

災害時緊急水上輸送システムの技術開発

その 2：関東圏河川利用大災害時被災者輸送需要の推計

物流研究センター ＊勝原光治郎、間島隆博
(株) ライテック 坂本 隆

1. はじめに

関東圏を例にして大災害時に「災害時緊急水上輸送システム」（水上輸送システムと略称する）を活用する上で被災者輸送需要がどの程度見込めるかを推定するのが本稿の目的である。そのために、まず、阪神淡路大震災における被災者輸送の知見をまとめ、この水上輸送システムの活用方法を想定する。その検討の結果、災害発生後 3、4 日後から数ヶ月後までの間「水上輸送システム」が活用でき、その対象は主に通勤通学であることが分った。そこで、平常時の通勤通学の交通量を算出し、災害時のシナリオを設定して被災者輸送人数をリバーステーション間の OD 表（発地着地間移動人数表）の形式で求めた。

なお、被災者輸送に利用される船舶は、水上バスや屋形船などである。

2. 水上輸送システムの活用状況の推定

阪神・淡路大震災における交通状況から水上輸送システムが活用される状況を推定する。

2. 1 阪神・淡路大震災における交通状況

阪神淡路大震災における交通障害¹⁾は、主に鉄軌道系交通施設の被害が大きかった。橋梁部の被害が多く、そのような区間については復旧までに数ヶ月を要した。駅部に大きな被害を受けた場所についても、復旧までに数ヶ月～1 年を要しており、そのため、被災駅の通過や仮駅による暫定営業といった処置が行われた。

代替輸送に関して、バスと海上輸送が活躍した¹⁾。代替バスの運行は、被災後約 1 週間後から始まり、利用者数がピークとなった時期（3 月）には、通常時の鉄道輸送量の 3 割程度を代替していた。図 1 に代替バスの利用者数の推移を示す。鉄

道不通区間が解消される 6 月下旬まで、代替バスの運行が行われていた。代替バスの運行区間は、鉄道路線の開通状況に合わせて、頻繁に変更が行われた。

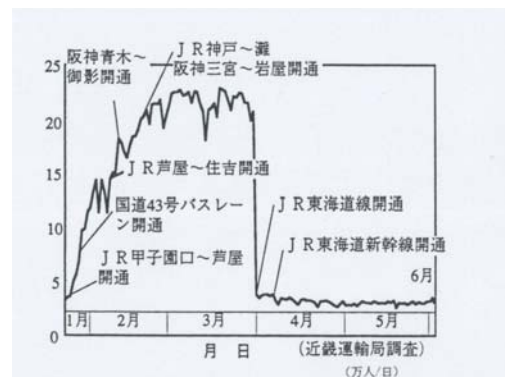


図 1 代替バスの利用者数推移¹⁾

被災後数日で、鉄道のみを利用した阪神間の迂回ルート（三田駅経由）が開通したが、乗換駅となる三田駅や谷上駅で混雑が発生した。

臨時航路の開設は震災後数日で行われ、1 月下旬には輸送量がピークとなっている。陸上交通機関を利用した経路が確立した（一部、バス代替区間が残る）時点で、水上輸送は概ね終了している（図 2）。

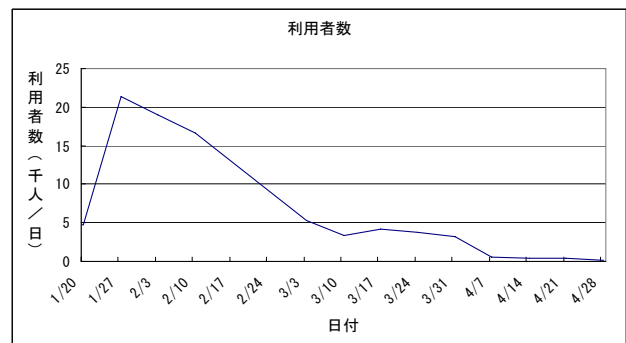


図 2 臨時海上航路の利用者数推移²⁾

被災後の道路交通量は、震災後 1 か月で震災前の 7 割程度の水準まで回復している³⁾。震災後 3

日以内に5割以上の人が、また2週間程度で9割以上の人が通勤を再開している⁴⁾。震災前に鉄道を利用して通勤していた人の3割程度が、震災後自動車利用に転換している。震災後3日間のマイカー利用者のうち、避難目的は8%、通勤目的は15%程度であった。

被災地からの人口流出は3~4%であった。また、避難所への避難者数は、被災1週間あたりがピークとなった。神戸市の場合、全人口の約15%が避難所へ避難していた。

2. 2 被災シナリオと水上輸送システムの役割

関東圏で大震災が起きたときに陸上交通機関の被害状況(被災シナリオ)を次のように想定した。

鉄軌道系交通機関では、被災後一週間から数週間が経過した時点における都心部の鉄道は一部区間の不通、損傷により利用できない駅が残り、全面復旧には数ヶ月を要する。しかし、高密度な都心部の鉄道ネットワークは高い冗長性を持っており、上述する被害区間(箇所)を迂回する代替経路が存在する可能性が高い。運転を再開している路線(区間)においては、運転本数の減少、徐行運転等が行われるために、輸送力やスピードなどが、通常時よりも大幅に低下する。

道路系交通機関では、被災後、一週間から数週間が経過した時点における都心部の道路は、一部区間の不通、損傷により利用できない区間・車線が未だ残る。復旧工事用車両などを優先するため、一般自家用車の乗り入れは制限される。鉄道不通区間を連絡する代替バスの運行が実施される。ただし、専用レーンが設置され、各地から応援の車両、人員が到着することにより、効率的な運用が行えるようになるまでには、1~数週間が必要となる。

その中で、水上輸送システムに期待される役割は、①鉄道不通区間を連絡する役割、②鉄道の不足する輸送力を補完する役割、③道路の通行車両規制に対応した代替交通手段④陸上交通機関による代替交通手段(代替バス、迂回鉄道ルート)の体制が整うまでの繋ぎ的な役割などがある。

こうした役割を、被災時に発生する主な目的別交通流動に対して推定する。目的別交通流動は次の3種類が想定される。



図3 水上バス

①被災直後の帰宅流動

発生は被災直後の短時間に集中する。流動方向は都心部から郊外部の片方向に片寄る。東京都が推計した帰宅困難者は約371万人である⁵⁾。被災直後の水上輸送システムの運航は不可能ではないが相応の事前の対策と幸運が必要である。

②徐々に回復する日常流動(通勤流動など)

通常時の流動パターンと同じだが、量的には通常時よりも少ない。水上輸送システムは陸上交通機関(主として鉄道)の代替となる。

③避難先への流動

被災直後~1週間に発生。流動方向や量の予測が困難。徒歩、自家用車による移動が中心になる。水上輸送システムは陸上交通機関の復旧が進んでいない被災初期の段階における代替交通機関となる。

本調査では②徐々に回復する日常流動および、

③避難先への流動を採り上げる。

3. 災害時徐々に回復する日常交通量の推定

災害時徐々に回復する日常交通量には、通勤・通学・買い物などがあり、大都市交通センサス⁶⁾の鉄道定期券利用者データおよびパーソントリップ調査データを用いて平常時交通量をまず求め、これに被災シナリオの条件の下での推定値に変換して、災害時における徐々に回復する日常交通量を求める。

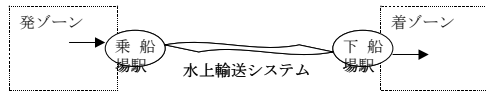
3. 1 平常時通勤通学交通量の推定

3. 1. 1 OD抽出

【通常時の経路】



① 通常時の経路の全部が水上輸送システムに転換
(パターン1)



② 通常時の経路の一部(端部)が水上輸送システムに転換
(パターン2)



③ 通常時の経路の一部(中間)が水上輸送システムに転換
(パターン3)

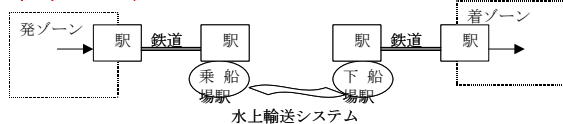


図4 水上輸送システム利用可能なODパターン

水上輸送システムを利用可能な人流の発地と着地(OD)を求める。通常の陸上交通機関から水上輸送システムへと転換するパターンとしては、図4の3通りが考えられる。ここで発ゾーンから乗船場または駅へは2,000m(小名木川域ではRS間距離が短いので1200m)の範囲とした。

乗船場(リバーステーション)は表1に示す24ヶ所である。乗船場と乗り継ぎ可能な鉄道駅は

表2 乗船場と乗り継ぎ可能な鉄道駅

乗船場	乗り継ぎ駅 (距離m)	乗船場	乗り継ぎ駅 (距離m)	乗船場	乗り継ぎ駅 (距離m)
小松川	(東大島) 1200	日の出※	日の出 浜松町 200 700	高橋※	森下 500
平井水上S	(平井) 1100	新川※	八丁堀 700	扇橋閘門	(錦糸町) 1700
堀切※	堀切菖蒲園※ 堀切 700 1000	浜町※	浜町 人形町 100 600	スポーツ会館前	(錦糸町) 1700
新田	(王子神谷) 1600	両国※	両国 400	番所橋※	東大島 300
岩淵※	赤羽岩淵※ 800	吾妻橋※	浅草 200~400 本所吾妻橋 500 800	越中島※	月島 600 門前仲町 700
川口	(川口元郷) 1200	墨田区庁舎前※			越中島 300
戸田	(戸田公園) 2500	桜橋	(曳舟) 1200		
秋ヶ瀬	(西浦和) 2300	千住※	京成関屋 500 牛田 600		
		東尾久	(町屋) 1600		
		荒川遊園	(尾久) 1100		
		神谷※	王子神谷 600		

注) 表中の数字は乗船場から駅までの距離(m)

カッコの付いた駅名は、最寄り駅であるが距離が1000m以上のもの

大都市交通センサスの調査時点である平成12年10月現在に開業していた駅のみ対象

表1 24乗船場(RS)

荒川水系	隅田川水系	小名木川水系
小松川	日の出	高橋
平井水上	新川	扇橋閘門
堀切	浜町	スポーツ会館前
新田	両国	番所橋
岩淵	吾妻橋	
川口	墨田区庁舎前	
戸田	桜橋	(晴海運河)
秋ヶ瀬	千住	越中島
	東尾久	
	荒川遊園	
	神谷	

表2に示すように31ヶ所あり、うち乗船場との距離が1,000m以内は20ヶ所、乗船場は13ヶ所で隅田川系が多い。

3.1.2 OD別利用可能者数

大都市交通センサス調査⁶⁾の鉄道定期券利用者ベースのOD別利用可能者を集計すると、415,516人となった。次に、同じく大都市交通センサス調査のパーソントリップ(PT)データからOD別利用可能者数(鉄道利用、通勤・通学目的)を抽出すると315,927人となった。定期券保有者は必ずしも実際に鉄道を利用してはいないと考えられるので、人数はPTデータを採用して、鉄道定期利用者データのOD別に変換率を乗じて総数を

315,927人にし、鉄道定期利用者データの鉄道利用経路情報を利用することとした。図5に鉄道からの水上輸送システム利用可能者数を示す。パターン1は31%、パターン2は63%、パターン3は6%、合計315,927人となった。

さらに、鉄道以外にバス・自動車からの利用者をPTデータから抽出した。表3のように、合計約36万人となっ

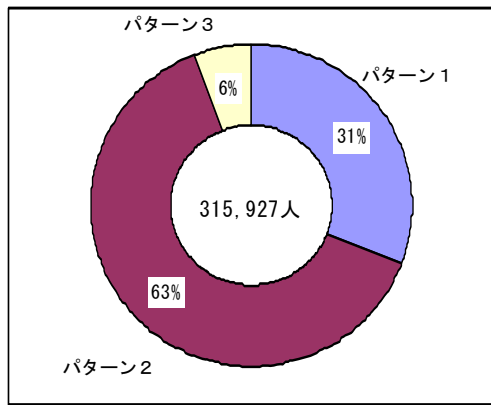


図5 鉄道からのパターン別水上輸送システム利用可能者数

表3 パターン別交通機関別転換可能利用者数

	パターン1	パターン2		パターン3	合計
		乗車側	降車側		
鉄道	97,002	129,584	71,216	18,125	315,927
バス	11,639	-	-	-	11,639
自動車	20,550	12,905	-	-	33,455
合計	129,191	142,489	71,216	18,125	361,021

た。その約9割が鉄道である。この結果を乗船場（RS）別、乗船・下船別に見ると、まず図6のように乗船側は越中島の利用者が5万人を越え最も多い。次いで両国、など7箇所のRSで2万人を越えている。下船側では図7のように日の出、浜町、両国の3箇所が7万人前後の利用者数となっており、他のRSと比較して突出している。さらに、鉄道からの（への）乗り継ぎ利用の有無別に集計した（図8、9）。乗船側では、越中島、両国など都心側のRSで鉄道からの乗り継ぎ利用者が多いのに対して、平井水上や小松川などではRSへの直接アクセス利用が多い。下船側は、乗船側に比較して鉄道への乗り継ぎ利用者は多くなく、下船側の利用者数が多い、日の出、浜町、両国についても利用者の大部分が直接アクセス利用となっている。

RS間ODをみると、隅田川南部の各RS（両国、浜町、越中島）と日の出RS相互、および荒川水系（平井水上、小松川）と両国、浜町RS相互などで水上輸送システムへの転換可能

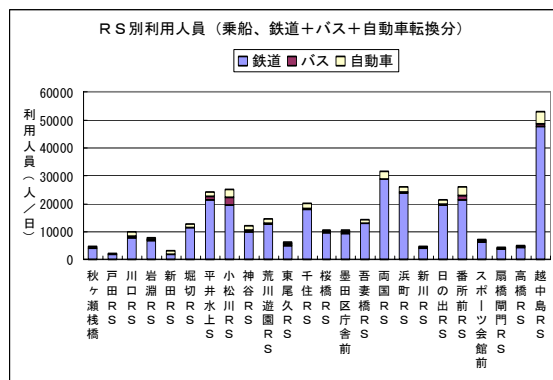


図6 RS別利用可能者数（乗船側）

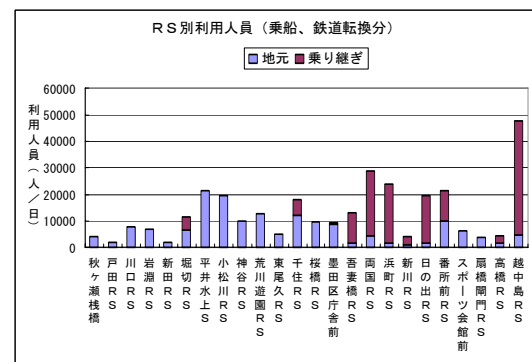


図8 乗継ぎの有無別利用可能者数（乗船側）

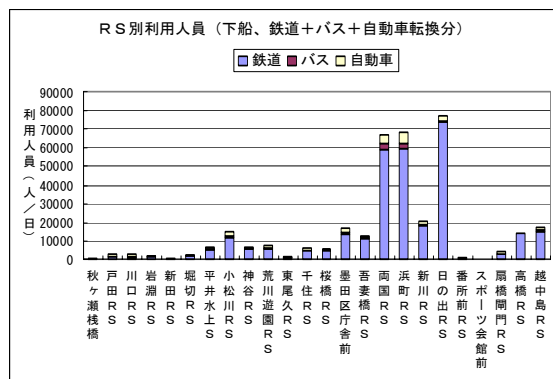


図7 RS別利用可能者数（乗船側）

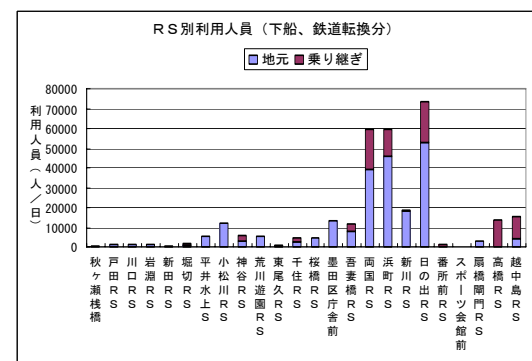


図9 乗継ぎの有無別利用可能者数（下船側）

利用者数が多い。

これらの利用可能ODのパターンをからみて、水上輸送システムが最も有効に活用されるのは、郊外部よりも都心部の交通施設の被害が大きいケースの場合となる。

3. 2 災害時交通量（徐々に回復する日常流動）

被災時においては、通常時よりも交通量が減少すると考えられる。阪神・淡路大震災時においては、被災3日以内に通勤を行った人が54%程度、震災後1ヶ月を経過した時点にける被災地域内の発生交通量が、震災前の7割程度であったとの報告がある。

被災により、鉄道サービス水準は通常時よりも低下すると考えられる。阪神・淡路大震災時では、震災後1ヶ月を経過した時点においても不通区間が存在し、それを代替バスにより連絡していたため、通常時の2～3倍の所要時間が阪神間でかかっていた。

一方、水上輸送システムの平均速度を7.4ノットと仮定しRS間の所要時間を算定し、RSと鉄道駅間の乗り継ぎ時間および上下船時間（10分）を考慮に入れ、鉄道利用との便益の比較において水上輸送システムが選択される選択確率を、運輸政策審議会18号答申で用いられた鉄道経路選択ロジットモデルから求めた。

$$P_i = \frac{e^{V_i}}{\sum_{i=1,k} e^{V_i}}$$

$$V_i = \sum_{j=1,l} \alpha_j \cdot X_{ij}$$

i : 経路

P_i : 経路*i*の選択確率

V_i : 経路*i*を利用したときの効用

α_j : パラメータ

X_{ij} : 経路*i*の*k*番目の特性

特性変数	単位	パラメータ
鉄道乗車時間	分	-0.0943
乗り換え時間	分	-0.112

水上輸送システム選択率は、鉄道サービス水準

（所要時間）の変化により大きく変動し、通常時の平均選択率が約10%であるのに対して、2倍時で約20%、3倍時には約40%となった。

表4 水上輸送システム利用者数の推定

		鉄道所要時間			RS間移動人員
		通常時	2倍	3倍	
通勤・通学流動量	通常時（人）	36,167	77,227	142,092	361,021
	通常70%（人）	25,304	54,047	99,454	252,715
	通常54%（人）	19,495	41,720	76,811	194,951
	水上輸送システム の選択率（%）	10.0	21.4	39.4	

阪神・淡路大震災時の状況を参考にし、標準ケースとして、鉄道時間2倍かつ交通量比率70%ケースの場合における、水上輸送システム利用者数は約54千人/日（通勤・通学目的）と推計する（表4）。このときのRS間のOD表は表5の通りである。

RS間利用者数をみると、「越中島→浜町」6214人、「浜町→日の出」5025人が特に利用者の多いODとなっている。また、両国、浜町、日の出を着地とするODに、利用者数が1000人を超すものが多い。荒川水系では、「堀切→平井」の859人が最大となっている。

4. 避難交通量の推定

避難先への流動（避難流動）は被災直後から1週間に発生すると考えられる。これは避難先によって①最寄避難所、②知人宅等避難所以外、③首都圏から脱出の3つに分けられる。①最寄避難所へは自宅から徒歩移動圏と考えられ、水上輸送システムが関与する余地は少ない。

ここで、避難所以外への避難者の夜間人口⁸⁾に対する比率として、阪神・淡路大震災時における圏域外への転居比率なみの3%を想定する。

また、避難所以外への避難流動における水上輸送システム利用率を、通勤通学における水上輸送システム利用率とほぼ同じと仮定し、これを求めると11%であった。

隅田川・荒川水域における夜間人口は約448万人なので、避難所以外への避難者は約13万人、

表5 水上輸送システムの利用需要標準OD表

RS間利用者数(×0.7、鉄道時間2倍)

	秋ヶ瀬 棧橋	戸田	川口	岩淵	新田	堀切	平井水 上S	小松 川	神谷	荒川 遊園	東尾 久	千住	桜橋	墨田 区庁 舎前	香妻 橋	両国	浜町	新川	日の出	番所 橋	ス ポ ー ツ 会 館 前	扇橋 開門	高橋	越中 島	合計
秋ヶ瀬棧橋	0	3	1	14	0	0	0	0	9	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	29
戸田	0	0	29	11	0	0	1	0	52	1	0	1	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	99
川口	0	93	0	0	0	4	3	4	167	12	4	1	5	3	4	25	6	0	95	0	0	0	0	2	428
岩淵	0	4	0	0	1	4	5	1	164	144	7	29	3	3	3	19	33	4	12	0	0	0	0	3	439
新田	0	0	98	0	0	0	0	0	0	4	0	37	0	3	5	15	31	2	6	0	0	0	0	0	201
堀切	0	0	0	0	3	0	859	196	4	12	0	0	77	228	114	528	694	79	176	8	0	2	5	34	3,019
平井水上S	0	0	0	8	3	227	0	21	16	6	2	146	5	170	128	91	73	9	22	18	0	0	0	4	949
小松川	0	0	2	0	0	55	28	0	2	5	1	12	1	5	6	22	17	12	16	0	0	0	14	4	202
神谷	0	0	56	42	0	0	2	2	0	320	5	62	5	17	30	38	106	22	38	1	0	0	0	5	751
荒川遊園	0	1	4	184	0	20	4	3	245	0	0	76	15	10	28	130	163	15	38	1	0	0	0	8	945
東尾久	0	0	4	0	0	2	3	3	13	0	0	32	2	14	65	65	65	10	17	1	0	0	0	8	304
千住	0	0	3	5	4	0	41	12	25	247	8	0	36	93	731	1,352	1,619	165	429	2	0	0	0	119	4,891
桜橋	0	0	0	1	0	79	1	1	7	30	0	17	0	0	0	462	1,504	267	454	0	0	0	0	41	2,864
墨田区庁舎前	0	0	0	0	0	0	12	2	1	1	0	137	0	0	0	1,518	780	69	232	0	0	1	0	30	2,783
香妻橋	0	0	0	0	0	16	6	0	1	1	0	45	0	0	0	2,250	989	61	155	0	0	0	8	29	3,561
両国	0	0	0	2	0	6	8	2	13	15	1	98	80	2,429	895	0	0	425	1,136	2	0	8	42	71	5,233
浜町	0	0	0	2	0	109	1	1	1	2	0	177	196	292	209	0	0	0	5,025	1	0	0	0	607	6,623
新川	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	8	26	0	183	0	0	1,858	0	0	0	0	0	2,076
日の出	0	0	2	0	0	0	0	1	3	4	0	46	33	41	279	900	2,746	2,090	0	3	0	2	0	358	6,508
番所橋	0	0	1	0	1	14	12	0	1	2	0	16	0	4	7	42	88	67	47	0	0	5	23	6	336
スポーツ会館前	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	43	12	26	26	0	0	133	44	291
扇橋開門	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	7	52	200	32	103	2	0	0	0	287	687
高橋	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	4	3	5	19	152	0	52	187	1	0	0	0	234	659
越中島	0	0	0	1	0	5	1	5	3	3	1	16	7	99	82	688	6,214	0	2,962	0	0	31	51	0	10,169
合計	0	101	200	270	12	542	987	257	727	809	29	954	476	3,444	2,613	8,539	15,375	3,393	13,034	66	0	49	276	1,894	54,047

そのうち水上輸送システム利用者は約 14,600 人と推計される。この利用者数は、1日に発生する量ではなく、被災後1週間程度の間に発生する避難流動の総量となる。したがって、徐々に回復する日常流動に比べて1桁少ない人数である。

5. まとめ

阪神・淡路大震災の経験を基に、関東圏大震災の場合の水上輸送システムの利用需要を推計した。通勤通学流動が最も多く、標準ケースとして約54千人/日と推計された。この人数をRS間のOD表にまとめた。

首都圏が被災した場合の交通流動の変化には不確定な要素が多い。本調査の検討ケースは、様々な状況が考えられる中での1ケースに過ぎないことに留意して用いられるべきものである。

謝辞

本研究は国土交通省技術研究開発委託費（総合政策局）により実施しました。関係各位に深く感謝します。

【参考文献】

- 1) 阪神・淡路大震災調査報告 10 巻 交通施設と農業施設の被害と復旧、(財)土木学会
- 2) 神戸海運管理部調べ
- 3) 「阪神・淡路大震災の実態調査に基づいた震災時の道路交通マネジメントの研究」、財団法人国際交通安全学会、平成10年3月
- 4) 松本・小谷・今井：震災後時におけるマイカーの交通実態に関する一考察、第52回土木学会学術講演会、1997
- 5) 「直下型地震の被害想定に関する調査報告書」、東京都、平成9年8月
- 6) 大都市交通センサス、平成12年度、運輸政策研究機構、<http://www.jterc.or.jp/>
- 7) 運輸政策審議会第18号答申
- 8) 平成12年国勢調査