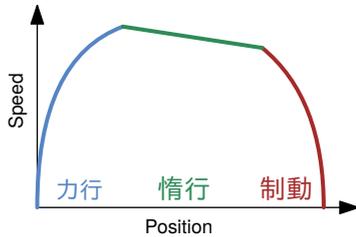


三好正太, 古関隆章, 水間毅 (東京大学),
渡邊翔一郎 (交通安全環境研究所), 磯部栄介 (日本地下鉄協会)

省エネルギー運転

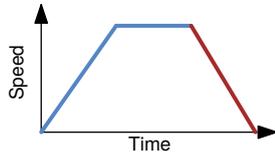
運転方法の工夫による省エネルギー化
基本原理：惰行の活用

- 平坦、直線の線形では
最大力行 → 惰行 → 最大制動
の走行が最も省エネルギー
- 加減速の時間を短くし、
エネルギーを消費しない
惰行で走る時間を長く

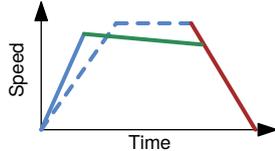


列車加速度性能向上による 省エネルギー自動列車運転

車両性能を変えず惰行の活用による
省エネルギー運転
ダイヤの余裕「埋蔵時分」が少なく
省エネ運転を適用しにくい



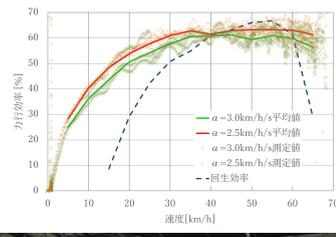
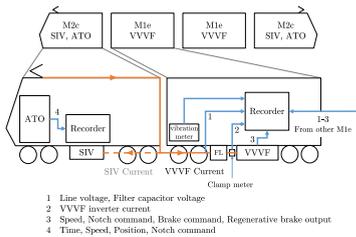
加速度的向上で
省エネ運転に利用する埋蔵時分を
新たに生み出し
省エネ運転を導入



加速度を向上すると、同じ時分で走る場合
最高速度の低下、省エネ運転の時間の増加

一方で、駆動効率の低下による損失の増加の可能性
瞬時電力の増加

省エネルギー自動列車運転走行試験



駆動効率 列車抵抗

$$\frac{(M\alpha(t) + R(x(t), v(t))) \cdot v(t)}{V_{inv}(t) \cdot I_{inv}(t)}$$

消費電力量

$$E = \int_0^T V_{inv}(t) \cdot I_{inv}(t) dt$$

全16駅間の路線で10往復走行試験を行い、走行時分、
消費電力量の異なる走行試験結果を320パターン取得

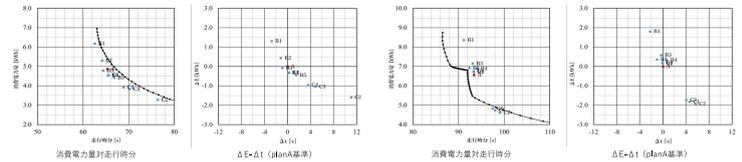


結論

- 駅間カルテにより、駅間毎の省エネルギー効果の違い、単一駅間における走行法による省エネルギー効果の程度を可視化、これを用いて、対象路線の省エネルギー化を目指した運転パターンへの設計、運転計画の決定を現車試験データに基づき見通し良く行うことが可能となる。
- 駅間カルテを活用し、加速度向上の省エネルギー効果を精査しながら走行試験を進めた結果、筆者らが適用した加速度向上による省エネルギー運転の設計により、現車試験において6.0%の省エネルギー効果が得られた。加速度向上による省エネルギー効果を数値計算に加え、現車試験により実験的にも確認できた。

駅間カルテ

走行時分にばらつきがある大量の走行試験データに対し、
省エネルギー効果をどう見極めるか？
消費エネルギーEと走行時分tの関係を基に評価



走行時分、消費電力量測定結果

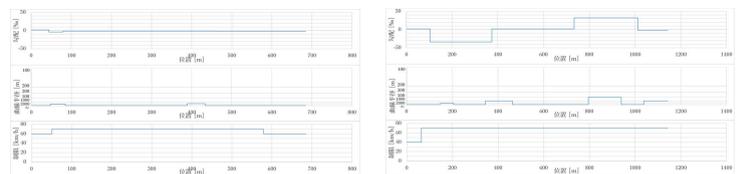
| planA | planB1 | planB2 | planB3 | planB4 |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 時分[s] | 65.3 | 62.6 | 64.2 | 64.4 |
| 電力[kWh] | 4.87 | 6.18 | 5.20 | 4.78 |
| 電力[kWh] | | | | 5.54 |

| planA | planC1 | planC2 | planC3 | planC4 |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 時分[s] | 65.8 | 65.6 | 76.4 | 70.2 |
| 電力[kWh] | 4.42 | 4.55 | 3.28 | 3.82 |
| 電力[kWh] | | | | 68.9 |
| 電力[kWh] | | | | 3.92 |

走行時分、消費電力量測定結果

| planA | planB1 | planB2 | planB3 | planB4 |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 時分[s] | 93.4 | 91.2 | 93.4 | 93.1 |
| 電力[kWh] | 6.56 | 8.36 | 6.70 | 7.15 |
| 電力[kWh] | | | | 94.1 |
| 電力[kWh] | | | | 6.89 |

| planB5 | planC1 | planC2 | planC3 | planC4 |
|---------|--------|--------|--------|--------|
| 時分[s] | 92.4 | 98.0 | 99.1 | 97.5 |
| 電力[kWh] | 6.92 | 4.74 | 4.62 | 4.83 |
| 電力[kWh] | | | | 93.3 |
| 電力[kWh] | | | | 6.76 |

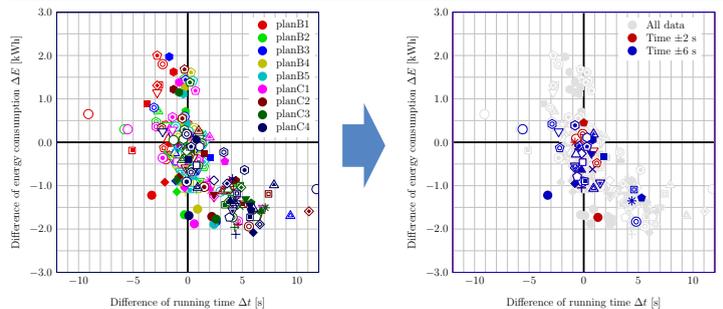


グラフの点：走行試験データ 線：数値計算データ
表の色：同じ色が同じ走行パターン指令値を表す

- 消費エネルギーと走行時分の関係
- 消費エネルギーと走行時分の基準に対する増加量
- 走行試験データ、路線情報（勾配、曲線、速度制限）を駅間毎にまとめる

駅間毎の省エネルギー効果の吟味、走行方法の選択

路線全体の省エネルギー戦略



各駅間の駅間カルテを重ねる→路線全体の省エネルギー戦略

ΔE-Δt図表示による駅間毎の省エネルギー効果の明瞭な識別
省エネルギー効果の大きい駅間の選択 (図の●, +, ◆など)
路線全体の走行方法最適化による省エネルギー化

右図では、基準となる運転より走行時分±2秒以内の運転から
最適な選択をすることで、基準に対し6.0%
走行時分±6秒以内で8.5%の省エネルギー効果を達成
走行時分の総和は一定