



# OSPF のセグメント ルーティング トラフィック エンジニアリング

この章では、OSPF を使用してセグメント ルーティング トラフィック エンジニアリングを実装する方法について説明します。

- [OSPF のセグメント ルーティング トラフィック エンジニアリングの機能情報](#) (1 ページ)
- [OSPF のセグメント ルーティング トラフィック エンジニアリングの制約事項](#) (2 ページ)
- [OSPF のセグメント ルーティング トラフィック エンジニアリングに関する情報](#) (2 ページ)
- [OSPF のセグメント ルーティング トラフィック エンジニアリングの設定方法](#) (12 ページ)
- [SR-TE トンネルの構成の確認](#) (20 ページ)

## OSPF のセグメント ルーティング トラフィック エンジニアリングの機能情報

次の表に、このモジュールで説明した機能に関するリリース情報を示します。この表は、ソフトウェア リリース トレインで各機能のサポートが導入されたときのソフトウェア リリースだけを示しています。その機能は、特に断りがない限り、それ以降の一連のソフトウェア リリースでもサポートされます。

プラットフォームのサポートおよびシスコソフトウェアイメージのサポートに関する情報を検索するには、Cisco Feature Navigator を使用します。Cisco Feature Navigator にアクセスするには、[www.cisco.com/go/cfn](http://www.cisco.com/go/cfn) に移動します。Cisco.com のアカウントは必要ありません。

表 1: OSPFのセグメントルーティングトラフィックエンジニアリングの機能情報

機能名	リリース	機能情報
OSPFのセグメントルーティングトラフィックエンジニアリング	Cisco IOS XE Amsterdam 17.3.2	<p>トラフィックエンジニアリング (TE) トンネルは、トンネルの入力とトンネルの宛先との間でインスタンス化されたTE LSPのコンテナです。TE トンネルは、同じトンネルに関連付けられた1つ以上のSR-TE LSPをインスタンス化できます。</p> <p>次のコマンドが追加または修正されました。</p> <p><b>show mpls traffic-eng tunnels、 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic segment-routing、 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 segment-routing、 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit name MIXED_PATH segment-routing、 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit name IP_PATH1 segment-routing、 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit name NODE_PATH segment-routing。</b></p>

## OSPFのセグメントルーティングトラフィックエンジニアリングの制約事項

- セグメントルーティングトラフィックエンジニアリングは、OSPFv2でのみサポートされています。
- SR-TEは、ブロードキャストインターフェイスではサポートされていません。ポイントツーポイントインターフェイスのみサポートしています。
- 特定の時点で、TEに対して有効にする必要があるプロトコルのインスタンスは1つだけです。

## OSPFのセグメントルーティングトラフィックエンジニアリングに関する情報

トラフィックエンジニアリング (TE) トンネルは、トンネルの入力とトンネルの宛先との間でインスタンス化されたTE LSPのコンテナです。TE トンネルは、同じトンネルに関連付けられた1つ以上のSR-TE LSPをインスタンス化できます。SR-TE LSPパスが宛先ノードへの同じIGPパスに必ずしも従うとは限りません。この場合、SR-TEパスには、SR-TE LSPが通過するノードおよび/またはリンクのプレフィックスSIDおよび/または隣接関係SIDのセットを指定することができます。

ヘッドエンドは、トンネルを通して伝送される発信パケットに、対応するMPLSラベルスタックを課します。SR-TE LSPパスに沿った各通過ノードは、パケットが最終的な宛先に到達するまで、着信トップラベルを使用してネクストホップを選択し、ラベルをポップまたはスワップし、ラベルスタックの残りの部分を使用して次のノードにパケットを転送します。OSPFは、トポロジおよびSRに関連する情報をTEに提供します。SR関連情報には、ネットワーク内でSRが有効になっているすべてのノード/リンクのSRGB/プレフィックス/隣接関係SIDが含まれます。

## OSPFのセグメントルーティングトラフィックエンジニアリングを使用する利点

セグメントルーティングトラフィックエンジニアリングは、次のような役に立つすべての最適化と制約を包括的にサポートしています。

- 遅延
- 帯域幅
- ディスジョイントネス
- リソース回避

OSPFv2は、SR-TEに以下の機能を提供します。

- OSPFv2は、TEモジュールにSR情報とともにTEトポロジ情報を提供します。
- TEでは、この情報を使用し、プレフィックスおよび/または隣接関係セグメントの組み合わせを使用して、1つ以上のセグメントで構成されるSR TEパス/トンネルを構築します。
- TEが関連するプレフィックスの場合、OSPFはフォワーディングプレーンをセットアップするためのファーストホップの解決策を提供します。
- また、SR TE トンネルは、SR-TE トンネル上のトラフィックを即転送するためにOSPF (RSVP TE トンネルなど) に再度アダプタイズされます。

## OSPFv2 セグメントルーティングトラフィックエンジニアリング機能

OSPFv2は、SR-TEのために以下の機能を実行します。

- OSPFv2は、TEモジュールにSR情報とともにTEトポロジ情報を提供します。
- TEでは、この情報を使用し、プレフィックスおよび/または隣接関係セグメントの組み合わせを使用して、1つ以上のセグメントで構成されるSR TEパス/トンネルを構築します。
- TEが関連するプレフィックスの場合、OSPFはフォワーディングプレーンをセットアップするためのファーストホップの解決策を提供します。
- また、SR TE トンネルは、SR-TE トンネル上のトラフィックを即転送するためにOSPF (RSVP TE トンネルなど) に再度アダプタイズされます。

## 保護された隣接関係 SID

セグメントルーティングは、ポイントツーポイントインターフェイスおよびブロードキャストインターフェイスに対して保護された隣接関係 SID を作成します。セグメントルーティングは、それらを保護されていない隣接関係 SID とともに、拡張リンクステートアドバタイズメント (LSA) にアドバタイズします。保護された隣接関係 SID は修復パスを持つことができますが、修復パスを持つことが保証されるわけではありません。

## トラフィック エンジニアリング インターフェイス

SR-TE 機能をサポートするため、TE は、TE トポロジに関する情報を配布および受信するためのさまざまなコンポーネントや IGP (OSPF および ISIS) と連携します。SR-TE サポートの場合、OSPF は、さまざまな LSA を通じて受信した SR 情報を TE に追加で提供する必要があります。

- ルータ情報 LSA
- 拡張プレフィックス LSA
- 拡張リンク LSA

TE インターフェイスは、TE 用に設定されたリンクに関連付けられた、帯域幅リソース、制約、機能、その他の属性などの情報を配布します。リンク情報は、不透明な LSA を使用して他のルータに配布され、TE によってローカルトポロジデータベースを作成するために使用されます。トポロジデータベースは、TE が LSP を確立するための適切な制約ベースのパスを計算できるようにするための鍵となる要素です。TE は IGP とも連携し、ルーティングパケット用に TE ヘッドエンドインターフェイスを考慮できる場合に通知します。

## アンナンバード サポート

アンナンバードリンクの IS-IS の説明には、リモートインターフェイス ID 情報は含まれません。アンナンバードリンクのリモートインターフェイス ID には、SR-TE トンネルの一部としてアンナンバードリンクを含める必要があります。

## 隣接関係転送のためのセグメントルーティングトラフィックエンジニアリング サポート

MPLS TE 転送隣接機能は、OSPF でサポートされます。この場合、TE トンネルは IGP ネットワーク内のリンクと見なされます。TE トンネルインターフェイスは、他のリンクと同様に、IGP ネットワーク内にアドバタイズされます。その後、ルータはこれらのリンクを使用して最短パスツリー (SPT) を計算できます。



(注) この機能は、SR-TE トンネルではサポートされていません。

## 自動ルート アナウンスのためのセグメントルーティングトラフィックエンジニアリング サポート

MPLS TE 自動ルートアナウンス機能は、TE トンネルをファーストホップとして使用する OSPF によって、ノードがそのトンネル経由で到達可能な場合にサポートされます。これにより、TE トンネルのテールエンドへ向かう下流方向のノードへのトラフィックがトンネルを通して流れます。OSPF では、RSVP を使用した MPLS TE トンネル設定と同様に、SR-TE トンネル上での自動ルートをサポートします。

SR-TE LSP をインスタンス化する TE トンネルは、IGP のショートカットとして IGP (OSPF および ISIS) に自動ルートアナウンス (AA) することができます。IGP はネクストホップとして TE トンネルを使用し、最短パスが TE トンネルの宛先よりも遅くなるすべての IP プレフィックスに対して RIB にルートをインストールします。TE トンネルの自動ルートアナウンスは、IPv4 プレフィックスを運ぶためにサポートされています。

### 自動ルート アナウンス IP2MPLS

SR トンネルのための自動ルート IP2MPLS 機能は、SR-TE トンネルのヘッドエンド/入力と、ヘッドエンド/入力にパケットを指定/ルーティングして戻すノードとの間で、潜在的なパケットが無限にループするのを回避するために導入されました。

このソリューションは、SR-TE トンネルにマッピングされるプレフィックスに対して2セットのパスを転送するヘッドエンドプログラミングで構成されています。1つ目は、発信インターフェイスをトンネルインターフェイスとして持ち、マッピングされているプレフィックスの純粋な IP ルートです。これにより、IP トラフィックをトンネル経由で直接マッピングできます。2つ目は、トンネルにマップされたプレフィックスの MPLS パスです。この場合プレフィックス SID ラベルは IGP の最短パス発信インターフェイス、つまり非トンネル出力インターフェイスでプログラムされます。

### SR-TE LSP のインスタンス化

トラフィックエンジニアリング (TE) トンネルは、1つ以上のインスタンス化された TE LSP のコンテナです。SR-TE LSP は、TE トンネルのパスオプションで「segment-routing」を設定することによってインスタンス化されます。トンネルにマップされたトラフィックは、プライマリ SR-TE のインスタンス化 LSP を介して転送されます。

同じトンネルの下で複数のパスオプションを設定することもできます。各パスオプションには、プリファレンスインデックスまたはパスオプションインデックスが割り当てられていて、プライマリ LSP をインスタンス化するためのより有利なパスオプションを決定するために使用されます。パスオプションのプリファレンスインデックスが低いほど、パスオプションがより有利になります。同じ TE トンネルにおける他のあまり有利ではないパスオプションは、セカンダリパスオプションと見なされ、(たとえば、パス上の障害が原因で) 現在使用されているパスオプションが無効になった場合に使用されることがあります。



(注) フォワーディングステートは、プライマリ LSP に対してのみ維持されます。

## トンネルパスアフィニティの検証

トンネルパスのアフィニティは、トンネルインターフェイスで `tunnel mpls traffic-eng affinity` コマンドを使用して指定することができます。

ヘッドエンドは、指定された SR パスが設定されたアフィニティに準拠していることを検証します。これにより、SR パスの各セグメントのパスは、指定された制約に照らして検証される必要があります。パスの少なくとも1つのセグメントが設定されているアフィニティを満たさない場合、そのパスは設定されているアフィニティ制約に対して無効として宣言されます。

## SR-TE トラフィックのロードバランシング

SR-TE トンネルは、次のロードバランシング オプションをサポートします。

### ポートチャネル TE リnkのロードバランシング

ポートチャネルインターフェイスは SR-TE LSP トラフィックを運びます。このトラフィック負荷は、ポートチャネルメンバーリンクと、SR-TE LSP の先頭または中間のバンドルインターフェイス上でバランスをとります。

### 単一トンネルでのロードバランシング

同じコストのマルチパスプロトコル (ECMP) を使用している間、特定のプレフィックス SID へのパスが複数のネクストホップを指す場合があります。さらに、SR-TE LSP パスが、ECMP を持つ1つ以上のプレフィックス SID を通過する場合、SR-TE LSP トラフィック負荷は、SR-TE LSP パスに沿ってヘッドエンドまたは中間点の通過したノードから通過した各プレフィックス SID の ECMP パスでバランスをとります。

### 複数トンネルでのロードバランシング

スタティックルートを設定するか、同じ宛先に対して複数の並列トンネルを自動ルートアナウンスをすると、複数の TE トンネルを特定の IP プレフィックスへのルーティングのためのネクストホップパスとして使用することができます。このような場合、トンネルはトラフィック負荷を均等に共有するか、複数の並列トンネル上でトラフィックをロードバランシングします。トンネルヘッドエンドでトンネルごとの明示的な設定を使用して不等なロードバランシング (UEL B) を許可することも可能です。この場合、トンネルのロードシェアは MPLS-TE からフォワーディングプレーンに渡されます。

トンネルのロードシェア機能は、SR-TE LSP をインスタンス化する TE トンネルで引き続き機能します。

## SR-TE トンネルの再最適化

TE トンネルの再最適化は、ヘッドエンドが、現在使用しているパスよりも最適な利用できるパスがあると判断した場合に発生します。たとえば、SR-TE LSP パスに沿って障害が発生した場合、ヘッドエンドは再最適化をトリガーすることによって、より最適なパスを検出し復帰することができます。

SR-TE LSP をインスタンス化するトンネルは、トンネルを通して運ばれるトラフィックに影響を与えずに再最適化できます。

再最適化は、次の理由で発生します。

- プライマリ SR-TE LSP 明示的パスによって使用される明示的なパスホップが変更された。
- トポロジパスが切断されているか、明示的パスで指定されている SID データベースで SID が見つからないため、現在使用しているパスオプションは無効であるとヘッドエンドが判断した。
- より有利なパスオプション（より低いインデックス）が利用可能になった。

ヘッドエンドは、SR-TE LSP が通過する保護された SR 隣接関係 SID で障害を検出すると、無効化タイマーを開始します。タイマーが期限切れになり、別のパスで再ルーティングできないために失敗したパスをヘッドエンドがまだ使用している場合、Null のルートがトラフィックとともに送信されないように、トンネル状態が「ダウン」になります。トンネルがダウンすると、トンネル上のサービスは、異なるパスを使用するために収束します。

次に手動の再最適化の例で出力されるサンプルを示します。この例では、パスオプションが **10** から **20** に変更されます。

```
Router# mpls traffic-eng reoptimize tunnel 1 path-option 20
The targeted path-option is not in lock down mode. Continue? [no]: yes
Router# show mpls traffic-eng tunnels tunnel1
Name: R1_t1 (Tunnel1) Destination: 10.6.6.6
Status:
  Admin: up Oper: up Path: valid Signalling: connected
  path option 20, (SEGMENT-ROUTING) type explicit IP_PATH (Basis for Setup)
  path option 10, (SEGMENT-ROUTING) type dynamic
Config Parameters:
  Bandwidth: 0 kbps (Global) Priority: 6 6 Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: IGP (interface)
Path Selection:
  Protection: any (default)
  Path-invalidation timeout: 45000 msec (default), Action: Tear
  AutoRoute: enabled LockDown: disabled Loadshare: 10 [200000000]
  auto-bw: disabled
  Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
  State: explicit path option 20 is active
  BandwidthOverride: disabled LockDown: disabled Verbatim: disabled
History:
  Tunnel:
    Time since created: 6 days, 19 hours, 9 minutes
    Time since path change: 14 seconds
    Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1819
    Current LSP: [ID: 1819]
    Uptime: 17 seconds
```

```

    Selection: reoptimization
  Prior LSP: [ID: 1818]
    ID: path option unknown
  Removal Trigger: reoptimization completed
Tun_Instance: 1819
Segment-Routing Path Info (isis level-1)
  Segment0[Node]: 10.4.4.4, Label: 114
  Segment1[Node]: 10.5.5.5, Label: 115
  Segment2[Node]: 10.6.6.6, Label: 116

```

## ロックダウンオプション付き SR-TE

**lockdown** オプションは、SR-TE がより良いパスに再最適化することを防ぎます。ただし、新しいパスの存在をシグナリングすることは防げません。

```

interface Tunnel1
 ip unnumbered Loopback1
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel destination 10.6.6.6
 tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
 tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 segment-routing lockdown
 tunnel mpls traffic-eng path-selection metric igp
 tunnel mpls traffic-eng load-share 10 (Tunnel1) Destination:
10.6.6.6
 Status:
   Admin: up      Oper: up      Path: valid      Signalling: connected
   path option 10, (LOCKDOWN) type segment-routing (Basis for Setup)
 Config Parameters:
   Bandwidth: 0      kbps (Global) Priority: 6 6 Affinity: 0x0/0xFFFF
   Metric Type: IGP (interface)
   Path Selection:
     Protection: any (default)
     Path-invalidation timeout: 45000 msec (default), Action: Tear
     AutoRoute: enabled LockDown: enabled Loadshare: 10 [200000000]
     auto-bw: disabled
     Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
 Active Path Option Parameters:
   State: segment-routing path option 10 is active
   BandwidthOverride: disabled LockDown: enabled Verbatim: disabled
 History:
   Tunnel:
     Time since created: 6 days, 19 hours, 22 minutes
     Time since path change: 1 minutes, 26 seconds
     Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1822
   Current LSP: [ID: 1822]
     Uptime: 1 minutes, 26 seconds
     Selection: reoptimization
   Prior LSP: [ID: 1821]
     ID: path option unknown
     Removal Trigger: configuration changed
 Tun_Instance: 1822
 Segment-Routing Path Info (isis level-1)
   Segment0[Node]: 10.6.6.6, Label: 116

```

## SR-TE トンネル保護

SR TE トンネルの保護は、次のいずれかの代替手段で行うことができます。



## IP-FRR ローカル修復保護

SR-TE LSP ヘッドエンドまたはミッドポイント ノードでは、IP-FRR はプレフィックス SID または隣接関係 SID ラベルのためのバックアップ保護パスを計算し、プログラムするのに使用されます。

IP-FRR を使用すると、バックアップ修復パスは、リンクまたはノードの障害が発生する前に IGP によって事前に計算されプログラムされます。リンクが失敗すると、TE トポロジからの即時の取り消し（リンクアダプタイズメントの取り消し）がトリガーされます。これにより、ヘッドエンドは、失敗した隣接関係 SID を通過する SR-TE LSP の障害を検出することができます。

保護された隣接関係 SID が失敗した場合、失敗した隣接関係 SID ラベルとそれに関連する転送は、すべての SR TE トンネルのヘッドエンドが障害を検出して対応できるように、指定した時間（5～15分）機能し続けます。隣接関係 SID ラベルを使用するトラフィックは、バックアップ修復パスを変更するその後のトポロジ更新がある場合でも、FRR 保護され続けます。この場合、IGP は FRR がアクティブになっている間にバックアップ修復パスを更新し、新しく計算されたバックアップパス上のトラフィックを再ルーティングします。

保護されたプレフィックス SID のプライマリ パスが失敗すると、PLR はバックアップパスに経路を再ルーティングします。ヘッドエンドは障害に対してトランスペアレントなままであり、引き続き SR-TE LSP を有効なパスとして使用します。

IP-FRR は、リンク障害に対してのみ隣接関係およびプレフィックス SID を保護します。

## トンネルパス保護

パス保護とは、単一の TE トンネルのプライマリ LSP の障害から保護するために、1 つまたは複数のスタンバイ LSP をインスタンス化することです。

パス保護では、同じトンネルのプライマリパスオプションによってさまざまな障害のセカンダリパスを事前に計算し、事前プロビジョニングすることで、障害から保護します。この保護は、プライマリ LSP が通過するプレフィックス SID および隣接関係 SID を除外するパスを計算するか、またはプライマリ SR-TE LSP パスの SRLG を除外するパスを計算することによって実現します。

プライマリ SR-TE LSP に障害が発生した場合、トンネルには少なくとも 1 台のスタンバイ SR-TE LSP が使用されます。複数のセカンダリパスオプションをスタンバイ SR-TE LSP パスとして使用するように設定できます。

## SR TE LSP のパス検証

SR-TE トンネル機能では、ヘッドエンドがトンネルパスの初期検証と、その後のトンネルテールエンドおよび通過セグメントの到達可能性の追跡を実行する必要があります。

SR-TE LSP パスのパス検証は、トポロジの変更または SR SID の更新について MPLS-TE で通知されるたびにトリガーされます。

SR-TE LSP 検証手順は、以下のチェックで構成されています。

## トポロジパスの検証

ヘッドエンドは、TE トポロジに対する接続性について SR-TE LSP のパスを検証します。MPLS-TEヘッドエンドは、隣接関係SIDに対応するリンクがTE トポロジで接続されているかどうかをチェックします。

新たにインスタンス化された SR-TE LSP の場合、ヘッドエンドが SR-TE パスの任意のリンクで不連続性を検出すると、そのパスは無効であると見なされ、使用されません。有効なパスを持つ他のパスオプションがトンネルにある場合、これらのパスを使用してトンネルLSPをインスタンス化します。

既存のインスタンス化された SR-TE LSP がある TE トンネルでは、ヘッドエンドがリンク上の不連続性を検出すると、ヘッドエンドはそのリンクで障害が発生したと見なします。この場合、IP FRR などのローカル修復保護が有効になります。隣接関係がしばらく失われた後、IGP は保護された隣接関係ラベルと関連付けられた転送を維持し続けます。これにより、同じ障害の影響を受けない別のパスにトンネルを再ルーティングするのに十分な時間が、ヘッドエンドで可能になります。ヘッドエンドは、リンク障害を検出した後、有効なパスを持つ他の使用可能パスオプションにトンネルの再ルーティングを試みるために、トンネル無効化タイマーを開始します。

TE トンネルが、障害の影響を受けない検証済みの他のパスオプションを使用して設定されている場合、ヘッドエンドは、これらのパスオプションの1つを使用して、影響を受けないパスを使用してトンネルの新しいプライマリ LSP をインスタンス化することによって、トンネルを再ルーティングします。

同じトンネルの下に他の有効なパスオプションが存在しない場合、または TE トンネルが障害の影響を受けるパスオプションを1つだけで設定されている場合、ヘッドエンドは無効タイマーを開始し、その後トンネルの状態を「ダウン」にします。このアクションにより、影響を受ける SR-TE LSP 上を流れるトラフィックとともに Null ルートが送信されるのを回避でき、トンネルを通過するサービスはヘッドエンドで利用できる異なるパスを経由して再ルーティングできるようになります。無効化ドロップ構成は、トンネルを「アップ」のままにしますが、無効化タイマーが満了したときにトラフィックをドロップします。

エリア内 SR-TE LSP では、ヘッドエンドは LSP パス上で完全な可視性を持ち、最終的な LSP 宛先へのパスを検証します。ただし、エリア間 LSP の場合、ヘッドエンドには LSP パスに対する部分的な可視性があります（最初の ABR までのみ）。この場合、ヘッドエンドは、入力から最初の ABR へのパスのみを検証できます。最初の ABR ノードを超える LSP に沿った障害は、ヘッドエンドからは見えず、LSP を介した BFD など、そのような障害を検出するその他のメカニズムが想定されます。

## SR SID の検証

SR-TE LSP の SID ホップは TE トンネルの SR-TE LSP を介して運ばれる発信パケットに課される発信 MPLS ラベル スタックを決定するために使用されます。グローバルおよびローカルの隣接関係 SID のデータベースは、IGP から受信した情報から取り込まれ、MPLS-TE で維持されます。MPLS TE データベースで利用できない SID を使用すると、明示的パスを使用するパスオプションが無効になります。この場合、パスオプションは、SR TE LSP のインスタンス化には使用されません。また、MPLS の SID データベースで SID を取り消す、追加する、または

変更すると、MPLS-TE ヘッドエンドは、SR パスオプション（使用中またはセカンダリ）を持つすべてのトンネルを確認し、適切な処理を呼び出します。

## LSP 出カインターフェイス

SR-TE LSP が最初のパス ホップの隣接関係の SID を使用するとき、TE は隣接関係 SID および SR-TE LSP が出力するノードに関連付けられているインターフェイス状態および IGP 隣接関係状態を監視します。インターフェイスまたは隣接関係がダウンした場合、TE は SR-TE LSP パスで障害が発生したと仮定し、前のセクションで説明したのと同じリアクティブアクションを実行できます。



- (注) SR-TE LSP が最初のホップのプレフィックス SID を使用するとき、TE はトンネルが出力するインターフェイスを直接推測できません。TE は、プレフィックスの IP 到達可能性情報に基づいて、最初のホップへの接続が維持されるかどうかを判断します。

## IP 到達可能性の検証

MPLS-TE では、SR パスを有効と宣言する前に、プレフィックス SID に対応するノードが IP 到達可能であることを検証します。MPLS-TE は、SR-TE LSP パスの隣接関係またはプレフィックス SID に対応する IP プレフィックスのパス変更を検出します。リンクまたはノードの障害が原因で、特定の SID をアナウンスするノードが IP の到達可能性を失う場合、MPLS-TE はパス変更（パスなし）の通知を受けます。MPLS-TE は、現在の SR-TE LSP パスを無効にすることによって反応し、もしあれば有効なパスを持つ他のパスオプションを使用して新しい SR-TE LSP をインスタンス化する場合があります。



- (注) IP-FRR は（SR-TE LSP パスに沿ったプレフィックス SID の失敗など）SR-TE LSP が通過しているノードの障害に対する保護を提供しないため、ヘッドエンドは、トンネル状態を「ダウン」に設定することによってプレフィックス SID ノードの IP ルートの到達可能性の損失にすぐに反応し、影響を受けるトンネルに対して有効なパスを持つパスオプションが他にない場合は、トンネル転送エントリを削除します。

## トンネルパス リソース回避の検証

SR-TE トンネルパケットの通過から除外されたことを検証するアドレスのセットを指定できます。これを実現するために、ヘッドエンドはセグメントごとの検証チェックを実行し、指定されたノード、プレフィックス、またはリンクアドレスが SR パスのトンネルから実際に除外されていることを検証します。以下のコマンドを使用して、トンネルリソース回避チェックをパスごとに有効にすることができます。除外されるアドレスのリストが定義され、リストの名前がパスオプションで参照されます。

```
interface tunnel100
 tunnel mpls traffic-eng path-option 1 explicit name EXCLUDE segment-routing
 ip explicit-path name EXCLUDE enable
```

```
exclude-address 192.168.0.2
exclude-address 192.168.0.4
exclude-address 192.168.0.3
!
```

## SR-TE LSPの明示的ヌル

MPLS-TEトンネルのヘッドエンドは、スタックの最下部に明示的ヌルを課しません。penultimate hop popping (PHP) がSRプレフィックスSIDに対して有効になっている場合、または隣接関係SIDがSR-TE LSPの最後のホップである場合、パケットはトランスポートラベルなしでテールエンドに到着する可能性があります。ただし、場合によっては、パケットが明示的ヌルラベルでテールエンドに到着することが望ましいため、このような場合、ヘッドエンドはラベルスタックの最上部に明示的ヌルラベルを課することになります。

## Verbatim パス サポート

通常、MPLS TE LSPを使用する場合は、ネットワーク内のすべてのノードでTEのIGP拡張がサポートされていて、TEが認識されるように設定されている必要があります。ただし、TEのIGP拡張をサポートしないが、TEのRSVP拡張はサポートするノードを通過するTE LSPを構築する機能を必要とするネットワーク管理者もいます。Verbatim LSPは、ネットワーク内のすべてまたは一部の中間ノードでTEのIGP拡張がサポートされていない場合に役立ちます。

この機能をイネーブルにすると、IP明示パスのTEトポロジデータベースに対するチェックは行われません。TEトポロジデータベースの検証が行われなかったため、IP明示パス情報を持つPathメッセージは、IPルーティング用のShortest Path First (SPF) アルゴリズムを使用してルーティングされます。

# OSPFのセグメントルーティングトラフィックエンジニアリングの設定方法

次の手順を実行して、OSPFでのセグメントルーティングトラフィックエンジニアリングを設定します。

## OSPFのセグメントルーティングトラフィックエンジニアリングの有効化

OSPFセグメントルーティングトラフィックエンジニアリングは、mplsトラフィックエンジニアリングとともにセグメントルーティングが有効になっている場合に有効になります。エリア内でSRとMPLS TEを有効にした場合、そのエリア内でSR-TEのサポートがオンになります。

```
router ospf 10
router-id 10.10.10.2
segment-routing mpls
mpls traffic-eng area 0
```

## TE トンネルのパスオプションの設定

稼働中の SR トンネルのパスオプションタイプが SR から非 SR（たとえば **dynamic**）に変更されると、トンネルの既存の転送エントリが削除されます。

セグメントルーティングは、既存のセカンダリまたは使用中のパスオプションで有効または無効にすることができます。トンネルでシグナリングされた **RSVP-TE** の明示的パスオプションが使用され、そのトンネルでセグメントルーティングが有効になっている場合、**RSVP-TE LSP** は切断され、**SR-TE LSP** が同じパスオプションを使用してインスタンス化されます。逆に、プライマリ **LSP** によって使用されているパスオプションでセグメントルーティングが無効になっている場合、トンネルは断続的にダウンし、新しい **RSVP-TE LSP** は同じ明示的パスを使用してシグナリングされます。

セグメントルーティングパスオプションがセカンダリパスオプションで有効になっている（すなわち、トンネルのプライマリ **LSP** によって使用されていない）場合、新しく指定された **SR-TE LSP** パスオプションが有効で、トンネルのプライマリ **LSP** に使用するのがより有利であるかどうかを評価するためにトンネルがチェックされます。

```
Device(config)# interface tunnel 100
Device(config-if)# tunnel mpls traffic-eng path-option 1 explicit name foo segment-routing
Device(config-if)# tunnel mpls traffic-eng path-option 2 dynamic segment-routing
Device(config-if)# tunnel mpls traffic-eng path-option 3 segment-routing
```

## SR 明示パス ホップの設定

SR-TE では次の明示的パスホップがサポートされています。

- IP アドレス
- MPLS ラベル
- IP アドレスと MPLS ラベルの混在

エリア内 **LSP** では、明示的パスを IP アドレスのリストとして指定できます。

```
Device(config)# ip explicit-path name foo
Device(config-ip-expl-path)# index 10 next-address 10.1.1.1 node address
Device(config-ip-expl-path)# index 20 next-address 10.12.12.2 link address
```



- (注) IP アンナウンードインターフェイスを使用する場合、ネクストホップアドレスを明示的パスのインデックスとして指定することはできません。これは、ノードアドレスまたはラベルである必要があります。

明示的パスは、セグメントルーティング **SID** として指定することもできます。

```
Device(config)# ip explicit-path name foo
Device(config-ip-expl-path)# index 10 next-label 20
```

## トンネルパスアフィニティの検証の設定

トンネルパスのアフィニティは、トンネルインターフェイスで **tunnel mpls traffic-eng affinity** コマンドを使用して指定することができます。

ヘッドエンドは、指定されたSRパスが設定されたアフィニティに準拠していることを検証します。これにより、SRパスの各セグメントのパスは、指定された制約に照らして検証される必要があります。パスの少なくとも1つのセグメントが設定されているアフィニティを満たさない場合、そのパスは設定されているアフィニティ制約に対して無効として宣言されます。

```
interface Tunnell
no ip address
tunnel mode mpls traffic-eng
tunnel destination 10.5.5.5
tunnel mpls traffic-eng priority 5 5
tunnel mpls traffic-eng bandwidth 100
tunnel mpls traffic-eng affinity 0x1 mask 0xFFFF
tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic segment-routing
Router# show tunnel ??
Name: R1_t1                               (Tunnell) Destination: 10.5.5.5
Status:
  Admin: up          Oper: up          Path: valid          Signalling: connected
  path option 10, (SEGMENT-ROUTING) type dynamic (Basis for Setup, path weight 20)
Config Parameters:
  Bandwidth: 100      kbps (Global) Priority: 5 5  Affinity: 0x1/0xFFFF
  Metric Type: TE (default)
  Path Selection:
    Protection: any (default)
  Path-selection Tiebreaker:
    Global: not set Tunnel Specific: not set Effective: min-fill (default)
  Hop Limit: disabled
  Cost Limit: disabled
  Path-invalidation timeout: 10000 msec (default), Action: Tear
  AutoRoute: disabled LockDown: disabled Loadshare: 100 [0] bw-based
  auto-bw: disabled
  Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
  State: dynamic path option 10 is active
  BandwidthOverride: disabled LockDown: disabled Verbatim: disabled
Node Hop Count: 2
History:
  Tunnel:
    Time since created: 10 minutes, 54 seconds
    Time since path change: 34 seconds
    Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 55
  Current LSP: [ID: 55]
    Uptime: 34 seconds
  Prior LSP: [ID: 49]
    ID: path option unknown
    Removal Trigger: tunnel shutdown
Tun_Instance: 55
Segment-Routing Path Info (isis level-1)
  Segment0[Link]: 192.168.2.1 - 192.168.2.2, Label: 46
  Segment1[Link]: 192.168.4.2 - 192.168.4.1, Label: 49
```

## インターフェイスのアフィニティの設定

インターフェイスでアフィニティを設定するには、次の手順を実行します。

```
interface GigabitEthernet2
ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
ip router isis 1
negotiation auto
mpls traffic-eng tunnels
mpls traffic-eng attribute-flags 0x1
isis network point-to-point
ip rsvp bandwidth
```

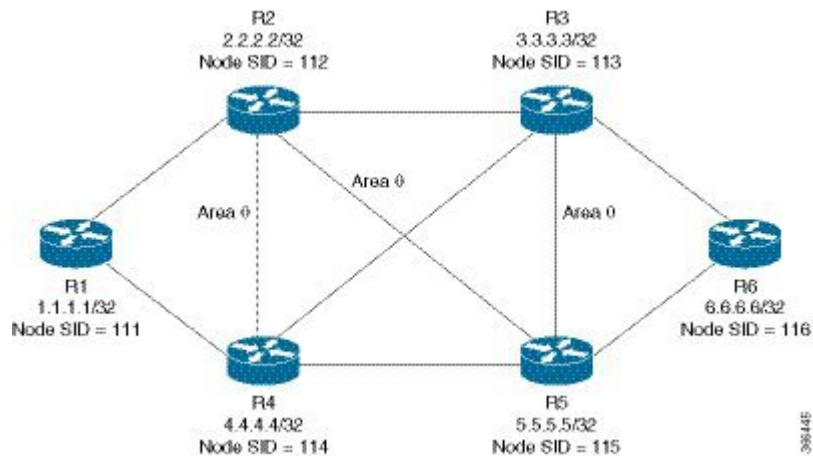
## OSPFのセグメントルーティングトラフィックエンジニアリングの設定

OSPFでSR-TEを設定するには、次のエリア間およびエリア内の使用例を考慮してください。

### エリア内トンネルの設定

エリア内トンネルを設定するには、次のトポロジを検討してください。

図 1: エリア内トンネル



すべてのルータは、同じエリアである、エリア 0 内で設定されています。

#### ヘッドエンドルータ R1 の構成

```
router ospf 10
fast-reroute per-prefix enable prefix-priority low
fast-reroute per-prefix ti-lfa
segment-routing mpls
mpls traffic-eng router-id Loopback1
mpls traffic-eng area 0

interface GigabitEthernet2 //interface connecting to the router 2
ip address 10.101.1.1 255.255.255.0
ip ospf 10 area 0
ip ospf network point-to-point
negotiation auto
mpls traffic-eng tunnels

interface GigabitEthernet4 //interface connecting to the router 4
ip address 10.101.1.1 255.255.255.0
```

## 明示パス SR-TE トンネル 1

```

ip ospf 10 area 0
ip ospf network point-to-point
negotiation auto
mpls traffic-eng tunnels

interface loopback1
ip address 10.1.1.1/32
ip ospf 10 area 0

```

## テールエンド ルータ R6 の構成

```

router ospf 10
fast-reroute per-prefix enable prefix-priority low
fast-reroute per-prefix ti-lfa
segment-routing mpls
mpls traffic-eng area 0
mpls traffic-eng router-id Loopback1
interface GigabitEthernet2 //interface connecting to the router 3
ip address 10.101.2.1 255.255.255.0
ip ospf 10 area 0
ip ospf network point-to-point
negotiation auto
mpls traffic-eng tunnels

interface GigabitEthernet4 //interface connecting to the router 5
ip address 10.101.2.1 255.255.255.0
ip ospf 10 area 0
ip ospf network point-to-point
negotiation auto
mpls traffic-eng tunnels

interface loopback1
ip address 10.6.6.6/32
ip ospf 10 area 0

```

## 明示パス SR-TE トンネル 1

トンネル 1 を IP アドレスのみに基づいて考慮します。

```

ip explicit-path name IP_PATH1
next-address 10.2.2.2
next-address 10.3.3.3
next-address 10.6.6.6
!
interface Tunnell
ip unnumbered Loopback1
tunnel mode mpls traffic-eng
tunnel destination 10.6.6.6
tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit name IP_PATH1 segment-routing
tunnel mpls traffic-eng path-selection metric igp
tunnel mpls traffic-eng load-share 10
end

```

## 明示パス SR-TE トンネル 2

トンネル 2 をノードの SID に基づいて考慮します

```

ip explicit-path name IA_PATH
next-label 114
next-label 115

```



```

next-label 116
!
interface Tunnel2
 ip unnumbered Loopback1
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel destination 10.6.6.6
 tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
 tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
 tunnel mpls traffic-eng bandwidth 10000 class-type 1
 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit name NODE_PATH segment-routing
 tunnel mpls traffic-eng path-selection metric igp
 tunnel mpls traffic-eng load-share 10
end

```

### 明示パス SR-TE トンネル 3

トンネル 3 は IP アドレスとラベルの組み合わせに基づいていることを考慮します

```

ip explicit-path name MIXED_PATH enable
next-address 10.2.2.2
next-address 10.3.3.3
next-label 115
next-label 116
!
interface Tunnel3
 ip unnumbered Loopback1
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel destination 10.6.6.6
 tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
 tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit name MIXED_PATH segment-routing
 tunnel mpls traffic-eng path-selection metric igp
 tunnel mpls traffic-eng load-share 10

```



- (注) パスが混在している場合、パスでノード SID を使用した後に IP ネクストホップを使用することはできません。次のパスは有効ではありません。

```

ip explicit-path name MIXED_PATH enable
next-label 115
next-label 116
next-address 10.2.2.2

```

### 動的パス SR-TE トンネル 4

トンネル 4is は隣接関係 SID に基づいていることを考慮します

```

interface Tunnel4
 ip unnumbered Loopback1
 tunnel mode mpls traffic-eng
 tunnel destination 10.6.6.6
 tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
 tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
 tunnel mpls traffic-eng bandwidth 10000 class-type 1
 tunnel mpls traffic-eng path-option 10 dynamic segment-routing
 tunnel mpls traffic-eng path-selection metric igp
 tunnel mpls traffic-eng load-share 10
end

```

## 動的パス SR-TE トンネル 5

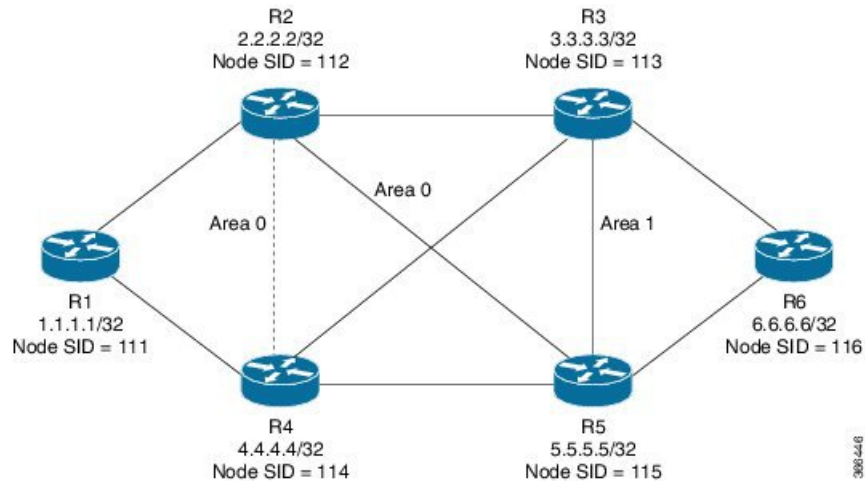
トンネル 5 はノード SID に基づいていることを考慮します

```
interface Tunnel5
ip unnumbered Loopback1
tunnel mode mpls traffic-eng
tunnel destination 10.6.6.6
tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
tunnel mpls traffic-eng path-option 10 segment-routing
tunnel mpls traffic-eng path-selection metric igp
tunnel mpls traffic-eng load-share 10
```

## エリア間トンネルの設定

エリア間トンネルを設定するには、次のトポロジを検討してください。

図 2: エリア間トンネル



エリア 1 内で設定されている R6 を除き、すべてのルータは同エリアであるエリア 0 内で設定されています。

### ヘッドエンド ルータ R1 の構成

```
router ospf 10
fast-reroute per-prefix enable prefix-priority low
fast-reroute per-prefix ti-lfa
segment-routing mpls
mpls traffic-eng router-id Loopback1
mpls traffic-eng area 0

interface GigabitEthernet2 //interface connecting to the router 2
ip address 10.101.1.1 255.255.255.0
ip ospf 10 area 0
ip ospf network point-to-point
negotiation auto
mpls traffic-eng tunnels

interface GigabitEthernet4 //interface connecting to the router 4
ip address 10.101.1.1 255.255.255.0
```

```
ip ospf 10 area 0
ip ospf network point-to-point
negotiation auto
mpls traffic-eng tunnels

interface loopback1
ip address 10.1.1.1/32
ip ospf 10 area 0
```

### テールエンド ルータ R6 の構成

```
router ospf 10
fast-reroute per-prefix enable prefix-priority low
fast-reroute per-prefix ti-lfa
segment-routing mpls
mpls traffic-eng area 1
mpls traffic-eng router-id Loopback1
interface GigabitEthernet2 //interface connecting to the router 3
ip address 10.101.2.1 255.255.255.0
ip ospf 10 area 1
ip ospf network point-to-point
negotiation auto
mpls traffic-eng tunnels

interface GigabitEthernet4 //interface connecting to the router 5
ip address 10.101.2.1 255.255.255.0
ip ospf 10 area 1
ip ospf network point-to-point
negotiation auto
mpls traffic-eng tunnels

interface loopback1
ip address 10.6.6.6/32
ip ospf 10 area 1
```

### エリア間トンネルの設定に関する制約事項

エリア間トンネルの設定に関する制約事項は次のとおりです。

- ノードおよび隣接関係 SID を持つ動的オプションはサポートされていません。
- ラベルのみおよび/または IP アドレスとラベルを含む明示的パスを使用して、エリア間トンネルを設定できます。



---

(注) IPアドレスは、エリア境界ルータ (ABR) までのみ使用でき、その後はラベルのみを指定する必要があります。

---

### 明示パス SR-TE トンネル 1

トンネル 2 はノード SID に基づいていることを考慮します。

```
ip explicit-path name IA_PATH
next-label 114
next-label 115
next-label 116
!
```

```

interface Tunnel2
ip unnumbered Loopback1
tunnel mode mpls traffic-eng
tunnel destination 10.6.6.6
tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
tunnel mpls traffic-eng bandwidth 10000 class-type 1
tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit name NODE_PATH segment-routing
tunnel mpls traffic-eng path-selection metric igp
tunnel mpls traffic-eng load-share 10
end

```

## 明示パス SR-TE トンネル 2

トンネル 3 は IP アドレスとラベルの組み合わせに基づいていることを考慮します。

```

ip explicit-path name MIXED_PATH enable
next-address 10.2.2.2
next-address 10.3.3.3
next-label 115
next-label 116
!

interface Tunnel3
ip unnumbered Loopback1
tunnel mode mpls traffic-eng
tunnel destination 10.6.6.6
tunnel mpls traffic-eng autoroute announce
tunnel mpls traffic-eng priority 6 6
tunnel mpls traffic-eng path-option 10 explicit name MIXED_PATH segment-routing
tunnel mpls traffic-eng path-selection metric igp
tunnel mpls traffic-eng load-share 10

```

## SR-TE トンネルの構成の確認

**show mpls traffic-eng tunnels *tunnel-number*** コマンドを使用して、SR-TE トンネルの構成を確認します。

### トンネル 1 の確認

```

Name: R1_t1 (Tunnel1) Destination: 10.6.6.6
Status:
  Admin: up      Oper: up      Path: valid      Signalling: connected
  path option 10, (SEGMENT-ROUTING) type explicit IP_PATH (Basis for Setup)
Config Parameters:
  Bandwidth: 0      kbps (Global) Priority: 6 6 Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: IGP (interface)
  Path Selection:
    Protection: any (default)
  Path-invalidation timeout: 45000 msec (default), Action: Tear
  AutoRoute: enabled LockDown: disabled Loadshare: 10 [200000000]
  auto-bw: disabled
  Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
  State: explicit path option 10 is active
  BandwidthOverride: disabled LockDown: disabled Verbatim: disabled

```

```

History:
  Tunnel:
    Time since created: 6 days, 19 hours
    Time since path change: 2 seconds
    Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1814
    Current LSP: [ID: 1814]
    Uptime: 2 seconds
    Selection: reoptimization
    Prior LSP: [ID: 1813]
    ID: path option unknown
    Removal Trigger: configuration changed
  Tun_Instance: 1814
Segment-Routing Path Info (ospf 10 area 0)
  Segment0[Node]: 10.4.4.4, Label: 114
  Segment1[Node]: 10.5.5.5, Label: 115
  Segment2[Node]: 10.6.6.6, Label: 116

```

## トンネル2の確認

```

Name: R1_t2 (Tunnell) Destination: 10.6.6.6
Status:
  Admin: up Oper: up Path: valid Signalling: connected
  path option 10, (SEGMENT-ROUTING) type explicit IA_PATH (Basis for Setup)
Config Parameters:
  Bandwidth: 0 kbps (Global) Priority: 6 6 Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: IGP (interface)
  Path Selection:
    Protection: any (default)
  Path-invalidation timeout: 45000 msec (default), Action: Tear
  AutoRoute: enabled LockDown: disabled Loadshare: 10 [200000000]
  auto-bw: disabled
  Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
  State: explicit path option 10 is active
  BandwidthOverride: disabled LockDown: disabled Verbatim: disabled
History:
  Tunnel:
    Time since created: 6 days, 19 hours, 1 minutes
    Time since path change: 1 seconds
    Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1815
    Current LSP: [ID: 1815]
    Uptime: 1 seconds
    Prior LSP: [ID: 1814]
    ID: path option unknown
    Removal Trigger: configuration changed
  Tun_Instance: 1815
Segment-Routing Path Info (ospf 10 area 0)
  Segment0[ - ]: Label: 114
  Segment1[ - ]: Label: 115
  Segment2[ - ]: Label: 116

```

## トンネル3の確認

```

Name: R1_t3 (Tunnell) Destination: 10.6.6.6
Status:
  Admin: up Oper: up Path: valid Signalling: connected
  path option 10, (SEGMENT-ROUTING) type explicit MIXED_PATH (Basis for Setup)

```

```

Config Parameters:
  Bandwidth: 0          kbps (Global)  Priority: 6 6  Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: IGP (interface)
  Path Selection:
    Protection: any (default)
  Path-invalidation timeout: 45000 msec (default), Action: Tear
  AutoRoute: enabled  LockDown: disabled Loadshare: 10 [200000000]
  auto-bw: disabled
  Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
  State: explicit path option 10 is active
  BandwidthOverride: disabled  LockDown: disabled  Verbatim: disabled
History:
  Tunnel:
    Time since created: 6 days, 19 hours, 2 minutes
    Time since path change: 2 seconds
    Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1816
  Current LSP: [ID: 1816]
    Uptime: 2 seconds
    Selection: reoptimization
  Prior LSP: [ID: 1815]
    ID: path option unknown
    Removal Trigger: configuration changed
Tun_Instance: 1816
Segment-Routing Path Info (ospf 10 area 0)
  Segment0[Node]: 10.2.2.2, Label: 112
  Segment1[Node]: 10.3.3.3, Label: 113
  Segment2[ - ]: Label: 115
  Segment3[ - ]: Label: 116

```

## トンネル4の確認

```

Name: R1_t4                      (Tunnel1) Destination: 10.6.6.6
Status:
  Admin: up          Oper: up      Path: valid      Signalling: connected
  path option 10, (SEGMENT-ROUTING) type dynamic (Basis for Setup, path weight 30)
Config Parameters:
  Bandwidth: 0          kbps (Global)  Priority: 6 6  Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: IGP (interface)
  Path Selection:
    Protection: any (default)
  Path-invalidation timeout: 45000 msec (default), Action: Tear
  AutoRoute: enabled  LockDown: disabled Loadshare: 10 [200000000]
  auto-bw: disabled
  Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
  State: dynamic path option 10 is active
  BandwidthOverride: disabled  LockDown: disabled  Verbatim: disabled
History:
  Tunnel:
    Time since created: 6 days, 19 hours
    Time since path change: 2 seconds
    Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1813
  Current LSP: [ID: 1813]
    Uptime: 2 seconds
  Prior LSP: [ID: 1806]
    ID: path option unknown
    Removal Trigger: configuration changed
Tun_Instance: 1813
Segment-Routing Path Info (ospf 10 area 0)
  Segment0[Link]: 192.168.2.1 - 192.168.2.2, Label: 17

```

```
Segment1[Link]: 192.168.4.2 - 192.168.4.1, Label: 25
Segment2[Link]: 192.168.8.1 - 192.168.8.2, Label: 300
```

## トンネル5の確認

```
Name: R1_t5 (Tunnell) Destination: 10.6.6.6
Status:
  Admin: up      Oper: up      Path: valid      Signalling: connected
  path option 10, type segment-routing (Basis for Setup)
Config Parameters:
  Bandwidth: 0      kbps (Global) Priority: 6 6  Affinity: 0x0/0xFFFF
  Metric Type: IGP (interface)
  Path Selection:
  Protection: any (default)
  Path-invalidation timeout: 45000 msec (default), Action: Tear
  AutoRoute: enabled LockDown: disabled Loadshare: 10 [2000000000]
  auto-bw: disabled
  Fault-OAM: disabled, Wrap-Protection: disabled, Wrap-Capable: No
Active Path Option Parameters:
  State: segment-routing path option 10 is active
  BandwidthOverride: disabled LockDown: disabled Verbatim: disabled
History:
  Tunnel:
  Time since created: 6 days, 19 hours, 4 minutes
  Time since path change: 14 seconds
  Number of LSP IDs (Tun_Instances) used: 1817
  Current LSP: [ID: 1817]
  Uptime: 14 seconds
  Selection: reoptimization
  Prior LSP: [ID: 1816]
  ID: path option unknown
  Removal Trigger: configuration changed
Tun_Instance: 1817
Segment-Routing Path Info (ospf 10 area 0)
  Segment0[Node]: 10.6.6.6, Label: 116
```





## 翻訳について

このドキュメントは、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。