

交通障害発生を考慮した都市高速道路 における渋滞損失時間推定に関する研究

飛ヶ谷 明人¹・宇野 伸宏²・嶋本 寛³・中村 俊之³・山崎 浩気³

¹学生会員 阪神高速道路株式会社 大阪建設部（〒552-0007 大阪市港区弁天町1-2-1-1900）

E-mail:akito-higatani@hanshin-exp.co.jp

²正会員 京都大学大学院 経営管理研究部（〒615-8540 京都市西京区京都大学桂）

E-mail:uno@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³正会員 京都大学大学院 工学研究科（〒615-8540 京都市西京区京都大学桂）

E-mail:shimamoto@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³正会員 京都大学大学院 工学研究科（〒615-8540 京都市西京区京都大学桂）

E-mail:nakamura@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³正会員 京都大学大学院 工学研究科（〒615-8540 京都市西京区京都大学桂）

E-mail:yamazaki@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

高速道路上の交通管理においては利用者の時間的損失の低減を図り、サービス水準の向上を目指して、従来から様々な交通管理がなされ、交通渋滞の低減につとめてきた。交通管理を行うにあたり交通渋滞など交通状態を把握することが必要であるが、従来はシミュレーションなどの手法によって、分単位の時間的变化を考慮して交通現象解析や予測を行う方法が考案されている。しかしながら、長期的な交通管理計画のための平均的渋滞状況把握や1日、時間単位等のマクロな交通状態の評価については、より簡便なモデルによって交通渋滞程度の推定を行うことが望まれている。そこで、本稿では交通障害事象や交通渋滞記録、交通量データをもとに、ニューラルネットワークを用いて交通障害発生を考慮した渋滞損失時間推定モデルを構築し、推定を行った結果を示す。

Key Words :traffic accidents, traffic congestion, hanshin expressway, neural network

1. はじめに

都市高速道路の担うべき交通機能の一端として利用者の出発地から目的地までの時間的損失の低減が考えられる。利用者は高速道路を用いることによって一般道路を用いるよりも早く目的地に到達することができるが、高速道路上で発生する交通渋滞によって期待する所要時間よりも多くかかってしまう場合もある。利用者の期待所要時間からの時間的損失の低減を図り、利用者へのサービス水準の向上を目指して、従来から高速道路上では様々な交通管理がなされ、交通渋滞の低減につとめてきた。交通渋滞はシミュレーション（例えば¹⁾²⁾）や画像解析（例えば³⁾⁴⁾）などの手法によって、分単位等の時間的变化を考慮した交通現象解析や予測を行う方法が考案されており、得られた結果は適切な交通管理を行う上での基礎的資料となっている。

しかしながら、交通障害に対する迅速な復旧手法の検討や高速道路上の交通安全性能確保のための計画立案を

行うにあたっては日単位、時間単位等といったさらに大きな時間単位の交通渋滞状況把握を行うために、交通状態予測を多数回繰り返し行うことが必要となるため、前述の手法と比較してより簡便なモデルを用いて交通状態予測を行うことが望まれている。近年、目覚ましいITSの発展により、高速道路上の様々なデータ蓄積が容易となってきており、阪神高速道路においても阪神高速DWH（データウェアハウス）が構築され、日々の交通障害事象や渋滞データ、交通量データなど様々なデータが蓄積されつつある⁵⁾。そのような豊富な蓄積データを用いて高速道路上の渋滞パターンを導く手法については従来より研究がなされている。

例えば秋山ら⁶⁾⁷⁾は交通量、大型車交通量、合流比率などをインプットデータとして、渋滞継続時間×最大渋滞量で定義される渋滞量をニューラルネットワークモデルを用いて推定している。さらに重回帰モデルとの比較の上、ニューラルネットワークモデル適合度の比較を行っている。また、堀井ら⁸⁾は東北自動車道上りのトンネル

手前サグ部を例にとり5分前5分間交通量，速度，占有率，車頭時間，車線利用率をインプットデータにニューラルネットワークモデルを用いた速度予測モデルを構築し，モデル適用性について検証している．また，萩原⁹⁾はデータマイニングツールWEKAを用いて過去のカレンダーパターン，交通量などを説明変数とし，GW，正月，お盆などのイベント期間中の渋滞量，渋滞時間，最大渋滞長，発生時刻などを推定するモデルを構築し，データオリエンテッドな予測システムの可能性を検証している．しかしながら，これらの既往研究を含めて交通障害などの突発事象を考慮した渋滞状況の予測に関する研究は多くない．

そこで本稿では，交通障害に対する復旧時間短縮による利用者の時間的損失低減効果の評価に用いることを念頭に置き，高速道路上の渋滞状況指標の1つである，交通量と速度の要素を併せ持つ渋滞損失時間に着目し，交通障害発生を考慮した渋滞損失時間推定を試みる．具体的には，阪神高速道路14号松原線を例にとり，日々の交通渋滞変動状況について考察を加えるとともに，交通量データ，交通障害データと渋滞損失時間の相関関係について整理した上で，比較的簡便なモデルであるニューラルネットワークを用いた渋滞損失時間推定結果について述べる．

2. 本研究で用いるデータ

本稿で用いるデータは2008年10月の阪神高速道路14号松原線上り（環状線に向かう方向）のデータを用いている．分析対象区間とした阪神高速道路14号松原線は広域高速道路である近畿道，阪和道，西名阪道と数多く連結しているとともに，道路線形も比較的厳しく，交通量も多いことから交通障害，交通渋滞も数多く発生しており，交通渋滞程度の変動特性を観察するのに適切であると考え，本稿の分析対象区間とした．

図-1，表-1に分析対象区間である阪神高速道路14号松原線の出入口と管理区間，KPについて示す．

3. 14号松原線上りにおける渋滞損失時間の変動分析

本章では14号松原線上り交通渋滞の曜日・時間帯による変動を示す．本稿で用いている交通渋滞況を表す指標である渋滞損失時間の算定式を以下に示す．

$$\begin{aligned} & \text{5分間渋滞損失時間(分・台)} \\ & = Q \times (l/V - l/V_r) \times 60 \cdots (1) \\ & Q: \text{5分間区間交通量(台)} \end{aligned}$$

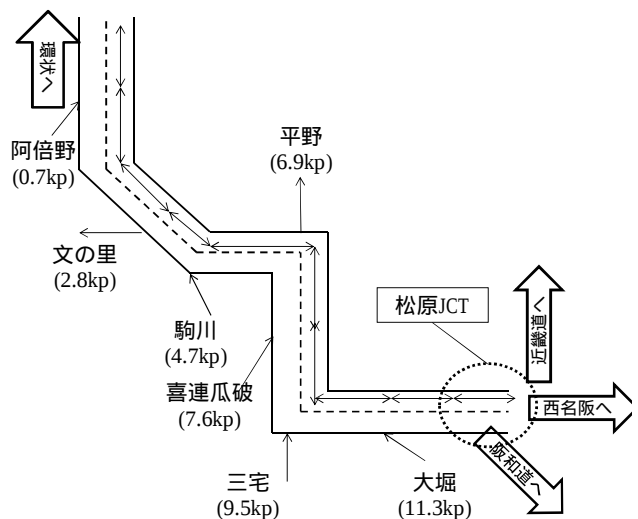


図-1 分析対象区間（14号松原線上り）

表-1 区間番号対応表

区間番号	開始地点	終了地点	開始 kp	終了 kp
	環状合流部	阿部野入	0	0.7
	阿部野入	阿部野	0.7	1.7
	阿部野	文の里	1.7	2.8
	文の里	駒川	2.8	4.7
	駒川	平野	4.7	6.9
	平野	喜連瓜破	6.9	7.6
	喜連瓜破	三宅	7.6	9.5
	三宅	大堀	9.5	11.3
	大堀	阪和道	11.3	11.8
	阪和道	西名阪	11.8	12.1

表-2 曜日による渋滞損失時間の変動（単位：分・台）

	曜日	区間番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合計
10月1日	水	平	4808	13072	14378	13518	55739	12490	22613	36	15	14	136683		
10月2日	木	平	1957	9300	10231	15540	22332	5941	10126	10	2	4	75443		
10月3日	金	平	5446	3125	3437	17342	27874	6371	11403	22	3	5	75028		
10月4日	土	休	0	439	483	191	0	0	0	12	0	1	1126		
10月5日	日	休	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10月6日	月	平	747	0	0	3179	22825	12097	26034	10572	945	2	76401		
10月7日	火	平	97	1	1	2722	11476	66	0	71	6	6	14446		
10月8日	水	平	1191	3	3	3341	10480	241	0	69	6	9	15343		
10月9日	木	平	594	3	3	2927	14851	2717	0	91	9	13	21208		
10月10日	金	平	7167	6792	7471	12472	41019	8790	11778	985	5	5	96484		
10月11日	土	休	2287	3780	4158	1431	2835	789	0	10	4	4	15298		
10月12日	日	休	5645	4113	4526	1319	110785	15121	28471	0	0	0	169980		
10月13日	月	休	0	0	0	1208	119061	15322	4496	1	0	0	140088		
10月14日	火	平	13085	15962	17560	28875	23835	5243	6021	18	5	6	110610		
10月15日	水	平	555	1	1	6147	14129	2452	0	26	11	9	23331		
10月16日	木	平	6179	297	326	9431	26383	6252	9882	115	6	3	58874		
10月17日	金	平	352	1	1	7648	32612	6331	10330	92	7	7	57376		
10月18日	土	休	5805	18699	20569	19492	8934	51	0	0	1	2	73543		
10月19日	日	休	3081	3273	3601	2963	9	0	0	9	0	0	12936		
10月20日	月	平	179	58	65	12772	34382	7033	10734	9	2	2	65237		
10月21日	火	平	6122	11111	12221	13796	28613	6371	6371	55	3	5	84668		
10月22日	水	平	1351	112	123	6185	19013	3123	0	84	7	6	30004		
10月23日	木	平	215	3	3	5306	16696	3207	1125	21	11	14	26601		
10月24日	金	平	11446	11958	13156	16303	39972	9064	15949	53	10	14	117925		
10月25日	土	休	3953	4757	5234	1653	0	7	0	0	0	0	15604		
10月26日	日	休	0	0	0	879	3201	10951	25728	2510	0	0	43269		
10月27日	月	平	9882	12933	14223	13867	19030	4896	8329	30	1	4	83197		
10月28日	火	平	1850	2	2	8175	13866	482	0	10	5	5	24396		
10月29日	水	平	4508	4194	4613	7733	27293	5550	1687	44	21	6	55847		
10月30日	木	平	1236	1	1	7322	13383	411	0	95	3	10	22462		
10月31日	金	平	2854	1	1	3927	13139	1184	0	21	4	6	21137		

V：5分間区間平均速度(km/h)

Vr：規制速度(km/h)

l：対象区間長(km)

なお，本稿で用いる交通量や渋滞損失時間等は全て5分単位で算出された数値を用いて算定している．

(1) 曜日による渋滞損失時間の変動

表-2に10月の各区間における日別渋滞損失時間の変動

を示す．表-2に示す数値は表-1で定義した各区分ごとに、観測された5分間渋滞損失時間を日単位で合計した数値であり、濃色になるにつれて数値が大きくなっている．表-2から観測される傾向として平日において区分（駒川～平野）を中心として大きな渋滞が観測されており、区分～（三宅～西名阪）においてはほとんど渋滞損失時間が観測されていない．また、交通量が少ないため、土日祝日は渋滞損失時間が平日と比較して少ない傾向にあるが、10月12、13日は駒川～平野にかけて終日一車線工事が行われていたため大きな数値が観測されている．

(2) 時間帯による渋滞損失時間の変動

表-3に10月の各区分における時間帯別渋滞損失時間の変動を示す．表-3に示す数値は各区分、時間帯において観測された5分間渋滞損失時間を時間帯毎に合計し、全日平均した数値であり、濃色になるにつれて数値が大きくなっている．傾向として朝ピーク時の7～8時台を中心として区分（駒川～平野）付近で大きく観測されている．夕ピーク時にも渋滞損失時間は観測されているが、朝ピーク時と比較して小さくなく、松原線入りでは朝ピーク時の駒川付近先頭渋滞が卓越している傾向が見られる．

4. 14号松原線入りの渋滞損失時間の変動要因分析

本章では14号松原線入り交通渋滞の変動要因について分析を行った結果を示す．10月の松原線入り区分交通量は、全日平均で区分～までは約4万台/日、区分～は約3.5万台/日、区分～は約3万台/日以下である．入口交通量は西名阪で約1.5万台/日、阪和道で約0.9万台/日、次いで駒川、三宅が約0.6万台/日、その他は0.3万台/日程度である．

(1) 交通渋滞発生時の駒川入口交通量と渋滞損失時間の関係

前章から渋滞損失時間は主に区分（駒川～平野）付近で大きく観測されており、駒川入口交通量が渋滞損失時間の変動に大きく影響している可能性が考えられる．また、表-3から朝ピーク時間帯に偏って観測されていることから、本節では駒川入口交通量と渋滞損失時間の関係性について朝ピーク時を中心に分析する．表-4に10月3日（金）の6時～11時の渋滞損失時間変動状況を示す．表-4に示す数値は、5分単位では渋滞損失時間の変動が大きいいため、15分単位（1タイムステップ）に集計した値を用いている．例えばタイムステップ7:00の数値は7:00、7:05、7:10の5分間渋滞損失時間を合計した数値である．3日は交通障害も発生しておらず駒川入口付近か

ら三宅周辺まで渋滞が延伸している様子が観察されている．図-2に10月中の6時～11時において交通障害が発生していない3日（金）、7（火）、8（水）、17日（金）の駒川入口交通量と渋滞損失時間の関係を示す．横軸に表-4の渋滞損失時間と同様に15分単位に集計した15分前駒川入口交通量、縦軸に15分単位渋滞損失時間（区分～までの合計値）を示している．駒川入口交通量に15分前の数値を用いている理由は、1タイムステップ前の交通量の方が、現時間帯の渋滞損失時間への影響が大き

表-3 時間帯による渋滞状況変動（単位：分・台）

時間帯												合計
0	0	0	0	39	0	0	0	0	0	0	0	39
1	0	0	0	37	5	0	0	4	0	0	0	47
2	0	0	0	11	6	0	0	5	0	0	0	23
3	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	7
4	0	0	0	4	0	0	0	8	0	1	1	13
5	0	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	15
6	0	0	0	8	0	129	181	0	0	0	0	318
7	177	152	167	897	6094	1369	1512	306	25	0	0	10699
8	229	197	217	1007	5769	1391	1808	0	0	0	0	10618
9	186	150	165	457	1980	277	336	0	0	0	0	3550
10	502	730	802	615	1723	527	748	0	0	0	0	5648
11	164	220	242	474	1426	529	926	83	0	0	0	4063
12	220	357	392	413	970	15	0	0	0	0	0	2368
13	46	218	240	700	1216	46	0	0	0	0	0	2467
14	195	347	382	387	1130	90	0	0	0	0	0	2531
15	68	185	203	465	1566	101	0	0	0	0	0	2588
16	76	83	91	367	669	3	0	0	0	0	0	1289
17	295	126	138	930	1174	143	0	0	0	0	0	2805
18	500	625	687	923	400	38	0	0	0	0	0	3174
19	164	119	131	111	0	0	0	0	0	0	0	525
20	0	0	0	43	0	0	0	0	0	0	0	43
21	0	0	0	19	0	0	0	0	0	0	0	19
22	0	0	0	49	0	0	0	6	0	0	0	55
23	0	2	2	31	0	0	0	14	1	0	0	49

表-4 10/3（金）の渋滞損失時間観測状況（単位：分・台）

タイムステップ												合計
6:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6:45	0	0	0	179	764	0	0	0	0	0	0	943
7:00	0	0	0	213	2845	744	0	0	0	0	0	3802
7:15	0	0	0	202	2681	1011	2028	0	0	0	0	5922
7:30	0	0	0	320	2771	881	2334	0	0	0	0	6306
7:45	0	0	0	215	2804	993	2404	0	0	0	0	6416
8:00	0	0	0	347	2336	924	1876	0	0	0	0	5483
8:15	0	0	0	289	2657	904	1791	0	0	0	0	5641
8:30	0	0	0	279	2293	640	970	0	0	0	0	4182
8:45	0	0	0	322	2363	273	0	0	0	0	0	2958
9:00	0	0	0	298	1363	0	0	0	0	0	0	1661
9:15	0	0	0	307	57	0	0	0	0	0	0	364
9:30	0	0	0	333	0	0	0	0	0	0	0	333
9:45	0	0	0	218	0	0	0	0	0	0	0	218
10:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10:45	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

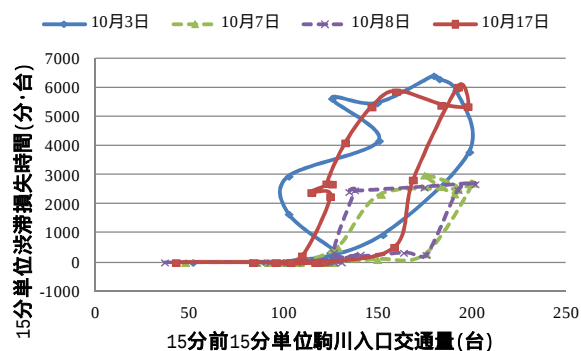


図-2 15分前駒川入口交通量と渋滞損失時間

いと考えたからである．図-2からおよそ15分前駒川入口交通量が約160～180台で渋滞損失時間が観測され始め、渋滞損失時間が3000（分・台）もしくは6000（分・台）付近では15分前駒川入口交通量が減少してもほぼ横ばいとなっており、入口交通量が130台程度になると渋滞損失時間が減少している様子が見て取れる．このことから15分前駒川入口交通量の大小が渋滞損失時間の増減に影響を及ぼしている可能性が示された．

(2) 交通渋滞発生時の喜連瓜破～西名阪合計平均入口交通量と渋滞損失時間の関係

前節では15分前駒川入口交通量と渋滞損失時間の関係について考察を行った．その中で、同程度の15分前駒川入口交通量であるに関らず、渋滞損失時間の最大値が大きく異なっている（約3000（分・台）と約6000（分・台））様子も観察された．そのため本節では、喜連瓜破～西名阪までの流入交通量によって差異が生じている可能性を考え、流入交通量と渋滞損失時間の関係性について分析を行った．図-3に前節と同様に15分単位に集計した15分前喜連瓜破～西名阪合計入口交通量と30分前喜連瓜破～西名阪合計入口交通量の平均値（以下、合計平均交通量）と渋滞損失時間（区間～までの合計値）の関係について示す．西名阪から駒川渋滞ポイントに到達するには15分程度要するため、1タイムステップ前と2タイムステップ前交通量の平均値を用いている．横軸はタイムステップを示しており、折れ線は各日の合計平均交通量、棒グラフは渋滞損失時間を示しており、対象日、タイムステップは図-2と同様である．図-3から、7時台より渋滞損失時間が観測され始める3日、17日の当該タイムステップの合計平均交通量は7日、8日のそれと比較して15分単位で50台程度大きい．また、17日は9時台においても渋滞損失時間が2000（分・台）程度観測されており、その要因として17日の合計平均交通量が他日と比較して大きいことが考えられる．以上から、15分前の喜連瓜破～西名阪合計入口交通量と30分前の喜連瓜破～西名阪合計入口交通量の平均値が渋滞損失時間の増減に影響を及ぼしている可能性が示された．

(3) 交通渋滞中の渋滞損失時間の増減について

前節までに、15分前駒川入口交通量と喜連瓜破～西名阪間の合計平均入口交通量の15分前と30分前の平均値（以下、合計平均交通量）が渋滞損失時間の増減に影響を及ぼしている可能性について考察した．しかしながら、図-2、3から交通量が減少しているにも関わらず、渋滞損失時間が減少していないタイムステップが存在していることが見て取れる．この現象は既往研究¹⁰⁾でも示されているが、ボトルネック部の交通容量は一旦、交通渋滞に陥ると交通容量は低下し、渋滞列が伸びるにしたがっ

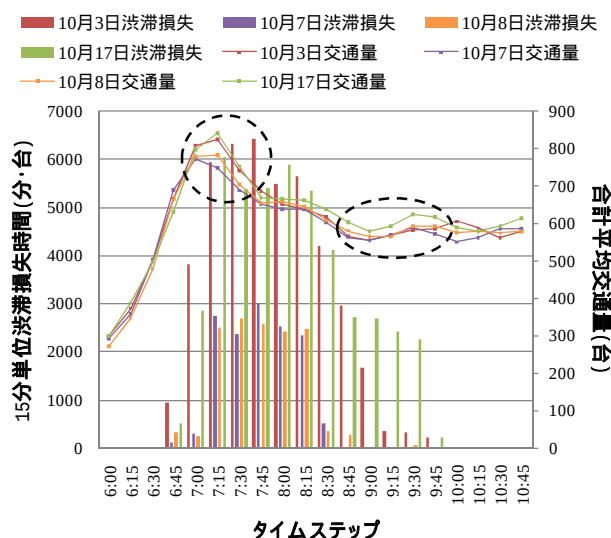


図-3 合計平均交通量と渋滞損失時間

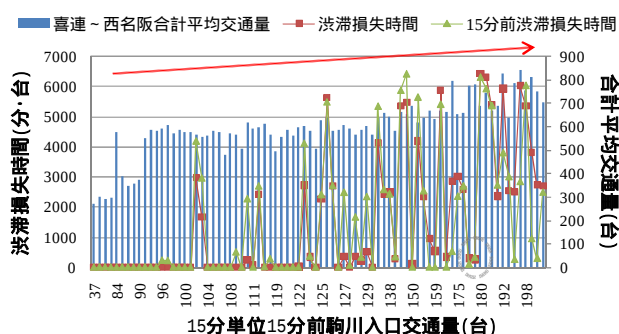


図-4 渋滞損失時間への前時間帯の渋滞損失時間の影響

て更に交通容量（捌け交通量）は低下し、容易に容量回復に至らないといった現象に起因していると考えられる．

図-4に15分前駒川入口交通量と合計平均交通量、15分前渋滞損失時間、当該タイムステップ渋滞損失時間の関係を示す．数値は前節と同様に15分単位に集計した値を用いている．横軸に15分前駒川入口交通量を用いており、折れ線が渋滞損失時間（□印）、1タイムステップ前渋滞損失時間（印）、棒グラフが合計平均交通量を示している．図-4から必ずしも15分前駒川入口交通量、合計平均交通量が大きいほど当該タイムステップ渋滞損失時間が大きくなるわけではないことが見て取れる．例えば図-4の15分前駒川入口交通量が180台程度、合計平均交通量が800台程度あるポイント（点線囲い）についても観測渋滞損失時間は小さい．これは、交通量の増大によって渋滞が発生し、その後の交通容量の低下により渋滞が継続することから、単純に交通量の大小による渋滞損失時間の推定は難しく、15分前渋滞損失時間と当該時間帯の渋滞損失時間に一定の相関が見られることから、前時間帯の交通渋滞状況を考慮して推定を行う必要があることが考えられる．

5. 交通障害発生時の渋滞損失時間の変動分析

前章までは平常時の交通渋滞発生状況と渋滞損失時間の増減に影響を与えている要因について分析した。本章では前章の結果に加え、交通障害が発生した場合の渋滞損失時間の増減について考察を加える。

(1) 14号松原線上市の交通障害発生状況

14号松原線上市で10月に発生した交通障害（工事，事故，故障）について表-5に示す。表-5に示している交通障害は継続時間が15分以上継続している交通障害を対象としており，表中の最大渋滞損失時間は当該交通障害発生時間帯中に観測された最大渋滞損失時間を示している。ハッチング部分は最大渋滞損失時間が1000（分・台）以上観測された交通障害を示している。表-5から交通障害発生地点は概ね6.9kp（平野出口付近）から環状線にかけてであり，発生時刻が6時～19時の間に交通障害が発生すると大きな渋滞損失時間が観測されている。

例えばNo.4，29などの発生地点は阿部野付近であるが，発生時間帯が遅いことや休日であるため交通量が少ないことから渋滞損失時間が観測されていないことが考えられる。また，No.6，28などは発生時間帯は夕ピーク時であるが，発生地点が区間交通量の少ない松原JCT付近であることから渋滞損失時間が観測されていないことが考えられる。またNo.53などの一部を除いて交通障害継続時間が長いほど最大渋滞損失時間が観測されている傾向にある。

(2) 交通障害発生による渋滞損失時間変動

前節では交通障害の発生状況と観測渋滞損失時間から渋滞損失時間に影響のある交通障害事例について分析を行った。本節では前節で列挙した要因（地点，時間帯）以外に渋滞損失時間の増減に影響のある要因について一例を用いて分析する。表-6に駒川入口周辺からの渋滞発生状況の一例であり，比較的渋滞損失時間が大きい表-5中のNo.3の交通障害による渋滞損失時間の観測状況を示す。表-6に記載の交通量と図-2，図-3のグラフから読み取れる交通量を比較すると，15分前駒川入口交通量，合計平均交通量はともに，通常渋滞が発生する交通量と比較して十分に小さいことが見て取れ，渋滞損失時間推定には交通障害の発生を考慮する必要があることがわかる。また，交通障害が発生した14時の時間帯については交通障害継続時間が2分であるため，渋滞損失時間は観測されておらず，推定にあたっては当該時間帯の交通障害の有無のみではなく，交通障害継続時間も考慮する必要があることも見て取れる。また，交通障害が解消された後についても区間（駒川～平野）において大きな渋滞損失時間が観測されており，前章で述べたように前時間帯

の渋滞損失時間を考慮に入れて推定を行う必要があることがわかる。

(3) 交通障害が渋滞損失時間の増減に及ぼす影響評価

本節では前節までの分析結果から，渋滞損失時間に交通障害がどの程度影響を及ぼしているかについて評価を

表-5 交通障害発生状況

No.	発生日時	解除日時	継続時間	種別	障害程度	発生地点 (KP)	最大渋滞損失時間 (分・台)
1	10/1 7:24	10/1 10:06	2:42	緊急工事	1車障害	4.7	9009
2	10/1 13:09	10/1 13:29	0:20	緊急工事	1車障害	0.3	3468
3	10/1 14:13	10/1 15:14	1:01	緊急工事	1車障害	1.2	8015
4	10/1 21:29	10/1 23:12	1:43	緊急工事	1車障害	1.2 - 2.6	0
5	10/2 10:25	10/2 11:36	1:11	緊急工事	半車障害	1.2	7263
6	10/2 18:44	10/2 19:16	0:32	故障	1車障害	11.1	0
7	10/2 21:59	10/3 4:38	6:39	工事	1車障害	9.1 - 10.2	0
8	10/2 22:54	10/3 3:11	4:17	工事	1車障害	2.0 - 2.7	0
9	10/3 12:49	10/3 13:40	0:51	事故	1車障害	2.2	4968
10	10/4 20:14	10/4 22:02	1:48	故障	1車障害	9.1	0
11	10/4 21:54	10/5 0:19	2:25	工事	1車障害	4.5 - 5.5	0
12	10/6 6:09	10/6 7:37	1:28	事故	1車障害	6.5	10388
13	10/6 10:57	10/6 11:38	0:41	事故	1車障害	4.8	3250
14	10/6 21:57	10/7 4:37	6:40	工事	1車障害	9.1 - 10.2	0
15	10/6 23:08	10/7 4:32	5:24	工事	1車障害	6.2 - 7.0	0
16	10/7 21:53	10/8 1:54	4:01	工事	1車障害	9.1 - 10.2	0
17	10/8 22:56	10/8 23:38	0:42	工事	1車障害	7.4 - 7.6	0
18	10/8 23:40	10/9 2:31	2:51	工事	1車障害	9.1 - 10.2	0
19	10/9 10:52	10/9 11:11	0:19	故障	1車障害	1.1	0
20	10/9 21:52	10/10 1:53	4:01	工事	1車障害	9.1 - 10.2	0
21	10/9 22:55	10/10 1:21	2:26	工事	1車障害	4.6 - 5.6	10
22	10/10 1:21	10/10 3:50	2:29	工事	1車障害	4.6 - 5.6	17
23	10/11 8:40	10/11 9:22	0:42	故障	1車障害	7.7	37
24	10/11 10:32	10/11 11:14	0:42	故障	1車障害	5.9	4966
25	10/11 22:49	10/12 1:50	3:01	工事	1車障害	1.7 - 3.2	87
26	10/11 23:06	10/12 2:19	3:13	工事	1車障害	6.2 - 7.0	48
27	10/12 8:56	10/12 16:49	7:53	工事	1車障害	4.6 - 5.6	11535
28	10/12 16:47	10/12 17:53	1:06	故障	1車障害	11.8	0
29	10/12 19:52	10/12 21:05	1:13	緊急工事	1車障害	1.1 - 1.8	0
30	10/12 22:59	10/13 3:23	4:24	工事	1車障害	6.2 - 7.0	0
31	10/13 8:55	10/13 16:53	7:58	工事	1車障害	4.6 - 5.6	8561
32	10/13 23:09	10/14 3:40	4:31	工事	1車障害	6.2 - 7.0	117
33	10/14 23:00	10/15 3:09	4:09	工事	1車障害	6.2 - 7.0	3
34	10/15 23:00	10/16 2:33	3:33	工事	1車障害	10.4 - 11.2	0
35	10/16 22:59	10/17 4:51	5:52	工事	1車障害	9.6 - 10.4	0
36	10/17 14:40	10/17 15:03	0:23	故障	1車障害	10	0
37	10/18 11:54	10/18 13:33	1:39	故障	1車障害	1.7	8178
38	10/18 22:57	10/19 2:07	3:10	工事	1車障害	0.0 - 1.8	0
39	10/18 23:01	10/19 3:59	4:58	工事	1車障害	9.6 - 10.6	0
40	10/20 14:58	10/20 15:27	0:29	故障	1車障害	4	5705
41	10/20 22:59	10/21 1:04	2:05	工事	1車障害	9.7 - 10.2	0
42	10/21 1:14	10/21 3:04	1:50	工事	1車障害	9.7 - 10.2	0
43	10/21 16:24	10/21 17:02	0:38	故障	1車障害	1.3	5688
44	10/21 22:56	10/22 2:37	3:41	工事	1車障害	9.6 - 10.6	0
45	10/21 23:15	10/22 0:15	1:00	工事	1車障害	9.7 - 10.2	0
46	10/22 0:15	10/22 1:27	1:12	工事	1車障害	8.0 - 8.4	0
47	10/22 8:12	10/22 8:54	0:42	故障	1車障害	6.9	4659
48	10/23 17:34	10/23 17:50	0:16	故障	1車障害	6.0 - 8.0	0
49	10/24 16:40	10/24 17:19	0:39	緊急工事	1車障害	5	5270
50	10/25 23:00	10/26 3:07	4:07	工事	1車障害	9.6 - 10.6	0
51	10/25 23:48	10/26 2:11	2:23	工事	1車障害	5.8 - 6.9	10
52	10/26 10:09	10/26 11:56	1:47	事故	1車障害	6.4	6743
53	10/27 18:04	10/27 18:44	0:40	事故	1車障害	0.5	11291
54	10/29 22:54	10/30 1:27	2:33	工事	1車障害	2.8 - 3.3	11
55	10/29 23:01	10/30 4:02	5:01	工事	1車障害	10.2 - 11.2	20
56	10/30 1:27	10/30 3:33	2:06	工事	1車障害	2.8 - 3.3	0
57	10/30 22:26	10/30 22:47	0:21	工事	1車障害	9.0 - 11.0	0
58	10/30 22:48	10/30 23:25	0:37	工事	1車障害	4.0 - 8.0	8
59	10/30 23:25	10/30 23:52	0:27	工事	1車障害	2.8 - 4.0	0
60	10/31 0:02	10/31 1:43	1:41	工事	1車障害	0.0 - 4.0	0
61	10/31 14:30	10/31 14:46	0:16	緊急工事	1車障害	8.5 - 8.7	0
62	10/31 21:08	10/31 21:53	0:45	故障	1車障害	3.3	0

表-6 駒川入口周辺からの渋滞発生状況（表-5，No.3）

タイムステップ	15分前駒川入口交通量	合計平均交通量(台)										合計渋滞損失時間(分・台)	交通障害継続時間(分)
14:00	80	578	0	0	0	8	0	0	0	0	0	8	2
14:15	91	566	0	392	432	0	0	0	0	0	0	824	15
14:30	92	569	0	1924	2117	0	0	0	0	0	0	4041	15
14:45	81	614	0	2070	2277	2262	0	0	0	0	0	6609	15
15:00	104	614	0	1747	1922	2723	1623	0	0	0	0	8015	14
15:15	90	581	0	4	5	1358	3452	407	0	0	0	5226	
15:30	78	598	5	0	0	273	1921	195	0	0	0	2389	
15:45	109	606	5	0	0	260	1005	0	0	0	0	1265	
16:00	81	603	0	0	0	208	0	0	0	0	0	208	
16:15	88	610	31	0	0	79	0	0	0	0	0	110	
16:30	90	629	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

表-7 分散分析結果

主効果	有意確率	二次	有意確率
駒川交通量	0.000	駒川交通量*合計平均交通量	0.000
合計平均交通量	0.000	駒川交通量*前TS渋滞損失	0.000
前TS渋滞損失	0.000	駒川交通量*交通障害継続時間	0.000
交通障害継続時間	0.081	合計平均交通量*前TS渋滞損失	0.000
		合計平均交通量*交通障害継続時間	0.000
TS:タイムステップ		前TS渋滞損失*交通障害継続時間	0.000

行うために、4元配置分散分析を実施した結果を示す。分散分析の従属変数は渋滞損失時間とし、独立変数として、交通障害の有無にかかわらず影響が有と考えられる15分前駒川入口交通量、合計平均交通量を採用した。また、前節の考察を踏まえ、15分前渋滞損失時間、交通障害継続時間も独立変数として用いる。交通障害については表-5中のハッチングしている交通障害を対象とし、環状線から延伸している交通渋滞は対象外とし、本データからは削除している。

分散分析の結果を表-7に示す。表-7中のハッチング部分は1%有意となった要因を示している。主効果のみに着目すると、交通障害以外の独立変数において有意となっている。また、交互作用に着目すると、全ての項で有意となっている。以上の結果から前節までに考察を行ってきた、本分散分析で用いている独立変数について渋滞損失時間を推定する入力変数として適当であることが伺える。次章では本節で用いた独立変数を用いて渋滞損失時間を推定した結果を示す。

6. 交通障害発生時の渋滞損失時間予測

本章では前章までの結果をふまえて交通障害発生時の渋滞損失時間変動を予測する。本稿では予測モデルとして、渋滞損失時間と各要因との関係について今後の発展性を考慮し、離散変数、連続変数をとともに扱え、線形・非線形問わず関係性を記述できるニューラルネットワークモデルを用いる。ニューラルネットワークモデルは人間の脳神経細胞（ニューロン）の情報処理の過程をモデル化したものであり、本稿で用いるニューラルネットワークモデルは入力層、中間層、出力層の3層からなる階層型ニューラルネットワークを用いている。従属変数は前章の分散分析と同じく15分前駒川入口交通量、合計平均交通量、15分前渋滞損失時間、交通障害継続時間を用いている。

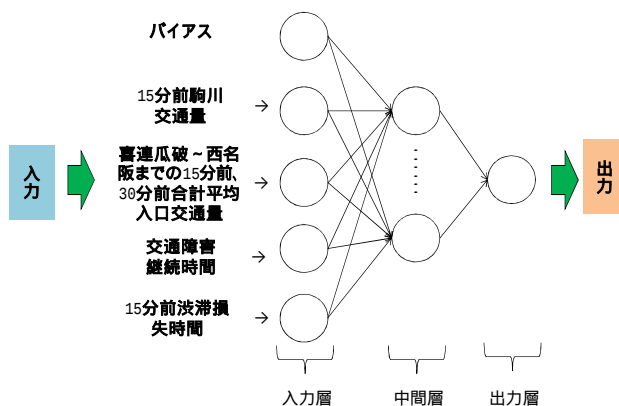


図5 ニューラルネットワークを用いた予測モデルの構造

ニューラルネットワークモデルの構造図を図-5に、15分単位の全タイムステップおよび交通障害が発生したタイムステップのみを抽出した渋滞損失時間の予測結果をそれぞれ図-6(a)、図-6(b)に示す。 R^2 値を見ると、10月全時間帯の予測結果は0.914と高い精度で予測できているが、交通障害発生時間帯のみを抽出した場合、0.703となっており、予測精度は全体の R^2 値ほど高くないが一定の相関は得られている。

続いて、図-7に10月1日の14時台（表-5中No.3、表-6）に発生した1時間程度の緊急工事により発生した交通渋滞を予測した結果を示す。図-6に示した予測値は15分前渋滞損失時間の観測値を入力値として予測している。しかし、本モデルは1章で述べたとおり、交通障害に対する迅速な復旧手法の検討や高速道路路上の交通安全性能確保のための計画立案への適用を念頭においているため、オンラインシミュレーションモデルのように渋滞損失時間観測値を入力値とするのではなく、条件（交通量、交通障害継続時間等）を設定した上での逐次予測が必要となる。そのため図-7では、予測した渋滞損失時間を次の時間帯の入力値とし、交通量、交通障害継続時間は表-6の数値を適用し逐次予測を行った。図-7から各時間帯の予測精度にバラつきはあるが、増減傾向はおおよそ再現できており、渋滞損失時間の予測合計値も観測合計値と比較して約92%と高い精度で予測できていた。また、交通障害が発生しなかった場合も同じく予測してみたところ

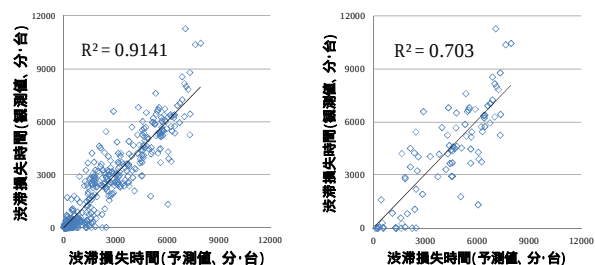


図-6(a) 全タイムステップ

図-6(b) 事故発生タイム
ステップ抽出

図-6 渋滞損失時間予測結果

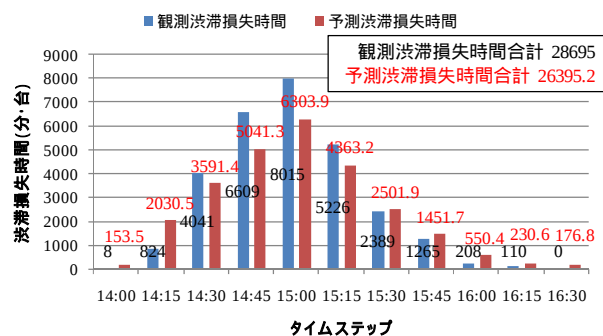


図-7 10月1日渋滞損失時間予測結果
(表-5中No.3、表-6)

る、渋滞は発生しなかった。以上の結果からニューラルネットワークモデルを用いた渋滞損失時間の推定は一定の精度で予測可能であることが示された。

7. まとめ

本稿では、交通シミュレーションモデルと比較して簡便な手法で、交通渋滞変動状況を表す指標の1つである渋滞損失時間の予測可能な方法を提案した。この予測手法は、ニューラルネットワークを活用し、交通障害発生の影響を明示的に考慮した形で、渋滞損失時間を予測できる方法であり、阪神高速道路14号松原線上下を対象として、基礎分析および予測手法の適用計算を行った。以下に得られた知見について示す。

- ・渋滞損失時間に影響を及ぼすのは、15分前駒川入口交通量、15分前喜連瓜破～西名阪合計入口交通量と30分前喜連瓜破～西名阪合計入口交通量の平均値、前タイムステップ渋滞損失時間であることを明らかにした。
- ・渋滞損失時間の変動に及ぼす影響の大きい交通障害について分析を行うとともに、交通障害継続時間が渋滞損失時間に影響を与えていることを明らかにした上で、交通障害の予測モデルへの適用方法について示した。
- ・ニューラルネットワークモデルを用いて各入力変数から交通障害発生時の渋滞損失時間推定を行った。その結果、各入口交通量と交通障害継続時間をインプットデータとして、一定の精度で渋滞損失時間を予測可能であることを示した。

本稿では2008年10月の松原線上下に限定して予測を行っているが、今後は更に期間を延長し、路線数を増やすとともに、環状線から延伸する交通渋滞も加味しながら予測精度の向上について検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 大藤武彦, 大窪剛文: 阪神高速道路交通管制システムへのオンライン交通流シミュレーションの導入, 第24回交通工学研究発表会論文集, Vol.39, No.2, pp27-30, 2004.11
- 2) 奥嶋政嗣, 大窪剛文, 大藤武彦: 都市高速道路における交通管理施策評価のための交通シミュレーターの開発, 土木計画学研究・講演集, Vol.26, CD-ROM, 2002
- 3) 倉内文孝, 宇野伸宏, 飛ヶ谷明人: 都市高速道路合流部における渋滞発生メカニズムに関する画像データ解析, 土木計画学研究・論文集, No.24, pp609-618, 2007
- 4) 飛ヶ谷明人: 画像データを活用した高速道路合流部における交通効率性に関する研究, 京都大学修士論文, 2006
- 5) 田名部淳, 大窪剛文, 松尾武: 交通管制データウェアハウスの構築と今後の展開, 土木計画学研究・講演集, Vol.27, CD-ROM, 2003
- 6) 邵春福, 秋山孝正, 佐佐木綱: ニューラルネットワークによる都市高速道路の交通渋滞量推定, 土木学会年次学術講演会講演概要集 IV 部門, Vol. 46, pp.194-195, 1991
- 7) 秋山孝正, 邵春福: ニューラルネットワークによる交通渋滞量推定について, 土木計画学研究・講演集, Vol.14-1, pp417-424, 1991
- 8) 堀井雅史, 戎屋隆: 高速道路サグ部における渋滞予測モデルの構築, 土木計画学研究・講演集, Vol.27, CD-ROM, 2003
- 9) 萩原武司, 小澤友記子, 北澤俊彦: データオリエンティッドなイベント時渋滞予測モデル分析, 土木学会年次学術講演会講演概要集 IV 部門, Vol. 64, pp5-6, 2009
- 10) 越正毅・桑原雅夫・赤羽弘和: 高速道路のトンネル、サグにおける渋滞現象に関する研究, 土木学会論文集, No458/ -18, pp67-72, 1993

(2013.8.2 受付)

STUDY OF ESTIMATION OF THE CONGESTION INDEX CONSIDERING THE TRAFFIC OBSTACLES IN URBAN EXPRESSWAY

Akito HIGATANI, Nobuhiro UNO, Hiroshi SHIMAMOTO, Toshiyuki NAKAMURA
and Hiroki YAMAZAKI

Several traffic management measures have been taken in the urban expressways in order to reduce the traffic congestion which contributes the reduction of users' time loss. Since it is required to grasp the traffic condition for the sake of effective traffic management, a traffic simulator is widely used to estimate the traffic condition, considering the temporal variation by minutes. However, since the calculation cost for the traffic simulator is expensive, it is required to develop a simpler method to estimate the traffic condition by hours or days for the sake of the long-term traffic manage.

Therefore, this paper proposes the method to estimate the loss time considering the traffic obstacles. The proposed model is based on the neural network model whose input is traffic control data, such as

traffic volume, the traffic congestion and traffic obstacles. Finally, the proposed model was applied to the urban expressway in Japan and we confirmed that the proposed model can predict the loss time well even when the traffic obstacles were occurred..