

# 着発線等が不足する路線における超高頻度列車運行計画に関する基礎検討

## Preliminary Investigation into the Ultra-high Frequency Train Timetabling Techniques for Routes with Insufficient Tracks at Stations

堀口優(電気システム工学科)

Yu Horiguchi

電気鉄道システム研究室

指導教員 高木 亮 教授

### 1 はじめに

筆者らの研究グループは、都市鉄道に関する多様なニーズを高度に両立しつつ現状に比して大幅な輸送力増強等を可能とする超高度化鉄道システム(UCRT: Ultra-Convenient Rail Transport)を提案している<sup>(1)</sup>。しかし、都市鉄道では駅での着発線が不足しているため、超高頻度運行計画の作成が困難な場合が多いことが知られている。

UCRTでは、移動閉塞<sup>(2)</sup>や同期制御<sup>(3)</sup>などを用いて超高頻度化を実現する。そこで、本論文では着発線等が不足する路線においてこれら技術を用いた場合の列車群の運動を数値的に解析し、時隔計算を行うことを通じ、こうした路線での超高頻度輸送の可能性を探ることを目的とする。

### 2 着発線等が不足している路線における超高頻度化

現状の都市鉄道で一般的な各駅停車列車主体の列車ダイヤに対し、駅通過運転主体ダイヤの導入により、現状を大幅に上回る超高頻度列車運行が実現する可能性がある。

だが、都心部の乗換駅など多くの乗降客がある駅では全列車停車を余儀なくされる上、停車時分も増大しがちである。時間的に隣接する列車は異なる着発線を利用する「交互着発」でこの問題を回避できるが、着発線の増加が必要で、多くの都心部駅では現実的とはいえない。

また、各駅停車列車主体ダイヤではどの発駅・着駅の組合せでも利用可能だが、駅通過運転主体ダイヤで各駅停車列車がない場合にそれを維持しようとすると列車の停車パターン多様化の必要があり、列車毎の混雑率の不均一化やダイヤのわかりにくさなどの問題が生じる。

本論文では、全予約化<sup>(4)</sup>などにより混雑率不均一の問題が避けられることを前提に、全列車のうち半数を都心部乗換駅通過とする一方、停車パターン多様化のため列車を既存のものの半分の短編成とする手法について検討する。

### 3 移動閉塞システムと同期制御

#### 3.1 移動閉塞システム

本論文では、2列車間の距離を実用上最短とすることが可能な純移動閉塞(PMB)<sup>(2)</sup>を用いる。PMBにおいて、ある列車Aの最前部とその前方にいる列車Bの最後尾との間の最短距離 $d_{min}$ [m]は、 $d_m$ [m]を余裕距離、 $v$ [m/s]を列車Aの速度、 $\beta_s$ [m/s<sup>2</sup>]を減速度とすると式(1)のようになる:

$$d_{min} = d_m + v^2/2\beta_s \quad (1)$$

#### 3.2 同期制御

同期制御<sup>(3)</sup>は、後続列車が先行列車の位置・速度・加速度の情報をもとに式(1)の最短距離を長時間維持するように運転を行う手法であり、本論文でもこれを前提とする。

### 4 新たに提案するダイヤと現状との比較

#### 4.1 シミュレーション条件

図1に示す、長い路線の一部分を前提とする。E駅は多くの乗降客がある乗換駅である。現状は列車長200mの各駅停車列車が120秒周期で走行している。

駅通過運転主体超高頻度ダイヤでは列車長100mとし、

1着発線あたり2列車入線可能なようホーム長220mと決定した。列車は4列車1組で計画し、停車パターンは表1の通り定めた。この他のパラメータ群は以下の通りとした:

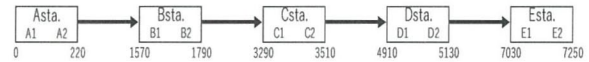


図1 モデル路線

表1 編成ごとと停車パターン

列車	1	2	3	4
停車駅	A2,C2,D2,E2	A1,B1,C2,E1	C1,D2	B2,D1

- 余裕距離: 20 m
- 巡航速度: 21 m/s
- 停車時分: E 駅 60 秒, 他駅 40 秒
- 列車加減速度: 速度によらず 0.972 m/s<sup>2</sup>

#### 4.2 シミュレーション結果および現状との比較

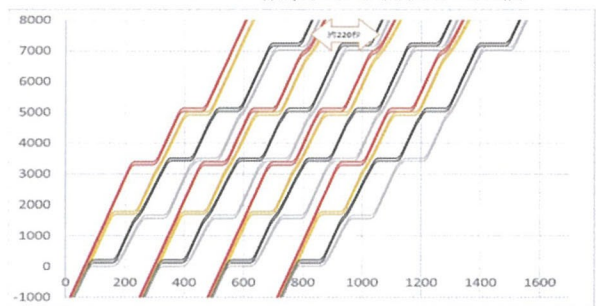


図2 提案する超高頻度ダイヤにおける時隔曲線

提案ダイヤでは図2に示すように列車長100mの列車が約220秒あたり4本走行している。列車長あたり輸送力が同一とすれば現状比約2倍の大幅な輸送力向上となる。

### 5 おわりに

着発線が不足する路線でも、移動閉塞および同期制御により超高頻度化による輸送力向上の可能性が示された。

今後の課題としては、混雑率不均一回避の際に前提とした全予約化<sup>(4)</sup>の手法の検討が挙げられる。

### 文 献

- (1) Takagi, R. and Shimizu, T., "Ultra-high frequency train operation for the realization of Ultra-Convenient Rail Transport (UCRT)," *IEEE ICIRT 2016*, Birmingham, UK (2016)
- (2) Takeuchi, H., Goodman, C.J. and Sone, S., "Moving block signalling dynamics: performance measures and re-starting queued electric trains," *IEE Proc. Electr. Power Appl.*, **150**, 4 (2003)
- (3) Takagi, R., "Synchronisation control of trains on the railway track controlled by the moving block signalling system," *IET Electr. Syst. Transp.*, **2**, 3 (2012)
- (4) Takagi, R.: "Reservation-compulsory commuting railways: Innovation that will be made possible by UCRT/IPASS", *Proc. COMP-RAIL 2018*, Lisboa, Portugal (2018)