

大都市圏における震災時及び台風時の バス交通の実態に関する分析

金 希津¹・赤星 健太郎²・児玉 健³・松田 洋之⁴

¹正会員 日建設計総合研究所（〒100-0005 東京都千代田区飯田橋2-7-5）

E-mail: kim.heejin@nikken.jp

²非会員 福岡県 建築都市部 都市計画課（〒812-8577 福岡県福岡市博多区東公園7-7）

³正会員 日建設計総合研究所（〒100-0005 東京都千代田区飯田橋2-7-5）

E-mail: kodama@nikken.jp

⁴非会員 株式会社フィールドコンサルティング 環境情報事業部（〒530-0003 大阪市北区堂島2-3-27）

E-mail: matsuda@field-consul.co.jp

2011年3月の東日本大震災及び2011年台風第15号当日は、首都圏の主要鉄道路線が長時間運休し、帰宅困難者が発生するなど、広範囲に及ぶ混乱が発生した。本研究は、東日本大震災及び台風第15号時のバスICデータを用いて、首都圏のバス交通の実態を比較分析することにより、大都市圏における震災時及び台風時のバス交通の実態を把握する。具体的には、渋谷発・新宿発のバスを対象に、利用者数及び運行本数等の全体的な傾向を把握し、代表路線については路線別のバスの輸送状況を把握する。最後に、分析結果を踏まえて今後のバス交通のあり方について考察する。

Key Words : earthquake, typhoon, bus service, public transportation

1. はじめに

首都圏における東日本大震災の影響は、軽微な程度ではあったものの、震災当日は鉄道が長時間運休し、約515万人の帰宅困難者(内閣府推計)が発生するなど、交通機能に大きな影響を及ぼした。また、半年後の9月には、2011年台風第15号(以下、台風15号と呼ぶ。)が首都圏を直撃し、鉄道の運休により同様の状況が発生した。

鉄道運休時の交通混乱による事象として、駅前のバスターミナルにおける長い待ち行列の発生がある。しかしながら、実際の輸送量等に基づく代替交通機能の評価は未だなされていない。

バス交通はこれまでも災害時等の鉄道代替交通としての役割をはたしており、首都圏の非常時における交通網の機能維持のために一定の役割を果たしうるものと考えられる。しかし、災害時の輸送体制の整備は不十分であり、大規模ターミナルにおいて鉄道の不通に伴う利用者の長時間にわたる滞留が生じることで、利用者の安全性の低下が生じる。特に昨今の短時間豪雨に伴う交通機関の停止など、これまでのように発生頻度が高まっている。そのため、災害時等における輸送手段確保について必要な情報を収集し、対策を検討する必要性が高まっている。

対象とする災害等の内容、発生時刻などに応じて、利用者の行動に変化が生じるとともに、交通事業者側においても対応策が異なると考えられる。本研究では、2011年の東日本大震災及び台風第15号の事例において、当時のバスICデータを用いて交通行動の実態を取りまとめ、今後のバス交通のあり方について考察する。

2. 既往研究

災害時の交通行動の実態分析に関する研究は複数存在する。まず、震災時の交通行動の実態分析に関する研究には次の研究が存在する。本間ら¹⁾は、阪神・淡路大震災時の交通行動実態を住民アンケート調査を通して把握している。金子ら²⁾は、東日本大震災時の交通システムの機能障害の発生状況と普及経過を整理した上で、今後の課題を抽出している。福本ら³⁾は、東日本大震災被災地における路線バス事業者の対応について、事業者ヒアリング調査に基づき、利用状況及び課題などを明らかにしている。清田ら⁴⁾は、東日本大震災におけるグリッドロック現象の時空間的拡大プロセスを分析するとともに、ボトルネック箇所を解明し今後のあり方を検討している。

また、豪雨又は台風時の交通行動の実態分析に関する研究には次の研究が存在する。藤田⁹⁾らは、2000年の東海集中豪雨時のドライバーのアンケート調査に基づき、自動車走行所要時間推計モデルを構築し、集中豪雨時の自動車帰宅交通行動を分析している。手島¹⁰⁾は、東海集中豪雨の帰宅経験の実態を明らかにするとともに、徒歩・公共交通利用者を対象に、将来豪雨時の帰宅行動選択モデルを構築している。大橋⁷⁾は、平成23年台風第15号による東海地方の被害状況や、集中豪雨時の交通状況について整理し、帰宅困難者が発生した地域でアンケート調査を実施し、集中豪雨当日の各地域の帰宅交通状況や避難状況等を調査している。

バスICデータを用いた交通行動の実態分析に関する研究には次の研究が存在する。今井⁸⁾は、バスICデータを用いた道路整備効果の分析手法を考案し、提案手法を実際の道路整備事例に適用し、プローブデータも用いて整備の効果や影響を明らかにしている。今井⁹⁾は、普通自動車のプローブデータ及びバスICデータを組み合わせたバス停留所付近の走行改善の検討支援策を考案し、その有用性を検証している。千葉¹⁰⁾は、プローブデータ及びバスICデータなど、多様な動線データからの分析を通じた交通計画分野への活用を提案している。

しかし、災害の特性に応じて交通行動実態を把握し、その特性を比較分析し、今後のバス交通整備のあり方について検討した研究は行われていない。また、災害時等の交通ICデータを活用した研究も少ない状況である。

3. 分析方法及び災害時当日の状況

(1) 対象路線の選定

分析対象路線は、鉄道及びバス路線が集中する大規模ターミナルである渋谷駅及び新宿駅を起終点とするバス路線約70路(表-1)とする。東日本大震災時及び台風15号時における対象路線における時刻別系統別バス運行本数、

速度、利用者数を集計し考察を行う。

また、路線別の特徴では、代表路線として渋谷駅を起終点とする5路線を選定し、系統別時刻別利用者数、運行本数、運行速度の変化を詳細に分析し考察を行う。

表-1 対象路線の選定

出発地	バス事業者	系統名
渋谷駅	東京都交通局	学 03 渋谷→日赤、学 03 日
		渋 66、渋 66 渋谷→阿佐、渋 88-A 新橋往復、
		池 86S 渋谷→池袋駅
		田 87 渋谷→車庫、田 87 田町往復
		都 01、都 01 渋谷→南青七、都 01 渋谷ゆづ、都 01 新橋往復溜、都 01 溜池往復入、都 06、都 06 渋谷→車庫、都 06 新橋駅往復、都 06 赤羽橋往復
	東急	トランセ
		渋 05、渋 11、渋 12、渋 23、渋 24、渋 31、渋 32、渋 33、渋 34、渋 41、渋 51、渋 52、渋 55、渋 71、渋 72、渋 82、出入庫
	京王	NK スタジオパーク
		渋 61、渋 63、渋 64、渋 66、渋 67、渋 69、宿 51、
	小田急	渋 24、渋 26、渋 54
新宿駅	東京都交通局	フジEX ハチ公バス
		97 新宿→品川
		王 78 新宿→王子、王 78
		宿 75、宿 91、宿 91 新宿→駒沢、宿 91 新宿→車庫、宿 74
		早 77D 早稲新宿往復
	京王	白 61-B 新宿→車庫
		品 97-F 新宿→品川
		CH01
	関東	宿 32、宿 33、宿 41、宿 45、宿 51
	西武	宿 07 下、宿 08 下
	小田急	宿 20
		宿 44

表-2 路線別分析の対象路線

事業者	系統名	到着地
東京都交通局	都 06 新橋駅往復	渋谷駅前(新橋駅前)
東急	渋 11	田園調布駅
	渋 41	東急大井町駅、居木橋
京王	渋 66	杉並車庫前(都バス)、阿佐ヶ谷駅、方南八幡通り
小田急	渋 26	調布駅南口

表-3 バスIC基礎データの内容

データ名	データ説明	通常時					東日本大震災・台風15号		
		利用回数	OD集計	進行方向	乗降分類	個別履歴	利用者数	運行本数	走行速度
移動履歴データ	ICカード利用者の移動履歴を示したデータ	○	○	○	○	○	○		
バス停間個別データ	バス運行毎に停留所間単位で、通過時刻、所要時間、乗車人員を示したデータ							○	○
系統情報マスタ	バス事業者の系統毎に路線の停留所区間情報(上流停留所ID、下流停留所ID、停留所間距離など)を示したデータ	○	○	○	○	○	○	○	○
停留所情報マスタ	バス事業者毎の停留所情報(停留所ID、名、経度、緯度など)を示したデータ	○	○	○	○	○	○	○	○

※網掛け部分は本研究で活用されたデータ

(2) 分析対象データ

本研究では、交通IC系カードデータの一種であるバスICデータ、PASMOデータを用いて分析を行う。

バスICデータには種々のデータが記録されている(表-3)。時刻、日付など連続データ、個人の移動記録、バス停別の情報などが含まれていることから、アンケートなどの特定日のデータに比べて平日・休日、時刻別変化の把握が容易であり、バス系統のみならずバス停別の特性も把握できるなど、より詳細な特性分析が可能になる。

特に個人の移動記録については、暗号化されたIDの利用が可能であり、利用頻度に応じた移動実態の分析が可能であることは特筆すべき特徴である。本研究においては、後述の「常連率」の分析に用いている。

(3) バスICデータの利用上の問題点・注意点

様々な情報が同時に把握できるメリットを持つバスICデータではあるが、問題点もあるため活用の際には注意が必要である。

第一に、バス利用者全体を捕捉したデータではないことに留意する必要がある増減などの傾向を捉える分析は一定程度可能であるが、実数による分析(例えば混雑率の把握等)はそのままのデータで行う事はできない。

第二に、まとまった集団のデータが捕捉出来ず、強度のバイアスがかかる場合がある。具体的には、各自治体が高齢者のバス利用者に交付する敬老バスや、大学等で一括購入される学生向けの定期券、フリーパス等の一部は、紙で発行されていることが確認されている。もっとも、これらについてもICカード化されている事業者もあり、通院や通学等の分析を行う際には、必要に応じて都度確認することが必要である。

第三に、バスICデータはデータ量が多く、集計準備及び集計にはデータのハンドリングに専門的な知識を要する。本研究では、高速で分析可能なデータベースソフトを用いた分析を行った。例えば、京王バスの1日のデータ量は約20万レコードである。

(4) 分析方法

東日本大震災が発生した2011年3月11日(金)、その前日の2011年3月10日(木)、台風15号が上陸した2011年9月21日(水)、その前日の2011年9月20日(火)の6時~22時のバスICデータを用いて分析・考察を行う。

まずは、渋谷駅発及び新宿駅発別のバスの利用者数及び運行本数の全体的な傾向を把握し、乗客別の特徴を分析考察する。

次に、震災時及び台風時における渋谷駅発の代表路線5路線の詳細を分析し比較を行う。路線別分析では、第3章で示した通り、表-2の5路線を対象とする。なお、台風15号の場合、「都06新橋駅往復」は9/20(火)のデ

ータが存在していなかったため、分析から除外している。

(5) 「常連率」を用いた分析

バスICデータの特徴を活かした分析の考え方として、本研究では「常連率」を設定した。これは、普段からバスを利用している固定客がどの程度の割合かを示す指標であり、平時には利用しない乗客(一見さん)がどの程度含まれているのかを表すことができる。本研究では、災害時に固定客の輸送のみならず代替的な交通を引き受ける機能があることを端的に示す指標として活用している。

常連率は、バスICカードのデータが利用履歴を個人別に集計できることから可能になった分析手法であり、これまでの他の交通調査にはない特徴である。算出方法等の詳細については後述する。

(6) 震災時及び台風時の状況

東日本大震災は2011年3月11日14時46分18秒(日本時間)に発生した。宮城県牡鹿半島の東南東130km、仙台市の東方70kmの太平洋の海底を震源とし、地震の規模はマグニチュード9.0であり、日本周辺における観測史上最大の地震である。東京23区部では震度5弱~5強を記録している。震災直後、首都圏各地の鉄道路線は運休し、夜9時以降~翌日の運転再開となった。路線別分析の対象路線における3/11(金)の鉄道復旧日時を図-1に示す。

台風15号の日は、朝から19時台まで雨が降る一日であったが、降水量は17時台~18時台、風速は16時台~20時台がピークとなった。しかし首都圏の鉄道は13時~19時の間暴風域に入るため18時前後から運行を中止し、運転再開は20時以降となった。

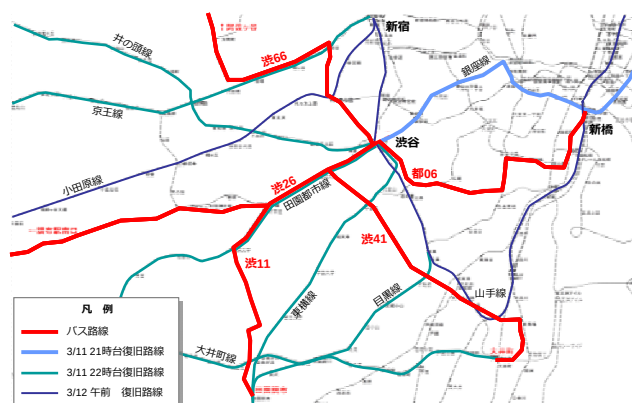


図-1 路線別分析の対象路線及び東日本大震災当日の鉄道復旧日時

表-4 東京(地点)の時間別降水量及び風速(2011年9月21日)¹²⁾

時	降水量(mm)	風速(m/s)
6	11.5	1.9
7	3.5	2.1
8	0.5	2.4
9	1.5	1.4
10	0	2
11	2.5	1.6
12	0.5	4.9
13	7.5	7.5
14	2.5	7.3
15	4.5	8.6
16	6.5	11.1
17	22.5	9.8
18	17	14.8
19	4.5	12.4
20	0	10.8
21	—	9.3
22	—	7.4
23	0	5.3
24	—	5.3

表-4は9月21日7時~24時までの降水量及び風速を示している。

4. 東日本大震災及び2011年台風15号におけるバスの輸送状況

(1) バスの利用者数の傾向

渋谷駅発、新宿駅発ともに、震災時と台風時の前日に比べて利用者数が増加している。また、震災前日と台風前日との利用者数の差が僅差であるのに対して、震災当日と台風当日の利用者数には大幅な差があり、殆どの時間帯において、台風当日の利用者数が震災当日の利用者数を大きく上回っている。これは、両日の気候の差や帰宅意思の差によると推測される。

震災は予想不可能な災害であるため、震災直前まで前日と変わらない利用者数を記録している。震災直後の15時台から急激に利用者数が増加し、15時台~16時台をピーク(渋谷駅発16時台前日比約2.3倍、新宿駅発15時台前日比約5倍)として下降曲線となっている。清田らの研究⁴⁾では、震災直後都心部の旅行速度の急減に伴い、郊外部まで旅行速度急減の影響が拡散されていることを明らかにしている。18時台以降の利用者数の急減(渋谷駅発約0.8倍、新宿駅発約1.4倍)は、このような現象を受けてバスの定時性が大幅に乱れることにより、バス利用を諦めた人が増加したことが一因と考えられる。

一方、台風15号の日は、朝から夕方にかけて雨が降った影響もあり、朝ピーク時(8時台~9時台)の渋谷駅発バスの利用者数は前日比約2倍、新宿駅発バスの利用者は前日比約2.3倍を記録している。また、夕ピーク時(18時台

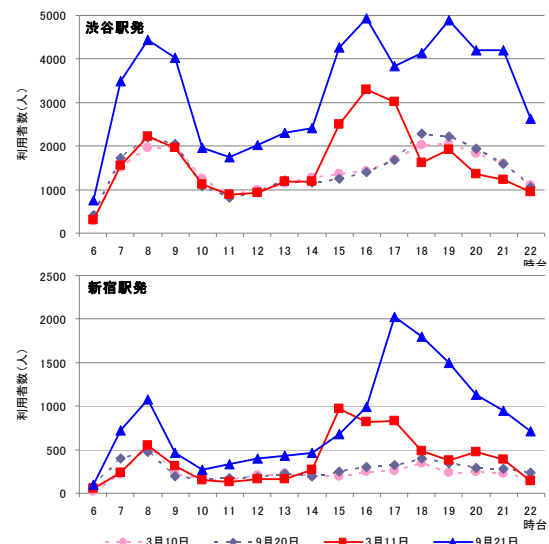


図-2 東日本大震災時及び台風時前後の利用者数

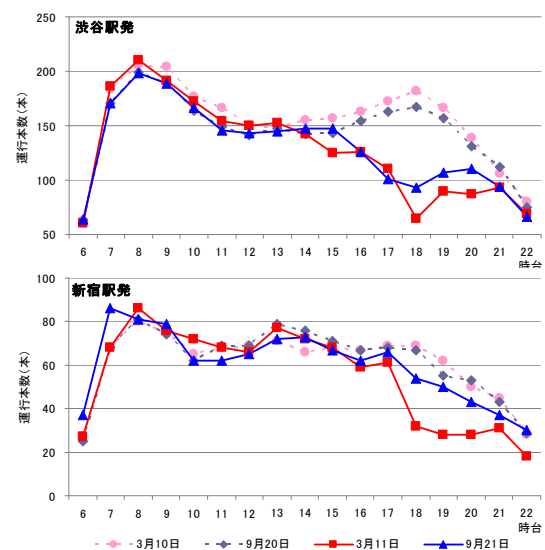


図-3 東日本大震災時及び台風時前後の運行本数

~19時台)の渋谷駅発バスの利用者数は前日比約1.8~2.2倍、新宿駅発バスの利用者は前日比約4.3~4.5倍を記録しており、一日を通して前日を上回る利用者が集まったことが明らかになった。

台風15号の直撃により首都圏鉄道各線の運行が乱れ始めた17時前後からバスの利用者が急増し、その後も前日比2~4倍の利用者数を維持していることから、台風の日バスの利用需要は平時に比べて極めて高いことがわかる。

(2) バスの運行本数の傾向

渋谷駅発、新宿駅発ともに、震災時と台風時の前日に比べて運行本数が減少している。

震災時は、震災直後の15時台から徐々に運行本数が減少し、18時台の運行本数が最少(渋谷駅発前日比約0.4倍、新宿駅発前日比約0.5倍)となっており、渋谷駅発の場合は21時台以降には前日よりやや少ないレベル(前日比約

0.9倍、一方新宿駅発は前日比0.7倍)に回復した。

台風時は、渋谷駅発の場合は16時台から(前日比約0.8倍)、新宿駅発の場合は18時台から(前日比約0.8倍)運行本数が減少している。しかし渋谷駅発のバスが前日レベルに近いレベル(前日比0.85倍以上)に達するまで長時間を要したのに対して(16時台～21時台)、新宿駅発のバスは、

短時間でレベルに近いレベル(前日比0.85倍以上)に達している(18時台～20時台)。

震災後と台風後の運行本数を比較すると、渋谷発、新宿発のどちらのバスも、震災後の運行本数の減少幅が大きい。また、走行速度も低下していることから、ダイヤの維持ができていないことがわかった。これは交通渋滞及び多数の乗客が集中した事により乗客の乗り降りに時間を要したことによる遅延等の複合的な要因によるものと考えられ、定時性が確保されていないことがわかった。

(3) 乗客別の特徴

東日本大震災の15時以降及び台風15号当日に渋谷駅、新宿駅で乗車した人が、その直前1週間に渋谷駅、新宿駅でバス乗車した比率(先述の常連率)を算出した。

表-5 東日本大震災及び台風15号におけるバス利用の常連率算出の対象者及び算出結果

	東日本大震災	台風15号
利用者	3/11(金)の15時以降に渋谷駅あるいは新宿駅でバス乗車した人	9/21(水)に渋谷駅あるいは新宿駅でバス乗車した人
比較対象	3/4(金)～3/10(木)の15時以降に渋谷駅あるいは新宿駅でバス乗車した人	9/14(水)～9/20(火)に渋谷駅あるいは新宿駅でバス乗車した人
常連率	8.6%	14.7%
平時		
利用者	3/10(木)の15時以降に渋谷駅あるいは新宿駅でバス乗車した人	9/20(火)に渋谷駅あるいは新宿駅でバス乗車した人
比較対象	3/3(木)～3/9(水)の15時以降に渋谷駅あるいは新宿駅でバス乗車した人	9/13(火)～9/19(月)に渋谷駅あるいは新宿駅でバス乗車した人
常連率	56.8%	60.2%

その結果、震災前及び台風前の常連率は、それぞれ56.8%、60.2%であるのに対して、震災時及び台風時の常連率は8.6%、14.7%であることが明らかになった。

すなわち、普段はバスをあまり利用しないが、震災や台風がきっかけとなってバスを利用した人の比率が、利用者全体に対して震災時は48.2%、台風時は45.5%増加していることが示された。これは、震災や台風時には他の交通モードからバスに利用転換する人が急増したことを意味する。

東日本大震災の日は天候が晴れ(降水量0)であり、震災前はバスの利用者数が平時と同程度であったことを踏まえると、鉄道の運行中止によるバスへの利用集中が要因であると考えられる。

一方、台風15号の日は、16時～20時前後までは暴風を伴う悪天候であったが、朝から降水量が一定以上であったことを踏まえると、道路渋滞や鉄道の遅延に関わらず、バスに利用転換する人が多いことが推測される。

常連率算出の対象者及び常連率を表-5に示す。

5. 東日本大震災及び2011年台風15号における路線別バスの輸送状況

(1) 分析方法

対象路線のうち、渋谷発の5路線を対象に、震災時及び台風時の状況の詳細を把握する。対象路線は、第3章で示した通り、都06、渋11、渋41、渋66、渋26の5路線である。但し、都06は9月20日(台風15号の前日)のデータが存在しないため、台風時の分析から除外した。

東日本大震災が発生した3月11日の系統別時刻別利用者数、運行本数、運行速度の前日3月10日に対する比率を求め考察を行う。台風15号に関しても、台風前日9月20日に対する当日9月21日の数値の比率を求め同様に考察を行う。図-4では、東日本大震災及び台風15号の前日

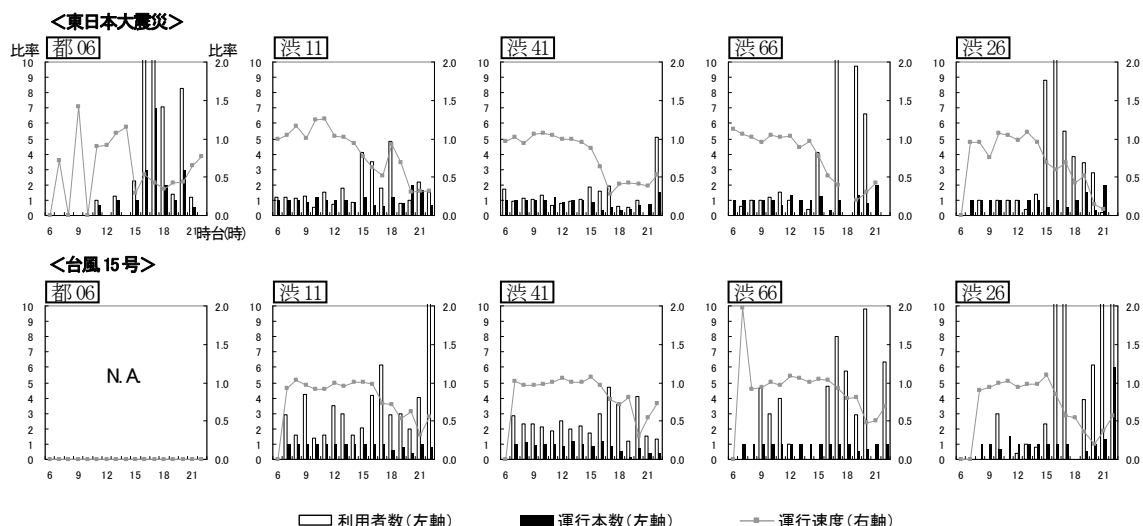


図-4 東日本大震災及び台風15号の前日に対する当日の利用者数、運行本数、運行速度の比(系統別時刻別)

に対する当日の利用者数、運行本数、運行速度の比を系統別時刻別にまとめた結果をに示す。

(2) 東日本大震災時のバスの利用実態

都06は、震災当日15時台以降利用者数が急増し、19時台及び21時台を除き、前日比3倍以上の利用者数を記録している。この路線は都心を貫く路線であり、銀座線及び山手線の空白地域をカバーしながら渋谷～新橋を走行する路線である。そのため、都心から郊外に向かう人が集中し、ピーク時は前日比10倍以上の利用者数を記録している。また、都心の交通渋滞が深刻になるにつれ、19時台は一旦利用者が減少するが再び上昇、銀座線が再開した21時台に利用者数が前日並みに落ち着くことになった。

利用者数の増加につれ、運行本数も16時台以降は19時台を除き2倍以上、17時台は7倍まで増加させている。鉄道路線が運行を中止している間、代替交通手段として役割を果たしており、バス交通のメリットと言える需要に応じた増便がある程度行われていることがわかった。

渋11、渋66、渋26は、震災直後の15時台から利用者が4~8倍に増加し、その後も一部時間帯を除き、夜まで利用者が前日比数倍になる時間帯が多いが、道路渋滞などの事情により増便には限界がみられた。特に、渋26は15時台から19時台まで前日比3倍以上の利用者が集中したが、増便は19時台、21時台のみなされており、車内での混雑が深刻であったことがうかがえる。

渋41は、21時台まではとりわけ利用者の集中は見られず、運行本数もそれに応じて前日の約半分程度となっているが、利用者が集中した22時台は素早く運行本数を1.5倍に増加させ、輸送力を増加させている。

(3) 台風15号時のバスの利用実態

渋11、渋66、渋26は、午前から利用者数が前日を上回る傾向になっているが、関東地方が暴風域に入る16時頃を境に利用者が急増し、22時台まで高い水準を維持している。特に渋26は、22時台の利用者数が前日比32倍を記録するなど、夕方以降に利用者数が集中する傾向が最も強い。

しかし、利用者数の増加に応じて運行本数の増加はされておらず、前日比増便となっているケースは、夕方以降利用者が集中した渋26の21時台、22時台のみである。

渋41は、一日中前日より利用者数が多いが、他系統に比べて利用者数の特定時間帯の集中が少なく、21時台以降は利用者数の増加率も落ち着いている。

しかし、4路線ともに殆どの時間帯において、前日上回る利用者が集中しているのに対して、バスの増便が利用者数の増加に伴っていないことから、当日のバス車内の混雑は深刻であったと推測される。

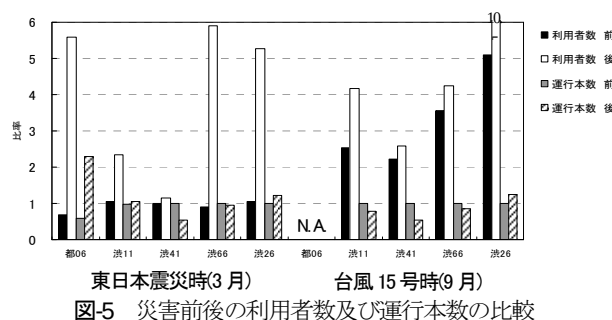
(4) 震災時及び台風時の傾向比較

5章の(2)、(3)の分析結果を踏まえると、震災時及び台風時の両日において、震災直後、台風の最大風速時点後にバスの利用者が急増していることが把握できる。

しかし、震災時の場合、震災前は前日と同程度の利用者数、運行本数を記録しているのに対して、震災後初めて利用者数が急増している。また、運行速度が台風時に比べて低く、道路渋滞が台風時に比べて激しいこと、運転中止となっていた鉄道路線の一部が21時台以降、段階的に運行再開になっていることから、バスの利用者数は徐々に減少傾向になる。一方、台風時は夜間のバス利用者数が増えている路線も複数存在すること、全体的に震災時に比べて前日比の利用者数の増加率が高いこと、利用者数の増加にも関わらず震災時に比べて増便ができていないことから、バスの利用環境だけで判断すると震災時を上回る混雑を強いられていたと推測される。

図-5は震災時及び台風時において、震災の日は震災直後の15時、台風の日には、風速が高くなる16時を基準に前後の時間帯の利用者数の総数、運行本数の総数を比較した結果である(震災前は6~14時台、震災後は15~22時台、台風前は6~15時台、台風後は16~22時台と分類)。全体的に利用者数の増加に伴う増便はなされていないことから、バスが混雑したと推測される。また、既述の通り、台風の日是一日中利用者数が多く、利用者の集中度合は震災時を上回ることがわかる。

図-6は震災前及び震災直後のバスの利用者数を5路線比較をGISを用いて図化した結果である。震災前は前日比50~120%であったのに対して、震災直後は4路線が前日比200%以上、1路線が120%以上の結果となり、予測不可能な災害である震災時は公共交通に特に大きな混乱が発生することがわかる。バスICデータを用いてGIS上に表すことにより、面的な変化が容易に把握できる。



東日本震災時(3月) 台風15号時(9月)
図-5 災害前後の利用者数及び運行本数の比較



図-6 GISを用いた震災前及び震災直後のバスの利用者数比較

6. まとめ

(1) 分析のまとめ

本研究では、2011年に起きた東日本大震災及び台風15号によるバス交通の影響を、バスICデータを用いて比較分析を行った。その結果、下記の事実が明らかになった。

- ・震災時は、道路渋滞による運行速度の低下が著しく、バスの運行に支障をきたし、需要が増大したにも関わらず運行本数が減少することにより、バスの混雑、ターミナルにおける人の混雑を招いたことが定量的にわかった。
- ・台風時には、震災に比べて道路の混雑は低いと考えられるものの、震災時と同様にバスの減便などが見受けられる。
- ・震災は予測不可能であること、台風時を上回る道路渋滞が起こったことから、震災直後のバス運行本数の減少幅が大きく、また走行速度も低下するなどダイヤの維持ができていないことが定量的に把握できた。
- ・いずれの場合も、系統によっては増便したケースも一部存在し、災害時の鉄道の代替交通手段としての機能を果たしている。
- ・台風時は震災時とは異なり、台風時は一日悪天候が多いことから、終日利用者数が多く、利用者数は震災時同時間帯を大きく上回っている。しかしバスの運行においては、増便したケースが少なく、系統によっては減便になったケースもあることから、震災時を上回る車内混雑、バス利用の利便性低下が推測される。
- ・震災時及び台風時にバスを利用した人の多くは、災害当日の直前一週間の間、バスの乗車記録がない人であることから、普段バスを利用しない人も、災害時は鉄道の運行中止、道路混雑などにより、バスを利用するケースが多いと考えられる。

(2) 今後のバス交通のあり方についての考察

本研究では、インフラが重大な被害を受けないものの、鉄道の機能が一定時間失われる災害の事例として、首都圏における震災、台風による被災時のバス交通の現状を分析した。

東日本大震災においては、地震は予測不可能な災害である一方で、インフラに被害がない場合であっても、点検等により長時間にわたり鉄道の運行中止及び道路混雑が発生することが社会的にも認知された。その際、地震直後の移動では、公共交通としてバスが代替機能を果たしていることがわかった。しかしながら、バスも道路渋滞によるサイクルタイムの増大、運行本数の減少などの影響を受けていることがわかった。

そして、本研究で分析した台風時には、震災時を上回るバス交通の混乱を招いており、悪天候や道路渋

滞の影響によるバスの減便、利用者の集中などにより、バスサービスの質が著しく低下していることが定量的に示された。

鉄道は高速輸送、大量輸送を可能とする高効率な公共交通であり、都市の基幹的交通として位置づけられるべきものであるが、一方でバスに比べると運行の継続が困難となる被災規模が小さく、災害時には運行中止になることが相対的に多い特徴がある。

一方、バスは道路の被害が軽微であれば、震災時及び台風時には運行が可能であり、鉄道の代替交通手段及び長距離移動の主要交通手段としての機能を有するものである。

これらを踏まえ、本研究では災害時を見据えた交通確保の方策として、以下の3点について考察する。

①バスの専用空間の確保（災害時を想定した強靱化）

現状では、災害時には道路渋滞等により運行速度に限界があり、限られたバスの往復によるバス本数の確保が結果的に困難の一因になっていることも明らかになった。震災時のみならず、台風時には同じ現象が現れ、本研究の分析においては、むしろ震災時よりも台風時の方が大きな混乱を招いている。このことから、災害時を想定した強靱な都市交通機能を維持するためにバスの専用空間の確保などの整備等を行うことにより、走行速度、運行本数の確保が大きな効果を発揮する可能性があると考えられる。これは、不規則に発生する震災のみならず、被災頻度の比較的高い台風の際にも効果が期待できる。

②災害時の機能維持（災害時の運用体制の構築）

阪神・淡路大震災(1995年)の直後、姫路~大阪間を結ぶ鉄道路線を対象にバス代行輸送を行い、通勤・通学目的など日常的な移動を支えていた事実を踏まえ、バスを鉄道の補完としての交通手段ではなく鉄道の代替交通として位置づけ、バスのインフラ整備を行う必要がある。

室井ら¹³⁾の研究では、阪神・淡路大震災の直後、バス専用レーンの導入によるバスの所要時間の削減及び鉄道の順次復旧により阪神間の所要時間が震災前の水準に近づくにつれ、バス代行輸送利用者が増加しており、社会経済活動の回復に大きく寄与したと指摘している。

本研究では、突発的な地震と予測可能な台風におけるバスの運行の比較も行ったが、予測可能な台風においても増車が十分に行われていない状況であることが確認できた。また、鉄道が工事により運休する場合等においても、代替バスの確保などによる代行輸送が行われる場合も想定される。

災害時には、平時に整備したバスのインフラを十分活用するためにも、需要に応じてバスの増便が調整可能になるような事前の準備が肝要である。

③都市交通の強靱化のための公共の適切な関与

以上の機能強化を図るためには、平時の空間整備、被

災時の運用強化の両面が必要であるが、この役割を交通事業者に負わせることは非効率な政策となる恐れがある。

すなわち、全てのバス路線を強化し、非常時のための予備車を配備するような政策ではなく、基幹となる公共交通を防災や都市政策の立場から選定し、十分な機能を確保するとともに、非常時には渋滞に巻き込まれて定時性が確保できないバス路線については減車し、基幹となる公共交通の機能を一時的に強化する施策も考えられる。もっとも、このような基幹となる公共交通は、平時においても周知されていることが望ましく、具体的にはバスと鉄道の間隔的な機能を有するバス路線を設定し、対策の一環として公共車両優先システム(PTPS; Public Transportation Priority System)の拡大導入が考えられる。平時のみならず緊急時にもバスのサービスが向上し、結果として都市全体の効率的な輸送にも貢献できると考えられる。先述の通り、バス交通の維持が可能となるかどうかは、インフラの被災状況に左右される。被災頻度に応じた段階的な都市交通機能の維持のための計画を立案する事が望ましく、それは都市機能の集積等も含めたものであることが望ましい。

このような取組みにより、鉄道とバスを組み合わせた公共交通全般のサービスの質が向上し、ひいては大都市圏における災害に強い公共交通インフラ構築が可能になると考えられる。これは都市計画、防災の観点から基幹バス交通の設定に対して適切に関与することが、災害時の都市交通の強靱化に資する事を示している。

今後は、平時、災害時のみならず、雨天時や波動輸送等におけるバス交通の挙動を分析し、公共の適切な関与を促すための定量的な分析に取り組んで行きたいと考えている。

参考文献

- 1) 本間正勝, 森 健二, 木戸伴雄, 齋藤 威: 大規模災害時の交通行動実態 ―阪神・淡路大震災を例として―, 土木計画学研究・論文集, No.14, 1997.
- 2) 金子雄一郎, 兵藤哲郎: 東日本大震災による交通システムの機能障害の発生状況と復旧について, 都市計画, 291, 2011.
- 3) 福本雅之, 加藤博和, 星野雄二: 東日本大震災直後における路線バス事業者の対応に関する調査研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.45, 2012.
- 4) 清田裕太郎, 岩倉成志, 野中康弘: 東日本大震災時の都区内道路のグリッドロック現象に関する基礎的考察, 土木計画学研究・講演集, Vol.46, 2012.
- 5) 藤田素弘, 三田村 純: 東海集中豪雨下における自動車帰宅交通状況と走行経路解析, 土木学会論文集 No.751, IV-62, pp.127-137, 2004.
- 6) 手島 亨, 三田村 純, 藤田素弘, 鈴木弘司: 豪雨災害時における公共交通の帰宅行動選択に関する研究, 土木計画学研究・講演集, 2008.
- 7) 大橋雅也, 藤田素弘: 平成 23 年台風 15 号における東海地域帰宅困難と避難状況分析, 土木計画学研究・講演集, 2012.
- 8) 今井龍一, 井星雄貴, 千葉 尚, 牧村和彦, 濱田 俊一: バス IC データを用いた定時性評価による道路整備の効果検証に関する研究, 土木学会論文集 D3, Vol.68, No.5, I-1271-I_1278, 2012.
- 9) 今井龍一, 井星雄貴, 中村俊之, 牧村和彦, 濱田俊一: 複数の動線データの組合せ分析によるバス停留所付近の走行改善の検討支援に関する研究, 土木学会論文集 D3, Vol.68, No.5, I-1287-I_1296, 2012.
- 10) 千葉 尚, 中村俊之, 森尾 淳, 牧村和彦: 動線データが語る震災時の都内の交通状況～プローブカーデータ, 交通系 IC データから～, IBS Annual Report 研究活動報告, 2011.
- 11) 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, 2012.
- 12) 気象庁 HP, 気象統計情報, 過去の気象データ検索
- 13) 室井寿明, 高橋和夫, 森地 茂: 首都直下地震による鉄道途絶時のバス代行輸送に関する研究, 運輸政策研究, Vol.12, No.1, 2009.

(2013. . 受付)