

識別番号 P14

研究課題 鉄道における車両・ダイヤ・運転の最適化による統合的省エネルギー化の進展

研究代表者 宮武 昌史 (理工学部 機能創造理工学科)

共同研究者

**Summary** This research is aimed at “smart” railway technologies for responding social requirements of saving energy and power. The smart railway system consists of application of energy storage devices to railway systems, energy-saving train scheduling and eco-driving of rail vehicles. Optimization and control techniques have been applied to the systems in order to minimize energy consumption and disutility of passengers. The total saved energy by the synergy effect of them is expected to be about 10-20%.

### 研究背景と目的

鉄道は環境負荷の小さい交通機関である。しかし、東日本大震災や原発事故をきっかけとした計画停電の際の大幅な運休や、電力使用制限下での列車の間引きなどが行われ、電力供給の不安定性に対する脆弱性を露呈してしまった。このような状況のなか、環境負荷の元々小さい交通機関である鉄道といえども、社会インフラとしての輸送機能を極力犠牲にすることなく、節電等の社会の要請に確実に応えられる「スマート」な技術の構築が望まれている。

そこで、本研究では、「スマート」な技術として、①車両等への蓄電装置の適用、②節電志向の列車ダイヤ決定法、③節電志向の運転法、を大きな柱とし、鉄道システムの節電に適用できる技術の開発を目的としている。

### 研究テーマ

本研究課題では、次のような研究テーマを設定し、鉄道など軌道系公共交通機関における「スマート」な電力技術の構築を目指している。

#### 1. 車両等への蓄電装置の適用

車両がブレーキをかける際に発生する回生エネルギーは、その電力を使ってくれる加速中の列車等がないと有効利用できずに熱として捨てられてしまう。これを改善するのが車両または地上に設置される蓄電装置であり、省エネ効果が期待できる。また、車両の蓄電装置では、架線のない区間への乗り入れも可能となる。さらに、ピーク電力の抑制により、系統側への悪影響も軽減される。

本研究では、蓄電装置の充放電制御の最適化による省エネ効果の最大化、および回生エネルギーの有効利用を狙った研究を行っている。

#### 2. 節電志向の列車ダイヤ決定法

列車運行ダイヤの決定は、鉄道サービスの商品企画にあたる重要な部分であり、これまで、利用者の利便性や輸送の安定性を重視して手作業または半自動で定められてきたが、その際にエネルギー的な考慮がなされることは皆無であった。

本研究では、利用者の利便性をほとんど損なわずに、消費エネルギーを最小化する列車

運行ダイヤの構成方法を理論的に明らかとし、数値的最適化手法への展開を行っている。さらに、間引きや運転速度抑制など、大幅なダイヤ変更を伴う節電ダイヤ実施時の利用者の利便性の考慮なども検討している。

### 3. 節電志向の運転法

列車の運転では、安全性と、定められた列車ダイヤを守る定時性が最も重要である。しかし、手動、自動問わず、節電を考慮したうまい運転になっているとは言い難い。どのような運転が省エネかが必ずしも明確ではないこと、また、運転のしやすさとは相反する要素があることが原因となっている。

本研究では、省エネとなる運転方法を、最適制御をベースにして動的計画法などの数値的計算手法により導く手法を開発している。その際、勾配や速度制限、あるいは列車の衝突を防止する信号システムの考慮など、現実的な条件の考慮を志向している。

#### 今年度までに得られた成果

現在までに得られた主な成果は次の通りである。

- 車載蓄電装置の最適な充放電パターンの決定法を明らかとし、数%程度の省エネが可能であることを示した。
- 消費エネルギーと運転時分との関係図を利用して、消費エネルギーを最小とする列車ダイヤの要件を明快に示し、ダイヤ構成時に必要な細かい制約を考慮できる形で数値計算手法を整備し、数%程度の省エネが可能であることを示した。
- 運転方法の最適化方法を整備し、最大加減速、緩い加減速、惰性走行、定速走行などをうまく組み合わせることで、数%程度の省エネが可能であることを示した。

これらを合わせた総合的省エネ効果として、10～20%程度が見込まれる。蓄電装置で確実な回生電力の有効利用を担保したうえで、ダイヤで省エネ化を図り、運転で最適にそれを実行するというシナジー効果が期待できる。

#### 今後の予定

今後は次の項目を検討事項に挙げ、さらなる研究の高度化を目指していく予定である。

- 地上設置型蓄電装置の配置場所、容量の最適化と制御方法を提案する。
- 省エネ性と利用者の利便性、さらには遅れに対する頑健性を同時に考慮した列車ダイヤ作成方法を構築する。また、優等列車の考慮も行う。
- 信号システムを考慮し、ラッシュ時の高密度な路線における省エネ運転の方法を明らかとし、運転時隔との関係性をも明らかとする。
- 長距離を無停車で走る列車の省エネ運転の方法を明らかとする。

また、これまでの成果は、受託研究や学内共同研究等、今後のプロジェクトへも波及していくことが期待される。

#### 謝辞

本研究は、日本学術振興会の科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金、研究種目：若手研究(B)）により実施されているものである。