

# Cisco IOS XR でのユニファイド MPLS の設定

## 目次

- [概要](#)
- [前提条件](#)
- [要件](#)
- [使用するコンポーネント](#)
- [背景説明](#)
- [設定](#)
- [ネットワーク図](#)
- [PE1 の設定](#)
- [ABR1 の設定](#)
- [確認](#)
- [トラブルシューティング](#)
- [関連情報](#)

## 概要

このドキュメントでは、ユニファイド マルチプロトコル ラベル スイッチング ( MPLS ) の目的について説明し、Cisco IOS<sup>®</sup> XR での設定例を示します。

## 前提条件

### 要件

このドキュメントに関しては個別の要件はありません。

### 使用するコンポーネント

このドキュメントの内容は、Cisco IOS XR に特化していますが、特定のソフトウェア リリースやハードウェアに限定されるものではありません。

本書の情報は、特定のラボ環境にあるデバイスに基づいて作成されたものです。このドキュメントで使用するすべてのデバイスは、初期 ( デフォルト ) 設定の状態から起動しています。稼働中のネットワークで作業を行う場合、コマンドの影響について十分に理解したうえで作業してください。

## 背景説明

ユニファイド MPLS の目的は拡張性です。異なるタイプのプラットフォームやサービスが含まれている MPLS ネットワークを拡張するには、ネットワークを複数のエリアに分割するのが適切な方法です。一般的な設計では、中央にコアがあり、両側にアグリゲーションが配置される階層が導入されます。拡張のために、コアとアグリゲーションで異なる内部ゲートウェイプロトコル ( IGP ) を使用することがあります。拡張のために、IGP プレフィックスを IGP 間で配布するこ

とはできません。IGP プレフィックスを IGP 間で配布しない場合は、エンドツーエンドのラベルスイッチドパス (LSP) は実現できません。

エンドツーエンドで MPLS サービスを提供するには、LSP がエンドツーエンドである必要があります。これは、MPLS サービス (MPLS VPN、MPLS L2VPN) をそのままの状態に維持し、かつ拡張性を向上することを目的としています。このためには、一部の IGP プレフィックスを Border Gateway Protocol (BGP) に移動します (プロバイダー エッジ (PE) ルータのループバックプレフィックス)。次にこれらのプレフィックスがエンドツーエンドで配布されます。

## 設定

注: [コマンド \(登録ユーザーのみ\)](#) のコマンドを研究する方法に関する詳細を得るために [検索](#) については [最良の方法](#) を参照して下さい。

## ネットワーク図

図 1 は、3 つの異なるエリアで構成される 1 つのネットワークを示します。1 つのコアエリアと両側の 2 つのアグリゲーション エリア。各エリアは専用の IGP を実行し、エリア境界ルータ (ABR) ではこれらのエリア間で再配布が行われません。エンドツーエンド MPLS LSP を提供するには、BGP を使用する必要があります。BGP は、ラベルが付いた PE ルータのループバックをドメイン全体にアドバタイズし、エンドツーエンド LSP を実現します。BGP は RFC 3107 (BGP ラベル付きユニキャスト) により PE と ABR の間に導入されました。つまり、BGP は IPv4 プレフィックス + ラベル (アドレス ファミリ識別子 (AFI) 1 と後続アドレス ファミリ識別子 (SAFI) 4) を送信します。

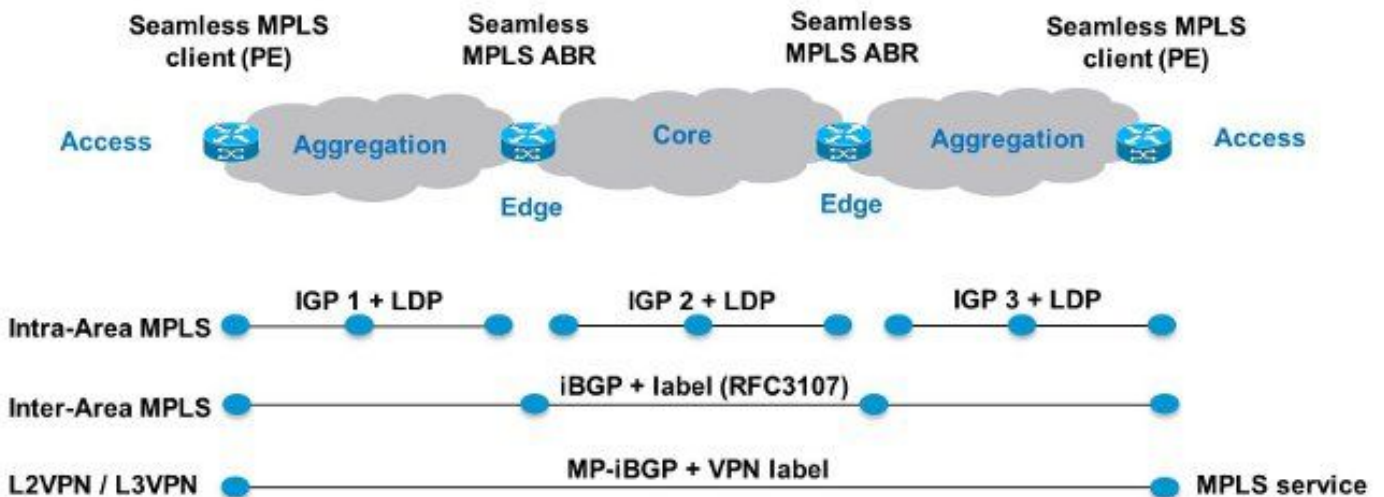


図 1

ネットワークのコア部分とアグリゲーション部分が統合されておりエンドツーエンド LSP が提供されているため、ユニファイド MPLS ソリューションは「シームレス MPLS」とも呼ばれます。

ここでは新しいテクノロジーまたはプロトコルは使用せず、MPLS、ラベル配布プロトコル (LDP)、IGP、BGP だけを使用します。ネットワーク内の部分間で PE ルータのループバックプレフィックスを配布しないため、プレフィックスを BGP で伝送する必要があります。内部ボーダーゲートウェイプロトコル (iBGP) が 1 つのネットワークで使用されているため、プレフィックスのネクストホップアドレスは PE ルータのループバックプレフィックスですが、これはネットワークの他の部分の IGP には認識されません。つまり、IGP プレフィックスへの再帰にネクストホップアドレスを使用できません。この場合の対策は、ABR ルータをルートリフレクタ (RR) にし、反映済みの iBGP プレフィックスでも、ネクストホップをそのホップ自体に設定することです。

RR のみが、このアーキテクチャをサポートするためにソフトウェアを必要とします。RR は、ネクストホップがそのホップ自体に設定された状態で BGP プレフィックスをアドバタイズするため、ローカル MPLS ラベルを BGP プレフィックスに割り当てます。つまり、データプレーンでは、これらのエンドツーエンド LSP で転送されるパケットの場合、ラベルスタックに追加の MPLS ラベルがあります。RR は転送パス上にあります。

**注:** このアーキテクチャを介してすべての MPLS サービスが提供されます。たとえば、サービス MPLS VPN または MPLS L2VPN が PE ルータ間で提供されます。これらのパケットのデータプレーンの相違点は、ラベルスタックに 3 つのラベルがあることです。一方、ユニキャスト MPLS を使用しない場合、ラベルスタックにあるラベルは 2 つです。

次の 2 つのシナリオが考えられます。

- ABR は、ABR によりネットワークのアグリゲーション部分にアドバタイズ (BGP により反映) されたプレフィックスの場合、ネクストホップをそのホップ自体に設定しません。このため、ABR は ABR のループバックプレフィックスをコア IGP からアグリゲーション IGP に再配布する必要があります。この作業を行っても、まだ拡張性があります。アグリゲーション部分にアドバタイズする必要があるのは (コアからの) ABR ループバックプレフィックスだけであり、リモートアグリゲーション部分の PE ルータからのループバックプレフィックスはアドバタイズする必要はありません。
- ABR は、ABR によりアグリゲーション部分にアドバタイズ (BGP により反映) されたプレフィックスの場合、ネクストホップをそれ自体に設定します。このため、ABR は ABR のループバックプレフィックスをコア IGP からアグリゲーション IGP に再配布する必要はありません。

両方のシナリオで、ABR は、ABR によりネットワークのアグリゲーション部分からコア部分にアドバタイズ (BGP により反映) されたプレフィックスの場合、ネクストホップをそれ自体に設定します。このように設定していない場合、ABR は PE のループバックプレフィックスを、アグリゲーション IGP からコア IGP に再配布する必要があります。この作業を行うと、拡張性はなくなります。

異なる構成は ABR の反映された iBGP によって分類されるユニキャストルーティングのための自己にネクストホップを設定するために適用することができます。

Cisco IOS XR で RFC 3107 を有効にする目的では、以下のソリューションは機能しません。

- next-hop-self が機能しない。

次に、例を示します。

```
router bgp 1
neighbor 10.100.1.1
```

```
remote-as 1
update-source Loopback0
address-family ipv4 labeled-unicast
  route-reflector-client
  next-hop-self
!
```

• set next-hop self を使用した RPL が機能しない。  
次に、例を示します。

```
router bgp 1
  neighbor 10.100.1.1
  remote-as 1
  update-source Loopback0
  address-family ipv4 labeled-unicast
  route-reflector-client
  route-policy nhs-ibgp-3107 out
!
```

```
route-policy nhs-ibgp-3107
  set next-hop self
end-policy
```

• set next-hop to peer-address はアタッチ ポイントに対して有効な演算子ではない。  
次に、例を示します。

```
router bgp 1
  neighbor 10.100.1.1
  address-family ipv4 labeled-unicast
  route-policy nhs-ibgp-3107-peer out
```

```
!!% Could not find entry in list: Policy [nhs-ibgp-3107-peer]
uses 'set-to-peer-address next-hop'. 'set' is not a valid
operator for the 'next-hop' attribute at the bgp neighbor-out-dflt attach point.
!
!
!
route-policy nhs-ibgp-3107-peer
  set next-hop peer-address
end-policy
```

• ルート ポリシーおよび *ibgp* ポリシー実施修正の特定のアドレスへの set next-hop ははた  
きません  
次に、例を示します。

```
router bgp 1
  ibgp policy out enforce-modifications
!
neighbor 10.100.1.1
remote-as 1
update-source Loopback0
address-family ipv4 labeled-unicast
route-reflector-client
route-policy nhs-ibgp-3107 out
!
!
route-policy nhs-ibgp-3107-peer
  set next-hop 10.100.1.3
end-policy
```

これらのソリューションははたらきます。

**ibgp ポリシー実施修正を持つことを確かめて下さい!**

次に、例を示します。

```
router bgp 1
  ibgp policy out enforce-modifications
  !
neighbor 10.100.1.1
remote-as 1
update-source Loopback0
address-family ipv4 labeled-unicast
route-reflector-client
  next-hop-self
  !
  !
```

次に、例を示します。

```
router bgp 1
  ibgp policy out enforce-modifications
  !
neighbor 1.100.1.1
remote-as 1
update-source Loopback0
address-family ipv4 labeled-unicast
route-reflector-client
  route-policy nhs-ibgp-3107 out
  !
  !
route-policy nhs-ibgp-3107
  set next-hop self
end-policy
```

次に、例を示します。

```
router bgp 1
ibgp policy out enforce-modifications
!
neighbor 10.100.1.1
  remote-as 1
  update-source Loopback0
  address-family ipv4 labeled-unicast
  route-reflector-client
  route-policy nhs-ibgp-3107 out
  next-hop-self
  !
  !
!
route-policy nhs-ibgp-3107
  set next-hop self
end-policy
```

次に、例を示します。

```
router bgp 1
ibgp policy out enforce-modifications
!
```

```
neighbor 10.100.1.1
  remote-as 1
  update-source Loopback0
  address-family ipv4 labeled-unicast
    route-reflector-client
    route-policy nhs-ibgp-3107 out
    next-hop-self
  !
  !
  !
route-policy nhs-ibgp-3107
  set next-hop 10.100.1.3
end-policy
```

## PE1 の設定

```
hostname PE1
!
vrf one <<< MPLS service is MPLS VPN
  address-family ipv4 unicast
    import route-target
      1:1
    !
    export route-target
      1:1
    !
    !
    address-family ipv6 unicast
    import route-target
      1:1
    !
    export route-target
      1:1
    !
    !
interface Loopback0
  ipv4 address 10.100.1.1 255.255.255.255
!
!
interface GigabitEthernet0/0/0/0
  ipv4 address 10.1.1.1 255.255.255.0
!
!
interface GigabitEthernet0/0/0/1 <<< VRF interface to CE1
  vrf one
  ipv4 address 10.9.1.3 255.255.255.0
!
!
router ospf 1
  router-id 10.100.1.1
  area 0
  interface Loopback0
  !
  interface GigabitEthernet0/0/0/0
    network point-to-point
  !
  !
!
router bgp 1
  address-family ipv4 unicast
  network 10.100.1.1/32 <<< advertise PE loopback in BGP
  allocate-label all
```

```

!
address-family vpnv4 unicast
!
neighbor 10.100.1.3
remote-as 1
update-source Loopback0
address-family ipv4 labeled-unicast
!
!
neighbor 10.100.1.7 <<< vpnv4 iBGP session to PE2
remote-as 1
update-source Loopback0
address-family vpnv4 unicast
!
!
vrf one
rd 1:1
address-family ipv4 unicast
!
neighbor 10.9.1.2 <<< eBGP session to CE1
remote-as 65001
address-family ipv4 unicast
route-policy pass in
route-policy pass out
!
!
!
!
mpls ldp
mldp
logging notifications
address-family ipv4
!
!
router-id 10.100.1.1
address-family ipv4
!
interface GigabitEthernet0/0/0/0
address-family ipv4
!
!
!

```

## ABR1 の設定

```

hostname ABR1
!
interface Loopback0
ipv4 address 10.100.1.3 255.255.255.255
!
!
interface GigabitEthernet0/0/0/0
ipv4 address 10.1.3.3 255.255.255.0
!
interface GigabitEthernet0/0/0/1
ipv4 address 10.1.2.3 255.255.255.0
!
route-policy nhs-ibgp-3107
set next-hop 10.100.1.3 <<< set next hop to loopback
end-policy
!
route-policy connected-into-ospf2
if destination in (10.100.1.3/32) then

```

```

    pass
endif
end-policy
!
router ospf 1
router-id 10.100.1.3
area 0
interface Loopback0
!
interface GigabitEthernet0/0/0/1
network point-to-point
!
!
!
router ospf 2
redistribute connected route-policy connected-into-ospf2
area 0
interface GigabitEthernet0/0/0/0
network point-to-point
!
!
!
router bgp 1
ibgp policy out enforce-modifications
address-family ipv4 unicast
allocate-label all
!
neighbor 10.100.1.1 <<< iBGP neighbor PE1
remote-as 1
update-source Loopback0
address-family ipv4 labeled-unicast
  route-reflector-client
  route-policy nhs-ibgp-3107 out
  next-hop-self
!
!
neighbor 10.100.1.5 <<< iBGP neighbor ABR2
remote-as 1
update-source Loopback0
address-family ipv4 labeled-unicast
  route-policy nhs-ibgp-3107 out
  next-hop-self
!
!
!
mpls ldp
mldp
address-family ipv4
!
!
router-id 10.100.1.3
interface GigabitEthernet0/0/0/0
address-family ipv4
discovery transport-address interface
!
!
interface GigabitEthernet0/0/0/1
address-family ipv4
!
!

```

**注:** *allocate-label all* または *allocate-label route-policy* が必要です。それ以外の場合は、ABR が iBGP 反映ルートのネクスト ホップであるため、ラベル付きユニキャスト ルートに

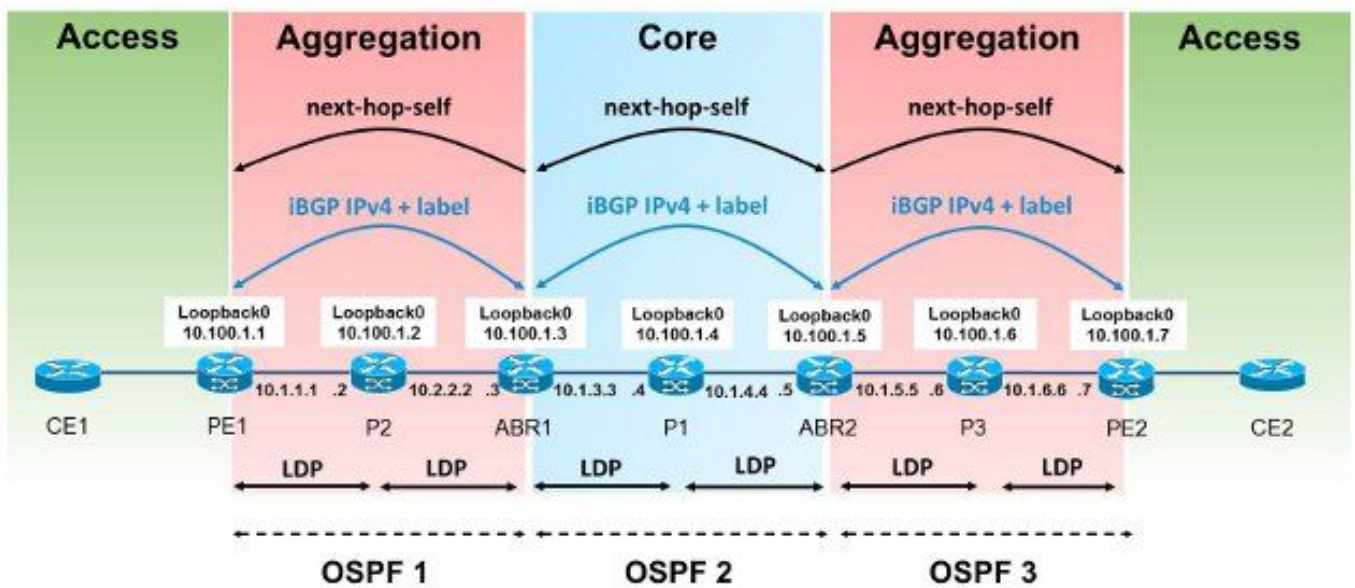


は必要なローカル ラベルは含まれていません。

注: コア IGP ( OSPF 2 ) のアグリゲーション IGP ( OSPF 1 または OSPF 3 ) への再配布またはその逆方向の再配布は実行されません。ただし、ABR/RR のループバックプレフィックスがアグリゲーション IGP で既知であることも必要です。これにより、PE ルータの BGP が RR のループバックとピアリングできます。そのため、接続ルートのアグリゲーション IGP への再配布は RPL を使用して実行されます。再配布された接続ルートは、RPL を使用する ABR のループバックプレフィックスに限定されます。

## 確認

図 2 を参照してコントロールプレーンの動作を検証してください。



## 図 2

図 3 を参照して MPLS ラベル アドバタイズを検証してください。

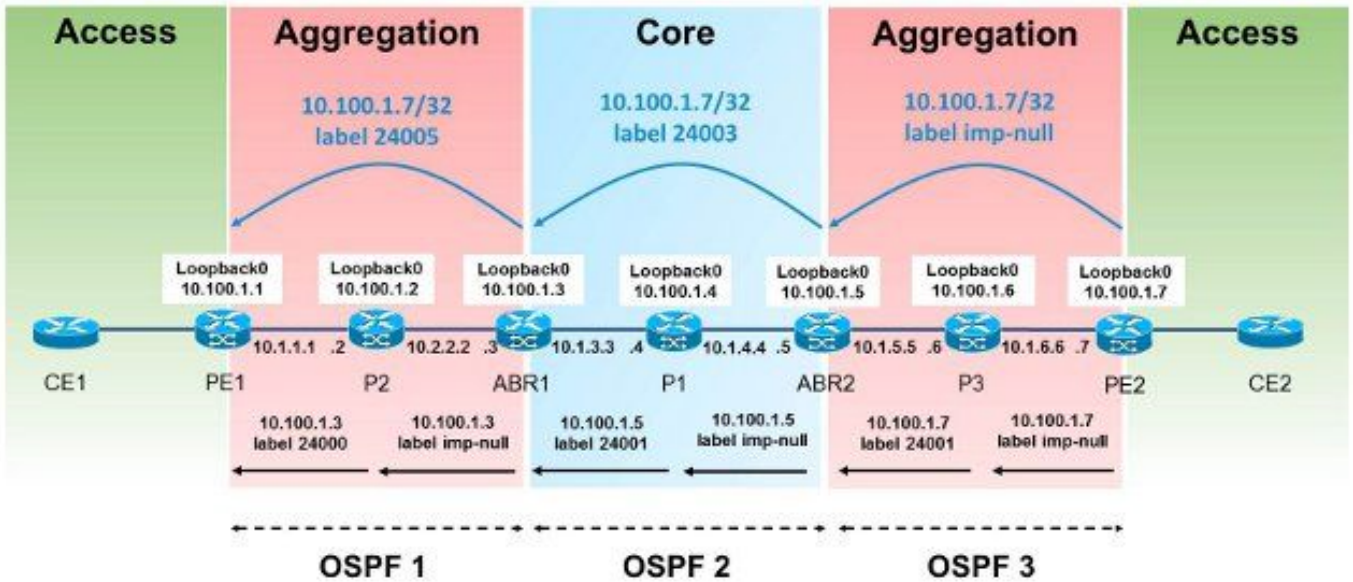


図 3

図 4 を参照してパケット転送を検証してください。

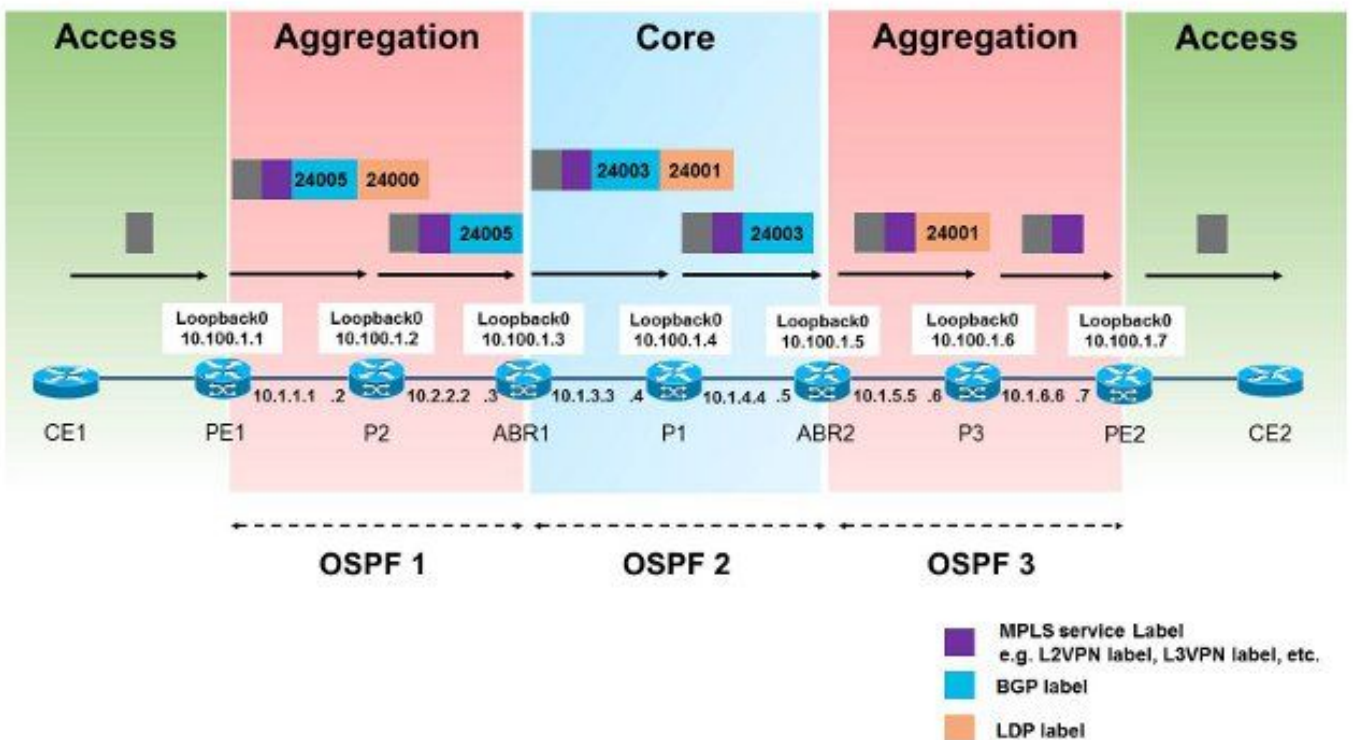


図 4

これは、パケットが PE1 から PE2 へ転送される様子を示しています。PE2 のループバックプレフィックスは 10.100.1.7/32 であるため、このプレフィックスは対象となります。

```
Protocol [ipv4]:
Target IP address: 10.100.1.7
Source address: 10.100.1.1
Numeric display? [no]:
Timeout in seconds [3]:
Probe count [3]:
Minimum Time to Live [1]:
Maximum Time to Live [30]:
Port Number [33434]:
Loose, Strict, Record, Timestamp, Verbose[none]:
```

```
Type escape sequence to abort.
Tracing the route to 10.100.1.7
```

```
 1 10.1.1.2 [MPLS: Labels 24000/24005 Exp 0] 439 msec 119 msec 109 msec
 2 10.1.2.3 [MPLS: Label 24005 Exp 0] 109 msec 109 msec 109 msec
 3 10.1.3.4 [MPLS: Labels 24001/24003 Exp 0] 99 msec 99 msec 149 msec
 4 10.1.4.5 [MPLS: Label 24003 Exp 0] 119 msec 119 msec 99 msec
 5 10.1.5.6 [MPLS: Label 24001 Exp 0] 109 msec 139 msec 99 msec
 6 10.1.6.7 109 msec * 109 msec
```

ラベル 24000 は、プレフィクス 10.100.1.3/32 について P2 から取得する LDP ラベルです。ラベル 24005 は、プレフィクス 10.100.1.7/32 について取得する BGP RFC 3107 ラベルです。

```
RP/0/0/CPU0:PE1#show route 10.100.1.7/32
```

```
Routing entry for 10.100.1.7/32
  Known via "bgp 1", distance 200, metric 0, [ei]-bgp, type internal
  BIER rid=0x0, flags=0x0, count=0
  Installed May 27 02:52:07.184 for 00:08:52
  Routing Descriptor Blocks
    10.100.1.3, from 10.100.1.3 <<< next-hop is ABR1
    Route metric is 0
  No advertising protos.
```

```
RP/0/0/CPU0:PE1#show cef 10.100.1.7/32
```

```
10.100.1.7/32, version 89, internal 0x1000001 0x0 (ptr 0xa1470f74)
[1], 0x0 (0xa1456614), 0xa08 (0xa16181e0)
Updated May 27 02:52:07.203
Prefix Len 32, traffic index 0, precedence n/a, priority 4
via 10.100.1.3, 3 dependencies, recursive [flags 0x6000]
  path-idx 0 NHID 0x0 [0xa16806f4 0x0]
  recursion-via-/32
  next hop 10.100.1.3 via 24001/0/21
  local label 24003
  next hop 10.1.1.2/32 Gi0/0/0/0 labels imposed {24000 24005}
```

```
RP/0/0/CPU0:PE1#show bgp ipv4 unicast labels
```

```
BGP router identifier 10.100.1.1, local AS number 1
BGP generic scan interval 60 secs
Non-stop routing is enabled
BGP table state: Active
Table ID: 0xe0000000 RD version: 44
BGP main routing table version 44
BGP NSR Initial initsync version 2 (Reached)
BGP NSR/ISSU Sync-Group versions 0/0
BGP scan interval 60 secs
```

```
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best
               i - internal, r RIB-failure, S stale, N Nexthop-discard
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
Network          Next Hop          Rcvd Label          Local Label
```

```
*> 10.100.1.1/32      0.0.0.0      nolabel      3
*>i10.100.1.7/32     10.100.1.3   24005       24003
```

Processed 2 prefixes, 2 paths

ABR1 への Penultimate Hop Popping ( PHP ) が存在します。

```
RP/0/0/CPU0:P2#show mpls forwarding labels 24000
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or ID	Outgoing Interface	Next Hop	Bytes Switched
24000	Pop	10.100.1.3/32	Gi0/0/0/1	10.1.2.3	694765

ラベル 24005 は ABR1 上でラベル 24003 と交換されます。

```
RP/0/0/CPU0:ABR1#show bgp ipv4 unicast labels
```

```
BGP router identifier 10.100.1.3, local AS number 1
BGP generic scan interval 60 secs
Non-stop routing is enabled
BGP table state: Active
Table ID: 0xe0000000 RD version: 60
BGP main routing table version 60
BGP NSR Initial initsync version 2 (Reached)
BGP NSR/ISSU Sync-Group versions 0/0
BGP scan interval 60 secs
```

Status codes: s suppressed, d damped, h history, \* valid, > best  
i - internal, r RIB-failure, S stale, N Nexthop-discard

Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete

Network	Next Hop	Rcvd Label	Local Label
*>i10.100.1.1/32	10.100.1.1	3	24003
*>i10.100.1.7/32	10.100.1.5	24003	24005

Processed 2 prefixes, 2 paths

```
RP/0/0/CPU0:ABR1#show mpls forwarding labels 24005
```

Wed May 27 04:08:24.255 UTC

Local Label	Outgoing Label	Prefix or ID	Outgoing Interface	Next Hop	Bytes Switched
24005	24003	10.100.1.7/32		10.100.1.5	6347

P1 から ABR2 への PHP が存在します。

```
RP/0/0/CPU0:P1#show mpls forwarding labels 24001
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or ID	Outgoing Interface	Next Hop	Bytes Switched
24001	Pop	10.100.1.5/32	Gi0/0/0/1	10.1.4.5	348835

ABR2 が PE2 から受け取る RFC 3107 ルート 10.100.1.7/32 の BGP ラベルは 3 です。これは、PHP を示す暗黙的な NULL ラベルです。

```
RP/0/0/CPU0:ABR2#show bgp ipv4 unicast labels
```

```
BGP router identifier 10.100.1.5, local AS number 1
BGP generic scan interval 60 secs
Non-stop routing is enabled
BGP table state: Active
Table ID: 0xe0000000 RD version: 47
BGP main routing table version 47
```

```
BGP NSR Initial initsync version 2 (Reached)
BGP NSR/ISSU Sync-Group versions 0/0
BGP scan interval 60 secs
```

```
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best
              i - internal, r RIB-failure, S stale, N Nexthop-discard
```

```
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
```

Network	Next Hop	Rcvd Label	Local Label
*>i10.100.1.1/32	10.100.1.3	24003	24005
*>i10.100.1.7/32	10.100.1.7	3	<b>24003</b>

```
Processed 2 prefixes, 2 paths
```

ラベル 24003 は ABR2 上でラベル 24001 と交換されます。

```
RP/0/0/CPU0:ABR2#show mpls forwarding labels 24003
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or ID	Outgoing Interface	Next Hop	Bytes Switched
24003	24001	10.100.1.7/32	Gi0/0/0/0	10.1.5.6	403676

P3 から PE2 への PHP があります。

```
RP/0/0/CPU0:P3#show mpls forwarding labels 24001
```

Local Label	Outgoing Label	Prefix or ID	Outgoing Interface	Next Hop	Bytes Switched
24001	Pop	10.100.1.7/32	Gi0/0/0/1	10.1.6.7	685191

```
RP/0/0/CPU0:PE2#show bgp ipv4 unicast labels
```

```
BGP router identifier 10.100.1.7, local AS number 1
BGP generic scan interval 60 secs
Non-stop routing is enabled
BGP table state: Active
Table ID: 0xe0000000 RD version: 42
BGP main routing table version 42
BGP NSR Initial initsync version 2 (Reached)
BGP NSR/ISSU Sync-Group versions 0/0
BGP scan interval 60 secs
```

```
Status codes: s suppressed, d damped, h history, * valid, > best
              i - internal, r RIB-failure, S stale, N Nexthop-discard
```

```
Origin codes: i - IGP, e - EGP, ? - incomplete
```

Network	Next Hop	Rcvd Label	Local Label
*>i10.100.1.1/32	10.100.1.5	24005	24004
*> 10.100.1.7/32	0.0.0.0	nolabel	3

```
Processed 2 prefixes, 2 paths
```

## トラブルシューティング

現在のところ、この設定に関する特定のトラブルシューティング情報はありません。

## 関連情報

- [シームレス MPLS アーキテクチャ](#)
- [テクニカル サポートとドキュメント – Cisco Systems](#)