットワークの入力側で、カスタマーネットワークの VLAN ID 2 ～ 6 は、サービス プロバイダ ネットワーク内の VLAN ID 101 ～ 105 にマッピングされます。サービス プロバイダ ネットワークの出力側で、サービス プロバイダ ネットワークの VLAN 101 ～ 105 は、カスタマーネットワークの VLAN ID 2 ～ 6 にマッピングされます。

（注） VLAN マッピングが設定されている以外の VLAN ID を持つパケットは、通常のトラフィックとして転送されます。

設定された VLAN に関する情報を表示するには、**show vlan mapping** コマンドを使用します。

```
Device> enable
Device# configure terminal
Device(config)# show vlan mapping
Total no of vlan mappings configured: 1
Interface Po5:
VLANs on wire                   Translated     VLAN Operation
------------------------------ --------------- --------------
20                               30             1-to-1
```

トランク ポートの選択的 Q-in-Q

トランク ポートで選択的 Q-in-Q の VLAN マッピングを設定するには、次の作業を行います。

（注） 同じインターフェイスでは、1 対 1 のマッピングと選択的 Q-in-Q を設定できません。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet1/0/1`	サービス プロバイダー ネットワークに接続されるインターフェイスのインターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。物理インターフェイスまたは EtherChannel ポート チャネルを入力できます。
ステップ 4	**switchport mode trunk** 例： `Device(config-if)# switchport mode trunk`	指定したインターフェイスをトランク ポートとして設定します。
ステップ 5	**switchport vlan mapping** *vlan-id* **dot1q-tunnel** *outer vlan-id* 例： `Device(config-if)# switchport vlan mapping 16 dot1q-tunnel 64`	マッピングする VLAN ID を入力します。 • vlan-id：カスタマー ネットワークからスイッチに入るカスタマー VLAN ID（C-VLAN）。指定できる範囲は 1 ～ 4094 です。VLAN-ID のストリングを入力できます。 • outer-vlan-id：サービス プロバイダー ネットワークの外部 VLAN ID（S-VLAN）。指定できる範囲は 1 ～ 4094 です。

	コマンドまたはアクション	目的
		VLAN マッピング設定を削除するには、このコマンドの no 形式を使用します。**no switchport vlan mapping all** コマンドを入力すると、すべてのマッピング設定が削除されます。
ステップ 6	**switchport vlan mapping default dot1q-tunnel** *vlan-id* 例： `Device(config-if)# switchport vlan mapping default dot1q-tunnel 22`	ポート上のすべてのマッピングされていないパケットが、指定された S-VLAN で転送されるように指定します。 デフォルトでは、マッピングされた VLAN に一致しないパケットはドロップされます。 タグなしトラフィックはドロップされずに転送されます。
ステップ 7	**exit** 例： `Device(config-if)# exit`	グローバル コンフィギュレーション モードに戻ります。
ステップ 8	**spanning-tree bpdufilter enable** 例： `Device(config)# spanning-tree bpdufilter enable`	スパニングツリーの BPDU フィルタを挿入します。 （注） 一貫して制御トラフィックを処理するには、レイヤ 2 プロトコルトンネリングをイネーブルにするか（推奨）、またはスパニングツリーの BPDU フィルタを挿入します。
ステップ 9	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。
ステップ 10	**show interfaces** *interface-id***vlan mapping** 例： `Device# show interfaces gigabitethernet1/0/1 vlan mapping`	設定を確認します。
ステップ 11	**copy running-config startup-config** 例： `Device# copy running-config startup-config`	（任意）コンフィギュレーション ファイルに設定を保存します。

例

次の例では、ポートに選択した QinQ マッピングを設定して、C-VLAN ID が 2 ～ 5 のトラフィックが、S-VLAN ID が 100 であるスイッチに入るようにする方法を示します。デフォルトでは、その他の VLAN ID のトラフィックはドロップされます。

```
Device(config)# interface GigabitEthernet0/1
Device(config-if)# switchport vlan mapping 2-5 dot1q-tunnel 100
Device(config-if)# exit
```

次の例では、ポートに選択した QinQ マッピングを設定して、C-VLAN ID が 2 ～ 5 のトラフィックが、S-VLAN ID が 100 であるスイッチに入るようにする方法を示します。他の VLAN ID のトラフィックは、S-VLAN ID 200 で転送されます。

```
Device(config)# interface GigabiEthernet0/1
Device(config-if)# switchport vlan mapping 2-5 dot1q-tunnel 100
Device(config-if)# switchport vlan mapping default dot1q-tunnel 200
Device(config-if)# exit

Device# show vlan mapping
Total no of vlan mappings configured: 5
Interface Hu1/0/50:
VLANs on wire                    Translated VLAN     Operation
-------------------------------  ---------------     --------------
2-5                                   100            selective QinQ
*                                     200            default QinQ
```

トランクポートでの Q-in-Q

トランクポートで選択的 Q-in-Q の VLAN マッピングを設定するには、次の作業を行います。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet1/0/1`	サービスプロバイダーネットワークに接続されるインターフェイスのインターフェイスコンフィギュレーション モードを開始します。物理インターフェイスまたは EtherChannel ポートチャネルを入力できます。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 4	**switchport mode trunk** 例： `Device(config-if)# switchport mode trunk`	指定したインターフェイスをトランクポートとして設定します。
ステップ 5	**switchport vlan mapping default dot1q-tunnel** *vlan-id* 例： `Device(config-if)# switchport vlan mapping default dot1q-tunnel 16`	ポート上のすべてのマッピングされていない C-VLAN パケットが、指定された S-VLAN で転送されるように指定します。
ステップ 6	**exit** 例： `Device(config-if)# exit`	グローバル コンフィギュレーション モードに戻ります。
ステップ 7	**spanning-tree bpdufilter enable** 例： `Device(config)# spanning-tree bpdufilter enable`	スパニングツリーの BPDU フィルタを挿入します。 （注） 一貫して制御トラフィックを処理するには、レイヤ 2 プロトコルトンネリングをイネーブルにするか（推奨）、またはスパニングツリーの BPDU フィルタを挿入します。
ステップ 8	**end** 例： `Device(config)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。
ステップ 9	**show interfaces** *interface-id***vlan mapping** 例： `Device# show interfaces gigabitethernet1/0/1 vlan mapping`	設定を確認します。
ステップ 10	**copy running-config startup-config** 例： `Device# copy running-config startup-config`	（任意）コンフィギュレーション ファイルに設定を保存します。

例

次の例では、ポートで QinQ マッピングを設定して、任意の VLAN ID のトラフィックが、S-VLAN ID 200 に転送されるようにする方法を示します。

```
Device(config)# interface gigabiethernet0/1
Device(config-if)# switchport vlan mapping default dot1q-tunnel 200
Device(config-if)# exit
```

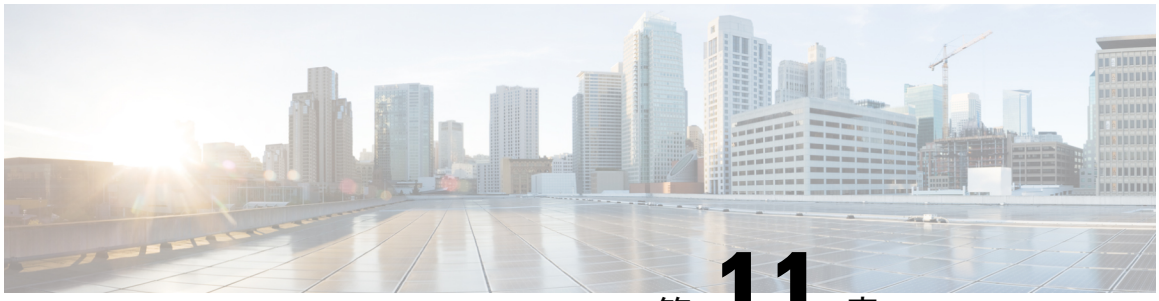
VLAN マッピングの機能履歴

次の表に、このモジュールで説明する機能のリリースおよび関連情報を示します。

これらの機能は、特に明記されていない限り、導入されたリリース以降のすべてのリリースで使用できます。

リリース	機能	機能情報
Cisco IOS XE Gibraltar 16.11.1	One-to-One の VLAN マッピング	カスタマーネットワークに接続されたトランクポート上での One-to-One の VLAN マッピングにより、カスタマー VLAN をサービスプロバイダー VLAN にマッピングできます。
Cisco IOS XE Gibraltar 16.11.1	選択的 Q-in-Q	選択的 Q-in-Q のサポートが導入されました。
	トランクポートでの Q-in-Q	トランクポートでの Q-in-Q のサポートが導入されました。

Cisco Feature Navigator を使用すると、プラットフォームおよびソフトウェアイメージのサポート情報を検索できます。Cisco Feature Navigator には、http://www.cisco.com/go/cfn からアクセスします。



第 11 章

Flexlink+ の設定

FlexLink+ の制約事項

- FlexLink+ は、レイヤ 2 トランクポートおよびポートチャネルでのみサポートされ、レイヤ 3 ポートおよび VLAN で設定されたインターフェイスではサポートされません。

（注） FlexLink+ は、アクセスモードで設定されたポートチャネルではサポートされません。

FlexLink+ について

次のセクションは、FlexLink+ の概要について説明します。

FlexLink+

FlexLink+ 機能を使用すると、レイヤ 2 インターフェイス（トランクポートまたはポートチャネル）のペアを、一方のインターフェイスが他方のインターフェイスのバックアップとして機能するように設定できます。FlexLink+は、2つのネットワークノード間に単純なリンク冗長性が必要な場合に、スパニングツリープロトコル（STP）の代替ソリューションを提供します。STP は、リンク冗長性を提供し、ネットワークのループを防止する完全なソリューションです。ネットワーク内の 2 つのノード間に高速リンク冗長性が必要な場合は、FlexLink+ を使用する方が簡単かつ迅速です。FlexLink は、通常、ユーザがデバイスで STP を実行したくない場合に、サービスプロバイダーまたはエンタープライズネットワークで設定されます。デバイス

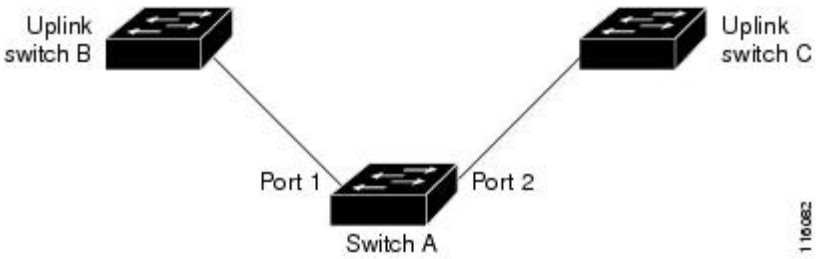
がSTPを実行中の場合は、STPがすでにリンクレベルの冗長性またはバックアップを提供しているため、FlexLink は不要です。

FlexLink+ では、リンクの 1 つがアップでトラフィックを転送しているときは、もう一方のリンクがスタンバイモードで、アクティブなリンクがシャットダウンした場合にトラフィックの転送を開始できるように準備しています。プライマリ リンクがシャットダウンされると、スタンバイ リンクがトラフィックの転送を開始します。アクティブ リンクがアップに戻った場合はスタンバイ モードになり、トラフィックが転送されません。FlexLink+ がスイッチスタックで設定されている場合、ペアの 2 つの L2 インターフェイスはそれぞれ同じデバイス上に存在することも、異なるデバイス上に存在することもできます。

FlexLink+ の設定

次の図で、スイッチ A のポート 1 と 2 はアップリンクスイッチ B と C に接続されています。それらは FlexLink+ で設定されているため、インターフェイスのうち 1 つだけがトラフィックを転送し、その他はスタンバイモードになります。ポート 1 がアクティブ リンクになる場合、ポート 1 とスイッチ B との間でトラフィックの転送を開始し、ポート 2（バックアップ リンク）とスイッチ C との間のリンクでは、トラフィックは転送されません。ポート 1 がダウンすると、ポート 2 がアップ状態になってスイッチ C へのトラフィックの転送を開始します。ポート 1 が再びアップ状態に戻ってもスタンバイ モードになり、トラフィックを転送しません。ポート 2 がトラフィック転送を続けます。

図 *32 : FlexLink+*トポロジ



FlexLink+ ポート（この場合はスイッチ B とスイッチ C）に接続するアップリンク スイッチ インターフェイスで STP が設定されている場合は、高速コンバージェンスのため、このようなアップリンク スイッチ インターフェイスで **spanning-tree portfast trunk** コマンドを実行することをお勧めします。

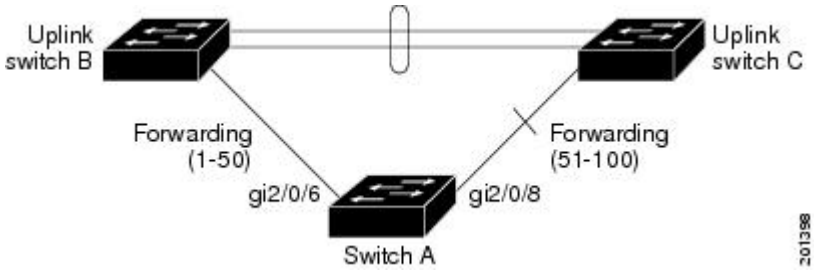
Flexlink+には、マルチキャストトラフィックのコンバージェンスを改善するための最適化が含まれています。最適化では、レイヤ 2 マルチキャスト スヌーピング メカニズムが使用され、Flexlink+が設定されたポートに接続されたアップリンクスイッチで、同じレイヤ2マルチキャストスヌーピング機能が有効になっている必要があります。

（注） IPv4 マルチキャストの場合、IGMP スヌーピングはデフォルトでオンになっています。アップリンクスイッチでIGMP スヌーピングを無効にする必要がある場合は、Flexlink+ホストスイッチでも無効にする必要があります。そうしないと、IGMP レポートがアクティブおよびスタンバイ Flexlink+ ポートでループし、CPU 使用率が過度に高くなる可能性があります。

VLAN ロードバランシングと FlexLink+

VLAN ロードバランシングにより、ユーザは相互に排他的な VLAN のトラフィックを両方のポートで同時に転送するように FlexLink+ ペアを設定できます。たとえば、FlexLink+ ポートが 1 ～ 100 の VLAN に対して設定されている場合、最初の 50 の VLAN のトラフィックを 1 つのポートで転送し、残りの VLAN のトラフィックをもう一方のポートで転送できます。どちらかのポートで障害が発生した場合には、もう一方のアクティブポートがすべてのトラフィックを転送します。障害が発生したポートが元に戻ると、優先 VLAN のトラフィックの転送を再開します。このように、FlexLink+ のペアは冗長性を提供するだけでなく、ロードバランシングの用途に使用できます。FlexLink+ VLAN ロードバランシングによってアップリンクスイッチが制約を受けることはありません。

図 *33 : FlexLink+* トポロジでの *VLAN* ロードバランシング



VLAN ロード バランシングを設定する際には、次の 2 種類の方法のいずれかを使用してトリガーを設定する必要もあります。

- プライマリエッジポートのあるスイッチ上で **rep preempt segment** 特権 EXEC コマンドを入力することで、いつでも手動で VLAN ロードバランシングをトリガーすることができます。
- **rep preempt delay** インターフェイス コンフィギュレーション コマンドを入力すると、プリエンプション遅延時間を設定できます。リンク障害が発生して回復すると、設定されたプリエンプション期間の経過後に VLAN ロード バランシングが開始されます。設定時間が経過する前に別のポートで障害が発生した場合、遅延タイマーが再開されます。

（注） VLAN ロード バランシングが設定されている場合、手動での介入またはリンク障害および回復によってトリガーされるまで、動作が開始されません。

VLAN ロード バランシングがトリガーされると、プライマリ エッジ ポートがメッセージを送信して、セグメント内の全インターフェイスにプリエンプションについて警告します。メッセージがセカンダリ ポートで受信されると、これがネットワークに反映され、メッセージ内で指定された VLAN セットをブロックするように代替ポートに通知し、残りの VLAN をブロックするようにプライマリ エッジ ポートに通知します。

またすべての VLAN をブロックするために、セグメント内の特定ポートを設定できます。プライマリ エッジ ポートだけによって VLAN ロード バランシングが開始され、セグメントが各

エンドでエッジポートによって終端されていない場合開始することができません。プライマリエッジ ポートは、ローカル VLAN ロード バランシング設定を決定します。

ロード バランシングを再設定するには、プライマリ エッジ ポートを再設定します。ロード バランシング設定を変更すると、プライマリ エッジ ポートでは、再び rep preempt segment コマンドが実行されるか、ポート障害および復旧のあとで設定済みプリエンプト遅延期間が経過してから、新規設定が実行されます。エッジ ポートを通常セグメント ポートに変更しても、既存の VLAN ロード バランシング ステータスは変更されません。新規エッジ ポートを設定すると、新規トポロジ設定になる可能性があります。

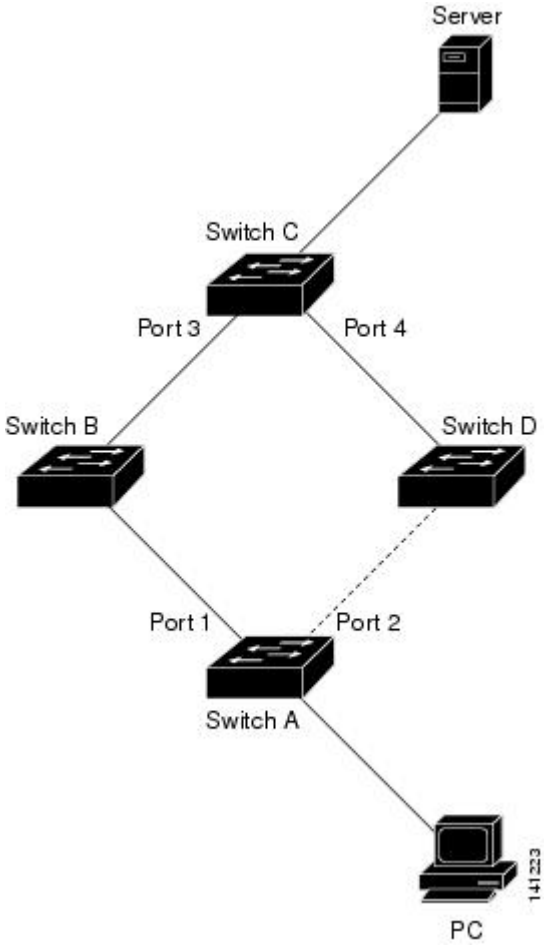
VLAN ロードバランシングがイネーブルの場合、デフォルトは手動でのプリエンプションで、遅延タイマーはディセーブルになっています。VLAN ロード バランシングが設定されていない場合、手動でのプリエンプション後のデフォルト動作は、プライマリ エッジ ポートで全 VLAN がブロックとなります。

プライマリリンクに障害が発生したときは、FlexLink+により、新しいアクティブインターフェイス経由でダミーのマルチキャストパケットが送信されます。ダミーのマルチキャストパケットのフォーマットは、次のとおりです。

宛先：01:00:0c:cd:cd:cd

送信元：新しいアクティブ Flex Link ポートのホストまたはポートの MAC アドレス。

図 *34 : FlexLink+*トポロジでのダミーのマルチキャストパケットの送信



上の図では、スイッチ A のポート 1 と 2 は Flex Link のペアを介してスイッチ B と D に接続しています。ポート 1 はトラフィックを転送していて、ポート 2 はブロッキング ステートです。PC からサーバへのトラフィックはポート 1 からポート 3 に転送されます。PC の MAC アドレスはスイッチ C のポート 3 で学習されています。サーバから PC へのトラフィックはポート 3 からポート 1 に転送されます。

ポート 1 がシャットダウンすると、ポート 2 がトラフィックの転送を開始します。ポート 2 へのフェールオーバー後に PC からサーバへのトラフィックがない場合、スイッチ C はポート 4 で PC の MAC アドレスを学習しません。このため、スイッチ C はポート 3 からサーバのトラフィックを PC に転送し続けます。ポート 1 がダウンしているため、サーバから PC へのトラフィックが消失します。この問題を軽減するため、この機能は、PC の送信元 MAC アドレスを持つダミーのマルチキャスト パケットをポート 2 経由で送信します。スイッチ C はポート 4 の PC の MAC アドレスを学習して、サーバから PC へのトラフィックの転送をポート 4 を経由して開始します。1 つのダミーのマルチキャスト パケットがすべての MAC アドレスに向けて送信されます。

（注）
- プリエンプションはリンク障害と見なされないため、ローカルで管理上のシャットダウンを行わないとリンクは再度フォワーディングを開始します。このような場合、この機能によりダイナミック ホストはフラッシュされ、移動されません。
- Flex Link ポートが再度フォワーディングとなった場合は、これに設定されているスタティック MAC アドレスを元に戻します。

Flexlink+ の設定方法

ここでは、Flexlink+ の設定方法について説明します。

FlexLink+ のアクティブポートの設定

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device# interface Port-channel2`	インターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 4	**switchport trunk allowed vlan** *vlan-list* 例： `Device(config-if)# switchport trunk allowed vlan 20-23,40,41`	インターフェイスの許可された VLAN を設定します。
ステップ 5	**switchport mode trunk** 例： `Device(config-if)# switchport mode trunk`	インターフェイスをレイヤ2 トランクとして設定します

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 6	**rep segment** *segment-id***edge no-neighbor primary** 例： `Device(config-if)# rep segment 1023 edge no-neighbor primary`	ポートを FlexLink+ のアクティブポートを設定できるプライマリエッジポートに指定します。1 セグメント内のプライマリ エッジ ポートは 1 つだけです。

FlexLink+ のスタンバイポートの設定

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。 • パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device# interface Port-channel7`	インターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 4	**switchport trunk allowed vlan** *vlan-list* 例： `Device(config-if)# switchport trunk allowed vlan 20-23,40,41`	インターフェイスの許可された VLAN を設定します。
ステップ 5	**switchport mode trunk** 例： `Device(config-if)# switchport mode trunk`	インターフェイスをレイヤ 2 トランクとして設定します
ステップ 6	**rep segment** *segment-id***edge no-neighbor preferred** 例： `Device(config-if)# rep segment 1023 edge no-neighbor preferred.`	（オプション）セグメントエッジを外部 REP ネイバーなしに指定します。ポートを FlexLink+ のスタンバイポートに指定します。 （注） スタンバイポートがブロッキングポートになるようにするには、**preferred** キーワードを使用します。

FlexLink+ の VLAN ロードバランシングの設定

VLAN ロードバランシングを設定するには、次の手順を実行します。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet2/0/8`	インターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。インターフェイスは物理レイヤ 2 インターフェイスまたはポート チャネル（論理インターフェイス）に設定できます。
ステップ 4	**switchport mode trunk** 例： `Device(config-if)# switchport mode trunk`	インターフェイスをレイヤ 2 トランクとして設定します
ステップ 5	**rep segment** *segment-id***edge no-neighbor primary** 例： `Device(config-if)# rep segment 300 edge no-neighbor primary`	ポートをプライマリエッジポートに指定します。
ステップ 6	**rep block port** *port-number* **vlan** *vlan-range* 例： `Device(config-if)# rep block port 2 vlan 1-50`	VLAN 1 ー 50 の転送トラフィックは、スタンバイポートでブロックされます。VLAN 51 ー 100 のトラフィックの転送は、アクティブポートでブロックされます。
ステップ 7	**exit** 例：	インターフェイス コンフィギュレーション モードを終了します。

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device(config-if) exit`	
ステップ 8	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet2/0/6`	インターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。インターフェイスは物理レイヤ 2 インターフェイスまたはポート チャネル（論理インターフェイス）に設定できます。
ステップ 9	**switchport mode trunk** 例： `Device(config-if)# switchport mode trunk`	インターフェイスをレイヤ 2 トランクとして設定します
ステップ 10	**rep segment** *segment-id***edge no-neighbor** 例： `Device(config-if)# rep segment 300 edge no-neighbor`	（オプション）セグメントエッジを外部 REP ネイバーなしに指定します。ポートを FlexLink+ のスタンバイポートに指定します。
ステップ 11	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

FlexLink+ トポロジ変更メッセージの伝達の設定

FlexLink+ プロトコルが大規模なドメインの一部として展開されている場合は、次の階層のデバイスへの FlexLink+ トポロジ変更メッセージの伝達を設定できます。FlexLink+ トポロジ変更メッセージの伝達を設定するには、次の手順を実行します。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet2/0/8`	インターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。インターフェイスは物理レイヤ 2 インターフェイスまたはポート チャネル（論理インターフェイス）に設定できます。
ステップ 4	**switchport mode trunk** 例： `Device(config-if)# switchport mode trunk`	インターフェイスをレイヤ 2 トランクとして設定します
ステップ 5	**rep segment** *segment-id***edge no-neighbor primary** 例： `Device(config-if)# rep segment 300 edge no-neighbor primary`	ポートをプライマリエッジポートとして指定します。
ステップ 6	**rep stcn stp** 例： `Device(config-if)# rep stcn stp`	FlexLink+ トポロジ変更メッセージを次の階層のデバイスに伝達します。
ステップ 7	**rep block port** *port-number* **vlan** *vlan-range* 例： `Device(config-if)# rep block port 2 vlan 1-50`	VLAN 1 ー 50 の転送トラフィックは、スタンバイポートでブロックされます。VLAN 51 ー 100 のトラフィックの転送は、アクティブポートでブロックされます。
ステップ 8	**exit** 例： `Device(config-if) exit`	インターフェイス コンフィギュレーション モードを終了します。
ステップ 9	**switchport mode trunk** 例： `Device(config-if)# switchport mode trunk`	インターフェイスをレイヤ 2 トランクとして設定します
ステップ 10	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface`	インターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。インターフェイスは物理レイヤ 2 インターフェイスまたは

	コマンドまたはアクション	目的
	gigabitethernet2/0/6	ポートチャネル（論理インターフェイス）に設定できます。
ステップ 11	**rep segment** *segment-id***edge no-neighbor** 例： `Device(config-if)# rep segment 300 edge no-neighbor`	（オプション）セグメントエッジを外部 REP ネイバーなしに指定します。ポートを FlexLink+ のスタンバイポートに指定します。
ステップ 12	**rep stcn stp** 例： `Device(config-if)# rep stcn stp`	FlexLink+ トポロジ変更メッセージを次の階層のデバイスに伝達します。
ステップ 13	**end** 例： `Device(config-if)# end`	特権 EXEC モードに戻ります。

プリエンプション時間遅延の設定

VLAN ロードバランシングのプリエンプション時間遅延を設定するには、次の手順を実行します。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**configure terminal** 例： `Device# configure terminal`	グローバル コンフィギュレーション モードを開始します。
ステップ 3	**interface** *interface-id* 例： `Device(config)# interface gigabitethernet2/0/8`	インターフェイスを指定し、インターフェイス コンフィギュレーション モードを開始します。インターフェイスは物理レイヤ2インターフェイスまたはポート チャネル（論理インターフェイス）に設定できます。
ステップ 4	**switchport mode trunk** 例：	インターフェイスをレイヤ2トランクとして設定します

	コマンドまたはアクション	目的
	`Device(config-if)# switchport mode trunk`	
ステップ 5	**rep preempt delay** *seconds* 例： `Device(config-if)# rep preempt delay 30`	プリエンプション時間遅延を設定します。リンク障害が発生して復旧した後に、VLANロードバランシングを自動的にトリガーします。遅延時間の範囲は 15 ～ 300 秒です。デフォルトは、遅延時間のない手動によるプリエンプションです。 （注） REPプライマリエッジポート上にだけこのコマンドを入力します。

VLAN ロードバランシングの手動によるプリエンプションの設定

プリエンプション時間遅延を入力しない場合、デフォルトではセグメントで VLAN ロードバランシングを手動でトリガーします。手動で VLAN ロードバランシングをプリエンプトする前に、他のすべてのセグメント設定が完了していることを確認してください。**rep preempt delay segment** コマンドを入力すると、プリエンプションによってネットワークが中断する可能性があるため、コマンド実行前に確認メッセージが表示されます。

手順

	コマンドまたはアクション	目的
ステップ 1	**enable** 例： `Device> enable`	特権 EXEC モードを有効にします。パスワードを入力します（要求された場合）。
ステップ 2	**rep preempt segment** *segment-id* 例： `Device# rep preempt segment 300`	手動により、セグメント上のVLANロードバランシングをトリガーします。指定できるセグメント ID の範囲は 1 ～ 1024 です。
ステップ 3	**show rep topology segment** *segment-id* 例： `Device# show rep topology segment 300`	セグメントの REP トポロジ情報を表示します。

FlexLink+ の設定例

次の項に、FlexLink+ の設定例を示します。

例：FlexLink+ のアクティブポートの設定

次に、FlexLink+ のアクティブポートを設定する方法の例を示します。

```
Device# interface Port-channel2
 Device(config-if)# switchport trunk allowed vlan 20-23,40,41
 Device(config-if)# switchport mode trunk
 Device(config-f)# rep segment 1023 edge no-neighbor primary
```

例：FlexLink+ のスタンバイポートの設定

次に、FlexLink+ のスタンバイポートを設定する方法の例を示します。

```
Device# interface Port-channel7
 Device(config-if)# switchport trunk allowed vlan 20-23,40,41
 Device(config-if)# switchport mode trunk
 Device(config-f)# rep segment 1023 edge no-neighbor preferred
```

例：FlexLink+ の VLAN ロードバランシングの設定

次の例は、FlexLink+ インターフェイスで設定された VLAN ロードバランシングを示しています。VLAN 1 ー 50 はアクティブポートでブロックされ、VLAN 51 ー 100 はスタンバイポートでブロックされます。

```
Device(config)# interface gigabitethernet2/0/8
 Device(config-if)# switchport mode trunk
 Device(confg-if)# rep segment 300 edge no-neighbor primary
 Device(config-if)# rep block port 2 vlan 1-50
 Device(confif-if)# exit
 Device(config)# interface gigabitethernet2/0/6
 Device(config-if)# switchport mode trunk
 Device(config-if)# rep segment 300 edge no-neighbor
 Device(config-if)# end
```

例：FlexLink+ トポロジ変更メッセージの伝達の設定

次の例は、FlexLink+ トポロジ変更メッセージの次の階層のデバイスへの伝達を設定する方法を示しています。

```
Device(config)# interface gigabitethernet2/0/8
 Device(config-if)# switchport mode trunk
 Device(confg-if)# rep segment 300 edge no-neighbor primary
Device(config-if)# rep stcn stp
 Device(config-if)# rep block port 2 vlan 1-50
 Device(confif-if)# exit
 Device(config)# interface gigabitethernet2/0/6
 Device(config-if)# switchport mode trunk
 Device(config-if)# rep segment 300 edge no-neighbor
```

```
Device(config-if)# rep stcn stp
 Device(config-if)# end
```

FlexLink+ の機能履歴

次の表に、このモジュールで説明する機能のリリースおよび関連情報を示します。

これらの機能は、特に明記されていない限り、導入されたリリース以降のすべてのリリースで使用できます。

リリース	機能	機能情報
Cisco IOS XE Gibraltar 16.12.1	FlexLink+	FlexLink+ 機能を使用すると、レイヤ 2 インターフェイス（トランクポートまたはポートチャネル）のペアを、一方のインターフェイスが他方のインターフェイスのバックアップとして機能するように設定できます。
Cisco IOS XE Amsterdam 17.2.1	FlexLink+ の VLAN ロードバランシング VLAN ロードバランシングのプリエンプション FlexLink+ のダミーのマルチキャストパケット	VLAN ロードバランシング機能が FlexLink+ に導入されました。VLAN ロードバランシングにより、ユーザは相互に排他的な VLAN のトラフィックを両方のポートで同時に転送するように FlexLink+ ペアを設定できます。 VLAN ロードバランシングは、手動でトリガーするか、プリエンプション遅延を設定することでトリガーできます。 プライマリリンクに障害が発生したときは、FlexLink+ により、新しいアクティブインターフェイス経由でダミーのマルチキャストパケットが送信されます。これらのパケットは、送信元 MAC アドレスの学習に役立ちます。

Cisco Feature Navigator を使用すると、プラットフォームおよびソフトウェアイメージのサポート情報を検索できます。Cisco Feature Navigator には、http://www.cisco.com/go/cfn からアクセスします。