

首都圏主要路線網における災害時鉄道復旧過程の人災回避

Optimization of Railway Restoration Process to Avoid Human Disaster

樋野 葉子

千葉大学大学院 工学研究科 建築・都市科学専攻

指導教員：荒井 幸代

1 研究背景と目的

2011年の東日本大震災では首都圏の主要路線の運休により、駅や駅周辺は帰路を断たれた鉄道利用客で溢れる、いわゆる帰宅困難者問題が表面化した。災害によって、利用客が帰宅経路を絶たれ、滞留することは回避することができない。一方、この状況において、一部区間で運転を再開したために、利用客が殺到し、利用客の安全を確保することができず、再度運転を見合わせる事態が生じている[1]。このことは、復旧直後の運転再開の失敗が混雑を深刻化させた、いわば人災と呼ぶことができ、災害時の運転整理において、運転再開計画を考慮することによって回避できる可能性があることを示している。

そこで、復旧直後の運転再開計画決定問題を組合せ最適化問題として定式化し、遺伝的アルゴリズムを用いて、駅の容量オーバーを最小化する運転再開計画を求める。著者らは運転再開計画の変更によって、鉄道復旧過程における駅の容量オーバーをどこまで緩和できるのかを定量的に評価することを目的とする。

2 運転再開による駅の容量オーバー問題

鉄道ネットワークにおいて、全路線網が100分間運休したのちに全路線が復旧完了となり、全ての電車が順次運転を再開した場合を再現し、利用客がネットワーク上を移動する予備実験をおこなった。図1に示す結果において、青線が予備実験より得られた駅内滞留者数 n_i [人] の推移を示す。 x 軸が時刻を、 y 軸が駅内滞留者数 n_i を示す。黒点線は駅の容量 c_i を指す。結果より、駅の容量 c_i を大幅に超えている箇所がみられる。結果にあらわれた、急激な駅の容量オーバーが現実には発生すると、利用客の安全を確保することができず、再度運休を起す可能性があり、混雑の悪化を招くため、避けるべき状況である。これより、本論文では、災害時の運転再開において、混雑悪化の原因となる「駅の容量オーバー」を人災と定義し、対象問題とする。

3 運転再開計画最適化

運転再開計画決定問題を各電車の運転再開時刻を決定する組合せ最適化問題として定式化し、GAを用いて解く。評価関数を式(1)とする。

$$\min. f(x) = \sum_{i=1}^4 \sum_{t=0}^T (n_i(t) - c_i) \quad (1)$$

(ただし、 $n_i(t) - c_i > 0$)

$n_i(t)$: 時刻 t における駅 s_i の駅内滞留者数 [人]

c_i : 駅 s_i の最大収容人数 [人]

T : すべての利用客が移動終了した時刻 [分]

式(1)は、時刻 $t = 0$ より時刻 $t = T$ まで、駅内滞留者数 $n_i(t)$ が駅の容量 c_i を超えた場合、オーバーした人数 ($n_i - c_i$) の合計である。

4 実験結果：駅の容量オーバー最小化

図1の赤線には最適化された運転再開計画を用いた場合の各駅の駅内滞留者数 n_i [人] の推移を示す。駅内滞留者数 n_i の推移からも、すべての駅において、順次運転再開した場合と比較して滞留者数の推移を大幅に低減できた。表1に駅の滞留者数の密度を示す。最適化をおこなった場合には、滞留者の密度を平均 2.0 人/ m^2 抑えることができた。

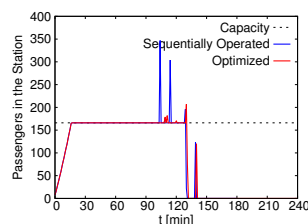


図1 駅内滞留者数の推移

表1 滞留者数の密度 [人/ m^2]

順次運転再開	5.9
提案手法	3.9 (-33.8%)

5 首都圏主要鉄道網に向けた応用

首都圏主要鉄道網における人災回避に向けた応用として、渋谷駅を対象とし、マルチエージェントシミュレータ *artisc academic 2.6* を用いて先に述べた実験をおこなう。渋谷駅に乗り入れる路線は、東日本旅客鉄道、東京地下鉄、京王電鉄、東急電鉄の4社を含む18路線である。これらの全路線を対象とし、渋谷駅の滞留者数の推移を観察するとともに、渋谷駅において、復旧過程における駅の容量オーバーを最小化する最適な運転再開を求める。渋谷駅の各路線の流入、流出については文献[2]を参考に算出する。

6 結論と今後の課題

本論文では、鉄道復旧過程における運転再開がもたらす人災である、駅の容量オーバーに着目した。駅が容量オーバーとなると、利用客の安全確保が難しくなり、復旧路線も再度運休を強いられ、混雑悪化を招く。そこで、筆者らは復旧直後の運転再開計画を最適化し、駅の容量オーバーを最小化した。具体的には、復旧直後の各電車の運転再開時刻を最適化する組合せ最適化問題として、遺伝的アルゴリズムを用いて解いた。実験結果より、復旧後順次運転を再開をした場合と比較し、駅の容量オーバーを大幅に削減することができた。

今後の課題として、運転再開計画最適化の現実の鉄道ネットワークにおける効果を評価検証する必要がある。

参考文献

- [1] 大規模地震発生時における首都圏鉄道の運転再開のあり方に関する協議会：“大規模地震発生時における首都圏鉄道の運転再開のあり方に関する協議会報告書”，国土交通省 (2011. 3)
- [2] 主要駅流入・流出状況：JR 東日本企画メディアデータ路線プロファイル (2013) (http://www.jeki.co.jp/transit/mediaguide/pdf/jmg15_MD_P26.pdf) (2016.2.18 アクセス)