

移動閉塞を用いた超高頻度列車運行手法の基礎検討

Preliminary Investigation into the Ultra-high Frequency Train Operation Techniques Using the Moving Block Signalling Systems

清水嵩弘 (電気システム工学科)

Takahiro SHIMIZU

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

大都市における鉄道路線では、ラッシュ時に慢性的な混雑や旅行時間の増大が現在も見られ、その改善は急務である。一方、自動車の自動運転技術の発展などにより、今後は鉄道と他の交通機関との競合の激化も予想されている。

そこで、我々の研究グループでは、多様な旅客のニーズにより高度に適合した多様なサービスを供給しうる鉄道システムとして「超高度化鉄道システム」を提案し、議論を始めている^[1]。本論文では、超高度化に欠かせないと考えられる列車頻度向上の手法について、日本においても普及の兆しが見えてきた移動閉塞システムを用いることを前提に議論する。

2. 移動閉塞システムと列車ダイヤパターン

2. 1 移動閉塞システム

移動閉塞システムは、従来の固定閉塞と異なり、後続列車が進行できる範囲が先行列車の動きに合わせて連続的に変化する信号システムである。列車間隔制御に用いる情報の種類によっていくつかの種類があるが、本論文では実用最短の列車間隔距離が得られる「純移動閉塞(Pure Moving Block : PMB)」を想定して議論を行う^[2]。PMB の概念図を図1に示す。

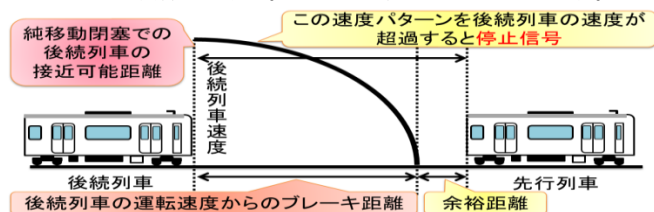


図1 純移動閉塞における運転

移動閉塞によれば短時隔での運転が行えるとされているが、閉塞区間の短縮など固定閉塞の改良を進めれば移動閉塞との差は小さいという指摘もある。筆者の計算結果(表1)もそれを示唆している。しかし、固定閉塞で移動閉塞に肉薄する性能を駅周辺など限られた場所以外でも実現すべく短小軌道回路の多数設置等を全線にわたり行うのは現実的ではない。一方、移動閉塞により初めて許容される列車間隔距離の短い状態を長時間維持する同期制御^[3]の活用などにより、手動運転のみの場合と比べ高度化された列車運行の可能性がある。

表1 各閉塞方式における最小運転時隔の計算例

閉塞	閉塞割	得られた最小運転時隔	
		発着時隔	通過時隔
固定	駅間10分割+駅構内3分割	69s	46s
固定	50m均一	54s	29s
移動	移動閉塞	51.5s	26.5s

2. 2 列車ダイヤパターン

列車ダイヤには「ダイヤパターン」と呼ばれる類型があることが知られている。日本では、急行列車と緩行列車が列車順序変更可能駅で相互に接続を図る「緩急結合ダイヤパターン」が便利とされ、採用例が多い。しかし、このパターンは急行と普通の時間差が大きく高頻度輸送に不向きなことや、急行に需要が集中しがちなことなどの問題点も多い。

高頻度化に適したダイヤパターンはこれまでもいくつか提案されているが、移動閉塞や同期制御^[4]などの導入は前提とされていない。これらのシステムの特性を生かすためには、さらに高度なダイヤパターンの開発が必要と考えられる。

3. 短編成列車・高頻度運転の有効性の確認

文献[3]は、緩急結合ダイヤパターンにおける緩行列車を複数の短編成列車に置き換え、ここに同期制御を適用し高頻度運転を行う提案を含むが、その定量的評価は行っていない。そこで、都心と郊外を結ぶ全21駅の架空路線モデルを設定し、短編成高頻度運転を実施した際の旅客不効用について、列車ダイヤ評価ツール「すうじっく」を用いたシミュレーションを行った。この路線において、従来の緩急結合パターンに基づき5分あたり急行列車と緩行列車が1本ずつ走行するダイヤと、緩行列車および急行列車を複数の短編成列車に置き換えたダイヤを作成し、提案パターンの有効性を確認した。今回設計したダイヤを図2に示す。

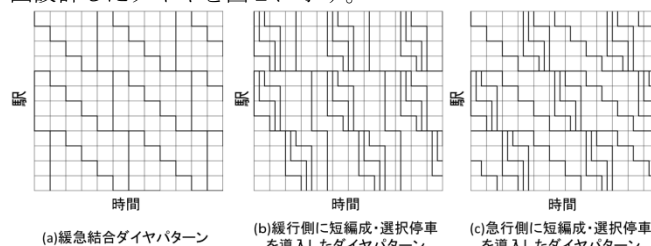


図2 緩行側に短編成列車・選択停車を導入したダイヤ

4. 短編成列車・高頻度運転における効果

今回設計したダイヤパターンのシミュレーションにより得られた結果について、その一部を表2に示す。

表2 各ダイヤパターンにおける評価

評価項目	単位	評価		
		緩急結合 図2(a)	緩行選択 図2(b)	急行選択 図2(c)
旅客一人当たりの旅行時間不効用	円/人	478.3	458.7	472.4
旅客一人当たりの不効用	円/人	633.5	575.8	551.1
正規化レインアワー(必要車両数)	両	133.4	122.0	89.8

5. おわりに

移動閉塞を用いた超高頻度運行の可能性について議論し、先行研究で示された短編成・高頻度運転の有効性について列車ダイヤ評価ツールを用いて評価し、既存のダイヤパターンより旅客の不効用等の評価が改善されることを示した。

今後は PMB のパラメータの詳細な検討、相対速度移動閉塞や車上分岐を活用した列車頻度向上策の検討、超高頻度運行実施時の頑健性の考慮や饋電特性の評価が課題である。

文 献

- [1] 鈴木崇児, 高木 亮, ほか:「鉄道と地域発展」, 中京大学経済学部附属研究所研究叢書, 勁草書房, (2014), 2章
- [2] 電気鉄道ハンドブック 編集委員会:「電気鉄道ハンドブック」, コロナ社, (2007), 5章
- [3] 高木 亮:「移動閉塞システムにおける複数列車の同期制御の検討」, 電気学会産業応用部門大会, (2011), No.3-103