

## ライフラインとしての鉄道



東京大学  
名誉教授  
正田英介 Eisuke Masada

本年3月の東日本大震災はわれわれの想像を超えた規模のもので、震源から200km以上離れた首都圏ですらかなりの被害が出た。この規模の大きな地震によってお亡くなりになられた方々のご冥福をお祈りするとともに、被災された方々には心よりお見舞いを申し上げたい。福島原子力発電所の事故の収束は見通しがはっきりしない状態だが、交通関係では鉄道をはじめとして、道路・空路・海上交通とも、津波で流失した区間や原発事故の影響を受けている地域を除いて100%運行を再開している。これらに支えられて産業活動全般の回復も予想以上の速度で進んでおり、喜ばしい限りである。

鉄道分野に限れば日中の時間帯で多数の列車が運行中であつたにもかかわらず、地震による事故もなく、津波に対してすらも乗客が無事であつたのは本当に素晴らしいことであり、過去の経験を生かした鉄道の安全性を強く印象付けた。しかし、その一方で、首都圏での交通機関の運行再開の遅れが多数の帰宅困難者を生じ、貨物輸送の遅れで震災地域への物流が1週間以上滞るなど、鉄道のライフラインとしての機能には課題が残った。今後に予想される大きく広域的な地震への備えや類似の災害への対応という意味では、今回の経験は鉄道の持続可能性について問題を投げかけているように思われる。

21世紀に入ってから欧州の交通政策では地球環境問題への対応と持続可能な社会の実現を目指して、持続可能なモビリティを目標にしてコモダリティ (co-modality) をキーワードに設備投資、技術開発、制度整備などを進めている。イギリスではさらに踏み込んで50年後の持続可能な鉄道 (sustainable

railways) の実現を政策目標にしてシステムとしての鉄道の最適化のための具体的な検討を進めている。そこでは社会の経済発展に対する鉄道の貢献が期待されており、環境的な効果のみでなく、社会的な変化に柔軟に適応して、そのサービスを安定に維持する能力が鉄道に求められている。

わが国の鉄道は持続可能な社会の実現への貢献という点では、環境、特にエネルギー効率面の革新に努力が払われているが、最近の技術輸出への関心を除いては社会の経済的な発展に寄与するという考え方は少ないように見える。これはわが国の鉄道ネットワークがすでに十分に発達してモビリティを確保しており、人口周密に支えられた比較的大きな需要が存在していることに起因していると想像される。今回の地震直後の交通輸送の混乱は、社会条件の急激な変化に即時に持続可能なモビリティを供給できなかったという点で分析が必要であるし、その改善に向けた長期的な検討が求められると考えている。

すでに首都圏での運行再開の遅延については国土交通省に協議会が設置されて調査・検討が始まっているが、被災地への物流の途絶の問題や産業の事業継続計画 (business continuity plan) への影響を考えると、より広い視野での鉄道の持続性の評価・確立が必要であろう。さらに、電力不足が拡大・長期化する様相を見せている状況の下では、鉄道システムの運用もその影響を受ける可能性は無視できない。リスク回避の視点からも、他のわが国産業と同様に、高品質のエネルギーが安定的に供給され、定常化した社会状態に対して最適化

された運用に基づいた鉄道システムの弱点について、もう一度見直してみる時期ではないだろうか。

以下にはこの問題についての私見をまとめてみたい。国際的にも鉄道はコミュニティのライフラインの一つと位置付けられており、市場が自由化された環境においても、システムとしてのバランスの取れた持続可能性の維持が求められる。すなわち、鉄道の持続可能性の保持のためには個別の対応ではなく、鉄道を一つのシステムとして総合的に考慮する必要がある。そこで先ず整理しなければならないのは、システム内部の要因と外部の要因である。

社会インフラとしての高い信頼性を保つために鉄道システムは固有の構成を持っているとは言っても、システムを働かせるに要する電気エネルギーは電力系統から供給されており、乗客が情報の送受信を行うのも外部の通信ネットワークに依存している。鉄道のインフラが健全であっても、電力系統の停電によって鉄道の運転がかなりの時間にわたって行えなくなる例はさして珍しくない。鉄道システムの異常時に乗客に適切な情報を伝達するのは安全安心のために大切なことであり、不十分な情報は事態の混乱を招く。乗客が携帯電話などにより公共の通信ネットワークを介して外部の情報源にアクセスできれば、これを補完することができる。しかし、異常事態の規模が大きいと電話回線も過負荷になって機能しなくなり、鉄道システム内の情報の伝達が乗客のアクセスできる唯一の情報源となってしまう。

特に、近代化された鉄道では電気エネルギーの存在が不可欠であるから、鉄道自体の事業継続計画の視点からすれば、電源の確保は大きな課題である。これは列車の駆動エネルギー源というのみでなく、システムの運転継続に必要な信号保安などの電源を含んでおり、特に後者は中小規模の鉄道では問題となる。理想を言えば、ドイツ鉄道のように発電所や送電ネットワークを含めて電力会社の系統とは独立の電力供給システムを持っているのが望まれるが、わが国では不可能である。鉄道システム内部の課題として、広域的な外部電源の途絶や計画的な輪番停電に対するリスクへの対応を考えておかなければならない。

今後に起こりうる広域的な大災害のリスクに対して交通輸送のライフライン機能を維持するには、

モードを超えてシステム全体としての戦略が必要であろう。交通輸送システムも巨大地震の中心的な被災地域では、電力、ガス、水道、通信と言った他のライフラインと同程度の耐久性を持てば十分であるが、問題はこれらと同程度の早期復旧性を持つことができるかである。今回の震災で宮城県を例に取れば、電力は1週間後に全戸数の約87%が復電している。広域水道の回復には5週間を要している。ガス供給が50%を越えるのは4週間後であり、NTT東日本の電話回線もほぼ同様である。NTTドコモの端局の復旧率は同じ時期に岩手、宮城、福島3県全体でこれよりやや低い。

これに対して交通輸送の回復の状況は東日本全体として災害対策用を除いた一般の利用では、国道は4日で95%以上回復、高速道路の全通には2週間、空港は5日で90%が再開、港湾は11日で70%以上が回復している。鉄道は東北新幹線が4月7日の余震の影響もあって仙台付近まで運転再開したのが4月25日、全通が4月29日になっている。東日本全域の在来幹線が50%以上回復するのに10日を要していることと合わせて鉄道構造物の被害が大きかったことが明らかである。そのような状況の下で運用上の困難を解決して貨物輸送が1週間で実現できたこと自体は素晴らしいことであるが、被災地への緊急物資の輸送への貢献の点では道路輸送に近い回復能力が期待されるのではないかと考えている。

一方、今回の震源からかなり離れ、被害もさほど大きくなかった首都圏において、例えば都心30km圏において鉄道の回復が40%以上に達するのに10時間近く掛かったのは帰宅困難者を大量に発生したとして問題視されている。たまたま震災の発生した日が金曜日であったから良かったが、もし、週の前半などであれば更に大きな社会混乱を生じたであろう。2006年の東京電力江東送電線切断事故の経験では、1時間以下の停電が東京都内の朝の通勤輸送に大混乱を与えている。このことから、例え自然災害に起因する場合でも、広域的な鉄道輸送システムの停止は可能な限り短時間に止めるのが、現代社会の必要条件であると考えられる。

これらのある地域の交通輸送システム全体のライフライン機能の問題として捉えれば、自然災害にも耐える強固な構造で護るべき必要な最小限のシステム範囲を各輸送モード間の協調の下に構築

する一方で、途絶に伴う社会影響のリスクを最小限に止めるための交通輸送ネットワークの自己治癒（self-healing）能力と早期回復能力を充実することが求められると言えよう。前者は大きなコストを伴い、影響範囲も広いので、国レベルで解決すべき課題である。後者は鉄道ネットワークのシステム的な運用とハードウェアの選択によって対処できる要素が少なくない。

鉄道のライフライン機能のロバスト化という点では、企業としての効率化には反するが、外部のエネルギー供給の断絶と情報通信ネットワークの停止に対応できる多様な構成に先ず配慮すべきであろう。車両であれば、EMUに集中するのではなく、最小限の数の機関車やDMU、さらには電池車両をもつという考えもあるし、通信ネットワークでは衛星回線を保持するのは不可欠であろう。

鉄道の早期回復機能は主にハードウェア技術に依存する。外部からのエネルギー供給が絶たれた場合にもシステムの運転のための中枢神経機能を維持して、駆動エネルギーが回復すれば直ちに正常状態に復帰できる能力を保つためには、通信情報システムと同程度の蓄エネルギー能力のある無停電電源（UPS）システムの構築が望まれる。都心部では鉄道の駅が一つのコミュニティセンターとしての機能を非常時にも期待されるので、駅を中心としたスマートグリッドを導入して、UPS機能との両立を図ることも可能である。

ネットワークの自己治癒機能とは、事故時においても網目状の構成の特長を活かして事故区間を切り離して迂回路の能力を拡大してネットワーク全体のフローを維持するものである。交通輸送ネットワークの場合はモードや事業者の違いによってネットワーク全体の統合的な運用を行うことは難しいが、複雑な乗客の動きと見かけ上の移動可能性のために特定の結節点や区間に需要が集中し、ネットワークの機能を低下ないしは麻痺させることのみは避けたいものである。大都市域の鉄道分野においては相互直通運転によってある程度の調整機能を保持しているが、ネットワークとしての能力を十分に活かして乗客の流れをよりスムーズにする仕組みの確立が望まれる。そのためには鉄道システムのハードウェアと運用・制御のソフトウェアの相互運転可能性（interoperability）をさ

らに高めるとともに、乗客がネットワークの状況を簡単に認識できる情報伝送と表示のシステムの導入が必要だろう。

このような機能をさらに交通ネットワーク全体に広げようとする、コモダリティの確立がその前提条件になる。すでに、欧州の貨物輸送システムでは関係企業の統合や協力によって異種の輸送モードを結合しながら出発地から目的地まで一貫した効率の良い輸送が行われるようになっており、それを支える利用者に対するネットを通じた情報システムも作られている。旅客輸送に対してもカーシェアリングの普及と鉄道システムとの運用上の一体化が試みられている。わが国では大都市部のICカード乗車券システムがバス路線も含んで利便性に貢献しているが、貨物輸送における鉄道とトラック輸送の協力関係もまだまだである。

交通輸送システムのコモダリティは利用者のためにネットワークの情報を遅滞なく提供し、それらの情報に基づいてシステム全体を最適に運用することで実現される。その基礎となる情報システムと統合的な運用システムは先に述べた異常時におけるライフライン機能の確保や維持にも寄与できる。持続可能なモビリティを創り出すことは、交通輸送システムのライフライン機能の強化にも役立つのである。むしろ持続可能なモビリティの中にはライフライン機能が織り込まれていると言った方が適切かもしれない。

持続可能な鉄道、相互運転可能性あるいはコモダリティといった概念を、ヨーロッパで提唱されたエネルギー利用の効率化、システムの標準化や地球温暖化対策の地域的な動きとして見るのではなく、わが国の交通輸送システムにもこれらの概念を適用することによって、国土条件に見合った高密度で利便性の高いモビリティを社会に提供できるのみでなく、将来の災害に対する社会のライフライン機能の充実を図ることができると考えている。

中越地震の教訓を対策に活かすことにより、今回の大地震では多数の列車が走行していたにもかかわらず、新幹線の脱線は仙台駅構内の特異な条件の1ケースのみであった。東日本大震災の影響で明らかになった鉄道のライフライン機能の経験も将来に向けて十分に検討されて、システム能力の充実に反映されることを期待している。