

令和元年6月24日現在

機関番号：32613

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06236

研究課題名(和文)超高度化鉄道システムのための超高頻度運行の計画・管理の手法に関する基礎研究

研究課題名(英文) Preliminary Research on the Techniques for the Ultra-high Frequency Train Scheduling for the Ultra-Convenient Rail Transport Systems and their Management

研究代表者

高木 亮 (Takagi, Ryo)

工学院大学・工学部・教授

研究者番号：70272383

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：超高度化鉄道システム実現には超高頻度運行が必須である。本研究では今後主流となることが期待される鉄道信号システム「純移動閉塞(PMB)」を主な前提としつつ、超高頻度運行計画およびその管理の手法が数多く存在しうることを示した。例えば、鉄道における現在の分岐方法(地上分岐)は複数列車間の時間的間隔短縮における障害となるが、この障害を事実上回避する方法を本研究では提案した。この他、本研究では現在存在するか理論的に提案されている様々な鉄道信号システムについて、時隔等の数値的計算による比較などを行い、今後の超高頻度運行の実現に向けた基礎的知識の蓄積を図った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で前提とした「純移動閉塞(PMB)」を含む鉄道信号システムについては多くの検討成果があるが、超高頻度化に向けて様々な手法の開発余地があること、すなわち従来と同等の安全性を維持しつつ列車運行頻度を向上する余地が残っていることが示された。列車運行頻度向上の社会的ニーズが大きいことは論を待たないので、この研究成果の社会的意義もまた大きいと考えられる。また、様々な鉄道信号システムと超高頻度化の関係について定量的かつ体系的な比較が行われたので、その結果は列車運行頻度向上に関する基礎的な知識ベースとなることが期待される。

研究成果の概要(英文)：Ultra-high-frequency operation is essential to the realization of UCRT (Ultra-Convenient Rail Transport). In this research based on the railway signalling system called "Pure Moving Block (PMB)", which is expected to be the most widely adopted one in the near future, it was shown that there could be many methods of ultra-high frequency train scheduling and its management. For example, the current route switching methods in railways (ground-side switching) are known to be the obstacle in shortening the minimum headways (time interval between trains), and this research have found a method to virtually avoid this obstacle. Also in this research, comparison of various railway signalling systems, including the existing systems and some theoretically proposed systems, in terms of minimum headways and other evaluation criteria, have been performed to provide basic data to help the realisation of future ultra-high frequency train operation.

研究分野：電気鉄道システム

キーワード：電気鉄道 列車群計画 運行管理 信号システム 高頻度運行

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

超高度化鉄道システムは、個別利用者が本来持つニーズ（とにかく早く到着したい／遅くても着席したい／乗り換えずに到達したい 等）に合わせきわめて多様なサービスを提供できる点で従来の鉄道を凌駕するシステムとして申請者が提唱しているものである。現状の鉄道は、大量輸送という点で他の交通機関による代替が困難な反面、列車の停車駅、経路など提供しているサービスは一般的に画一的である。乗客のニーズはきわめて多様だから、超高度化のためには列車サービスも超多様化せざるを得ず、抜本的な列車頻度の増加が必要となる。この頻度増加は、線増などインフラへの大規模な投資なしに実現されるのが望ましい。

既存路線において列車頻度を向上させる方法としては、信号システムや車両の改良などのハード的技術に加え、高頻度化に適したダイヤパターンなどソフト的手法も含め、さまざまな提案や実践がなされてきた。近年、申請者は、これらの既存技術を組み合わせたり、既存技術に新たな手法を追加導入したりすることによる鉄道の超高度化に向けた具体的な改善手法とその可能性について研究成果を発表している。超高度化鉄道システムにおいては、多様な種類のサービスを提供することにより鉄道の魅力を高めるため、より高度な運行計画手法の開発が必要である。

2. 研究の目的

(1) 鉄道の超高度化のニーズや、それに資する超高頻度化を実現する手法に関する調査

文献調査や独自のアンケート等の手法により、鉄道の超高度化のニーズおよびそれに資する超高頻度化を実現する手法の体系化を図る。また、必要に応じ新たな提案を行う。

(2) 超高度化を実現する運行計画手法の開発と利用者視点での評価

多種多様な種別の列車が同一路線上に多数共存する超高度化鉄道システムの実現に資する運行計画作成の手法や戦略を開発する。開発した手法や戦略を、実路線データをベースに作成したモデルに適用し、利用者視点での評価を行うことにより、その有効性を確かめる。

(3) 開発した運行計画手法により作成されるダイヤの頑健性や他の鉄道サブシステムへの影響の評価

(2)において開発した運行計画手法により作成されたダイヤについて、その頑健性（運行に対し必然的に生じる外乱への対応可能性）、列車の加減速等の性能への要求、電力供給システム（饋き）電システム）への影響などを多角的に評価する。

3. 研究の方法

目的(1)については主として文献調査、ヒアリングにより検討した。目的(2)(3)については、理論的机上検討およびシミュレーションによる評価を組み合わせ研究を遂行した。

4. 研究成果

- A) 超高頻度運行に必要な信号システムの挙動に関する簡易計算を多数行い、純移動閉塞、ソフト連結など、本研究の目指す超高頻度・複雑な列車運行の基盤となりうる信号システム技術の可能性や、それら信号システムを適用した場合の列車群の動的振る舞いについて、多くの知見を得ることができた。例えば、従来は駅における発着時隔（ある列車＝先行列車＝が発発後、次の列車＝後続列車＝が到着するまでの時間的間隔）は、後続列車が当該駅の手前で一時停止しないよう制御することで短縮可能とされてきたが、純移動閉塞など列車の進行可能距離が先行列車の動きに応じ連続的に変化するシステムの下では一時停止してしまっただけで発着時隔が短くでき、一時停止を防ぐ制御は発着時隔短縮からみて逆効果であることを明らかにした。
- B) 「高度な鉄道」について一般人対象のアンケート調査を簡易な方法により行った。その結果、鉄道の高度化ということに関してはおおむね予想どおりのイメージを一般市民が抱いていることが明らかになった。ただし、冷房の寒さなど、本研究それ自体には直接関係しないものの、日本の鉄道事業者が現在あまり重視しているとはいえないものの利用者が気にする可能性がある項目もいくつか浮かび上がってきた。また、同様の簡易計算を通じ、合流・分岐駅における列車順序と得られる列車頻度の関係について知見を得た。
- C) 鉄道システムにおいても道路用車両と同様の車上分岐（分岐において進行方向を車両が主体的に定める方式）が実現できれば、高頻度化に効果が高いことはすでにわかっているが、

鉄車輪・鉄レールを用いる普通鉄道においてこれが当面実現しないことを見越し、「疑似車
上分岐」と称する回避方法を考案し、その評価を行った。疑似車上分岐とは、通常単一の減
速性能のみの存在を前提に行われる列車間安全距離の計算において、分岐装置手前におい
て例外的に高減速モードを切り替えて用いることで、車上分岐と同等の走行方法を地上分
岐のまま実現しようとするアイデアである。このアイデアの評価を通じ、車両の位置検
知の精度向上や検知遅れの極小化の高頻度化における重要性があわせて示された。

- D) 超高頻度化の実現においては、複雑化する運行計画における案内の的確化に加え、混雑の偏
りの防止等を通じ、輸送力の有効利用と運行の頑健性の向上を図る必要があることが自明
である。このためには乗車時間の短い都市鉄道でも座席予約を行うことが有効で効果が高
いことを論証した。このような発想は従来の鉄道出改札システムの実情に即し考えれば実
現不可能だが、現在の ICT 技術の水準からみれば十分可能であることも、様々な角度から
論証した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- (1) Kakuham, F. and Takagi, R., “ULTRA-HIGH FREQUENCY TRAIN OPERATION USING THE SOFT
COUPLING TECHNIQUE: HEADWAY EVALUATIONS”, WIT Transactions on The Built
Environment, 181, pp. 133-141 (2018)
- (2) Takagi, R., “RESERVATION-COMPULSORY COMMUTING RAILWAYS: INNOVATION THAT WILL BE
MADE POSSIBLE BY UCRT/IPASS”, WIT Transactions on The Built Environment, 181, pp.
225-233 (2018)

[学会発表] (計 19 件)

- (1) Takagi, R., “Required Characteristics of the Ticketing Systems for Reservation-
Compulsory Commuting Railways”, 2018 IEEE ICIRT, Singapore (2018)
- (2) Takagi, R., “Development of Very High Frequency Train Operation Techniques for
the Realisation of Ultra-Convenient Rail Transport (UCRT)”, Rail Lille 2017, Lille,
France (2017)
- (3) 清水嵩弘, 高木 亮, 「合流・分岐駅での短編成列車群超高頻度運行: 列車順序と時隔」, 電
気学会交通・電気鉄道/フィジカルセンサ合同研究会, 名古屋 (2017)
- (4) 石原拓実, 高木 亮, 「地上分岐による車上分岐と同等の超高頻度列車運行の実現手法に関
する基礎検討」, 第 23 回鉄道技術連合シンポジウム(J-Rail 2016), 東京 (2016)
- (5) 清水嵩弘, 高木 亮, 「短編成列車群を活用した超高頻度ネットワークダイヤに関する基礎
検討」, 第 23 回鉄道技術連合シンポジウム(J-Rail 2016), 東京 (2016)
- (6) Takagi, R. and Shimizu, T., “Ultra-high Frequency Train Operation for the
Realization of Ultra-Convenient Rail Transport (UCRT)”, 2016 IEEE ICIRT,
Birmingham, UK (2016)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

なし

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：清水 高弘

ローマ字氏名： SHIMIZU Takahiro

研究協力者氏名：石原 拓実

ローマ字氏名： ISHIHARA Takumi

研究協力者氏名：角濱 文隆

ローマ字氏名： KAKUHAMA Fumitaka

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。