

# 途中駅に車庫を設置した場合の 折り返し運転を考慮した混合整数計画法に よる運転整理アルゴリズム

## 背景

ダイヤ乱れ時でも早く行き先に到着したい

## 現状

列車の遅延が見込まれると...

人手中心の作業

手書きでダイヤグラムを修正

## 研究目的

大規模なダイヤの乱れが起こる時、

**ダイヤ乱れの解消**

**乗客を振替輸送駅まで誘導**

を考慮した運転整理案を作成するアルゴリズムを提案する

村田 笑菜(ムラタ エミナ) :

武蔵野大学 工学部 数理工学科 B4

佐々木 多希子(ササキ タキコ) :

武蔵野大学 工学部 数理工学科



図-2 運転整理案の作成一紙と鉛筆の作業



出典:「鉄道のダイヤ乱れ時への対応,その1」 出典:東日本旅客鉄道株式会社

コンピューターを使用し迅速に修正出来ないか

# 論文で提案されている混合整数計画問題

混合整数計画問題

線形計画問題のうち、変数が整数もしくは連続な値をとる問題

## 論文概要：

### 折り返し運転を考慮した混合整数計画法による運転整理アルゴリズム

今田京介, 富井規雄

IEEJ Transactions on Industry Applications, Vol.137 pp.484-491

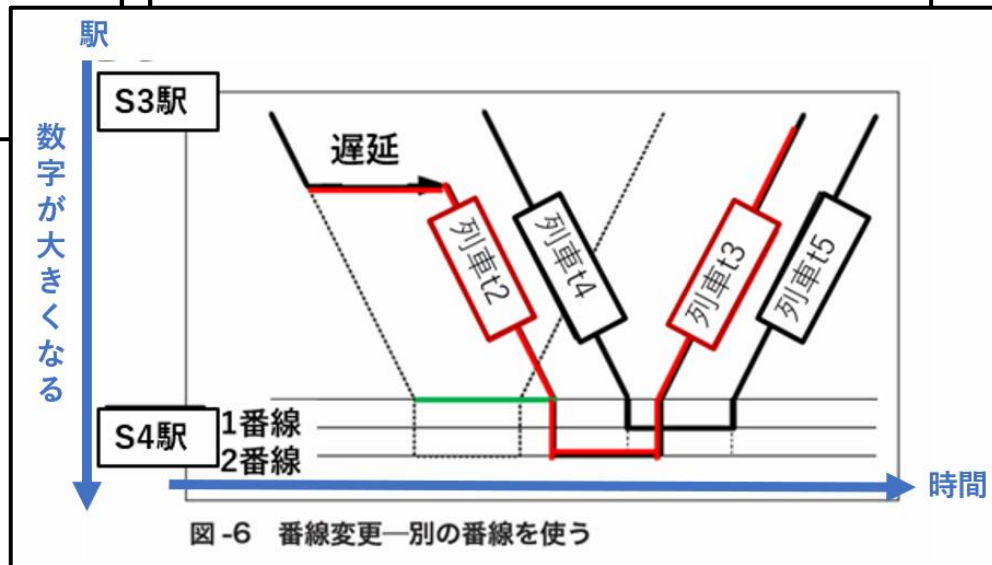
2016年7月1日受付, 2017年2月5日再受付

## 目的関数：

列車が駅に遅れて到着する時間の和を  
最小化したい

## 制約条件：

- ・ 列車運行上の制約(走行・停車時分、番線) 出典:「鉄道のダイヤ乱れ時への対応、その1」 富井規雄, 佐藤圭介
- ・ 運転手段に対応する制約(順序変更、車両運用変更、時刻変更、番線変更)
- ・ 遅延の与え方 (着遅延時分に関する制約, 運休に関する制約)



# 混合整数計画問題としての定式化

$$\text{minimize} \quad \sum_{t \in T, s \in S_{op}} \text{delay}_t^s$$

$\text{delay}_t^s$  : 全列車全駅での時刻表とのズレ

**subject to**

$$\text{delay}_t^s \geq (a_t^{s+1} - A_t^{s+1}) \times \text{op}_t^s + \alpha (1 - \text{op}_t^s)$$

設備上の都合による様々な制約条件のもと行う。  
約10万個の制約条件があるうちの一部

**運休しないとき**

$$\text{delay}_t^s \geq (a_t^{s+1} - A_t^{s+1}) \times 1 + \alpha (1 - 1)$$

$$\text{delay}_t^s \geq a_t^{s+1} - A_t^{s+1}$$

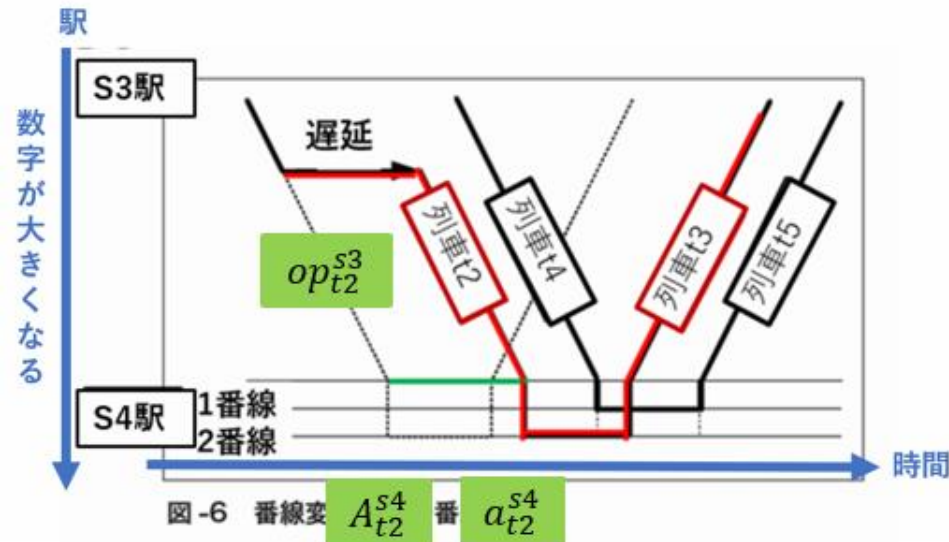
**運休するとき**

$$\text{delay}_t^s \geq (a_t^{s+1} - A_t^{s+1}) \times 0 + \alpha (1 - 0)$$

$$\text{delay}_t^s \geq \alpha$$

$a_t^s$  : 列車tが駅sに到着する時間(遅延時)  
 $A_t^s$  : 列車tが駅sに到着する時間(時刻表通り)

$\text{op}_t^s = 1$  : 駅s-駅(s+1)間を運転する  
 $\text{op}_t^s = 0$  : 上記以外



出典：「鉄道のダイヤ乱れ時への対応、その1」  
富井規雄,佐藤圭介

$\alpha$  : 時刻表と遅延の列車の差時間  
(こちら側で設定する値)

# 今田-富井(2017)の数値計算結果

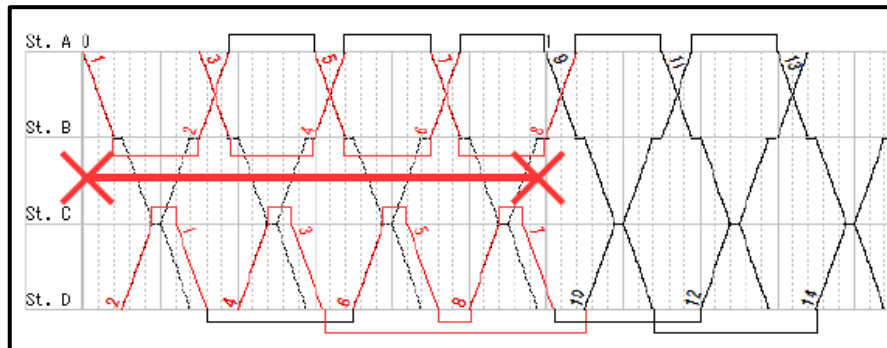


図1 支障区間 駅B - 駅C間  $\alpha = 10$  のとき

駅  
数字が大きくなる

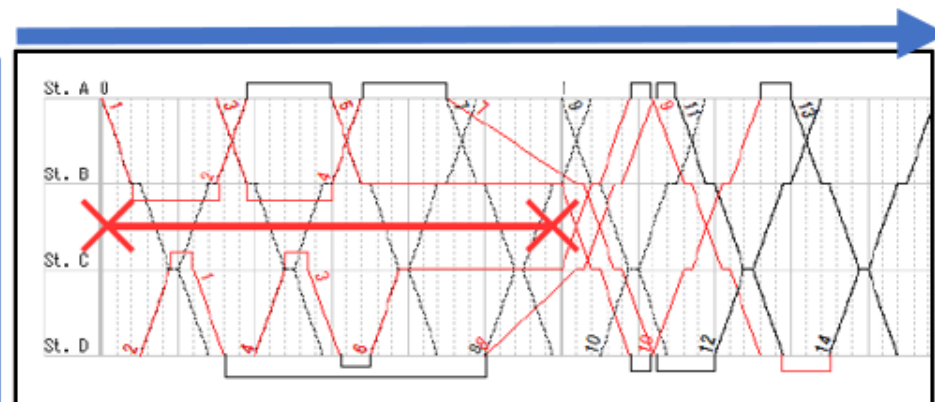


図2 支障区間 駅B - 駅C間  $\alpha = 90$  のとき

時間

$\alpha$ を低めに設定すると、ある程度運休を許してでも速やかに運転を回復させる

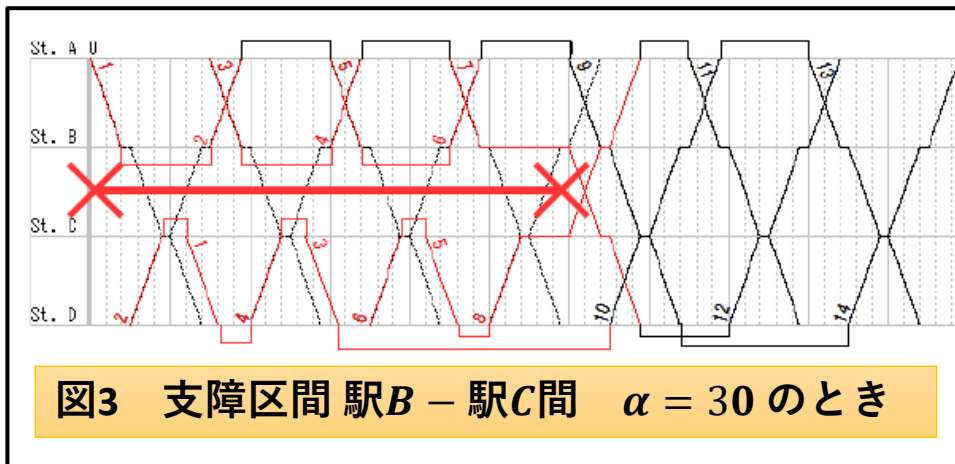
$\alpha$ を高めに設定すると、ある程度遅延時分が増大しても運休を防ぐ

| $\alpha$ (時刻表通りと遅延の列車の誤差時間) | 10  | 90   |
|-----------------------------|-----|------|
| 目的関数値                       | 88分 | 574分 |
| 部分運休列車                      | 8本  | 4本   |

出典：「折り返し運転を考慮した混合整数計画法による運転整理アルゴリズム」今田京介,富井規雄

# 途中駅に車庫を設置する

- 論文で提案されている車庫(列車を出し入れ可能とする駅)は、両端駅に設置されている(図1,2,3)
- 途中駅に設置することで、より現実的に再現することが出来る



出典：「折り返し運転を考慮した混合整数計画法による  
 運転整理アルゴリズム」今田京介,富井規雄

## 今後の課題として

- 支障時間の変更
- 0分から60分ではなく、10分から70分のうに支障開始時刻の変更
- 近似アルゴリズムの数学的な性質を理解する  
 があげられる

$\alpha$  : 時刻表と遅延の列車の差時間  
 (こちら側で設定する値)

