

震災時の地下鉄復旧スケジュールリングの考え方



H08020 大野 敬志
指導教員 岩倉 成志

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震により、首都圏の鉄道は全線不通となり、多くの帰宅難民が発生した。この経験を踏まえ、今後発生する巨大地震に備えて構造物の耐震性といったハード面の対策だけでなく、早期復旧を計画するソフト面での対策も重要となる。

そこで本研究では、地震の影響を受けにくく当日復旧の期待ができる地下鉄に注目し、首都圏の地下鉄復旧に大きな影響を与えている要因を明らかにする。また各路線の重要度を変動させたときの様々な復旧パターンを提示することで復旧順序を組み立てるに当たり様々な考え方があることを示すことを目的とする。対象路線は東京メトロ 9 路線とする。

2. 震災当日の状況整理と影響要因

図 1 に震災当日の東京メトロ 9 路線の復旧状況を示す。運行再開までに時間を要した路線と早期に復旧がなされた路線の差が大きいことが見て取れる。一部の鉄道利用者にとっては長時間復旧がなされない状況になってしまった。

運行再開までの復旧計画において時間を要する要因は、①需要が多い OD 間に複数の路線が存在する場合、1 路線だけ再開しても需要が集中して運行が困難になるため、輸送力を確保できる様に複数路線を同時に再開させなければならない。②また銀座線では早期に運行を再開したが、東急線が開通していなかったことから、渋谷駅での混雑により一時運転がストップしたため、混乱が生じるなど他会社との連絡や協議が必要なこと、③駅等での混乱抑制を行っている警察との協議と考えられる。

3. 分析方法

3.1 分析対象

他社や警察との協議は復旧作業の主要な要因である。しかし、多くの主体が複雑に関係するため、協議に影響を与える要因を明らかにすることは現時点

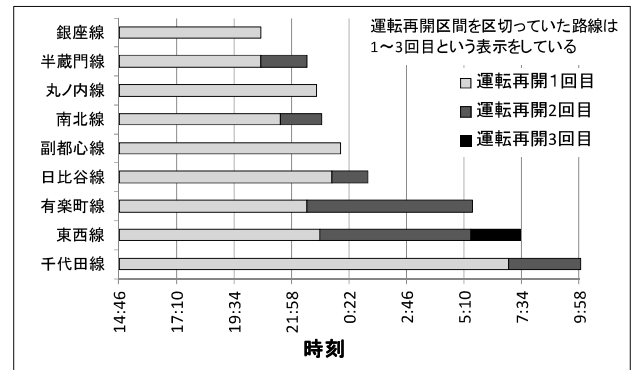


図 1 震災当日の東京メトロ復旧状況

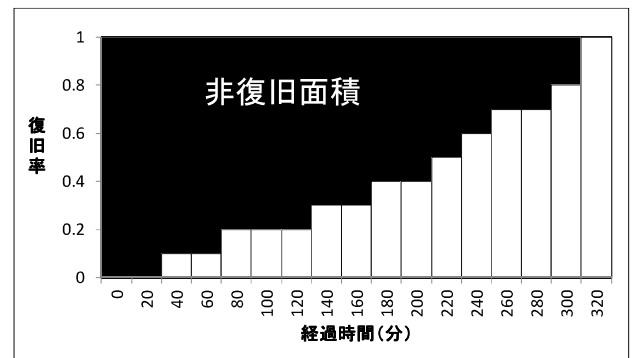


図 2 復旧時間と復旧率の関係

では困難である。そのため、本研究では復旧計画策定に関する研究のスタート段階とし、他社との関係性の低い自社路線の技術区員による歩行点検に関する作業班の配分問題より分析を行う。

3.2 復旧率、非復旧面積の計算

震災当日の作業班配分の推定に、点検完了時間の実績値を基に作業班による点検距離と点検時間の配分を設定する。配分された作業班による点検距離を時系列に算出し、路線毎の点検完了距離を求める。

中津ら⁽¹⁾の考えに基づき、復旧率 R は時系列に求めた点検完了距離を用いて式(1)のように表わす。ここで、 W_i ($i=8$ 路線；有楽町線と副都心線は同じ点検区分) は各路線の重要度の値、 l_i は各路線の点検完了距離、 L_i は各路線の距離とする。

$$R_i = \frac{\sum_{i=8} W_i \times l_i}{\sum_{i=8} W_i \times L_i} \quad (1)$$

経過時間毎の復旧率を求めると、この復旧率と所要時間の関係は図 2 のようになる。この黒色の部分は非復旧面積となり、この面積の小さい方が重要度の高い路線から点検が完了したことになる。路線重要度を用いて推定した作業班配分による非復旧面積の変動を算出し、復旧順序の考察を行う。

3.3 路線重要度の設定

路線重要度の項目を以下の 4 つとした。

- ①乗降者数：路線毎に上下線の平均乗降者数を求め、全路線の割合を重要度とした。
- ②通過人員：路線毎に上下線の通過人員の合計を区間数で除して平均値を算出し、全路線の割合を重要度とした。
- ③開通年数：この指標は経年劣化による危険度を表わす為に用いた代理指標とする。算出方法は式(2)に示すように区間距離による重みを区間開業した経過年数に与え、路線毎に平均の経過年数を求め、全路線の割合を重要度とした。

$$\alpha = x_1 \frac{Y_1}{Y} + x_2 \frac{Y_2}{Y} + \dots + x_i \frac{Y_i}{Y} \quad (2)$$

y_i ：開業した区間距離、 Y ：路線距離、

α ：路線の平均経過年数、 x ：開業した経過年数

- ④相互直通運転：運行会社が切り替わる駅で相直路線へ乗り継ぎを行っている利用者を求め、全路線の割合を重要度とした。なお、相直先のない路線の重要度は 1（重みを付けない）とした。

算出した重要度を基に値の高い路線から点検が完了するように作業班の再配分を行う。震災当日の実績値から推定した作業班の配分による点検完了順との比較を各路線重要度で行い改善度を提示する。

4. 重要度を考慮した点検順序の分析

相互直通運転の復旧率と経過時間のグラフを図 3 に示す。重みなし推定、重みつき推定は震災当日の点検完了順で計算し、再配分は各路線重要度順に計算する。重みつき復旧率は値が高いほど重みつけた重要度順に点検が完了していることを表わす。

図 3 より重みなし推定復旧率と重みつき推定復旧率の軌跡が重なっている部分が多い。これは実際の点検完了順が郊外路線と接続利用する需要を概ね考慮していたことを表わしている。改善率が 37% と高い値となったため、重みつき再配分復旧率の軌跡が

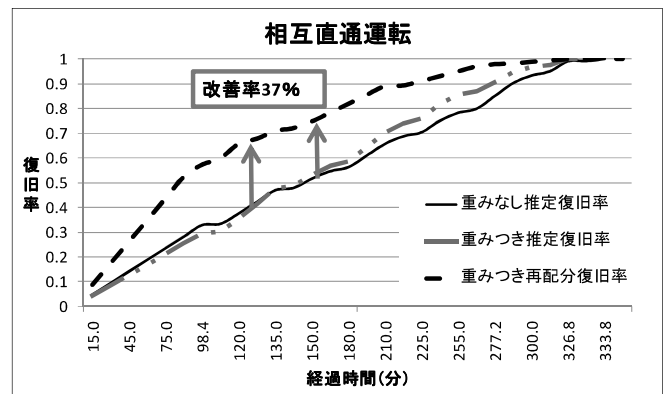


図 3 相互直通運転を路線重要度としたグラフ

表 1 非復旧面積と改善率、総所要時間

路線重要度	非復旧面積			改善率	総所要時間(分)
	推定(重みなし)	推定(重み)	再配分(重み)		
乗降者数		12.6	10.4	18%	326
通過人員	12.4	13.4	10.8	19%	330
開業年数		13.6	9.5	30%	338
相直運転		11.9	7.6	37%	343

表 2 点検完了までの所要時間 (分)

配分方法	1番目	2番目	3番目	4番目	5番目	6番目	7番目	8番目
3. 11 推定	銀座線 107	半蔵門線 153	南北線 175	有・副 220	千代田線 250	日比谷線 294	東西線 314	丸ノ内線 321
乗降者数 重要度	銀座線 168	半蔵門線 172	日比谷線 208	丸ノ内線 221	千代田線 237	東西線 238	有・副 317	南北線 326
通過人員 重要度	銀座線 158	丸ノ内線 179	日比谷線 185	東西線 195	千代田線 230	有・副 260	半蔵門線 314	南北線 330
開業年数 重要度	銀座線 117	丸ノ内線 161	日比谷線 166	東西線 198	千代田線 220	有・副 314	半蔵門線 314	南北線 338
相直運転 重要度	千代田線 98	半蔵門線 125	日比谷線 139	東西線 211	有・副 277	南北線 327	銀座線 334	丸ノ内線 343

重みなし推定復旧率の軌跡よりも大きく上に凸なグラフとなっている。

また、推定配分と再配分の非復旧面積と改善率、総所要時間の結果を表 1 に示す。ここで、改善率は復旧率の改善を表わす。総所要時間だけでみた場合どれも推定値よりも時間を要している。しかし各項目の重要度を考慮した復旧順となっているため、その項目で復旧率をみた場合、表 1 のような改善率が期待できる。表 2 には点検完了の順序と、各路線の点検完了に要する所要時間を示した。

5. まとめ

本研究では路線重要度を考慮した復旧順の考え方の一例を示すことが出来た。しかし、東京メトロのみの復旧では、帰宅難民問題は解決とならない。今後は他鉄道会社も含めた路線重要度による復旧順のスケジューリングが必要となり、その際作業班の配分問題の最適化が重要となる。その最適化手法の一つとして GA アルゴリズムも有力と考えられる。

参考文献

- (1)中津, 古田, 野村, 高橋, 石橋: 被災後の不確実環境下におけるフレキシブル復旧計画策定, 構造工学論文集 Vol.57A(2011年3月)