消費電力量と旅行時間とを考慮した電力使用制限時の列車運行計画

電気学会 産業応用部門大会 2013/08/30

宮武 昌史* 仲佐 翔 （上智大学）

研究の背景

- 東日本大震災後の電力不足（2011年3〜4月，夏）
  - 間引き運転，平日の休日ダイヤ運転等を実施
  - 緊急時の計画として実施のしやすさを重視
- 利用者には不便，混乱
  - 旅行時間の増加
  - 輸送力低下による混雑

研究の目的

- 予め電力量制限時の緊急対応を検討しておく必要性
  - 電力使用制限時だけでなく，一部変電所故障時の対策としてもある程度有用
- 運行における「タブー」も選択候補となり得る
  - 利用者の利便性優先
  - **全体の運転時分は同じまま一部の駅を通過**
- <u>エネルギー消費量と利便性とを多目的に評価して意思決定</u>

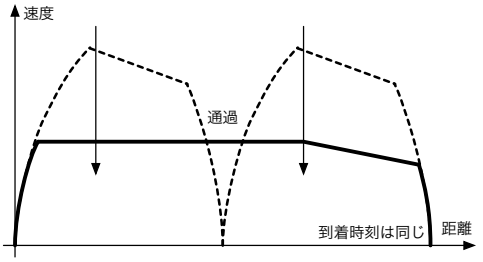
研究の目的

- 停電や変電所容量で効くのは電力量よりもピーク電力
  - 外乱の多い実運行環境下では，ピーク電力を正確に計算することは困難
  - 電力使用制限令では電力ではなく電力量で規制
  - 蓄電装置の利用，リアルタイムの主回路電力制御の技術に期待
- 今回は電力量に着目

本日の発表内容

- 研究の背景
- 研究の目的
- 電力量削減の具体的手法（停車駅削減）
- ダイヤの最適化手法
- モデル路線
- 計算例
- おわりに

電力量削減の具体的手法



加減速と停車時分を走行の余裕に回すことで省エネ化

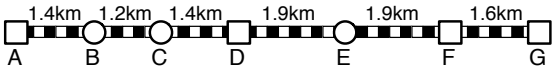
通過駅の利用者の不効用に注意：今回は各停を半分残す

ダイヤの最適化手法

- 多目的最適化
  - 消費電力量（評価量1）
  - 全乗客の合計旅行時間の計算（評価量2）
    - 合計だけでは分からない最悪値についても配慮が必要
- 停車・通過のパターンを変えて最適な組合せを調べる
  - 全数探索
    - 停車・通過の組み合わせ数が多ければ遺伝的アルゴリズム等のメタヒューリスティクスの導入が必要

モデル路線

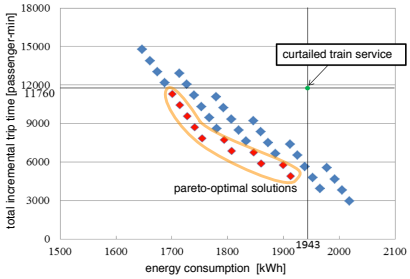
- 都市鉄道を想定
  - 昼間16本/h，10両編成の列車
  - A(都心)→G(郊外)方向のみ考慮し，片方向のODを仮定
- 利用者が少ないB,C,E駅の一部または全部を2本に1本の列車が通過（今回は，CE通過とBCE通過のみ考慮）



計算手法

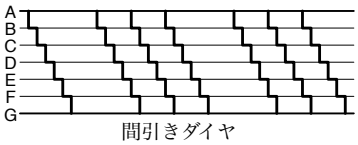
- 消費電力量の計算（評価量1）
  - 鉄道総研殿のSPEEDYを利用
    - 所要時間の調整を速度制限を変えることで調整
    - 乗車率50%，100%，150%の3種類で計算
- 全乗客の合計旅行時間の計算（評価量2）
    - OD (Origin-Destination) を与えて乗客流を解析
- 停車・通過のパターンを変えて最適な組合せを調べる

パレート最適解の導出



- 2つの評価量に対し優劣の付けられない解の集合を求める
- さらに間引きよりも良い解を選ぶ
- 11通りの解が存在

得られた解の例

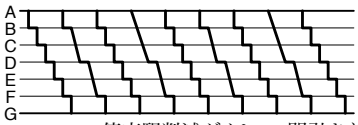


1943[kWh/h]

+11760[人・分]

間引きダイヤ

ほぼ同じ不効用で約12%の電力量削減



1701[kWh/h]

+11364[人・分]

停車駅削減ダイヤ　間引き前より23%の電力量削減

おわりに

- 本研究の成果
  - 多目的最適化の考え方を導入し，電力量と旅行時間の双方を改善可能
- 今後の課題
  - ダイヤの調整によるさらなる省エネと混雑平均化
  - 旅行時間増加の最悪値の考慮
- 災害に強い鉄道へ…