

地震時における交通システムの被害と災害対応

広島工業大学工学部 正会員 能島 暢呂

1. はじめに 交通システムにおいては、地震時に被害や施設点検のために大幅に機能が低下する一方、緊急対応行動などの需要が集中する。しかも社会活動は一般に橋梁等の本復旧に要する時間と比較してはるかに速いテンポで回復に向い、復活した交通需要が交通網を圧迫する。従って、仮復旧や代替経路の整備といった応急的な交通網マネジメントによるサービス維持が必須となる<sup>1)</sup>。それに伴って、代替経路への迂回や交通手段の変更（モーダルシフト）や交通需要の変動などが生じるが、交通システムのこうした過渡的現象を扱った調査研究は、文献2)~4)などの例を除くとまだ少ないのが現状である。本論では、米国カリフォルニア州の二大都市を襲ったノースリッジ地震およびロマ・プリエタ地震と兵庫県南部地震における交通システム被害の状況<sup>1)~7)</sup>（表1）をもとに、交通システムの災害対応を検証する。

2. ロマ・プリエタ地震の事例 1989年10月17日のロマ・プリエタ地震（マグニチュード7.1）では、ベイ・ブリッジが一部落橋し1カ月間通行止めとなったほか、サイプレス通り高架橋（I-880）などに被害があったが、サンフランシスコ湾を横断する他の橋梁およびBART（湾岸高速鉄道）はほぼ無被害であった。サンフランシスコ湾横断の5橋の地震前交通量は延べ約52.1万（台/日）、うちベイ・ブリッジは約25万（台/日）である。ベイ・ブリッジ利用のパーソン・トリップ（日平均34.9万人）が、周辺橋梁群およびBARTに吸収された状況を図1に示す。BARTの約11.2万人増で32.1%、サンマテオ橋の6.1万人増で15.4%、リッチモンド橋の5.0万人増で12.5%などが高い負担率を示し、BARTが周辺橋梁を大きく上回った。ピーク時（5AM~10AM）のサンフランシスコ方面に限ると、ベイ・ブリッジ利用者約6.7万人のうち、BARTは約3.3万人増加で52.6%を占め負担率がさらに高く、通勤時間帯には確実性の高い鉄道交通が選好されている。ベイ・ブリッジ閉鎖中、湾横断の総パーソン・トリップは84%に減少したが、2週間後には90%程度に回復し、再開後はほぼ地震前の水準に復帰した。

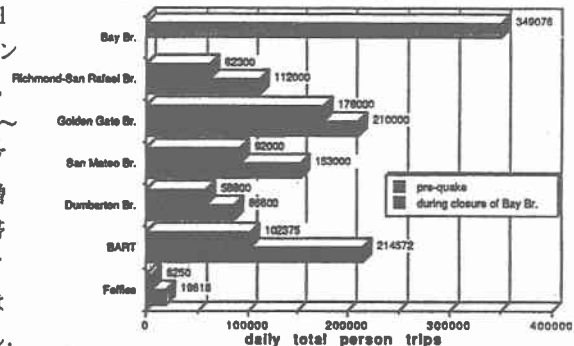


図1 ベイ・ブリッジの閉鎖によるパーソン・トリップ変化

表1 ロマ・プリエタ地震・ノースリッジ地震・兵庫県南部地震による交通施設の被害と災害対応<sup>1)~7)</sup>

交通機関	主な被害	平均交通量・利用者数	不通期間（）は見込み	主な迂回路・代替交通	備考
(I-80)	San Francisco-Oakland Bay Br. E9渡り桁落橋	250,000 (台/日)	31日	Richmond-San Rafael Br, San Mateo Br 他 BART(鉄道), フェリー	湾横断地形, 迂回距離長い BARTがビシ向上
Golden State Fwy (I-5)	Gavin Canyon 付近落橋	231,000 (台/日)	(6ヶ月)	Old Rd(2×2車線) MetroLink(鉄道)	迂回路が密, 狭き地形 MetroLinkがビシ向上
Antelope Fwy(S-14)	I-5のイサ落橋 ラフ被害	40,000 (台/日)	(12ヶ月)	Sierra Hwy 他	
Simi Valley Fwy (S-118)	Gothic Ave付近, San Fernando Mission Blvd 付近落橋	187,000 (台/日)	(11ヶ月)	Devonshire St 他	1ヶ月後片側閉鎖 迂回路が密
Santa Monica Fwy (I-10)	La Cienega Blvd 付近 Washington Blvd 付近落橋	271,000 (台/日)	85日	Jefferson Blvd, Pico Blvd, La Brea Ave, Robertson Blvd 他	Smart Corridor System 利用 迂回優先 迂回路多数 迂回路強化 復旧促進
阪神高速道路神戸線	高架橋倒壊 落橋 橋脚破壊 橋脚崩壊(武庫川以西) 他	113,600 (台/日)a	(2年)	国道2号, 国道43号, 後援, 中国道他	国道2号, 国道43号に被害波及
阪神高速道路湾岸線	落橋(西宮港大橋) 他	62,500 (台/日)b	(9ヶ月)	一般道路	最悪区間: 魚崎浜~六甲7分街
国道2号線	高架橋被害-除去による規制他	40,500 (台/日)a	時間規制	後援	緊急輸送路のため規制(1/20~)
国道43号線	高架橋倒壊(岩屋), 交通規制他	45,500 (台/日)a	時間規制	後援	緊急輸送路のため規制(2/1~)
中国自動車道	高架橋倒壊(吉川JCT~吹田JCT)	80,000 (台/日)c	10日	国道2, 国道53, 舞鶴道	吹田JCT~西宮北IC 2×2車線
名神高速道路	橋脚被害(西宮IC~尼崎IC) 他	95,000 (台/日)c	(7ヶ月)	後援	最悪区間: 尼崎IC~西宮IC
山陽新幹線	落橋(姫路~新大阪) 他	53,100 (台/日)d	81日	代替バス(1/27~), 在来線	: 新大阪~姫路
JR東海道本線	落橋(住吉~灘), 駅舎被害 他	110,000 (人/日)e	74日	代替バス(1/23~), フェリー他	: 住吉~灘
阪急神戸線	高架橋倒壊(西宮北口~夙川)他	300,000 (人/日)f	(7.5ヶ月)	代替バス(1/23~), フェリー他	: 西宮北口~夙川
阪神本線	落橋(青木~御影), 車両基地他	211,100 (人/日)g	(8.5ヶ月)	代替バス(1/23~), フェリー他	: 御影~西宮
		131,600 (人/日)h			: 御影~岩屋

a: 武庫川間 b: 深江~魚崎 c: 宝塚~西宮北 d: 尼崎~西宮 e: 新神戸~新大阪 f: 区間不明 g: 西宮北口~夙川 h: 西灘~岩屋 (全て上下計)

3. ノースリッジ地震の事例 1994年1月17日のノースリッジ地震（マグニチュード6.8）は、ロサンゼルス市とその近郊に大きな被害を及ぼし、高速道路網の3地域・7箇所において落橋・崩壊が発生した。米国西部の南北幹線である Golden State Freeway (I-5) の被害では、I-5に沿った旧道が迂回ルートとなったものの交通容量不足が深刻化し、サンタクラリタ方面とロサンゼルス市中心部との間の交通需要が、I-5にほぼ並行した通勤者鉄道のメトロリンク (Metrolink) に転換した。メトロリンクでは増便・増結による輸送能力の増強などのサービス向上を図り、図2に示すように地震前平均9,003人（うちサンタクラリタ線949人）の利用者数が最高31,276人（同21,952人）に増加した。アメリカで最も混雑する道路と言われる Santa Monica Freeway (I-10) は2箇所の落橋で不通となった。迂回ルートは交通事情に応じて段階的に変更されたが、最終的に図3の形をとりHOV（多人乗車車両）が優遇されている。I-10周辺地区の街路では、交通状況のモニタリングにより信号や可変交通標識の制御を行うシステム (ATSAC Smart Corridor System) が利用され、信号制御や迂回ルートの更新に役立てられた。州交通局では、工期の遅延・短縮一日につき20万ドル (I-10の場合) の罰金・報奨金制度を導入したため、再開通までの予定日数140日間で74日間短縮された。

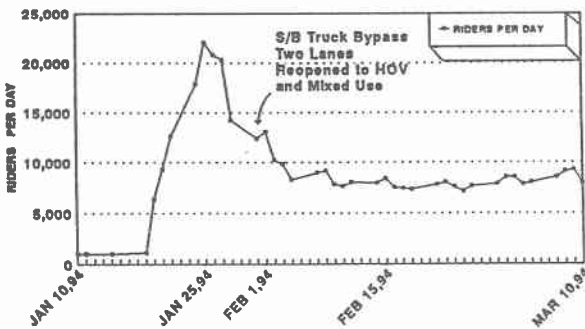


図2 Metrolink 乗車人数の変化<sup>3)</sup>

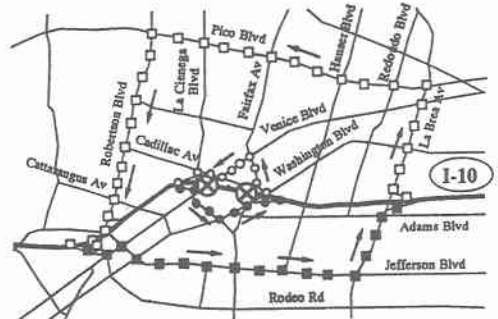


図3 Santa Monica Freeway (I-10)の迂回ルート<sup>4)</sup>  
(⊙：落橋箇所，⊙●：HOV，⊠■：一般車両)

4. 兵庫県南部地震の事例 1995年1月17日の兵庫県南部地震（マグニチュード7.2）は、阪神地域の交通網に壊滅的な被害をもたらし、大阪～神戸間の都市内・都市間交通は完全なマヒ状態に陥った。地理的・地形的条件のため施設が東西方向に偏平に広がり、交通網が冗長性を備えにくくリスク分散が困難である阪神地域特有の悪条件に加えて、激烈な地震動の強度分布が施設分布にほぼ一致したことが、道路と鉄道施設の両者に被害が集中した主な原因である。また被災直後からの交通需要集中に対してとるべき通行規制や迂回路設定などの対応が十分でなく、消火活動や復旧・被災者支援活動に計り知れない影響を与えた。さらに家屋倒壊により街路が至る所で閉塞したこと、高架区間や立体交差点で交通施設相互に被害が波及したことなど、都市空間の高密度利用に起因する被害波及が事態をさらに悪化させた。

5. おわりに ここで挙げた3事例は、交通施設の地震被害が大都市圏の交通体系に大きな影響を及ぼした点で共通している。米国では破局的状況を回避することに成功したといえる一方で、兵庫県南部地震の被害は、交通施設の耐震設計から補強方法、交通計画、危機管理体制にわたる多くの課題を残した。米国の手法に学ぶ点が多いことはいうまでもないが、都市空間利用、交通網ネットワーク形態、交通容量の慢性的不足などあらゆる側面で「ゆとり」が欠如しているわが国の現実を認識したうえで、交通システムの地震防災体制を強化する方策を検討する必要がある。

【謝辞】 本研究において貴重な資料を提供し議論していただいた、京都大学防災研究所亀田弘行教授と名城大学工学部若林拓史教授に深く感謝いたします。

【参考文献】 1) 能島：地震防災シンポジウム，日本建築学会，1994.10，pp.41-48. 2) 亀田・浅岡・小川・能島：都市耐震センター研究報告別冊第7号，京都大学防災研究所，1991.3. 3) 若林・亀田：土木計画学研究・論文集，No.10，1992，pp.103-110. 4) 能島：文部省科学研究費突発災害研究成果（大町達夫代表），1994.3，pp.183-196. 5) 土木学会：阪神大震災震害調査緊急報告会資料，1995.3，pp.53-61. 6) ロサンゼルス市交通局資料，1994.3. 7) 内田敬（京都大学工学部）との私信。