



公益財団法人 鉄道総合技術研究所

2023年度 運輸・営業分野Webセミナー

整備作業ダイヤの自動作成手法

信号技術研究部 運転システム研究室

研究員 小久保 達也

目次

- はじめに
- 整備作業ダイヤの概要
- 整備作業ダイヤ自動作成手法
 - ✓ 自動作成手法の全体像
 - ✓ 制約条件と評価指標
 - ✓ 適用した技術
 - ✓ 自動作成手法の性能
- まとめ
- ご質問に対する回答

目次

- はじめに
- 整備作業ダイヤの概要
- 整備作業ダイヤ自動作成手法
 - ✓ 自動作成手法の全体像
 - ✓ 制約条件と評価指標
 - ✓ 適用した技術
 - ✓ 自動作成手法の性能
- まとめ
- ご質問に対する回答

はじめに

◆対象とする課題

- 主要駅における折返し清掃作業員の1日単位の計画自動作成
- 今回はある事業者様の条件を用いてご説明

◆開発した自動作成手法の特徴

- 様々な列車ダイヤに対して数分程度で自動作成
- 番線移動時間等の整備作業員の負荷を低減可能



開発した自動作成手法の応用展開に向けて
各社様の車両清掃の要件をお聞かせ頂けると幸いです

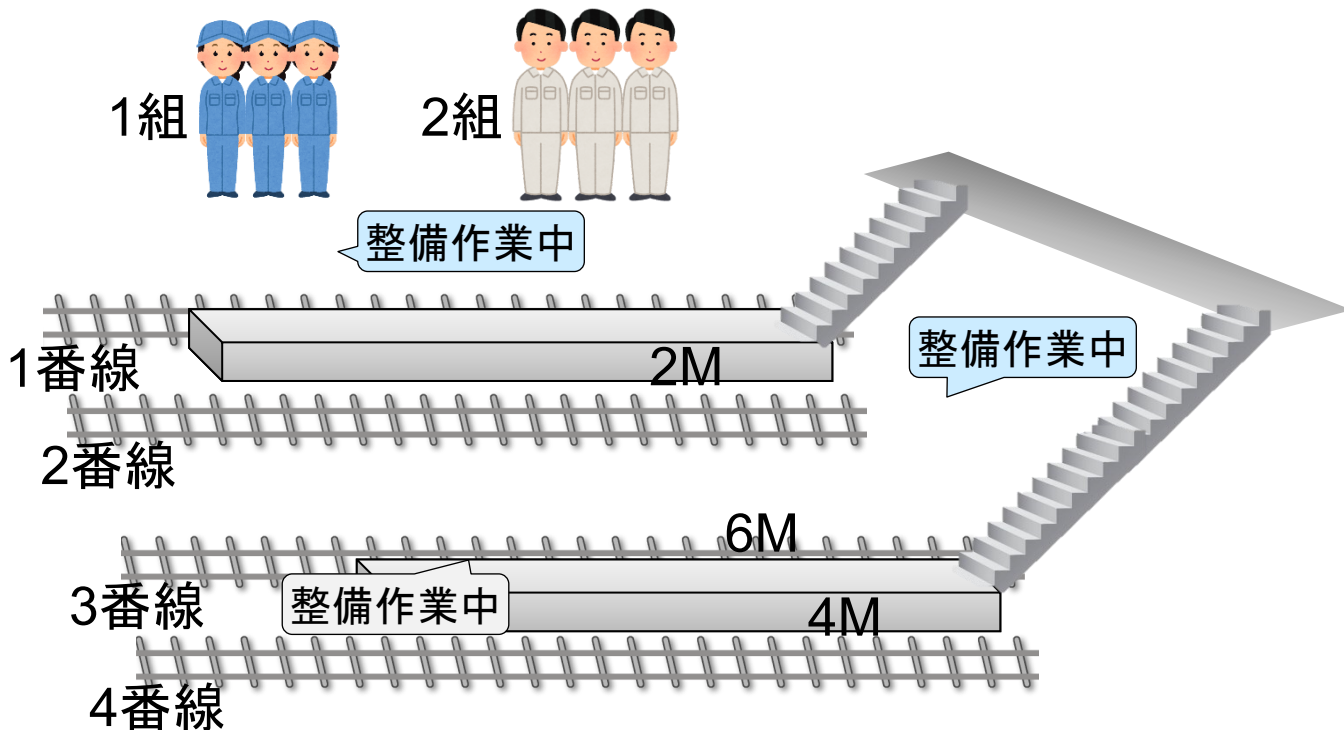
目次




- はじめに
- 整備作業ダイヤの概要
- 整備作業ダイヤ自動作成手法
 - ✓ 自動作成手法の全体像
 - ✓ 制約条件と評価指標
 - ✓ 適用した技術
 - ✓ 自動作成手法の性能
- まとめ
- ご質問に対する回答

整備作業ダイヤの概要



◆整備作業ダイヤ

- 複数人からなる各グループ(組)が、1日に担当する列車の整備作業計画
 - 整備作業: 主要駅で優等列車等が折返し運用する際の清掃や点検などの作業
- 整備作業ダイヤは各日について作成(列車ダイヤが日々異なるため)



番線	10:00	10:30
1		
2	2M 	
3		6M 
4		4M 

整備作業ダイヤ

組	10:00	10:30
1	2M  移動	6M
2		4M 

整備作業ダイヤの概要

入力データ

番線	07:00				10:00				13:00				16:00				19:00			
1			2M			8M						22M								
2			4M		6M		12M	16M												
3							14M				20M			24M					26M	
4						10M				18M									28M	

整備作業の割り当て

番線移動時間の設定

加算時間の設定

出力データ
(整備作業ダイヤ)

組群	組	07:00				10:00				13:00				16:00				19:00			
1	1	始		2M	番	6M	番	14M	前	休	後	22M	終								
	2		始	4M	番	8M			前	所	後			24M	終						
2	3					始	10M		16M	番	加	20M	前	休	後					26M	終
	4						始	12M		18M				前	所	後					28M

始業時刻が大きく違う複数のグループがある(組群)

| : 始業時刻

休 所 : 休憩・所定外業務(固定作業)

2M : 整備作業

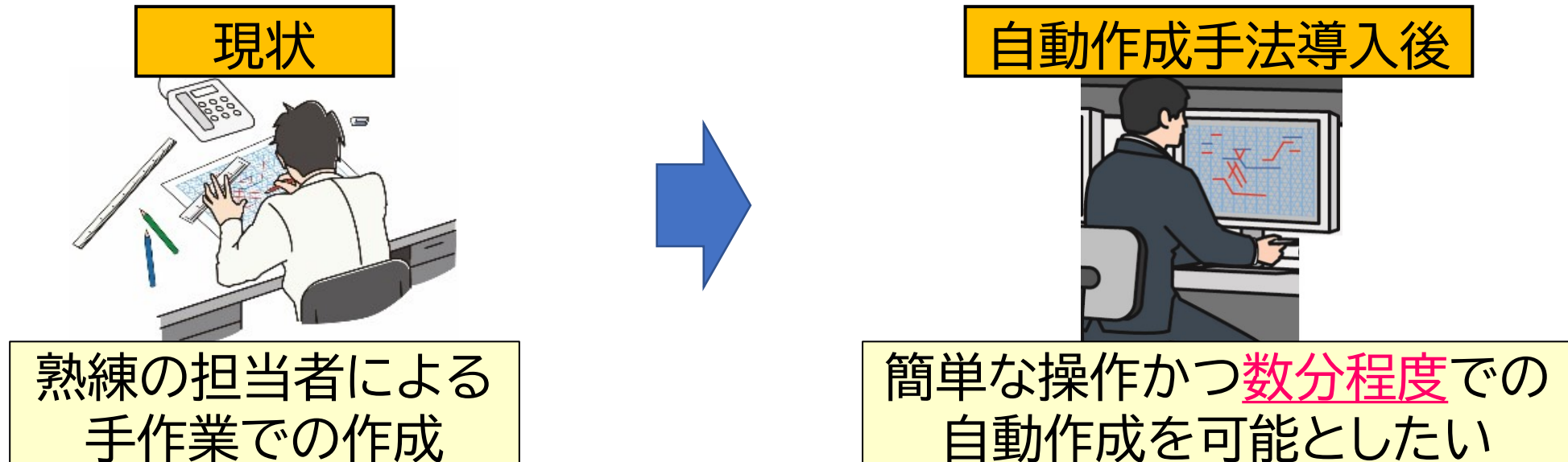
始 終 前 後 : 始業前後・固定作業前後の準備時間(準備時間)

番 : 整備作業間に必要な番線移動時間

加 : 連続で作業した場合に必要なトイレ休憩等の時間(加算時間)

現状の整備作業ダイヤ作成

- ◆ 熟練の担当者による手作業で1日分の作成に約3時間
 - ▶ 多くの制約条件を考慮しながら作成しているため多くのノウハウが必要
 - ▶ 作成担当者の育成に相応の時間を要する
- ◆ 複数案が作成できず, 作成した計画の評価を十分に行えていない
 - ▶ 現在作成している計画が, 最も良い計画か判断しがたい



自動作成手法の開発目標と効果

◆ 実用的で低負荷な整備作業ダイヤを高速で自動作成可能な手法

- 実用的 : 列車本数によらない
: 優先度の高い制約条件を充足
→ 入力によっては全ての制約条件を満たせるとは限らない
- 低負荷 : 整備作業員の番線移動時間が少ない等
- 高速 : 3分以内での計算

◆ 自動作成手法の開発による効果

- 整備作業ダイヤ作成業務の省力化と脱技能化に寄与
- 多様な作成条件により、今まで検討が困難であった整備作業員の負荷を低減した整備作業ダイヤを実現

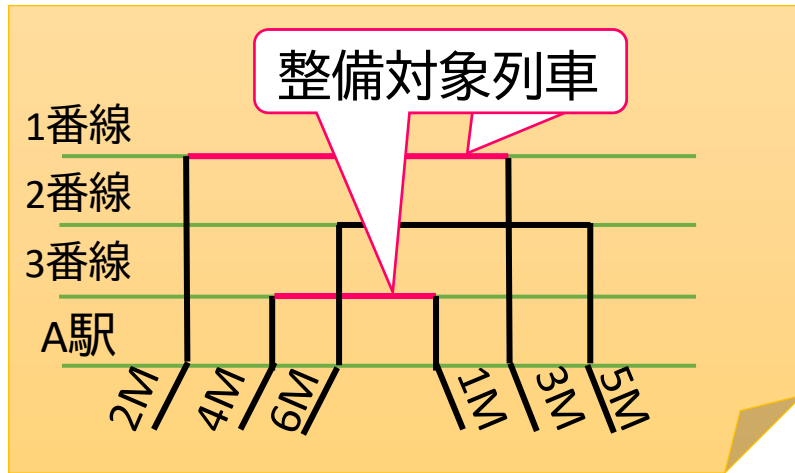
目次

- はじめに
- 整備作業ダイヤの概要
- 整備作業ダイヤ自動作成手法
 - ✓ 自動作成手法の全体像
 - ✓ 制約条件と評価指標
 - ✓ 適用した技術
 - ✓ 自動作成手法の性能
- まとめ
- ご質問に対する回答

自動作成手法の全体像

入力データ

列車ダイヤ・車両運用



組, 設備に関する情報

- 組数
- 各組の始終業時刻, 休憩時刻
- 各番線移動時間 等

自動作成手法による計算



制約条件

- 割り当てに関する制約
- 作業本数に関する制約
- 時間に関する制約

評価指標

- 各評価値
- ペナルティ

出力データ

自動作成結果

組群	組	07:00			10:00		
1	1	始	2M	番	6M	番	14M
	2		始	4M	番	8M	
2	3				始	10M	16M
	4					始	12M

組数や各組の始終業時刻等を入力として、
制約条件を満たした評価指標が良い整備作業ダイヤを自動作成

制約条件

◆ 割り当てに関する制約

- 全ての整備対象列車をいずれかの組に割り当て
- 始業開始時刻順, 休憩時間終了順に始めの整備作業を割り当て

◆ 作業本数に関する制約

- 1日に整備作業可能な本数の上限
- 組群内の整備作業本数差の上限
- 組群間の整備作業本数差の上限

◆ 時間に関する制約

- 必要な番線移動時間を確保
- 始業後, 終業前に準備時間を確保
- 休憩等の固定作業の前後に準備時間を確保
- 整備作業間で規定時間内に規定回数連続して作業した場合, 加算時間を追加

評価指標

◆評価値

- 全組の作業本数の分散 : 作業員の**負荷を平準化**
- 全組の番線移動時間の合計 : 作業員の**負荷を低減**
- 全組の加算時間の合計 : 作業員の**負荷を低減**

◆ペナルティ

- 各制約条件をできる限り守るために設定
 - 設定値からの逸脱量が大きければペナルティも大きい

◆評価指標

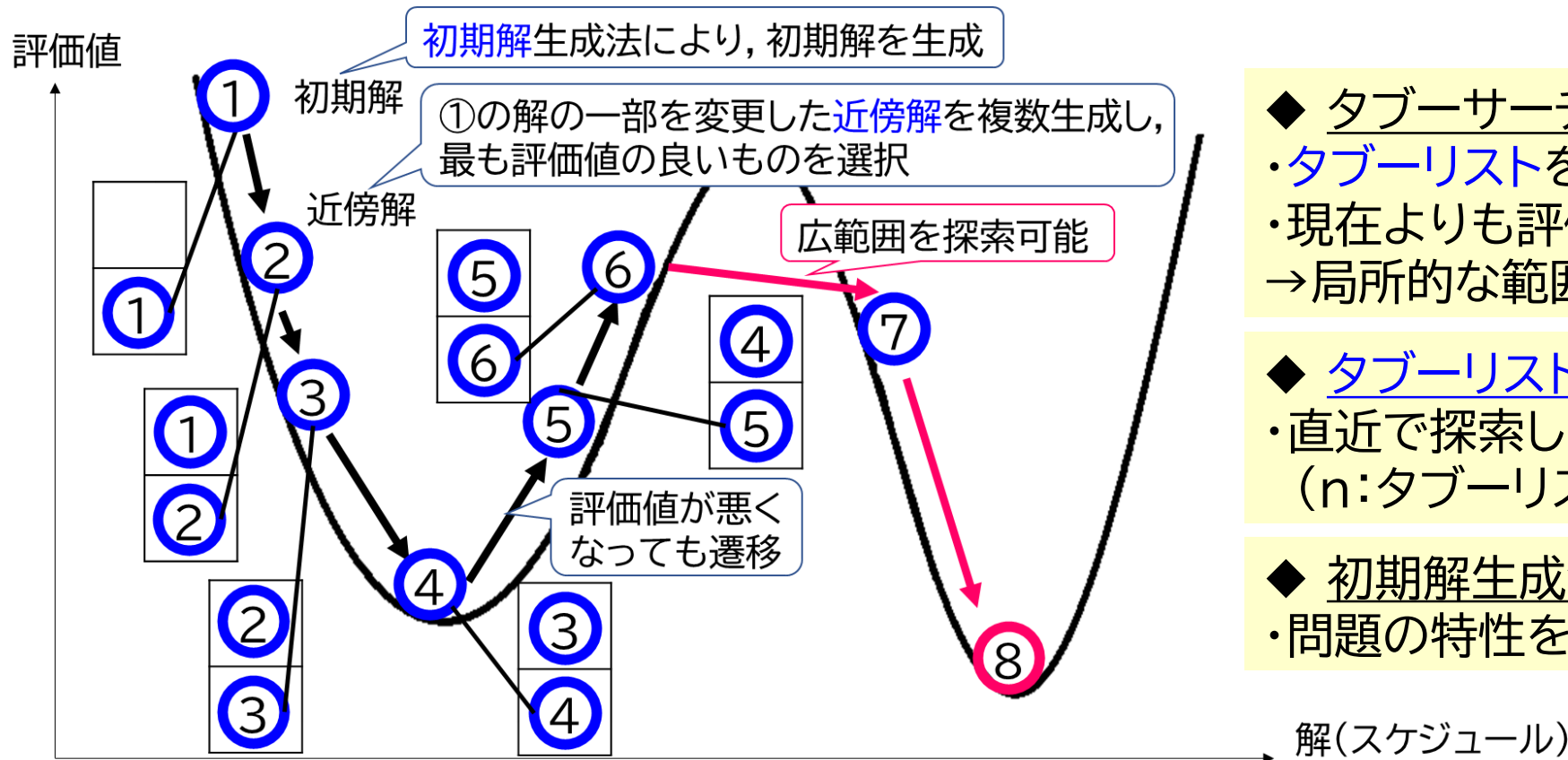
- 各評価値と各ペナルティに重み係数をかけた値の和を小さくする

優先順位の高い評価値や制約条件は、重み係数を大きく設定
→ 実態に即した**実用的な計画作成が可能**

適用した技術

◆ 数理最適化技術の1つであるタブーサーチ手法を適用

- 幅広い分野の問題に適用の実績あり
- 大規模な問題に対して, 入力データによらず **短時間で安定した結果を算出可能**



◆ タブーサーチ

- ・ タブーリストを準備
- ・ 現在よりも評価値が悪い解にも遷移
→ 局所的な範囲のみでなく, **広い範囲を探索**

◆ タブーリストの設定

- ・ 直近で探索したn個の解を記録
(n: タブーリスト長)

◆ 初期解生成法・近傍解生成法の構築

- ・ 問題の特性を捉えた生成法の構築が必要

自動作成手法の性能

◆ 実際の列車ダイヤを用いて検証

列車ダイヤ規模	整備作業数	組数	組群数
小規模(Case.1)	99本	7組	2
中規模(Case.2)	120本	8組	2
大規模(Case.3)	147本	9組	2

◆ 計算パラメータ

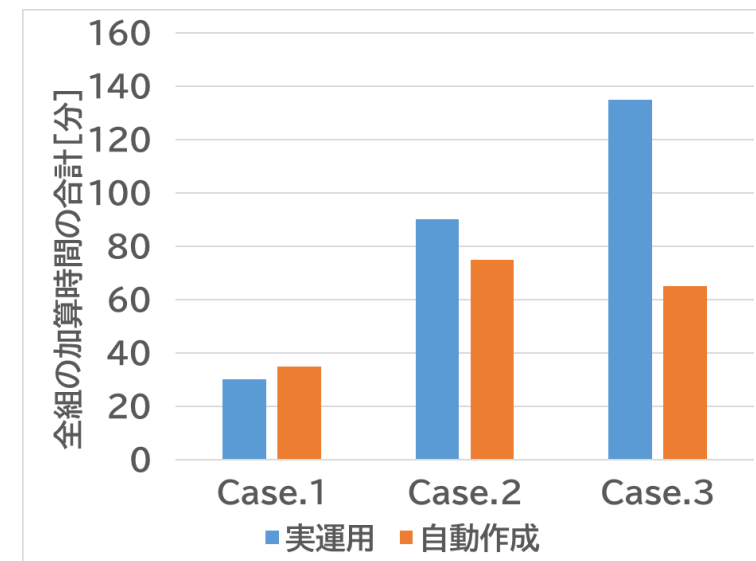
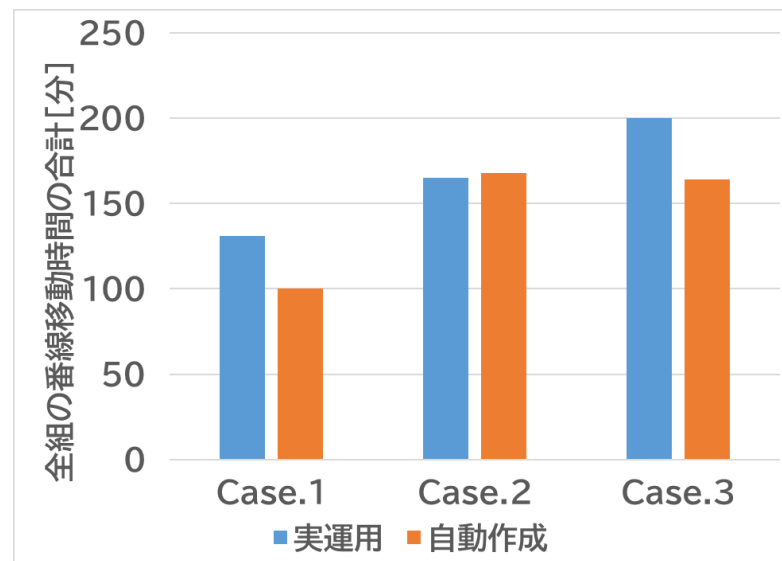
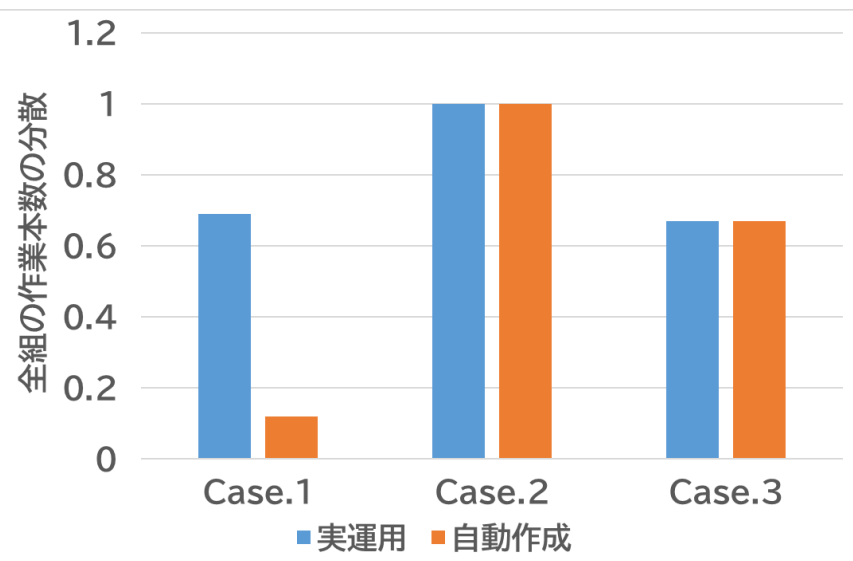
- 3分で計算打切り(3分時点で最も良い解を出力)

◆ ペナルティの重み

- 優先順位の高い割り当てに関する制約と作業本数に関する制約を優先的に満たすように設定

自動作成手法の性能

- ◆ペナルティ(制約条件の逸脱量)が全て0 : 実用的な計画を作成
- ◆全組の作業本数の分散が同等または減少 : 作業負荷の平準化
- ◆全組の番線移動時間の合計が同等程度または減少 : 作業負荷の低減
- ◆全組の加算時間の合計が同等程度または減少 : 作業負荷の低減



列車ダイヤ規模によらず、計算時間3分で、実用的で低負荷な整備作業ダイヤを作成

目次

- はじめに
- 整備作業ダイヤの概要
- 整備作業ダイヤ自動作成手法
 - ✓ 自動作成手法の全体像
 - ✓ 制約条件と評価指標
 - ✓ 適用した技術
 - ✓ 自動作成手法の性能
- まとめ
- ご質問に対する回答

まとめ

整備作業ダイヤ自動作成手法をご紹介します

- ✓ 対象とする整備作業ダイヤの詳細
- ✓ 開発した自動作成手法の概要
- ✓ 開発した自動作成手法の性能



開発した自動作成手法の応用展開に向けて
各社様の車両清掃の要件をお聞かせ頂けると幸いです

目次

- はじめに
- 整備作業ダイヤの概要
- 整備作業ダイヤ自動作成手法
 - ✓ 自動作成手法の全体像
 - ✓ 制約条件と評価指標
 - ✓ 適用した技術
 - ✓ 自動作成手法の性能
- まとめ
- ご質問に対する回答

いただいたご質問に回答いたします

- ご質問は画面下側中央の「チャット」より承ります。時間内に回答ができない場合もございますのでご了承ください。
- 個別に回答をご希望される場合は、セミナー終了時のアンケートにご記載ください。