

2005年7月23日千葉県北西部の地震(M_j6)の発生を契機とする首都圏の鉄道運行に関する調査研究

○翠川 三郎¹⁾, 高浜 勉²⁾, 大堀 道広³⁾

- 1) 東京工業大学 総合理工学研究科 人間環境システム専攻, smidorik@enveng.titech.ac.jp
2) 東京工業大学 総合理工学研究科 人間環境システム専攻, takahama@kke.co.jp
3) 東京工業大学 総合理工学研究科 都市地震工学センター, ohori@enveng.titech.ac.jp

1. はじめに

2005年7月23日に発生した千葉県北西部を震源とする地震(M_j6.0)は、図1に示すように首都圏の広い範囲に震度4の揺れをもたらし、湾岸の埋立地や旧河川の後背湿地など地盤が軟らかい地点では震度5が記録されている^{1),2)}。幸いこの地震による構造物の被害はわずかであったが、首都圏では6万台にも及ぶエレベータが停止したり、都心を走る鉄道の一部の路線では数時間にわたり運行が停止するなど、都市機能に大きな影響をもたらす結果に至った。

首都圏ではM7クラスの直下地震の発生が懸念されている³⁾ことから、今回の地震の記憶が鮮明なうちに、この地震が与えた影響をできるだけ正確に把握し、将来の地震に対する備えをより確かなものにするのが重要と考えられる。その一環として、著者らは、首都圏を運行する代表的な鉄道事業者20社に対して、地震時の運行規制の方法、保守点検の方法、今回の地震時の運行状況を中心とする内容の聞き取り調査を実施した⁴⁾。調査は現在も継続中であるが、本報告では調査の概要と結果の一部を紹介する。

2. 調査の概要

2.1 調査対象と調査工程

調査は第一期(2005年8月~11月)と第二期(12月~現在)に分かれる。第一期調査では、都心を運行する鉄道事業者のうち輸送人員の大きい10事業者[JR東日本、地下鉄2社(東京メトロ、都営地下鉄)、民間7社(東京急行、小田急電鉄、京王電鉄、西武鉄道、東武鉄道、京成電鉄、京浜急行)]に、横浜市営地下鉄を加えた計11事業者を対象とした。第二期調査は、都心を運行する他の事業者(ゆりかもめ、東京モノレール、りんかい線)、第一期に調査した事業者と乗り入れを行っている事業者(北総鉄道、京葉高速鉄道、埼玉高速鉄道)、輸送人員の大きい事業者(相模鉄道)、その他の事業者で震央が位置する千葉県を運行する事業者(新

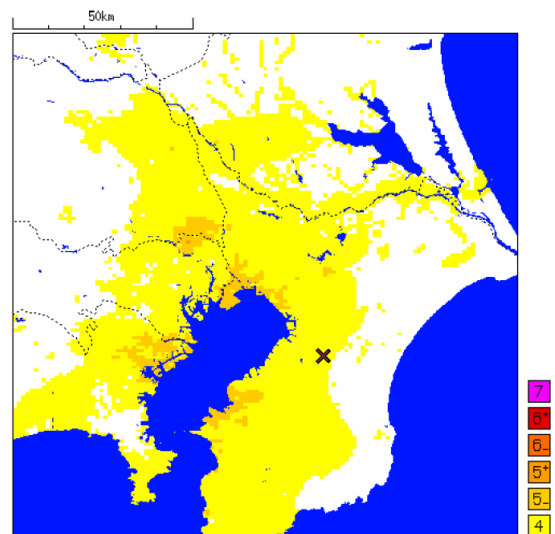


図1: 気象庁発表の推計震度分布¹⁾

京成電鉄、小湊鉄道、いすみ鉄道)、以上の10事業者である。

2.2 第一期調査の概要

第一期調査は、7月23日の地震発生後、数日のうちに聞き取り調査の内容を検討した後、調査対象とする事業者をリストアップし、各事業者に順次調査協力を申し入れ、運行管理に精通する担当者(主に運転課の方)に対する口頭での聞き取り調査を実施した。各事業者の担当者は、今回の地震に関連した突発的な業務を抱え、例外なく多忙なために日程の調整が一番の問題であったが、11月までに予定した11事業者全てに対する調査を終了した。

設問内容の中心は、地震時の運行規制の方法、保守点検の方法、今回の地震時の運行状況に関連する設問である。また、路線ごとの乗降者数、乗降客数の把握方法、通信手段、非常用電源、動力用電源の供給系統、避難誘導、耐震補強、構内エレベータの停止及び復旧状況、教育訓練、今回の地震における教訓、将来発生が懸念されるM7クラスの直下地震に対する懸念など、多岐にわたる設問を設定した。全設問数は18に及ぶ。これらの設問を通して、事業者ごとの固有の特性の理解を深めるとともに、事

業者間に共通する特徴を把握した上で、今後の研究において調査結果を最大限に利用したいと考えている。

なお、調査の申し入れ段階で、各事業者の担当者に、我々の調査目的を伝えているが、調査内容を正確に伝達することで、より充実した調査結果を得るために、訪問に先立ち、18問の設問からなる質問書を Fax あるいは E-mail にて送付し、あらかじめ設問内容に目を通してもらうことにした。その結果、各事業者の担当者がそれぞれの設問に対する回答を事前に準備していた場合も多く、いずれの事業者においても円滑に調査を進めることができた。なお、調査時間は、事業者あたり1時間強程度であった。

2.3 第二期調査の概要

第一期の調査の終了後に、首都圏の鉄道網を GIS を用いて地図上に描き、調査結果に基づき各路線の運転再開時刻を表示する作業を行ったところ、情報の未入手路線が予想以上に目に付いたことから、調査対象を拡張した方が良いと判断し、第二期調査を実施することにした。ここでは、先に述べたように、第一期調査で未調査の事業者より 10 事業者を選定し、基本的に第一期調査と同様の聞き取り調査を実施した。ただし、業務繁忙のため電話での回答を希望する事業者、E-mail での回答を希望する事業者がそれぞれ数社あった。また、業務繁忙のため、第一期調査の経験から地震時の運行を知る上で必要不可欠な設問のみに限定した設問書を作成し、調査を依頼した事業者も数社あった。回答内容に対して追加確認を要する事業者もあり、調査はいまも進行中である。

3. 調査結果の紹介

今回の調査で得られた地震時の運行規制の方法、保守点検の方法、今回の地震時の運行状況に関して、概要を述べる。

3.1 地震観測システムと点検範囲

調査の結果、TV 等の地震速報や沿線にある自治体の震度情報をもとに運転規制を行う事業者も見られたが、ほとんどの事業者は独自の地震観測システムを有していることがわかった。

独自の地震観測システムを有する事業者は、運行する路線全体の地震動レベルを把握するために、地震計を沿線に適宜配置し、これより得られる観測値が後述する地震動レベル（速度規制レベル・徒歩点検レベル）に達した場合に、対応する運行規制と保守点検が行うことになっている。また、地震計の配置と点検の方法は、各事業者が展開している路線の形状に大いに依存する。典型的な例を二つに分け、模式化して図 2 に示す。例えば、図 2(a)に示すようにネットワーク状の路線を有する事業者の

場合、ネットワークの端となる地点や中央部に地震計を配置し、各地震計の地震動レベルの中で最も大きい地震動レベルが基準レベルに達したか否かにより、全路線の点検方法が決定される。一方、図 2(b)に示すように、直線的な路線を有する事業者の場合、路線を数区間に分割し、各区間に設置された地震計の観測値は、それぞれの区間の地震動レベルとして対応づけられる。ただし、ネットワーク状の路線形状を有する事業者の中にも区間ごとに点検をする事業者や直線状の形状であっても全線を同様に点検する事業者も見られる。

3.2 運行規制に用いる地震動レベルの指標

運行規制に用いられる地震動の指標としては、多くの事業者では震度（計測震度）か最大加速度（あるいはこれより変換された震度）が採用されているが、中には SI 値を用いる事業者もあった。

運行規制を判断する地震動レベルは、点検内容に応じて二段階から四段階まで設定されているが、大極的には、25km/h 以下の注意運転を実施する地震動レベル（速度規制レベル）と徒歩点検を実施する地震動レベル（徒歩点検レベル）の二段階に大別できる。紙面の都合により詳細な統計データは割愛するが、震度と最大加速度に関する各レベルの目安は次の通りである。速度規制レベルは、大方、震度ならば 4、最大加速度ならば 40gal と言えそうである。一方、徒歩点検レベルは、最大加速度ならばほとんどが 100gal と言えるが、震度に関しては 5 弱、5 強が大半であるが 6 弱とする事業者も見られる。

なお、調査全体を通じて感じた印象として、こうした基準レベルの設定には、事業者ごとの特性 [例えば、鉄道施設の建設時期（耐震基準）、地下部・高架化の割合、地盤条件、運行速度、直線区間の割合、被害に関する経験則、運行規制を設定した時期など] が反映されていると考えられる。

3.3 地震時の運行と点検の方法

地震時の鉄道運行の典型例として、地震動レベルを二段階設定して規制する場合について説明を行う。

地震動レベルが速度規制レベル（例えば震度 4 あるいは 40gal）以上の揺れを記録した場合、列車を停止する。その後、一定時間が経過しても、徒歩点検レベル（例えば震度 5 あるいは 100gal）以上の揺れを感知しなければ、所定の点検報告を待って、注意運転速度（25km/h 以下）での運転再開を行う。全列車運転士や添乗した点検員による目視点検を行いながら、先行列車の位置までの移動を繰り返す。全線をいずれかの列車が通過し、問題が無ければ、全線異常無しとして、運転規制を緩和・解除する。以上の流れを図 3 に模式的に示す。

地震動レベルが徒歩点検レベル以上となった場

合には、全線もしくは地震計が代表する区間を巡回点検する。（事業者によっては、レール上を走行する専用車に添乗して実施されることもある。）

なお、独自の地震観測システムを有するある事業者によれば、「TVなどで公表される震度情報にも目を配り、もし震度値が大きい地点があれば、近くにある駅、施設の担当者に問い合わせる周辺状況を確認する。」、「沿線で行われている建物工事や樹木の伐採状況なども気にかけて、安全確認が行われている。」と聞く。こうした談話より、実際の地震時には、マニュアル化された地震時の運行規則に加えて、多様な情報をもとにより安全側の対応が図られているものと推察される。

3.4 今回の地震に対する運行状況

調査の結果得られた今回の地震時の鉄道各路線の運転再開時間を、図4に示す。同図には参考のため図1に示した気象庁の推計震度分布を重ね書きしている。図4を概観すれば、都心よりも東側では運転再開に時間を要した路線が多いこと、都心よりも西側あるいは南東側では一部の路線を除いて比較的速やかに運転再開となった路線が多いこと、などが観察される。運転再開までに数時間以上を要している路線は、地震動レベルが徒歩点検レベル以上となり、全線あるいは対応する区間において徒歩点検が行われている。

徒歩点検に要する時間は、各事業者の地震計位置での地震動レベル、路線あるいは区間の長さ、当日の保守点検員の人数などに依存すると考えられる。また、調査の結果、保守点検員の人員数は、曜日と時間帯によって変わってくるということがわかった。今回

の地震は土曜日、16時35分に発生したが、もし発生曜日・発生時間が変われば、運転再開までの所要時間が変わってくるのが予想される。

4. まとめ

2005年7月23日の千葉県北西部の地震（ $M_j6.0$ ）を契機として、首都圏を運行する代表的な鉄道事業者20社に対して、地震時の運行規制の方法、保守点検の方法、今回の地震時の運行状況を中心とする内容の聞き取り調査を実施した。今後、調査結果を取りまとめ、多様な検討を行うことで、将来発生が懸念される首都直下地震に対する鉄道機能の損出評価や帰宅困難者の定量評価に資する基礎資料を提示したいと考えている。

謝辞

今回の我々の聞き取り調査に快くご協力頂いた鉄道事業者各社の担当者の方々に、心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 気象庁：<http://www.jma.go.jp/jma/press/0507/23a/kaisetsu200507231815.pdf>.
- 2) 東京大学地震研究所強震動グループ：
<http://taro.eri.u-tokyo.ac.jp/saigai/chiba/index.html>.
- 3) 内閣府中央防災会議・首都直下地震対策専門調査会：
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/index.html>.
- 4) 大堀，翠川，高浜，三浦：首都圏を揺さぶったM6地震（7月23日千葉県北西部の地震），東京工業大学・都市地震工学センター，第7回防災セミナー資料，2006年1月24日。

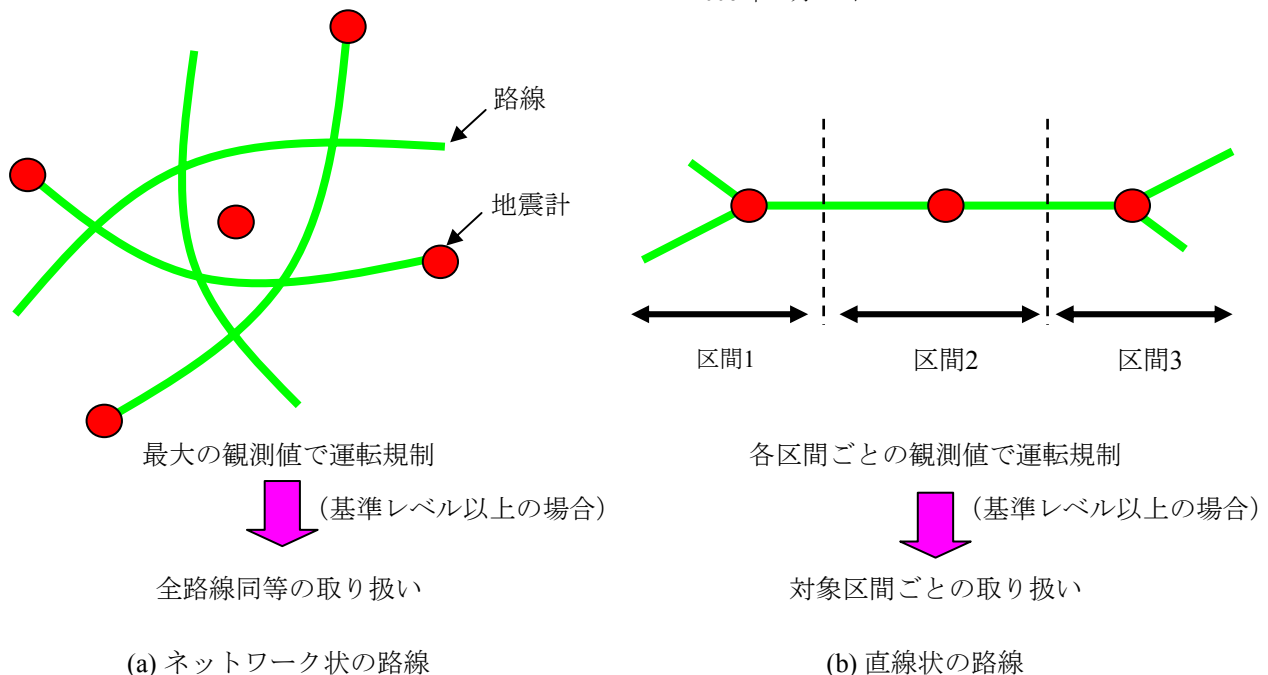


図2：典型的な路線形状と運転規制の概略

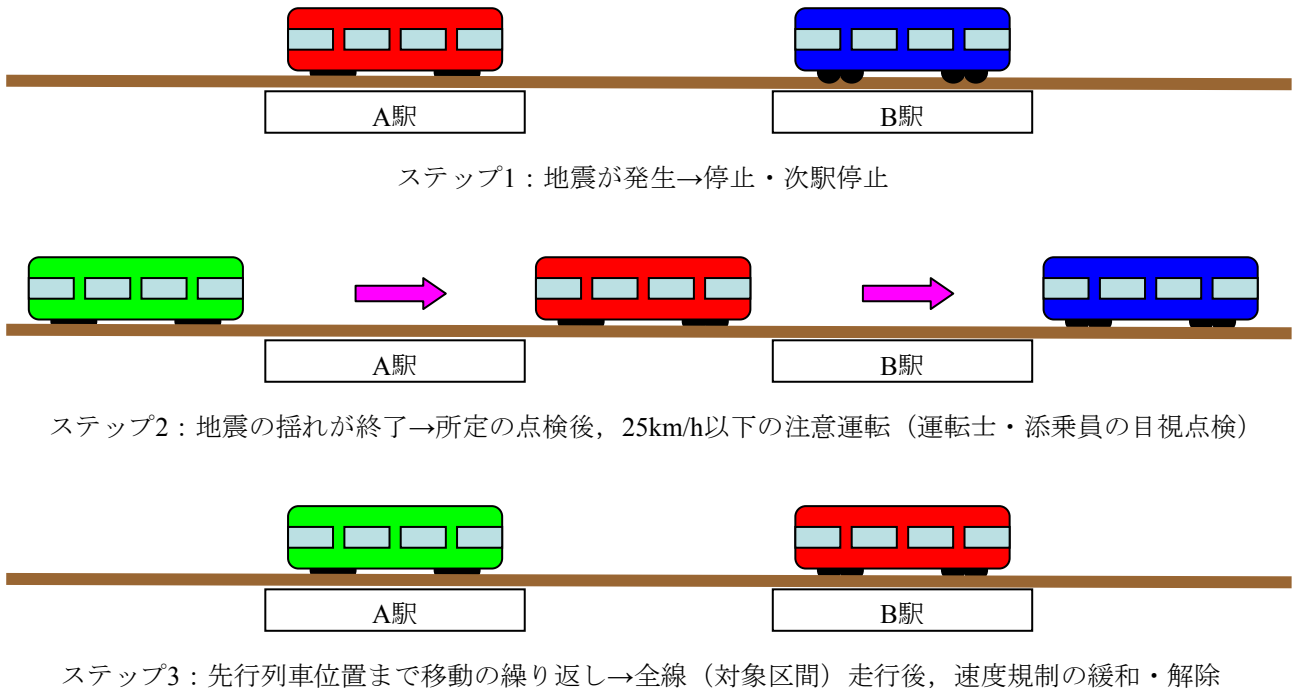


図3：地震動が速度規制レベルに達した場合の運転再開・点検方法の概略

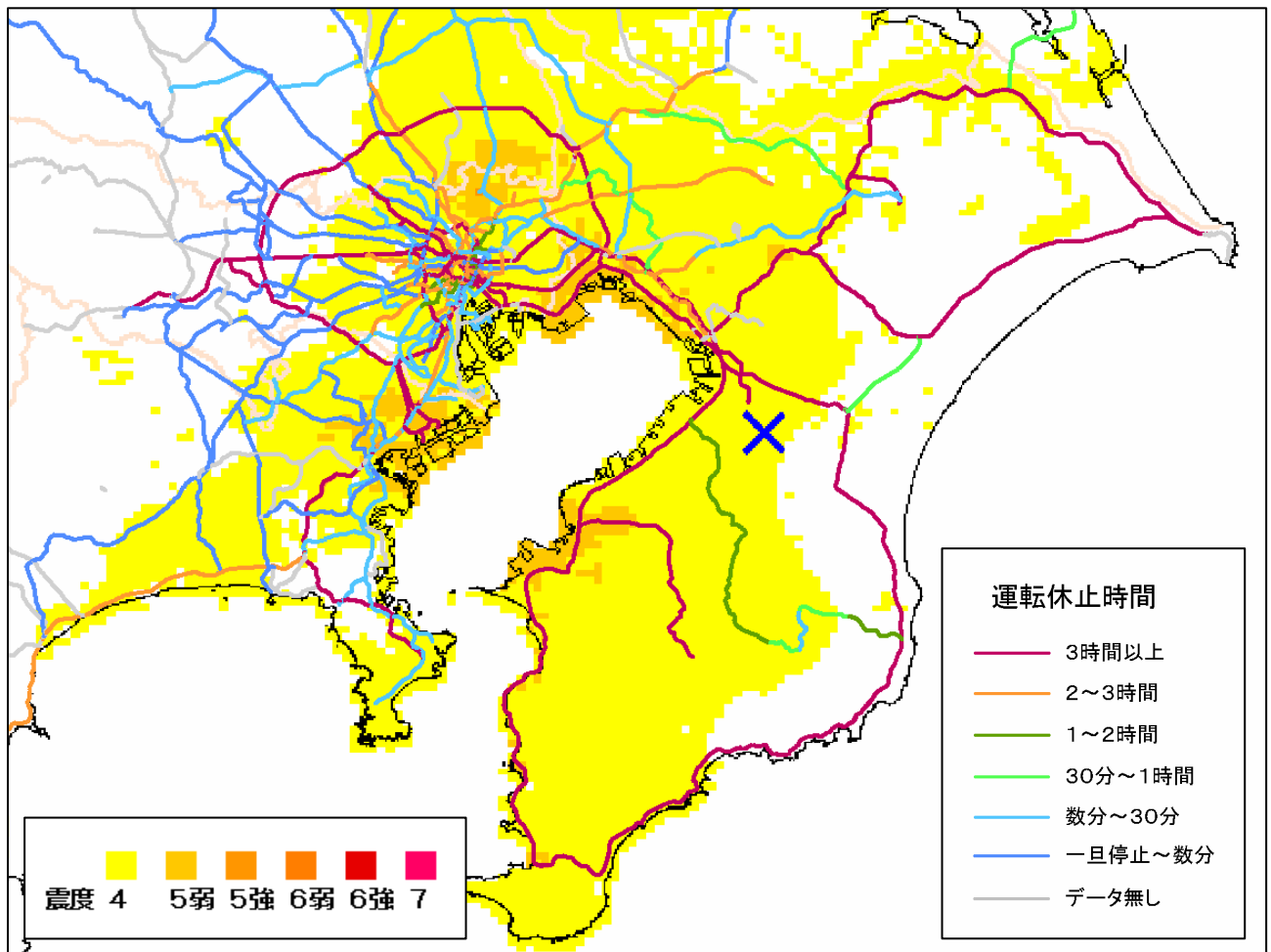


図4：鉄道の運行停止時間