

移動閉塞において複数列車の同時制御により短時隔運転を行う手法の提案

Technique to Shorten Headways under a Moving Block Signalling System by Simultaneous Control of a Group of Trains

嶋田 涼太（電気システム工学科）

Ryota SHIMADA

交通・電力・環境システム研究室 指導教員 高木 亮 准教授

1. はじめに

時隔とは先行列車と後続列車の運転時間の間隔を指し、時隔を短くすることにより1時間あたりの列車の本数を増すことができる。時隔を短くする方法として移動閉塞信号システムの導入が考えられる⁽¹⁾が、従来の信号システムとの差は必ずしも大きいとはいえなかった。そこで、本論文では、複数列車の群を同時に制御し、列車間の距離が移動閉塞システムにおいて許容される最小の値を維持することで時隔を最小化する手法について検討をおこなった。

2. 移動閉塞における複数列車間の最短距離

図1のように、先行列車と後続列車との間の距離が、後続列車の現在速度 V_{T2} からのブレーキ距離 ($x_B(V_{T2})$) に余裕距離 (x') を加えた値以上あれば進行信号を、それを下回れば停止信号を出すものである⁽¹⁾。このことから、両列車間の距離が $x_B(V_{T2}) + x'$ に等しい状態が、両列車間の距離が最短の状態である。

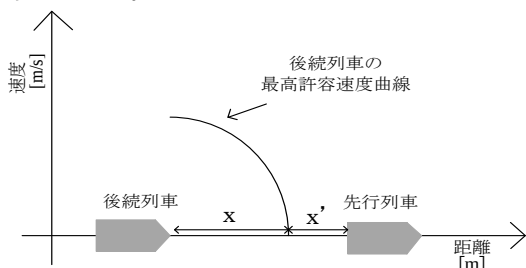


図1. 移動閉塞

3. 先行列車と後続列車の関係

先行列車が発車してから後続列車が到着するまでの時隔（発着時隔）を最小とすることで、輸送力の増強が図れる。図2のように後続列車は先行列車に追いつくと停車し（A点）、発車することができれば、また加速を行い、さらに停車（B点）を行う。つまりA点からB点まで同期運転を行いB点以降は非同期運転を行い結果的に短時隔運行を行えるというものである。

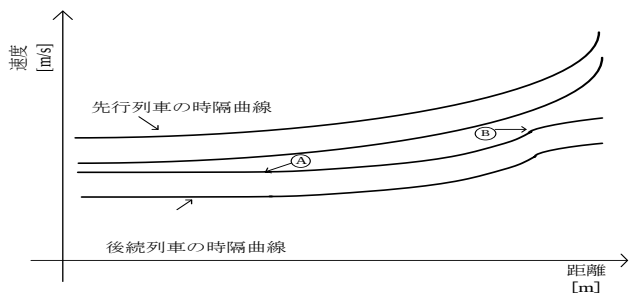


図2. 先行列車と後続列車の関係

4. 同時発車の検討

同一ホームの番線に短い編成の列車が複数、余裕距離の間隔だけを残し停車している状態から、列車と列車との間

隔を移動閉塞を活用し発車することを行い最小運転時隔で列車が衝突しないように列車を制御することだけを考えてと後続列車は次式で表すことができる。それぞれの記号は下記に示す。

$$Y_4 = \frac{1}{2} \times \frac{V_{T2}^2}{\alpha_{T2}} \quad \dots (1) \quad Y_1 = \frac{1}{2} \times \frac{V_{T1}^2}{\alpha_{T1}} + x' + L \quad \dots (2)$$

式(1)は後続列車の先頭の位置を表し、式(2)は先行列車の後尾の位置を表している。

次に、後続列車のブレーキ距離をとった位置の加速度は許容速度となり先行列車の後尾から余裕距離をとった位置が同じ位置になるように次式が立てられる。

$$Y_3 = Y_4 + \frac{1}{2} \times \frac{V_{T2}^2}{\alpha_s} = \frac{1}{2} \times \frac{V_{T1}^2}{\alpha_{T1}} \quad \dots (3)$$

$$\alpha_s = \frac{-V_{T2} \times \alpha_{T2}}{V_{T1} - V_{T2}} \quad \dots (4)$$

Y_{1-4} : 位置 α_{T2} : 加速度（後続列車）
 V_{T1} : 速度（先行列車） α_s : 後続列車の許容速度
 V_{T2} : 速度（後続列車） x' : 余裕距離
 α_{T1} : 加速度（先行列車） L : 列車長

同時発車が行えると図3のような緩急結合ダイヤを作成することができる。これは、緩行系の列車が急行系の列車に比べ、短い編成で同じ線路を走行し同一ホームの番線に停止し、発車することで通常の緩急結合ダイヤよりも時隔を短く運行できるものである。

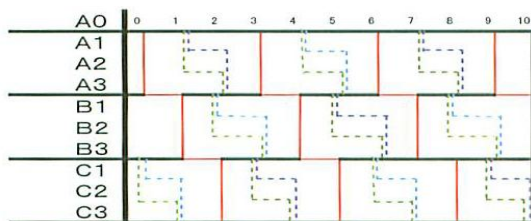


図3. 緩急結合ダイヤ図(曽根式)

同時到着も同様の作業を行い、式(4)の加速度を減速度に替えた式(5)に速度を積分した式(6)の先行列車の減速度については式(7)のように後続列車の許容速度の4分の1にまで減速する必要があるため停車に関しては先行列車が先に停車をし、後に後続列車が停車を行うという方法も視野にいれ検討する必要があると考えられる。

$$V_{T1} = V_{T2} \times \frac{\beta_s - \beta_{T2}}{\beta_s} \quad \dots (5) \quad \beta_{T1} = \beta_{T2} \left(1 - \frac{\beta_{T2}}{\beta_s}\right) \quad \dots (6)$$

$$\beta_s^2 = 4\beta_{T1}\beta_s \quad \dots (7) \quad \beta_{T1}: \text{減速度（先行列車）} \\ \beta_{T2}: \text{減速度（後続列車）} \\ \beta_s: \text{後続列車の許容速度}$$

5. まとめ

これらの式から後続列車の速度、加速度と先行列車の速度を相互に同時制御を行うことで列車同士の間隔は自然とブレーキ距離と余裕距離だけをとることができ、短時隔で列車の運行を可能にできるのではないかと提案する。

文 献