



# Cisco Crosswork Optimization Engine の概要

これは、Cisco Crosswork Optimization Engine を起動して実行し、ユーザーインターフェイス (UI) の使用を開始するために必要な手順を説明する、インストール後のドキュメントです。デバイスとユーザー管理を含む管理タスクについては、[Cisco Crosswork Infrastructure](#) および [アプリケーションアドミニストレーションガイド](#)を参照してください。

- [対象読者 \(1 ページ\)](#)
- [Cisco Crosswork 最適化エンジンの概要 \(2 ページ\)](#)
- [Crosswork Optimization Engine API \(3 ページ\)](#)
- [Crosswork Optimization Engine と Crosswork Network Controller ソリューション \(3 ページ\)](#)
- [セグメントルーティングパス計算要素 \(SR-PCE\) \(3 ページ\)](#)
- [セグメントルーティングについて \(4 ページ\)](#)
- [Resource Reservation Protocol \(RSVP\) について \(7 ページ\)](#)

## 対象読者

このガイドは、ネットワークで Cisco Crosswork Optimization Engine を使用する経験豊富なネットワーク管理者を対象としています。このガイドは、次のテクノロジーの使用経験と知識があることを前提としています。

- ネットワーキングテクノロジーとプロトコル (BGP-LS、IGP (OSPF と IS-IS)、PCEP、モデル駆動型テレメトリなど)
- トラフィック エンジニアリング (TE) トンネル
  - RSVP-TE トンネルのプロビジョニング
  - 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 (SR-TE) ポリシーのプロビジョニング
- Cisco セグメントルーティングパス計算要素 (SR-PCE)

# Cisco Crosswork 最適化エンジンの概要

Crosswork 最適化エンジンは、一連の Cisco Crosswork ネットワークの自動化の製品の一部であり、プロアクティブなネットワークモニタリング、ネットワークの可視化、およびクローズドループの自動化により、ネットワークインテントを維持する機能を提供します。また、リアルタイムのネットワーク最適化を提供し、オペレータがネットワーク容量の使用率を効果的に最大化し、サービス速度を高められるようにします。

Crosswork 最適化エンジンは、次のとおりです。

- 次のような有益なリアルタイムのネットワーク可視化を実現するトポロジマップ
  - デバイス
  - リンクとリンク使用率
  - プロビジョニングされた SR-TE (SR-MPLS および SRv6) ポリシーと RSVP-TE トンネル
- ネットワークオペレータが次のタスクを実行できる UI
  - 直感的なワークフローを使用して SR-MPLS ポリシーと RSVP-TE トンネルをプロビジョニングし、変更または削除する
  - SR-MPLS ポリシーまたは RSVP-TE トンネルをネットワークに展開する前にプレビューする
  - SR-MPLS ポリシーのダイナミックパスの計算を継続的に追跡し、SLA の目的を維持する (正しいライセンスを使用)
  - ネットワークデバイス上で直接作成された SR-TE ポリシーと RSVP-TE トンネルを可視化し、アクティブなネットワーク設定の包括的なビューを提供する
  - ネットワークのフレキシブルアルゴリズムを可視化します。
- 他の Crosswork アプリケーションやサードパーティアプリケーションまで Crosswork 最適化エンジンの機能を拡張する API
- Crosswork 最適化エンジンの機能パック (正しいライセンスで使用可能) は、輻輳緩和とクローズドループの帯域幅最適化を提供します。ユーザーは最適化の目的を定義し、ツールはその目的を実現し、継続的にモニター、追跡、対応して元の目的を維持します。

このガイドでは、Crosswork Optimization Engine で許可される機能について説明します。ただし、ライセンス、またはユーザーアカウントに関連付けられたロールの設定により、アクセスできない機能もあります。

ライセンスと発注情報については、シスコパートナーまたはシスコの営業担当者に連絡し、Cisco Crosswork Optimization Engine 発注ガイド [英語] を参照してください。

# Crosswork Optimization Engine API

上級ユーザーは、ネットワーク操作に新しい機能を提供するアプリケーションプログラミングインターフェイス（API）を使用して、他の Crosswork アプリケーションやサードパーティアプリケーションと Crosswork 最適化エンジンの機能を統合できます。

詳細については、[Cisco DevNet の Cisco Crosswork Network Automation API ドキュメント](#)を参照してください。

## Crosswork Optimization Engine と Crosswork Network Controller ソリューション

Cisco Crosswork Network Controller は、IP トランスポートネットワークを展開および運用するためのターンキーネットワーク自動化ソリューションで、サービスの俊敏性、コスト効率、最適化の向上を実現し、お客様に届くまでの時間の迅速化して運用コストを削減します。このソリューションは、インテントベースのネットワーク自動化を組み合わせ、サービスのオーケストレーションと実現、ネットワークの最適化、サービスパスの計算、デバイスの展開と管理、および異常検出と自動修復のための重要な機能を提供します。詳細については、「[Cisco Crosswork Network Controller](#)」 [英語] を参照してください。

Crosswork Network Controller ソリューションの一部として Crosswork Optimization Engine を使用する場合は、このドキュメントで紹介している一部のオプションは使用できないか、または若干異なります。たとえば、[トラフィック エンジニアリング (Traffic Engineering)] > [トラフィック エンジニアリング (Traffic Engineering)] の代わりにトラフィック エンジニアリング UI に移動するには、Crosswork Network Controller ソリューション内で [サービスとトラフィック エンジニアリング (Services & Traffic Engineering)] > [トラフィック エンジニアリング (Traffic Engineering)] に移動します。

## セグメントルーティングパス計算要素 (SR-PCE)

Crosswork Optimization Engine は、テレメトリと Cisco セグメントルーティングパス計算要素 (SR-PCE) から収集されたデータの組み合わせを使用して、最適な TE トンネルを分析および計算します。

Cisco SR-PCE (以前の Cisco XR Traffic Controller (XTC)) は、Cisco IOS XR オペレーティングシステムで実行します。SR-PCE は、ネットワークを最適化するために TE トンネルを制御および再ルーティングするのに役立つステートフル PCE 機能を提供します。PCE では、パス計算クライアント (PCC) が PCC を起点とする PCE ピアへのヘッドエンドトンネルを報告し、制御を委任する一連の手順を記述します。PCC および PCE は、更新をネットワークにプッシュするために SR-PCE が使用するパス計算要素通信プロトコル (PCEP) の接続を確立します。

Crosswork は、SR-PCE との PCEP ピアリングを確立しないデバイスを含む、IGP ドメインの一部であるすべてのデバイスを検出します。ただし、TE トンネルをデバイスに展開するには PCEP ピアリングが必要です。



(注) 詳細については、SR-PCE バージョンのサポートと互換性に関する [Crosswork Optimization Engine リリースノート \[英語\]](#) を参照してください。

## セグメントルーティングについて

セグメントルーティングは、送信元のルーティングパラダイムに基づいてネットワーク上でパケットを転送する方法です。送信元がパスを選択し、セグメントの順序付きリストとしてパケットヘッダー内でエンコードします。セグメントは、任意のタイプの命令の識別子です。例えば、トポロジセグメントは、宛先へのネクストホップを識別します。各セグメントは、32 ビットの符号なし整数で構成されるセグメント ID (SID) で識別されます。

トラフィックエンジニアリング用のセグメントルーティング (SR-TE) では、ネットワークでアプリケーション単位およびフロー単位の状態を維持する必要はありません。代わりに、パケットで指定されている転送命令に従うだけです。

### セグメント

内部ゲートウェイプロトコル (IGP) は、2つのタイプのセグメント、プレフィックスセグメントと隣接関係セグメントを配布します。各ルータ (ノード) と各リンク (隣接関係) には、関連付けられたセグメント識別子 (SID) があります。

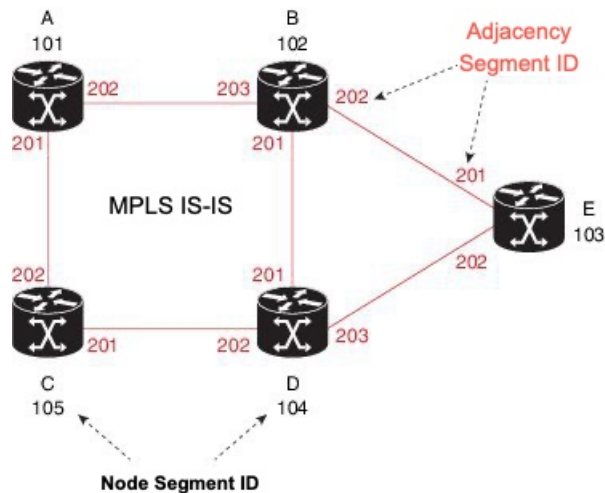
- プレフィックス SID は、IP プレフィックスに関連付けられます。プレフィックス SID は、ラベルのセグメントルーティンググローバルブロック (SRGB) の範囲から手動で設定され、IS-IS または OSPF によって配布されます。プレフィックスセグメントは、その宛先への最短パスに沿ってトラフィックを誘導します。ノード SID は、特定のノードを識別する特別なタイプのプレフィックス SID です。ノードのループバックアドレスをプレフィックスとして使用して、ループバックインターフェイスの下に設定されます。

プレフィックスセグメントはグローバルセグメントであるため、プレフィックス SID はセグメントルーティングドメイン内でグローバルに一意です。

- 隣接関係セグメントは、隣接ルータへの出力インターフェイスなどの特定の隣接関係を表す隣接関係 SID と呼ばれるラベルによって識別されます。隣接関係 SID は、IS-IS または OSPF によって配布されます。隣接関係セグメントは、トラフィックを特定の隣接関係に誘導します。

隣接関係セグメントはローカルセグメントであるため、隣接関係 SID は特定のルータに対してローカルに一意です。

次の図に、各デバイスのノード SID と隣接関係 SID、およびデバイス間の接続を示す基本的なネットワークを示します。



### セグメントルーティング ポリシー

SR ポリシーパスはパス (SID リスト) を指定するセグメントのリストとして表されます。番号付きリストでプレフィックス (ノード) と隣接関係セグメント ID を組み合わせることにより、ネットワーク内で任意のパスを構築できます。各ホップにおいて、先頭のセグメントがネクストホップを識別するために使用されます。セグメントはパケットヘッダーの先頭に順番にスタックされます。先頭のセグメントに別のノードの ID が含まれている場合、受信ノードは等コストマルチパス (ECMP) を使用してパケットをネクストホップに移動させます。ID が受信ノードの ID である場合、ノードは先頭のセグメントをポップし、次のセグメントに必要なタスクを実行します。

SR ポリシーにはダイナミックと明示的の 2 つのタイプがあります。

#### ダイナミック SR ポリシー

動的パスは、最適化の目的と一連の制約に基づいています。ヘッドエンドはソリューションを計算し、結果として SID リストまたは SID リストのセットを生成します。トポロジが変更されると、新しいパスが計算されます。ヘッドエンドにトポロジに関する十分な情報がない場合、ヘッドエンドはパス計算エンジン (PCE) に計算させることがあります。パスが見つからない場合、ポリシーは動作上ダウン (動作ステータスダウン) になり、パケットはポリシーに基づいてルーティングされません。

#### 明示的 SR ポリシー

明示的なポリシーを設定する場合は、プレフィックスまたは隣接 SID のリストで構成される明示的なパスを指定します。各 SID はパス上のノードまたはリンクを表します。各セグメントは、送信元から接続先までのエンドツーエンドのパスであり、ネットワーク内のルータに、IGP によって計算された最短パスではなく指定されたパスに従うように指示します。パケットが SR ポリシーへと誘導される場合、SID リストはヘッドエンドによってパケットにプッシュされます。残りのネットワークは、SID リストに埋め込まれた命令を実行します。



- (注) PCC によって開始されたポリシーの場合、明示パスが IP アドレスの形式で設定されている場合、ホップの1つがダウンすると、ポリシーの動作ステータスはダウンになります。ラベルのリストとして設定されている場合、ポリシーは、ダウンした最初のホップである場合にのみ、動作ステータスがダウンになります。残りのホップは PCC によって解決されないため、失敗してもポリシーの動作ステータスはダウンになりません。

### Segment Routing over MPLS (SR-MPLS)

セグメントルーティングは、MPLS データプレーンに適用できます。SR-MPLS 対応ネットワークでは、MPLS ラベルは命令を表します。送信元ノードでは、パケットヘッダーの宛先へのパスがラベルのスタックとしてプログラムされます。詳細については、[IETF RFC 8660 MPLS データプレーンを使用したセグメントルーティング \[英語\]](#) を参照してください。

### Segment Routing over IPv6 (SRv6)

Segment Routing over IPv6 (SRv6) は、IPv6 データプレーンを使用してセグメントルーティングのサポートを拡張します。SRv6 にはネットワーク プログラミング フレームワークが導入されており、IPv6 パケットヘッダー内の一連の命令をエンコードすることで、ネットワークオペレータまたはアプリケーションがパケット処理プログラムを指定できます。各命令は、ネットワーク内の1つまたは複数のノードに実装され、パケット内の SRv6 セグメント識別子 (SID) によって識別されます。詳細については、[IETF RFC 8986 SRv6 ネットワークプログラミング \[英語\]](#) を参照してください。

SRv6 では、IPv6 アドレスは命令を表します。SRv6 では、命令の順序付きリストをエンコードするために、セグメントルーティングヘッダー (SRH) と呼ばれる新しいタイプの IPv6 ルーティング拡張ヘッダーが使用されます。アクティブセグメントはパケットの宛先アドレスによって示され、次のセグメントは SRH のポインタによって示されます。

詳細については、<https://www.segment-routing.net/> を参照してください。

#### SRv6 の制限事項

- Cisco IOS XR 7.3.2 では、IS-IS IGP による SRv6 可視化のみサポートされます。
- SRv6 ポリシーでのトラフィック収集は現在サポートされていません。
- OSPFv3 IGP (PCE によって開始された) SRv6 ポリシーはサポートされていません。
- SRv6 は、帯域幅最適化、オンデマンド帯域幅、またはローカル輻輳緩和機能パックではサポートされていません。
- IPv4 と IPv6 のトポロジは一致している必要があります。IPv4 と IPv6 の異なるリンクメトリックはサポートされていません。
- PCC によって開始されたダイナミックパス SRv6 ポリシーのみ可視化します。PCC によって開始されたパスと明示パスはサポートされていません。

### トラフィック エンジニアリング用のセグメントルーティング

SR-TE は、送信元と接続先のペア間のポリシーを介して実行されます。SR-TE では、送信元ルーティングの概念が使用されます。送信元はパスを計算し、パケットヘッダーでセグメントとしてエンコードします。

SR-TE は、すべてのセグメント レベルで ECMP を使用することにより、従来の MPLS-TE ネットワークよりも効果的にネットワーク帯域幅を利用します。単一のインテリジェントソースを使用し、残りのルータをネットワーク経由で必要なパスを計算するタスクから解放します。

### 分離

Crosswork では、分離ポリシーを使用して、同じ送信元と接続先からのトラフィックを誘導する2つの一意のパスを計算し、共通の指定リソース（リンクまたはノード）を回避します。これにより、ネットワークを介したトラフィックの誘導ではシングルポイント障害が発生しなくなります。次の分離パスの計算がサポートされています。

- [リンク (Link) ]: 計算されたパス上でリンクが共有されないことを指定します。
- [ノード (Node) ]: 計算されたパス上でノードが共有されないことを指定します。
- [SRLG]: 計算されたパスで同じ共有リスクリンクグループ (SRLG 値) を持つリンクが共有されないことを指定します。
- [SRLGノード (SRLG-node) ]: 計算されたパス上で SRLG とノードが共有されないことを指定します。



- (注)
- 分離は、同じ分離 ID を持つ2つのポリシーでサポートされています。
  - アフィニティと分離の同時設定はサポートされていません。

### 関連リンク

[SR-MPLS ポリシーのプロビジョニング](#)  
[リンクアフィニティの設定](#)

## Resource Reservation Protocol (RSVP) について

リソース予約プロトコル (RSVP) は、システムによるネットワークからのリソース予約要求を可能にするシグナリングプロトコルです。RSVP は、他のシステムからのプロトコルメッセージを処理し、ローカルクライアントからのリソース要求を処理して、プロトコルメッセージを生成します。結果として、リソースは、ローカルおよびリモートクライアントの代わりにデータフローに予約されます。RSVPは、これらのリソース予約を作成、保守および削除します。

RSVP-TE プロセスには、次の機能が含まれています。



- エンドポイント制御。ヘッドエンドとテールエンドでの TE トンネルの確立と管理に関連付けられます。
- リンク管理。TE LSP のリソース認識型ルーティングを実行し、MPLS ラベルをプログラムします。
- 高速再ルーティング (FRR)。保護が必要な LSP を管理し、これらの LSP にバックアップトンネル情報を割り当てます。

TE と RSVP 間の連携動作では、TE 内にエンドポイント制御、リンク管理、および FRR 機能が存在することを前提としています。

### RSVP-TE 明示的ルーティング (ストリクト、ルーズ)

RSVP-TE の明示的ルートは、ネットワークトポロジ内の抽象ノードとして指定可能な特別なパスです。これは、明示的ルートオブジェクト (ERO) 内 IP プレフィックスのシーケンスまたは自律システムのシーケンスです。明示的パスは管理上指定することも、制約付き最短パス優先 (CSPF) などのアルゴリズムを使用して自動的に計算することもできます。

ERO で指定された明示的パスは、ストリクトパスまたはルーズパスです。

ストリクトパスとは、ERO 内のネットワークノードとその先行ノードが隣接し、直接接続されている必要があることを意味します。

ルーズホップとは、ERO で指定されたネットワークノードがパス内にある必要があるものの、その前のノードと直接接続されている必要がないことを意味します。ERO の処理中にルーズホップに遭遇した場合、ルーズホップを処理するノードは、パスに沿った、それ自身から ERO 内の次のノードまで、1 つ以上のノードを使用して ERO を更新できます。ルーズパスの利点は、ERO の作成時にパス全体を指定したり、既知にする必要がないことです。ルーズパスの欠点は、下位のルーティングプロトコルでの一時的な状態中に転送ループが発生する可能性があることです。



---

(注) RSVP-TE トンネルは、UI 内でのプロビジョニング時にルーズホップを使用して設定できません。

---

### RSVP FRR

ルータのリンクまたは隣接デバイスに障害が発生すると、インターフェイス停止の通知を受信することでルータはこの障害を検出する場合があります。インターフェイスが停止したことをルータが認識すると、ルータはそのインターフェイスを出る LSP を、それぞれのバックアップトンネルに切り替えます (バックアップトンネルがある場合)。

FRR オブジェクトは PATH メッセージ中で使用され、ファシリティバックアップとして使用されるバックアップ方式を示すフラグが格納されています。FRR オブジェクトは、セットアップと保留の優先順位を指定します。これらは、バックアップパスの選択に使用される属性フィルタと帯域幅要件のセットに含まれています。



レコードルートオブジェクト (RRO) は、LSPでのローカル保護の可用性または使用、および帯域幅とノード保護がその LSP で使用可能かどうかを RESV メッセージで報告します。

FRR 要件のシグナリングは、TE トンネルヘッドエンドで開始されます。パスに沿ったローカル修復ポイント (PLR) は、PLR でのバックアップトンネルの可用性に基づき、FRR 要件に従って動作し、バックアップトンネル選択情報をヘッドエンドにシグナリングします。FRR イベントがトリガーされると、PLR はバックアップトンネルを介して PATH メッセージをバックアップトンネルが元の LSP に再参加するマージポイント (MP) に送信します。また、MP は PATH メッセージ内の PLR によって組み込まれた RSVP-Hop オブジェクトを使用して RESV メッセージを PLR に送信します。このプロセスにより、元の LSP が MP によって切断されることを防ぎます。また、PLR は PATH-ERROR メッセージを使用してトンネルヘッドエンドにシグナリングし、LSP に沿った障害と、その LSP で FRR がアクティブに使用されていることを示します。この情報はヘッドエンドで使用され、TE トンネルの新しい LSP をシグナリングし、メイクビフォアブレイク技術によって新しい LSP がセットアップされた後に障害が発生した既存のパスを切断します。

