

交通障害及び道路ネットワーク性能の変動を考慮した
都市高速道路の巡回計画策定に関する研究

2015年

飛ヶ谷 明人

(要旨)

本研究は都市高速道路の一つである阪神高速道路の交通管理巡回計画策定方法論の構築を行った研究である。交通管理巡回の基本となる基本巡回計画はこれまで主として経験を基に策定されてきており、定量的な評価はあまりなされてきていない。そこで、一定時間間隔以内にどのリンクも必ず巡回するという制約条件下で、巡回するリンクの交通障害リスク（本研究で提案）合計値が最大となるような巡回ルートを計算出来る基本巡回計画策定モデルを構築し、基本巡回計画の事前検討を可能とした。

交通管理巡回について事前検討を行うことで、巡回効率性の向上、二次障害の防止及び道路ネットワーク性能低下の抑制を図ることが可能であると思われ、限られた予算及び人的資源を効果的に道路ネットワーク上に配分することは実務においても大きなメリットであり、社会的意義も大きいと思われる。

本研究で提案する「交通障害リスク」は「各リンクにおいて交通障害が発生した際の渋滞損失時間の期待値（交通障害発生確率×交通障害発生による渋滞損失時間の増分）」と定義する。交通障害リスクの大きな区間を重点的に巡回する意味は、一定時間間隔で道路状況に異変が生じていないか監視しながら、交通障害リスクの高い区間をできるかぎり手厚く巡回し、障害発生時に迅速に現場に到着出来る可能性を高めることで、交通障害発生時の影響を抑えることにある。

本論文は全 8 章で構成され、第 1 章～第 3 章は本研究の背景・目的・位置づけ等について整理している。また、第 7 章では第 4 章～第 6 章までの知見を基に、実ネットワークにおける阪神高速道路の基本巡回計画について試算を行っている。第 6 章では仮想ネットワークにおいて一定時間間隔での巡回を制約条件としながら、交通障害リスクを最大化する基本巡回策定モデルの構築を、第 4 章・第 5 章では第 7 章で必要となる阪神高速道路ネットワークの交通障害リスクを算出するための交通障害リスク推定手法を構築している。具体的には第 5 章では交通障害発生時の渋滞損失時間推定モデルを、第 4 章では第 5 章の渋滞損失時間推定モデルのインプットデータとなる交通障害発生時の交通量推定モデルを構築している。また、第 7 章では、交通障害発生シナリオを設定し、現状の巡回班配置で発生する交通障害に対応可能かについてもあわせて検討を行っている。

その結果、第 7 章では本研究で設定した条件で阪神高速大阪管内の基本巡回を行うためには、最低 6 台の巡回班配置が必要であり、本研究で構築した基本巡回策定モデルを用いて巡回ルートを算出した結果、効果的な巡回ルートを算定可能であることを示した。また、交通障害発生シナリオを計 14 ケース設定して、巡回に関して試算し、本研究で設定した前提条件、設定時間内において現状の巡回班数、巡回班配置で対応可能な交通障害発生程度についても示した。加えて、第 4 章、第 5 章では十分に研究がなされてきていなかった交通障害発生時の交通量変動、渋滞損失時間変動について実際の事例を用いて明らかにするとともに、交通障害発生時の渋滞損失時間推定について一定の精度で簡便な推定が可能であることを示している。

以上

目次

1.	序論.....	1
1.1	本研究の背景.....	1
1.2	阪神高速における交通管理の課題.....	2
1.3	本研究の目的.....	2
1.4	本研究の構成.....	3
2.	阪神高速における交通管理と本研究の意義.....	7
2.1	阪神高速における交通管理.....	7
2.2	本研究の実務への適用可能性とその意義.....	11
3.	既往研究の整理と本研究の位置づけ.....	15
3.1	概説.....	15
3.2	交通量変動に関する既往研究.....	15
3.3	道路ネットワーク性能に関する既往研究.....	18
3.4	交通管理巡回計画策定に関する既往研究.....	21
3.5	本研究の位置づけ.....	23
4.	交通障害発生時の交通量推定手法の構築.....	29
4.1	概説.....	29
4.2	阪神高速道路における交通量変動と交通障害発生状況.....	30
4.2.1	阪神高速道路ネットワークにおける交通量変動状況.....	30
4.2.2	阪神高速道路ネットワークにおける交通障害発生状況.....	32
4.3	1号環状線における交通障害発生時の交通量変動分析.....	34
4.3.1	1号環状線における交通量変動.....	34
4.3.2	1号環状線における交通障害発生状況.....	42
4.3.3	1号環状線における交通障害発生時の交通量変動分析.....	46
4.4	14号松原線における交通障害発生時の交通量変動分析.....	58
4.4.1	14号松原線における交通量変動.....	58
4.4.2	14号松原線における交通障害発生状況.....	65
4.4.3	14号松原線における交通障害発生時の交通量変動分析.....	68
4.5	交通障害発生時の交通量推定手法の構築.....	74
4.5.1	ニューラルネットワークモデル.....	74
4.5.2	交通障害発生時の交通量推定.....	76
4.6	結語.....	83
5.	交通障害発生時の渋滞損失時間推定手法の構築.....	85
5.1	概説.....	85
5.2	阪神高速道路における渋滞損失時間変動分析.....	86
5.3	1号環状線における渋滞損失時間変動分析.....	89

5.3.1	1号環状線における渋滞損失時間変動	89
5.3.2	1号環状線における渋滞損失時間変動要因分析	92
5.3.3	1号環状線における交通障害発生時の渋滞損失時間変動	95
5.4	14号松原線における交通障害発生時の渋滞損失時間変動分析	97
5.4.1	14号松原線における渋滞損失時間変動	97
5.4.2	14号松原線における渋滞損失時間変動要因分析	99
5.4.3	14号松原線における交通障害発生時の渋滞損失時間変動	101
5.5	交通障害発生時の渋滞損失時間推定手法の構築	102
5.6	結語	108
6.	仮想ネットワークを用いた基本巡回計画策定モデルの構築	111
6.1	概説	111
6.2	基本巡回計画策定モデルの構築と解法	112
6.2.1	基本巡回計画策定モデル構築における考え方	112
6.2.2	定式化	113
6.2.3	解法	115
6.3	基本巡回計画策定におけるケーススタディ	118
6.3.1	ケース設定	118
6.3.2	ケース設定を変更した基本巡回計画計算結果	119
6.4	想定交通障害発生シナリオを用いた巡回に関する試算	121
6.4.1	ケース設定	121
6.4.2	想定交通障害発生シナリオを用いた巡回に関する試算結果	121
6.5	結語	123
7.	阪神高速道路における基本巡回計画策定と交通障害対応に関する試算	125
7.1	概説	125
7.2	阪神高速道路における交通管理	126
7.3	阪神高速道路ネットワークへの適用のための前提	130
7.4	阪神高速道路における基本巡回計画の評価	135
7.5	交通障害発生シナリオを用いた阪神高速道路の巡回に関する試算	142
7.5.1	実際の交通障害発生事例を基にした交通障害発生シナリオの設定と試算	142
7.5.2	交通障害発生件数と平均処理時間を変化させたシナリオ設定と試算	147
7.5.3	交通障害発生件数と平均処理時間による感度分析	150
7.6	結語	152
8.	結論	155
8.1	本研究での結論	155
8.2	今後の課題	157

1. 序論

1.1 本研究の背景

近年は道路構造物の老朽化に伴い、阪神高速フレッシュアップ工事を始めとした、大規模な通行止めを伴う補修工事が各道路ネットワーク上で実施されており、NEXCO 中日本管内の笹子トンネル内化粧版落下事故など老朽化に伴う大規模な事故なども発生している。加えて、阪神高速道路でも近年減少傾向にあるが、依然として年間 5000~6000 件程度の交通事故が発生している¹⁾。また、高速道路のみならず一般道でも日々交通事故をはじめとした交通障害が発生しており、例えば全国交通事故件数は一時期と比較して減少傾向にはあるが、依然として年間 60 万件を超える交通事故（平成 25 年時点）が発生している²⁾。

こういった交通障害の発生は、障害発生に伴う車線規制や通行止め、それに付随する二次災害や交通渋滞などを引き起こし、道路ネットワーク性能を低下させることが予想される。加えて、近年の社会経済システムはより複雑かつ多様になっており、このような交通障害による道路ネットワーク性能の低下は、社会経済活動に大きな悪影響を及ぼすと考えられる。そのため、道路ネットワーク性能の低下を如何に抑制するか、また如何に迅速に定常状態に回復させるかは、道路ネットワークの交通管理を行うにあたって、重要なファクターであると思われ、阪神高速道路では、基本巡回やビデオカメラによる監視を行い、障害に対して迅速な検知、対応に努めてきている。

道路ネットワークに求められる性能としては、容量性能・定時性能・連結性能などが考えられる³⁾。交通管理を行うにあたっては、定常時と異なる交通障害発生時の交通量変動を踏まえた上で、前述したような交通障害発生時の道路ネットワーク性能の変動について考察し、評価しておく必要があるだろう。近年、高速道路において ITS (Intelligent Transport Systems ; 高度道路交通システム) の一環である、ETC (Electronic Toll Collection ; ノンストップ自動料金收受システム) 搭載車が飛躍的に増加しており、阪神高速道路を例に挙げれば 2014 年で 90% 以上の利用者が ETC を搭載している。そのため従来、利用者アンケート調査などにより実施されてきた高速道路における OD 調査についても、高速道路上のランプ間自動車 OD に限定すれば、日々の時間帯毎におけるランプ間 OD を一定の精度で推定することが技術的に可能となってきている⁴⁾。また、車両検知器によって得られる交通量や地点平均速度についても自動的に観測・記録がおこなわれているとともに、交通障害情報等についても DWH (Data Warehouse)⁵⁾等の整備に伴い、デジタルに記録されていることから、道路交通状況を様々な影響要因データと統合的に処理、分析することによって、時間的・空間的に変動し続ける交通状況を捉える事が可能となってきている。

1.2 阪神高速における交通管理の課題

阪神高速道路では1969年に交通管制システムを導入して以来、システムを活用しながら阪神高速パトロール隊や各府県警察等と協力し、様々な交通障害に対処してきている。阪神高速道路における交通管理の歴史は長く、阪神高速道路上でも年間約5500件程度の交通事故が発生しており、交通障害に対処するノウハウは蓄積されてきていると言える。しかしながら課題もある。

一つは、前述のとおり、交通障害発生時の定常時と異なる交通量変動、及び道路ネットワーク性能変動について定量的に把握されていないことである。交通管理者は各府県警察であり、阪神高速は道路管理者として交通管理をサポートする立場にある。しかしながら、交通障害発生時の規制対応や道路構造物の維持修繕を行うための工事規制や落下物などに適切に対処していくためには、それら交通障害による交通への影響を十分に把握しておく必要がある。ただし、交通への影響の定量化については検討がなされてきていないわけではない。阪神高速道路の交通管制システムにはオンラインリアルタイム交通シミュレーション HEROINE が導入されている⁶⁷⁾。HEROINE ではリアルタイム交通量をオンラインで取得し、交通障害発生時の所要時間予測や渋滞予測など行うことができる。しかしながら、HEROINE に用いられている知見は、少数のアンケート調査や一部路線の結果を全事象に適用しているなど、データの制約から交通障害時の交通量変動に対して十分な知見が得られているとは言い難い。

もう一つは、阪神高速パトロール隊によって定期的に巡回を行う交通管理巡回について、これまで主として経験によって計画されてきており、定量的評価がなされていないことである。確かに、交通管理を行うにあたって経験からもたらされる知見は非常に重要であることは間違いない上、交通障害発生時に迅速に対応するために巡回班を十分に準備しておくことは、道路ネットワーク性能の低下を抑制するといった観点から重要なことである。しかしながら、それら交通障害対応を含めた交通管理巡回について事前に、定量的に評価しておくことによって、さらなる巡回効率性の向上、二次障害の防止及び道路ネットワーク性能低下の抑制が図られる可能性があると考えられる。

1.3 本研究の目的

1.1, 1.2 節での背景や課題から、阪神高速道路において交通障害発生時の交通量変動を把握した上で、交通管理巡回計画を評価することで巡回効率性の向上、道路ネットワーク性能低下を抑制することが可能であると考えられる。また、ITS の発展により、交通障害発生時の交通量変動についても過去と比較してより豊富なデータをもとに考察を行うことが可能となってきた。

そこで、本研究では阪神高速道路ネットワークを対象として、比較的事例が豊富に蓄積されている交通事故や落下物等の日常的な交通障害事例に着目し、交通障害発生を考慮した交通管理巡回計画策定方法論の構築を行う。具体的には、車両検知器データ、ETC デー

タから得られる交通量データ，阪神高速 DWH から得られる交通障害データを用いることによって，道路ネットワーク性能を表す指標の一つである渋滞損失時間に着目し，その変動特性について考察を加えた上で，交通障害発生時の渋滞損失時間推定モデルを構築する。また，交通管理巡回の基本となる基本巡回計画に焦点をあて，巡回間隔に大きな偏りを防ぎつつ，効果的な基本巡回計画の策定について検討を行うことで，阪神高速道路における交通管理の高度化への可能性を探ることを本研究の目的とする。

1.4 本研究の構成

本論文は前述した研究の背景，課題，目的を踏まえて，図-1.4.1 に示す内容で展開する。

第 1 章では本研究の背景と阪神高速における交通管理の課題を踏まえて本研究の目的と論文構成について示した。

第 2 章では阪神高速の交通管理について概説した後，本研究の実務への適用可能性と意義について述べる。

第 3 章では既往の研究について整理を行った後に，本研究の位置づけを述べる。

第 4 章では車両検知器より収集される交通量データ，OD データ，交通障害データなどを用いて平常時および交通障害発生時の交通量変動に関して分析・考察を行うとともに，交通障害発生時の交通量推定モデルの構築を行う。

第 5 章では本研究で対象とする道路ネットワーク性能の一つである渋滞損失時間に着目し，平常時および交通障害発生時の渋滞損失時間変動に関して分析・考察を行うとともに，交通障害発生時の渋滞損失時間推定モデルを構築した結果について示す。

第 6 章では仮想ネットワークを用いて基本巡回計画策定モデルを構築した結果について示す。さらに，交通障害発生時の対応と必要巡回班数や基地配置について想定交通障害は正シナリオを設定して試算した結果について示す。

第 7 章では第 6 章で検討した結果を基に，実ネットワークの阪神高速道路ネットワークに拡張し，基本巡回計画策定及び交通障害対応に関するケーススタディを行う。

第 8 章においては，全体を振り返っての本研究における結論を整理し，今後の継続的な研究における課題を整理する。

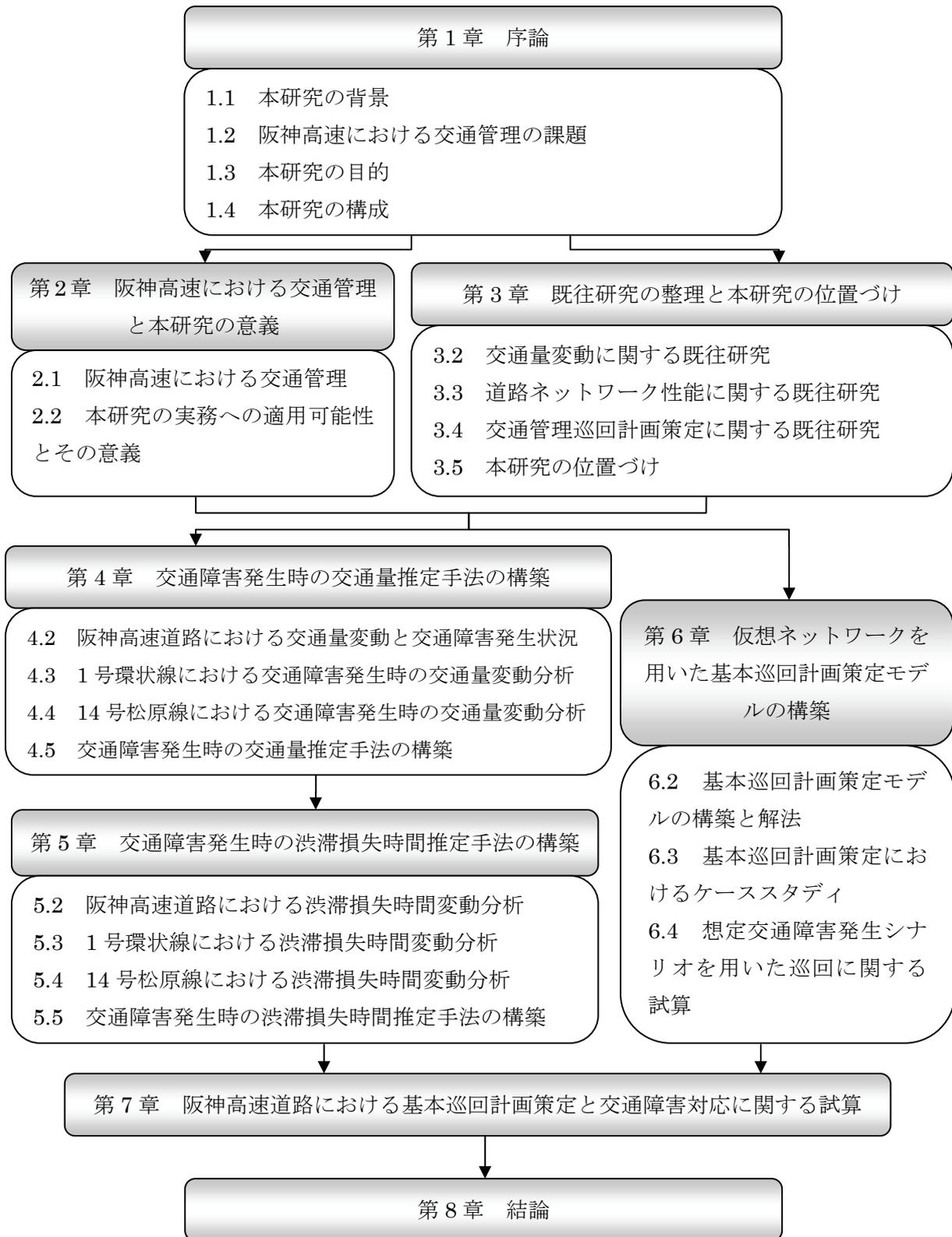


図-1.4.1 本研究のフローチャート

【参考文献】

- 1) 阪神高速道路の交通安全対策第2次アクションプログラム, 阪神高速道路株式会社, 2013
- 2) 警察庁 HP (<http://www.npa.go.jp/toukei/index.htm>) 平成 25 年中の交通事故の発生状況, 2014
- 3) 飯田恭敬著: 交通工学, pp.173-199, オーム社出版, 1992
- 4) 飯田恭敬著: 交通計画のための新パラダイム, 技術書院, 2008
- 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) 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, pp.27-30, 2004
- 7) 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

2. 阪神高速における交通管理と本研究の意義

2.1 阪神高速における交通管理

本章では阪神高速の交通管理の実態について概説し、本研究の実務への適用可能性とその意義について述べる。

1.2 節でも少し述べたが、阪神高速道路では 1969 年に交通管制システムを導入して以来、システムを活用しながら阪神高速パトロール隊や各府県警察等と協力し、様々な交通障害に対処してきており、交通管理業務は主に交通管理マニュアル^{1),2)}に沿って行われている。

交通管理マニュアル（共通編）¹⁾には「交通の阻害要因となる交通事故や故障車、法令違反車両などを早期に発見、排除し、常に安全で円滑な交通を確保すること」が交通管理の目的であるとしている。阪神高速道路(株)は道路管理の代行権限を貸与されているため、

道路法第 42 条第 1 項

「道路管理者は、道路を常時良好な状態に保つように維持し、修繕し、もって一般交通に支障を及ぼさないように努めなければならない。」

に基づき、道路を適切に管理していく必要がある。加えて道路法によって道路管理者には交通管理業務に関して次のように権限（一部抜粋）が与えられている。

道路法第 46 条第 1 項

「道路管理者は、左の各号の一に掲げる場合においては、道路の構造を保全し、又は交通の危険を防止するため、区間を定めて、道路の通行を禁止し、又は制限することができる。

- 一 道路の破損、欠壊その他の事由に因り交通が危険であると認められる場合
- 二 道路に関する工事のためやむを得ないと認められる場合」

道路法第 43 条の二

「道路管理者は、道路を通行している車両の積載物が落下するおそれがある場合において、当該積載物の落下により道路が損傷され、又は当該積載物により道路が汚損される等道路の構造又は交通に支障を及ぼすおそれがあるときは、当該車両を運転している者に対し、当該車両の通行の中止、積載方法の是正その他通行の方法について、道路の構造又は交通に支障が及ぶのを防止するため必要な措置をすることを命ずることができる。」

これらの権限は道路の通行に関し、違法、不正の状態を発見し、その行為を是正させる必要があるときは即座に行使することができる。つまり、阪神高速道路を健全な状態に保つ必要があり、そのために基本巡回やビデオカメラによる監視を行い、必要な場合は適切な処置または予防措置をもってそれらの事象を改善することが求められている。

また、道路保全と交通管理については切り離すことが出来ない事象であり、交通管理者という立場で道路交通法に基づき管理している各府県警察と協力しつつ、高速道路上の円滑な交通を保つ必要がある。例えば、交通事故の処理は警察の専管事項であるが、交通事故処理に伴う現場の交通規制、支障物件の排除、違法通行車両の措置は双方が協力して行うこととなっており、そのほか、交通事故等による走行不能車両をレッカー車等で排除する場合、及び車両故障の援助は阪神高速が行うこととなっている。このように道路保全のみならず、渋滞削減も考慮に入れながら柔軟に阪神高速を管理していく必要がある。

交通管理者である各府県警察の役割を踏まえ、阪神高速道路上での阪神高速パトロール隊（交通管理隊）の仕事として、交通管理マニュアル（巡回業務編）²⁾には以下の6つが挙げられている。

- ① 巡回車で定期的に又は臨時に道路を巡回し、交通事故、故障車、落下物その他の異常事態（以下「交通事故等」という。）を発見した場合、指令台に通報し必要な応急措置を講ずること
- ② 交通事故等が発生、又は発生すると予想される場合、交通規制又は交通整理業務を行なうこと
- ③ 交通事故等による走行不能車両を非常駐車帯等通行に支障のない場所に排除すること
- ④ 事故車等の積載物、燃料等が道路及び路下に散乱し、又は流出した場合、これらを非常駐車帯等通行に支障のない場所に片付ける等必要な措置を講ずること
- ⑤ 騒音防止地区（堺線、守口線、森小路線、松原線、池田線延伸分岐～神田）における指定通行区分（23:00～6:00）の指導、警告業務
- ⑥ その他、阪神高速が指示する事項を実施するほか、前各号に付随する業務

前述の理由から基本巡回は阪神高速道路の交通管理において必要不可欠な行為であり、その役割は交通障害事象の発見・応急処置、交通障害に発展する前の予防行為が主となっている。これらの役割を果たすために阪神高速では基本巡回計画について定め、巡回を行っている。計画はこれまで主として経験で定められており、定量的な評価は今まであまりなされてきていないことについては、前章で少し触れたとおりであり、基本巡回計画を含めた交通管理巡回について、事前に、定量的に評価しておくことによって、さらなる巡回効率性の向上、二次障害の防止及び道路ネットワーク性能低下の抑制が図られる可能性があると考えられる。

参考として2008年における大阪管内の基本巡回計画について図-2.1.1、図-2.1.2に示す。基地は四ツ橋、天保山、伊丹の3カ所に設置されており、四ツ橋に4台、天保山に2台、伊丹に1台の計7台で大阪管内を巡回している。

基本巡回計画 (四ツ橋交通管理課)

勤務時間	09:00	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
勤務時間	09:00																									
	17:00																									
	17:30																									
	09:30																									
定期巡回	① 守口・森小路	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	② 東大阪・神戸	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	③ 守口・森小路・空港	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	④ 守口・森小路・松原	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑤ 守口・森小路・西大阪	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑥ 守口・森小路・東大阪	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑦ 守口・森小路・池田	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑧ 守口・森小路・堺	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑨ 守口・森小路・西大阪	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑩ 守口・森小路・東大阪	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑪ 守口・森小路・池田	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑫ 守口・森小路・堺	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑬ 守口・森小路・西大阪	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑭ 守口・森小路・東大阪	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑮ 守口・森小路・池田	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑯ 守口・森小路・堺	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑰ 守口・森小路・西大阪	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑱ 守口・森小路・東大阪	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30
	⑳ 守口・森小路	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30	11:30	13:30	15:30	17:30	19:30	21:30	23:30	01:30	03:30	05:30	07:30	09:30

図-2.1.1 平成20年度基本巡回計画(大阪管内, 四ツ橋基地)

2.2 本研究の実務への適用可能性とその意義

前節では阪神高速道路の交通管理の実態について述べ、交通管理の必要性について触れた。本節ではそれらを踏まえた本研究の意義について述べる。

前節で述べたとおり、阪神高速は道路法に基づき道路管理者としての権限を行使することが認められており、ビデオカメラ等で監視するのみならず、基本巡回計画を策定し、巡回を行う必要がある。定期巡回の意義として、通報やビデオカメラによる監視では発見できない交通障害事例についてのフォロー、または交通障害に発展する可能性のある事象への予防措置がある。つまり、基本巡回をせず交通障害対応のみを行うことはできず、道路状況を監視するという視点で一定時間間隔内での巡回を行いながら、交通障害へ対応することが必要である。また、各府県警察との役割分担を考慮した上で、阪神高速道路上の円滑な交通の保持も併せて求められている。

本研究の意義

本研究では、従来より経験をもとに策定されてきた基本巡回計画について、事前検討を可能にすることを目的としている。基本巡回計画について事前検討を行うことで、巡回効率性の向上、二次障害の防止及び道路ネットワーク性能低下の抑制を図ることが可能であると思われ、限られた予算及び人的資源を効果的に道路ネットワーク上に配分することは実務においても大きなメリットであり、社会的意義も大きいと思われる。

本研究の巡回計画策定の考え方

本研究で用いる指標として「交通障害リスク」を提案する。交通障害リスクとは「各リンクにおいて交通障害が発生した際の渋滞損失時間の期待値（交通障害発生確率×交通障害発生による渋滞損失時間の増分）」と本研究では定義する。

本研究で策定する巡回計画は、一定時間間隔以内にどのリンクも必ず巡回するという制約条件下で、巡回班が巡回するルートの「交通障害リスク」合計値が最大となるように巡回ルートを決定する。つまり、事前に道路ネットワーク上に設定した交通障害リスクの大きな区間を重点的に巡回しつつ、一定時間間隔以内には全てのリンクを巡回する巡回ルートを算出する。

交通障害リスクの大きな区間を重点的に巡回する意味は、一定時間間隔で道路状況に異変が生じていないか監視しながら、交通障害リスクの高い道路区間をできるかぎり手厚く巡回し、障害発生時に迅速に現場に到着出来る可能性を高めることで、交通障害発生時の影響を抑えることにある。

本研究の全体像

本研究の全体像を図-2.2.1に示す。第7章では第4章～第6章までの知見を基に、実ネットワークにおける阪神高速道路の基本巡回計画について試算を行っている。第6章では

仮想ネットワークにおいて一定時間間隔での巡回を制約条件としながら、交通障害リスクを最大化するように巡回する問題を解いている。第7章で必要となる阪神高速道路ネットワークの交通障害リスクを算出するために、第4章、第5章では阪神高速道路における交通障害リスク推定手法を構築している。第5章では交通障害発生時の渋滞損失時間推定モデルを、第4章では第5章の渋滞損失時間推定モデルのインプットデータとなる交通障害発生時の交通量推定モデルを構築している。

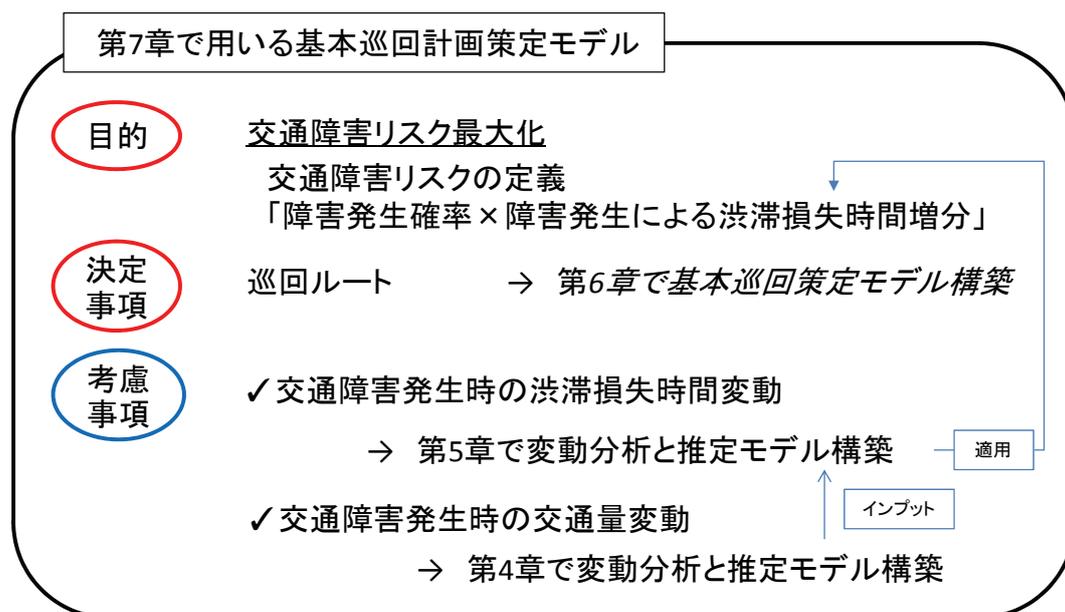


図-2.2.1 本研究の全体像

本研究で用いる手法の適用可能性と限界

一方、基本巡回計画を事前検討するにあたって、交通障害発生への対応を無視することは出来ない。そのため、本研究では交通障害発生シナリオを設定し、現状の巡回班配置で発生する交通障害に対応可能かについてあわせて検討を行う。

交通障害発生シナリオ設定の前提として、交通障害発生は事故・故障発生原因者による通報、大きな落下物については通報もしくは交通管制センターでのビデオカメラ画像によって確認されるといったケースが多いため、本研究ではシナリオの交通障害発生時刻は交通管制センターが発生を把握した時刻とし、全ての交通障害は発生と同時に管制員が把握し、巡回班が迅速に交通障害対応に向かい、処理を行うものとする。

また、交通障害が発生し、巡回班が処理を終えた後の基本巡回について、基本巡回計画策定モデルを用いて再計算を行い、最適なルートを巡回することとしている。これは予め算定した巡回計画に基づき巡回し、交通障害対応を行った後のオペレーションを決定することが出来ないため、上記設定としている。

一つ目の前提について、多くないとはいえ、巡回中に発見する交通障害もあるため、全

での交通障害事例を網羅しているわけではないが、巡回中に発見するのであれば本研究の基本巡回の交通障害対応可否の検討には大きく影響しないと考え、上記設定としている。

二つ目の設定について、現場の状況を勘案するに、障害発生の度に交通管制員が逐一計算をし直し、全ての巡回班に伝達することは逆に混乱を招きかねず、実際は困難かと思われるが、本研究で目的としている設定した交通障害シナリオに対して、最低限必要な巡回班配置を検討するという観点からは適用可能な設定と考え、上記設定とした。

【参考文献】

- 1) 交通管理マニュアル（共通編），阪神高速道路株式会社，平成 22 年 6 月
- 2) 交通管理マニュアル（巡回業務編），阪神高速道路株式会社，平成 22 年 6 月

3. 既往研究の整理と本研究の位置づけ

3.1 概説

本研究のキーワードとして「交通障害」、「道路ネットワーク性能」、「交通管理巡回」の3つが挙げられる。まず、道路ネットワーク性能については前述した通り、容量性能・定時性能・連結性能などが考えられる¹⁾²⁾。その中で、本研究では道路ネットワーク性能として、定時性能を示す指標の一つである渋滞損失時間を用いる。本指標を用いるに至った理由については「3.3 道路ネットワーク性能に関する既往研究」で詳述する。また、交通障害発生によって渋滞を引き起こす主な要因は交通量であることは疑う余地がない。そのため、渋滞損失時間に関する既往研究を整理するにあたって交通量の変動に関する既往研究についても「3.2 交通量変動に関する既往研究」で整理する。加えて3つ目のキーワードである「交通管理巡回」について、様々な交通障害に対して巡回や復旧方法について過去から検討されている事例を「3.4 交通管理巡回計画策定に関する既往研究」で整理する。最後に、前述の内容を踏まえた上で「3.5 本研究の位置づけ」で本研究の特徴と位置づけについて述べる。

3.2 交通量変動に関する既往研究

「交通量」は交通管理方策を検討するにあたって最も基礎的な情報である。従来から高速道路及び一般道路を含めた道路交通センサス調査などから得られる断面交通量や、高速道路では車両検知器から得られる入口・出口・区間交通量など様々な情報が蓄積されている。それらのデータを用いて古くから交通量変動に関して数多くの研究がなされている。

まず「変動」という言葉の定義について、北村³⁾は交通量の「変動」を「確率過程的な交通現象の移ろい」と述べている。また、交通量変動について周期的変動と不規則変動が存在するとした上で、既往研究について整理しており、交通現象の変動解析に関する重要性について触れている。周期的変動とは月や週、曜日、時間（時刻）などによる周期的な交通量変動を指し、不規則変動については天候、工事、事故などの不規則に、確率的に生じるものによる交通量変動としている。

周期的交通量変動に関しては、1966年に池之上⁴⁾が月変動（季節変動）、曜日変動、時間変動（24時間）の3つの周期的変動に着目して研究を行っている。月変動について変動の有無について分類し、月変動が認められる場合には、一般道と観光道に分類して分析を行っている。曜日変動については、休日交通量の多いU字型、平日の交通量が多い逆U字型、曜日変動が少ない一様変動型に分類して分析している。時間変動については、常時観測データを分析した結果から午前と午後の2つのピークがあり、12～13時に谷があることや都市部および幹線道路では、ピークの山は平らであり、通過交通量が多い場合には、昼夜の増減が緩やかであると報告している。

飯田ら⁵⁾は北陸自動車道と中国自動車道の1年分のインターチェンジ流出入日交通量を

対象として、周期的変動である月変動、週変動、曜日変動に関して分析を行っている。その中で、純粋にランダムな「不規則変動」が最も大きな分散成分で、不規則変動の全変動に対する寄与率は 35～45%程度であるとともに、曜日変動や、月一週の交互作用が大きな分散要素であることを報告している。

小坂ら⁶⁾は首都高速道路の 17 年分の平日交通量を用いて分析を行っている。得られた知見として、首都高速と幹線道路の月変動・週変動・曜日変動には大きな差はなく、曜日変動に関しては金曜日の交通量が他の曜日よりも交通量が多いこと、周期的な変動による交通量変動は 3, 4 割程度で、残りの 7, 6 割程度は偶然変動によるものであり、不規則変動の全変動に対する割合は過半数を超えることなどを報告している。

海外の事例では、例えば **Bonsall et al**⁷⁾はイギリスの放射道路を例にとり、通勤交通について分析を行っている。ピーク時の交通量変動は 5～10%程度であるが、15 分毎の交通量変動が 30%を超えることは稀ではないと述べている。また、**Gunawadana**ら⁸⁾は方向別ピーク交通量を日平均交通量と路線係数、朝夕ピーク時係数、ピーク時方向係数の積と定義している。彼らは方向別ピーク交通量を様々なケースで計算し分散分析を行い、年、季節、月、週の変動要因について分析している。その中で朝夕ピーク係数は土曜日、日曜日の朝に大きくなる傾向があり、一方ピーク時方向係数は平日に大きくなる傾向があると述べている。**Hill**ら⁹⁾は米国における都市の交通統計を比較することで交通変動特性について要約している。彼らは午前 7～8 時の交通量が午前中で最も多く、日交通量の 6.5%～9.5%程度を占めており、さらに、午後 4～5 時の交通量が一日で最も多く、日交通量の 9.1%～10.8%程度占めていると報告している。加えて、都市規模が小さくなるほどピーク時の交通集中度が増大するとも報告している。

不規則変動の一要因である天候の影響に関して、中村ら¹⁰⁾は、東京都心数箇所の常時観測データ 5 年分について、時間交通量の変動分析を行い、降雨の影響は統計的には見られないと報告している。また、井上ら¹¹⁾は本四連絡橋の日交通量を分析し、降雨があった日は交通量が減少し、降雨の翌日には交通量が増加すると報告している。

また、従来のデータや調査では正確な OD を得ることは困難ではあったが、AVI（自動車両認識装置）や起終点調査結果、OD 推定モデルなどを用いて限られたデータから OD について分析している研究も少なからず存在する。

村上ら¹²⁾は、首都高速道路の車両検知機データから得た 3 ヶ月間のランプ流入出交通量と、起終点調査から得られた OD パターンを用いて時系列 OD 表を作成し、OD 変動交通量をランプ間特性、曜日等と関連づけて考察している。その結果、ランプ交通量の日変動は数%であり、約 8 割の OD 交通量は平均に対して 2 割程度の変動範囲内におさまっていたこと、曜日では月・金の方が火・水・木よりも変動が大きいこと、首都高速外から流入する OD 交通量変動が大きいことを報告している。

名古屋高速道路の事例として、松葉ら¹³⁾は名古屋高速道路での AVI 設置区間における OD 交通量の時間変動及び交通情報が OD 交通量に与える影響について報告している。その中

で、楠料金所を通過する車両のうち、大高出口で高速を降りる通過交通の早朝の OD 比率は 70%近くあるが、通勤時間帯では 20~30%まで急激に落ち込み、通勤時間帯後は 40%近くまで増加すると報告されており、OD 比率は一日の間で変動することを示している。

阪神高速道路の事例として、金ら¹⁴⁾は阪神高速道路 3 号神戸線において 1 年間にわたる動的経路交通量を推定し、推定された交通量を用いて時間帯、曜日、季節、天気、商習慣などを考慮した交通需要変動分析を行い、「経路交通量は曜日によって顕著な差があり、目的地選択確率も曜日によって異なる傾向がある」、「時期（四半期）による経路交通量は、顕著に異なるパターンを示しており、OD によって増加や減少する時期は異なっている」と報告している。

一方で、ETC サービスが高速道路料金の新たな支払い手段として開始され、その後の利用率増加に伴い、高速道路内のみではあるものの、ランプ間の OD 交通量データを取得し、それを統計的に解析することが可能となってきている²⁾。

西内ら¹⁵⁾は、首都高速道路の ETC データを拡大した 30 分ランプ間 OD 交通量データを用いて、首都高速道路 4 号新宿線上り方向を起点とする OD 交通量の時間的・空間的な相関性について分析し、出口の路線が同一な OD ペア同士において高い相関性があることなどを確認している。さらに、ランプ間 OD 交通量データが独立に発生しているかを分析し、OD 交通量の変動特性についても考察を行っている¹⁶⁾。その結果「一部を除いて独立とは言えず、ある日のある時間帯の OD 交通量の水準は日によって大きく異なっている」、「OD ペアの入口・出口の立地条件により OD 交通量の変動特性に違いがあり、特に、首都高速道路外から流入しその直後の出口で流出する OD ペアについては、日による変動、ある時間内の変動がともに大きい」と報告している。

また、金ら¹⁷⁾は阪神高速道路の ETC データから推定した時間帯別 OD 交通量を用いて OD 交通量変動について分析を行っている。その中で、日交通量変動は路線によってそれぞれの特徴があり、同じ路線でも季節によって交通量が大きく変動するが、一部路線を除いては、年単位による大きな変動がないと報告している。

前述した既往研究成果から、交通量変動を考察する上で不規則変動の占める割合は相当程度あり、その不確実性について考察を行うことは極めて重要であると思われる。また、入口交通量のみならず、それらを構成する OD 交通量は入口交通量変動特性と異なる特性を持つことが確認されており、OD 交通量を考慮して分析することもあわせて必要であると考えられる。

しかしながら、OD 交通量は一般道路のみならず高速道路上においてもデータの取得が難しく、OD 交通量の変動特性を踏まえた入口交通量の変動特性について、十分な知見が得られているとは言い難い。

3.3 道路ネットワーク性能に関する既往研究

「道路ネットワーク性能」は過去からサービス水準や交通パフォーマンス指標、事業管理・評価指標などに代表されるように、様々な指標によって定義されてきており、時代や対象道路、定義する人によって変化するため、確固たる定義は今のところ存在しない。本研究では都市高速道路かつ交通障害を考慮した日常管理を対象として議論を展開するため、事業管理・評価指標については除外し、サービス水準や交通パフォーマンス指標のような交通運用面の管理指標に重点を置いて既往研究を整理する。

運用管理指標として最も馴染みのある言葉の一つが「サービス水準」であろう。米国では米国交通学会（TRB）が出版する Highway Capacity Manual（HCM）¹⁸⁾にサービス水準（Level Of Service）の考え方がまとめられている。HCMは我が国では「道路の交通容量」¹⁹⁾というタイトルで翻訳出版されている。HCMにおける高速道路のサービス水準定義は、交通量レベルと平均交通密度レベルから自由流状態 A ランク～渋滞流状態 F ランクまでの 6 段階の評価を区間ごとに与えるものである²⁰⁾。また、ドイツではドイツ版 HCM ともいわれる「道路交通施設評価ハンドブック」（HBS）が出版されており、HCMと同様に A～F の 6 段階でサービス水準を評価することとされている²¹⁾。

対して我が国ではこれまで、計画・設計段階では計画水準が、運用段階では混雑度が道路のサービス水準に相当する代表的な指標として使用されている。計画水準は主に交通量調査で得られる年間 30 番目交通量を用いて表される。また、混雑度は「1 日あるいは昼間 12 時間の評価基準となる交通量（評価基準交通量）に対する、実際に通過した交通量の比」と定義されている²²⁾。また、高速道路上では混雑度に対応した指標として渋滞量といった指標を用いて表されることもある²³⁾。渋滞量とは「渋滞している距離×渋滞している時間」で定義される。

しかし、計画水準の問題点として計画対象年におけるサービスの質を表現しており、実際の運用状態を表現するものではないことが挙げられる。また、混雑度や渋滞量といった指標は道路管理者が道路の運用状態を知るのには適しているが、道路利用者の視点から見た場合には、利用者の所要時間感覚と必ずしも一致しているとは言えず、渋滞中速度も考慮されていないなどの問題点もあった。そのような問題点を解消する一指標として、交通量、速度の両側面を考慮した渋滞損失時間が提案されている²⁴⁾。渋滞損失時間は以下の式で表される。

$$\begin{aligned} \text{渋滞損失時間 (分・台)} &= Q \times (1/V - 1/V_r) \times 60 \\ Q &: \text{区間交通量(台)} \quad V: \text{区間平均速度(km/h)} \\ V_r &: \text{基準速度(km/h)} \quad l: \text{対象区間長(km)} \end{aligned}$$

その他の指標として、過去から道路ネットワーク容量に関するサービス水準指標についても研究がなされてきており、その中でも飯田²⁵⁾によって定義された「道路網容量」がある。飯田は西村²⁶⁾による容量値から見たミニマムカットセットで得られる最大容量、三好・山村²⁷⁾による絶対最大容量の問題点を指摘した上で、交通量がある配分原則にしたがって流

れるとし、「交通渋滞に遭遇することのない比較的円滑な走行が可能な経路が存在する最大総トリップ数」を道路網の最大容量と定義している。

同じく道路ネットワーク容量の一指標として「極限道路網容量」^{28) 29)}といった指標も提案されている。梶谷らは道路網容量²⁸⁾について、震災時の効率的運用面から道路網容量だけでなく、さらに交通容量に達していないリンクを通過して走行可能な OD 交通についても考えるべきとし、極限道路網容量を「道路網を構成する各リンクの交通量が交通容量に達した状態であるとともに、既存道路網の交通処理能力の面からすべての OD 交通が上限に達したときの道路網容量」と定義している。近年では能島ら³⁰⁾が修正分割配分法を用いた極限道路網容量の算定方法を提案している。

加えて近年、提唱されている指標としては信頼性指標がある。飯田³¹⁾は、従来、所要時間や混雑度などの平均値あるいは確定値で評価してきたが、交通現象変動を考慮した余裕所要時間や遅延リスクを明示的に取り扱うには、確率値や統計値を用いることが適しているとし、交通ネットワーク信頼性理論の適用を提唱している。その中で、交通現象の本質は変動であり、交通需要と施設容量の両面で変動しているため交通移動の遅延をもたらしており、所要時間信頼性と連結信頼性の考え方の適用によって交通サービス改善の効率性向上出来るとしている。所要時間信頼性は走行安定性を表すサービス水準であると言え、連結信頼性についてはネットワークの連結性能を示す指標であるといえる。

所要時間信頼性に関する指標については、筆者ら・岩里ら^{32)~38)}が阪神高速道路における時間信頼性の検討に取り組んでおり、信頼性指標に関する統計的分析^{32)~34)}、インシデント時(突発事象)における分析³⁵⁾、利用者アンケート調査³⁶⁾、サービス水準への適用検討³⁷⁾³⁸⁾などを行い、新たな情報提供として外部発信も行っている。また、連結信頼性は、「ネットワークの構成要素がある確率を持って途絶する場合、あるノードペア間が連結されている確率」と定義される³⁹⁾。倉内ら⁴⁰⁾はノードペア間の非重複経路を調べ上げ、多くのノードペア間で接続性を低下させるリンクをクリティカルリンクとして抽出することで接続脆弱性について評価している。また、瀬戸ら⁴¹⁾は接続先の重要度を考慮してアクセスビリティ指標と非重複経路によるネットワークの脆弱性評価を統合したネットワーク評価法について提案している。

前述した既往研究を整理すると、道路ネットワーク性能を評価する指標として「速達性」を考慮した渋滞損失時間や「信頼性」を考慮した所要時間信頼性指標、「容量性能」や「脆弱性」を表現した道路網容量や連結信頼性指標が挙げられる。本研究では 1 章で述べたとおり、日常的な交通障害に焦点を当て研究を行うため、災害時や道路の途絶を想定した道路網容量や連結信頼性指標については少し異なった色合いを持っている。また、所要時間信頼性指標は特定のノード間の信頼性評価を行うには適しているが、広域道路ネットワーク全体の性能を評価するといった目的にはあまり適していない。そのため、本研究では最も基礎的な情報である速度、交通量の 2 側面を併せ持つ渋滞損失時間を本研究の道路ネットワーク性能評価指標として採用する。本研究での目的は交通障害による渋滞発生を出来

るだけ抑える効果的な巡回計画の策定にあるため、渋滞損失時間を指標として採用することで、阪神高速道路利用者便益の向上に資する計画を策定することが可能であると考えられる。

本研究では 1.3 節で述べたとおり、交通障害発生時の渋滞損失時間を推定する必要がある。そもそも渋滞現象については交通シミュレーションを用いる方法（例えば 42)43)）や画像解析（例えば 44) 45)）などの手法によって、秒単位・分単位等の時間的変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、本研究のように交通障害発生時の渋滞損失時間予測を多数回繰り返し行う必要がある場合には、前述の手法のような詳細な渋滞分析手法ではなく、比較的簡便な手法を用いて交通状態予測を行うことが必要である。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り 46)、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少なからず研究がなされてきている。

例えば秋山ら 47)48)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について、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 49)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。

萩原ら 50)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、データオリエンティ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少なく、交通障害発生時の渋滞損失時間推定に関する既往研究はほとんど行われていないのが現状である。

3.4 交通管理巡回計画策定に関する既往研究

第2章で述べたとおり、日本の高速道路においては道路管理者である道路会社と交通管理者である各都道府県警察とが協力して高速道路上の交通管理を行っている。高速道路上の交通管理を行うにあたり配慮すべき事項の一つとして、交通障害への対応が挙げられる。交通障害に迅速に対処することで、二次災害の防止や交通障害発生によって引き起こされる渋滞による利用者の時間損失を小さくすることが可能であり、突発事象発生時のマネジメントはITSにおいても重要な課題だと思われる。

交通障害に対して迅速な対応を行う即応型の交通管理体制を構築するにあたって、交通管理巡回は極めて重要な役割を担っている。交通管理巡回班は事前に計画されたルートを定期的に巡回し、交通障害が発生すると迅速に現場に急行して交通障害に対応する。つまり、巡回間隔の大きな偏りを防ぎつつ、効果的な巡回計画を策定し、遂行することは交通障害マネジメントの高度化に向けて欠かすことは出来ない。

交通管理ではないが、巡回スケジュール計画問題に関する代表的な既往研究として、巡回セールスマン問題を応用した配車配送計画問題がある。配車配送計画問題は都市内の集配トラックの行動を最適化するために顧客や与条件を設定した上で、配車配送に要するコストを最小化する問題である⁵¹⁾。配車配送計画問題は1959年にDantzig and Ramser⁵²⁾配によって提案されて以来研究が重ねられてきた。既往研究の中には配車配送計画問題の与条件として突発事象時のリアルタイム所要時間情報を用いて突発事象発生を考慮した研究もある⁵³⁾。

交通管理巡回に関する既往研究としては、貝戸ら⁵⁴⁾が路上落下物や道路構造物の変状等の路上障害物の発生をポワソン過程としてモデル化し、巡回費用の削減を達成するような望ましい道路巡回政策を検討する障害物発生リスク管理モデルについて提案し、一般国道を対象とした適用事例を通じて有用性を検証している。

また、交通障害の一種として震災を対象とした研究もある。例えば、山田ら⁵⁵⁾は被災した道路交通網に対して、地震被害の大きさや交通量などが復旧順序に与える影響について解析を行っている。被災した道路交通網に対して復旧に要する作業量を基準として全組み合わせを考えて被害評価を行い、道路ネットワーク上を走行する全車の平均走行時間を用いて最適復旧過程について計算している。その結果、復旧戦略によって復旧度がある水準に達する速さは異なること、「全体の傾向として交通量が多く、他道路とあまり交差しない路線が軽微な被害を受けた場合は優先的に復旧すべき、交通量が特に少ない場合はその限りではない」といった知見を導いている。

さらに山田ら⁵⁶⁾は上記に加えて復旧作業班の配分を考慮するとともに、道路網の機能的評価指標として総交通量の平常時からの減少量も加えたシミュレーションモデルを開発し、構造的および機能的な指標がリンク交通量の復旧過程に及ぼす影響を検討している。その結果、「平常時機能の早期復旧には復旧時間の長い被災リンクから作業に取り掛かることは好ましくない」、「道路網の孤立地区を含む分断ゾーンの解消時期までは交通量の減少によ

って、それ以降の復旧期は平均走行時間によって評価できる」といった知見を導いている。

また、佐藤ら⁵⁷⁾は、設計変数として工事箇所（復旧箇所）の線列を考え、その上で復旧班の配分の最適化を目標として離散的組み合わせ最適化の近似解法である遺伝的アルゴリズムの定式化を行い、その適用性を検討した。

有村ら⁵⁸⁾は制約条件として復旧班数とその復旧能力が与えられた場合において、遺伝的アルゴリズムを適用し、災害発生後の道路ネットワークの寸断を対象とした、復旧順位決定モデルを構築した。評価は各リンク復旧完了時点での復旧時のアクセスビリティ指標を用いている。それらを、北海道南西沖地震で被害を受けた北海道後志管内の国道ネットワークに適用して計算を行った結果、モンテカルロシミュレーションによる手法に対して遺伝的アルゴリズムの有効性を示している。

能島⁵⁹⁾は分割配分法に基づいた新たな災害時交通量配分手法を提案し、「リンク配分交通量」、「リンク走行時間」、「断面交通量」、「OD別充足トリップ数」、「セントロイド別充足トリップ数」、「充足トリップ数」、「延べ走行距離」、「延べ走行時間」を用いて、震災後の道路網機能評価を行っている。その結果、被害率の差異による道路ネットワーク性能の変化について考察を行っている。

前述のように様々な既往研究が存在するが、都市高速道路の基本巡回計画策定に関する研究は少ない。それは都市高速道路上の交通管理巡回計画は、これまで主として経験によって計画されてきており、定量的に評価した研究があまりなされてきていないことが理由として挙げられる。また、前述した震災に関する既往研究などは、主に大規模災害時において復旧を行うという長期間の静的な復旧班配置計画が主として研究されてきており、都市高速道路のように刻々と交通状況が変化する事例とは一線を画している。

都市高速道路の交通管理巡回計画に関する研究事例としては岡本ら⁶⁰⁾が高速道路会社、パトロール会社、利用者および交通管理行政の4主体で構成されるマルチエージェントシミュレーションを構築し、経営効率化につながる交通管理巡回方策について研究を行っている。しかしながら基本巡回計画は所与のルートとされており、交通障害発生時の渋滞による時間損失についても詳細に考慮されていない。

3.5 本研究の位置づけ

3.2～3.4 節までに「交通障害」、「道路ネットワーク性能」、「交通管理巡回」の3つのキーワードに関する既往研究について詳述した。その結果、以下のような点において既往研究では十分に研究がなされていないと考えている。

- ・不規則変動の一つである交通障害発生時の交通量変動、とりわけ OD 特性を考慮した交通量変動に関する研究については、データ制約等により十分に研究されているとは言い難い。
- ・発生箇所の特性を考慮した交通障害発生時における簡便な渋滞損失時間推定方法については研究の余地がある。
- ・都市高速道路の交通管理巡回といった半動的な交通状況を考慮し、定量的に評価した既往研究は少なく、中でも交通障害発生による道路ネットワーク性能変動を詳細に考慮されている研究はなされていない。

本研究では、不規則変動の1つである交通障害発生時の交通量変動について、OD 特性を考慮した分析を行った上で、交通障害発生時の交通量予測モデルを構築する。次に、入力変数として交通量を用いる簡便な渋滞損失時間推定モデルを構築し、交通障害発生時の渋滞損失時間を推定する。また、推定された渋滞損失時間と交通障害発生確率から交通障害リスクを算定するとともに、巡回間隔の大きな偏りを防ぎつつ、効果的な基本巡回計画策定モデルを構築し、阪神高速道路におけるケーススタディを実施するものである。

本研究は前述した3点に着眼して研究を行う点において、既往研究との差異があり、また、本研究において、交通量変動、渋滞損失時間等を算出する際に適用している方法論については、現在では広く用いられている方法を用いてはいるが、道路管理者として交通障害発生時の変動分析を行うこと、交通障害発生を考慮した巡回計画について考察を加え、阪神高速道路における交通障害マネジメントの高度化を図ることが本研究の重要成果となると考えている。

【参考文献】

- 1) 飯田恭敬著：交通工学，pp.173～199，オーム社出版，1992
- 2) 飯田恭敬著：交通計画のための新パラダイム，技術書院，2008
- 3) 北村隆一：変動についての試行的考察，土木計画学研究・論文集（招待論文），Vol.20-1，pp.1-15，2003
- 4) 池之上慶一郎：交通量の変動，技術書院，1966
- 5) 飯田恭敬，高山純一：高速道路における交通量変動特性の統計分析，高速道路と自動車，第24巻，第12号，pp.22-32，1981
- 6) 小坂浩之，曹圭錫，谷下雅義，鹿島茂：首都高速道路の日交通量の変動分析，第19回交通工学研究発表会論文報告集，pp.17-20,1999
- 7) Bonsall, P, F. Montgomery and C. Jones : Deriving the constancy of traffic flow composition from vehicle registration data, Traffic Engineering & Control, July/August, pp.386-391, 1984
- 8) Gunawadena, N.R, K.C. Sinha and J.D. Fricker : Development of peak-hour and peak directional factors for congestion management systems, Transportation Research Record, 1552, pp.8-18, 1996
- 9) Hill, Donald M, Larry Tittmore and David Gendell : Analysis of urban area travel by time of day, Highway Research Record, 472, pp.108-119, 1973
- 10) 中村一雄，中田明雄，岡崎征，高阪悠二，北村武次：交通量変動特性の統計分析，第3回交通工学研究発表会論文集，pp.63-66，1976
- 11) 井上英彦，塚井誠人，奥村誠：カレンダー情報を利用した本四架橋交通量の時系列分析，土木計画学研究・論文集，No. 20，pp.843-848，2003
- 12) 村上康紀，吉井稔雄，桑原雅夫：都市高速道路における OD 交通量の日変動に関する研究，土木計画学研究・講演集，No.22-2，pp.251-254，1999
- 13) 松葉一弘，松本幸正，野村耕司：都市高速道路ランプ間 OD 交通量の時間変動と情報提供による変化，土木学会年次学術講演会講演概要集 IV 部門，Vol. 57，pp.815-816，2002
- 14) 金進英：動的経路交通量推定モデルの構築及び交通管制方策の評価・考察に関する研究，京都大学博士論文，2007
- 15) 西内裕晶，Agachai SUMALEE，Marc MISKA，割田博，桑原 雅夫：首都高速道路におけるランプ間 OD 交通量の時間的・空間的相関性分析，第38回土木計画学研究・講演集（CD-ROM），2008
- 16) 西内裕晶，吉井稔雄，桑原雅夫，Marc MISKA，割田博：首都高速道路におけるランプ間 OD 交通量の独立，第39回土木計画学研究・講演集（CD-ROM），2009
- 17) 金進英，宇野伸宏，倉内文孝，吉村敏志，萩原武司：阪神高速道路における時間帯別

- ランプ間 OD 交通量の変動分析, 第 39 回土木計画学研究・講演集 (CD-ROM) , 2009
- 18) Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, 2000
 - 19) 道路の交通容量, (社) 日本道路協会, 1984
 - 20) 尾崎晴男, 森浩, 鹿田成則: HIGHWAY CAPACITY MANUAL 2000: 6. サービス水準(LOS)の考え方 Level of Service Concepts, 交通工学, Vol.38, No.3, pp.66-71, 2003
 - 21) Handbuch für die Bemessung von Straßenverkehrsanlagen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen, 2001
 - 22) 平成 22 年度道路交通センサス, 国土交通省, 2010
 - 23) 阪神高速道路の新渋滞対策アクションプログラム, 阪神高速道路株式会社, 2012
 - 24) 牧村和彦, 坂井康一: プローブデータを用いた渋滞損失量の数値化に関する基礎的研究, 第 27 回土木計画学研究・講演集 (CD-ROM) , 2003
 - 25) 飯田恭敬: 道路網の最大容量の評価法, 土木学会論文報告集, 第 205 号, pp.121-129, 1972
 - 26) 西村昂: 道路網の最大フローの存在範囲について, 第 23 回土木学会年次講演会講演集, 第 4 部門, pp.431-432, 1968
 - 27) 三好逸二, 山村信吾: 道路網における最大トリップ数について, 第 23 回土木学会年次講演会講演集, 第 4 部門, pp.429-430, 1968
 - 28) 飯田恭敬: 道路網の合理的運用について, 第 12 回日本道路会議論文集 (特定課題) , 1975
 - 29) 榊谷有三: LP 問題による道路網容量の算定に関する研究: 土木計画学研究・論文集, No.3, pp.169-176, 1986
 - 30) 能島暢呂: 道路交通ネットワークの地震時機能評価モデルの開発, 第 3 回都市直下地震防災総合シンポジウム論文集, pp.513-516, 1998
 - 31) 飯田恭敬: 高速道路のサービス水準評価に関する新しい考え方, 阪神高速道路株式会社技報第 23 号 (特別論文) , 2006
 - 32) 川北司朗, 北澤俊彦, 飛ヶ谷明人, 田名部淳, 朝倉康夫: 阪神高速道路における所要時間の信頼性に関する分析, 第 35 回土木計画学研究・講演集 (CD-ROM) , 2007
 - 33) 飛ヶ谷明人, 石橋照久, 田名部淳, 朝倉康夫: 旅行時間信頼性指標と既存の渋滞評価指標との比較~阪神高速道路の事例~, 第 37 回土木計画学研究・講演集 (CD-ROM) , 2008
 - 34) Higatani, A, Kitazawa, T, Tanabe, J, Suga, Y, Sekhar, R and Asakura, Y: Empirical Analysis of Travel Time Reliability Measures in Urban Expressway Network, Proceedings of the 14th world congress on intelligent transport systems(ITS), 2007
 - 35) Higatani, A, Kitazawa, T, Tanabe, J, Suga, Y, Sekhar and Asakura, Y: Empirical Analysis of Travel Time Reliability Measures in Hanshin Expressway Network, Journal of Intelligent

Transportation Systems Vol. 13, pp.28~38, 2009

- 36) 岩里泰幸, 石橋照久, 田名部淳, 朝倉康夫: 信頼性を考慮した所要時間の情報提供に関する検討, 第 29 回交通工学研究会発表論文集 (CD-ROM), 2009
- 37) 岩里泰幸, 石橋照久, 田名部淳, 朝倉康夫: 所要時間信頼性指標を用いたサービス水準評価手法の検討, 第 39 回土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 2009
- 38) 北澤俊彦, 岩里泰幸, 石橋照久, 飛ヶ谷明人: 阪神高速道路における所要時間信頼性評価, 交通工学 vol.44, 2009
- 39) Wakabayashi, H. and Iida, Y. : “Upper and lower bounds of terminal reliability of road networks: an efficient method with Boolean algebra”, Journal of Natural Disaster Science, 14, pp.29-44, 1992
- 40) Kurauchi, F., Uno, N., Sumalee, A. and Seto, Y. : Network Evaluation Based on Connectivity Vulnerability, Transportation and Traffic Theory 2009, Golden Jubilee, pp.637-649, 2009
- 41) 瀬戸裕美子, 宇野伸宏, 塩見康博: 非重複経路数を考慮したアクセシビリティ指標に基づく医療施設配置計画, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.67, No.5, pp.I_57-I_68, 2011
- 42) 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 回交通工学研究会発表論文集, Vol.39, No.2, pp.27-30, 2004
- 43) 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, 第 26 回土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 2002
- 44) 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, Vol.24, pp.609-618, 2007
- 45) 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
- 46) 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, 第 27 回土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 2003
- 47) 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
- 48) 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, No.14-1, pp.417-424, 1991
- 49) 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, 第 27 回土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 2003
- 50) 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, pp.5-6, 2009
- 51) 谷口栄一, 根本敏則共著: シティロジスティックス, 森北出版株式会社, 2001
- 52) Dantzig, G.B. and Ramser, J.H. : The truck dispatching problem, Management Science, Vol.6, pp.80-91, 1959

- 53) 嶋本寛：リアルタイム所要時間情報を活用したトラックの動的配車配送計画に関する研究，京都大学卒業論文，2002
- 54) 貝戸清之，小林潔司，加藤俊昌，生田紀子：道路施設の巡回頻度と障害物発生リスク，土木学会論文集 F，Vol.63-1，pp.16-34，2007
- 55) 山田善一，家村浩和，野田茂，伊津野和行：道路交通網の最適な震後復旧過程の評価，土木学会論文集，第 368 号/I-5，pp.355-362，1986
- 56) 山田善一，野田茂，五十嵐晃：震後の道路交通機能の実用的な復旧予測シミュレーション，土木学会論文集，第 392 号/I-9，pp.385-394，1988
- 57) 佐藤忠信，一井康二：遺伝的アルゴリズムを用いたライフライン網の最適復旧過程に関する研究，土木学会論文集，第 537 号/I-35，pp.245-256，1996
- 58) 有村幹治，上西和弘，田村亨，杉本博之，榎谷有三：都市間時間距離に基づく被災道路の最適復旧モデル，土木計画学研究・論文集，Vol.14，pp.333-340，1997
- 59) 能島暢呂：道路交通ネットワークの地震時機能評価モデルの開発，第 3 回都市直下地震防災総合シンポジウム論文集，pp.513-516，1998
- 60) 岡本太郎，谷口栄一，山田忠史：都市高速道路の交通管理巡回効率化を目指したマルチエージェントシミュレーション，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，Vol.67，No.2，pp.135-146，2011

4. 交通障害発生時の交通量推定手法の構築

4.1 概説

前章までは本研究の背景・目的を整理するとともに、既往研究や研究の全体像や意義についても整理した。本章では交通障害発生時の交通量変動について分析、考察を加えるとともに、第7章で行う交通障害リスク算定に必要な交通障害発生時の渋滞損失時間推定モデルの入力データ作成のため、交通障害発生を考慮した交通量推定モデルを構築する。本章の構成として、4.2節では阪神高速道路全体の交通量変動、交通障害発生状況について概説した上で、本研究での対象範囲及び用いるデータについて説明する。4.3節では阪神高速の唯一の環状路線である1号環状線を例にとり、阪神高速DWH（データウェアハウス）から得られる、交通障害日報から抽出した交通障害データを用いて交通障害発生時の交通量変動について分析を行った上で、変動要因について考察を加える。4.4節では阪神高速の大阪管内において複数の広域幹線道路に接続しており、比較的交通量も多い放射路線である14号松原線を例にとり、交通障害発生時の交通量変動について分析を行う。4.3節、4.4節での分析結果を踏まえて、4.5節では交通障害発生を考慮した交通量推定モデルを構築し、精度検証を行う。図-4.1.1に第4章の研究フローを示す。

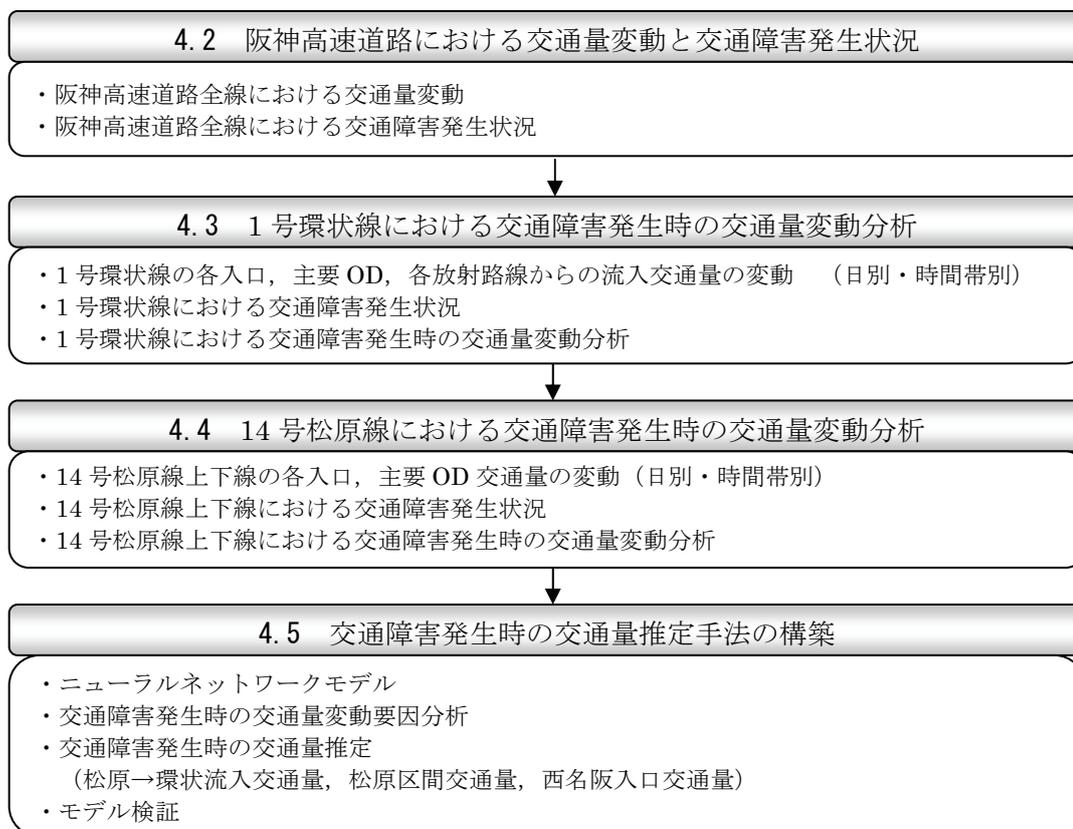


図-4.1.1 4章の研究フロー

4.2 阪神高速道路における交通量変動と交通障害発生状況

4.2.1 阪神高速道路ネットワークにおける交通量変動状況

本項では阪神高速道路全体の交通量変動と本研究で用いるデータについて概説する。本研究で用いる交通量データは 2008 年度のデータを用いる。2008 年度はまだ阪神高速道路の料金体系が距離料金制に移行する前の均一料金制であり、NEXCO 各社が高速道路料金半額割引、無料化といった大規模な割引を実施する前であり、安定した交通量変動が観察されるものと考え選定した。

図-4.2.1 に 2008 年度の阪神高速道路ネットワーク図、図-4.2.2 に年間の利用交通量変動を示す。図-4.2.2 から概ね夏場（7 月，8 月）と年度始め（4 月）に交通量が多く，冬場（1 月，2 月）や梅雨時期（6 月）には交通量が少ないことが見て取れる。そのため，本研究では交通量が平均的であり，前後月との差異が少なく特異日の少ない 10 月 1 ヶ月間を対象として交通量変動について分析する。

本研究で用いる交通量データは阪神高速 DWH¹⁾から得られる入口交通量，出口交通量，区間交通量などに加えて，ETC データを拡大した時間帯別ランプ間 OD データ²⁾を用いる。当時の ETC 普及率は約 70%となっていたため，ETC データを拡大した時間帯別ランプ間 OD データの作成にも十分なサンプルが得られており，入口・出口交通量を制約条件として ETC データを拡大した時間帯別ランプ間 OD データで主要 OD および路線間の移動については十分議論できるものとして本研究では用いることとした。図-4.2.3 に 2008 年 10 月 1 ヶ月分の車両検知器から得られた実績交通量（横軸）と，推定交通量（縦軸）を比較したものを示す。流出交通量，流入交通量ともに良い精度で推定されている。推定 OD 交通量の RMS 値は流入交通量で 14.0，流出交通量で 13.9 となり，安定した推計精度を保っているといえる。また，相関係数についても，流入交通量は 0.999，流出交通量は 0.970 と，ともに 0.95 以上となり，精度の高い OD 交通量が得られている。

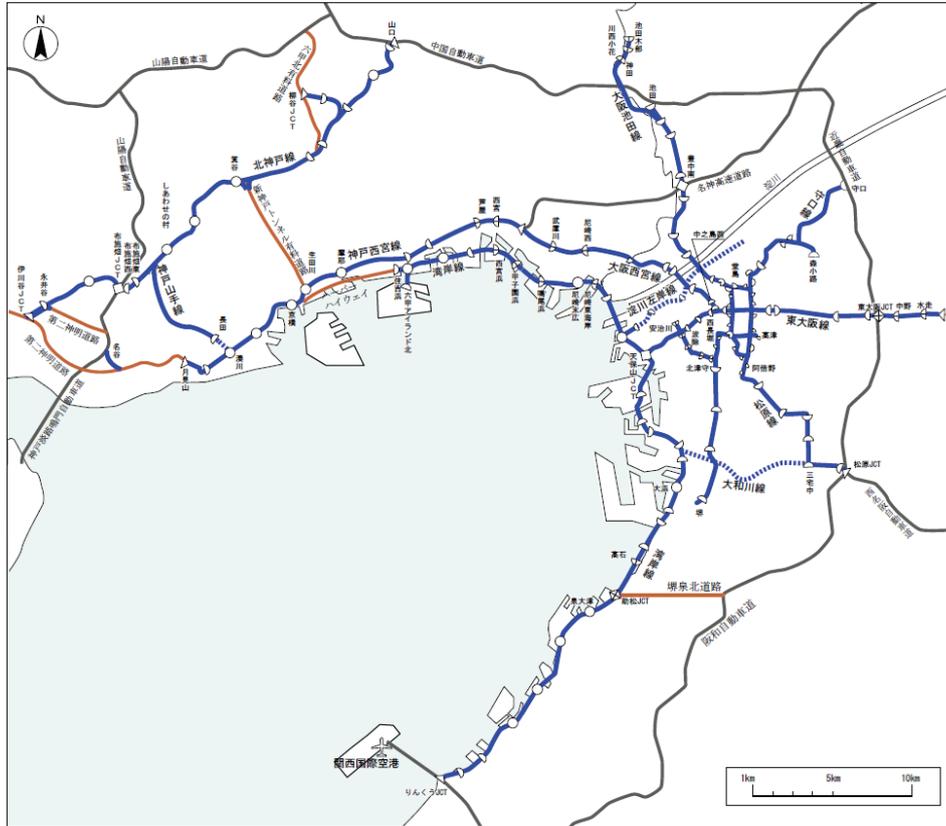


図-4.2.1 阪神高速道路ネットワーク図（2008年度）

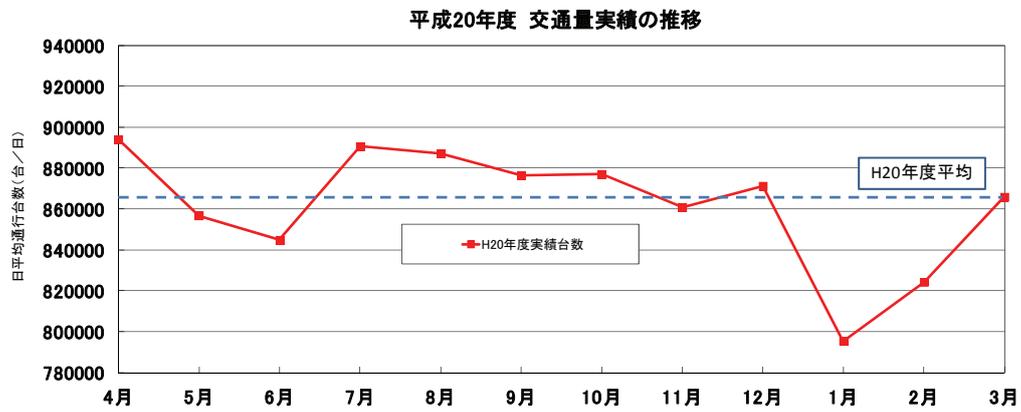


図-4.2.2 阪神高速道路の利用交通量推移（2008年度）

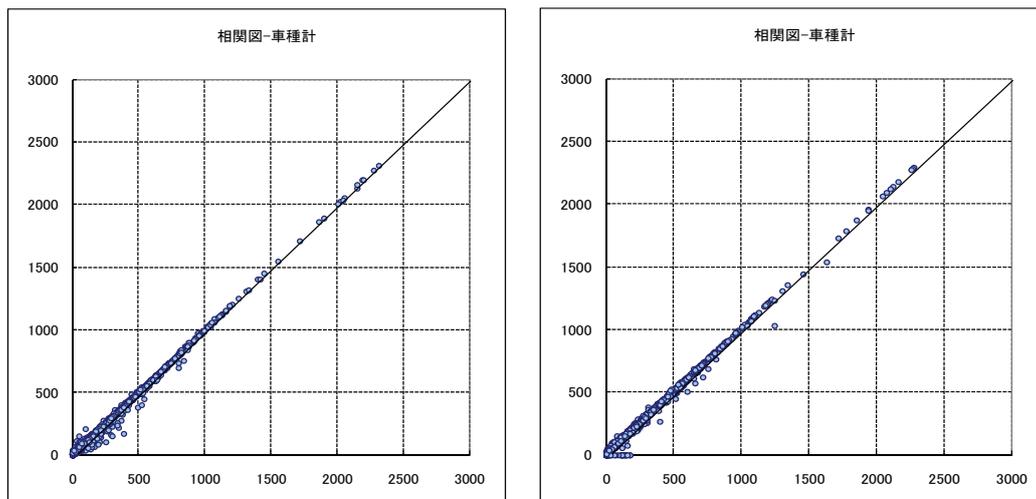


図-4.2.3 車種計流入・流出交通量の推計値/実績値比較
(右図：流入交通量，左図：流出交通量)

4.2.2 阪神高速道路ネットワークにおける交通障害発生状況

本項では、阪神高速道路全体における交通障害の発生状況について概説する。交通障害は交通事故、規制工事、故障、落下物など様々な事象が考えられる。阪神高速においても交通安全対策アクションプログラム（第1次 2007年～2009年，第2次 phase1 2010年～2012年，第2次 phase2 2013年～2014年）^{3)・5)}を制定し、交通障害の減少に取り組んできている。その成果もあり、全事故件数について近年減少傾向にあるが、依然として年間5000～6000件程度の交通事故が発生している⁵⁾。図-4.2.4に阪神高速道路における交通事故件数の推移について示す。

また、阪神高速道路における交通事故を形態別にみると、全体の約1/3を追突事故が占めており、料金所周辺以外の追突事故は渋滞に起因するものが多く、追突事故と渋滞時間や場所の発生は相関があるように見える。図-4.2.5に阪神高速における追突事故多発区間を示す。これらの結果から、日々の渋滞削減に取り組むことは勿論のこと、交通障害発生時に迅速に処理を行うことで渋滞を削減し、二次交通障害を削減することは極めて重要であると言えるだろう。

また、落下物については環状線、湾岸線などを中心に多く発生しており、線形の厳しい区間や風が厳しい区間に多く発生している傾向にある。図-4.2.6に落下物多発区間図を示す。ある区間においては5年累計で1000件以上発生している区間もあり、平均すると2日に1度発生している頻度である。これらに対し、迅速に対応を行うことで2次交通障害を防止することは阪神高速道路における交通障害マネジメントにとって重要な課題であるといえる。

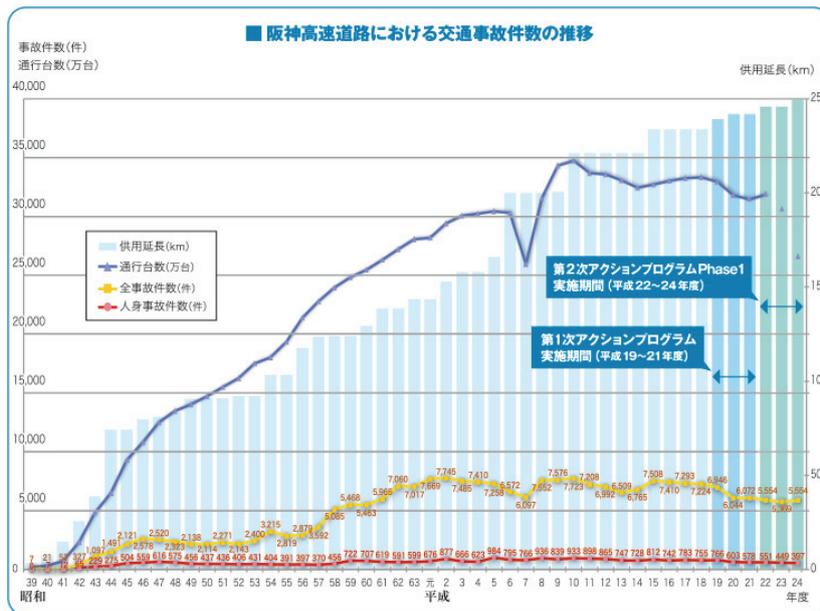


図-4.2.4 阪神高速道路における交通事故件数の推移

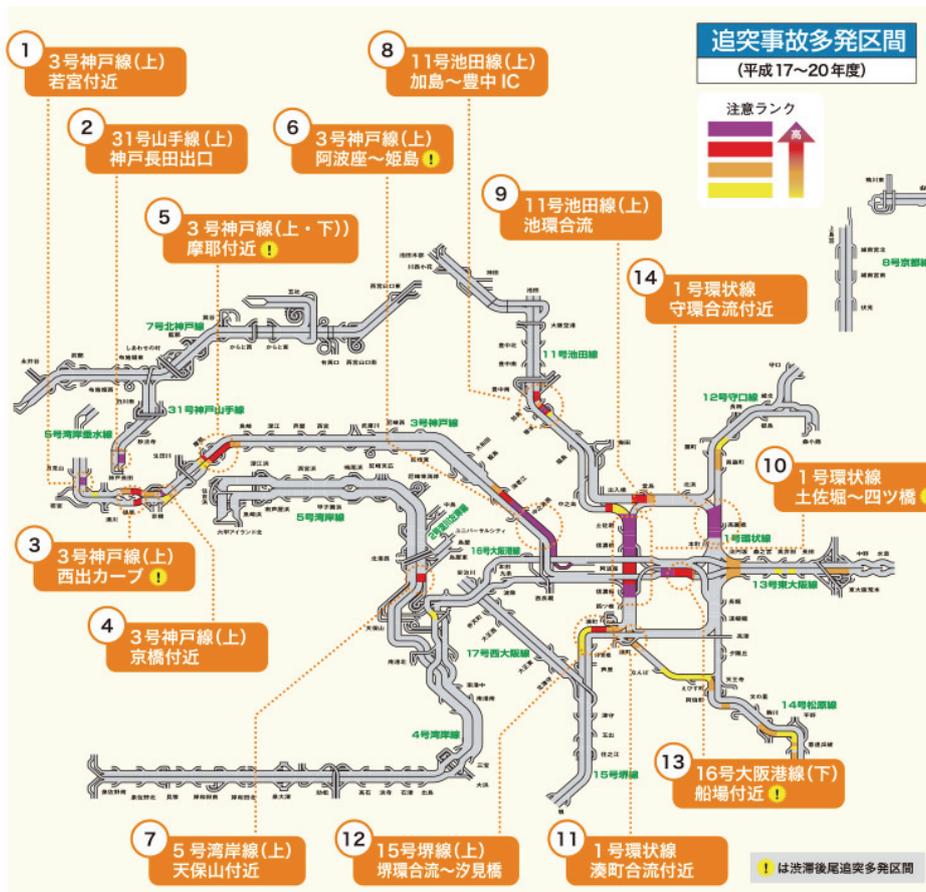


図-4.2.5 阪神高速道路における追突事故多発区間 (平成17~20年度)

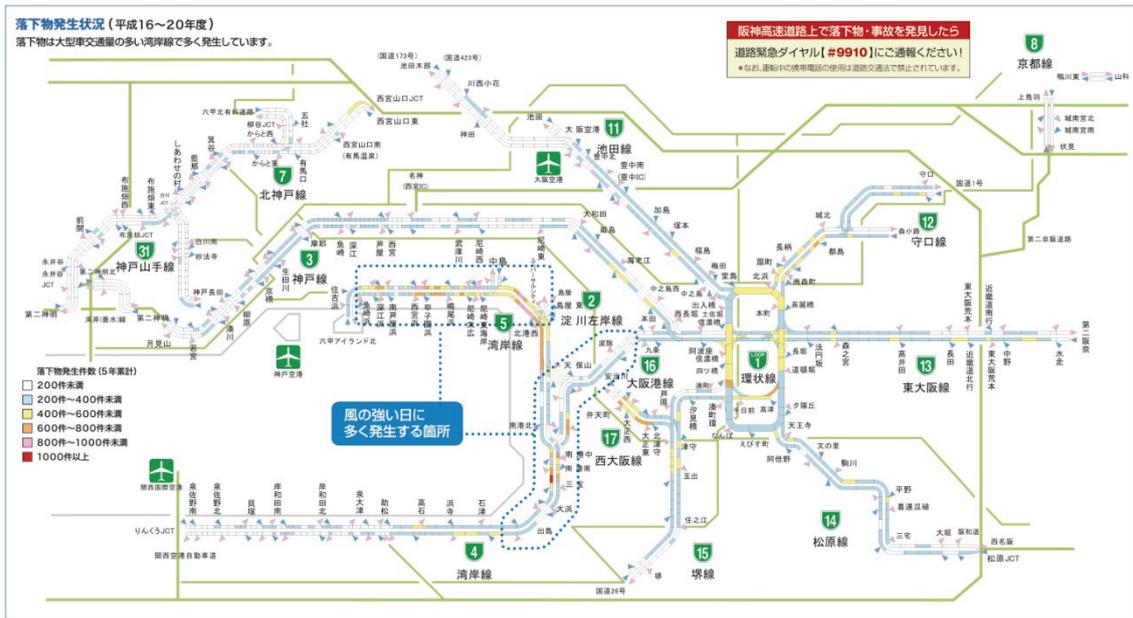


図-4. 2. 6 阪神高速道路における落下物発生状況 (平成 16~20 年度)

4. 3 1 号環状線における交通障害発生時の交通量変動分析

前節では阪神高速道路全体における交通量変動，交通障害発生状況について概説し，本研究で用いるデータについても説明した．本節では阪神高速道路の数ある路線の中でも最も交通量が多く，ネットワークの要となる 1 号環状線に焦点を当て，交通量変動，交通障害発生状況，交通障害発生による交通量変動について整理する．

4. 3. 1 1 号環状線における交通量変動

本項では 1 号環状線における 2008 年 10 月の交通量変動について概説する．図-4. 3. 1 に 1 号環状線の出入口と管理 KP を示す．図-4. 3. 2 に環状線全入口からのランプ間 OD を目的路線別に集計した路線別 OD 割合を示す．環状線入口からの目的路線としては，松原線が 24.1%と最も多く，次いで池田線が 18.3%，守口線が 18.1%，東大阪線が 12.1%となっている．

表-4. 3. 1 に環状線の入口交通量と主要 OD 交通量の 10 月全日平均値を示す．主要 OD は各入口の 10 月全日平均値で日単位 OD 交通量上位 3 つまでの OD を列挙している．図-4. 3. 3 に主要 OD の各出口の所在地を示す．入口交通量は堂島からの流入量が最も多く，次いで信濃橋，高麗橋，高津の順となっている．表-4. 3. 1 と図-4. 3. 3 から環状線から各放射路線端部の出口を目的ランプにもつトリップが多く，それらの多くは NEXCO の広域幹線道路と連結していることがわかる．

表-4. 3. 2 に入口交通量と主要 OD 交通量の 10 月 1 ヶ月間の日変動を示す．表-4. 3. 2 に示す数値は日単位の入口交通量，主要 OD 交通量であり，最下段には変動係数（標準偏差/平均値）を示している．入口交通量に着目すると，土曜日，休日の交通量が減少する点で

は全ての入口で一致しているが、例えば夕陽丘、えびすなどは平日と比較して減少率が小さく、変動係数も小さい。それに対して信濃橋、高麗橋、長堀は平日と比較して土曜日、休日の交通量減少率が大きくなっている。主要 OD 交通量も入口交通量と概ね同様の傾向を示している。

表-4.3.3 に入口交通量と主要 OD 交通量の 10 月 1 ヶ月間の時間帯変動を示す。表-4.3.3 に示す数値は各入口交通量、主要 OD 交通量の 10 月全日平均時間帯別交通量である。入口交通量に共通する特徴は朝夕ピーク時が明確ではなく、昼間時間帯においても高レベルな交通量を維持しており、ピーク時で比較すると夕ピーク時の方が朝ピーク時よりも交通量が多い。主要 OD 交通量についても概ね同様の傾向を示しているが、例えば、高麗橋→第二阪奈 OD や夕陽丘→三宅 OD などは深夜時間帯においてもピーク時に近い OD 交通量があり、こういった OD は環状線入口交通量が深夜時間帯でも一定の交通量を有している一因であると思われる。

環状線は入口交通量からの流入もさることながら、放射路線からの流入が利用交通においてかなりの割合を占めていることから、各放射路線からの流入交通量についての交通量変動についても整理する。表-4.3.4 に各路線からの環状線流入交通量の 10 月 1 ヶ月間の日変動を示す。表-4.3.4 に示す数値は日単位の環状線連結部の区間交通量を示している。表-4.3.4 から一様に休日の交通量が減少する点では一致しているが、他と比較して井東から流入する（3 号神戸線、16 号大阪港線から流入する）交通量については土曜日の交通量が平日を上回って多いという特徴を有している。

表-4.3.5 に各路線からの環状線流入交通量の 10 月 1 ヶ月間の時間帯変動を示す。表-4.3.5 に示す数値は環状線流入区間交通量の 10 月全日平均時間帯別交通量である。池田線、守口線、松原線、堺線といった南北に貫く放射路線については、どちらかといえば入口交通量のようなピーク時があまり明確でない形ではなく、朝ピーク時、夕ピーク時には交通量が増加するダブルピーク型に近い傾向を有している。また、東大阪線や井東、井西といった東西方向から流入する路線については入口交通量に近く、ピーク時があまり明確でないといった傾向を有している。

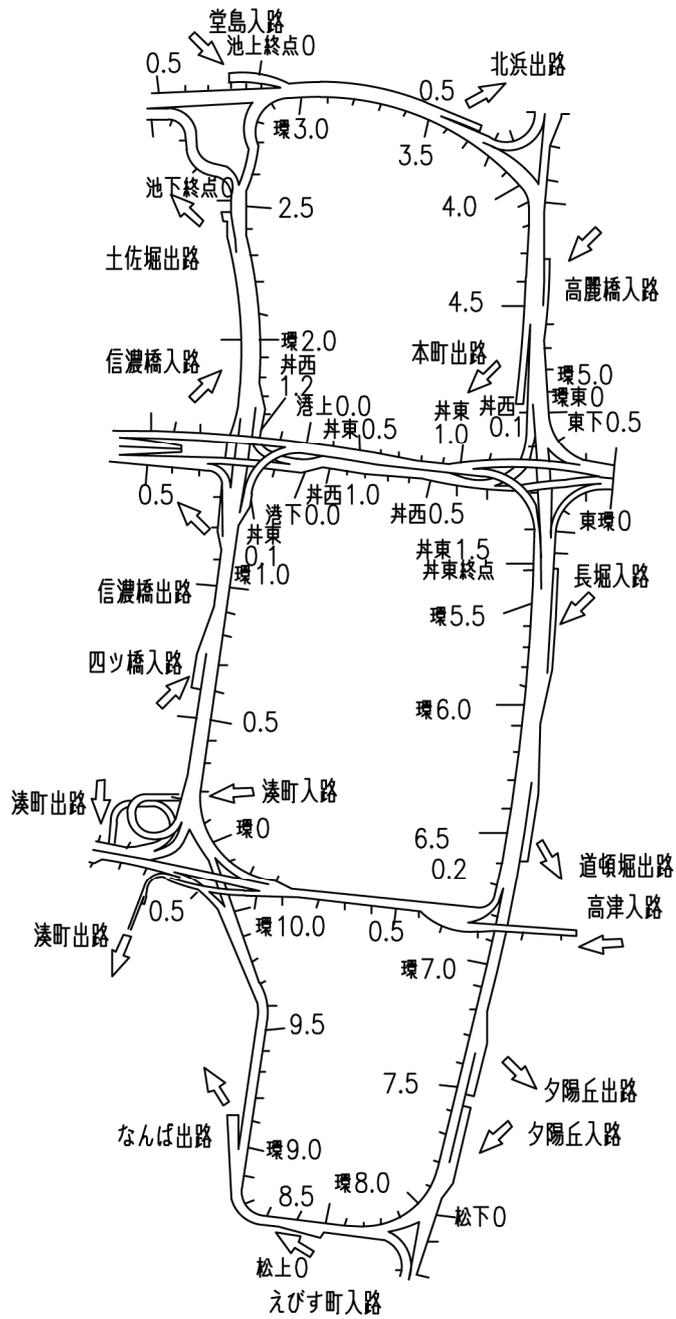


図-4.3.1 1号環状線路線図

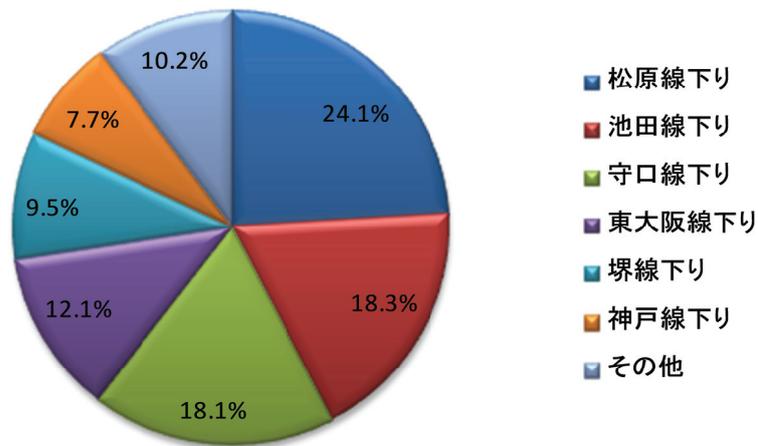


図-4.3.2 1号環状線からの目的路線

表-4.3.1 各入口交通量と主要OD量（1号環状線）

入口	入口交通量	主要OD1	主要OD2	主要OD3
四ツ橋	4,580	403	354	313
		守口(寝屋川) 守口線	池田 池田線	豊中南(名神) 池田線
信濃橋	7,132	1,029	939	937
		池田 池田線	守口(寝屋川) 守口線	豊中南(名神) 池田線
堂島	8,306	1,665	648	531
		守口(寝屋川) 守口線	守口(庭窪) 守口線	森小路 守口線
高麗橋	6,354	457	426	340
		西名阪 松原線	阪和道 松原線	第二阪奈 東大阪線
長堀	3,339	519	391	277
		西名阪 松原線	阪和道 松原線	堺(宿院) 堺線
夕陽丘	4,701	1,355	923	656
		西名阪 松原線	阪和道 松原線	三宅 松原線
えびす	3,636	316	279	225
		守口(寝屋川) 守口線	池田 池田線	堺(宿院) 堺線
高津	5,591	532	448	385
		堺(宿院) 堺線	池田 池田線	守口(寝屋川) 守口線

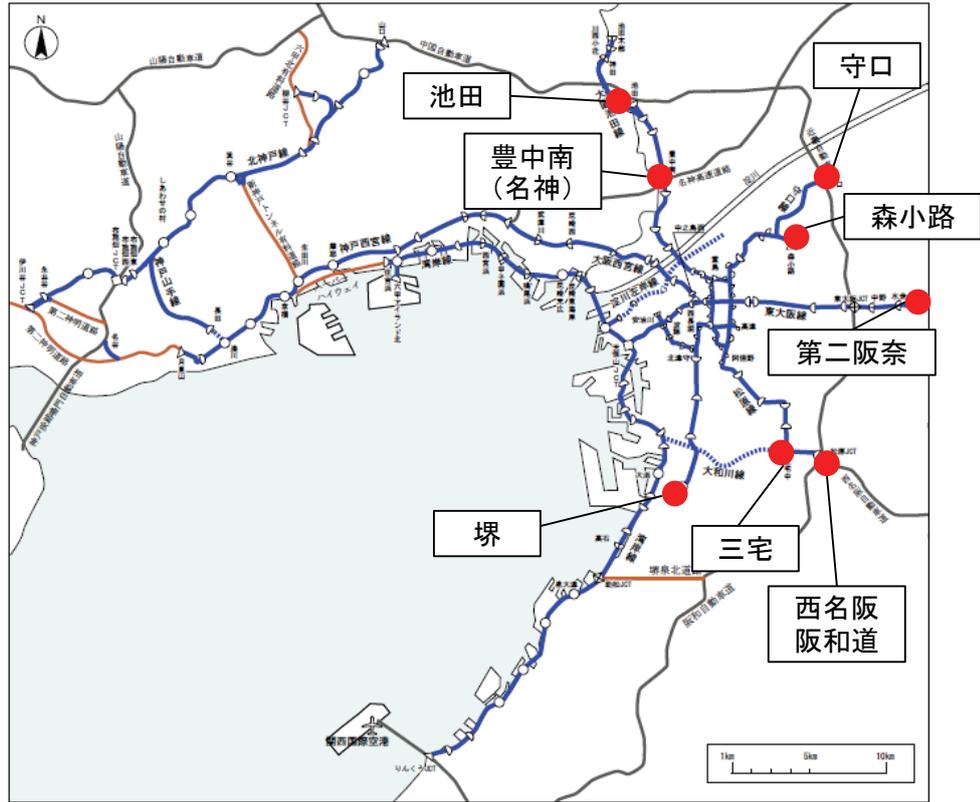


图-4.3.3 主要OD目的出口 (1号環状線)

表-4.3.2 各入口交通量と主要0Dの日変動(1号環状線)

日付	入口	四ツ橋	信濃橋	堂島	四ツ橋		信濃橋		堂島		高麗橋		長堀		夕陽丘		えびす		高津														
					守口(豊屋川)	池田	豊中(名神)	守口(豊屋川)	池田	豊中(名神)	守口(豊屋川)	池田	豊中(名神)	守口(豊屋川)	池田	豊中(名神)	守口(豊屋川)	池田	豊中(名神)	守口(豊屋川)	池田	豊中(名神)	守口(豊屋川)	池田									
10月1日	水	4,928	8,423	9,168	6,863	3,578	4,797	3,772	5,696	4,20	380	336	1,212	1,130	1,183	1,895	711	614	425	437	389	502	451	307	1,300	960	715	315	283	231	558	432	439
10月2日	水	5,102	8,420	9,248	8,403	4,164	4,745	3,847	6,084	4,70	401	388	1,193	1,045	1,132	1,727	693	565	539	572	438	592	451	307	1,237	966	728	295	278	227	595	440	441
10月3日	木	5,183	8,500	9,779	7,051	4,422	4,982	3,880	6,089	4,80	455	395	1,271	1,148	1,228	2,009	800	605	533	473	417	672	531	385	1,476	1,098	714	357	297	259	630	484	483
10月4日	土	3,687	4,788	7,150	3,535	2,398	4,842	3,549	5,373	311	244	235	685	659	477	1,474	546	393	228	157	198	398	232	169	1,364	893	736	295	223	190	459	391	299
10月5日	休	3,070	2,849	4,422	1,920	1,504	4,021	3,167	4,176	239	218	140	446	456	319	1,048	307	283	143	108	79	281	148	132	1,096	644	506	269	287	195	333	381	284
10月6日	月	4,726	8,278	8,666	7,901	3,999	4,390	3,602	5,693	507	369	333	1,146	1,127	1,222	1,775	724	569	568	572	420	588	486	344	1,328	943	638	377	281	216	543	389	474
10月7日	火	4,974	8,577	9,002	7,802	4,132	4,685	3,660	5,983	438	406	372	1,244	1,056	1,255	1,781	619	608	533	482	427	657	495	359	1,329	1,009	706	274	310	244	616	458	349
10月8日	水	4,948	8,369	8,939	6,801	3,476	4,747	3,618	5,991	390	377	331	1,237	996	1,154	1,792	711	606	508	469	427	657	495	359	1,329	1,009	706	274	310	244	616	458	349
10月9日	木	5,147	8,515	9,505	7,203	3,594	4,820	3,799	5,946	474	397	385	1,267	1,062	1,219	1,889	780	629	555	500	398	540	444	322	1,342	1,061	651	313	313	213	534	495	383
10月10日	金	5,266	8,697	10,200	9,574	4,138	4,048	6,305	4,469	434	328	328	1,222	1,180	1,036	2,070	751	659	708	720	539	656	495	329	1,523	1,078	735	337	282	264	621	500	440
10月11日	土	3,823	4,661	7,387	4,150	2,483	4,821	3,639	5,172	333	307	231	710	678	509	1,648	548	417	240	188	172	405	296	166	1,400	907	630	296	306	205	502	351	301
10月12日	日	3,311	3,190	5,262	2,011	1,708	4,266	3,502	4,378	272	246	222	507	514	361	1,221	405	322	147	86	114	331	180	110	1,269	682	533	330	313	194	363	513	278
10月13日	月	3,014	3,076	5,068	2,289	1,573	3,456	3,286	4,331	218	209	247	520	424	335	993	456	336	204	150	93	277	165	105	1,089	647	433	317	267	169	336	429	273
10月14日	火	5,002	8,726	9,107	6,880	3,671	4,359	2,886	5,024	471	409	352	1,210	1,169	1,106	1,904	776	653	450	483	376	552	432	302	1,224	863	667	307	217	176	543	393	493
10月15日	水	4,917	8,316	9,286	9,372	3,762	4,629	3,683	5,913	446	365	335	1,170	1,051	1,101	1,599	730	574	622	642	482	545	402	310	1,313	923	652	308	258	247	540	421	425
10月16日	木	5,002	8,584	9,659	7,226	3,559	4,919	3,744	6,034	446	365	335	1,170	1,051	1,101	1,599	730	574	622	642	482	545	402	310	1,313	923	652	308	258	247	540	421	425
10月17日	金	5,229	8,498	9,664	7,300	3,726	5,081	3,892	6,290	492	416	368	1,210	1,120	1,175	2,021	820	670	622	556	433	619	441	352	1,575	1,164	787	401	309	226	659	497	439
10月18日	土	3,816	4,900	7,500	5,049	2,437	4,971	3,425	5,258	344	231	172	646	719	548	1,658	588	408	328	213	285	414	309	234	1,435	859	711	303	239	208	508	417	314
10月19日	日	3,337	3,154	4,619	2,424	1,627	4,254	3,193	4,347	299	195	210	466	521	352	1,102	348	285	200	147	111	255	135	116	1,091	686	559	286	243	206	381	408	338
10月20日	月	4,794	8,402	8,855	7,777	3,649	4,438	3,685	5,788	503	410	319	1,158	1,136	1,136	1,794	581	554	601	601	399	570	478	287	1,379	914	606	321	287	243	570	416	391
10月21日	火	4,716	8,239	8,695	8,805	3,647	4,854	3,670	5,770	438	380	353	1,243	1,041	1,165	1,829	752	574	594	610	440	579	461	343	1,349	984	638	303	273	231	537	429	400
10月22日	水	4,912	8,370	8,891	7,415	3,854	4,382	3,729	5,798	443	382	360	1,272	1,042	1,152	1,735	748	604	482	449	320	649	539	369	1,382	932	698	274	275	238	567	434	335
10月23日	木	5,318	8,803	9,445	7,151	3,707	5,025	3,828	6,275	485	501	447	1,271	1,192	1,266	1,890	730	636	564	495	435	614	501	340	1,551	1,040	745	329	243	244	684	476	446
10月24日	金	3,991	4,769	7,345	3,903	2,779	5,173	3,903	5,452	320	248	247	728	722	469	1,410	484	376	211	178	181	429	310	236	1,479	879	683	292	266	240	512	477	328
10月25日	土	3,411	3,065	4,866	2,060	1,920	4,601	3,486	4,466	165	246	177	491	401	385	1,156	377	288	126	119	63	324	193	123	1,233	745	539	293	276	234	400	452	216
10月26日	日	3,411	3,065	4,866	2,060	1,920	4,601	3,486	4,466	165	246	177	491	401	385	1,156	377	288	126	119	63	324	193	123	1,233	745	539	293	276	234	400	452	216
10月27日	月	4,732	8,370	8,891	7,415	3,854	4,382	3,729	5,798	443	382	360	1,272	1,042	1,152	1,735	748	604	482	449	320	649	539	369	1,382	932	698	274	275	238	567	434	335
10月28日	火	4,967	8,396	9,760	8,286	3,590	4,899	3,691	5,868	409	362	341	1,114	1,037	981	1,769	670	571	563	525	432	482	394	285	1,392	889	632	343	302	231	570	472	415
10月29日	水	5,019	8,466	9,027	7,085	3,872	4,949	3,581	5,850	494	401	342	1,282	1,137	1,130	1,915	704	613	574	477	377	631	466	327	1,506	980	706	374	302	206	576	479	469
10月30日	木	5,190	8,454	9,547	7,480	4,286	4,927	3,747	6,043	412	418	373	1,191	1,076	1,186	1,887	709	619	548	531	419	645	471	335	1,332	1,022	653	277	266	240	601	472	412
10月31日	金	5,337	8,875	9,612	7,878	3,773	5,111	4,057	6,182	459	440	373	1,301	1,065	1,175	1,903	831	677	602	557	489	662	425	318	1,605	1,148	788	405	287	283	578	441	454
平日平均		4,580	7,132	8,306	6,354	3,339	4,701	3,636	5,591	403	354	313	1,029	939	937	1,665	648	531	457	426	340	519	391	277	1,355	923	656	316	279	225	532	448	385
土曜平均		5,014	8,483	9,266	7,711	3,868	4,787	3,716	5,925	454	402	356	1,213	1,091	1,150	1,848	730	606	561	540	422	590	461	326	1,389	985	682	323	285	234	577	458	423
日曜平均		3,879	4,780	7,346	4,159	2,519	4,952	3,629	5,314	327	257	221	695	694	501	1,548	534	399	251	184	201	412	287	206	1,419	885	690	297	259	211	495	409	310
休日平均		3,229	3,067	4,847	2,141	1,666	4,120	3,287	4,340	239	223	199	486	463	350	1,104	378	302	164	122	92	294	164	117	1,156	681	514	299	273	200	363	437	278
変動係数		0.16	0.31	0.21	0.37	0.27	0.08	0.07	0.11	0.23	0.23	0.24	0.24	0.27	0.37	0.18	0.23	0.24	0.39	0.45	0.41	0.24	0.31	0.31	0.10	0.15	0.12	0.11	0.10	0.12	0.17	0.10	0.19

表-4.3.3 各入口交通量と主要0Dの時間帯変動(1号環状線)

時間帯	入口	四ツ橋		信濃橋		堂島		高麗橋		長堀		夕陽丘		えびす		高津																	
		守口(寝屋川)	豊中南(名神)	池田	豊中南(名神)	守口(寝屋川)	池田	守口(寝屋川)	森小路	西名阪	阪和道	第二阪奈	西名阪	阪和道	堺(宿院)	西名阪	阪和道	三宅	守口(寝屋川)	池田	堺(宿院)												
0		131	114	227	200	70	177	57	95	13	9	6	19	20	11	45	13	7	17	8	22	11	7	7	52	27	36	7	4	4	12	5	8
1		117	82	189	143	49	162	39	74	11	7	5	15	15	9	42	12	7	11	5	17	8	4	7	46	25	39	5	3	3	11	5	7
2		83	57	138	80	31	109	32	51	9	6	4	9	12	5	27	12	6	7	3	7	6	3	4	29	17	24	4	2	2	7	2	6
3		69	38	90	42	20	76	28	46	10	4	3	7	9	4	25	7	3	4	2	4	2	4	2	21	13	18	4	1	1	5	2	4
4		50	33	68	27	14	58	25	38	4	5	3	6	7	5	25	5	3	2	1	2	2	1	1	19	9	13	1	2	1	5	5	4
5		52	55	81	28	16	54	34	63	5	5	3	10	11	6	30	7	4	4	1	1	3	1	1	18	9	9	3	5	1	2	11	6
6朝ピーク		75	123	196	54	30	89	128	201	5	14	5	29	17	18	59	16	20	4	5	3	5	4	0	36	16	10	11	19	2	7	35	10
7朝ピーク		116	208	361	118	60	129	141	345	13	14	10	40	31	35	90	33	39	11	7	6	13	8	2	42	29	14	19	15	4	23	50	22
8朝ピーク		180	369	417	258	105	178	155	359	18	21	19	63	51	66	93	34	34	26	26	11	21	19	4	54	44	24	14	14	5	28	36	24
9朝ピーク		280	524	512	447	196	212	187	367	27	22	29	78	59	90	104	38	31	34	40	19	31	28	12	63	51	29	14	15	9	27	29	25
10		300	533	511	462	214	215	199	334	28	20	27	76	62	83	96	39	32	36	44	15	33	30	12	61	52	27	15	12	10	28	24	18
11		274	498	476	449	204	222	214	295	24	21	22	67	56	79	82	34	29	33	37	18	29	28	15	64	48	30	14	16	12	28	20	16
12		233	458	465	398	197	216	212	295	19	16	20	58	60	69	82	34	31	29	31	17	29	25	13	62	49	29	16	15	12	26	19	19
13		294	502	476	430	224	242	250	348	24	21	23	63	64	72	89	38	31	29	30	16	34	29	17	71	54	32	20	19	15	28	26	22
14		273	462	471	398	220	257	255	348	20	20	18	55	52	61	85	38	32	27	28	13	33	27	16	72	56	32	18	18	15	31	23	23
15		278	432	468	388	226	276	257	347	25	19	18	50	54	52	92	41	34	21	23	14	33	24	19	85	57	35	22	16	16	33	22	23
16夕ピーク		286	434	488	372	225	310	262	352	26	20	18	56	60	50	108	44	39	22	19	16	37	25	22	94	69	42	22	18	18	37	22	31
17夕ピーク		323	498	547	429	266	349	274	374	29	25	20	72	77	53	124	58	42	28	26	24	47	27	28	110	70	49	25	20	24	55	24	27
18夕ピーク		294	509	549	400	263	309	233	318	24	23	17	80	63	50	100	49	40	29	25	26	42	28	26	95	59	36	19	18	20	39	23	22
19夕ピーク		228	362	433	326	210	249	191	264	17	18	12	59	50	39	89	34	27	25	21	22	32	24	22	82	51	33	17	13	18	30	18	15
20		190	276	332	254	156	217	156	220	17	16	10	49	40	30	74	24	16	21	16	22	25	18	17	71	46	31	14	11	13	28	15	17
21		165	230	303	230	134	206	130	193	14	13	10	38	34	29	64	21	14	16	14	23	23	16	13	66	42	32	13	11	10	24	15	15
22		148	184	256	209	110	198	98	144	9	8	6	14	16	12	18	8	6	9	6	9	8	6	7	18	14	13	8	7	6	8	10	12
23		144	151	249	213	98	191	78	116	11	9	6	15	17	10	24	9	6	12	8	14	11	7	8	25	17	18	10	8	5	8	8	10
朝ピーク		163	306	371	219	98	152	153	318	16	18	16	52	40	52	86	30	31	19	19	10	17	15	5	49	35	19	15	16	5	21	38	20
夕ピーク		283	451	505	381	241	304	240	327	24	21	17	67	62	48	105	46	37	26	23	22	39	26	25	95	62	40	21	17	20	40	22	24

表-4.3.4 各路線からの流入交通量の日変動（1号環状線）

			池田→環状	守口→環状	東大阪→環状	井東→環状	松原→環状	堺→環状	井西→環状
10月1日	水	平	51,891	48,671	13,239	31,002	42,300	41,232	15,955
10月2日	木	平	53,557	49,214	13,278	31,668	44,406	42,227	15,844
10月3日	金	平	55,134	50,286	13,505	32,334	45,548	43,478	15,770
10月4日	土	土	49,380	44,980	11,329	33,439	42,629	38,178	13,049
10月5日	日	休	37,929	31,167	8,560	25,849	32,500	27,888	8,351
10月6日	月	平	50,347	48,106	12,808	30,942	41,729	40,612	16,400
10月7日	火	平	52,458	48,652	13,023	32,280	44,236	41,070	16,203
10月8日	水	平	53,093	48,675	13,118	32,083	44,726	40,931	16,293
10月9日	木	平	53,093	49,437	13,339	32,206	45,014	41,349	16,106
10月10日	金	平	56,715	51,251	14,152	32,176	48,012	43,500	17,924
10月11日	土	土	51,456	45,444	11,472	33,927	43,676	37,856	12,633
10月12日	日	休	44,576	37,053	9,522	31,930	36,563	31,485	10,686
10月13日	月	休	44,958	34,885	8,380	30,716	35,333	31,625	10,316
10月14日	火	平	49,902	45,955	13,052	27,643	40,627	37,220	16,128
10月15日	水	平	53,556	50,083	12,792	31,732	45,068	41,669	16,154
10月16日	木	平	53,590	49,722	13,112	31,265	45,409	39,885	15,746
10月17日	金	平	55,716	50,426	13,840	32,992	47,244	43,004	17,367
10月18日	土	土	50,001	46,041	11,807	34,018	42,813	38,892	13,692
10月19日	日	休	40,131	33,721	10,763	28,884	35,368	30,316	9,025
10月20日	月	平	52,726	48,723	13,208	31,542	43,981	41,083	16,594
10月21日	火	平	52,884	49,520	13,305	31,503	43,854	40,840	16,334
10月22日	水	平	52,148	49,007	12,824	30,829	44,322	40,363	16,547
10月23日	木	平	52,749	49,014	12,746	30,902	43,786	41,057	16,552
10月24日	金	平	54,765	49,725	13,324	31,892	44,643	40,900	16,487
10月25日	土	土	51,047	46,850	12,111	33,918	45,108	39,087	14,127
10月26日	日	休	42,082	34,875	9,182	29,553	36,700	30,847	10,059
10月27日	月	平	52,388	49,103	12,938	30,855	43,447	41,001	16,422
10月28日	火	平	53,683	49,309	13,006	30,530	44,982	41,469	16,064
10月29日	水	平	53,165	47,103	13,077	30,656	44,158	40,148	16,350
10月30日	木	平	54,426	50,353	13,113	31,932	45,655	42,088	16,590
10月31日	金	平	55,845	51,976	14,469	32,058	47,683	43,506	17,020
全日平均			51,142	46,430	12,400	31,395	42,952	39,187	14,929
平日平均		平	53,356	49,287	13,239	31,410	44,583	41,301	16,402
土曜平均		土	50,471	45,829	11,680	33,826	43,557	38,503	13,375
休日平均		休	41,935	34,340	9,281	29,386	35,293	30,432	9,687
変動係数			0.09	0.12	0.13	0.05	0.09	0.11	0.18

表-4.3.5 各路線からの流入交通量の時間帯変動（1号環状線）

時間帯	入口	池田→環状	守口→環状	東大阪→環状	井東→環状	松原→環状	堺→環状	井西→環状
0		645	732	168	525	575	604	167
1		460	563	137	425	458	450	120
2		350	472	92	346	379	359	96
3		323	388	67	342	361	296	63
4		386	479	65	403	467	360	71
5		658	933	137	650	843	761	206
6	朝ピーク	1,842	2,466	319	1,180	2,409	2,105	655
7	朝ピーク	2,994	3,121	569	1,573	2,998	2,577	891
8	朝ピーク	3,101	3,108	690	1,651	2,868	2,466	1,092
9	朝ピーク	3,204	2,791	744	1,710	2,668	2,266	964
10		3,177	2,703	801	1,776	2,508	2,273	916
11		3,121	2,680	820	1,782	2,437	2,138	912
12		2,892	2,684	774	1,716	2,405	2,120	896
13		3,125	2,727	842	1,789	2,468	2,218	964
14		3,303	2,738	874	1,866	2,525	2,248	983
15		3,416	2,723	903	1,907	2,709	2,292	1,003
16	タピーク	3,385	2,729	916	1,918	2,846	2,416	1,035
17	タピーク	3,392	2,942	924	1,900	2,805	2,446	1,089
18	タピーク	3,256	2,566	813	1,854	2,415	2,382	923
19	タピーク	2,750	1,990	570	1,728	1,790	1,834	630
20		1,971	1,599	405	1,405	1,335	1,472	447
21		1,478	1,336	320	1,265	1,093	1,306	351
22		1,088	1,059	252	980	877	1,023	261
23		825	898	198	705	715	776	194
朝ピーク		2785	2872	581	1528	2736	2354	900
タピーク		3196	2557	806	1850	2464	2269	919

4.3.2 1号環状線における交通障害発生状況

本項では2008年10月に環状線内で発生した交通障害と、その交通障害によって発生した渋滞損失時間の発生程度について整理する。また、交通障害継続時間が非常に小さい交通障害については渋滞損失時間に与える影響が小さいと考えられるため、10分以上交通障害が継続している交通障害に焦点を当てて整理した。

10月に環状線で発生した継続時間が10分以上ある交通障害は198件であった。その198件のうち、交通障害による渋滞損失時間が観測されていたのは78件であり、表-4.3.6に示す。表-4.3.6に記載の渋滞損失時間は当該交通障害によって発生したと思われる渋滞損失時間の5分毎15分単位観測合計値の最大値を記載している。つまり、7:00の値は7:00～7:05、7:05～7:10、7:10～7:15の観測値の合計値であり、7:05の値は7:05～7:10、7:10～7:15、7:15～7:20の観測値の合計値としている。

表-4.3.6のNo.1～11は松原線上り合流～堺線上り合流にかけての区間であるが、環状線の渋滞よりも松原線上り方向への渋滞の延伸が特徴的である。

また、No.12～21については松原線下り合流～東大阪線下り合流、井東合流にかけての区間であるが、交通障害による渋滞発生は限定的である。

No.22～34にかけて井西（西行き）方向の交通障害による影響を示しているが、井西は東大阪線、環状線から神戸線、環状線、大阪港線に抜けていく織り込み区間でもあることから、平常時でも井西先頭渋滞の渋滞発生地点となっており、主として東大阪線にかけて交通障害の影響は比較的大きい。

No.35～41は東大阪線下り合流～守口線下り合流にかけての区間であるが、池田線、守口線、環状線から東大阪線、松原線、神戸線、大阪港線に抜けていく織り込み区間であることから、平常時においても守環合流部渋滞の渋滞発生地点となっており、主として守口線にかけて大きく渋滞が延伸している様子が見てとれる。

No.42～50は守口線下り合流～池田線下り合流にかけての区間であるが、No.45～47など池田線合流部付近で交通障害が発生することで大きな渋滞が発生している様子が見て取れる。これは池田線が、環状線に流入する各放射路線の中で、最も大きな流入交通量を有していることが一因として考えられる。

No.51～63は池田線下り合流～井西合流にかけての区間であるが他と比較して交通障害発生による渋滞損失時間の発生量が大きい傾向がある。これは本区間とそれに連なるNo.64～76の区間にも言えることであるが、四ツ橋入口、井西、信濃橋入口の流入と大阪港線、神戸線、東大阪線への流出があり、連続して大きな交通量の織り込みが左右から発生し、なおかつ堺線、松原線といった2路線の大きな流入交通が本区間に供給されていることから、本区間は阪神高速においても有数の渋滞発生区間となっている。車両の動きも複雑で交通量も多いため、交通障害が発生しやすく、その影響も大きいと考えられる。

No.77～78は井東（東行き）方向の交通障害を示しているが、交通障害による渋滞発生は限定的である。

また、全体的に発生時刻が 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とともに、交通障害継続時間が長いほど大きい渋滞損失時間が観測されている傾向にもある。

表-4.3.6 交通障害と最大渋滞損失時間(分・台)(1号環状線)

No	発生日時	解除日時	継続時間	系統名	原因	程度	場所(kp)	環状線	池田線	井西	堺線	千日前	松原線	井東	大阪港	大阪線	守口線	備考	
1	10/3 11:56	10/3 12:38	0:42	環状線	落下物	1車障害	10.0 - 7.7	1,296	0	0	0	0	8,972	0	0	0	0	No.9と同様	
2	10/17 12:34	10/17 13:21	0:47	環状線	故障	1車障害	10	122	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	10/27 6:40	10/27 6:51	0:11	環状線	故障	1車障害	10	1,431	0	0	0	0	4,296	0	0	0	0	0	
4	10/19 9:58	10/19 10:51	0:53	環状線	工事	1車障害	9.5	3,407	0	0	0	0	6,603	0	0	0	0	No.5と同様	
5	10/19 10:11	10/19 10:51	0:40	環状線	工事	半車障害	9.5	3,407	0	0	0	0	6,603	0	0	0	0	0	
6	10/14 13:09	10/14 13:29	0:20	環状線	故障	1車障害	9.5 - 8.5	589	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
7	10/11 9:39	10/11 10:11	0:32	環状線	緊急工事	1車障害	9.1	1,193	0	0	0	0	6,472	0	0	0	0	0	
8	10/24 7:49	10/24 8:05	0:16	環状線	事故	1車障害	9	9,293	0	2,160	4,022	183	12,841	0	0	0	571	No.52と同様	
9	10/3 12:08	10/3 12:48	0:40	環状線	故障	1車障害	8.7	1,296	0	0	0	0	8,972	0	0	0	0	0	
10	10/6 9:58	10/6 10:08	0:10	環状線	緊急工事	1車障害	8.6	607	0	0	0	0	747	0	0	0	0	0	
11	10/28 10:04	10/28 10:51	0:47	環状線	落下物	踏肩障害	8.5 - 2.5	1,182	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12	10/8 10:40	10/8 10:54	0:14	環状線	緊急工事	1車障害	7.3	1,645	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13	10/1 13:24	10/1 14:18	0:54	環状線	緊急工事	1車障害	6.6 - 6.4	3,897	120	0	0	0	0	1,024	4,139	246	199	0	
14	10/11 14:42	10/11 15:04	0:22	環状線	緊急工事	1車障害	6.5	1,764	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	10/24 13:25	10/24 13:42	0:17	環状線	緊急工事	1車障害	6.5	2,600	0	0	0	0	0	525	0	0	229	0	
16	10/30 17:11	10/30 17:27	0:16	環状線	落下物	1車障害	6.1	1,038	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17	10/8 10:52	10/8 11:07	0:15	環状線	事故	1車障害	5.8	1,444	0	0	0	0	0	352	0	0	0	0	
18	10/22 10:32	10/22 10:42	0:10	環状線	緊急工事	1車障害	5.6	744	0	0	0	0	0	146	0	440	0	0	
19	10/16 12:23	10/16 13:01	0:38	環状線	故障	1車障害	0.3	270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20	10/27 10:30	10/27 10:54	0:24	環状線	故障	1車障害	0	600	0	0	0	0	0	0	0	0	1,347	0	
21	10/31 14:25	10/31 14:55	0:30	環状線	事故	1車障害	0.1	506	0	0	0	0	0	0	0	0	0	954	0
22	10/18 13:49	10/18 14:11	0:22	井池線西行き	故障	1車障害	1.3	0	0	291	0	0	0	0	0	0	0	0	
23	10/8 10:49	10/8 11:00	0:11	井池線西行き	緊急工事	1車障害	1.1	0	0	288	0	0	0	0	0	0	0	0	
24	10/19 12:00	10/19 13:13	6:13	井池線西行き	工事	1車障害	1.0 - 0.7	139	0	1,243	0	0	0	0	0	0	968	0	
25	10/8 15:51	10/8 16:01	0:10	井池線西行き	緊急工事	1車障害	0.9	0	0	548	0	0	0	0	0	0	313	0	
26	10/31 18:23	10/31 19:59	1:36	井池線西行き	事故	1車障害	0.8	5,532	10,693	602	0	0	0	0	0	0	713	3,767	0
27	10/4 11:32	10/4 11:43	0:11	井池線西行き	落下物	1車障害	0.8	0	0	1,529	0	0	0	0	0	0	0	0	
28	10/7 7:06	10/7 7:16	0:10	井池線西行き	故障	1車障害	0.4	2,405	334	485	0	0	0	0	0	0	10,835	7,037	0
29	10/13 9:20	10/13 9:46	0:26	井池線西行き	事故	1車障害	0.4	1,066	0	380	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	10/30 10:19	10/30 10:29	0:10	井池線西行き	事故	1車障害	0.4	2,556	1,230	397	0	0	0	0	0	0	688	3,087	0
31	10/14 15:03	10/14 15:20	0:17	井池線西行き	事故	1車障害	0.3	3,663	1,178	392	0	0	0	0	0	0	0	6,519	0
32	10/9 16:56	10/9 17:26	0:30	井池線西行き	故障	1車障害	0.2	1,203	0	105	0	0	0	0	0	0	0	1,226	0
33	10/19 19:12	10/19 21:01	1:49	井池線西行き	事故	1車障害	0	4,969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	692	No.35と同様
34	10/24 8:38	10/24 8:51	0:13	井池線西行き	事故	1車障害	0	3,575	2,701	1,372	0	0	0	0	0	0	802	12,090	No.36と同様
35	10/19 19:13	10/19 20:32	1:19	環状線	事故	1車障害	5	4,969	0	0	0	0	0	0	0	0	0	692	0
36	10/24 8:38	10/24 9:10	0:32	環状線	事故	1車障害	4.8	3,575	2,701	0	0	0	0	0	0	0	0	12,090	0
37	10/10 9:05	10/10 9:59	0:54	環状線	事故	1車障害	4.4	11,047	12,097	970	4,616	271	10,608	0	0	0	7,896	20,202	0
38	10/27 18:30	10/27 18:44	0:14	環状線	その他	1車障害	4.4	2,116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,770	0

表-4.3.6 交通障害と最大渋滞損失時間(分・台)(1号環状線)

No	発生日時	解除日時	継続時間	系統名	原因	程度	場所(kp)	環状線	池田線	井西	堺線	千日前	松原線	井東	大阪港	東大阪線	守口線	備考
39	10/17 11:04	10/17 11:52	0:48	環状線	事故	1車障害	4.3	1,856	2,800	0	0	0	0	0	0	0	10,775	
40	10/17 16:48	10/17 17:25	0:37	環状線	事故	1車障害	4.1	2,150	2,928	0	0	0	0	0	0	0	8,901	
41	10/11 6:39	10/11 6:52	0:13	環状線	落下物	1車障害	4.0 - 3.0	221	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	10/23 18:32	10/23 19:07	0:35	環状線	事故	1車障害	3.8	1,603	6,361	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	10/6 5:52	10/6 7:00	1:08	環状線	事故	1車障害	3.6	890	904	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	10/14 17:08	10/14 17:19	0:11	環状線	事故	1車障害	3.5	1,029	665	0	0	0	0	0	0	0	0	0
45	10/9 8:03	10/9 8:41	0:38	環状線	事故	1車障害	3.2	5,391	7,395	1,145	3,827	0	0	0	0	6,100	0	0
46	10/1 8:06	10/1 9:06	1:00	環状線	事故	1車障害	3.1	3,120	19,155	415	0	0	0	0	0	0	0	0
47	10/14 13:57	10/14 14:32	0:35	環状線	故障	1車障害	3.1	5,476	734	909	3,732	254	0	0	0	0	0	0
48	10/5 11:09	10/5 12:10	1:01	環状線	事故	1車障害	3	429	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
49	10/12 8:11	10/12 12:35	4:24	環状線	工事	2車障害	3.0 - 2.9	2,481	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	10/30 9:50	10/30 10:00	0:10	環状線	落下物	1車障害	3.0 - 1.0	1,145	901	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	10/1 10:11	10/1 10:31	0:20	環状線	緊急工事	1車障害	2.9	6,896	668	635	337	0	0	0	0	5,431	0	0
52	10/24 7:08	10/24 7:56	0:48	環状線	事故	1車障害	2.9	9,293	0	2,180	4,022	183	12,841	0	0	12,121	571	0
53	10/20 16:30	10/20 16:44	0:14	環状線	落下物	1車障害	2.8	369	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
54	10/14 17:38	10/14 19:20	1:42	環状線	故障	1車障害	2.5	15,229	0	2,453	10,770	765	14,281	0	0	3,131	0	0
55	10/8 9:36	10/8 9:54	0:18	環状線	事故	1車障害	2.4	9,187	0	1,086	4,314	388	646	0	0	547	1,888	0
56	10/10 9:16	10/10 9:27	0:11	環状線	事故	1車障害	2.4	8,794	3,061	1,098	4,196	296	8,589	0	0	0	12,348	0
57	10/11 8:09	10/11 8:27	0:18	環状線	事故	1車障害	2.4	2,783	0	0	4,029	0	0	0	0	0	0	0
58	10/12 10:47	10/12 11:57	1:10	環状線	事故	1車障害	2.4	13,940	0	516	11,410	399	6,290	0	0	493	182	No.71と同様
59	10/18 13:43	10/18 14:27	0:44	環状線	事故	1車障害	2.2	11,251	0	291	5,601	345	5,032	0	0	0	0	No.60と同様
60	10/18 13:53	10/18 14:12	0:19	環状線	落下物	1車障害	2.1	11,251	0	291	5,601	345	5,032	0	0	0	0	0
61	10/28 17:57	10/28 18:13	0:16	環状線	落下物	1車障害	2	6,159	0	489	5,138	0	887	0	0	178	0	0
62	10/31 18:33	10/31 18:47	0:14	環状線	落下物	1車障害	2	459	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	10/31 19:00	10/31 20:20	1:20	環状線	事故	1車障害	1.8	4,117	0	0	4,935	0	0	0	0	0	0	0
64	10/9 7:45	10/9 7:55	0:10	環状線	落下物	1車障害	1.6	2,459	0	894	2,759	0	0	0	0	6,304	0	0
65	10/14 11:26	10/14 12:06	0:40	環状線	事故	1車障害	1.6	7,549	0	612	5,451	0	0	0	0	6,663	0	0
66	10/18 14:25	10/18 14:39	0:14	環状線	事故	1車障害	1.4	3,325	0	0	3,254	0	0	0	0	3,642	0	0
67	10/1 6:40	10/1 7:06	0:26	環状線	事故	1車障害	0.1	4,634	0	0	5,044	0	0	0	0	0	0	0
68	10/14 16:58	10/14 18:21	1:23	環状線	事故	1車障害	0.2	5,924	0	0	11,987	229	7,506	0	0	0	0	No.69と同様
69	10/14 17:03	10/14 17:41	0:38	環状線	事故	1車障害	0.2 - 0.0	5,924	0	0	11,987	229	7,506	0	0	0	0	0
70	10/24 13:41	10/24 14:38	0:57	環状線	故障	1車障害	1	7,549	0	0	8,555	520	9,242	0	0	2,222	182	0
71	10/12 11:37	10/12 12:14	0:37	環状線	故障	1車障害	0.9	13,940	0	516	11,410	399	6,290	0	0	493	182	0
72	10/11 10:01	10/11 10:54	0:53	環状線	事故	1車障害	0.8	5,136	0	0	6,051	409	5,056	0	0	0	0	0
73	10/18 17:58	10/18 18:17	0:19	環状線	落下物	1車障害	0.3	1,589	0	0	4,411	171	0	0	0	0	0	0
74	10/22 12:45	10/22 12:58	0:13	環状線	事故	1車障害	0.3	400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75	10/17 9:54	10/17 10:16	0:22	環状線	落下物	1車障害	0	922	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76	10/27 6:51	10/27 7:19	0:28	環状線	故障	1車障害	0	320	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
77	10/6 14:40	10/6 14:52	0:12	井池線真行寺	緊急工事	1車障害	0.9	0	0	0	0	0	0	654	1,277	0	0	0
78	10/18 10:21	10/18 10:41	0:20	井池線真行寺	落下物	1車障害	0.9	533	0	0	0	0	0	543	168	0	0	0

4.3.3 1号環状線における交通障害発生時の交通量変動分析

前項までは日々の交通量変動，交通障害発生状況とそれによる渋滞発生程度について整理した．本項では前項で示した表-4.3.6の中から①～③の3例をピックアップし，交通量変動について分析を行う．

① 表-4.3.6中のNo.4, 5交通障害による交通量変動

表-4.3.6中のNo.4, 5交通障害は10/19(日)の9:58～10:51の約50分間，9.5kpの地点で工事を行っていた．表-4.3.7に当該交通障害に関連があると思われる，えびす入口交通量と松原線→環状線流入量の交通量変動，図-4.3.4に松原線→環状線流入交通量の変動をグラフ化したものを示す．

表-4.3.7に示す数値は入口交通量，渋滞損失時間ともに全て5分毎15分単位に集計した数値(つまり，10:00の値は10:00～10:05，10:05～10:10，10:10～10:15の観測値の合計値であり，10:05の値は10:05～10:10，10:10～10:15，10:15～10:20の観測値の合計値としている。)であり，黄色でハッチングしている部分は交通障害が発生していた時間帯を示している．また，交通障害発生時間帯のみを合計した合計値，及び交通障害発生時間～11:20までを合計した合計値及び10/19と平均値との割合を下段に示している．11:20は図-4.3.4から松原線流入量への影響が収束していると思われる時間帯である．

表中のAvと記載している部分の数値については表中の備考に記載の通り，12日(日)は環状線No.58の交通障害，松原線上りの交通障害(9時～17時程度まで工事)，26日(日)は松原線上りの交通障害(10時～12時までで事故)発生の影響があったと思われるため集計から削除している．つまり，えびすAvは5日(日)，26日(日)の平均値，松原Avは5日(日)の値を用いている．

表-4.3.7のえびす入口交通量の10/19と平均値との比較割合を見ると109%とむしろ増加しており，えびす交通量については当該交通障害による影響をほとんど受けていないと推察される．また，松原線から環状線への流入量を見ると，交通障害発生時間帯で平均値と比較すると流入交通量は87%と減少しているが，10:00～11:20までの合計値を見ると102%となっており，トータルで見て交通量の減少が見られない．

図-4.3.4は前述の松原線から環状線への流入交通量の増減をグラフで示しており，交通障害発生時間帯は減少しているが，交通障害が終了し，渋滞損失時間が低下していくとともに流入交通量が増加し，最終的には交通量減少はあまり見られていない．これは渋滞が延伸していくとともに区間速度が低下し，流入断面交通量は一時的に減少するが，渋滞が解消する時には，回復した速度と高密度な交通流が流入するため一時的に流入交通量が増加し，トータルとしては松原線からの流入交通量は減少していないという結果になったと推察される．

表-4.3.7 10/19（日）環状線 9.5kp 交通障害による交通量変動

	えびす			14号松原線流入量			渋滞損失時間		
	10/19	Av	割合	10/19	Av	割合	環状線	松原線	合計
9:30	40	28	143%	663	538	123%	16	0	16
9:35	33	29	114%	650	556	117%	10	0	10
9:40	29	32	92%	662	571	116%	13	0	13
9:45	33	38	87%	630	559	113%	4	0	4
9:50	28	33	86%	623	572	109%	7	0	7
9:55	28	32	89%	582	540	108%	176	0	176
10:00	26	29	91%	591	579	102%	586	0	586
10:05	32	31	105%	587	580	101%	1,532	0	1,532
10:10	37	29	130%	580	603	96%	2,422	164	2,586
10:15	35	29	121%	539	588	92%	2,997	587	3,584
10:20	28	28	100%	505	621	81%	3,132	984	4,116
10:25	26	35	75%	492	639	77%	3,245	1,460	4,705
10:30	44	39	114%	482	654	74%	3,407	2,232	5,639
10:35	49	39	126%	471	626	75%	3,184	3,788	6,972
10:40	52	39	133%	430	624	69%	2,419	5,906	8,325
10:45	35	38	93%	517	605	85%	1,307	6,603	7,910
10:50	33	41	81%	630	589	107%	462	5,484	5,946
10:55	35	40	89%	769	549	140%	103	3,398	3,501
11:00	46	38	121%	829	552	150%	160	1,662	1,822
11:05	48	37	130%	809	548	148%	303	945	1,248
11:10	45	38	118%	767	558	137%	373	273	646
11:15	40	39	104%	676	554	122%	299	145	444
11:20	43	43	100%	615	585	105%	139	28	167
11:25	39	39	101%	572	582	98%	18	28	46
11:30	34	44	78%	559	549	102%	0	0	0
交通障害発生 時間帯合計	357	327	109%	5,259	6,054	87%			
交通障害発生 ～11:20まで合計	654	608	108%	10,289	10,054	102%			
備考	12日は環状線No.58の交通障害、松原線上りの交通障害、26日は松原線上りの交通障害発生の影響があるためアレージから削除。えびすAvは5日、26日の平均値、松原Avは19日のみ。								

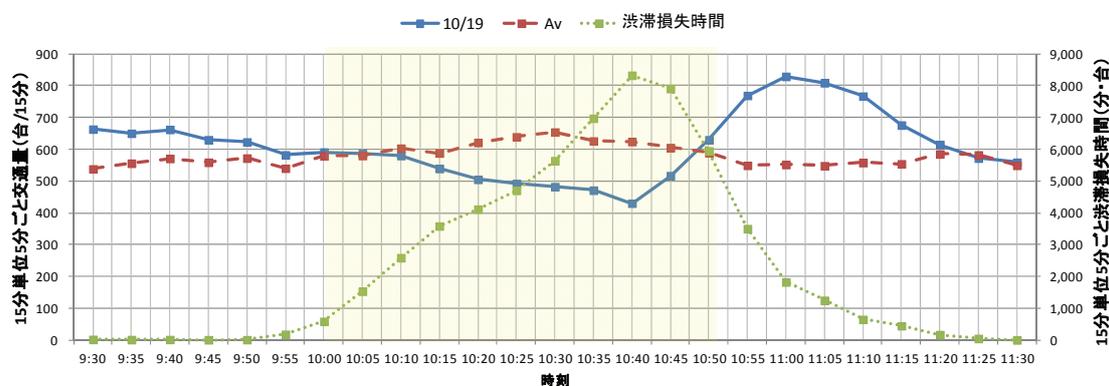


図-4.3.4 10/19（日）環状線 9.5kp 交通障害による交通量変動（松原線からの流入量）

② 表-4.3.6 中の No. 26 交通障害による交通量変動

表-4.3.6 中の No.26 交通障害は 10/31 (金) の 18:23~19:59 の約 1 時間半, 井池西 0.8kp の地点で事故による交通障害が発生していた。表-4.3.8 に当該交通障害に関連があると思われる, 高麗橋・堂島入口交通量と 13 号東大阪線, 12 号守口線, 11 号池田線流入量の交通量変動, 図-4.3.5 に堂島入口交通量, 図-4.3.6 に池田線から環状線への流入交通量の変動をグラフ化したものを示す。

表-4.3.8 に示す数値は入口交通量, 渋滞損失時間ともに全て 5 分毎 15 分単位に集計した数値であり, 黄色でハッチングしている部分は交通障害が発生していた時間帯を示している。また, 交通障害発生時間帯のみを合計した合計値及び 10/31 と平均値との割合を下段に示している。表中の Av と記載している部分の数値については表中の備考に記載の通り, 全て 3 日 (金), 10 日 (金), 17 日 (金), 24 日 (金) の平均値を用いている。

表-4.3.8 の交通障害発生時間帯前の交通量観測値を見ると, 交通障害発生前から平均値より低い値が観測されているため, 当該日時間帯交通量はもともと需要レベルが低かった可能性があり, その点を考慮に入れて観測結果を考察する。表-4.3.8 の高麗橋・堂島入口交通量の 10/31 と平均値との比較割合を見ると高麗橋が 94%, 堂島が 88%となっており, 図-4.3.5 からも堂島において交通障害発生による交通量減少傾向がみられる。堂島からの主な利用交通は OD データから守口線利用が主となっているため, 付近の守口線下り扇町入口交通量への転換が想定される。当該時間帯の守口線下り扇町入口交通量の増減を調べたところ, 10/31 が 314 台と Av が 294 台 (10/31 と Av (10/3, 10/10, 10/17, 10/24 の平均値) の 18:30~20:00 の 5 分間交通量を当該時間帯分合計した値) と増加傾向が見られたことから利用を取りやめ, もしくは渋滞を回避して扇町に転換したことによって堂島交通量が減少している可能性がある。

また, 路線からの流入交通量を見ると, 東大阪線については①で説明した松原線流入量と同じく, 時間帯交通量の減少と増加が観測されており, 全体的に見て明確な交通量減少は見取れない。守口線について 10/31 と平均値との比較割合を見ると 93%となっており, また, 交通障害発生前後の時間帯の 10/31 と平均値との比較割合を見ると 93~98%となっているため, 当該日の需要が低かった可能性を考慮に入れると明確に減少傾向がみられたとは言い難い。

しかしながら, 池田線からの流入量は図-4.3.6 からも, 時間帯交通量の増加分を考慮に入れても全体的に明確な交通量減少が見取れる。池田線流入量の減少理由について表-4.3.9 に 10/31 と Av (10/3, 10/10, 10/17, 10/24 の平均値) の 18:30~20:00 の 5 分間交通量を当該時間帯分合計した値を比較したものを示す。池田線は当該交通障害の前に, 通常交通集中による渋滞で加島が 18:30~18:45, 豊中北が 18:30~18:50 まで入路閉鎖しており, その迂回流入交通の影響で塚本, 豊中南が増加している様子が見取れ, 梅田~豊中北の交通量を合計するとおよそ 200 台程度の減少が見取れる。また, 池田入口からの流入量が 300 台程度, またそれを含めた空港集約入口交通量が 400 台程度減少しており,

これらは阪神高速を利用せず、中国道・近畿道を利用した可能性があり、池田線流入交通量の減少の一因となっている可能性がある。

次に交通障害地点から上流の井西から環状線に流入する流入交通量を見てみると、表-4.3.8 から井西流入量の 10/31 と平均値との比較割合は 71%となっており、交通障害発生による交通量減少傾向がみられる。つまり、交通障害発生により、井西地点がボトルネックとなっており、環状線への流入量も減少していることが見て取れる。

表-4.3.8 10/31 (金) 井西 0.8kp 交通障害による交通量変動

	高麗橋		壺島		13号東大阪線流入量		11号池田線流入量		井西流入量		環状線		渋滞損失時間		合計											
	10/31	Average	10/31	Average	10/31	Average	10/31	Average	10/31	Average	割合	割合	東大阪線	守口線		池田線										
18:00	103	125	157	170	83%	108%	582	552	802	772	104%	105%	843	851	843	101%	382	330	116%	304	169	0	0	13	486	
18:05	103	126	166	166	82%	108%	541	553	724	775	93%	98%	845	845	842	100%	356	331	108%	238	146	0	0	13	397	
18:10	103	133	176	160	77%	105%	469	548	86%	724	775	93%	812	820	820	94%	290	327	88%	300	131	157	0	0	13	601
18:15	114	126	148	160	90%	108%	449	537	84%	744	783	95%	792	792	868	91%	217	306	71%	331	192	330	0	0	0	853
18:20	122	124	154	165	99%	107%	414	533	78%	753	771	98%	803	803	882	91%	178	295	60%	441	401	533	0	0	0	1,375
18:25	126	115	110%	171	160	107%	386	515	75%	707	760	93%	833	833	877	95%	169	286	58%	492	810	581	0	0	0	1,883
18:30	123	126	97%	155	157	99%	341	515	66%	625	719	87%	857	861	861	100%	151	295	51%	560	1,567	708	287	0	0	3,122
18:35	111	126	88%	147	150	98%	328	483	68%	547	699	78%	825	855	855	97%	124	296	42%	589	2,972	708	1,120	113	0	5,502
18:40	112	120	93%	129	148	87%	358	469	76%	515	682	76%	896	863	81%	132	291	45%	602	4,377	713	1,769	1,628	9,089		
18:45	104	110	95%	124	150	83%	371	437	85%	507	677	75%	648	868	75%	135	264	51%	515	5,482	613	2,594	2,752	11,956		
18:50	96	109	88%	107	152	71%	368	424	87%	514	664	77%	586	857	68%	136	238	57%	531	5,552	608	3,039	4,420	14,130		
18:55	88	109	81%	111	143	77%	348	418	83%	519	647	80%	619	838	74%	127	221	57%	474	5,197	648	3,697	5,357	15,373		
19:00	86	110	78%	117	137	86%	368	413	89%	541	618	88%	632	834	76%	131	214	61%	468	4,855	639	3,676	7,314	16,952		
19:05	102	102	100%	133	138	96%	392	418	94%	554	612	90%	627	829	76%	132	207	64%	366	4,609	603	3,568	8,261	17,407		
19:10	91	102	89%	128	140	91%	402	386	104%	526	600	88%	709	829	86%	128	208	62%	363	4,751	515	3,542	8,278	17,449		
19:15	85	99	86%	115	134	86%	409	370	111%	518	610	85%	680	819	83%	138	204	68%	426	4,536	507	3,767	7,366	16,602		
19:20	77	99	78%	103	126	82%	422	369	114%	537	596	90%	657	806	82%	156	201	78%	461	4,443	559	3,686	7,146	16,295		
19:25	89	99	90%	102	122	83%	437	371	118%	563	591	95%	685	779	88%	166	188	88%	472	3,924	537	3,465	6,400	14,798		
19:30	93	91	102%	101	115	88%	452	373	121%	571	566	101%	720	782	92%	162	183	88%	437	3,736	556	3,326	5,843	13,898		
19:35	93	90	103%	101	108	94%	452	351	129%	562	535	105%	817	762	107%	164	180	91%	477	3,502	505	3,224	4,194	11,902		
19:40	89	86	104%	88	105	84%	445	344	129%	567	516	110%	830	743	112%	192	174	110%	592	3,111	430	3,299	2,741	10,173		
19:45	88	90	98%	87	108	80%	392	339	116%	588	500	118%	807	685	118%	202	168	120%	588	2,310	228	2,730	1,295	7,151		
19:50	86	88	98%	89	112	80%	359	331	108%	681	507	134%	676	655	103%	206	161	128%	404	1,185	65	2,089	596	4,339		
19:55	93	79	118%	93	105	89%	320	328	98%	684	484	141%	525	611	86%	180	151	120%	138	451	0	954	107	1,650		
20:00	87	79	110%	98	104	95%	311	311	100%	611	487	125%	479	583	82%	170	152	112%	0	5	0	346	0	0	351	
20:05	85	73	117%	101	101	100%	271	314	86%	484	466	104%	497	557	89%	154	150	103%	0	0	0	0	0	0	0	
20:10	76	71	107%	103	100	104%	270	303	89%	443	474	94%	515	544	95%	150	152	99%	0	1	0	0	0	0	1	
20:15	73	62	117%	102	97	105%	284	290	91%	447	466	96%	539	552	98%	137	143	96%	0	1	0	0	0	0	1	
交通障害発生 時間帯合計	1,832	1,948	94%	2,201	2,508	88%	7,350	7,650	96%	10,826	11,581	93%	13,429	15,152	89%	2,931	4,128	71%								
備考	Avは全て3,10,17,24日の平均値																									

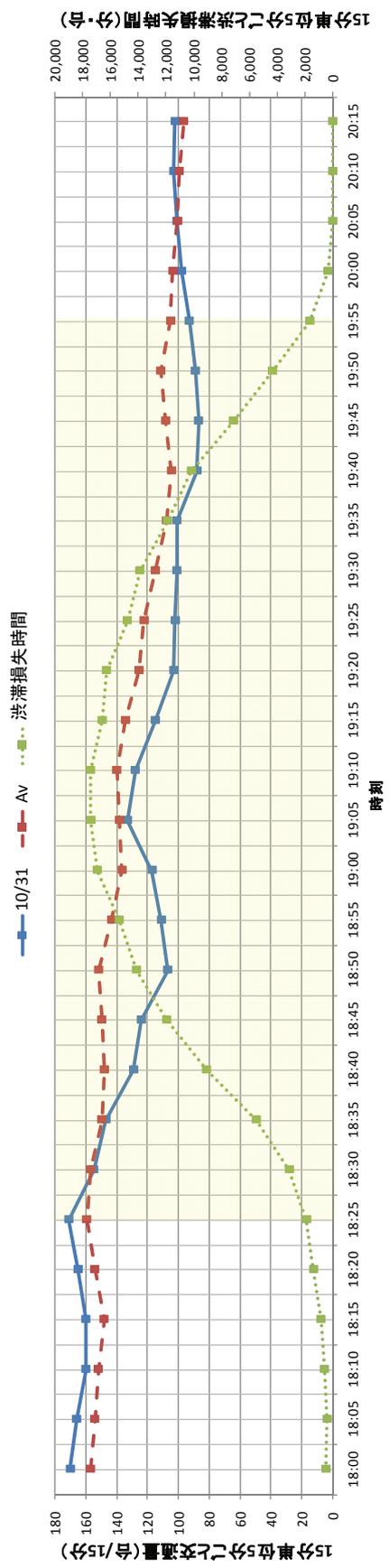


図-4.3.5 10/31 (金) 井西 0.8kp 交通障害による交通量変動 (堂島入口交通量)

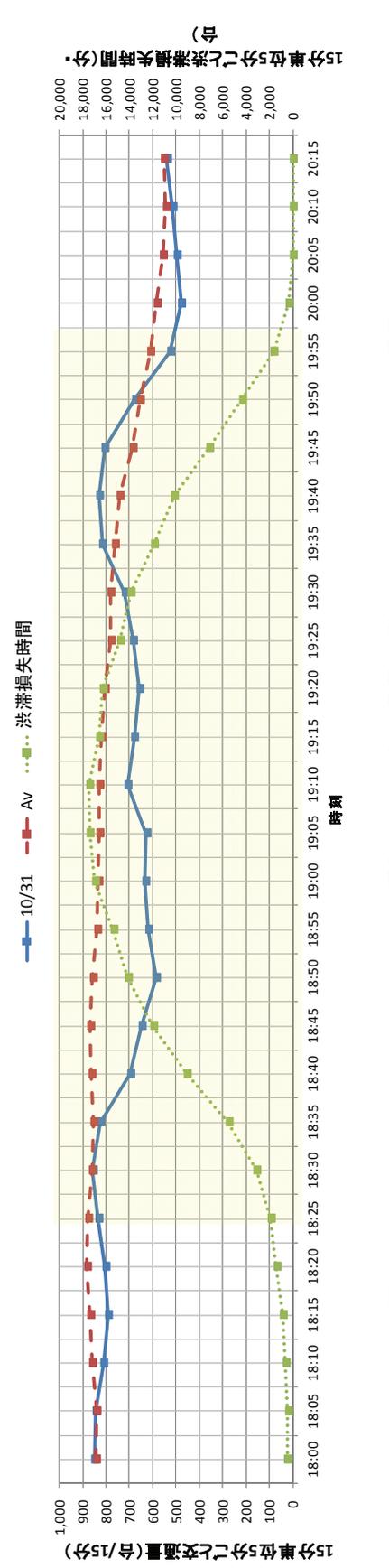


図-4.3.6 10/31 (金) 井西 0.8kp 交通障害による交通量変動 (池田線からの流入交通量)

表-4.3.9 池田線上り入口交通量の比較（18:30～20:00の合計値）

池田線上り入口	10/31	Av	割合	備考
梅田	767	799	96%	
塚本	554	483	115%	
加島	234	452	52%	18:30～18:45まで入路閉鎖
豊中南(名神)	717	781	92%	
豊中南	274	247	111%	
豊中北	136	245	55%	18:30～18:50まで入路閉鎖
空港集約	1,785	2,178	82%	
大阪空港	389	392	99%	
池田	980	1,276	77%	
川西小花	131	145	90%	
池田木部1	58	60	97%	
池田木部2	268	326	82%	
合計	4,508	5,204	87%	空港集約料金所は除く

③ 表-4.3.6中のNo.37交通障害による交通量変動

表-4.3.6中のNo.37交通障害は10/10（金）の9:05～9:59の約1時間、4.4kpの地点で事故による交通障害が発生していた。当該時間帯は朝ピーク時にあたり、池田線下り福島先頭渋滞と松原線上り駒川先頭渋滞とあわせて大きな渋滞損失時間が観測されている。表-4.3.10、表-4.3.11に当該交通障害に関連があると思われる、環状線の信濃橋、四ツ橋、高津、えびす、堂島入口交通量と12号守口線、11号池田線、15号堺線、14号松原線流入量の交通量変動、図-4.3.7に松原線から環状線への流入交通量の変動をグラフ化したものを示す。

表-4.3.10に示す数値は入口交通量、渋滞損失時間ともに全て5分毎15分単位に集計した数値であり、黄色でハッチングしている部分は交通障害が発生していた時間帯を示している。また、交通障害発生時間帯のみを合計した合計値及び10/10と平均値との割合を下段に示している。表中のAvと記載している部分の数値については表中の備考に記載の通り、24日（金）は環状線No.36の交通障害発生の影響がある可能性があるため、アベレージ集計から削除している。また、池田線流入量については、17日（金）は池田線上りの交通障害（8時～8時半まで事故）発生の影響があったと思われるためアベレージ集計から削除している。つまり、池田線流入量以外のAvは3日（金）、17日（金）、31日（金）の平均値、池田線流入量Avは3日（金）、31日（金）の平均値を用いている。

表-4.3.10の信濃橋、四ツ橋、高津、えびす入口交通量を見ると、えびす入口交通量に若干ではあるが減少傾向がみられる。しかしながら全体的に交通量がばらついており、明確に当該時間帯に交通量が減少しているとは言い難い。それに対して、堂島入口交通量の10/10と平均値との比較割合を見ると108%となっているが、もともと10/10の全体交通量が多い（交通障害発生時間帯以外の比較では116%）ため、僅かながら減少傾向があると考えても良いだろう。堂島からの主な利用交通はODデータから守口線利用が主となっているため、②と同じく付近の守口線下り扇町入口交通量を調べたところ、10/10が533台とAvが487台（10/10とAvの8:00～10:30の5分間交通量を当該時間帯分合計した値）と

増加傾向が見られたことから交通障害発生によって利用を取りやめ、もしくは渋滞を回避して扇町に転換した可能性がある。

また、路線からの流入交通量を見ると、守口線、池田線、堺線、松原線から環状線への流入量は、時間帯交通量の増加分を考慮に入れても全体的に明確な交通量減少が見て取れる。減少理由について、松原線を例として表-4.3.11に10/10とAvの9:05~9:55の5分間交通量を当該時間帯分合計した値を比較した結果を示す。阿倍野~大堀入口にかけて全体的に減少傾向がみられる。しかしながら、松原線からの主な利用交通はODデータから池田線、環状線利用が主となっているため、阪神高速もしくは近畿道~中国道を用いる以外には長い距離一般道を経由する必要がある、西名阪、阪和道の交通量が減少していないことから近畿道への転換は考えにくく、全てが利用を取りやめたとは考えにくい。そこで付近の東大阪線上り高井田入口交通量を調べたところ、10/10が525台とAvが465台(10/10とAvの9:05~9:55の5分間交通量を当該時間帯分合計した値)と増加傾向が見られたことから松原線からの流入交通量の一部は交通障害発生によって利用を取りやめ、もしくは主要道路である大阪内環状線(国道479号線)を通って渋滞を回避して東大阪線上り高井田入口に転換した可能性がある。検証のため松原線上り駒川・喜連瓜破・三宅・大堀→池田合計OD交通量と高井田→池田交通量の増減について10/10の9時台の値と10/3, 10/31の9時台の平均値で比較した結果を図-4.3.8に示す。池田出口はどの入口からも上位3位の主要ODとなっている。図-4.3.8からも駒川・喜連瓜破・三宅・大堀→池田OD交通量が減少し、高井田→池田OD交通量が増加しており、前述の松原線から高井田への転換可能性を裏付ける結果となった。また、守口線において大幅な流入量低下がみられているが、これは守口線上り長柄で9:25~10:30、都島で9:30~10:25まで入路閉鎖が行われていた影響によるものである。

表4-3.10 10/10 (金) 環状4.4kp 交通障害による交通量変動

	信濃橋		四ツ橋		高津		えびす		壱島		10/10並瀬橋失時間					合計						
	10/10	割合	10/10	割合	10/10	割合	10/10	割合	10/10	割合	環状線	守口線	池田線	井西	堺		松原					
	Av		Av		Av		Av		Av													
8:00	91	94	37	47	79%	96	100	42	100%	124	129	0	248	0	160	0	551					
8:05	96	102	39	46	85%	94	97	38	99%	138	124	0	444	0	1,602	0	2,064					
8:10	101	106	38	46	82%	92	101	45	107%	139	118	0	679	0	3,428	0	4,168					
8:15	110	106	38	48	104%	99	99	43	100%	132	114	0	780	0	4,335	289	5,692					
8:20	112	102	44	51	86%	98	103	44	104%	144	114	0	937	0	4,116	491	6,151					
8:25	107	108	50	57	89%	97	104	36	85%	111	107	0	1,001	0	3,555	623	6,095					
8:30	109	119	54	62	88%	99	101	36	72%	120	118	0	998	0	3,935	462	6,545					
8:35	121	131	48	60	80%	106	90	37	117%	134	117	0	926	0	4,095	343	6,784					
8:40	134	128	59	63	94%	108	93	40	76%	143	122	0	838	0	3,874	504	7,341					
8:45	127	126	70	64	109%	106	92	41	85%	147	119	0	932	0	3,319	593	7,343					
8:50	135	127	74	73	101%	98	113	43	96%	159	125	0	779	0	2,959	1,017	7,979					
8:55	141	138	73	77	95%	111	98	54	116%	175	129	0	887	0	2,839	789	7,995					
9:00	163	155	78	82	95%	100	105	61	95%	182	138	0	584	0	3,259	694	9,812					
9:05	173	167	95	84	113%	93	104	63	109%	174	143	0	697	0	3,617	321	12,319					
9:10	173	167	103	85	121%	91	109	58	97%	166	150	0	1,107	0	3,994	508	16,062					
9:15	173	158	98	82	119%	88	106	53	99%	164	157	0	1,572	0	4,196	806	19,361					
9:20	156	158	88	86	103%	90	103	49	96%	181	163	0	1,935	0	4,171	5,584	29,857					
9:25	157	170	90	90	100%	102	91	44	85%	179	163	0	2,105	0	4,322	6,530	29,362					
9:30	150	179	109	97	112%	111	102	44	80%	173	160	0	8,610	0	10,026	4,080	7,597	45,070				
9:35	155	175	117	95	123%	107	106	47	88%	164	167	0	8,117	0	10,566	811	3,843	49,087				
9:40	160	172	117	87	134%	97	108	46	94%	171	173	0	9,933	0	11,804	742	3,342	8,555	52,882			
9:45	161	169	98	86	114%	90	100	45	98%	179	170	0	10,799	0	12,091	876	3,620	8,589	56,177			
9:50	174	173	91	81	113%	81	94	43	84%	180	165	0	11,194	0	17,507	966	4,414	8,404	54,579			
9:55	173	175	77	83	93%	85	96	49	88%	187	161	0	9,776	0	14,750	1,802	4,616	8,326	50,240			
10:00	171	170	87	85	103%	88	97	50	90%	192	161	0	544	0	12,899	10,292	836	4,293	8,640	37,504		
10:05	168	174	91	82	99%	89	93	65	120%	200	166	0	757	0	10,715	9,057	623	3,330	9,669	34,151		
10:10	165	171	90	100	90%	95	88	67	108%	189	189	0	990	0	9,992	8,171	599	3,190	10,608	33,550		
10:15	170	182	87	97	89%	99	87	71	114%	191	161	0	1,155	0	8,345	8,914	560	3,302	10,267	32,543		
10:20	167	176	89	99	90%	91	93	68	113%	182	151	0	1,383	0	8,599	9,266	615	3,325	8,531	31,719		
10:25	169	176	114	101	113%	78	92	60	85%	184	156	0	1,369	0	7,499	9,353	650	3,261	6,844	28,976		
10:30	165	166	104	101	103%	82	90	61	91%	176	150	0	1,107	0	8,531	9,644	602	3,220	5,661	28,765		
交通障害発生 時間帯合計	1,805	1,863	1,083	955	113%	1,035	1,118	541	93%	1,918	1,771	0	108%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
備考	24日は環状線No.36交通障害のためAvから削除。池田線流入量以外のAvは全て3.17.31日の平均値。池田線流入量は池田線より17日に交通障害発生のため17日を除外した平均値。																					

表-4.3.10 10/10 (金) 環状4.4kp 交通障害による交通量変動

	12号守口線流入量		11号池田線流入量		15号堺線流入量		14号松原線流入量		10/10渋滞損失時間					合計			
	10/10 Av	割合	10/10 Av	割合	10/10 Av	割合	10/10 Av	割合	環状線	守口線	池田線	井西	堺		松原		
8:00	899	920	889	893	726	725	100%	803	103%	25	118	0	248	160	0	551	
8:05	904	913	898	886	522	708	76%	827	800	18	0	444	1,602	0	2,064		
8:10	894	867	884	895	481	673	72%	810	804	24	37	0	679	3,428	0	4,168	
8:15	933	886	868	858	485	681	71%	765	810	125	163	0	780	4,335	289	5,692	
8:20	912	858	869	873	604	685	88%	722	807	256	351	0	937	4,116	491	6,151	
8:25	900	889	888	862	618	705	88%	731	782	438	478	0	1,001	3,555	623	6,095	
8:30	850	888	881	885	583	692	84%	791	778	555	595	0	998	3,935	462	6,545	
8:35	808	894	880	870	582	668	84%	833	773	733	687	0	926	4,095	343	6,784	
8:40	730	839	866	864	580	654	89%	749	775	838	1,133	18	974	3,874	504	7,341	
8:45	688	783	860	856	618	633	98%	717	772	932	1,578	18	903	3,319	593	7,343	
8:50	630	756	883	879	635	603	105%	700	753	93%	2,277	27	920	2,959	1,017	7,979	
8:55	603	759	893	893	622	594	105%	778	734	687	2,860	23	797	2,839	789	7,995	
9:00	548	764	925	892	586	598	98%	798	716	584	4,424	55	796	3,259	694	9,812	
9:05	536	767	924	878	550	614	90%	793	723	697	6,738	46	900	3,617	321	12,319	
9:10	513	749	949	914	530	613	86%	755	734	1,107	9,447	32	974	3,994	508	16,062	
9:15	496	753	853	920	504	614	82%	654	764	1,572	10,893	796	1,098	4,196	806	19,361	
9:20	459	735	797	934	509	637	80%	584	750	1,935	11,429	1,711	1,027	4,171	5,584	25,857	
9:25	467	709	722	923	495	627	79%	521	751	2,105	12,348	3,061	996	4,322	6,530	29,382	
9:30	453	690	771	925	525	629	83%	584	727	80%	13,909	10,026	848	4,080	7,597	45,070	
9:35	450	685	736	901	567	604	94%	607	714	85%	8,117	17,519	10,566	811	3,843	49,087	
9:40	431	689	767	892	566	600	94%	633	708	89%	8,933	19,506	11,804	742	3,342	8,555	52,882
9:45	479	680	787	885	508	603	84%	639	714	89%	10,799	20,202	12,091	876	3,620	8,589	56,177
9:50	556	679	872	901	467	618	76%	591	731	81%	11,194	17,507	12,094	966	4,414	8,404	54,579
9:55	684	684	890	899	481	633	76%	512	704	73%	9,776	14,750	11,802	970	4,616	8,326	50,240
10:00	737	682	899	907	564	629	99%	492	682	72%	544	12,899	10,292	836	4,293	8,640	37,504
10:05	744	666	871	886	603	634	95%	501	662	76%	757	10,715	9,057	623	3,330	9,669	34,151
10:10	711	654	870	860	622	634	98%	625	677	92%	990	9,992	8,171	599	3,190	10,608	33,550
10:15	655	658	858	848	622	651	96%	647	674	96%	1,155	8,345	8,914	560	3,302	10,267	32,543
10:20	609	684	859	873	622	653	95%	709	687	103%	1,383	8,599	9,266	615	3,325	8,531	31,719
10:25	587	712	880	901	619	652	95%	702	684	103%	1,369	7,499	9,353	650	3,261	6,844	28,976
10:30	616	722	85%	918	593	633	94%	709	685	104%	1,107	8,531	9,644	602	3,220	5,661	28,765
交通障害発生 時間帯合計	5,504	7,820	9,068	9,969	5,702	6,792	84%	6,873	8,020	86%							
備考																	

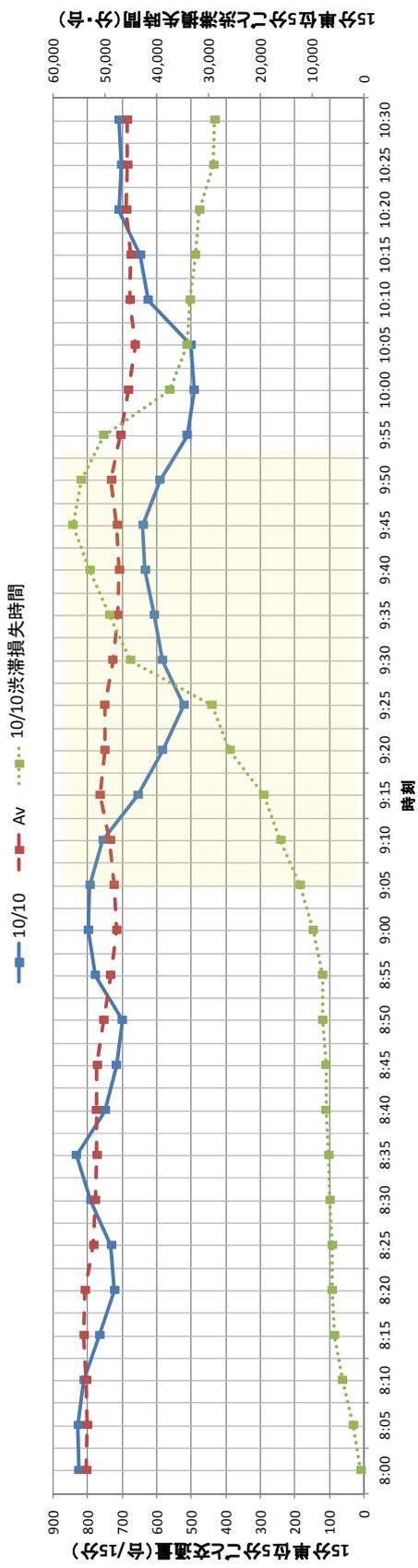


図-4.3.7 10/10 (金) 環状 4.4kp 交通障害による交通量変動 (松原線からの流入交通量)

表-4.3.11 松原線上り入口交通量の比較（18:30～20:00の合計値）

松原線上り入口	10/10	Av	割合
阿倍野	217	236	92%
駒川	362	424	85%
喜連瓜破	165	193	85%
三宅	294	347	85%
大堀	261	294	89%
阪和道	489	482	101%
西名阪	887	884	100%

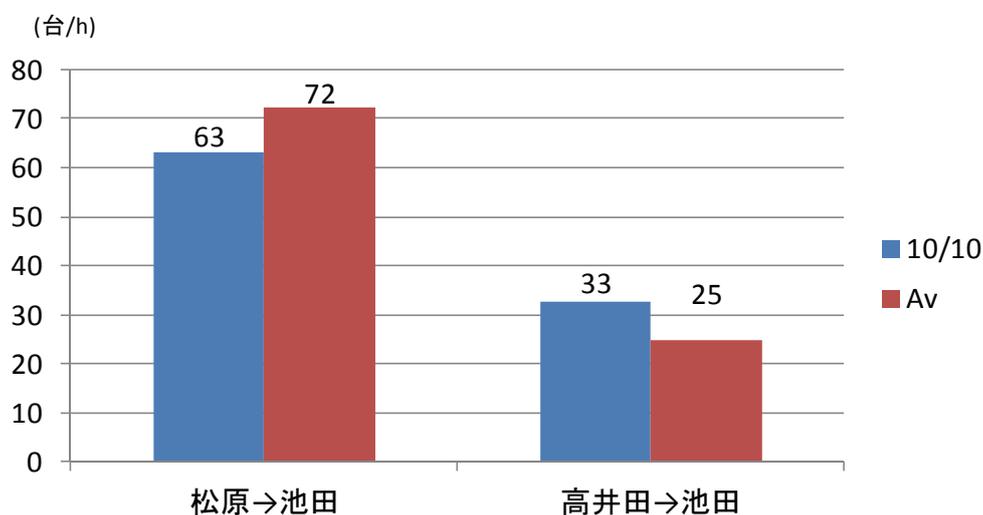


図-4.3.8 松原（駒川・喜連瓜破・三宅・大堀）→池田と高井田→池田の10/10とAv（10/3、10/31の平均）の9時台OD交通量比較

4.4 14号松原線における交通障害発生時の交通量変動分析

前節では阪神高速唯一の環状線であり、各放射路線との連結区間である1号環状線における交通量変動、交通障害発生状況、交通障害発生による交通量変動について整理した。本節では数ある放射路線の一つである14号松原線に焦点を当て、放射路線における交通量変動、交通障害発生状況、交通障害発生による交通量変動について整理する。

4.4.1 14号松原線における交通量変動

本項では14号松原線上下線における2008年10月の交通量変動について概説する。図-4.4.1に14号環状線の出入口と管理KPを示す。図-4.4.2に松原線上り全入口からのランプ間ODを目的路線別に集計した路線別OD割合を示す。下り線については全ODは松原線が目的ランプである。松原線上り入口からの目的路線としては、環状線が22.7%と最も多く、次いで池田線が22.2%、神戸線が15.1%、松原線が10.6%となっている。

表-4.4.1に松原線の上下線入口交通量と主要OD交通量の10月全日平均値を示す。主要ODは環状線と同じく各入口の10月全日平均値で日単位OD交通量上位3つまでのODを列挙している。図-4.4.3に松原線上りの主要OD各出口の所在地図を示す。上り入口交通量は西名阪からの流入量が最も多く、次いで阪和道、駒川、三宅の順となっている。表-4.4.1と図-4.4.3から、環状線に近い上り入口では環状線を越えて池田線、守口線を目的路線とするトリップが多く、環状線から離れるほど環状線、松原線内に目的ランプをもつトリップが主要ODとして観測される傾向にある。

表-4.4.2に上り入口交通量と主要OD交通量の、表-4.4.3に下り入口交通量と主要OD交通量、環状線から松原線への流入交通量の10月1ヵ月間の日変動図を示す。下り線については環状線からの流入交通が支配的であると考えられるため、環状線からの流入量についても同様に整理する。表-4.4.2、表-4.4.3に示す数値は環状線と同様に、日単位の入口交通量、主要OD交通量であり、最下段には変動係数(標準偏差/平均値)を示している。

表-4.4.2の変動係数から日毎の変動は大きくても2割程度であることが見てとれる。入口交通量の傾向として、土・日・祝において一様に減少しており、主要OD交通量も概ね同様の傾向を示している。しかしながら三宅→池田などの一部のODでは土・日・祝で増加するといった傾向を示している。同様の傾向は駒川→池田、阿部野→池田、三宅→なんば、西名阪→なんばのODでも見られており、大阪市内に向かうOD、大阪市内を通過して池田に向かう一部のODに土・日・祝で増加する傾向が見られた。

下り線は表-4.4.3から文の里の変更係数が小さい傾向にあり、文の里→西名阪、文の里→阪和道ODを見てもわかる通り、土曜日が平日よりも高い数値を示していることが要因として考えられる。平野入口交通量、環状線からの流入量はともに土・日・祝において一様に減少しており、主要OD交通量も概ね同様の傾向を示している。

表-4.4.4に上り入口交通量と主要OD交通量の、表-4.4.5に下り入口交通量と主要OD交通量、環状線から松原線への流入交通量の10月1ヵ月間の時間帯による変動を示す。表

-4.4.4, 表-4.4.5 に示す数値は各入口交通量, 主要 OD 交通量の 10 月全日平均時間帯別交通量である. 表-4.4.4 から上り入口交通量では阿倍野~大堀の入口全てにおいて, 朝ピーク時交通量が夕ピーク時よりも卓越しており, 特に駒川入口交通量はその程度が著しい. 逆に阪和道, 西名阪といった広域幹線道路から流入する交通量は夕ピーク時交通量が卓越している. 主要 OD 交通量についても概ね同様の傾向を示しているが, 例えば, 三宅→文の里 OD や喜連瓜破→なんば OD などは入口交通量とは逆に夕ピーク時交通量が多く, 入口交通量とは逆の傾向を示している. 下り線交通量の傾向としては表-4.4.5 から, 支配的と思われる環状線からの流入量において, 朝ピークが明確でなく, およそ 7 時台から夕ピークにむけて徐々に増加していく傾向にあることが見て取れる.

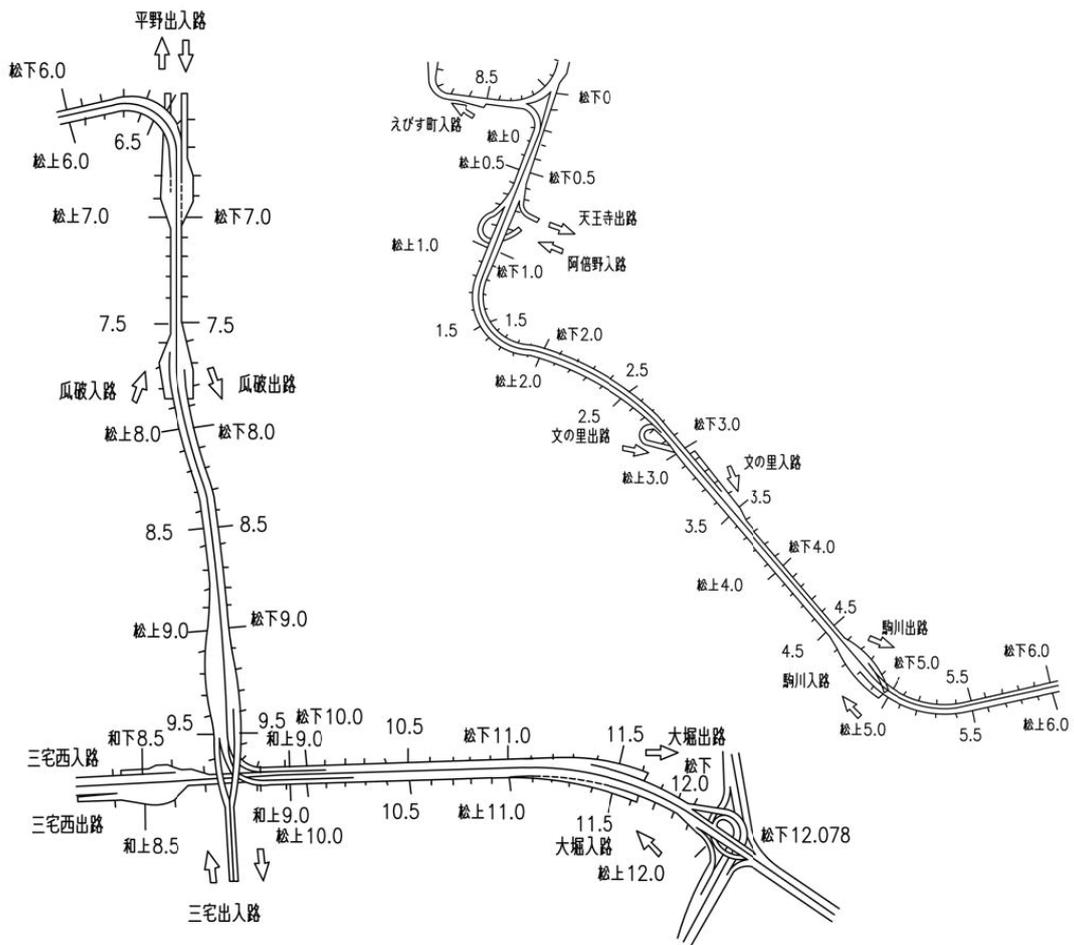


図-4.4.1 14号松原線路線図

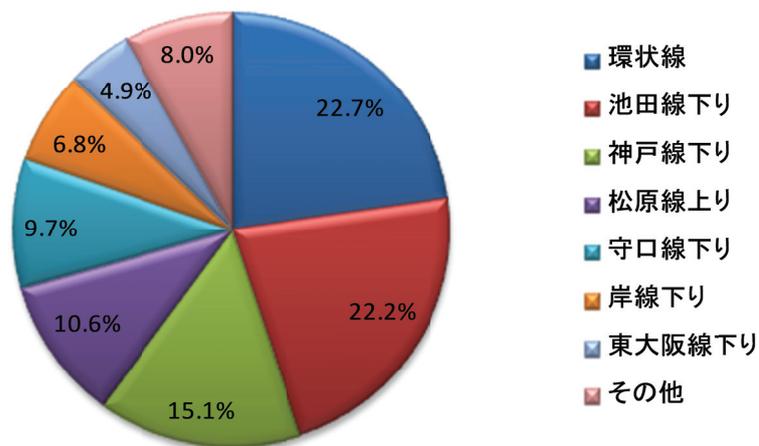


図-4.4.2 14号松原線上りからの目的路線

表-4.4.2 各入口交通量と主要0Dの日変動（14号松原線上り）

日付	入口	阿倍野	駒川	喜連瓜破	三宅	大堀	阪和道	西名阪	阿倍野		駒川		喜連瓜破		三宅		大堀		阪和道		西名阪									
									(豊守屋口川)	池田	(豊守屋口川)	池田	(豊守屋口川)	池田	(豊守屋口川)	池田														
10月1日	水	3,802	6,505	2,955	5,722	3,910	9,015	15,607	336	335	211	479	458	193	182	183	132	440	324	239	275	271	119	1,009	813	941	1,171	1,136	983	
10月2日	木	3,850	6,453	3,604	6,150	4,072	9,598	15,742	333	291	214	496	405	242	220	167	154	446	337	320	282	229	189	1,004	837	935	1,099	1,046	854	
10月3日	金	3,887	6,653	3,719	6,286	4,225	9,794	16,506	343	355	200	559	440	320	205	199	208	458	337	318	288	285	185	1,107	962	929	1,283	1,121	917	
10月4日	土	3,686	6,148	3,451	6,329	3,763	8,793	15,537	429	199	242	622	361	349	242	194	204	447	369	342	269	258	214	1,003	859	698	1,305	1,274	717	
10月5日	日	2,985	4,565	2,343	4,912	2,798	6,891	12,144	320	279	196	463	377	195	184	165	192	592	297	368	337	202	129	935	821	531	1,240	1,156	587	
10月6日	月	3,661	6,722	3,157	5,744	3,868	9,035	14,370	325	338	193	482	445	362	236	162	136	413	308	269	271	251	218	1,017	865	851	1,176	1,084	747	
10月7日	火	3,819	6,497	3,641	6,002	4,175	9,785	16,141	336	296	243	521	457	336	195	185	199	469	344	277	287	301	190	1,051	902	917	1,264	1,176	835	
10月8日	水	3,836	6,712	3,651	6,063	4,107	9,902	16,036	329	351	196	520	437	324	192	193	167	457	339	290	285	307	225	1,088	864	917	1,198	1,112	899	
10月9日	木	4,120	6,877	4,001	6,412	4,263	10,710	17,468	366	349	168	508	428	329	215	254	178	480	372	376	311	273	171	1,156	942	988	1,343	1,172	1,034	
10月10日	金	3,758	6,154	3,375	6,421	3,800	8,811	16,497	288	271	242	453	407	388	175	189	272	519	316	246	251	282	254	1,060	859	732	1,294	1,329	707	
10月11日	土	3,455	5,691	2,203	4,631	2,767	8,048	14,803	489	289	230	701	398	235	194	101	215	328	250	399	219	188	197	911	714	875	1,224	1,140	1,020	
10月12日	日	3,236	5,406	2,076	4,510	2,921	7,843	14,097	386	253	211	568	333	227	202	130	167	432	262	352	170	229	184	982	694	787	1,217	1,009	907	
10月13日	月	3,621	6,289	3,208	5,702	3,881	8,804	14,357	338	329	174	462	464	265	154	196	141	473	370	235	304	332	199	1,071	824	859	1,259	1,175	854	
10月14日	火	3,953	6,642	3,633	6,129	4,097	9,567	16,237	383	371	218	495	432	266	211	200	171	477	342	262	282	260	179	989	826	889	1,212	1,044	855	
10月15日	水	4,007	6,887	3,675	6,071	4,080	9,860	16,244	383	371	218	495	432	266	211	200	171	477	342	262	282	260	179	989	826	889	1,212	1,044	855	
10月16日	木	4,074	6,947	3,923	6,389	4,241	10,348	16,848	334	354	190	508	414	285	230	218	161	499	364	338	299	298	244	1,095	931	862	1,259	1,158	928	
10月17日	金	3,706	6,203	3,325	6,133	3,835	9,030	15,842	381	294	215	603	464	251	220	162	274	489	383	397	254	293	184	1,147	826	762	1,317	1,206	748	
10月18日	土	3,211	4,781	2,433	5,315	2,902	7,870	13,461	404	297	189	583	395	195	231	197	154	507	343	396	255	270	204	1,178	882	659	1,387	1,136	688	
10月19日	日	3,824	6,605	3,524	6,030	4,137	9,356	15,632	390	344	159	507	392	246	186	158	198	363	318	341	278	277	208	935	840	864	1,237	1,128	914	
10月20日	月	3,848	6,590	3,481	6,037	4,111	9,508	15,650	313	303	211	437	442	355	254	174	158	450	371	239	296	299	255	1,064	860	861	1,276	1,062	834	
10月21日	火	3,730	6,498	3,461	5,861	4,094	9,538	16,398	315	307	208	531	405	263	212	181	147	407	342	234	288	257	205	1,064	900	882	1,279	1,193	888	
10月22日	水	3,876	6,492	3,217	5,826	3,981	9,690	15,680	361	280	260	523	378	266	200	178	122	460	336	306	288	295	224	1,037	863	868	1,227	1,142	877	
10月23日	木	4,012	6,361	3,409	5,966	4,083	9,653	16,467	397	343	187	501	358	269	194	251	214	472	399	238	281	298	167	1,061	915	906	1,313	1,203	929	
10月24日	金	3,805	6,400	3,660	6,509	3,953	9,436	16,919	416	273	199	569	415	305	243	217	179	501	356	389	301	310	274	1,109	873	733	1,416	1,254	808	
10月25日	土	3,358	5,174	2,675	5,251	2,748	7,680	14,592	360	284	230	565	347	200	231	208	172	529	336	389	278	239	167	1,010	912	647	1,365	1,157	743	
10月26日	日	3,768	6,573	3,563	6,107	4,088	9,219	15,344	394	307	144	513	380	273	219	173	177	424	358	298	282	300	185	1,036	761	849	1,163	1,052	845	
10月27日	月	4,000	6,642	3,711	6,003	4,173	9,657	16,032	339	356	222	520	447	301	232	209	186	360	398	333	269	282	185	1,019	740	815	1,202	1,065	864	
10月28日	火	3,841	6,641	3,617	6,056	4,074	9,458	15,992	388	326	170	514	497	276	176	196	140	410	334	308	283	258	217	1,133	856	950	1,303	1,162	860	
10月29日	水	4,023	6,892	3,740	6,109	4,161	10,043	15,950	357	379	179	532	484	239	221	202	210	422	370	314	265	256	192	1,098	903	913	1,201	1,013	810	
10月30日	木	4,208	7,140	3,915	6,488	4,466	10,208	16,820	375	313	175	506	440	274	162	255	238	505	409	310	326	323	214	1,033	981	971	1,252	1,218	892	
10月31日	金	3,767	6,346	3,354	5,909	3,866	9,245	15,659	363	316	202	524	416	278	206	189	183	466	344	310	275	273	199	1,047	855	845	1,253	1,138	846	
平日平均		3,890	6,645	3,585	6,053	4,107	9,645	15,979	354	330	198	506	428	285	203	196	174	446	352	289	281	282	198	1,050	867	898	1,231	1,119	877	
土曜平均		3,739	6,226	3,453	6,348	3,838	9,018	16,199	377	283	214	562	412	323	270	190	232	489	356	344	269	285	231	1,080	854	731	1,333	1,266	745	
休日平均		3,249	5,123	2,346	4,924	2,827	7,666	13,819	392	281	211	578	370	210	208	160	180	478	297	380	251	226	176	1,005	805	700	1,287	1,120	789	
変動係数		0.07	0.10	0.15	0.09	0.13	0.09	0.07	0.11	0.11	0.11	0.10	0.10	0.19	0.10	0.18	0.11	0.12	0.12	0.12	0.18	0.11	0.12	0.17	0.06	0.08	0.12	0.06	0.07	0.11

表-4.4.3 各入口交通量と主要ODの日変動（14号松原線下り）

日付	入口						文の里			平野		
			文の里	平野	環状↓松原	西名阪	阪和道	三宅	阪和道	西名阪	三宅	
10月1日	水	平	2,992	2,339	44,984	1,059	959	391	947	866	234	
10月2日	木	平	3,079	2,346	53,557	1,057	937	365	935	801	227	
10月3日	金	平	3,246	2,487	55,134	1,231	1,088	453	1,071	951	233	
10月4日	土	土	3,297	1,962	49,380	1,194	984	387	812	690	146	
10月5日	日	休	2,809	1,240	37,929	978	757	278	404	415	87	
10月6日	月	平	2,906	2,219	50,347	1,069	905	373	929	847	238	
10月7日	火	平	2,984	2,369	52,458	1,202	982	339	1,017	870	198	
10月8日	水	平	3,185	2,242	53,093	1,212	934	391	894	838	215	
10月9日	木	平	3,063	2,363	53,093	1,071	1,024	364	982	813	219	
10月10日	金	平	3,281	2,594	56,715	1,225	1,082	445	1,122	1,039	226	
10月11日	土	土	3,382	1,990	51,456	1,355	980	388	840	690	162	
10月12日	日	休	3,295	1,516	44,576	1,370	901	326	577	562	114	
10月13日	月	休	3,021	1,441	44,958	1,183	849	304	523	549	71	
10月14日	火	平	2,895	2,075	49,902	1,102	878	457	796	842	239	
10月15日	水	平	3,032	2,377	53,556	1,079	928	353	971	851	211	
10月16日	木	平	3,225	2,378	53,590	1,079	928	353	971	851	211	
10月17日	金	平	3,224	2,442	55,716	1,291	1,020	441	1,034	947	236	
10月18日	土	土	3,307	2,035	50,001	1,274	963	345	831	765	146	
10月19日	日	休	3,087	1,366	40,131	1,112	835	336	480	449	99	
10月20日	月	平	2,954	2,322	52,726	1,168	888	370	922	925	238	
10月21日	火	平	3,121	2,345	52,884	1,209	965	396	932	889	222	
10月22日	水	平	3,133	2,256	52,148	1,177	986	358	925	848	189	
10月23日	木	平	3,206	2,340	52,749	1,115	946	409	915	891	235	
10月24日	金	平	3,232	2,362	54,765	1,349	1,081	431	1,058	932	251	
10月25日	土	土	3,598	2,055	51,047	1,415	1,021	399	807	782	154	
10月26日	日	休	3,156	1,413	42,082	1,136	797	335	468	483	116	
10月27日	月	平	2,962	2,257	52,388	1,135	922	400	877	905	243	
10月28日	火	平	3,112	2,308	53,683	1,113	903	368	857	795	249	
10月29日	水	平	3,177	2,360	53,165	1,217	977	393	962	896	232	
10月30日	木	平	3,075	2,331	54,426	1,079	947	400	962	874	190	
10月31日	金	平	3,162	2,503	55,845	1,325	1,069	420	1,065	1,014	278	
全日平均			3,135	2,149	50,919	1,180	950	380	867	802	197	
平日平均		平	3,102	2,346	53,042	1,162	970	394	961	886	228	
土曜平均		土	3,396	2,011	50,471	1,309	987	380	823	732	152	
休日平均		休	3,074	1,395	41,935	1,156	828	316	490	491	97	
変動係数			0.05	0.17	0.09	0.09	0.08	0.11	0.22	0.20	0.28	

表-4.4.4 各入口交通量と主要0Dの時間帯変動(14号松原線上り)

時間帯	入口	阿倍野	駒川	喜連瓜破	三宅	大堀	阪和道	西名阪	阿倍野		駒川		喜連瓜破		三宅		大堀		阪和道		西名阪								
									(豊守屋口神南)	池田	(豊守屋口)	池田	武庫川	池田	第二神明	なんぼ	文の里	池田	なんぼ	文の里	武庫川	なんぼ	文の里	平野	なんぼ	文の里	平野	なんぼ	文の里
0		61	66	58	91	47	85	222	5	3	6	10	3	2	4	3	8	3	4	6	1	1	10	12	8	11	16	6	
1		36	44	50	80	29	58	203	3	7	2	3	5	3	1	4	3	9	2	3	5	1	3	6	11	8	7	16	5
2		26	34	36	58	35	49	184	1	5	2	3	4	1	5	4	4	4	3	3	2	3	7	12	10	5	10	5	
3		32	35	36	66	21	45	173	3	5	2	5	2	2	2	6	3	3	3	4	1	2	4	9	7	4	9	4	
4		31	48	39	86	37	55	232	6	3	2	6	5	2	3	2	6	6	4	4	2	0	4	5	6	9	5	10	6
5		66	116	89	156	83	127	390	10	6	5	19	8	4	7	1	13	4	2	12	2	2	8	13	10	12	11	11	
6朝ピーク		197	474	239	479	303	423	756	37	13	13	65	46	43	26	4	25	10	6	27	7	4	24	29	25	35	40	34	
7朝ピーク		256	636	251	422	267	606	936	39	20	18	66	48	39	21	8	15	20	14	22	14	10	18	52	45	54	60	69	52
8朝ピーク		262	483	200	353	264	538	864	30	24	17	43	28	23	12	11	31	19	17	16	14	7	67	54	62	73	80	54	
9朝ピーク		230	432	179	371	273	508	939	25	20	13	36	25	16	11	10	33	21	20	19	16	9	73	60	49	80	83	52	
10		216	405	170	341	265	507	947	17	17	12	29	23	12	13	12	9	35	23	19	18	6	74	61	57	87	87	50	
11		207	371	161	315	245	491	882	18	15	12	27	18	14	8	12	8	32	20	11	17	17	8	66	61	54	80	77	48
12		198	345	169	330	232	523	877	14	14	9	22	20	14	6	12	4	31	20	13	17	17	7	67	58	45	80	78	44
13		221	365	182	338	246	532	900	18	16	11	22	20	12	10	13	9	30	23	14	19	17	6	68	56	52	82	80	47
14		218	363	186	340	253	592	959	15	13	9	21	18	11	10	13	6	33	23	14	17	21	7	75	55	59	87	82	55
15		232	365	184	334	229	697	1,035	18	15	10	19	19	12	9	14	8	32	24	18	20	20	9	75	57	60	89	71	62
16夕ピーク		237	367	183	348	212	772	1,112	18	22	12	21	20	12	9	14	5	35	27	16	22	21	8	79	61	65	101	76	71
17夕ピーク		252	373	203	326	211	783	1,077	18	24	12	23	25	12	10	14	5	32	28	20	21	25	16	80	58	61	103	73	73
18夕ピーク		204	288	182	278	174	646	877	17	17	9	21	16	11	7	9	4	27	24	16	17	18	16	66	46	49	85	53	60
19夕ピーク		161	216	152	215	132	426	637	13	11	7	17	12	8	8	9	4	16	16	15	11	16	11	47	34	33	60	43	36
20		141	178	126	180	101	297	461	13	12	6	18	12	8	6	7	3	9	9	11	7	9	8	37	23	24	40	32	23
21		115	139	111	164	88	216	382	10	12	7	15	12	6	8	5	7	8	13	5	7	8	26	20	18	36	24	20	
22		94	116	93	126	61	156	347	7	9	5	8	9	6	7	2	10	3	10	5	2	9	5	14	6	13	17	8	14
23		77	88	74	111	55	112	266	7	9	4	9	11	4	8	3	7	4	8	9	3	7	5	13	7	11	16	10	13
朝ピーク		236	506	217	406	277	519	874	33	19	15	52	37	30	17	8	15	23	15	22	14	11	15	54	47	48	62	68	48
夕ピーク		213	311	180	292	182	657	926	16	18	10	21	18	11	9	11	5	28	24	17	18	20	13	68	50	52	88	61	60

表-4.4.5 各入口交通量と主要 OD 量（14号松原線下り）

時間帯	入口	文の里							平野		
		文の里	平野	環状↓松原	西名阪	阪和道	三宅	阪和道	西名阪	三宅	
0		67	21	919	26	14	13	9	12	1	
1		43	16	707	18	9	8	6	10	1	
2		27	12	530	11	6	4	4	7	1	
3		20	17	417	9	5	3	7	8	1	
4		24	14	406	10	6	5	7	6	0	
5		40	30	610	22	11	5	10	17	1	
6	朝ピーク	114	94	1,295	51	35	12	33	46	6	
7	朝ピーク	169	161	2,142	73	53	13	69	67	13	
8	朝ピーク	191	161	2,374	76	70	14	74	61	14	
9	朝ピーク	169	138	2,610	64	57	17	60	50	11	
10		177	131	2,612	68	53	24	57	46	10	
11		164	126	2,581	59	51	23	56	39	9	
12		163	121	2,419	60	53	19	50	41	8	
13		187	131	2,499	69	59	20	57	42	10	
14		195	132	2,580	70	63	23	57	42	12	
15		193	134	2,666	71	62	24	57	44	12	
16	夕ピーク	200	127	2,759	77	63	24	53	41	13	
17	夕ピーク	222	156	2,986	83	73	28	60	56	19	
18	夕ピーク	193	148	2,964	71	56	25	49	58	24	
19	夕ピーク	156	101	2,556	61	49	18	33	37	11	
20		132	67	2,010	51	40	19	23	26	5	
21		117	44	1,728	41	36	16	17	16	3	
22		95	40	1,424	17	14	12	12	16	7	
23		78	29	1,170	20	13	12	9	14	5	
朝ピーク		161	139	2,105	66	54	14	59	56	11	
夕ピーク		193	133	2,816	73	60	24	49	48	17	

4.4.2 14号松原線における交通障害発生状況

本項では2008年10月に松原線内で発生した交通障害と、その交通障害によって発生した渋滞損失時間の発生程度について整理する。また、本項では環状線と同様に10分以上交通障害が継続している交通障害に焦点を当てて整理する。

10月に環状線で発生した継続時間が10分以上ある交通障害は上り線で86件、下り線で68件であった。そのうち、交通障害による渋滞損失時間が観測されていた交通障害について表-4.4.6、表-4.4.7に示す。表中に記載の渋滞損失時間は当該交通障害によって発生したと思われる渋滞損失時間の5分毎15分単位の最大値（集計方法は4.3.2参照）を記載している。

表-4.4.6 から上り線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発生しており、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などにおいて、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大きい最大

渋滞損失時間が観測されている傾向にある。

一方、下り線は交通障害件数も上り線と比較して少ないが、渋滞損失時間が計測されている交通障害は10件と非常に少ない。区間交通量としては最大で下り線が約5万台、上り線が約4.5万台と、むしろ下り線の方が多くにも関わらず交通障害件数が少ない。この理由として、入口が少なく入口交通量も小さいため、合流回数が上り線と比較して少ないことが一因として考えられる。

No.10を除いて、大きな渋滞損失時間が観測されている交通障害は区間交通量が大きい環状線から松原線に流入してくる区間を中心に発生している。No.10は交通障害継続時間が長いこともさることながら、下り線の特徴として、朝から夕方にかけて徐々に交通量が増加する傾向にあり、昼間時間帯でも交通量が小さくなっていないため、大きな渋滞が発生していると考えられる。

表-4.4.6 交通障害と最大渋滞損失時間（分・台）（14号松原線上り）

No.	発生日時	解除日時	継続時間	原因	程度	場所(kp)	最大渋滞 損失時間
1	10/30 14:37	10/30 15:02	0:25	落下物	1車障害	0	316
2	10/29 11:53	10/29 12:18	0:25	その他	1車障害	0.1	5,354
3	10/1 13:09	10/1 13:29	0:20	緊急工事	1車障害	0.3	3,468
4	10/3 13:00	10/3 13:10	0:10	事故	1車障害	0.3	1,046
5	10/27 18:04	10/27 18:44	0:40	事故	1車障害	0.5	12,625
6	10/11 10:27	10/11 11:04	0:37	落下物	1車障害	1	5,066
7	10/1 14:13	10/1 15:14	1:01	緊急工事	1車障害	1.2	8,134
8	10/2 10:25	10/2 11:36	1:11	緊急工事	半車障害	1.2	7,263
9	10/1 9:52	10/1 10:24	0:32	その他	1車障害	1.3	6,472
10	10/21 16:24	10/21 17:02	0:38	故障	1車障害	1.3	5,980
11	10/18 11:54	10/18 13:33	1:39	故障	1車障害	1.7	8,598
12	10/4 11:05	10/4 11:21	0:16	落下物	1車障害	2	937
13	10/3 12:43	10/3 13:40	0:57	事故	1車障害	2.2	5,495
14	10/29 10:21	10/29 10:31	0:10	故障	1車障害	3.3	1,101
15	10/23 8:09	10/23 8:23	0:14	その他	1車障害	3.5	4,676
16	10/20 14:58	10/20 15:27	0:29	故障	1車障害	4	5,705
17	10/12 8:56	10/12 16:49	7:53	工事	1車障害	4.6 - 5.6	11,535
18	10/13 8:55	10/13 16:53	7:58	工事	1車障害	4.6 - 5.6	8,561
19	10/1 7:24	10/1 10:06	2:42	緊急工事	1車障害	4.7	10,111
20	10/6 10:55	10/6 11:38	0:43	事故	1車障害	4.8	4,898
21	10/24 16:40	10/24 17:19	0:39	緊急工事	1車障害	5	5,270
22	10/11 10:32	10/11 11:14	0:42	故障	1車障害	5.9	2,689
23	10/26 10:09	10/26 11:56	1:47	事故	1車障害	6.4	6,858
24	10/6 6:09	10/6 7:37	1:28	事故	1車障害	6.5	10,837
25	10/22 8:12	10/22 8:54	0:42	故障	1車障害	6.9	921

表-4.4.7 交通障害と最大渋滞損失時間（分・台）（14号松原線下り）

No.	発生日時	解除日時	継続時間	原因	程度	場所(kp)	松原線	環状線	井東	大阪港線	東大阪線	守口線	備考
1	10/3 13:18	10/3 13:34	0:16	緊急工事	1車障害	0.7	855	1,684	0	0	0	0	
2	10/1 9:52	10/1 11:25	1:33	その他	1車障害	1.3	1,187	4,855	0	0	0	0	No.3と同様
3	10/1 10:40	10/1 10:59	0:19	緊急工事	1車障害	1.3	1,187	4,855	0	0	0	0	
4	10/1 11:25	10/1 11:59	0:34	緊急工事	1車障害	1.3	1,040	3,460	0	0	0	0	
5	10/2 13:14	10/2 14:11	0:57	緊急工事	半車障害	1.7	1,046	3,848	459	396	0	0	
6	10/2 15:01	10/2 15:43	0:42	緊急工事	半車障害	1.7	914	4,931	370	3,485	0	2,086	
7	10/8 11:41	10/8 12:00	0:19	緊急工事	1車障害	4.6	3,146	0	0	0	0	0	
8	10/24 13:54	10/24 14:35	0:41	落下物	1車障害	5.8	2,606	0	0	0	0	0	
9	10/3 10:13	10/3 10:41	0:28	故障	1車障害	6.2	1,297	0	0	0	0	0	
10	10/14 10:36	10/14 12:39	2:03	その他	1車障害	12.1	11,411	0	0	0	0	0	

4.4.3 14号松原線における交通障害発生時の交通量変動分析

前項までは14号松原線における日々の交通量変動、交通障害発生状況とそれによる渋滞発生程度について整理した。本項では前項で示した表-4.4.6、表-4.4.7の中から①、②の2例をピックアップし、交通量変動について分析を行う。

① 表-4.4.6中のNo.19交通障害による交通量変動

表-4.4.6中のNo.19交通障害は10/1(水)の7:24~10:06の約2時間半、4.7kpの地点で緊急工事を行っていた。表-4.4.8に松原線上り全入口交通量の交通量変動と渋滞損失時間、図-4.4.4に阪和道→なんば、文の里、平野 OD、西名阪→なんば、文の里、平野 ODの平常時との比較をグラフ化したものを示す。交通障害は7:24~10:06の間発生していたが、表-4.3.6の環状線交通障害No.67(6:40~7:06 9.1kpで緊急工事)、No.7(9:39~10:01環港渡り事故)の影響で松原線まで渋滞が延伸していた影響を排除するため、8:00~9:30までの時間帯の交通量変動を示している。

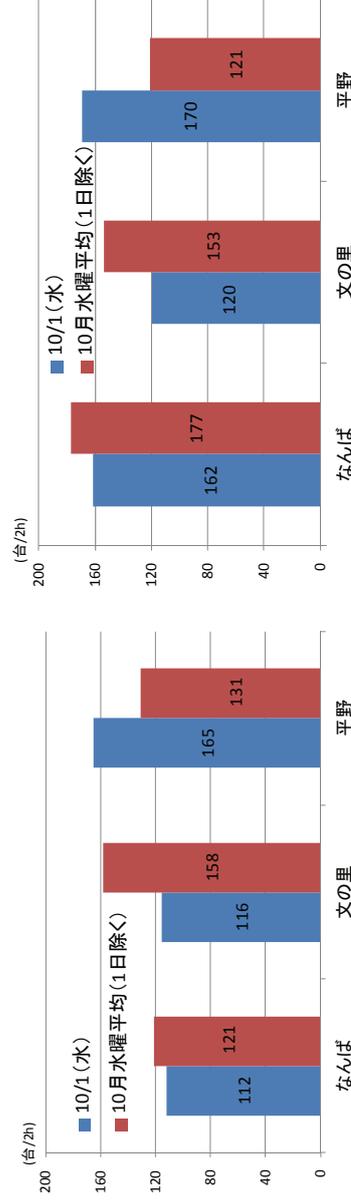
表-4.4.8に示す数値は入口交通量、渋滞損失時間ともに全て5分毎15分単位に集計した数値であり、交通障害発生時間帯のみを合計した合計値及び10/1と平均値との割合を下段に示している。表中のAvと記載している部分の数値については表中の備考に記載の通り、Avは8日(水)、15日(水)、22日(水)、29日(水)の平均値を用いている。図-4.4.4に示すOD交通量は8、9時台の2時間分の合計値を示している。

表-4.4.8の阿倍野入口交通量については交通量の減少は見られておらず、駒川入口交通量は喜連瓜破入路閉鎖によって駒川に転換することで僅かであるが増加している。交通障害発生地点である駒川付近から下流側の三宅~西名阪交通量については概ね1割程度の交通量減少が見られる。また、図-4.4.4から、文の里へのOD交通量は減少し、平野に流出するOD交通量が増加しており、目的ランプの転換が見られる。

しかしながら、なんばへのOD交通量は入口交通量の減少割合程度であることから、本交通障害の影響は下流ランプにおける1割程度の交通需要の減少と、文の里から平野ランプへの目的ランプ転換であったと思われる。

表-4.4.8 10/1 (水) 松原上4.7kp 交通障害による交通量変動

	阿倍野		駒川		喜連瓜破		三宅		大堀		阪和道		西名阪		渋滞損失時間 松原線
	10/1	割合	10/1	割合	10/1	割合	10/1	割合	10/1	割合	10/1	割合	10/1	割合	
8:00	72	61	128	154	46	66	78	93	60	69	164	152	262	241	8,273
8:05	68	67	130	151	44	60	75	93	60	72	143	155	241	230	10,111
8:10	76	69	122	144	26	56	47	67	92	73	158	173	202	221	9,604
8:15	82	72	115	127	139	91	12	92	77	48	65	111	156	190	8,972
8:20	83	70	119	122	131	93	0	51	84	46	61	75	148	183	7,851
8:25	58	64	91	121	126	96	0	50	0	74	81	92	138	197	7,106
8:30	56	62	91	118	119	99	0	54	0	70	87	102	135	210	7,434
8:35	57	59	96	127	119	107	0	57	0	69	89	109	131	216	7,227
8:40	57	65	88	119	117	102	0	54	0	78	91	129	129	195	7,446
8:45	53	67	80	124	113	109	0	54	0	88	92	125	125	184	8,247
8:50	49	64	77	114	109	104	0	49	0	85	100	120	120	187	8,312
8:55	59	66	89	137	109	126	1	53	2	81	99	111	120	198	8,684
9:00	64	63	102	142	113	125	2	48	4	83	97	114	124	199	7,885
9:05	71	60	118	143	117	122	2	51	4	89	85	105	107	189	7,894
9:10	57	53	108	120	115	104	1	53	2	92	99	121	127	180	7,549
9:15	53	57	93	130	112	117	0	53	0	90	91	99	121	219	7,490
9:20	53	59	90	120	113	107	0	55	0	91	94	97	126	221	7,810
9:25	69	62	112	139	113	123	0	49	0	92	84	110	134	230	8,187
9:30	64	58	110	154	115	134	0	49	0	88	90	103	120	253	9,009
交通障害発生 時間帯合計	1,201	1,195	2,437	2,327	134	1,013	13	1,536	1,304	1,130	2,341	2,559	3,905	4,392	89%
備考	Avは8.15.22.29日の平均値。喜連瓜破は8:10~10:05まで入路閉鎖していた。														



(a) 阪和道からの主要0D交通量の比較 (b) 西名阪からの主要0D交通量の比較

図-4.4.4 西名阪、阪和道からの主要0D交通量の比較

② 表-4.4.7 中 No.10 交通障害による交通量変動

表-4.4.7 中の No.10 交通障害は 10/14 (火) の 10:36~12:39 の約 2 時間, 12.1kp の地点で事故 (交通障害日報では「その他」となっていたが情報板では「事故」と表示) が発生していた. 表-4.4.9 に文の里, 平野入口交通量と松原線流入交通量の交通量変動と渋滞損失時間を示す.

表-4.4.9 に示す数値は入口交通量, 渋滞損失時間ともに全て 5 分毎 15 分単位に集計した数値であり, 交通障害発生時間帯のみを合計した合計値及び 10/14 と平均値との割合を下段に示している. 表中の Av と記載している部分の数値については表中の備考に記載の通り, Av は 7 日 (火), 21 日 (火), 28 日 (火) の平均値を用いている.

表-4.4.9 から交通障害発生によって文の里, 夕陽丘, 長堀入口交通量に加えて環状線から松原線への流入交通量が減少していることが見て取れる. 平野入口はこの交通障害によって 11:05~12:40 まで入路閉鎖を行っていたため, 大幅に減少している. しかし, 松原線流入交通量については入口交通量の減少では説明できない程度に減少している. そこで, 本区間に流入するであろう区間交通量を調べたところ, 井東からの流入交通量が大幅に減少していた. そこで阿波座~西船場断面, 井東~東大阪線流入断面, 井東~環状線流入断面交通量を比較したものを図-4.4.5 に示す. 区間交通量は表-4.4.9 と同様に 5 分毎 15 分単位に集計した数値であり, 渋滞損失時間は松原線の渋滞損失時間を示している. もともと 10 時~12 時頃までは阿波座で交通集中による渋滞が発生していたため, (c)大阪港線の断面交通量が減少しており, これが(a)井東→環状線の断面交通量の減少の要因とみられる. しかしながら 12 時頃には(c)大阪港線の断面交通量が回復しているにも関わらず, (a)井東→環状線の断面交通量は回復していない. かわって, (b)井東→東大阪線の断面交通量が増加していることから, 当該交通障害によって松原線ではなく, 東大阪線に転換することで近畿道を通って西名阪や阪和道方面に向かうことが可能であるため, 一部は東大阪線へ路線転換した可能性がある.

また, 図-4.4.6 に渋滞末尾付近の喜連瓜破出口の交通量変動について示す. 11:40 から渋滞解消時刻にかけて最大で倍程度の出口交通量が増加しており, 渋滞を回避するために出口転換も発生していることが想定される.

上記の分析結果から本交通障害によって下流入口交通量の 1 割強程度の交通量減少と通常井東から環状線へ流入する交通量の 1 割程度の松原線から東大阪線への路線転換, 1 割弱程度の喜連瓜破への出口転換が引き起こされたと推察される.

表-4.4.9 10/14 (火) 松原下 12.1kp 交通障害による交通量変動

	文の里			平野			松原線流入量			夕陽丘			長堀			渋滞損失時間 松原線
	10/14	Av	割合	10/14	Av	割合	10/14	Av	割合	10/14	Av	割合	10/14	Av	割合	
10:00	44	36	121%	44	36	122%	680	693	98%	51	53	96%	90	66	136%	2
10:05	44	42	106%	43	37	115%	700	689	102%	60	52	116%	76	71	108%	2
10:10	41	48	85%	44	40	111%	688	725	95%	60	55	108%	66	74	89%	0
10:15	36	46	79%	31	36	85%	682	725	94%	64	55	116%	50	71	71%	0
10:20	34	47	72%	25	38	66%	686	758	90%	55	61	91%	56	69	81%	24
10:25	34	48	71%	21	33	64%	712	736	97%	54	59	92%	58	67	87%	451
10:30	35	53	66%	22	31	70%	727	756	96%	48	61	79%	63	65	97%	1,521
10:35	39	46	84%	26	37	70%	654	745	88%	49	62	79%	58	70	82%	2,311
10:40	32	42	77%	30	39	76%	656	738	89%	62	64	97%	58	72	81%	3,561
10:45	31	38	82%	28	40	70%	650	737	88%	66	65	102%	53	70	75%	4,855
10:50	31	41	76%	26	37	70%	674	734	92%	73	67	110%	49	59	83%	6,967
10:55	32	42	76%	27	37	72%	656	749	88%	58	70	83%	46	65	71%	7,627
11:00	29	41	71%	25	35	71%	627	736	85%	66	65	102%	54	69	78%	7,370
11:05	39	46	85%	28	38	74%	608	733	83%	53	62	85%	61	73	83%	7,127
11:10	42	48	88%	22	38	57%	571	724	79%	58	61	95%	58	69	84%	8,089
11:15	39	51	76%	16	38	42%	594	720	82%	54	63	86%	57	64	90%	7,763
11:20	34	46	73%	4	40	10%	649	720	90%	62	61	101%	54	67	81%	7,384
11:25	39	40	98%	0	41	0%	648	710	91%	66	63	105%	61	68	90%	6,191
11:30	44	39	114%	0	41	0%	648	724	90%	59	60	99%	56	76	73%	7,336
11:35	41	35	118%	0	33	0%	605	720	84%	62	59	104%	56	73	76%	7,552
11:40	40	40	100%	0	36	0%	592	723	82%	53	57	92%	51	73	70%	8,292
11:45	40	35	113%	0	34	0%	591	700	84%	54	62	87%	54	63	85%	9,644
11:50	40	38	104%	0	36	0%	590	701	84%	62	60	103%	51	61	84%	9,383
11:55	38	39	97%	0	35	0%	631	694	91%	73	59	124%	54	61	89%	9,541
12:00	39	48	82%	0	36	0%	629	686	92%	79	57	139%	54	61	89%	8,774
12:05	41	50	81%	1	34	3%	619	666	93%	72	58	125%	60	68	88%	11,375
12:10	36	52	69%	1	29	3%	591	657	90%	67	61	110%	62	68	91%	11,411
12:15	29	47	62%	1	33	3%	586	658	89%	54	61	89%	73	67	110%	10,388
12:20	24	44	54%	0	36	0%	608	643	95%	35	60	59%	65	60	108%	6,855
12:25	24	40	60%	0	40	0%	639	621	103%	29	54	54%	68	60	114%	4,253
12:30	28	36	77%	0	37	0%	644	594	108%	39	54	72%	55	58	95%	1,995
12:35	28	35	81%	10	35	29%	668	605	110%	49	54	91%	56	54	104%	675
12:40	33	34	98%	24	35	68%	681	606	112%	50	53	94%	51	51	101%	237
12:45	37	40	93%	35	34	102%	707	602	117%	47	52	90%	53	49	109%	7
12:50	41	44	94%	33	32	102%	672	605	111%	49	56	88%	52	52	100%	0
12:55	36	46	78%	33	30	111%	648	630	103%	51	64	80%	58	57	102%	0
13:00	49	53	93%	31	30	104%	616	655	94%	60	65	92%	66	64	103%	0
交通障害発生 時間帯合計	879	1,060	83%	245	916	27%	15,628	17,439	90%	1,454	1,517	96%	1,424	1,649	86%	
備考	Avは7, 21, 28日の平均値。平野は11:05~12:40まで入路閉鎖していた。															



(a) 井東→環状線の断面交通量の比較



(b) 井東→東大阪線の断面交通量の比較



(c) 大阪港線の断面交通量の比較

図-4.4.5 井東→環状線, 井東→東大阪線, 大阪港線の断面交通量の比較



図-4.4.6 喜連瓜破出口交通量の比較

4.5 交通障害発生時の交通量推定手法の構築

前節までは1号環状線, 14号松原線を例に挙げ, 日々の交通量変動, 交通障害発生状況, 及び交通障害発生による交通量変動について分析を行った. 本節では前節までの結果を踏まえて交通障害発生時の交通量推定モデルを構築する.

4.5.1 ニューラルネットワークモデル

本項では本研究で用いる予測モデルについて説明する. 前項までの結果から, 交通障害発生時の交通量変動は, 交通障害発生によって生じる渋滞損失時間にある程度影響は受けているものの, 渋滞損失時間の数値変動に敏感に反応しているとは言い難いことが明らかとなった. そのため, 本研究では予測モデルの従属変数として渋滞損失時間をカテゴライズした交通障害インパクトレベルをもって交通量変動を予測する(詳細については4.5.2節で後述する).

本章での交通量予測結果は第7章における交通障害リスク算定のため, 交通障害発生時の渋滞損失時間推定モデルの入力値となり, 予測モデルとしては平土休, 時刻, 交通障害インパクトレベルといった離散変数とともに, 連続変数である交通量も扱えるモデルが必要となってくる. また, それら入力変数と出力結果との関係も線形ではなく非線形の関係となることが予想され, 線形・非線形問わず記述できるモデルが必要である.

そのため, 本研究では離散変数, 連続変数をともに扱え, 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こととする. ニューラルネットワークモデルは上記利点に加えてパラメータ数に制限が少ないこと, 本研究のような大量のデータを用いて学習することによって精度向上が可能であること, パラメータ間の効用を考慮した推定が可能であることも本研究で採用した理由として挙げられる.

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る⁶⁾. 人間の脳は数億のニューロンから成る神経回路網を構成しており, ニューロン間の情報伝達は電気パルス, およびシナプス(軸索から別のニューロンにつながる接点)から放たれる化学的信号によってなされる.(図-4.5.1)

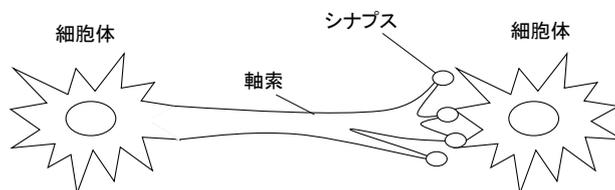


図-4.5.1 ニューロン構造の模式図

ニューロンのメカニズムを単純化して, 数理的に扱いやすくモデル化したものは形式ニューロン(図-4.5.2)と呼ばれ, 形式ニューロンを複数用いて組み合わせることにより任意の論理関数を実現することが出来る. 形式ニューロンの入出力関係は $y=S(u)$ で表現され,

$S(u)$ は入力された信号の重み和から閾値を変換した値を出力値へ変換する役割を果たしており、活性化関数と呼ばれる。活性化関数にはステップ関数のほか、サイン関数や双曲線正接関数、シグモイド関数が用いられることが多い。

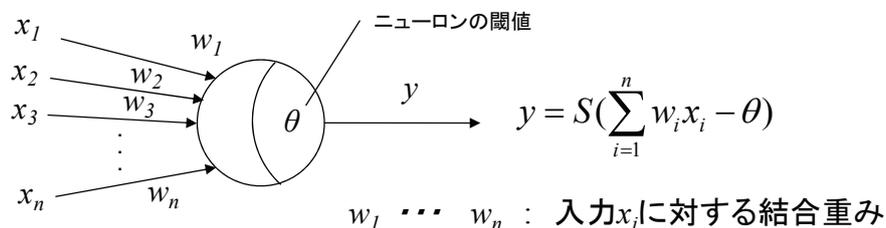


図-4.5.2 形式ニューロン

本研究では形式ニューロンを複数組み合わせたパーセプトロンモデルのうち、線形分離不可能な論理関数の実現を可能とした階層型ニューラルネットワークを用いる。階層型ニューラルネットワークはフィードフォワードネットワークとも呼ばれ、信号が前の層から次の層へ単一の方にのみ伝えられる。本研究で用いる階層型ニューラルネットワークは入力層、隠れ層、出力層の3層から成る3層型ニューラルネットワークモデルを用いる。(図-4.5.3)

本モデルの入力値ベクトル (x_1, \dots, x_n) に対する入出力関係は活性化関数をシグモイド関数 $\tau(u) = 1/(1+e^{-u})$ とした場合、図-4.5.3の通り記述できる。したがって $\tau(u)$ が非線形関数であることから結合重み v_{ij} , w_{jk} を適切に設定することで任意の論理関数を表現することが可能となる。

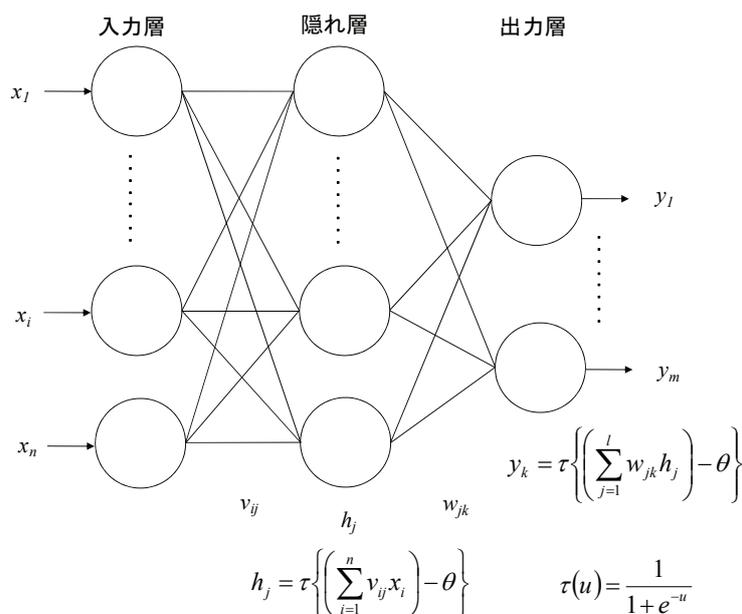


図-4.5.3 3層型ニューラルネットワークモデル構造図例

4.5.2 交通障害発生時の交通量推定

前項では交通量推定モデルとして本研究で用いるニューラルネットワークモデルについて概説した。本項ではニューラルネットワークモデルを用いて交通量を推定した結果について示す。前節までの結果から、交通障害発生による交通量の増減は次の①～④の4パターンに大別される。

- ① 主に入口交通量に言えることだが、上流側に交通渋滞を伴う交通障害が発生しているが入口交通量に明確な増減が見られない。
- ② 上流側に交通渋滞を伴う交通障害が発生しており、転換もしくは利用取りやめが発生し、入口交通量または流入交通量が増加もしくは減少している。
- ③ 主に路線流入量に言えることだが、上流側に交通渋滞を伴う交通障害が発生しており、全体的に見て利用交通量は減少していないが、流入交通量が時間帯によって増加・減少の両現象が観測される。
- ④ 下流側に交通障害や入路閉鎖等の何らかの流入抑制が発生しており、上流側の流入交通量が減少もしくは入口交通量が転換・利用取りやめによって増加もしくは減少している。

上記の4パターンの中で④に記載している入路閉鎖について、交通障害が発生した際の入路閉鎖等の交通管理オペレーションによる交通渋滞の軽減は本研究では考慮しないこととする。理由としては入路閉鎖の有無を考慮に入れた場合、いつ、どこの入路を閉鎖するのかによって、阪神高速道路ネットワークにおいて相当数の組み合わせが存在し、それらを考慮することは極めて困難であるからである。

入路閉鎖のような人為的な交通管理オペレーションの影響を排除すれば、交通障害発生時の交通量の増減に対して「上流側のどの地点で交通障害が発生し、どの程度の交通渋滞が発生しているのか」と「下流側のどの地点で交通障害が発生し、どの程度の交通渋滞が発生しているのか」の2つの視点によって交通障害発生時の交通量を推定することが可能ではないかと考えられる。本項では路線流入量として松原線入り→環状線流入交通量、区間交通量として松原線入り阿倍野～文の里区間交通量、入口交通量として松原線入り西名阪入口交通量を例に挙げ、推定した結果について示す。

前節までの結果から曜日・時刻が交通量に大きな影響を及ぼしていることは明らかであり、交通障害によって発生する交通量の増減も一定程度確認されていたことから、入力変数として平土休・時刻・交通障害インパクトレベルを考える。曜日を入力変数としない理由は交通障害発生事例数が多くないため、事例を細分化することによる過剰な適合を避けるためである。また、ここで言う交通障害インパクトレベルとは「交通障害時に発生している渋滞損失時間レベル」と定義する。本研究において渋滞損失時間レベルは大阪圏全域の交通障害発生による渋滞損失時間を俯瞰した結果から、渋滞損失時間が0～1000までをレベル1とし、1000～4000をレベル2、以降3000増加する毎にレベルが上がっていく設定とした。また、交通障害発生地点によっても影響は変化するため、発生区間を図-4.5.4に示す通り設定した。

ここでは、入力変数が交通量の増減に影響を与えているのかを定量的に確認するため、交通量を従属変数とし、平土休・時刻・交通障害インパクトレベルを独立変数とした分散分析を実施した。分散分析は「誤差変動」と「要因によって変化した変動」の分散を分け、その分散比を求めることで、要因による効果を検定する手法であり、その前提として、要因データの正規性、分散の等質性、独立性が求められる。しかしながら本研究で用いる入力変数は前提を満たしておらず、分散分析を用いることは適当ではない可能性がある。本来であれば、データの分布形状に依らないノンパラメトリック検定などで要因による効果を検定することが望ましいが、要因数が多くなるため多元配置となり、3要因以上のノンパラメトリック検定手法は今のところ存在しないため、本研究では多元配置分散分析を用いて得られた有意確率を、ニューラルネットワークモデルの入力変数を決定する参考指標として用いることとする。表-4.5.1 に各入力変数による多元配置分散分析結果を示す。例えば環状⑤と記載しているのは、図-4.5.4 の環状区間⑤で交通障害が発生した際の交通障害インパクトレベルを示している。着色した部分は1%有意となっている要因を示している。

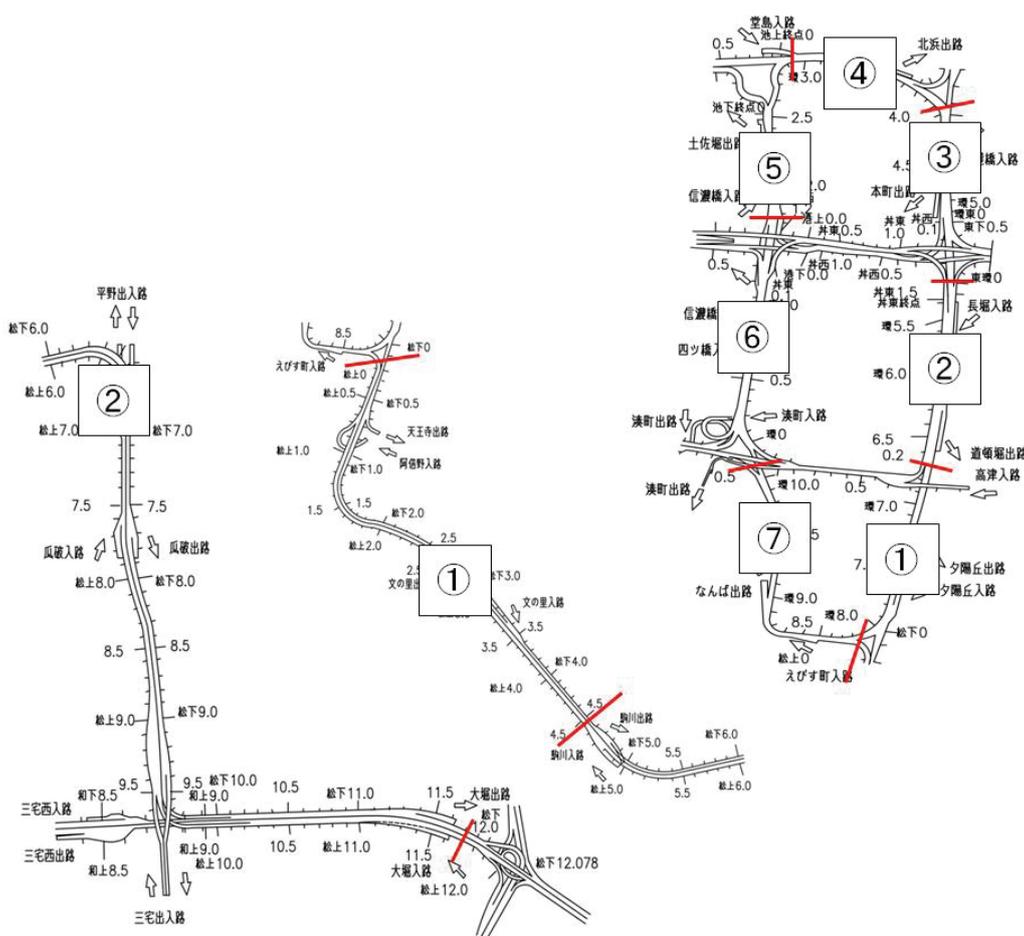


図-4.5.4 区間配置 (1号環状線, 14号松原線)

表-4.5.1 分散分析結果

有意確率	松原→環状 流入交通量	松原区間(阿倍野 ～文の里)交通量	西名阪入 口交通量
平土休	0	0	0
時刻	0	0	0
環状⑤	0	0	0.003
環状⑥	0	0	0.002
環状⑦	0.001	0	0.724
松原①	0	0	0
松原②	0	0	0
平土休*時刻	0	0	0
平土休*時刻*環状⑤	0	0	0.14
平土休*時刻*環状⑥	0	0.01	0.545
平土休*時刻*環状⑦	0	0.479	0.653
平土休*時刻*松原①	0	0	0.405
平土休*時刻*松原②	0	0	0.185

分散分析結果から松原線入り→環状線流入量は環状⑤～⑦及び松原線区間の交通障害インパクトレベルからの影響が見られる。松原線入り阿倍野～文の里区間交通量は一部、環状⑦の交通障害インパクトレベルと平土休*時刻の交互作用が非有意となっているが、主効果は有意となっている。西名阪交通量については全ての交互作用で1%有意とはなっていない。また、主効果についても環状⑦交通障害インパクトレベルが非有意となっている。そのため、西名阪の交通量推定入力変数から環状⑦の交通障害インパクトレベルは除外した。松原線入り→環状線流入量、阿倍野～文の里区間交通量の推定については環状⑤～⑦、松原①②全ての交通障害インパクトレベルを入力変数とした。図-4.5.5に本モデルの構造図を示す。学習データは2008年10月全日の6～21時までとしており、活性化関数はシグモイド関数($\tau(u)=1/(1+e^{-u})$)、双曲線正接関数($\tau(u)=\tanh(u)$)、線形関数($\tau(u)=u$)の組み合わせで予測した結果から、最も精度のよかった組み合わせを用いており、入力層から中間層へは双曲線正接関数、中間層から出力層へは線形関数を用いている。図-4.5.6にモデル検証として、ニューラルネットワークモデルで11月第1週平日の6時～21時の5分毎15分単位の各交通量を推定した結果を示す。予測結果は西名阪の決定係数が0.73と他と比較して低い、他は決定係数が0.9を超えるなど概ね良好な結果となっている。

また、参考として、10月全日の6～21時の5分毎15分単位交通量において交通障害を考慮した推定結果と交通障害を考慮していない推定結果のRMSE値の比較を表-4.5.2に示す。表-4.5.2の最左列に示す交通障害欄については当該区間(環状⑤～松原②)の交通障害インパクトレベルが1以上(交通障害が発生しており、当該時刻の5分毎15分単位渋滞損失時間は0以上)または3以上(交通障害が発生しており、当該時刻の5分毎15分単位渋滞損失時間は4000以上)のRMSE値を示している。交通障害を考慮していないRMSE値と比較して、交通障害を考慮した場合のRMSE値は向上している。一部、環状⑦の交通障害インパクトレベル1以上のRMSE値が交通障害を考慮しない場合と比較して若干低下しているが、交通障害インパクトレベル3以上の交通障害を考慮した場合では向上しており、交通障害発生時の交通量推定精度は交通障害インパクトレベルを考慮することで向上

していると言える。

予測結果の一例として No.54, 68, 69 交通障害時 (10/14 (火) の 16:58~18:21 の約 80 分間, 環港渡りで事故, 10/14 (火) の 17:38~19:20 の約 100 分間, 2.5kp の地点で故障による 1 車線障害が発生していた.) の松原線上り→環状線流入量推定結果について図-4.5.7 に示す。図中には観測交通量および推定交通量, 当該時間帯の環状⑤, 環状⑥の交通障害インパクトレベルを示している。図-4.5.7 から交通障害を考慮することによって予測交通量が実際の交通量に近くなっていることが見てとれる。しかしながら, 前述したように渋滞中においても渋滞していた高密度流が一時的に流入することによって区間交通量が増加する現象が図-4.5.7 の 17:50 付近や 18:50 付近で観測されているが, 予測結果はこの現象は反映できていないことがわかる。これは本手法において交通量を平日・時刻・交通障害インパクトレベルで交通量を推定していることから, 一時的に交通量が増加する本現象は考慮できないためであり, 本現象の再現は今後の課題である。

また, 交通障害インパクトレベルの影響度合いを確認するため図-4.5.8, 図-4.5.9 に平日の松原線上り→環状線流入量, 西名阪入口交通量推定結果を示す。推定は 6 時~21 時の全時間帯の松原①交通障害インパクトレベルが 0 の場合と 3 の場合を推定した。また, 図中の観測交通量は平日全時間帯において交通障害インパクトレベルが 0 の時間帯別平均交通量 (実線), 平日全時間帯において交通障害インパクトレベルが 3 の時間帯別平均交通量 (ポイント) を示している。

交通障害インパクトレベルが 0 の場合は観測交通量とよく一致している。また, 交通障害インパクトレベルが 3 の場合はレベル 0 の予測結果と比較して一様に減少している。ただ, 交通障害インパクトレベル 3 の観測交通量が非常にばらついていることもあるが, 特に 7 時台の交通量について実際の観測交通量を再現できているとは言い難い。この要因としては 7 時台の観測交通量が前述した表-3.4.6 中の No.19 交通障害 (10/1 (水) の 7:24~10:06 の約 160 分間, 松原上り 4.7kp の地点で故障) 発生時のデータであり, 当日は 6 時台から環状線四ツ橋付近からの交通集中渋滞が発生しており, 当該時間帯が一時的な渋滞解消局面にあったことから観測区間交通量が大きくなっていると考えられる。また, 交通集中渋滞の影響から松原線渋滞が他の交通障害インパクトレベル 3 の事例とは異なり交通障害発生時から既にレベル 3 に達していたことから交通量が減少していないと考えられる。本モデルの精度向上については渋滞解消時の区間交通量一時増加現象とあわせて今後の課題であると言える。

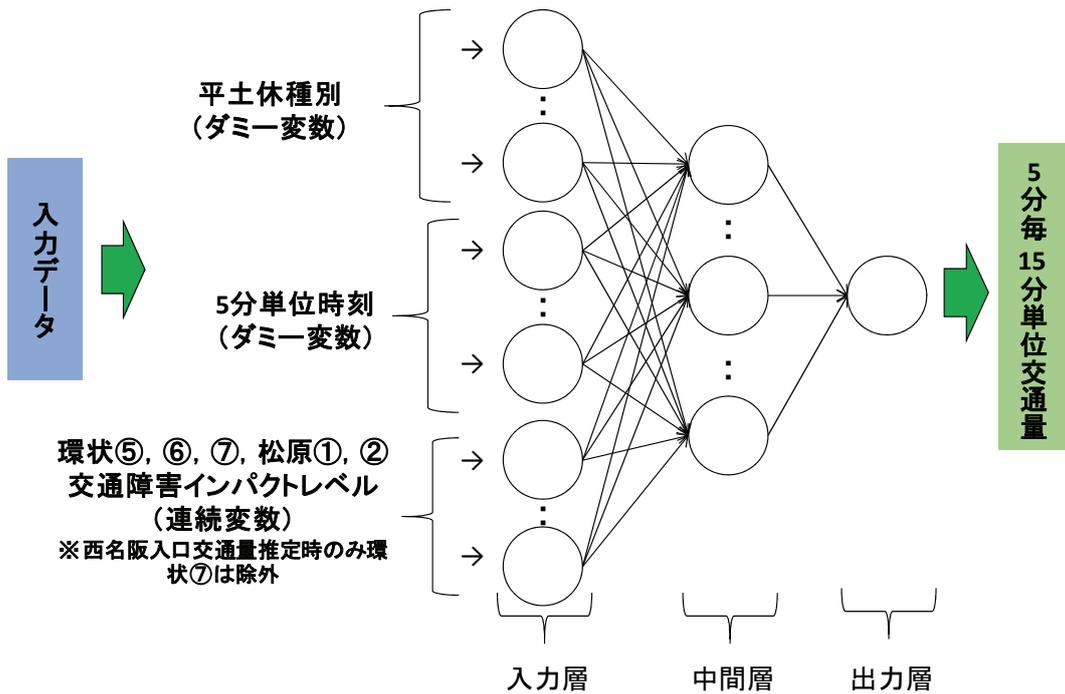


図-4.5.5 交通量推定モデル構造図

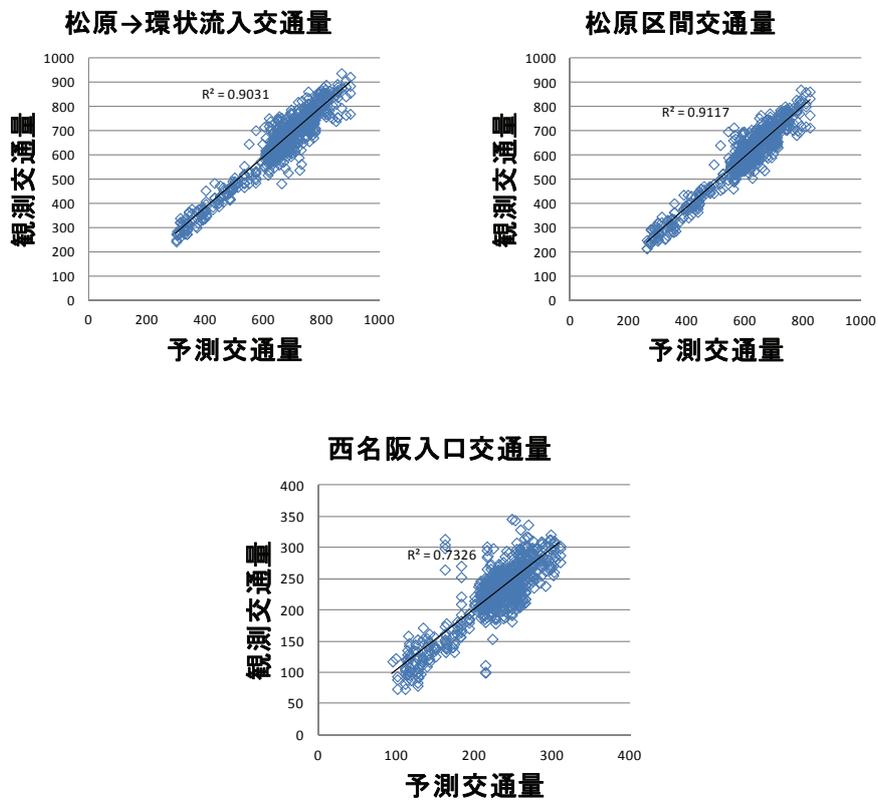


図-4.5.6 11/4 (火) ~11/7 (金) 6時~21時における各交通量推定結果

表-4.5.2 交通障害を考慮した場合と非考慮の場合のRMSE比較

RMSE	松原→環状流入交通量			松原区間交通量			西名阪入口交通量		
	障害考慮	障害非考慮	障害考慮/ 障害非考	障害考慮	障害非考慮	障害考慮/ 障害非考	障害考慮	障害非考慮	障害考慮/ 障害非考
全体	58.7	75.8	77.5%	55.0	70.4	78.1%	31.9	32.0	99.8%
交通障害									
環状⑤	70.3	108.5	64.8%	67.0	98.7	67.8%	33.6	38.3	87.8%
1以上									
環状⑥	66.3	138.0	48.1%	70.1	114.2	61.4%	34.6	35.5	97.6%
pick up									
環状⑦	110.8	109.9	100.9%	99.6	89.9	110.7%	-	-	-
松原①	72.8	100.8	72.2%	65.1	93.6	69.6%	31.3	33.8	92.5%
松原②	76.1	99.4	76.5%	73.7	95.2	77.5%	32.7	33.5	97.8%
交通障害									
環状⑤	81.2	117.4	69.2%	78.0	102.9	75.7%	33.6	39.6	84.9%
3以上									
環状⑥	69.8	150.8	46.3%	73.6	123.7	59.5%	36.0	37.2	96.8%
pick up									
環状⑦	112.6	151.9	74.1%	118.6	136.4	86.9%	-	-	-
松原①	76.2	114.2	66.7%	68.3	107.0	63.9%	34.0	36.4	93.4%
松原②	98.7	156.1	63.3%	96.5	153.5	62.9%	37.8	43.5	86.7%

松原→環状流入交通量

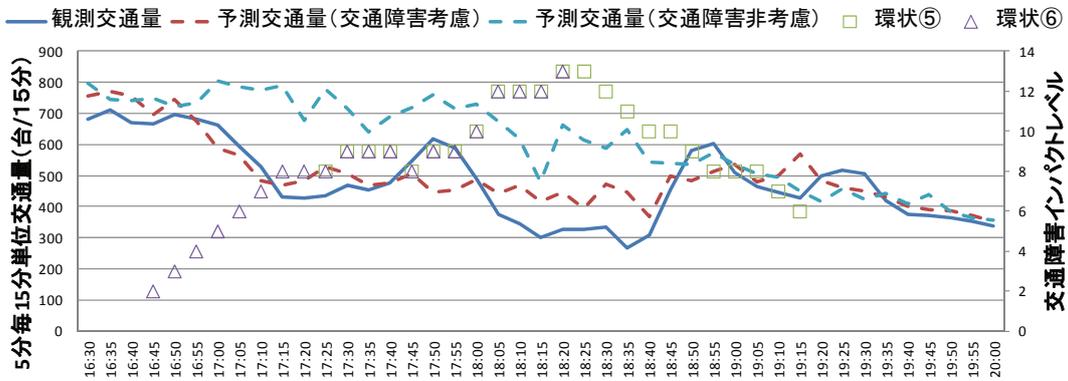


図-4.5.7 10/14 (火) 16:58~18:21 環港渡りで事故, 17:38~19:20 環状 2.5kp で故障による交通障害発生時予測結果

松原線流入交通量推定結果

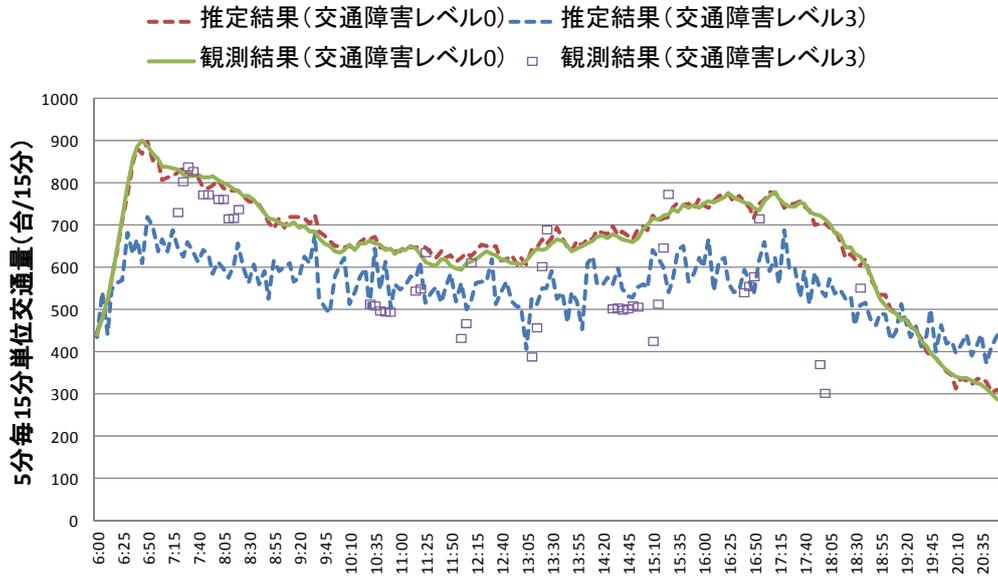


図-4.5.8 松原線上り→環状線流入量推定結果

西名阪交通量推定結果

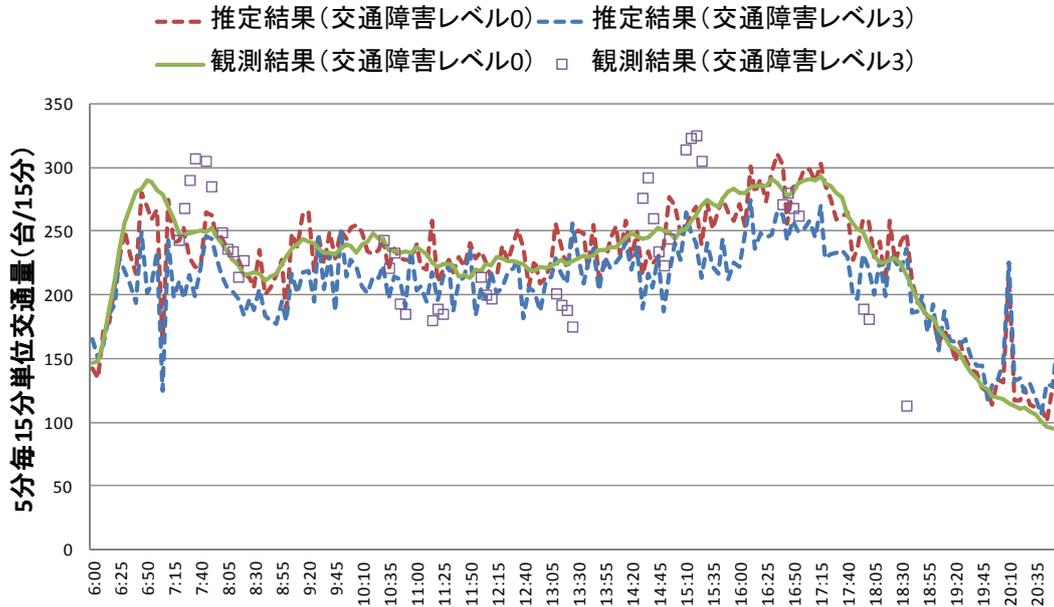


図-4.5.9 西名阪交通量推定結果

4.6 結語

本章では1号環状線, 14号松原線を例に挙げ, 交通障害発生時の交通量変動について分析, 考察を加えるとともに, 交通障害発生を考慮した交通量推定モデルを構築した. その結果, 全ての交通障害が交通量変動に影響を及ぼしているわけではなく, また, 交通量によっても交通障害の影響度合いは各々異なっていることが明らかとなった. また, ニューラルネットワークモデルを用いた交通障害発生時の交通量推定モデルは一定の精度で推定できることは示されたが, 主に区間交通量について渋滞解消時に一時的に増加する現象については本モデルでは考慮出来ない事象であり, モデルの精度向上と合わせて今後の課題である. また, モデルの精度向上について, ニューラルネットワークモデルは学習データにその精度が大きく左右されるため, 学習データを精査することによって精度向上を図ることが重要であると考えている.

【参考文献】

- 1) 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, 第27回土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 2003
- 2) 金進英, 宇野伸宏, 倉内文孝, 吉村敏志, 萩原武司: 阪神高速道路における時間帯別ランプ間 OD 交通量の変動分析, 第39回土木計画学研究・講演集 (CD-ROM), 2009
- 3) 阪神高速道路の交通安全対策アクションプログラム, 阪神高速道路株式会社, 2007
- 4) 阪神高速道路の交通安全対策第2次アクションプログラム, 阪神高速道路株式会社, 2010
- 5) 阪神高速道路の交通安全対策第2次アクションプログラム, 阪神高速道路株式会社, 2013
- 6) 大内東, 山本雅人共著, 川村秀憲: マルチエージェントシステムの基礎と応用-複雑系工学の計算パラダイム, (株)コロナ社, 2002

5. 交通障害発生時の渋滞損失時間推定手法の構築

5.1 概説

前章では交通障害発生時の交通量変動，交通障害発生状況について整理した上，交通障害発生時の交通量推定モデルを構築した．本章では第 7 章の交通障害リスク算定に用いる渋滞損失時間を推定するため，交通障害発生時の渋滞損失時間推定モデルを構築する．5.2 節では阪神高速全体における渋滞損失時間変動について概説する．5.3 節，5.4 節では前章で例に挙げた 1 号環状線，14 号松原線における渋滞損失時間変動について分析を行い，変動要因について整理する．5.5 節では前節までに得られた結果を用いて交通障害発生時の渋滞損失時間推定モデルを構築する．図-5.1.1 に第 5 章の研究フローを示す．

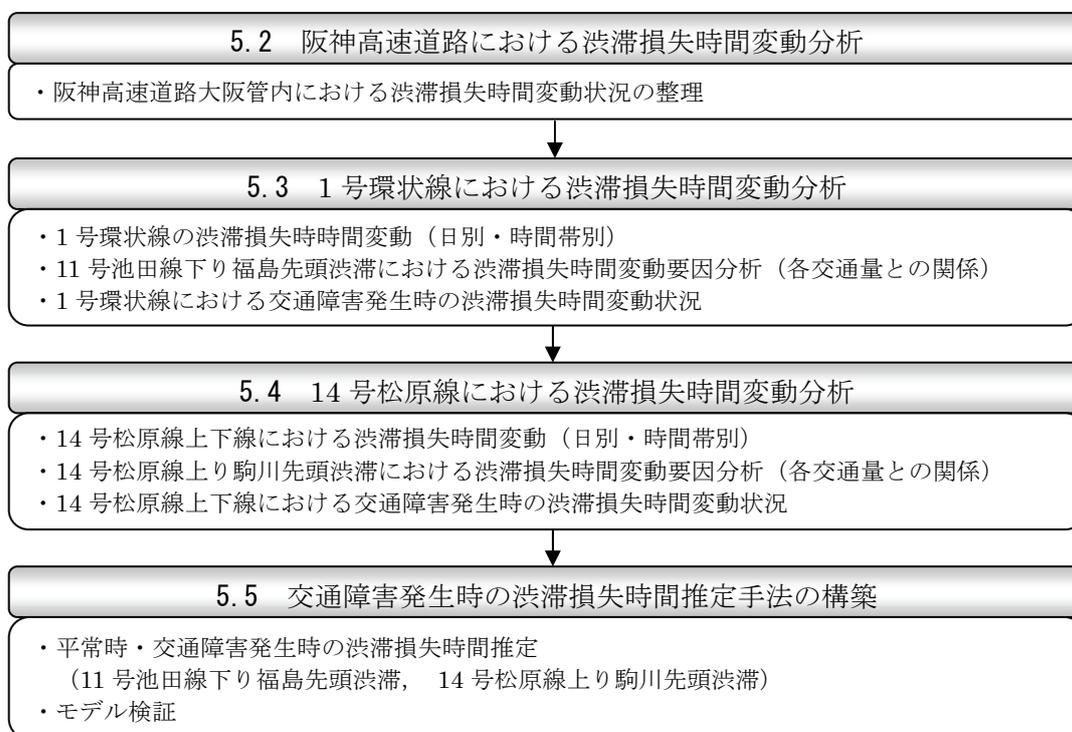


図-5.1.1 5章の研究フロー

5.2 阪神高速道路における渋滞損失時間変動分析

本節では阪神高速道路大阪管内における 2008 年 10 月の渋滞損失時間変動について概説する。大阪管内は図-5.2.1 に示すエリアであり、主に料金圏の東圏のうち大阪府内のエリアである。表-5.2.1 に日別、時間帯別の渋滞損失時間変動、図-5.2.2 に主要路線別の渋滞損失時間内訳、図-5.2.3 に渋滞状況図を示す。図-5.2.2 に示す割合は各路線の区間における渋滞損失時間を集計して全体に対する割合を示したものであり、渋滞損失時間は以下の式で表される。

$$\begin{aligned} \text{渋滞損失時間 (分・台)} &= Q \times (l/V - l/V_r) \times 60 \\ Q &: \text{区間交通量(台)} \quad V: \text{区間平均速度(km/h)} \\ V_r &: \text{基準速度(km/h)} \quad l: \text{対象区間長(km)} \end{aligned}$$

図-5.2.3 は阪神高速全線の渋滞継続時間を示したものであり、図-5.2.2 と概ね傾向は一致している。表-5.2.1 から渋滞損失時間変動に曜日別の傾向が乏しいことが見て取れる。しかしながら土、日、祝は前章でも述べたとおり、交通量が全体的に低いため、渋滞損失時間も低い傾向にあると推察される。また、時間帯別には朝ピーク、夕ピーク時の渋滞損失時間が突出しており、主にピーク時に渋滞が集中していることが見て取れる。また、図-5.2.2 から池田線上の渋滞損失時間が突出して多く、それから東大阪線、環状線の順となっている。図-5.2.3 からわかる通り、池田線上りは塚本を先頭とした阪神高速における代表渋滞区間があり、名神からの流入も相まって渋滞損失時間が大きくなっていると考えられる。また、上位は概ね環状線及び環状線につながる各放射路線上りで占められており、大阪市内に向かう区間が渋滞している傾向にある。

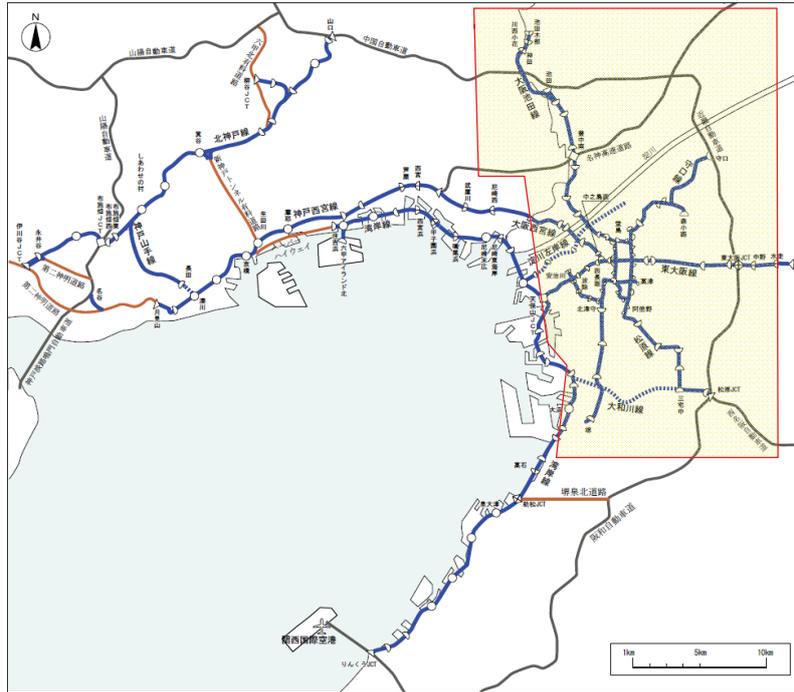


図-5.2.1 阪神高速道路大阪管制管内エリア

表-5.2.1 大阪管内における日別，時間帯別，渋滞損失時間変動

日付			渋滞損失時間	時間帯		渋滞損失時間
10月1日	水	平	785,248	0		166
10月2日	木	平	558,500	1		196
10月3日	金	平	927,191	2		212
10月4日	土	土	316,203	3		197
10月5日	日	休	79,489	4		309
10月6日	月	平	375,488	5		365
10月7日	火	平	413,817	6	朝ピーク	5,238
10月8日	水	平	481,350	7	朝ピーク	60,901
10月9日	木	平	562,441	8	朝ピーク	71,274
10月10日	金	平	1,306,367	9	朝ピーク	53,342
10月11日	土	土	418,845	10		62,096
10月12日	日	休	582,102	11		42,498
10月13日	月	休	376,391	12		17,094
10月14日	火	平	1,384,874	13		11,187
10月15日	水	平	832,986	14		24,287
10月16日	木	平	954,167	15		30,957
10月17日	金	平	800,405	16	夕ピーク	45,059
10月18日	土	土	488,215	17	夕ピーク	73,359
10月19日	日	休	220,125	18	夕ピーク	73,705
10月20日	月	平	382,135	19	夕ピーク	22,424
10月21日	火	平	734,355	20		1,324
10月22日	水	平	670,856	21		691
10月23日	木	平	539,532	22		383
10月24日	金	平	1,136,786	23		211
10月25日	土	土	394,065	朝ピーク		190,756
10月26日	日	休	134,620	夕ピーク		214,548
10月27日	月	平	427,627			
10月28日	火	平	568,005			
10月29日	水	平	599,797			
10月30日	木	平	453,443			
10月31日	金	平	616,376			
全日平均			597,477			
平日平均		平	705,079			
土曜平均		土	404,332			
休日平均		休	278,545			
変動係数			0.52			

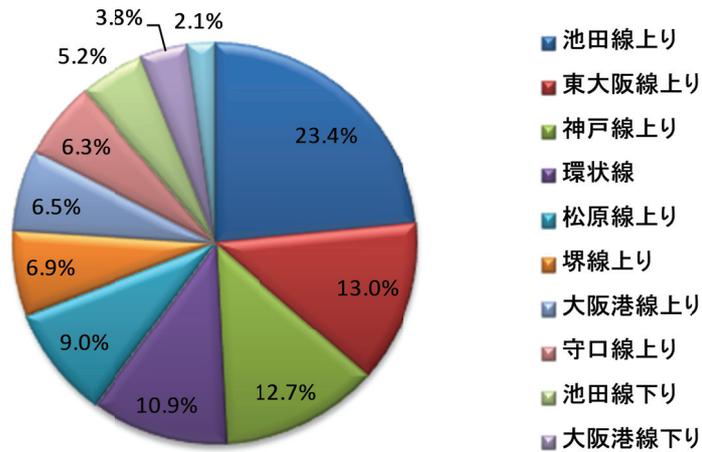


図-5.2.2 路線別渋滞損失時間内訳 (2008年10月)

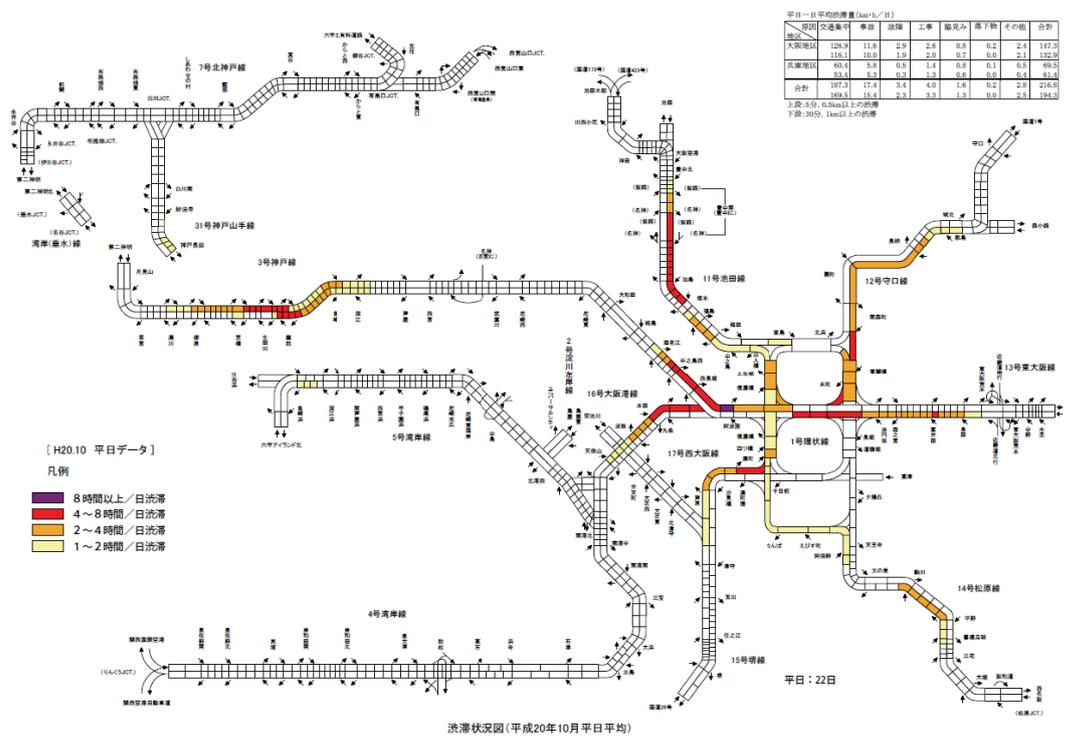


図-5.2.3 渋滞状況図 (2008年10月)

5.3 1号環状線における渋滞損失時間変動分析

5.3.1 1号環状線における渋滞損失時間変動

本項ではまず、1号環状線における渋滞損失時間変動について考察を加える。図-5.3.1に1号環状線路線図を示す。本項では図-5.3.1に記載の通り環状線を10の区間に分け、渋滞損失時間変動について分析する。

表-5.3.1に日別の渋滞損失時間変動、表-5.3.2に時間帯別の渋滞損失時間帯変動を示す。表-5.3.1に示す数値は区間ごとに日単位で集計した値であり、表-5.3.2に示す数値は時間帯毎に10月全日平均した値である。表-5.3.1から区間⑥（信濃橋入口～環状・堺合流部）が突出して渋滞損失時間が多くなっていることがわかる。これは環状線内でも最も複雑な織り込み合流が起こる区間の下流側に位置しているため、第4章でも述べたとおり交通障害が頻発するとともに、大規模な交通渋滞が発生しやすい区間でもある。その影響から下流側にあたる区間⑦（環状・堺合流部～環状・松原合流部）の渋滞損失時間も大きくなっていると考えられる。全体の傾向として土・日・祝の渋滞損失時間が小さい傾向にあるのは前述したとおり、交通量が平日と比較して少ないためと推察される。

表-5.3.2から21時～5時の夜間はほとんど渋滞が発生していないことが見て取れる。また、渋滞損失時間が大きい区間（例えば③，⑥，⑦，⑩）を見ると、朝ピーク時の渋滞発生が主となっていることがわかり、その影響から10時、11時といった交通量ピーク時を過ぎた時間帯においても比較的大きな渋滞損失時間が観測されていることが見て取れる。

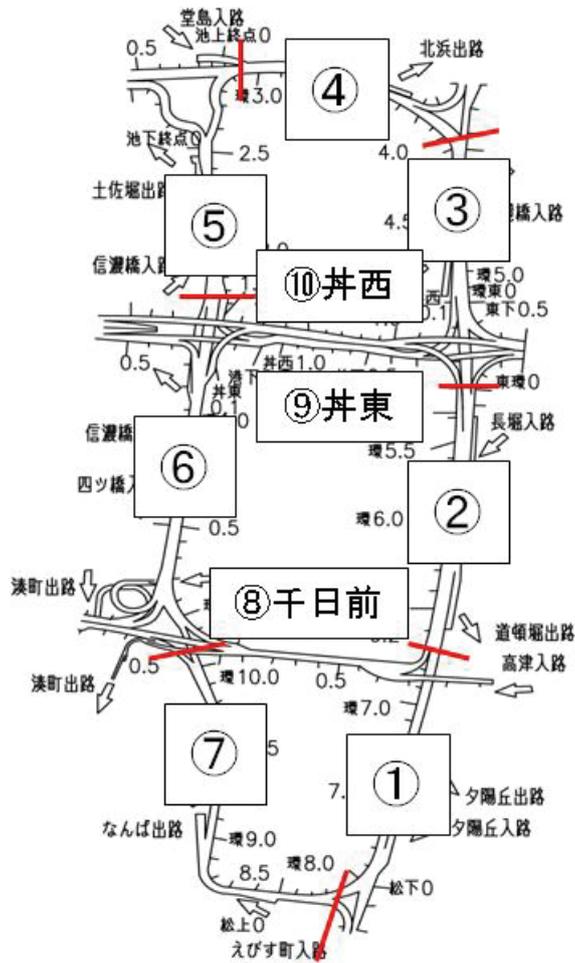


図-5.3.1 1号環状線路線図

表-5.3.1 日別渋滞損失時間変動（1号環状線）

日付	区間	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
10月1日	水 平	7,556	16,220	14,684	9,320	8,173	16,850	11,441	223	4,586	8,437
10月2日	木 平	8,829	10,573	14,577	5,106	1,084	12,144	4,216	125	886	10,165
10月3日	金 平	793	2,980	24,525	11,128	5,265	25,726	6,945	1,201	185	18,548
10月4日	土 土	0	1,109	0	312	4,959	22,041	1,390	0	100	2,457
10月5日	日 休	0	177	0	51	4,868	8,944	1,009	25	0	0
10月6日	月 平	0	2,929	3,286	5,065	0	6,580	2,765	116	3,180	1,119
10月7日	火 平	50	2,852	10,588	5,237	2,770	19,042	2,911	169	281	7,505
10月8日	水 平	623	7,283	8,846	3,575	7,965	44,111	9,878	582	2,208	11,398
10月9日	木 平	0	2,772	12,494	6,158	12,066	31,532	3,622	145	174	11,371
10月10日	金 平	0	3,992	19,301	12,045	16,000	50,617	25,502	1,058	138	15,759
10月11日	土 土	0	2,528	9,976	179	6,250	21,226	10,715	524	42	8,700
10月12日	日 休	583	49	2,391	61	9,822	38,661	20,783	585	0	2,803
10月13日	月 休	0	313	1,972	0	104	0	217	0	0	589
10月14日	火 平	32	8,451	18,077	10,334	20,841	96,840	43,814	3,338	381	16,626
10月15日	水 平	124	2,572	14,602	4,207	9,291	40,011	5,017	75	97	13,250
10月16日	木 平	0	2,251	17,673	5,827	9,088	39,649	17,761	271	157	13,361
10月17日	金 平	65	2,789	13,776	10,058	4,857	23,064	7,203	247	79	11,184
10月18日	土 土	0	573	2,419	183	7,770	42,148	14,407	584	316	3,911
10月19日	日 休	0	211	16,198	1,342	0	0	8,410	233	0	21,037
10月20日	月 平	0	1,958	5,558	4,103	37	5,360	2,980	28	36	3,616
10月21日	火 平	0	2,104	12,646	3,154	9,252	49,716	21,943	1,432	424	14,297
10月22日	水 平	22	4,880	11,674	8,755	5,421	29,080	8,230	375	239	8,150
10月23日	木 平	0	4,403	13,060	10,430	0	16,370	4,874	451	581	8,616
10月24日	金 平	12	15,930	26,070	15,115	9,096	45,548	34,672	3,780	1,321	18,759
10月25日	土 土	466	955	75	664	6,896	33,905	13,344	0	0	4,202
10月26日	日 休	0	253	0	0	0	0	1,090	11	0	0
10月27日	月 平	4,508	8,266	10,697	2,568	0	5,509	7,789	47	2,209	3,627
10月28日	火 平	0	2,737	12,263	3,466	7,725	32,514	6,005	22	49	12,533
10月29日	水 平	0	2,975	7,186	3,865	4,060	30,419	8,716	953	1,540	12,809
10月30日	木 平	70	4,804	8,808	5,607	763	8,974	4,358	57	156	3,847
10月31日	金 平	160	3,226	21,523	15,238	387	29,123	7,780	396	7,735	6,773
全日平均		771	3,971	10,805	5,263	5,639	26,636	10,316	550	874	8,885
平日平均	平	1,038	5,316	13,723	7,289	6,097	29,945	11,292	686	1,211	10,534
土曜平均	土	117	1,291	3,118	335	6,469	29,830	9,964	277	115	4,818
休日平均	休	117	201	4,112	291	2,959	9,521	6,302	171	0	4,886
変動係数		2.79	1.04	0.67	0.87	0.9	0.76	0.97	1.62	1.9	0.67

表-5.3.2 時間帯別渋滞損失時間変動（1号環状線）

時間帯	区間	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
0		1	0	0	0	0	0	13	0	1	0
1		0	0	0	0	0	0	17	0	1	4
2		5	0	0	0	0	0	18	0	2	0
3		0	1	0	0	0	0	18	1	6	0
4		0	4	0	4	0	7	22	6	16	0
5		0	1	0	2	0	2	20	4	23	0
6	朝ピーク	0	1	478	36	14	343	110	6	4	247
7	朝ピーク	0	1	1,654	165	1,006	4,071	815	6	0	1,670
8	朝ピーク	0	20	674	444	1,393	5,110	865	6	0	1,656
9	朝ピーク	2	219	1,514	649	1,001	3,502	983	75	125	1,280
10		185	499	2,138	780	859	2,840	1,671	70	83	1,323
11		83	477	1,354	535	477	2,041	826	42	104	1,002
12		11	146	328	131	110	597	402	11	50	214
13		146	386	270	202	0	720	196	18	28	215
14		0	534	597	332	206	1,466	896	113	86	339
15		168	390	349	332	145	699	429	45	8	178
16	夕ピーク	19	165	70	235	121	1,022	615	13	4	138
17	夕ピーク	1	554	215	436	77	1,394	1,032	57	12	175
18	夕ピーク	147	539	412	625	195	1,946	1,021	75	194	390
19	夕ピーク	0	27	567	336	36	752	313	1	127	54
20		0	0	185	17	0	124	6	0	0	0
21		0	9	0	0	0	0	9	0	0	0
22		0	0	0	0	0	0	7	0	0	0
23		3	0	0	0	0	0	12	0	0	0
朝ピーク		2	241	4,320	1,295	3,413	13,026	2,773	94	129	4,852
夕ピーク		166	1,285	1,264	1,632	430	5,114	2,981	146	337	757

5.3.2 1号環状線における渋滞損失時間変動要因分析

前節では1号環状線の渋滞損失時間発生状況について概説した。本研究では各区間で交通障害が発生した際の渋滞損失時間を推定する必要があるため、本節ではまず、交通障害が発生していない時間帯における交通渋滞の発生要因について分析する。本節では環状線の中で渋滞損失時間が大きい区間⑤⑥⑦に焦点を当てて分析する。前掲した図-5.2.3や表-5.3.1、表-5.3.2からもある程度読み取れるが、環状線西側の朝ピーク時交通渋滞は池田線下りの福島入口をボトルネックとした交通集中による渋滞である。そのため、区間⑤⑥⑦に発生する渋滞を予測するためには池田線下り福島からの渋滞を予測する必要がある。

図-5.3.2に池田線福島入口から発生する渋滞の渋滞損失時間、図-5.3.3に福島入口交通量、図-5.3.4に池田線下り流入交通量、図-5.3.5に井西→環状流入交通量、図-5.3.6に堺・松原流入交通量の合計交通量を示す。ここでは各特徴が観察できる10月3日(金)、4日(土)、6日(月)、15日(水)の6:00~11:00までの15分毎15分単位集計値(渋滞損失時間、交通量ともに)を示す。

図-5.3.2から4日(土)は7時台始めから渋滞損失時間が急増していることが分かる。これは図-5.3.4、図-5.3.5から池田線流入量が他と比較して早い時刻から交通量が多くなっていることが原因として考えられ、その原因の一端として井西から環状線への流入量が4日(土)は多くなっていることが一因として考えられる。

続いて、図-5.3.2から4日(土)は他と比較して、8時台始めから徐々に渋滞が解消し始め、9:15には渋滞が解消している。これは図-5.3.2~図-5.3.6に共通して言えることであるが土曜日であることから交通量が平日と比較して小さいことが要因と考えられる。

さらに、図-5.3.2から3日(金)と15日(水)を比較すると渋滞継続時間が15日(水)の方が3日(金)と比較して長いことが見て取れる。これは、図-5.3.6から堺線・松原線から環状線に流入する交通量が8時以降の時間帯において15日(水)の方が3日(金)と比較して大きいことが要因として考えられる。

また、6日(月)の渋滞損失時間が他と比較して小さいことについて、図-5.3.4、図-5.3.6から環状線から池田線への流入量及び堺線、松原線から環状線に流入する交通量が少ないことが要因と考えられる。6日(月)は松原線上りにおいて交通障害が発生していたため、流入量が抑制され、福島先頭渋滞の渋滞損失時間が小さくなっていると考えられる。

以上の考察及び図-5.3.3から、福島入口交通量が渋滞発生の引き金となっていることは可能性として考えられるが、渋滞損失時間の増減と直接リンクしているとは考えにくく、本区間の交通渋滞の増減に関して井西→環状区間流入量に加え、堺線、松原線→環状線区間流入量が大きく影響を及ぼしている可能性がある。しかしながら、図-5.3.2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時間帯も存在していることが見て取れる。この現象は既往研究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。そのため渋滞損失時間の増減は交通量の増減にそれほど敏感に反応しているわけではなく、渋滞損失時間推定のためには入力変数として交通量のみならず現状の渋滞損失時間、すなわち推定する時間帯の渋滞損失時間より前の時間帯の渋滞損失時間を入力変数として加えることで、渋滞損失時間の推定が可能となると考えられる。

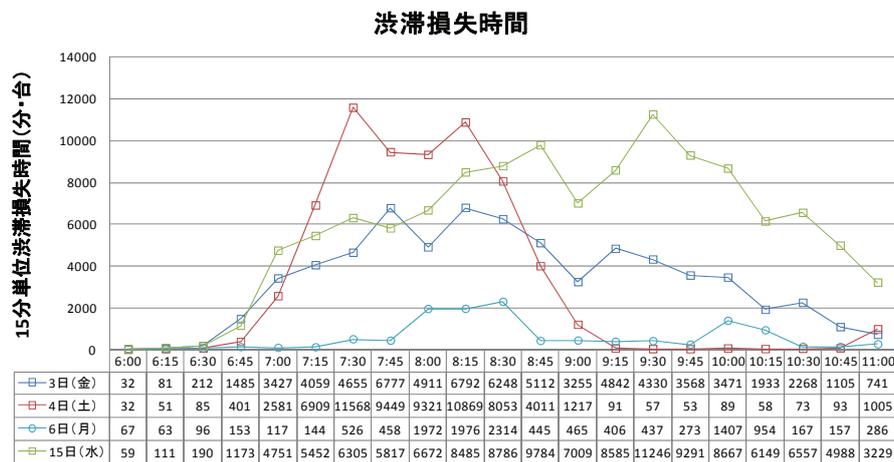


図-5.3.2 渋滞損失時間（池田線下り福島先頭）の変動

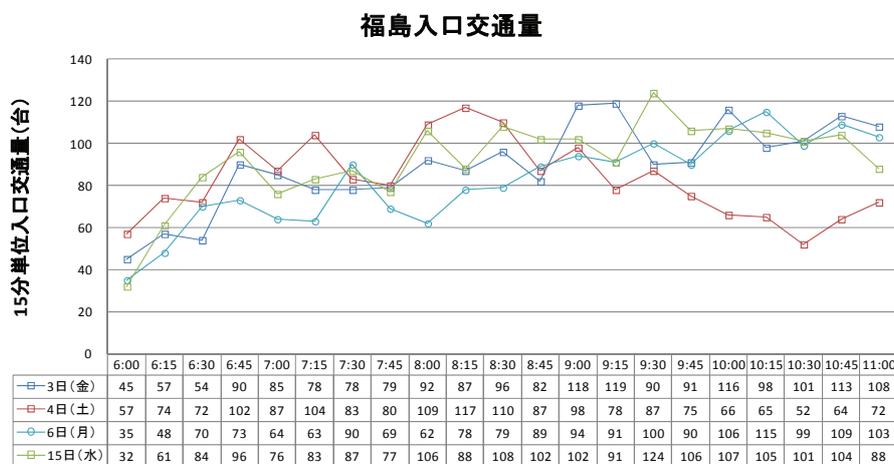


図-5.3.3 福島合計入口交通量の変動

池田線流入交通量

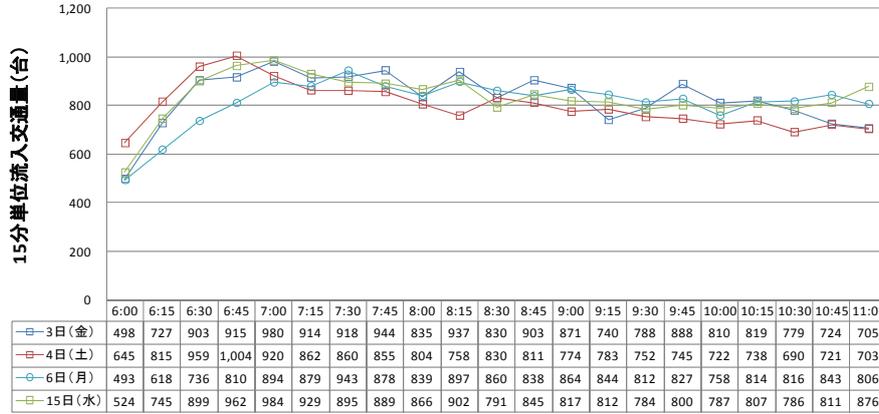


図-5.3.4 池田線下り流入交通量の変動

井西→環状流入区間交通量



図-5.3.5 井西流入区間交通量の変動

堺線+松原線→環状区間流入交通量

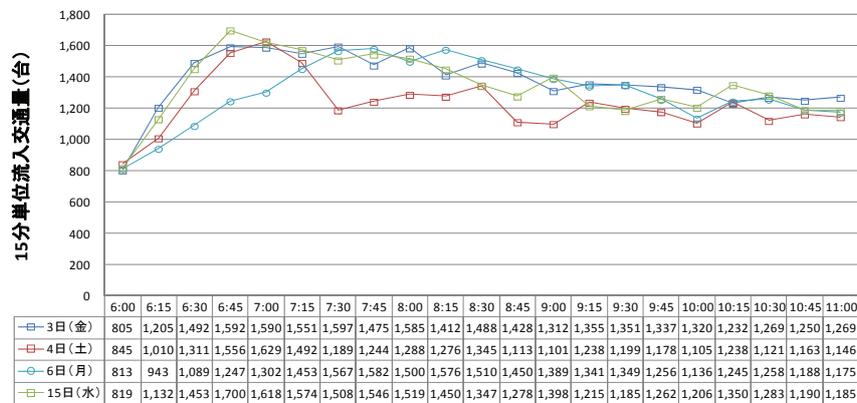


図-5.3.6 堺・松原流入交通量の合計の変動

5.3.3 1号環状線における交通障害発生時の渋滞損失時間変動

前項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。本項では、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号環状線の10月の交通障害発生状況については前述の4.3.2の表-4.3.6を参照してほしい。

本項では表-4.3.6のNo.58, No.72を例に挙げ、交通障害発生時渋滞損失時間の変動要因について考察を加える。No.58交通障害は10/12(日)の10:47~11:57まで環状線2.4kpの地点で交通事故が発生しており、No.72交通障害は10/12(日)の11:37~12:14まで環状線0.9kpの地点で故障が発生していた。そのため、交通量の少ない日曜日でありながら2度の交通障害の発生によって堺線、松原線にかけても大きな渋滞が発生している。渋滞発生状況について表-5.3.3に、表-5.3.4に交通量変動を示す。

表-5.3.3は福島先頭渋滞が環状線から堺線、松原線、守口線、東大阪線といった各放射路線に拡大していった様子を示している。日曜日ということもあり渋滞損失時間はそれほど大きくはない。表-5.3.4から交通障害発生前の10:30には池田線流入量について、渋滞が収束する交通量まで低下してきており、表-5.3.3から渋滞が収束に向かっている様子が見て取れる。しかしながら、No.58交通障害が10:47から発生しているため、表-5.3.3から環状線⑤区間以降の渋滞損失時間が再び増加し、下流側の渋滞損失時間が増加していく様子が見て取れる。さらに、No.72交通障害が11:37から発生しているため、表-5.3.3からNo.58交通障害が11:57に解消した後も環状線⑦以降の渋滞損失時間が減少しきれていない様子が見て取れる。

このことから交通量のみならず、渋滞損失時間推定には交通障害の発生を考慮するとともに、交通障害解消後も交通渋滞はすぐには解消しないことから、前項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。

表-5.3.3 10/12(日) 11:37~12:14 環状線 2.4kp, 環状線 0.9kp 交通障害による
 渋滞損失時間変動

日付・曜日		時間帯	池田線下り → 環状 → 井西 → 東大阪上り				池田線下り → 環状 → 井西 → 環状 → 守口線上り						
日付	曜日	時間帯	池田線下り	環状線⑤	環状線⑨	東大阪線	時間帯	池田線下り	環状線⑤	環状線⑨	環状線③	守口線	
10	12	日 休	8:00	36	0	0	0	8:00	36	0	0	47	0
10	12	日 休	8:15	340	0	0	0	8:15	340	0	0	24	0
10	12	日 休	8:30	1,908	0	0	0	8:30	1,908	0	0	0	0
10	12	日 休	8:45	1,465	410	0	0	8:45	1,465	410	0	0	0
10	12	日 休	9:00	2,417	442	0	0	9:00	2,417	442	0	0	0
10	12	日 休	9:15	2,564	677	0	0	9:15	2,564	677	0	0	0
10	12	日 休	9:30	2,418	681	419	0	9:30	2,418	681	419	0	0
10	12	日 休	9:45	2,587	750	296	0	9:45	2,587	750	296	0	0
10	12	日 休	10:00	2,494	682	252	0	10:00	2,494	682	252	0	0
10	12	日 休	10:15	2,690	619	271	94	10:15	2,690	619	271	5	0
10	12	日 休	10:30	2,459	641	255	306	10:30	2,459	641	255	0	0
10	12	日 休	10:45	1,198	655	331	233	10:45	1,198	655	331	0	0
10	12	日 休	11:00	22	796	246	493	11:00	22	796	246	108	0
10	12	日 休	11:15	13	996	516	0	11:15	13	996	516	480	0
10	12	日 休	11:30	54	961	418	69	11:30	54	961	418	842	0
10	12	日 休	11:45	687	146	355	158	11:45	687	146	355	788	111
10	12	日 休	12:00	81	0	303	0	12:00	81	0	303	396	71
10	12	日 休	12:15	15	0	165	0	12:15	15	0	165	0	0
10	12	日 休	12:30	18	0	0	0	12:30	18	0	0	0	0
10	12	日 休	12:45	5	0	0	0	12:45	5	0	0	0	0
10	12	日 休	13:00	2	0	0	0	13:00	2	0	0	0	0

日付・曜日		時間帯	池田線下り → 環状 → 環状 → 堺線 上り、千日前					池田線下り → 環状 → 環状 → 環状 → 松原線 上り						
日付	曜日	時間帯	池田線下り	環状線⑤	環状線⑥	堺線 上り	千日前	時間帯	池田線下り	環状線⑤	環状線⑥	環状線⑦	松原線 上り	
10	12	日 休	8:00	36	0	0	0	3	8:00	36	0	0	0	0
10	12	日 休	8:15	340	0	0	0	0	8:15	340	0	0	0	0
10	12	日 休	8:30	1,908	0	0	0	0	8:30	1,908	0	0	4	0
10	12	日 休	8:45	1,465	410	0	0	0	8:45	1,465	410	0	4	0
10	12	日 休	9:00	2,417	442	5	0	0	9:00	2,417	442	5	1	0
10	12	日 休	9:15	2,564	677	388	0	0	9:15	2,564	677	388	1	0
10	12	日 休	9:30	2,418	681	706	0	0	9:30	2,418	681	706	0	0
10	12	日 休	9:45	2,587	750	690	0	0	9:45	2,587	750	690	0	0
10	12	日 休	10:00	2,494	682	1,760	0	0	10:00	2,494	682	1,760	2	0
10	12	日 休	10:15	2,690	619	858	0	0	10:15	2,690	619	858	0	0
10	12	日 休	10:30	2,459	641	1,325	0	0	10:30	2,459	641	1,325	0	0
10	12	日 休	10:45	1,198	655	4,848	0	0	10:45	1,198	655	4,848	0	0
10	12	日 休	11:00	22	796	8,901	5,094	87	11:00	22	796	8,901	1,917	0
10	12	日 休	11:15	13	996	6,054	9,942	399	11:15	13	996	6,054	5,702	276
10	12	日 休	11:30	54	961	5,955	9,083	199	11:30	54	961	5,955	5,644	3,262
10	12	日 休	11:45	687	146	1,366	6,304	0	11:45	687	146	1,366	3,648	6,290
10	12	日 休	12:00	81	0	742	7,459	0	12:00	81	0	742	2,394	3,378
10	12	日 休	12:15	15	0	614	4,080	0	12:15	15	0	614	1,574	825
10	12	日 休	12:30	18	0	425	2,271	0	12:30	18	0	425	839	253
10	12	日 休	12:45	5	0	185	0	0	12:45	5	0	185	3	0
10	12	日 休	13:00	2	0	0	0	0	13:00	2	0	0	0	0

表-5.3.4 10/12(日) 11:37~12:14 環状線 2.4kp, 環状線 0.9kp 交通障害による
 交通量変動

日付・曜日		時間帯	池田流入量	井西	堺線+松原線	No.58交通障害 継続時間	No.72交通障害 継続時間	
10	12	日 休	8:00	826	180	1,134	0	0
10	12	日 休	8:15	906	218	1,276	0	0
10	12	日 休	8:30	880	201	1,229	0	0
10	12	日 休	8:45	776	214	1,211	0	0
10	12	日 休	9:00	848	216	1,194	0	0
10	12	日 休	9:15	774	239	1,171	0	0
10	12	日 休	9:30	759	241	1,091	0	0
10	12	日 休	9:45	782	244	1,094	0	0
10	12	日 休	10:00	751	218	1,064	0	0
10	12	日 休	10:15	779	195	1,042	0	0
10	12	日 休	10:30	707	219	1,055	0	0
10	12	日 休	10:45	439	227	991	13	0
10	12	日 休	11:00	361	198	699	15	0
10	12	日 休	11:15	347	145	599	15	0
10	12	日 休	11:30	609	173	484	15	8
10	12	日 休	11:45	764	150	702	12	15
10	12	日 休	12:00	616	171	1,017	0	14
10	12	日 休	12:15	756	191	1,204	0	0
10	12	日 休	12:30	765	162	1,240	0	0
10	12	日 休	12:45	675	162	927	0	0
10	12	日 休	13:00	622	160	882	0	0

5.4 14号松原線における交通障害発生時の渋滞損失時間変動分析

5.4.1 14号松原線における渋滞損失時間変動

本項では14号松原線上下線における渋滞損失時間変動について考察を加える。図-5.4.1に14号松原路線図を示す。本項では図-5.4.1に記載の通り、松原線を3つの区間に分け、渋滞損失時間変動について分析する。

表-5.4.1に日別の渋滞損失時間変動、表-5.4.2に時間帯別の渋滞損失時間帯変動を示す。表-5.4.1に示す数値は区間ごとに日集計した値であり、表-5.4.2に示す数値は時間帯毎に10月全日平均した値である。表-5.4.1から松原線上りは区間①（環状線松原線合流部～駒川入口）、区間②（駒川入口～三宅入口）において、渋滞損失時間が多くなっており、区間③（三宅入口～西名阪入口）についてはほとんど渋滞が発生していないことがわかる。これは区間①が環状線から延伸する渋滞の影響によって渋滞が発生していること、区間②は図-5.2.3からも読み取れるが、駒川入口先頭の渋滞が慢性的に発生していることに起因する。下り線は10/14（火）に表-4.4.7中のNo.10交通障害の影響により大きな渋滞損失時間が観測されているものの、全体の傾向としてほとんど渋滞は発生していないことが見て取れる。

表-5.4.2から松原線上り区間①（環状線松原線合流部～駒川入口）は環状線渋滞の延伸に起因することもあり、ピーク時間があまり明確ではないが、上り線区間②（駒川入口～三宅入口）については朝ピークに集中している傾向がある。

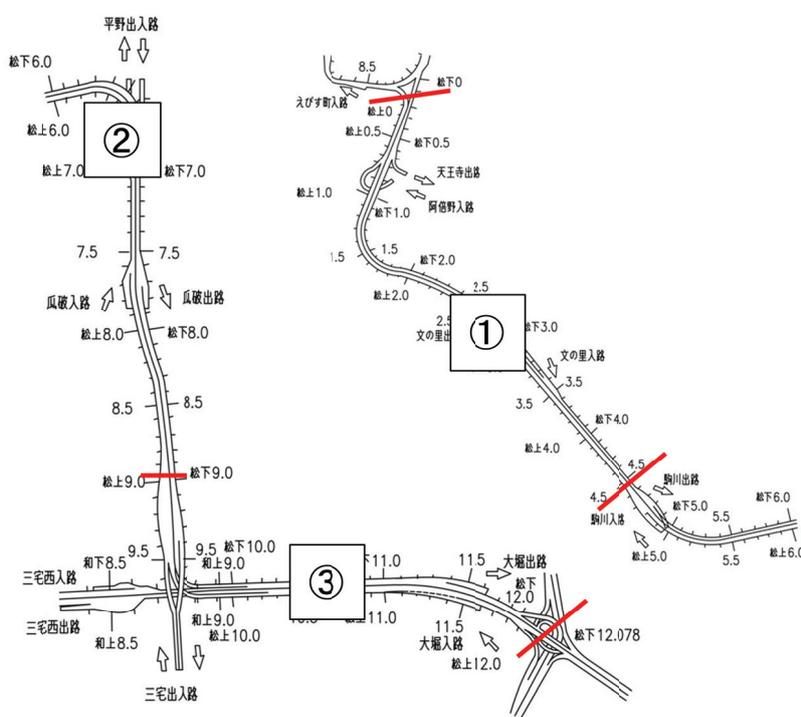


図-5.4.1 14号松原線路線図

表-5.4.1 日別渋滞損失時間変動（1号環状線）

日付	区間		上り			下り		
			①	②	③	①	②	③
10月1日	水	平	40,241	88,479	5	4,131	0	1
10月2日	木	平	34,362	35,079	1	5,042	0	0
10月3日	金	平	25,952	41,282	3	743	761	0
10月4日	土	土	0	0	0	0	0	0
10月5日	日	休	0	0	0	0	0	0
10月6日	月	平	2,784	55,117	10,353	0	0	0
10月7日	火	平	2,146	10,443	145	290	0	0
10月8日	水	平	3,841	9,628	375	3,292	0	0
10月9日	木	平	2,381	16,964	234	0	0	0
10月10日	金	平	31,919	59,149	421	0	158	0
10月11日	土	土	8,875	1,907	0	0	0	0
10月12日	日	休	14,849	153,708	0	0	0	0
10月13日	月	休	1,758	137,675	0	0	0	0
10月14日	火	平	71,671	31,662	1	0	5,461	53,218
10月15日	水	平	6,450	15,373	2	1,894	0	0
10月16日	木	平	14,150	37,069	136	0	0	0
10月17日	金	平	6,920	44,999	121	1,904	0	0
10月18日	土	土	62,979	6,959	0	0	0	0
10月19日	日	休	11,766	0	0	0	58	0
10月20日	月	平	14,182	47,701	0	7	43	0
10月21日	火	平	43,073	36,669	27	0	0	2
10月22日	水	平	7,059	20,993	28	0	0	2
10月23日	木	平	4,985	18,449	4	0	0	0
10月24日	金	平	47,971	57,893	10	0	2,051	0
10月25日	土	土	13,240	0	0	58	0	0
10月26日	日	休	698	35,557	2,164	0	0	0
10月27日	月	平	46,350	29,638	0	226	0	1
10月28日	火	平	12,417	13,456	1	224	0	4
10月29日	水	平	17,085	31,086	18	0	0	6
10月30日	木	平	8,456	12,723	32	62	0	7
10月31日	金	平	5,662	13,591	1	0	0	3
全日平均			18,201	34,298	454	577	275	1,718
平日平均		平	20,457	33,066	542	810	385	2,420
土曜平均		土	21,274	2,217	0	15	0	0
休日平均		休	5,814	65,388	433	0	12	0
変動係数			1.07	1.06	4.14	2.26	3.77	5.56

表-5.4.2 時間帯別渋滞損失時間変動（14号松原線）

時間帯	区間	上り			下り		
		①	②	③	①	②	③
0		39	0	0	0	1	0
1		38	5	4	2	4	0
2		11	6	6	0	1	0
3		4	2	1	0	0	0
4		4	0	9	0	0	0
5		15	0	0	0	0	0
6	朝ピーク	8	310	0	0	0	0
7	朝ピーク	1,393	8,974	331	0	0	0
8	朝ピーク	1,650	8,968	0	0	0	0
9	朝ピーク	958	2,592	0	2	0	0
10		2,649	2,998	0	141	25	114
11		1,099	2,881	83	116	0	1,199
12		1,382	986	0	44	176	404
13		1,204	1,262	0	170	0	0
14		1,312	1,220	0	0	66	0
15		921	1,667	0	78	0	0
16	夕ピーク	617	672	0	0	0	0
17	夕ピーク	1,489	1,317	0	0	0	0
18	夕ピーク	2,736	438	0	7	0	0
19	夕ピーク	525	0	0	0	0	0
20		43	0	0	0	0	0
21		19	0	0	0	0	0
22		49	0	6	7	0	0
23		35	0	14	9	2	0
朝ピーク		4,009	20,845	331	2	0	0
夕ピーク		5,367	2,426	0	7	0	0

5.4.2 14号松原線における渋滞損失時間変動要因分析

前節では14号環状線の渋滞損失時間変動について概説した。本節では交通障害が発生していない時間帯においても交通集中渋滞が発生している14号松原線上りにおける渋滞の発生要因について分析する。

図-5.4.2に駒川入口を先頭に延伸する14号松原線上りの渋滞損失時間、図-5.4.3に駒川入口交通量、図-5.4.4に阪和道・西名阪の合計入口交通量を示す。ここでは各特徴が観察できる10月3日(金)、8日(水)、9日(木)、17日(金)の6:00~11:00までの15分単位集計値(渋滞損失時間、交通量ともに)を示す。

図-5.4.2、図-5.4.3から3日(金)の渋滞の立ち上がりが僅かながら他の日と比較して早いことから駒川入口交通量が駒川先頭渋滞発生トリガーとなっていることがうかがえる。また、図-5.4.2、図-5.4.4から8日(水)、9日(木)の阪和道・西名阪の合計入口交通量が3日(金)、17日(金)と比較して小さいことで渋滞損失時間の最大値が異なっている可能性があり、また、17日(金)の9:00~9:30頃の阪和道・西名阪の合計入口交通量が3日(金)と比較して僅かながら大きいことから渋滞がスムーズに解消されず、9:30頃まで渋滞損失時間が観測されているのではないかと推察される。

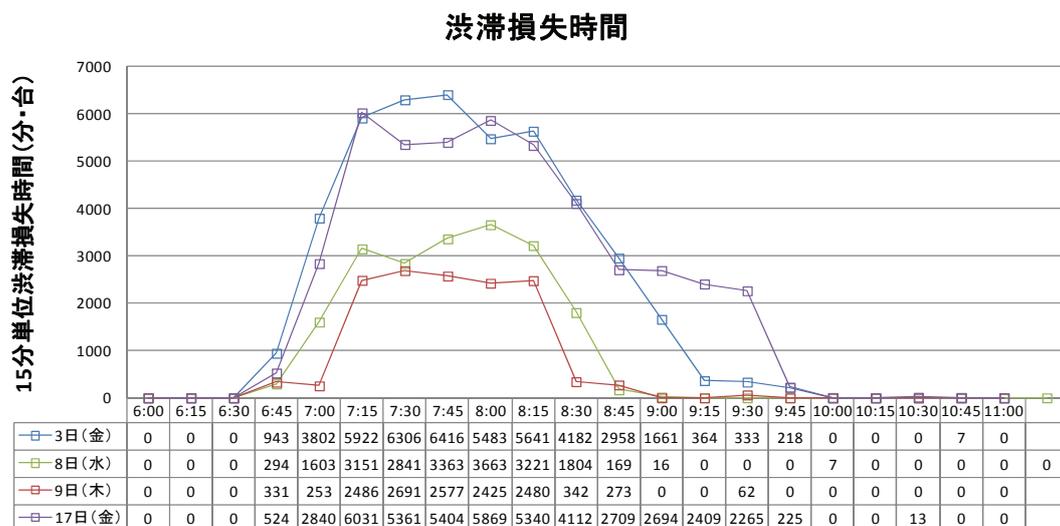


図-5.4.2 渋滞損失時間(14号松原線上り)の変動

駒川入口交通量

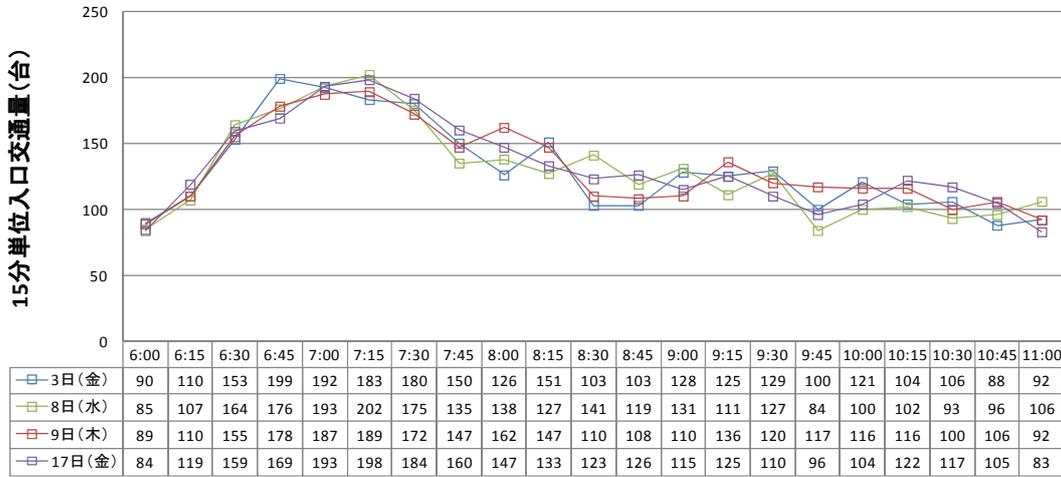


図-5.4.3 駒川入口交通量の変動

阪和道+西名阪合計入口交通量

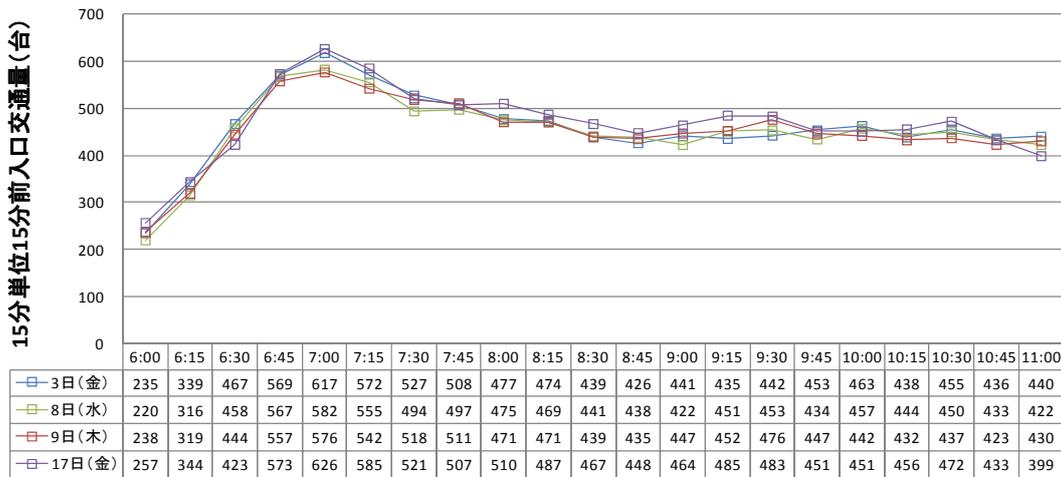


図-5.4.4 阪和道・西名阪合計入口交通量の変動

5.4.3 14号松原線における交通障害発生時の渋滞損失時間変動

前項では14号松原線上路における渋滞損失時間変動に影響を及ぼしていると考えられる交通量について考察を加えた。前項での結果を踏まえて、本項では交通障害発生時の渋滞損失時間変動、交通量変動について分析を行う。

本項では表-4.4.6の中でも比較的観測された渋滞損失時間の大きい No.7 交通障害を例に挙げ、交通障害発生時渋滞損失時間の変動要因について考察を加える。No.7 交通障害は10/1(水)14:13~15:14まで14号松原線上路1.2kpの地点で交通事故が発生していた。渋滞発生状況と交通量変動について表-5.4.3に示す。

表-5.4.3に記載の交通量と図-5.4.3、図-5.4.4のグラフから読み取れる交通量を比較すると、駒川入口交通量と阪和道・西名阪合計交通量はともに、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、前述したとおり渋滞損失時間推定に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14:00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有無のみならず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②(駒川入口~三宅入口)において大きな渋滞損失時間が観測されており、前節で述べたように前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。

表-5.4.3 10/1(水)14:13~15:14松原線上路1.2kp交通障害による渋滞損失時間変動

時間帯	駒川入口交通量	阪和道+西名阪交通量	①	②	③	合計	交通障害継続時間
14:00	91	352	8	0	0	8	2
14:15	92	384	824	0	0	824	15
14:30	81	427	4,041	0	0	4,041	15
14:45	104	364	6,609	0	0	6,609	15
15:00	90	386	6,392	1,623	0	8,015	14
15:15	78	411	1,367	3,859	0	5,226	
15:30	109	431	273	2,116	0	2,389	
15:45	81	428	260	1,005	0	1,265	
16:00	88	435	208	0	0	208	
16:15	90	441	110	0	0	110	
16:30	85	439	0	0	0	0	

5.5 交通障害発生時の渋滞損失時間推定手法の構築

前節までの結果から，交通障害発生時の渋滞損失時間推定にあたっては入口交通量，又は区間流入量などの流入交通量，及び交通障害継続時間，前時間帯渋滞損失時間を考慮すべきことが明らかとなっている．本項ではそれらの変数から前章で説明したニューラルネットワークモデルを用いて福島先頭渋滞と駒川先頭渋滞の渋滞損失時間を推定する．**図-5.5.1**に本モデルの構造図を示す．モデルは前章で説明したとおり，3層型ニューラルネットワークモデルを用いている．

福島先頭渋滞の入力変数は，井西→環状区間交通量，15分前堺+松原→環状区間交通量，池田①（池田下り名神連結部まで），環状⑤～⑦（**図-4.3.1**参照）の交通障害継続時間，15分前渋滞損失時間を入力変数としている．なお，15分前堺+松原→環状区間交通量を用いている理由は渋滞発生地点が離れているため，1時間帯前の交通量の方が当該時間帯の渋滞損失時間に与える影響が大きいと考えたためである．また，堺+松原→環状区間交通量について，前章で区間交通量が渋滞解消時に一時的に増加するといった現象が観測されていた．そのため，交通量の増減が渋滞損失時間の増減と上手くマッチしないと考え，その影響をなるべく排除するために堺線については西大阪線への分岐～芦原出口の区間交通量，松原線については駒川入口～文の里出口の区間交通量を用いている．これらの区間は概ね渋滞末尾に該当するとともに，環状線連結部から2～3km程度しか離れていないことから環状線への流入交通量の傾向と大きく差がないと判断した．

駒川先頭渋滞の入力変数は，駒川入口交通量，15分前阪和道+西名阪入口交通量，松原①，②（**図-4.4.1**参照）の交通障害継続時間，15分前渋滞損失時間を入力変数としている．15分前阪和道+西名阪入口交通量を用いている理由は福島先頭渋滞と同じく渋滞発生地点が離れているため，1時間帯前の交通量の方が当該時間帯の渋滞損失時間に与える影響が大きいと考えたためである．

各々学習データは2008年10月の平日6～21時を用いており，活性化関数は入力層から中間層，中間層から出力層ともにシグモイド関数($\tau(u)=1/(1+e^{-u})$)を用いている．

図-5.5.2にモデル検証として，本モデルで11月第1週平日の6時～21時の15分毎15分単位の福島先頭渋滞，駒川先頭渋滞の渋滞損失時間を推定した結果を示す．福島先頭渋滞は決定係数が0.73と駒川先頭渋滞の0.88と比較して低いが，概ね良好な結果となっている．

推定結果の一例として11/6(木)の6:00～9:30までの福島先頭渋滞の推定結果を**図-5.5.3**，**図-5.5.4**に，駒川先頭渋滞の推定結果を**図-5.5.5**，**図-5.5.6**に示す．当該時間帯には自然渋滞のみで交通障害などは発生していなかった．また，**図-5.5.3**，**図-5.5.5**はモデル入力値である前時間帯渋滞損失時間に観測値を用いて推定した結果であり，**図-5.5.4**，**図-5.5.6**はモデル入力値である前時間帯渋滞損失時間に前時間帯の推定値（6:00の渋滞損失時間推定時の入力する前時間帯渋滞損失時間は0としている）を用いて繰り返し推定した結果を示している．**図-5.5.4**，**図-5.5.6**のように観測値を用いず，繰り返し推定して渋滞損失時

間を推定する理由は第 7 章で用いる交通障害リスク値を算出するにあたって、渋滞損失時間推定に観測値を用いることは出来ないためである。図-5.5.3, 図-5.5.4 から入力変数である前時間帯渋滞損失時間に観測値を用いた方が推定精度は良いことが見て取れ、図-5.5.5, 図-5.5.6 から同様の傾向が見て取れる。

また、図-5.5.4 から福島先頭渋滞の推定渋滞損失時間が観測値の最大値が 4000~5000 程度であるのに対して、推定値は 2000~3000 程度とピーク値を捉えきれていない。これは福島先頭渋滞が環状線から複雑な織り込み区間が連なり、各放射路線に渋滞が延伸するため、日々の変動も大きく、傾向が捉えづらいことに起因する。

対して、図-5.5.6 から駒川先頭渋滞については最大値、ピーク時、継続時間を含め精度よく推定できている。これは駒川先頭渋滞が駒川入口を先頭とした単路部の渋滞であり、日々の変動も比較的安定していることに起因すると考えられる。

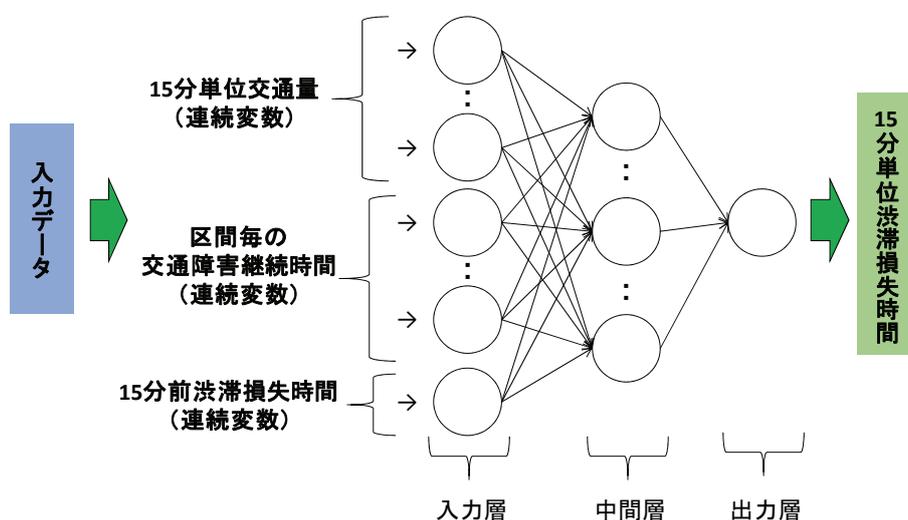


図-5.5.1 渋滞損失時間推定モデル構造図

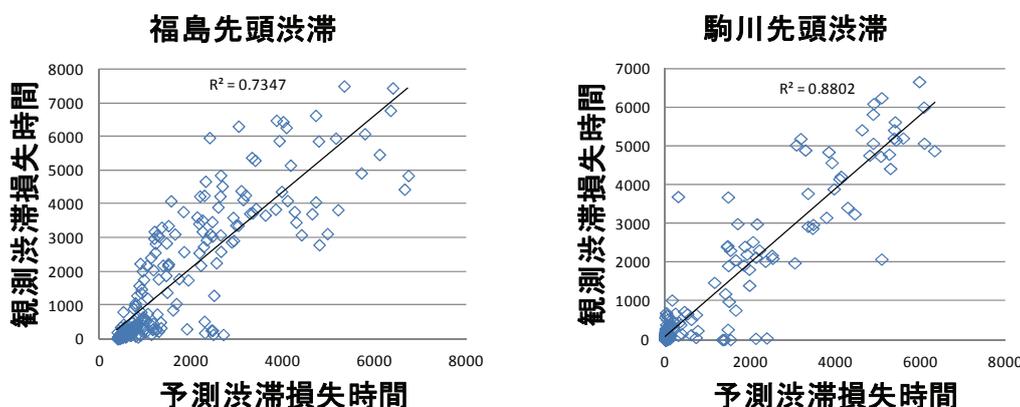


図-5.5.2 11/4 (火) ~11/7 (金) 6時~21時における各渋滞損失時間推定結果

11/6(木) 6:00～9:30(福島先頭渋滞)

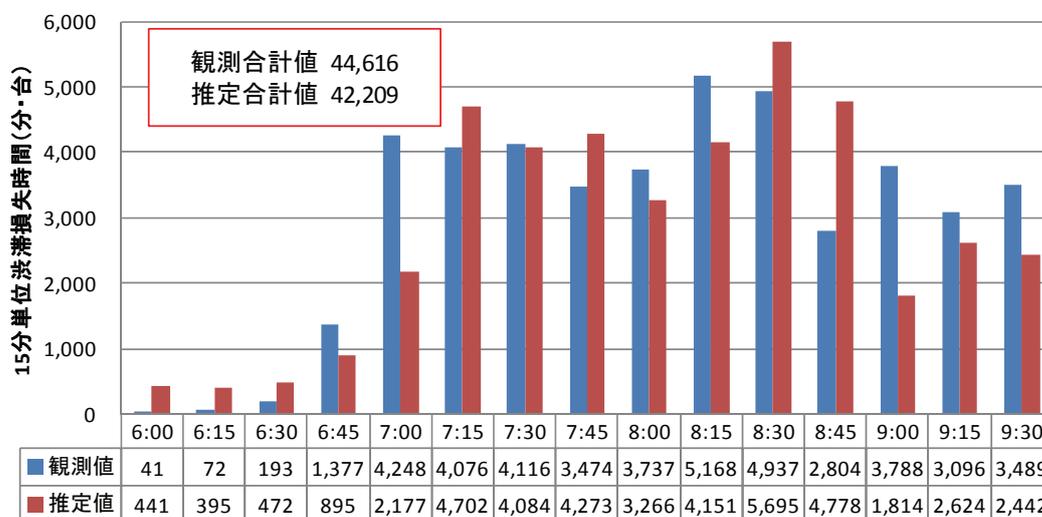


図-5.5.3 11/6(木) 6時～9時半における福島先頭渋滞の渋滞損失時間推定結果
(モデルに入力する前時間帯渋滞損失時間は観測値)

11/6(木) 6:00～9:30(福島先頭渋滞)

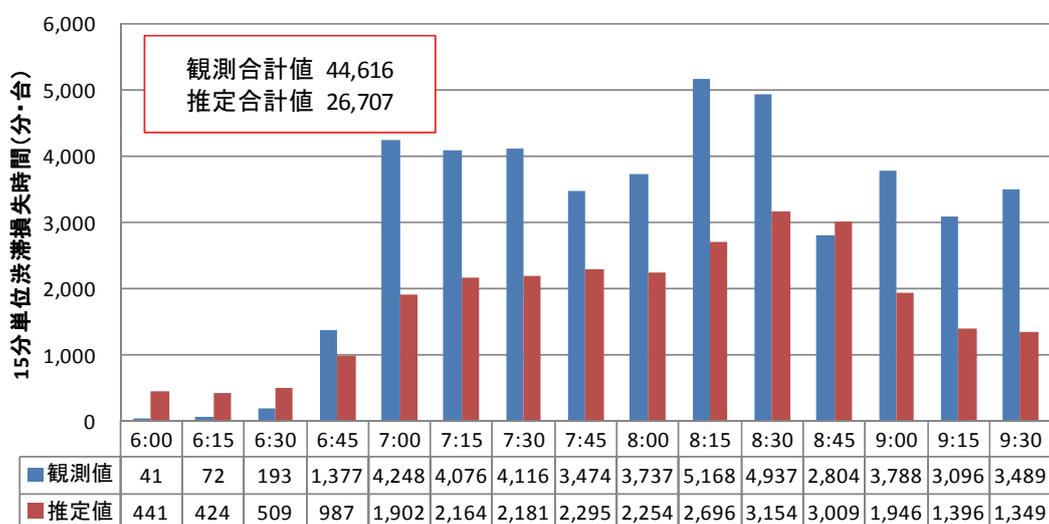


図-5.5.4 11/6(木) 6時～9時半における福島先頭渋滞の渋滞損失時間推定結果
(モデルに入力する前時間帯渋滞損失時間は推定値)

11/6(木) 6:00～9:30(駒川先頭渋滞)

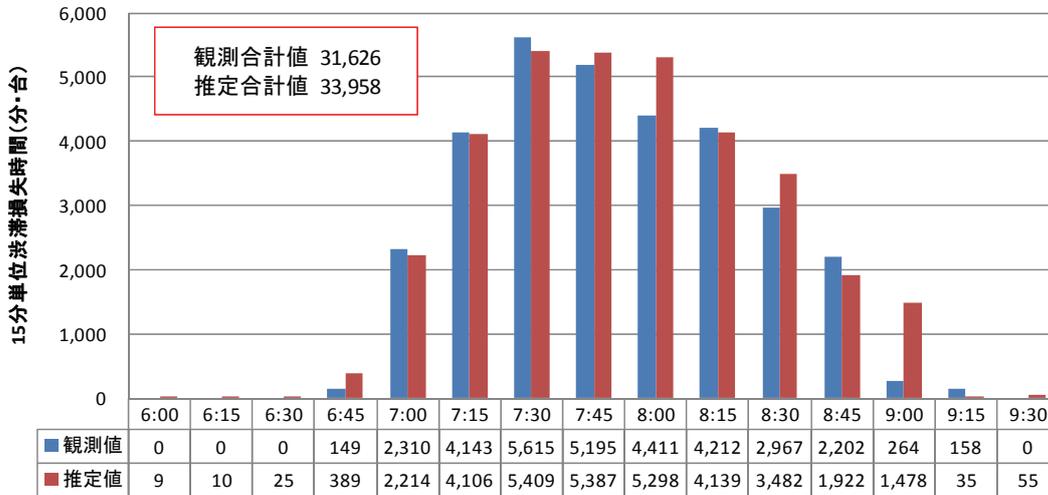


図-5.5.5 11/6(木) 6時～9時半における駒川先頭渋滞の渋滞損失時間推定結果
(モデルに入力する前時間帯渋滞損失時間は観測値)

11/6(木) 6:00～9:30(駒川先頭渋滞)

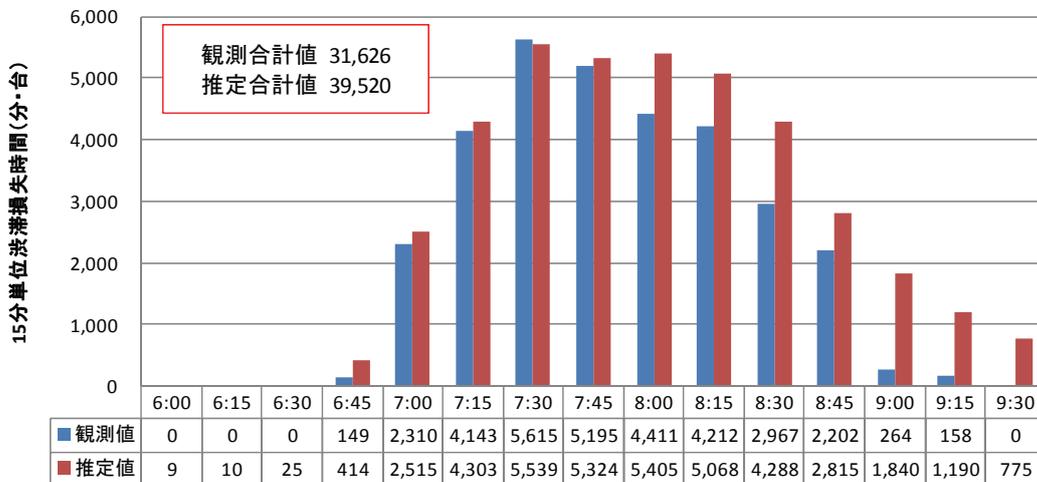


図-5.5.6 11/6(木) 6時～9時半における駒川先頭渋滞の渋滞損失時間推定結果
(モデルに入力する前時間帯渋滞損失時間は推定値)

前述した平常時の渋滞損失時間変動の推定に加えて、交通障害発生時の渋滞損失時間変動を推定した結果を図-5.5.6、図-5.5.7に示す。本項で推定した交通障害発生時の渋滞損失時間変動事例として、福島先頭渋滞については表-4.3.6中の環状線 No.54 (10/14 (火) 17:38~19:20 まで環状線 2.5kp の地点で交通事故が発生していた。)の推定結果を図-5.5.6に、駒川先頭渋滞については表-4.4.3中の松原線乗り No.7 (10/1 (水) 14:13~15:14 まで14号松原線乗り 1.2kp の地点で交通事故が発生していた。)の推定結果を図-5.5.7に示す。なお推定方法は前時間帯渋滞損失時間に推定値を用いる繰り返し推定方法を用いている。

図-5.5.6を見ると推定した渋滞損失時間の最大値が平常時の推定結果と同様、観測値と比較して小さい様子が見て取れる。この交通障害による渋滞は10月の中でも最大クラスの渋滞損失時間を記録しているおり、学習データは10月の全平日のデータを用いていることから、最大値を捉えきれないと推察される。

対して図-5.5.7から、駒川先頭渋滞の推定結果は福島先頭渋滞と比較して平常時の推定結果と同様、渋滞損失時間の最大値や合計値、渋滞ピークの再現など良い精度で推定できていると思われる。

この要因としては、平常時の渋滞損失時間推定でも考察を加えたとおり、環状線の複雑な織り込みや様々な流入交通量がある福島先頭渋滞と異なり、松原線乗りは単路部でボトルネックも明確であることから、本手法による推定が効果的であること、区間交通量ではなく入口交通量を入力変数としているためダイレクトに需要を表現できていることが要因として考えられる。

しかしながら、福島先頭渋滞についても、精度向上は今後の課題であるが、交通障害が発生することで通常の交通量では発生しない渋滞が発生すること、交通量の減少によって渋滞損失時間が減少していること、渋滞継続時間が概ね一致していることなど一定の精度で予測は可能であると考えている。

10/14(火) 16:00~20:00(福島先頭渋滞)

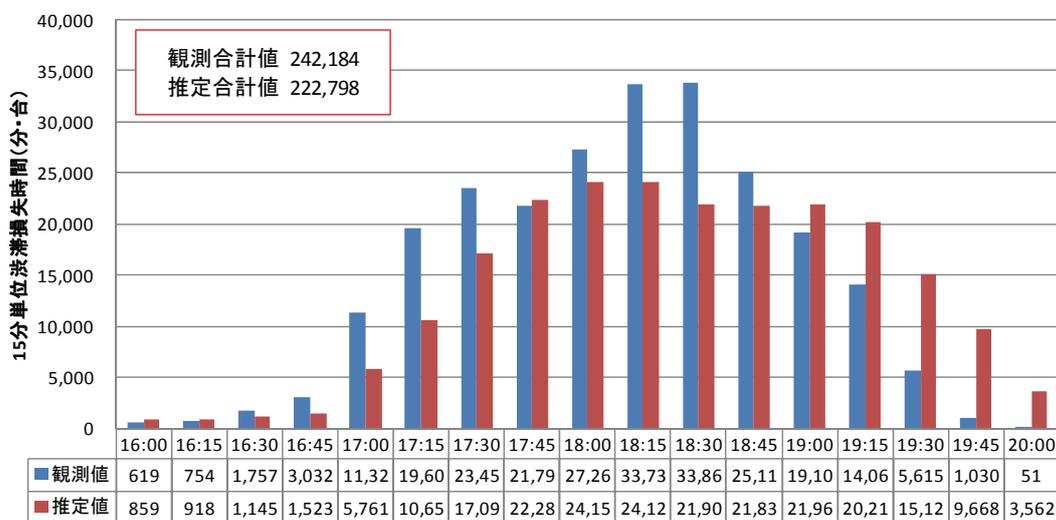


図-5.5.6 10/14(火) No.54 交通障害時渋滞損失時間推定結果

10/1(水) 14:00~16:30(駒川先頭渋滞)

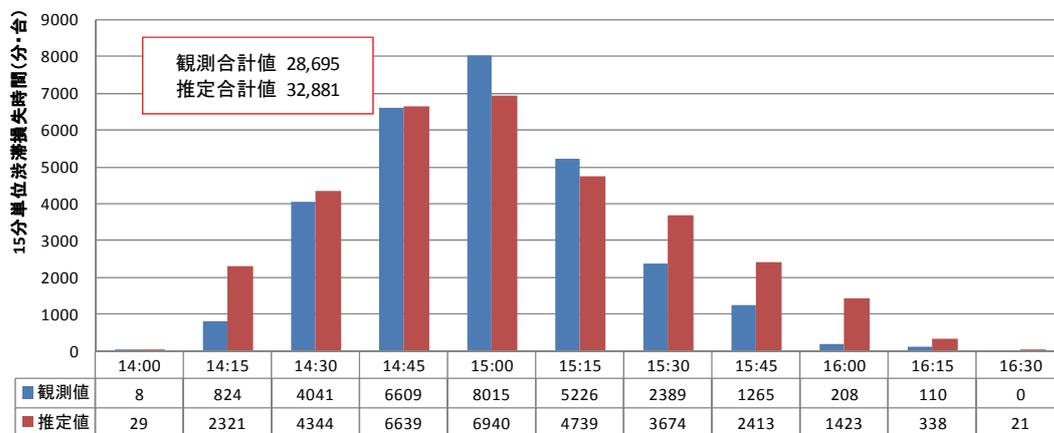


図-5.5.7 10/1(水) No.7 交通障害時渋滞損失時間推定結果

5.6 結語

本章では阪神高速道路ネットワークの渋滞損失時間変動に着目し，平常時，交通障害発生時の渋滞損失時間変動について考察を加えた．また，渋滞損失時間変動要因について分析し，各交通量，交通障害継続時間，前時間帯渋滞損失時間をニューラルネットワークモデルの入力変数とした渋滞損失時間推定モデルを構築した．その結果，福島先頭渋滞など環状線から複雑な織り込み区間が連なり，各放射路線に渋滞が延伸するような複雑な渋滞については一定の推定精度は確保できたものの，精度向上には課題も多いことが明らかとなった．また，駒川先頭渋滞のような単路部の渋滞損失時間推定について概ね良好な推定精度を確保できた．

【参考文献】

- 1) 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，第 458 号/IV-18，pp.67-72，1993

6. 仮想ネットワークを用いた基本巡回計画策定モデルの構築

6.1 概説

前章までに交通障害発生時の交通需要変動を考慮した渋滞損失時間変動について分析を行い、交通障害発生時の渋滞損失時間推定モデルを構築した。本章ではモデル検証を目的として、仮想ネットワーク、ランダム設定した交通障害リスク（定義については後述）を用いて、所与の制約条件下で、効果的な基本巡回を行うための基本巡回計画策定モデルを構築し、得られた巡回計画を評価する。6.2節では仮想ネットワークを用いた基本巡回計画策定モデルの定式化・構築を行い、6.3節では構築したモデルを用いてケーススタディおよびモデル検証を行う。6.4節では想定交通障害シナリオを用いて交通障害発生時の対応について試算する。図-6.1.1に第6章の研究フローを示す。

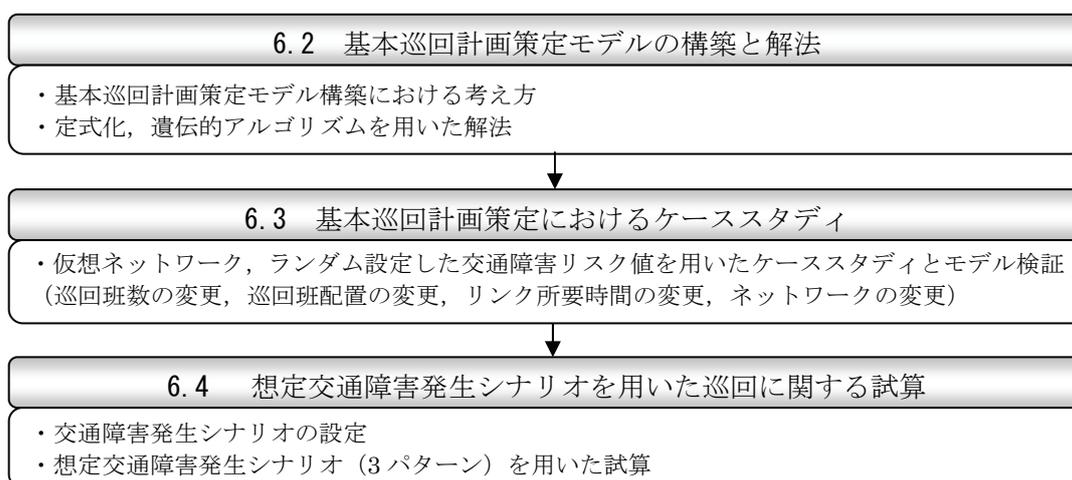


図-6.1.1 6章の研究フロー

6.2 基本巡回計画策定モデルの構築と解法

6.2.1 基本巡回計画策定モデル構築における考え方

本節では基本巡回計画策定モデルを構築するにあたって基本となる考え方と前提条件を示した上、定式化、解法について述べる。本研究で用いる交通障害リスクとは「各リンクにおいて交通障害が発生した際の渋滞損失時間の期待値（事故発生確率×交通障害発生による渋滞損失時間の増分）」と定義する。

この目的関数を最大化する意味は、一定時間間隔で道路状況に異変が生じていないか監視するために、交通障害リスクの高い区間をできるかぎり手厚く巡回し、障害発生時に迅速に現場に到着出来る可能性を高めることで、交通障害発生の影響を抑えることにある。本研究の考え方をもって交通管理体制の検証を行うことは、巡回間隔の大きな偏りを防ぎつつ、効果的な基本巡回計画を策定することで、限りある予算および人的資源を効果的に高速道路上に配分して予防安全効果を高めることにつながり、今後の都市高速道路の交通障害マネジメントの高度化には必要不可欠であると考えられる。

本モデルは設定時間内における効果的な巡回ルートを計算できるものとする。基本巡回計画は交通障害リスク合計値の多寡によって評価する。本モデル構築において基本的理念は二つある。

- ✓各班の能力は等しく、全てのリンクをある一定時間内に一度、必ず巡回する。
- ✓班の巡回はネットワーク全体の交通障害リスク合計値を最大化、つまり交通障害リスクの高い道路区間を重点的に巡回する。

本章では設定時間内に配置される班数、ネットワーク上のリンク距離は既知とする。また、リンクにおける走行速度は既知であり、リンク毎、時間帯毎に与える。各巡回班は休憩時間を確保するためにデポ出発後、一定時間経過後には一度デポに帰還するものとし、デポの位置も既知とする。加えて、巡回中において休憩時間以外に巡回せずに同じリンクに留まることは無いものとする。

d_v	:	巡回班 v のデポ
$out(i)$	:	あるノード i に流出可能なリンク集合
$in(i)$	:	あるノード i に流入可能なリンク集合
$k_a(t)$	:	時間帯 t におけるリンク a の所要時間
t_s^v	:	巡回班 v の巡回開始時刻
t_e^v	:	巡回班 v の巡回終了時刻
h_a	:	リンク a のリンク長
$s_a(t)$	:	時間 t におけるリンク a での速度
p, w	:	時間帯を表す変数
t_{va}	:	巡回班 v がリンク a に流入する時刻
t_p	:	時間帯幅
t_{vea}	:	巡回班 v の巡回一時帰還時刻
t_{vsa}	:	巡回班 v の巡回再開時刻
t_{eas}	:	巡回一時帰還開始時刻
t_{eaf}	:	巡回一時帰還最終時刻
t_c	:	リンク巡回インターバル

$$\left(\begin{array}{l} t_a^v = t_s^v \quad a \in out(dv) \\ t_a^v = t_{a'}^v + k_a(t_{a'}^v) + b\eta_a^v \quad \eta_a^v = \begin{cases} 0 & (n.in(a) \neq dv) \\ 1 & (n.in(a) = dv) \end{cases} \\ \text{但し } a' \in in(n.in(a)) \text{ かつ } x_{a'}^v(t_{a'}^v) = 1 \\ n.in(a) \text{ はリンク } a \text{ に流入可能なノード集合} \\ b \text{ は休憩時間を示す変数} \\ t_a^v \text{ は逐次的に求めることができる} \end{array} \right)$$

式(2)はあるリンクに2台以上巡回班がいても合計する交通障害リスクは1台分であることを示している。式(3)は交通障害リスクが正の値をとることを示している。式(4)は連結していないリンクには移動できないことを示している。式(5)(6)は巡回班がデポから出発してデポに帰ることを示している。式(7)(8)(9)は所要時間が1時間帯以上かかる場合を表現しており、渋滞やリンク長の違いを表現している。式(10)(11)は所与の時刻にデポに一度帰還し、一定時間休憩することを示している。式(12)は任意のリンクに対してリンク巡回インターバル時間内には必ず巡回を行うことを示している。

6.2.3 解法

前項までにモデル構築の考え方の整理及び定式化を行った。定式化を行った基本巡回計画策定モデルはノードやリンク、巡回班の増加によって NP 困難な問題になる。NP 困難な問題の解法として、近年では計算機技術の発展、解法アルゴリズムの洗練に伴い、厳密解、精度の高い近似解の算出が可能となってきている。

厳密解法では主に分枝限定法の枠組みが用いられ、その手法は改良が加えられてきた。しかしながら、本研究のように今後精度向上のためノード、リンクの増加が見込まれ、それらの増加によって指数関数的に解が増加すること、制約条件の追加、計算条件の変更などを考慮に入れた場合、厳密解法を用いたアプローチでは時間的限界があることが想定される。そこで、本研究では最適性の保証は無いが、良好な解を短時間で算出できる解法である近似解法を用いて最適化計算を解くこととした。

近似解法として、配車配送計画などでよく用いられるメタヒューリスティックな解法がある。メタ解法には例えば、タブー探索法 (Tabu Search)、焼きなまし法 (Simulated Annealing)、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm)、進化戦略 (Evolution Strategy)、蟻コロニー最適化 (Ant Colony Optimization) などの解法がある¹⁾。本研究では配車配送計画モデルにおいて、従来より用いられている遺伝的アルゴリズム (以下、GA) を用いることとする。以下では本研究における遺伝子設計について述べる。

1) 個体の表現方法

個体の特徴づける染色体は、複数の遺伝子により構成されており、その内部的表現を遺伝子型と呼ぶ。GA において遺伝子型を表す文字列としては $\{0,1\}$ の並びであるビット列を用いることが一般的であるが、本研究ではルートを表現する必要があるため、図-6.2.1 に示すような $\{1,2,3\}$ の並びを用いて巡回を表現している²⁾。 $\{1,2,3\}$ の1つの数字は、ある時間帯において巡回班が現在滞在しているノードからどちらの方向に進むかを示しており、図-6.2.1 に示すように12時の方向から右回りで数字と対応する。ノードに3リンク未満しか接続していない場合は再び同一リンクが割り当てられる。例えば、後掲する図-6.3.1 においてデポノード1から出発する巡回班に対して、 $\{1, 3, 2\}$ という染色体は、巡回班が「1→5→1→2」というノードを巡回すること意味している。なお、本稿では対象ネットワーク全体の複数班巡回ルートを1つの染色体で表現している。

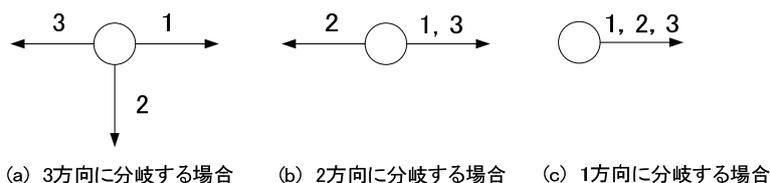


図-6.2.1 巡回班の経路を表す染色体の設計

2) GA の手順

GA の手順について具体的な手順を図-6. 2. 2 に示す。

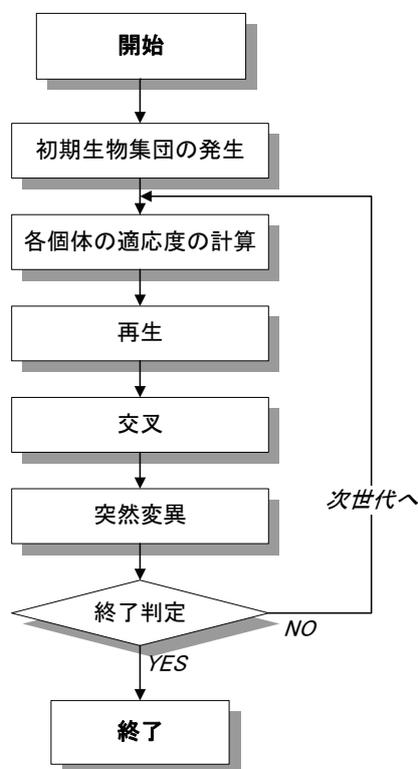


図-6. 2. 2 GA の手順

a) 初期集団の発生

本研究において初期世代の個体群は、前述したとおり {1,2,3} の 3 つの値を設定した (時間帯数-1) × 巡回班数の数だけランダムに発生させる。

b) 再生

交通障害リスク合計値の最大化を目指す本モデルでは、目的関数値が大きいほど優秀な個体となるため、この目的関数値をその個体の適応度とする。その上で、得られた適応度のランキングに応じて各個体が淘汰・増殖されるランク戦略により再生を実行する。通常、ルーレットモデルと言われる適応度比例戦略とスケーリングを組み合わせた再生方法が既往の研究では用いられている傾向があるが、ランク戦略はスケーリングを行う必要がないことに加え、本モデルはルーレットモデルを適用した結果と大差ないことが確認できたことからランク戦略を用いている。また、各世代において適応度の高い上位 5% の個体をエリート個体として、無条件に次世代の個体として選ばれるエリート保存戦略をあわせて用いている。

c) 交叉

交叉は、個体群の中から 2 つの個体 (親) をランダムに選択し、ランダムに選ばれた一

点あるいは多点の交叉点で遺伝子を組み替えることにより、新たな2つの個体(子)を生成する操作である。交叉には一点交叉、二点交叉、多点交叉、一様交叉、部分一致交叉、順序交叉³⁾など様々な方法が存在するが、本研究においては、局所解からの脱出能力の高い一様交叉(図-6.2.3)を用いており、交叉率は0.8と設定している。一様交叉はランダムな2ビット列({0,1}の並び)を生成し、1であれば親1と親2の対象箇所を入れ替え、0であればそのままにする交叉方法である。

親1	1	3	2	.....	3	1	2
親2	2	1	3	.....	1	2	3
ランダム発生	1	0	1	.....	1	0	1
子1	2	3	3	.....	1	1	3
子2	1	1	2	.....	3	2	2

図-6.2.3 交叉(一様交叉)

d) 突然変異

交叉だけでは、個体の親に依存するような限られた範囲の子しか生成することができないため、染色体上のある遺伝子座の値を突然変異させることにより、多様性を維持する。突然変異の種類としては交換、削除・挿入、置換など様々な方法が存在する³⁾が、本研究では単純な方法である置換(図-6.2.4)を行う。置換はランダムで選択した遺伝子を{1,2,3}の3つの値にランダムで置換する方法である。また突然変異率は1~5%までを試算した結果、最も結果が良かった5%を用いている。

変異前	1	3	2	.....	3	1	2
	↓	↓			↓	
変異後	3	3	1	.....	3	3	2

図-6.2.4 突然変異(置換)

e) 終了判定

終了判定条件は、適応度が閾値を超えた場合とする場合もあるが、本章では世代交代の回数を1000回とし、世代数があらかじめ設定した回数に到達した時点をもって終了とする。

6.3 基本巡回計画策定におけるケーススタディ

6.3.1 ケース設定

本節では前節までに構築した基本巡回計画策定モデルを用いて、計算した結果を示す。本項では計算にあたり設定した前提条件について説明する。本章で用いる仮想ネットワークを図-6.3.1に示す。また、本章で用いる交通障害リスクは図-6.3.1に示すとおり、ランダム設定した交通障害リスクを用いる。交通障害リスクは本来、TS 毎リンク毎に設定されるものであるが、本章では目的がモデル検証であるため、TS 毎に変化しないものとし、各リンクにランダムで1~100までの数値を発生させた数値を用いている。

設定総 TS 数は 24TS とし、巡回班は 8~13TS の間に必ずデポに帰還し、4TS の休憩をとることとしている。また、リンク巡回インターバルは 12TS とし、各リンクは 12TS の間に必ず一度巡回するものとする。発生個体数は 300、エリート個体数 15、前述したとおり世代数 1000 を 1 回とし、10 回繰り返し最適化計算をした後に最適な解を抽出する。繰り返し計算を行う理由は、GA が局所最適解を抽出してしまう可能性を少なくするためである。

表-6.3.1 に計算を行った 4 ケースのケース設定について示す。ケース 1 についてはデポをノード 1 に集中配置した上で巡回班数を増加させたケース、ケース 2 についてはデポをノード 1, 3 に分散配置させた上で巡回班数を増加させたケース、ケース 3 については所要時間などの違いを考慮するため、ケース 1 の環状リンク (1~4) の所要時間を 1TS に変更したケース、ケース 4 については新規リンクの追加に伴う変化を想定し、ケース 1 の条件に加えて仮想ネットワーク上の 1-3 (交通障害リスク値は 64) にリンクを追加したケースとなっている。上記 4 ケースの計算結果から巡回班数の増加とデポ配置、所要時間変化、ネットワーク形状変化が及ぼす影響について考察する。なお、ケース 4 についてはノード 1, 3 において 4 方向の接続リンクが生じるため、遺伝子型を {1,2,3,4} に変更して計算を行っている。

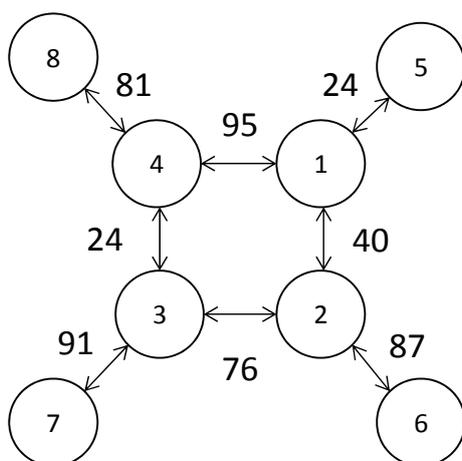


図-6.3.1 仮想ネットワークと交通障害リスク

表-6.3.1 ケース設定

ケース	巡回班数	デポ配置	リンク所要TS	備考
1	1-1	全班ノード1	全リンク 2TS	
	1-2			
	1-3			
	1-4			
	1-5			
2	2-1	ノード1	全リンク 2TS	
	2-2	ノード1(1班), ノード3(1班)		
	2-3	ノード1(2班), ノード3(1班)		
	2-4	ノード1(2班), ノード3(2班)		
	2-5	ノード1(3班), ノード3(2班)		
3	3-1	全班ノード1	環状リンク 1TS 放射リンク 2TS	
	3-2			
	3-3			
	3-4			
	3-5			
4	4-1	全班ノード1	全リンク 2TS	ノード1-3 にリンク挿入(4ビット列に変更)
	4-2			
	4-3			
	4-4			
	4-5			

6.3.2 ケース設定を変更した基本巡回計画計算結果

ケース 1~4 の計算結果について表-6.3.2 に示す。ケース番号と巡回班数は表-6.3.1 と対応しており、表中のハッチングしているケースは制約条件（式(12)）を満たす解が無く、リンク巡回インターバルである 12TS を遵守しながら巡回することが出来なかったことを示しており、非巡回リンク数は 12TS 内に巡回できなかったリンク数を示している。ケース 1 を見ると、リンク巡回インターバルを遵守しながら巡回するためには、4 台以上の巡回班数が必要であることが読みとれる。

ケース 2 の結果から、デポを分散させた場合、非巡回リンク数がケース 1 と比較して減少しており、交通障害リスク合計値も増加していることが見てとれる。これはデポを分散させることによって、設定したネットワークの場合、効果的な巡回を行うことが出来る可能性を示唆している。

ケース 3 ではリンク間の所要時間の差異を考慮するため、環状線リンクのみ所要時間を短くしており、そのためケース 1 と比較して、交通障害リスク合計値も増加しており、巡回班数が 3 台でも巡回可能であり非巡回リンク数も減少している。

ケース 4 では新規路線建設を想定し、ノード 1-3 にリンクを挿入しているが、ケース 1 と比較して非巡回リンク数は増加している傾向にある。これはノード 1-3 にリンクが挿入され、アクセス性が向上しているものの、巡回すべきリンクが 1 リンク増加してことに起因

する。しかしながら交通障害リスク合計値はケース 1 と比較して増加しており、アクセス性が向上することで、より効率的に巡回出来ていることが想定される。

モデル検証のためケース 1-4, 1-5 の巡回リンク数を図-6.3.2 に示す。どちらのケースともデポがノード 1 にあるため、デポに近く、交通障害リスクの高いリンク 1-4 を多く巡回している。またケース 1-4 と 1-5 を比較すると、巡回班数が増加してもリンク 1-4, 1-5, 2-6 に集中して巡回リンク数が増加している傾向にあり、交通障害リスク値が大きいリンクを中心に巡回していると考えられ、概ね妥当な結果と言える。リンク 3-7 の巡回数が少ない理由としては、巡回班はデポに帰還する必要があるため、デポから遠いリンク 3-7 の巡回数が少なくなっていると考えられる。

表-6.3.2 ケース設定を変更した基本巡回計画計算結果

ケース	1					2				
	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5
交通障害リスク合計値	518	1329	1959	2533	3048	518	1373	1997	2919	3622
非巡回リンク数	44	24	6	0	0	44	22	2	0	0
ケース	3					4				
	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5
交通障害リスク合計値	874	1690	3069	4165	4971	598	1414	1886	2695	3256
非巡回リンク数	31	8	0	0	0	56	26	6	0	0

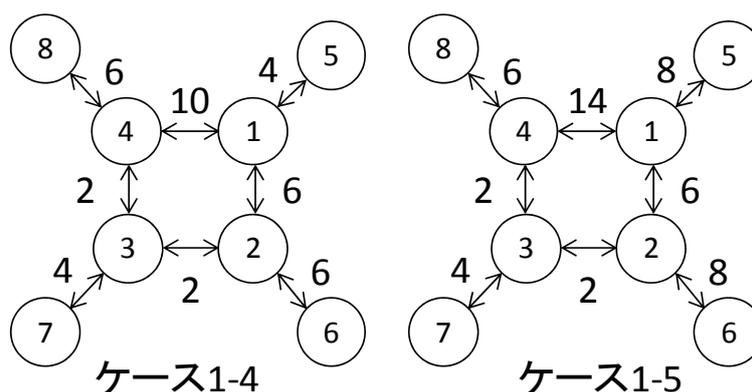


図-6.3.2 ケース 1-4, 1-5 の巡回回数比較

6.4 想定交通障害発生シナリオを用いた巡回に関する試算

6.4.1 ケース設定

本節では交通障害発生に対応しながら巡回を行うことが可能かについて試算した結果を示す。本節で用いるネットワークは図-6.3.1 に示す仮想ネットワークを用い、前提条件は前節のケース1と同様とする。表-6.4.1 に計算を行うケースについて示す。交通障害発生シナリオは、パターン1～3の3パターンについて検討を行っている。パターン1は巡回中に交通障害が1件発生した場合、パターン2は交通障害が同時に2件発生した場合、パターン3は交通障害が時刻をずらして2件発生した場合を想定している。なお、交通障害が発生した場合、無条件で最も距離が近い巡回班が対応すると仮定し、事故対応中のリンクの交通障害発生リスクは合計しない。

また、前節で検討した巡回班数1～3台の場合は明らかに交通障害に対応しながら巡回することは出来ないため検討から除外し、巡回班数4, 5台のケース1-4i, 1-5iに加えて、新たに巡回班数を6班にしたケース1-6iを追加している。

表-6.4.1 ケース設定

ケース	巡回班数	デポ配置	リンク所要時間	交通障害発生
1-4i	4	全班 ノード1	全リンク 2TS	パターン1 4TS経過時にリンク1-2に処理時間4TSの交通障害1発生
1-5i	5			パターン2 4TS経過時にリンク1-2に処理時間4TSの交通障害1発生 4TS経過時にリンク3-4に処理時間4TSの交通障害2発生
1-6i	6			パターン3 4TS経過時にリンク1-2に処理時間4TSの交通障害1発生 18TS経過時にリンク3-4に処理時間2TSの交通障害2発生

6.4.2 想定交通障害発生シナリオを用いた巡回に関する試算結果

ケース1-4i～6iの計算結果を表-6.4.2に示す。ハッチングされているケースは交通障害に対応しながら制約条件を満たす解が無く、リンク巡回インターバルである12TSを遵守しながら巡回することが出来なかったことを示している。障害1, 2到着TSは各々のケース、パターンにおいて交通障害発生地点に到着したTSを示している。

ケース1-4iから、巡回班が4班の場合、パターン1の交通障害に対処しながらリンク巡回インターバルを遵守して巡回を行うことは出来ない。

ケース1-5iから、巡回班が5班の場合、パターン1の交通障害には対処可能であるが、同時に2つの交通障害が発生したパターン2, 時刻をずらして2件発生したパターン3には対応出来ない結果となった。

ケース1-6iから巡回班が6班の場合、交通障害に対処しながら巡回を行うことが可能で

あり、想定した交通障害発生シナリオに対処しながら巡回を行うためには巡回班が 6 班必要という結果となった。

上記ケース 1-5i のパターン 3 において、2 件目の交通障害発生時の全 5 班の所在ノードは{2,1,2,7,4}となっていた。前述の「無条件で最も距離が近い巡回班が対応する」という前提条件から、ノード 4 にいる班が交通障害に対応した計算結果が表-6.4.2 に示す 1-5i であるが、少し遠いノード 2,7 に存在する班が交通障害対応したケース(1-5i-dp1, 2)を表-6.4.3 に示す。両ケースともに交通障害 2 への到着 TS はケース 1-5i と比較して遅れており、交通障害継続時間は増大していることが見てとれる。しかしながら、両ケースとも非巡回リンク数は 0 となっており、交通障害リスク合計値も向上している。このことから、最も近い巡回班ではなく、敢えて少し遠い班を交通障害対応に向かわせた方が交通障害リスク合計値は高くなるが、交通障害継続時間が増加し、利用者の時間損失が増大することが想定され、交通障害対応にあたっては交通障害継続時間にも留意する必要があることがうかがえた。

表-6.4.2 想定交通障害発生シナリオを用いた巡回に関する試算結果

ケース		パターン1	パターン2	パターン3
1-4i	交通障害リスク合計値	2292	2178	2225
	非巡回リンク数	4	9	4
	障害1到着TS	5	5	5
	障害2到着TS		5	19
1-5i	交通障害リスク合計値	2918	2678	2768
	非巡回リンク数	0	6	2
	障害1到着TS	5	5	5
	障害2到着TS		5	19
1-6i	交通障害リスク合計値	3364	3162	3296
	非巡回リンク数	0	0	0
	障害1到着TS	5	5	5
	障害2到着TS		5	19

表-6.4.3 交通管理オペレーションを変更したケース 1-5i 計算結果

ケース		パターン3
1-5i	交通障害リスク合計値	2768
	非巡回リンク数	2
	障害2到着TS	19
	障害2発生時ノード	4
1-5i-dp1	交通障害リスク合計値	2894
	非巡回リンク数	0
	障害2到着TS	21
	障害2発生時ノード	7
1-5i-dp2	交通障害リスク合計値	2894
	非巡回リンク数	0
	障害2到着TS	21
	障害2発生時ノード	2

6.5 結語

本章では巡回間隔の大きな偏りを防ぎつつ、効果的な基本巡回計画策定を目指して基本巡回計画策定のための定式化，モデル構築を行った。さらに，巡回班配備については配備班数や配備地点，交通障害対応については交通障害発生シナリオを変化させ，構築したモデルの感度分析を行った。

その結果，本モデルを用いて基本巡回計画に関する計算を行うことで，所与の配備班数・配備地点などの条件，及び一定の制約条件下において巡回に必要な配備班数，巡回経路を求めることが可能であることを示した。また，想定した交通障害発生シナリオを用いて，交通障害発生を考慮した上で，巡回に必要な配備班数，巡回経路について計算可能であることを示した上，交通障害継続時間といった交通障害リスク以外に留意すべき指標があることにも言及した。

本章での結果を踏まえて，次章では実ネットワーク，実際の交通障害リスクを用いて研究を行う。

【参考文献】

- 1) 中村有克：動的経路選択を考慮した確率論的配車配送計画に関する研究，京都大学博士論文，2010
- 2) 北野宏明編：遺伝的アルゴリズム，産業図書，1993
- 3) 平野廣美著：応用事例でわかる遺伝的アルゴリズムプログラミング，パーソナルメディア株式会社，1995

7. 阪神高速道路における基本巡回計画策定と交通障害対応に関する試算

7.1 概説

前章までに、第4章では交通障害発生時の交通量推定モデル構築を、第5章では交通障害発生時の渋滞損失時間推定モデルの構築を、第6章では基本巡回計画策定モデルを構築し、仮想ネットワークを用いて試算を行った。本章では前章までの結果を踏まえて、実ネットワークである阪神高速道路ネットワークの基本巡回計画について計算した結果を示す。7.2節では阪神高速道路の交通管理の実態について再び述べた上で、7.3節で計算に用いるデータ整備や前提条件について示す。7.4節では巡回班数、基地配置を変更した基本巡回計画策定について計算した結果を、7.5節では7.4節で得られた基本巡回計画から想定交通障害発生シナリオを用いて交通障害対応について試算した結果を示す。

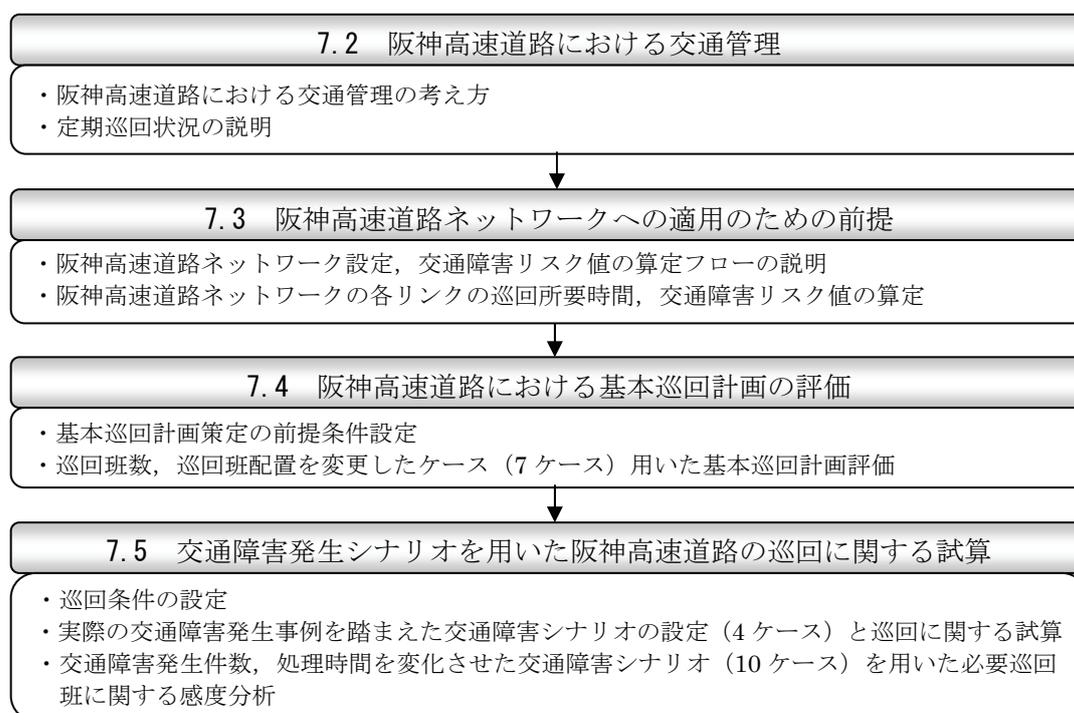


図-7.1.1 7章の研究フロー

7.2 阪神高速道路における交通管理

1.2 節，第 2 章でも述べたが，阪神高速道路では 1969 年に交通管制システムを導入して以来，システムを活用しながら阪神高速パトロール隊や各府県警察等と協力し，様々な交通障害に対処してきており，交通管理業務は主に交通管理マニュアル^{1),2)}に沿って行われている。

阪神高速道路の交通管理を行うにあたって，基本巡回は必要不可欠な行為であり，その役割は交通障害事象の発見・応急処置，交通障害に発展する前の予防行為が主となっている。これらの役割を果たすために阪神高速では基本巡回計画について定め，定期的に巡回を行う基本巡回を行ってきている。基本巡回計画はこれまで主として経験で定められており，定量的な評価は今まであまりなされてきていないことについては 1.2 節，第 2 章で触れたとおりであり，基本巡回計画を含めた交通管理巡回について，事前に，定量的に評価しておくことによって，さらなる巡回効率性の向上，二次障害の防止及び道路ネットワーク性能低下の抑制が図られる可能性があると考えられる。

ここで 2008 年における大阪管内の基本巡回計画について図-7.2.1, 図-7.2.2 に再掲する。また，図-7.2.3 に巡回計画を踏まえた路線別定期巡回状況図を示す。図-7.2.3 から概ね 3 時間に一度の割合以上で定期的に巡回しており，環状線が最も巡回回数が多く，放射路線では守口線が最も多くなっていることが見て取れる。守口線が多くなっている理由は森小路，守口出口の両区間を巡回するためには一度環状線に戻らなければ転回できないことが理由として挙げられる。基地は四ツ橋，天保山，伊丹の 3 ヶ所に設置されており，四ツ橋に 4 台，天保山に 2 台，伊丹に 1 台の計 7 台で大阪管内を巡回している。天保山の巡回班は 16 号大阪港線・3 号神戸線・13 号東大阪線と一部 14 号松原線，伊丹の巡回班は 11 号池田線を主に巡回しており，四ツ橋の巡回班はその他をカバーするような形で巡回している。また，神戸線の武庫川周辺，湾岸線の天保山周辺の巡回数が多くなっているのは神戸管内，湾岸管内と重複している部分があるため巡回数が多くなっていると考えられる。

基本巡回計画

勤務時間	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
	09:30								17:30	17:30																	9:30	
定期巡回 (天保山交通管理課)	① 港・松原		② 港・東大阪・神戸		③ 港・東大阪・松原		④ 港・東大阪・神戸		⑤ 港・東大阪・松原		⑥ 港・東大阪・神戸		⑦ 港・松原・神戸		⑧ 港・東大阪・神戸		⑨ 港・松原・神戸											
定期巡回 (伊丹交通管理課)	① B空港・延伸				② A空港・延伸				③ B空港・延伸					④ A空港・延伸														
経路表 (天保山交通管理課)	① 港・松 (2H) 65KM	天保山 港線	② 港・東・神 (2H90) 88KM	天保山 港線	③ 港・東・神 (2H90) 80KM	天保山 港線	④ 港・東・神 (2H) 80KM	天保山 港線	⑤ 港・東・神 (2H90) 74KM	天保山 港線	⑥ 港・東・神 (2H90) 90KM	天保山 港線	⑦ 港・松・神 (2H90) 80KM	天保山 港線	⑧ 港・東・神 (2H) 80KM	天保山 港線	⑨ 港・松・神 (2H) 85KM	天保山 港線	⑩ 港・東・神 (2H90) 63KM	天保山 港線								
	① B空港・延伸 (2H90) 80KM	伊丹 港線	② A空港・延伸 (2H) 73KM	伊丹 港線	③ B空港・延伸 (2H90) 105KM	伊丹 港線	④ A空港・延伸 (2H) 90KM	伊丹 港線	⑤ B空港・延伸 (2H90) 80KM	伊丹 港線																		
経路表 (伊丹交通管理課)																												

図-7.2.2 平成20年度基本巡回計画（大阪管内、天保山、伊丹基地）

(平成20年度) 路線別定期巡回状況図(1日あたり)

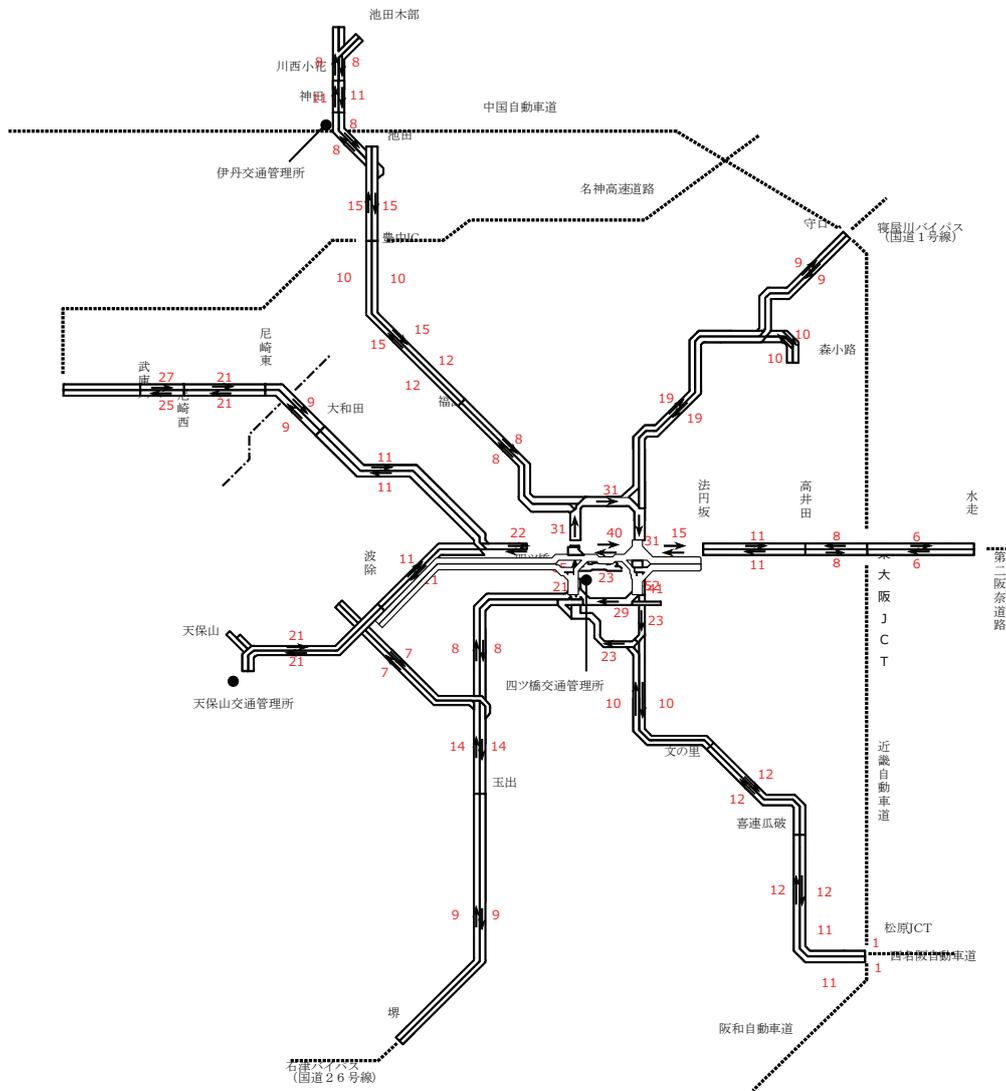


図-7.2.3 平成20年度路線別定期巡回状況図

7.3 阪神高速道路ネットワークへの適用のための前提

本項では阪神高速道路における基本巡回計画策定のための基本設定およびデータ整備について述べる。前節の図-7.2.1～図-7.2.3 を踏まえて、本研究で用いる阪神高速道路ネットワーク図を図-7.3.1 に示す。ノードについて忠実に再現するならば全ランプに設定すべきところではあるが、本研究で対象としている2008年10月1ヵ月間のデータでは区間単位で交通障害発生時の渋滞損失時間の算定が困難であること、また、ノード数が増加することで、GAを用いた基本巡回計画策定モデルの計算負荷が飛躍的に増大することから図-7.3.1のように設定した。

タイムステップは5分とし、図-7.2.1から勤務時間が9:30～17:30であるため本研究でも同様に9:30～17:30の8時間を対象とする。区間の移動に用いる速度は1時間毎に変化するものとし、5分毎にリンク所要時間を算出した後平均し、得られた所要時間を5分単位に切り上げて、1時間毎の各リンクの所要時間を算出している。用いている速度は2008年10月の全平日の当該時間帯平均値を用いており、60km/hを超えた場合は一律60km/hとしている。また、前述したとおり、守口線においてノード11からノード12、ノード12からノード11には高速道路上を走行する場合は巡回出来ないため、環状線ノード4→10→11に巡回した場合はノード11→4へ巡回し、環状線ノード4→10→12に巡回した場合はノード12→4へ巡回するように設定している。

交通障害リスクは第6章でも定義したとおり、「各リンクにおいて交通障害が発生した際の渋滞損失時間の期待値（交通障害発生確率×交通障害発生による渋滞損失時間の増分）」と定義する。図-7.3.2に交通障害リスク値算定フローを示す。

本章で用いる交通障害発生確率は交通障害日報で定義されている「事故」「落下物」「故障」「その他」が本線上で発生した確率とし、1ヵ月における平日1時間当たりの発生件数を発生確率としている。例えば、1ヵ月を通してある区間の交通障害が9:30～10:30の間に1件であれば1/22（22は10月平日日数）としている。各リンクの交通障害リスク値を算定するためには、まず平常時の渋滞損失時間を推定し、その後交通障害発生シナリオを設定し、交通障害発生時の渋滞損失時間を推定する。その際に入力する交通量は推定された交通量を用いる。その後交通障害発生時と平常時の渋滞損失時間の差分と交通障害発生確率（統計値）を掛け合わせることで交通障害リスク値が算定可能となる。

なお、交通障害リスクは9:30から1時間毎に変化するものとし、各時間の当初時間帯から30分間交通障害が発生していたとして推定した渋滞損失時間の時間毎の差分に交通障害発生確率を掛け合わせたものを用いている。例えば9:30～10:30だと、9:30に交通障害が発生し、10:00に収束したと仮定して、9:30～10:30までの渋滞損失時間の交通障害が発生しなかった場合の差分に発生確率を掛け合わせた値が交通障害リスクとなっている。図-7.3.3に例として9:30～10:00まで交通障害が発生していた場合の交通障害発生時渋滞損失時間の推定フローを示す。

図-7.3.4に各区間の所要時間と交通障害リスクの全時間帯平均値を示す。上段が所要時

間を、下段は交通障害リスクを示している。また、数字が一つしか示されていない区間は所要時間が1タイムステップの区間を示しており、図中の数値は交通障害リスクを示している。図-7.3.4からリンク5→8(11号池田線下り福島～名神接続部)の交通障害リスク値が2500、リンク20→6(16号大阪港線上り阿波座合流部)、リンク6→3(井東)の交通障害リスク値が1500程度と大きいことが見て取れる。続いてリンク13→3(13号東大阪線上り高井田～環状接続部)の交通障害リスク値が1110、リンク15→1(15号松原線上り駒川～環状合流部)の交通障害リスク値が750となっており、これらの区間は阪神高速の主要な渋滞発生地点の上流側に位置しており、概ね妥当な結果となっていると考えられる。逆に主要な渋滞発生地点であるにも関わらず、値が低い11号池田線上りについては塚本先頭渋滞が朝夕ピークに安定して発生しているため、交通障害によって渋滞損失時間が増大する影響が緩和されている可能性がある。これらは所要時間信頼性の観点からも池田線上の所要時間絶対値は大きい、所要時間信頼性指標は極めて安定していることが観測されており³⁾、渋滞損失時間の発生絶対値は大きい、交通障害発生による増大はそれほど大きくないといった結果となった。また、16号大阪港線下りが高くなっている理由としては、平常時はあまり渋滞発生が無いものの、交通障害発生時には渋滞損失時間が増大する傾向にあるため、交通障害発生時の渋滞損失時間の増分が大きいことに加え、交通障害も1ヵ月で11件と全リンクの平均程度発生していることから交通障害リスクが高くなっていると考えられる。交通障害リスク値と所要時間を見ると、放射路線において延長が最も長く、帰還しにくい上、交通障害リスク値の最も高い11号池田線下り福島～名神接続部区間を要する11号池田線と、上下ともに交通障害リスクの高い16号大阪港線の端部に基地を配置している現在の体制は一定の合理性をもっているように見える。

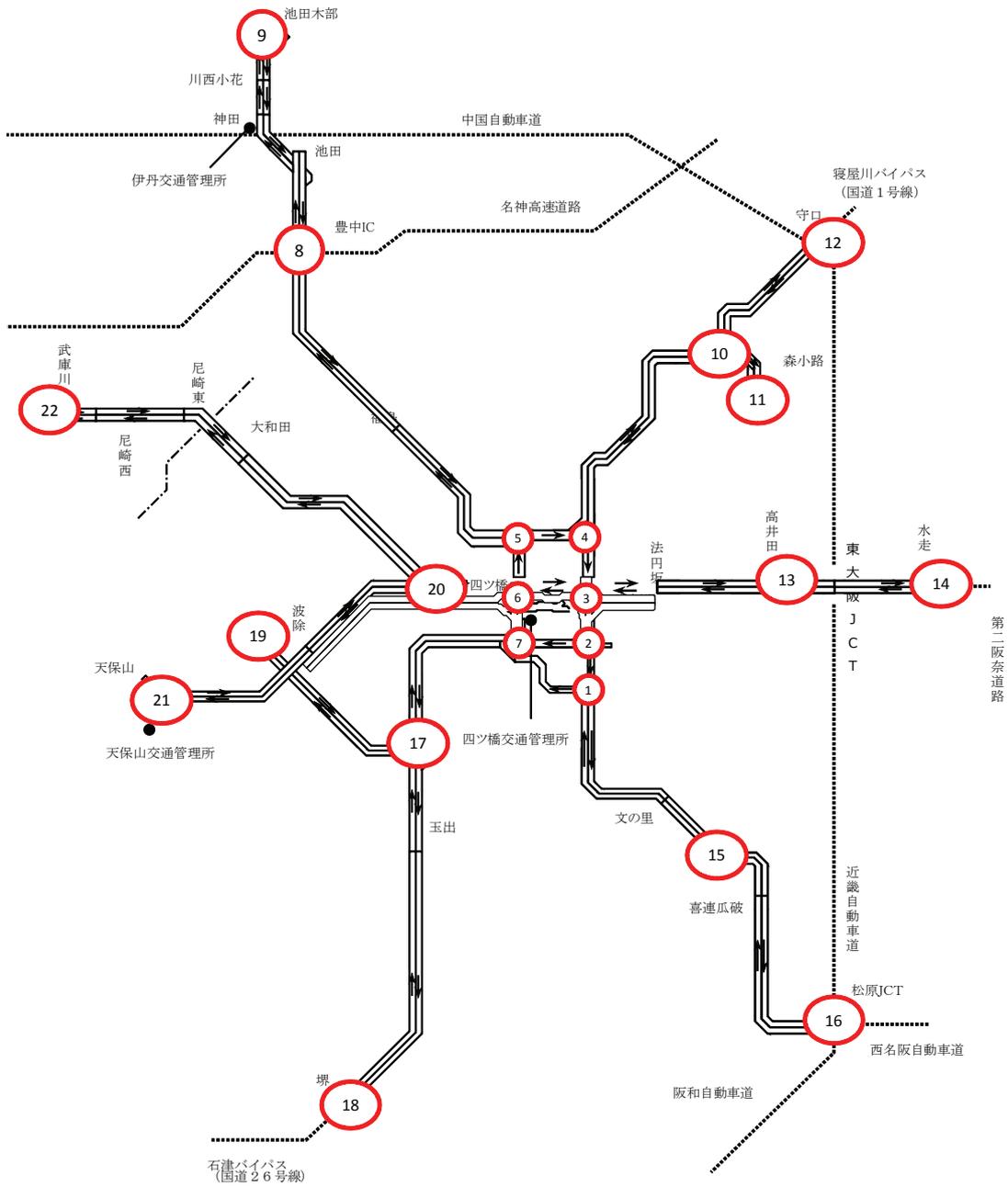


図-7.3.1 阪神高速道路ネットワーク図

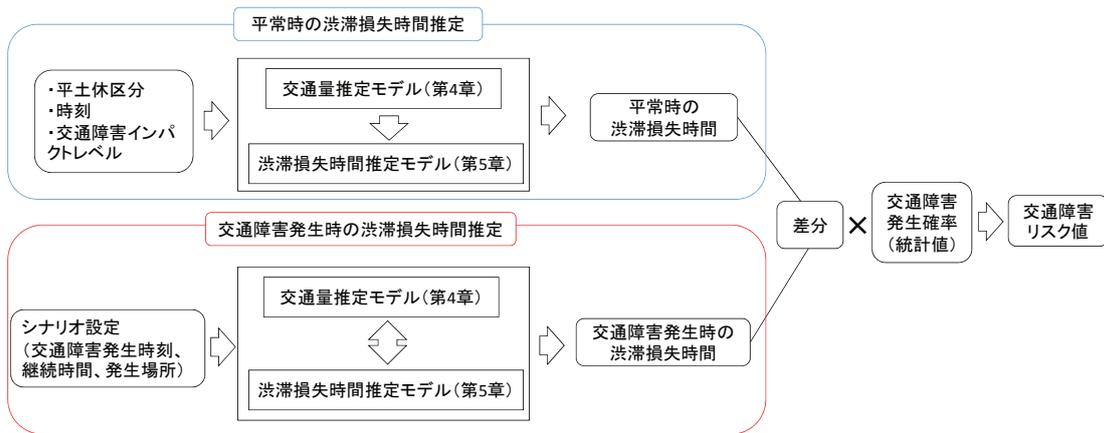


図-7.3.2 交通障害リスク値算定フロー

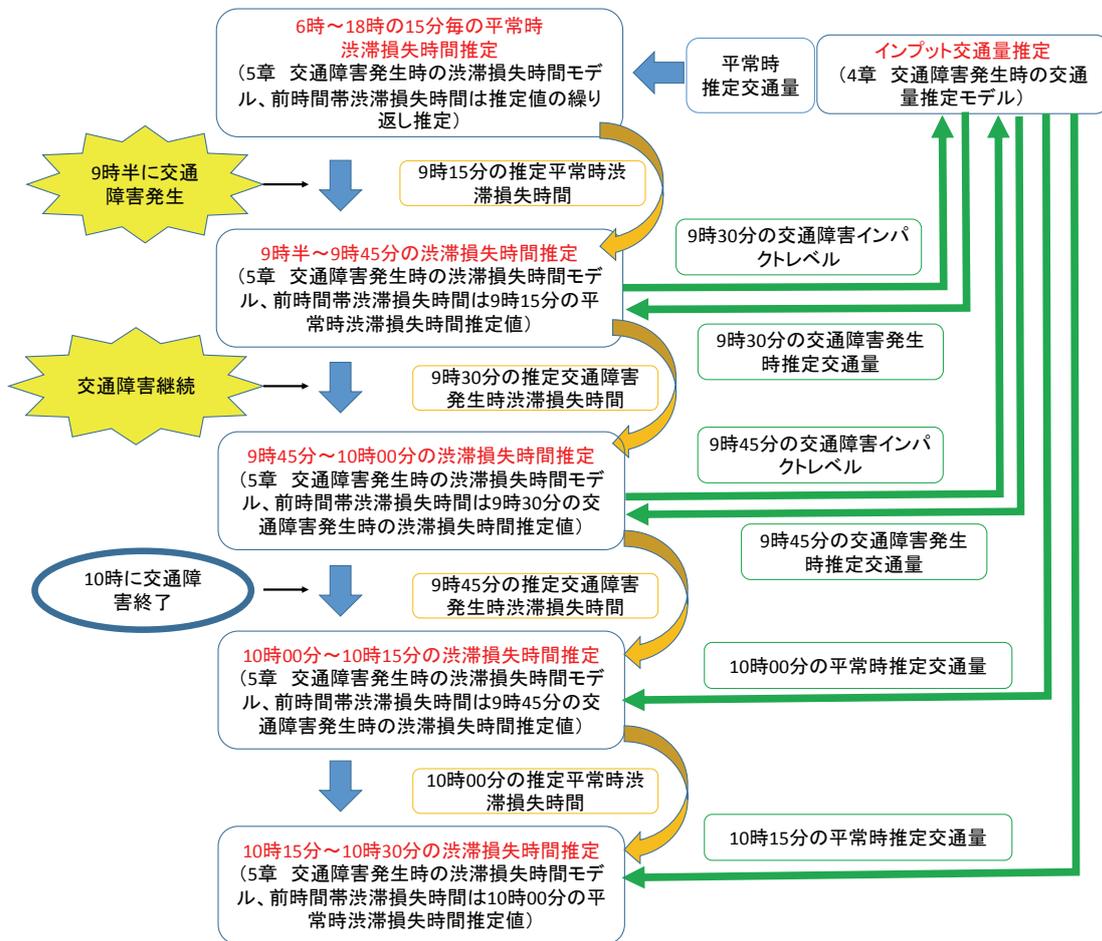


図-7.3.3 9:30~10:00まで交通障害が発生した場合の交通障害発生時渋滞損失時間推定フロー

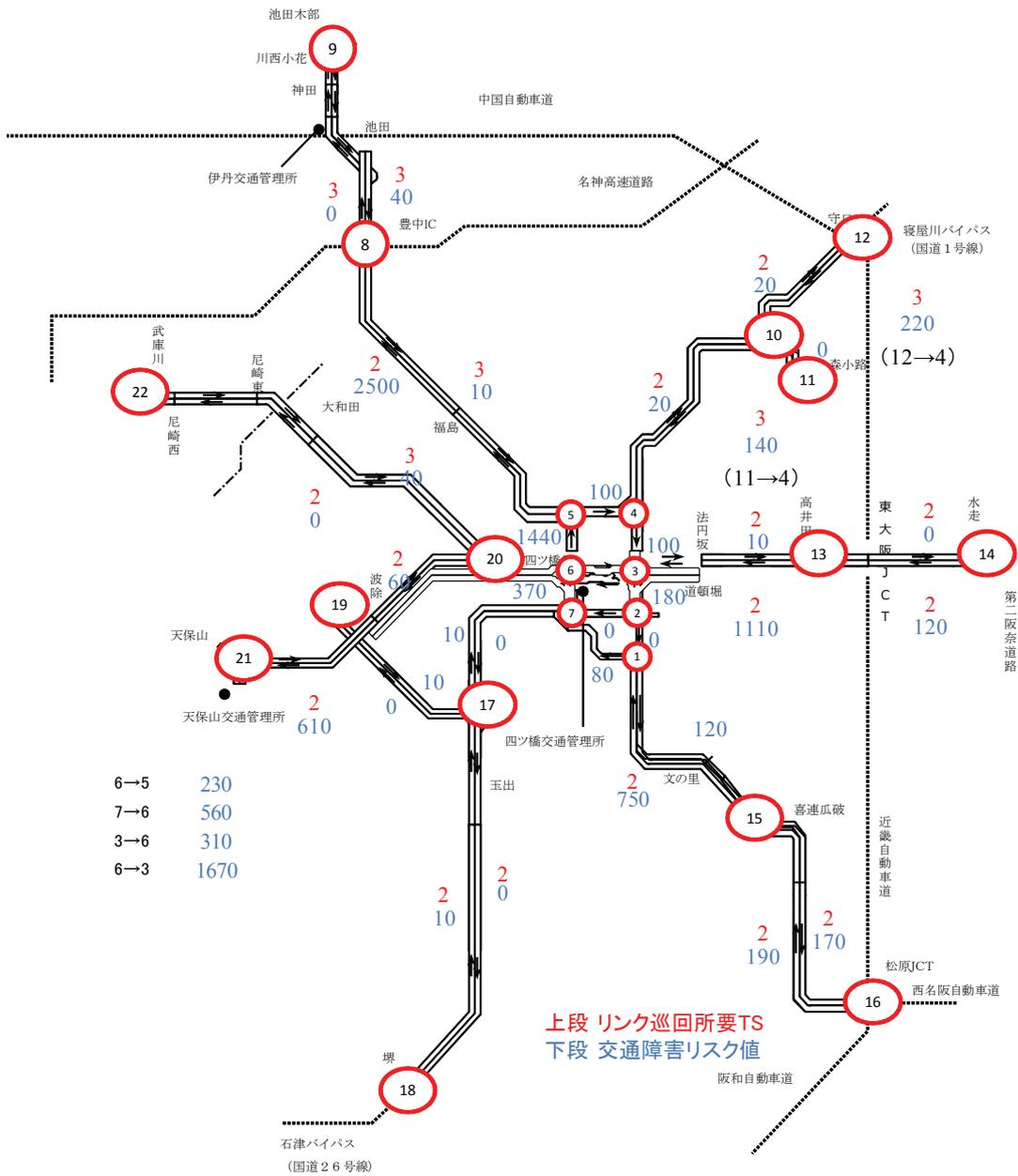


図-7.3.4 所要時間と交通障害リスク (全時間帯平均値)

7.4 阪神高速道路における基本巡回計画の評価

前節までに本章で用いるネットワーク図，交通障害リスク値について説明した．本節では基本巡回計画の策定に用いる前提条件と巡回計画を試算した結果について述べる．

基本的な条件は第6章に述べたとおりであり，

- ✓各班の能力は等しく，全てのリンクを3時間内に一度，必ず巡回する．
- ✓班の巡回はネットワーク全体の交通障害リスク合計値を最大化，つまり交通障害リスクの高い道路区間を重点的に巡回する．

の2条件を遵守する．さらに，本章での基本巡回策定の前提条件として，7.2節で述べた現状の基本巡回計画を参考に以下の通り設定した．

- ① デポの位置について，4台はノード6（四ツ橋想定），2台はノード21（天保山想定），1台はノード9（伊丹想定）とし，出発時刻はノード6の巡回班は9:30が2台と10:30が2台，ノード21の巡回班は9:30が1台と10:30が1台，ノード9の巡回班は9:30に出発する．
- ② 9:30に出発した巡回班は11:30～12:00の間に帰還し，13:30に再出発する．10:30に出発した巡回班は13:00～13:30の間に帰還し，15:00に再出発する．ノード9の巡回班のみ12:00～12:30の間に帰還し，14:00に再出発するものとする．
- ③ 計算処理能力の制約から，9:30に出発した巡回班は15:30に帰還し始め，16:30までにデポに帰還する．10:30に出発した巡回班は16:30に帰還し始め，17:30までにデポに帰還する．

上記設定及び前節に設定した阪神高速道路ネットワーク，所要時間，交通障害リスクを用いて試算した．試算は表-7.4.1に示す7ケース行い，比較した．

表-7.4.1 巡回班配置と巡回計画試算ケース設定

ケース	巡回班数	ケース設定
1	7	平成20年度基本巡回計画
2	7	前提条件をもとに試算
3	6	ケース2+四ツ橋1台(10:30出発)減
4	5	ケース3+四ツ橋1台(9:30出発)減
5	5	ケース3+天保山1台(10:30出発)減
6	7	全台ノード6に集中配置 3台→9:30出発 3台→10:30出発 1台はノード9パターン
7	7	全台放射路線端部に分散配置 ノード12,14,22→9:30出発 ノード16,18,21→10:30出発 ノード9→前提条件通り

ケース1は平成20年度基本巡回計画を，ケース2は巡回班数やデポ配置をケース1と同様にしたケースである．また，ケース3，4，5はケース2の巡回班数を減少させてケース

で、ケース 6, 7 では巡回班数がケース 2 と同様でデポ配置を集中配置と分散配置に変更している。遺伝的アルゴリズムの設定については個体数 300, 世代数 300 とし、繰り返し回数について 30 回とし、繰り返し計算を行った後、最も良い計算結果を抽出している。再生・交叉・突然変異の設定については前章と同様である。また、ケース 1 は平成 20 年度基本巡回計画を図-7.3.1 に示す阪神高速道路ネットワーク図のノード番号に変換して計算を行っている。ケース 1~7 の計算した交通障害リスク合計値と非巡回リンク数を図-7.4.1 に示す。

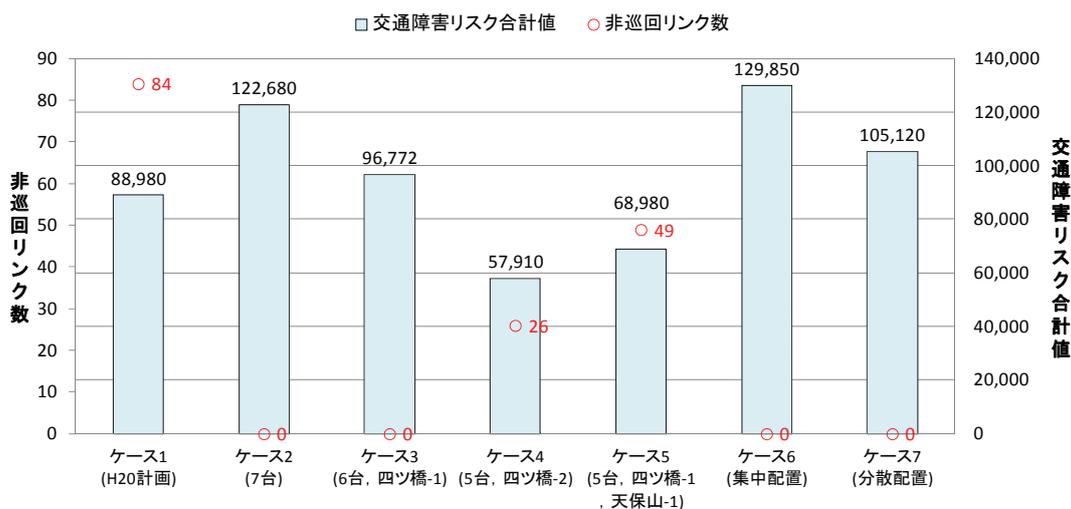


図-7.4.1 交通障害リスク合計値と非巡回リンク数（ケース 1~7）

ケース 1 とケース 2 を比較すると、ケース 2 では非巡回リンク数も 0 となっており、3 時間に 1 度巡回するという巡回インターバルを遵守しながら巡回出来ていることが見て取れる。また、交通障害リスク合計値も向上していることからケース 1 と比較して効果的に巡回出来ていることがわかる。ケース 1 の非巡回リンク数が 0 となっていない理由は守口線の 10-12 リンク、松原線の 15-16 リンク、東大阪線の 13-14 リンクなど放射路線端部が昼休み周辺で 3 時間以内に巡回していないことに起因する。

表-7.4.2, 図-7.4.2 にケース 1, 2 の巡回経路とリンク毎の巡回回数を示す。図-7.4.2 の数字は上段がケース 1 の巡回回数, 下段がケース 2 の巡回回数を示しており、表-7.4.2 の巡回経路と整合している。図-7.4.2 からケース 2 ではケース 1 と比較して環状線の巡回回数が減少しているとともに、主に大阪港線の上下線 (6~21) が増加しており、11 号池田線や 15 号松原線も僅かながら増加している。この理由としては図-7.3.4 に示した交通障害リスクの大きい区間を重点的に巡回していると考えられ、環状線の巡回回数減少分が大阪港線、池田線、松原線に振り分けられている結果であると推察される。

ケース 3, 4, 5 の非巡回リンク数を見るとケース 4, 5 では非巡回リンク数は 0 になっ
ておらず、巡回インターバルを遵守できていないため、ケース 4, 5 で設定した基地配置と 5 台の巡回班数で阪神高速道路上を巡回することは困難であると思われる。また、ケース 3

を見ると、非巡回リンク数は 0 となっており、巡回インターバルを遵守しながら巡回できているため、ケース 3~5 の設定条件下では阪神高速道路ネットワークの基本巡回の維持の観点からだけ見て、最低でも 6 台は必要であることが示された。

ケース 2, 6, 7 を比較すると全てのケースで非巡回リンク数が 0 となっており、巡回インターバルを遵守しながら巡回出来ていることが見て取れる。しかしながら交通障害リスク合計値はケース 6 > ケース 2 > ケース 7 の順となっており、表-7.4.1 の設定条件下においては基地を集中配置した方が効果的に巡回できるという結果となった。図-7.4.3 にケース 2, 6, 7 のリンク毎の巡回回数を示す。図-7.4.3 からノード 6 に集中配置した場合のケース 6 ではケース 2 より環状線巡回数が増加している傾向にあり、基地配置が無くなった 11 号池田線端部 (8⇔9) や 16 号大阪港線端部 (20⇔21) では減少している傾向にある。また、各放射路線端部に分散配置した場合のケース 7 では各放射路線の巡回回数が増加する傾向にある。これは昼休憩及び最終的にデポに帰還するためにデポ近辺を巡回するといった傾向にあり、阪神高速の交通障害リスク値の偏りを考慮した場合、効果的な基地配置とはなっていない可能性がある。

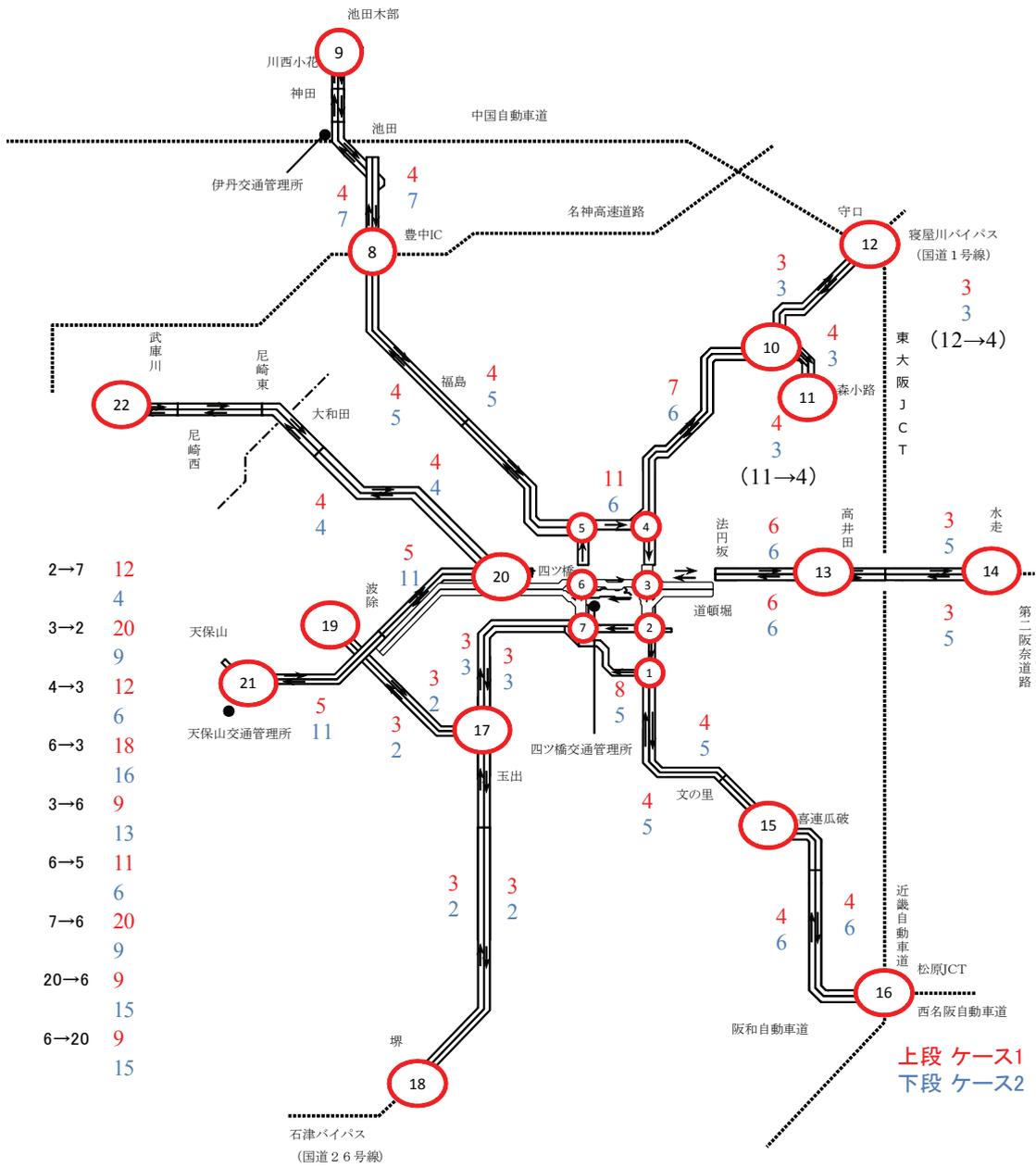


図-7.4.2 ケース1 (平成20年度基本巡回計画), ケース2 (前提条件を基に試算) のリンク毎巡回回数比較

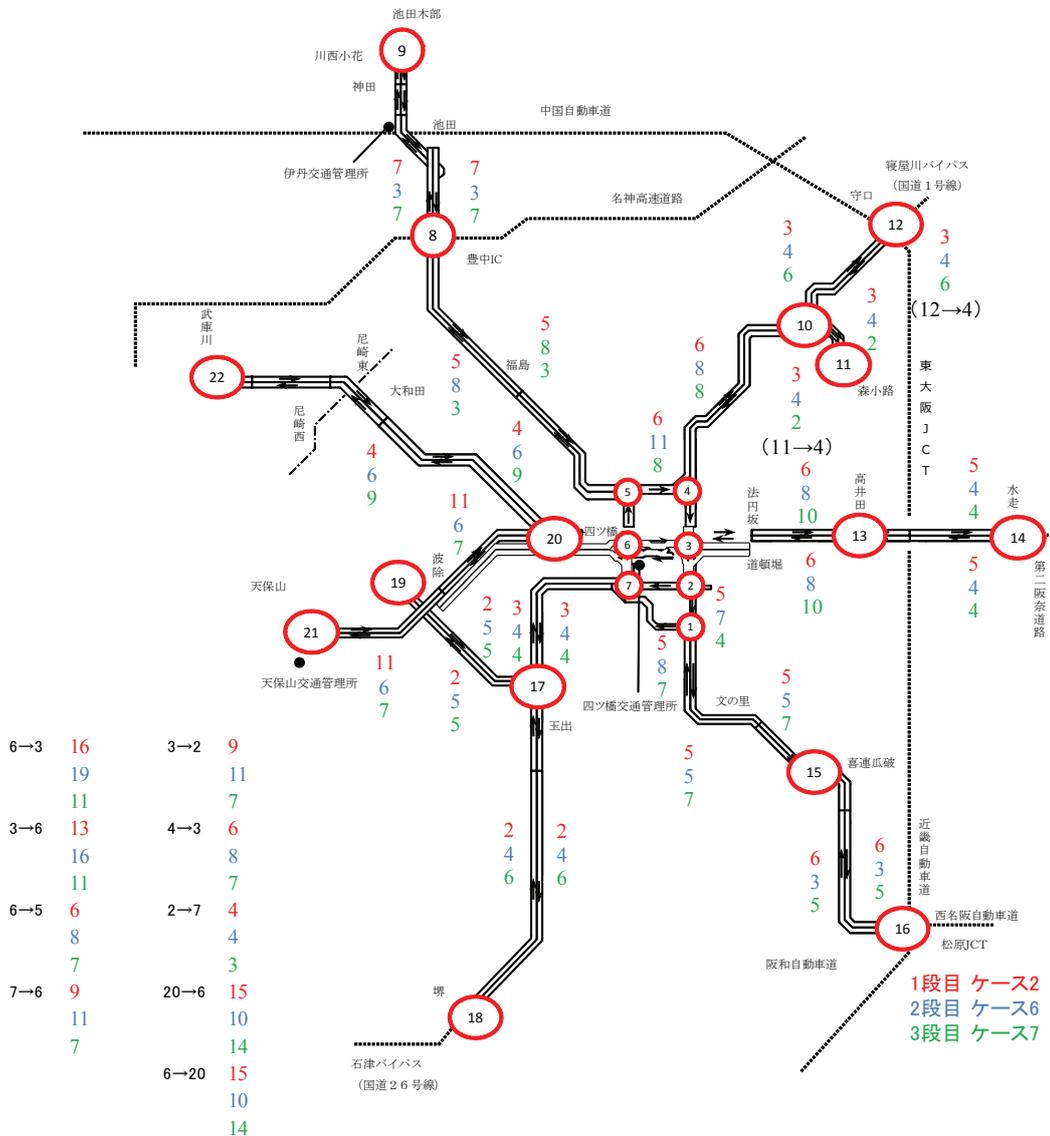


図-7.4.3 ケース 2 (前提条件を基に試算), 6 (集中配置), 7 (分散配置) のリンク毎巡回回数数の比較

図-7.4.4 にケース 1, 2, 6, 7 の総巡回リンク数, 巡回したリンクの交通障害リスク値の割合と平均値を示す. ケース 2 の総巡回リンク数が若干ながら少ないことが見て取れる. これは帰還し始める時刻において基地周辺にいたため, 素早く基地に帰還しており, 巡回リンク数が少なくなっている. 交通障害リスク値の巡回割合を見ると, 0~500 のリンク巡回割合はケース 2, 6 がケース 1 と比較して小さく, 平均値を見ても 2~3 割程度大きくなっているため, 効果的に巡回出来ていると思われる. また, ケース 7 について, ケース 1 と比較して平均値は若干ながら高くなっており, 効果的に巡回出来ているものの, ケース 2, 6 と比較して低く, 前述したとおり効果的な基地配置となっていない可能性がある.

前述してきた考察をまとめると、今回設定した条件で阪神高速の基本巡回を行うためには最低 6 台の配置は必要であり、阪神高速の大阪管内ネットワークにおいて、基地配置は各放射路線の端部に配置するよりは環状線付近に集中配置の方が交通障害リスク合計値が高い傾向にあるため、効果的に巡回可能であると思われる。また、本研究で構築した基本巡回策定モデルを用いて巡回ルートを算出した結果、どのケースも現在の基本巡回計画よりも高い交通障害リスク合計値を示しており、通過交通障害リスク値の割合と平均値からも効果的に巡回が可能であることが示された。

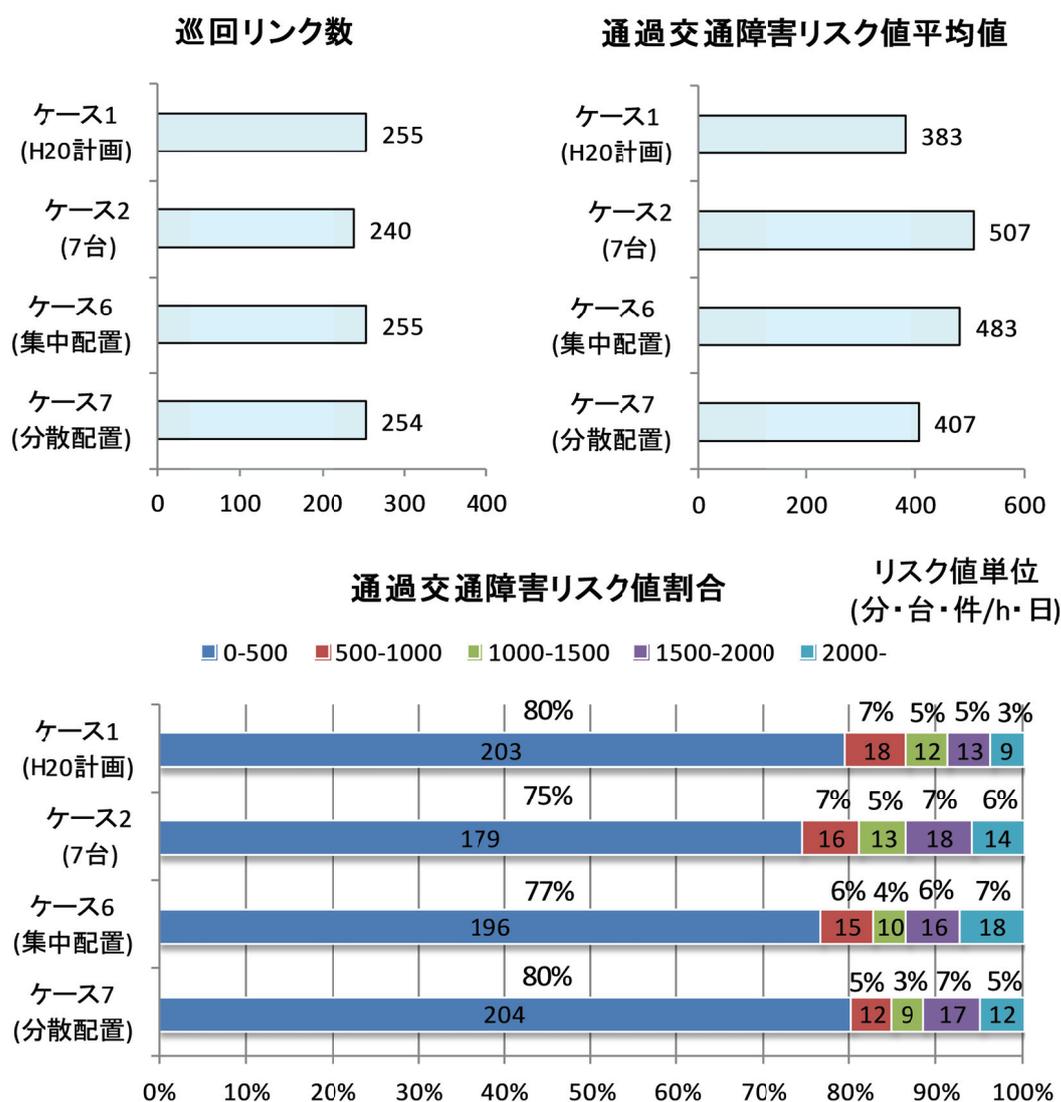


図-7.4.4 ケース 1, 2, 6, 7 の総巡回リンク数及び通過リンクの交通障害リスク値の割合と平均値の比較

7.5 交通障害発生シナリオを用いた阪神高速道路の巡回に関する試算

7.5.1 実際の交通障害発生事例を基にした交通障害発生シナリオの設定と試算

前節では実際の平成20年度基本巡回計画を基に前提条件を設定し、基地配置や巡回班数を変化させ、交通障害リスク値と非巡回リンク数から基本巡回計画を策定し、評価した。本節では実際の交通障害発生事例から想定交通障害発生シナリオを設定し、現状の基地配置と巡回班数で交通障害発生シナリオに対応可能かどうか試算を行う。

表-7.5.1に2008年10月1ヵ月間の平日の交通障害発生件数と平均障害継続時間を示す。ここに示す交通障害は平日の10:30～16:30に発生した「事故」「落下物」「故障」「その他」を対象としており、最も多い件数では10/29では26件の交通障害発生が記録されていた。本節ではワーストケースとして障害継続時間が最も長い14日を始めとして、24日、22日、9日の交通障害発生事例を例として想定交通障害発生シナリオを表-7.5.2～表-7.5.6の通りS-1～S-4の4ケース設定した。ワーストケースとして14日を採用した理由は、29日は要人警護規制（「その他」）が多く、本検討に適用するのは馴染まず、10/3と10/14を比較すると継続時間の長さから10/14の方が厳しいと判断したためである。

表-7.5.1 10月1ヵ月の交通障害発生件数と障害継続時間平均

No.	日付	曜日	件数	障害継続時間 間平均値	備考
1	10月29日	水	26	0:26	要人警護規制多数
2	10月3日	金	22	0:22	
3	10月14日	火	21	0:38	
4	10月27日	月	21	0:23	
5	10月6日	月	17	0:21	
6	10月10日	金	17	0:16	
7	10月16日	木	16	0:35	
8	10月21日	火	16	0:20	
9	10月17日	金	15	0:25	
10	10月24日	金	15	0:22	
11	10月7日	火	15	0:19	
12	10月31日	金	15	0:11	
13	10月15日	水	13	0:30	
14	10月20日	月	13	0:22	
15	10月8日	水	13	0:16	
16	10月1日	水	10	0:19	
17	10月30日	木	10	0:18	
18	10月22日	水	10	0:13	
19	10月2日	木	9	0:12	
20	10月26日	日	9	0:11	
21	10月28日	火	8	0:23	
22	10月23日	木	6	0:29	
23	10月9日	木	5	0:09	

表-7.5.2 10/9の交通障害発生と想定交通障害発生シナリオ（ケースS-1）

	発生時刻	解除時刻	継続時間	発生路線	原因	障害程度	発生場所	交通障害 発生時刻	発生リンク	処理時間
1	10:50	10:52	0:02	松原線下り	故障	1車障害	1.1	11:15	1→15	10
2	10:52	11:11	0:19	松原線上り	故障	1車障害	1.1	11:15	15→1	10
3	13:23	13:42	0:19	堺線下り	落下物	半車障害	5.5 - 1.6	12:45	7→17	10
4	13:44	13:52	0:08	松原線下り	落下物	1車障害	5.0 - 2.0	14:15	1→15	10
5	13:44	13:44	0:00	松原線上り	落下物	1車障害	1.0 - 5.0	14:15	15→1	10

表-7.5.3 10/22 の交通障害発生と想定交通障害発生シナリオ（ケース S-2）

	発生時刻	解除時刻	継続時間	発生路線	原因	障害程度	発生場所	交通障害発生時刻	発生リンク	処理時間
1	10:47	10:55	0:08	池田線下り	故障	1車障害	7.6	11:15	5→8	10
2	11:22	11:24	0:02	池田線下り	落下物	1車障害	15.6	11:15	8→9	10
3	11:26	11:26	0:00	環状線	落下物	1車障害	6.2	11:15	3→2	10
4	12:45	12:58	0:13	環状線	事故	1車障害	0.3	12:45	7→6	10
5	13:12	13:29	0:17	港線大阪側上り	落下物	1車障害	5.7	12:45	21→20	10
6	14:12	14:15	0:03	堺線上り	落下物	1車障害	9	14:15	18→17	10
7	14:39	15:20	0:41	神戸線大阪側上り	事故	1車障害	0.5	14:15	22→20	25
8	15:13	15:15	0:02	池田線上り	その他	1車障害	4.0 - 5.5	15:45	8→5	10
9	15:52	16:42	0:50	松原線下り	事故	1車障害	10.1 - 9.0	15:45	15→16	35
10	15:52	15:52	0:00	松原線上り	故障	1車障害	9.0 - 10.0	15:45	16→15	10

表-7.5.4 10/24 の交通障害発生と想定交通障害発生シナリオ（ケース S-3）

	発生時刻	解除時刻	継続時間	発生路線	原因	障害程度	発生場所	交通障害発生時刻	発生リンク	処理時間
1	10:31	10:45	0:14	池田線下り	故障	1車障害	8.5 - 6.0	11:15	5→8	10
2	10:37	10:43	0:06	東大阪線下り	故障	1車障害	0.1	11:15	6→3	10
3	11:09	12:03	0:54	神戸線大阪側下り	落下物	1車障害	1.8	11:15	20→22	40
4	11:45	11:54	0:09	西大阪線上り	故障	1車障害	0.8	11:15	19→17	10
5	12:08	12:12	0:04	港線大阪側上り	故障	路肩障害	5.7	12:45	20→21	20
6	12:23	12:40	0:17	港線大阪側上り	落下物	1車障害	4			
7	13:41	14:38	0:57	環状線	故障	1車障害	1	14:15	6→5	40
8	13:54	14:35	0:41	松原線下り	落下物	1車障害	5.8	14:15	15→16	25
9	14:12	14:51	0:39	神戸線大阪側上り	落下物	1車障害	1.0 - 3.0	14:15	22→20	25
10	14:41	14:48	0:07	東大阪線下り	落下物	1車障害	4.3 - 3.3	14:15	3→13	10
11	14:56	14:59	0:03	池田線上り	故障	1車障害	12.4	14:15	9→8	10
12	15:13	15:19	0:06	池田線上り	故障	支障無	11.4			
13	15:39	15:52	0:13	池田線上り	落下物	1車障害	11.5	15:45	9→8	20
14	16:08	16:36	0:28	池田線下り	落下物	路肩障害	2.3	15:45	5→8	15
15	16:40	17:14	0:34	松原線上り	その他	1車障害	5	15:45	16→15	20

表-7.5.5 10/14 の交通障害発生と想定交通障害発生シナリオ（ケース S-4）

	発生時刻	解除時刻	継続時間	発生路線	原因	障害程度	発生場所	交通障害発生時刻	発生リンク	処理時間
1	10:36	12:39	2:03	松原線下り	その他	1車障害	12.1	11:15	15→16	105
2	10:41	11:56	1:15	池田線下り	事故	1車障害	6	11:15	5→8	60
3	10:53	11:49	0:56	港線大阪側下り	事故	1車障害	0.5	11:15	6→20	40
4	11:26	12:06	0:40	環状線	事故	1車障害	1.6	11:15	6→5	25
5	11:39	11:59	0:20	池田線下り	事故	1車障害	2.7	11:15	5→8	20
6	11:58	12:15	0:17	池田線下り	事故	1車障害	3.3			
7	12:23	13:07	0:44	港線大阪側上り	事故	1車障害	4.8	12:45	21→20	30
8	12:25	12:47	0:22	堺線上り	落下物	1車障害	12.4	12:45	18→17	10
9	12:26	12:53	0:27	池田線上り	事故	1車障害	6.1	12:45	8→5	10
10	13:09	13:29	0:20	環状線	故障	1車障害	9.5 - 8.5	12:45	1→7	10
11	13:15	13:17	0:02	松原線上り	故障	1車障害	1.0 - 3.0	12:45	15→1	10
12	13:51	14:35	0:44	守口線上り	事故	1車障害	0.2	14:15	10→4	30
13	13:57	14:32	0:35	環状線	故障	1車障害	3.1	14:15	5→4	20
14	14:45	16:10	1:25	守口線下り	事故	1車障害	8.2	14:15	10→12	70
15	15:01	15:49	0:48	東大阪線上り	故障	1車障害	9	15:45	14→13	35
16	15:03	15:20	0:17	井池線西行き	事故	1車障害	0.3	15:45	3→6	10
17	15:17	15:57	0:40	港線大阪側上り	事故	1車障害	4.9	15:45	21→20	25
18	15:43	16:11	0:28	港線大阪側下り	事故	1車障害	5.1	15:45	20→21	15
19	15:46	16:20	0:34	東大阪線上り	故障	1車障害	0.1	15:45	13→3	20
20	16:03	16:12	0:09	東環渡り	故障	1車障害	0	15:45	13→3	10
21	16:20	16:39	0:19	港線大阪側下り	故障	1車障害	3.7	15:45	20→21	10

表-7.5.6 想定交通障害発生シナリオのケース設定

ケース	巡回班数	ケース設定
S-1	7	10/9想定交通障害シナリオ(障害件数 5件) 11:15 2件 12:45 1件 14:15 2件 平均処理時間 10分
S-2	7	10/22想定交通障害シナリオ(障害件数 10件) 11:15 3件 12:45 2件 14:15 2件 15:45 3件 平均処理時間 14分
S-3	7	10/24想定交通障害シナリオ(障害件数 13件) 11:15 4件 12:45 1件 14:15 5件 15:45 3件 平均処理時間 20分
S-4	7	10/14想定交通障害シナリオ(障害件数 20件) 11:15 5件 12:45 5件 14:15 3件 15:45 7件 平均処理時間 28分

想定交通障害発生シナリオでは発生時刻を集約して、11:15 (10:30～12:00 に発生)、12:45 (12:00～13:30 に発生)、14:15 (13:30～15:00 に発生)、15:45 (15:00～16:30 に発生) の4時刻に固定して発生するものとしている。処理時間は継続時間から到着までに要する時間を15分と仮定し、継続時間から15分差し引いた値としており、処理時間が10分以下の場合は10分としている。

図-7.5.1 に前述した基本巡回計画策定モデルを用いて、現状の基地配置及び巡回班数でどのレベルのシナリオまで巡回可能かを試算した結果を示す。計算方法は出発から11:15の交通障害発生までは前節で計算したケース2の基本巡回計画に沿って巡回を行い、交通障害発生の度に交通障害対応を行いながら基本巡回計画策定モデルを用いて再計算し、巡回を続けるものとする。また、オペレーションの組み合わせは相当数存在し、全てを考慮することは困難であるため、本章においては交通障害処理に向かう巡回班は交通障害発生地点から巡回班が到達する交通障害到達時刻が平均的に最速となるよう巡回班が対応するものとする。

加えて交通障害が多数発生した場合は通常の勤務とは異なる状況になると考えられ、本節での検討では前述の前提条件を以下の通りとした。

- ① 全ての巡回班は12:30～14:30の間に一度デポに帰還し、45分の休憩をとる。
- ② 全ての巡回班は交通障害対応中の班を除いて16:30に帰還し始め、17:30までにデポに帰還する。

つまり、45分間の休憩は必ず取得するものとし、出発時点の巡回計画は基本巡回計画に則った上で、その他の時間帯は全て巡回と交通障害対応に費やすという勤務体系を想定する。上記の前提条件を設定することで想定交通障害発生シナリオを処理するために必要な台数を求めることができる。

図-7.5.1 からケース S-1 からケース S-4 に向けて、交通障害発生件数と平均処理時間が

大きくなっている様子が見て取れ、それに伴って巡回できる交通障害リスク合計値が小さくなっている。これは交通障害対応に時間を取られているため、厳しいシナリオになるほど交通障害リスク合計値が減少傾向にあるものと推察される。また、ケース S-3 までは非巡回リンク数が 0 となっていることから、3 時間の巡回インターバルを遵守しながら交通障害発生にも対処できていることを示しており、ケース S-3 のような中程度の交通障害発生には現状の基地配置及び巡回班数で対処出来る可能性がある。

しかしながらケース S-4 では非巡回リンク数が 20 となっており、交通障害に対応しながら巡回インターバルを遵守することが出来ていない。ケース S-4 の巡回経路を表-7.5.7 に示す。ケース S-4 が巡回インターバルを遵守できていない理由は 15:45 の交通障害対応の際に巡回班 5 が No.20 の交通障害対応に向かい、リンク 15⇄16 (14 号松原線端部) の巡回が出来なかったためである。つまり、15:45 の交通障害発生件数が 7 件と多くなっていることから、ある巡回班が巡回する予定だったリンクについて、その班が交通障害対応に向かってしまい、他の巡回班も障害対応に向かっているためフォローできないという状況が発生し、巡回インターバルを遵守できない結果となった。

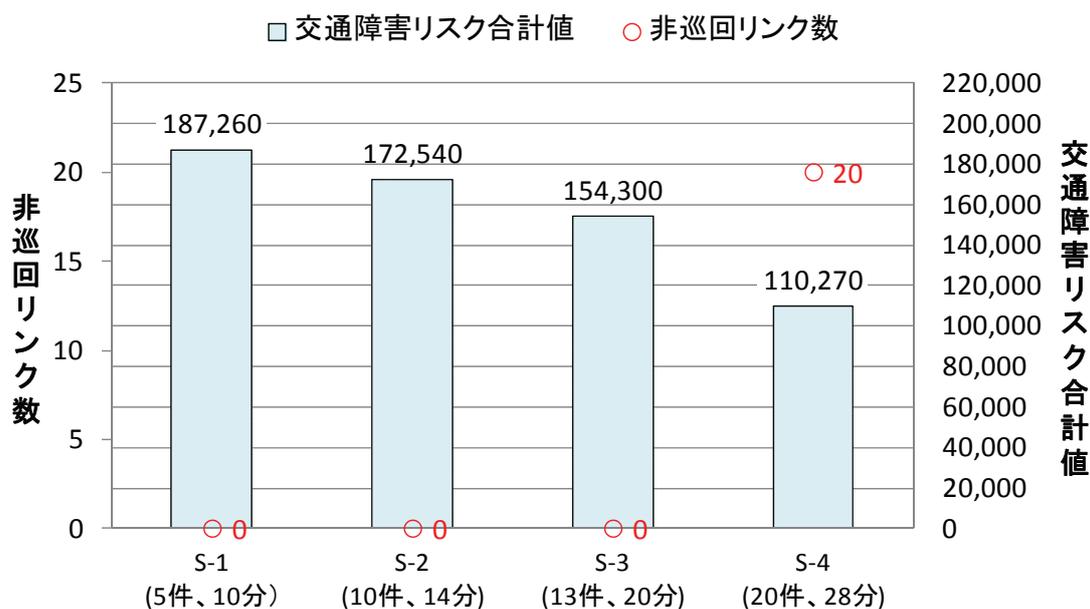


図-7.5.1 交通障害リスク合計値と非巡回リンク数 (ケース S-1~S-4)

表-7.5.7 ケース S-4 (交通障害発生件数 20 件, 平均処理時間 28 分) の巡回経路と交通障害対応

ケース4	巡回班1	6	20	6	3	2	7	6	3	6	20	6	5	4	10	11	4	3	2	1	15	16	15	1	7	17	7	17	18	17	17	17	19	17				
	巡回班2	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9			
	巡回班3	3	3	4	4	5	5	0	0	1	1	2	3	3	4	4	5	5	0	0	1	1	2	3	3	4	4	5	5	0	0	1	1	2	2	3	3	
	巡回班4	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	
	巡回班5	6	20	6	3	2	7	6	3	6	20	6	5	4	10	11	4	3	2	1	15	16	15	1	7	17	7	17	18	17	17	17	19	17	17			
	巡回班6	6	5	8	5	4	3	6	20	6	20	21	6	20	21	6	20	6	5	4	3	6	20	6	5	4	3	6	20	6	20	6	20	6	20	6	20	
	巡回班7	20	6	20	21	20	6	20	21	20	6	5	4	10	11	4	3	2	1	15	16	15	1	7	17	7	17	18	17	17	17	19	17	17	19	17	17	
四ツ橋 (ノード6)	巡回班1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	巡回班2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		
	巡回班3	3	3	4	4	5	5	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	0	0	1	1	2	2	3
	巡回班4	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	
	巡回班5	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	
	巡回班6	14	13	6	5	8	5	4	10	11	4	3	2	1	15	16	15	1	7	17	7	17	18	17	7	17	18	17	7	17	18	17	7	17	18	17	7	
	巡回班7	20	6	20	21	20	6	20	21	20	6	5	4	10	11	4	3	2	1	15	16	15	1	7	17	7	17	18	17	7	17	18	17	7	17	18	17	
天保山 (ノード21)	巡回班1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	巡回班2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
	巡回班3	3	3	4	4	5	5	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	0	0	1	1	2	2	3
	巡回班4	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	
	巡回班5	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	
	巡回班6	14	13	6	5	8	5	4	10	11	4	3	2	1	15	16	15	1	7	17	7	17	18	17	7	17	18	17	7	17	18	17	7	17	18	17		
	巡回班7	20	6	20	21	20	6	20	21	20	6	5	4	10	11	4	3	2	1	15	16	15	1	7	17	7	17	18	17	7	17	18	17	7	17	18	17	
伊丹(ノード9)	巡回班1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
	巡回班2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		
	巡回班3	3	3	4	4	5	5	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	0	0	1	1	2	2	3
	巡回班4	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	0	5	
	巡回班5	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	6	13	3	2	7	
	巡回班6	14	13	6	5	8	5	4	10	11	4	3	2	1	15	16	15	1	7	17	7	17	18	17	7	17	18	17	7	17	18	17	7	17	18	17		
	巡回班7	20	6	20	21	20	6	20	21	20	6	5	4	10	11	4	3	2	1	15	16	15	1	7	17	7	17	18	17	7	17	18	17	7	17	18	17	

7.5.2 交通障害発生件数と平均処理時間を変化させたシナリオ設定と試算

前節で試算したケース S-4 が巡回インターバルを遵守しながら巡回出来なかった結果を踏まえ、ワーストケースであるケース S-4 を基に交通障害の処理時間、交通障害発生件数を変化させた 10 ケースを追加ケースとして交通障害発生シナリオを設定した。表-7.5.8 に追加 10 ケースの想定交通障害発生シナリオを示す。

各時刻に 4 件で合計 16 件、5 件で合計 20 件、6 件で合計 24 件、7 件で合計 28 件交通障害が発生する 4 パターンと全交通障害処理時間が 10 分、25 分、40 分の 3 パターンの組み合わせで計 10 ケースを設定した。S-(a,b) の a は交通障害発生件数に、b は処理時間に対応している。

交通障害発生リンクについては 9:30~17:30 までの 8 時間を 2 時間×4 に分割し、各時間帯で交通障害発生確率の高い順から交通障害が発生するものとした。交通障害発生件数が同件数の場合は交通障害リスク値の高い順に発生するものとした。表-7.5.9 に各ケースの交通障害発生時刻と発生リンクを示す。

表-7.5.10、図-7.5.2 に各ケースの試算結果を示す。障害処理時間を 10 分としたケース S-(20,10)、S-(24,10)、S-(28,10)については全て対応可能という結果になった。これは処理時間が短いことからケース S-(28,10)のように各時刻で 7 件交通障害が発生した場合にも、各巡回班がフォローしあいながら巡回を可能としていると推察される。

障害処理時間を 25 分としたケースについてはケース S-(20,25)は巡回可能であったが、ケース S-(24,25)、S-(28,25)は巡回インターバルを遵守して巡回出来なかった。実際の交通障害事例を基に設定したケース S-4、ケース S-(20,25)、S-(24,25)の結果から、平均処理時間が 25 分、交通障害件数 20 件程度が現状の基地配置、巡回班数で対応可能な交通障害発生レベルの限界ではないかと推察される。

障害処理時間を 40 分としたケースについてはケース S-(16,40)は巡回可能であったが、ケース S-(20,40)、S-(24,40)、S-(28,40)ではいずれも巡回インターバルを遵守して巡回することが出来なかった。ケース S-(28,40)にいたっては昼休憩に戻ることが出来ず、解が得られなかった。

表-7.5.8 追加想定交通障害発生シナリオ（10 ケース）

		交通障害発生件数			
		16	20	24	28
処理時間	10		S-(20,10)	S-(24,10)	S-(28,10)
	25		S-(20,25)	S-(24,25)	S-(28,25)
	40	S-(16,40)	S-(20,40)	S-(24,40)	S-(28,40)

表-7.5.9 追加 10 ケースの交通障害発生時刻と発生リンク

ケースS-(16,40)			ケースS-(20,10) ケースS-(20,25) ケースS-(20,40)			ケースS-(24,10) ケースS-(24,25) ケースS-(24,40)			ケースS-(28,10) ケースS-(28,25) ケースS-(28,40)		
交通障害発生時刻	発生リンク		交通障害発生時刻	発生リンク		交通障害発生時刻	発生リンク		交通障害発生時刻	発生リンク	
1	11:15	5→8	1	11:15	5→8	1	11:15	5→8	1	11:15	5→8
2	11:15	8→5	2	11:15	8→5	2	11:15	8→5	2	11:15	8→5
3	11:15	12→4	3	11:15	12→4	3	11:15	12→4	3	11:15	12→4
4	11:15	11→4	4	11:15	11→4	4	11:15	11→4	4	11:15	11→4
			5	11:15	15→1	5	11:15	15→1	5	11:15	15→1
						6	11:15	15→16	6	11:15	15→16
									7	11:15	3→13
5	12:45	8→5	6	12:45	8→5	7	12:45	8→5	8	12:45	8→5
6	12:45	20→22	7	12:45	20→22	8	12:45	20→22	9	12:45	20→22
7	12:45	1→7	8	12:45	1→7	9	12:45	1→7	10	12:45	1→7
8	12:45	17→18	9	12:45	17→18	10	12:45	17→18	11	12:45	17→18
			10	12:45	21→20	11	12:45	21→20	12	12:45	21→20
						12	12:45	5→8	13	12:45	5→8
									14	12:45	20→21
9	14:15	8→5	11	14:15	8→5	13	14:15	8→5	15	14:15	8→5
10	14:15	5→8	12	14:15	5→8	14	14:15	5→8	16	14:15	5→8
11	14:15	12→4	13	14:15	12→4	15	14:15	12→4	17	14:15	12→4
12	14:15	11→4	14	14:15	11→4	16	14:15	11→4	18	14:15	11→4
			15	14:15	22→20	17	14:15	22→20	19	14:15	22→20
						18	14:15	9→8	20	14:15	9→8
									21	14:15	13→3
13	15:45	12→4	16	15:45	12→4	19	15:45	12→4	22	15:45	12→4
14	15:45	13→3	17	15:45	13→3	20	15:45	13→3	23	15:45	13→3
15	15:45	22→20	18	15:45	22→20	21	15:45	22→20	24	15:45	22→20
16	15:45	3→13	19	15:45	3→13	22	15:45	3→13	25	15:45	3→13
			20	15:45	6→3	23	15:45	6→3	26	15:45	6→3
						24	15:45	3→6	27	15:45	3→6
									28	15:45	11→4

表-7.5.10 追加想定交通障害発生シナリオ計算結果（10 ケース）

		交通障害発生件数			
		16	20	24	28
処理時間	10	S-(20,10)	S-(24,10)	S-(28,10)	
		141,970	140,250	141,490	
		0	0	0	
	25	S-(20,25)	S-(24,25)	S-(28,25)	
		110,820	113,080	90,533	
		0	120	246	
	40	S-(16,40)	S-(20,40)	S-(24,40)	S-(28,40)
		96,242	89,872	84,680	昼休憩
		0	46	146	戻れず

1段目：ケース名
2段目：交通障害リスク合計値
3段目：非巡回リンク数

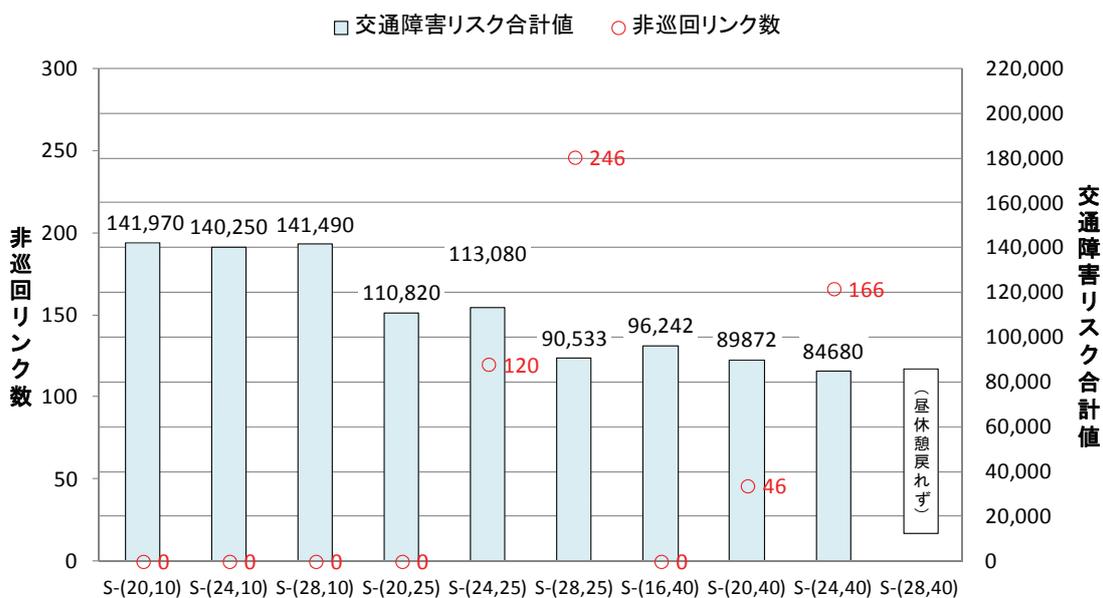
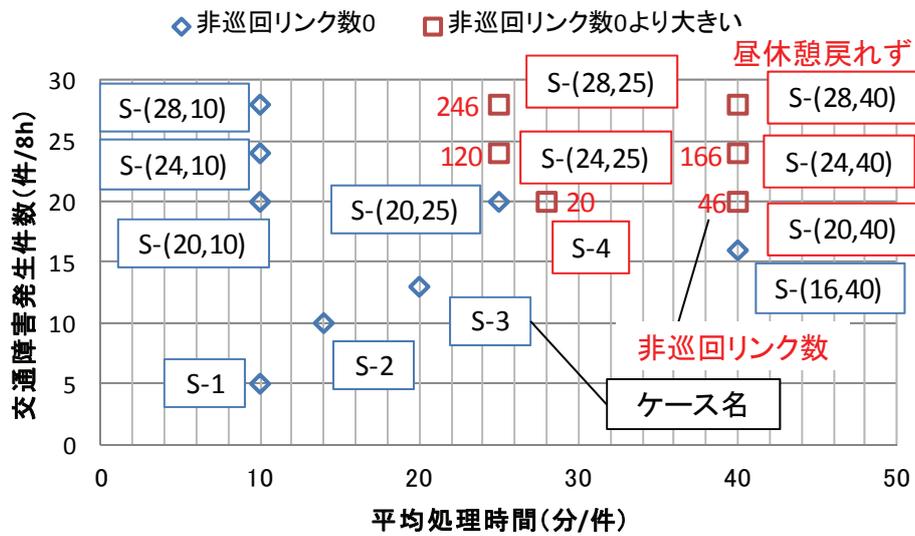


図-7.5.2 交通障害リスク合計値と非巡回リンク数（追加10 ケース）

7.5.3 交通障害発生件数と平均処理時間による感度分析

前節までの結果を踏まえ、**図-7.5.3** に実際の交通障害発生事例を基に設定した交通障害発生シナリオのケース S-1~S-4 の 4 ケース，ワーストケースであるケース S-4 を交通障害発生件数と処理時間を変化させた追加 10 ケースの計 14 ケースの平均処理時間と交通障害発生件数の関係を示す。**図-7.5.3(a)**には各ケース名と非巡回リンク数が 0 以外の場合は非巡回リンク数を記載している。**図-7.5.3(a)**から非巡回リンク数が 0 になっていないケース S-4, S-(20,40), S-(24,25)について，仮に交通障害対応を行う交通障害対応班を 1 台配置したとするなら，前掲した**表-7.5.7**から，ケース S-4 は 15:45 の交通障害発生時にリンク 15 ⇄16 を巡回出来ることがわかり，ケース S-(20,40)はケース S-(16,40)と同等に，ケース S-(24,25)はケース S-(20,25)と同等となる。また，ケース S-(28,25), S-(24,40)についても同様に，仮に交通障害対応を行う交通障害対応班を 2 台配置したとするなら，ケース S-(28,25)はケース S-(20,25)と，ケース S-(24,40)はケース S-(16,40)と同等になる。

図-7.5.3(b)に現状の巡回班及び交通障害復旧班を+1 台もしくは+2 台配置した場合，対応可能になる交通障害発生シナリオについて示す。2008 年 10 月の交通障害発生件数と処理時間を参考にした場合，実際に発生すると思われるワースト交通障害シナリオはケース S-(28,10), S-(24,25), S-(20,40), S-4 レベルではないかと思われ，ワースト交通障害シナリオに対応するためには，現状の巡回班に加えて交通障害対応班を 1 台配置することによって，それらの交通障害発生シナリオにも対応が可能になると思われる。



(図中の口囲いはケース名, 数値は非巡回リンク数 (0 は記載なし))

図-7.5.3(a) 平均処理時間と交通障害発生件数

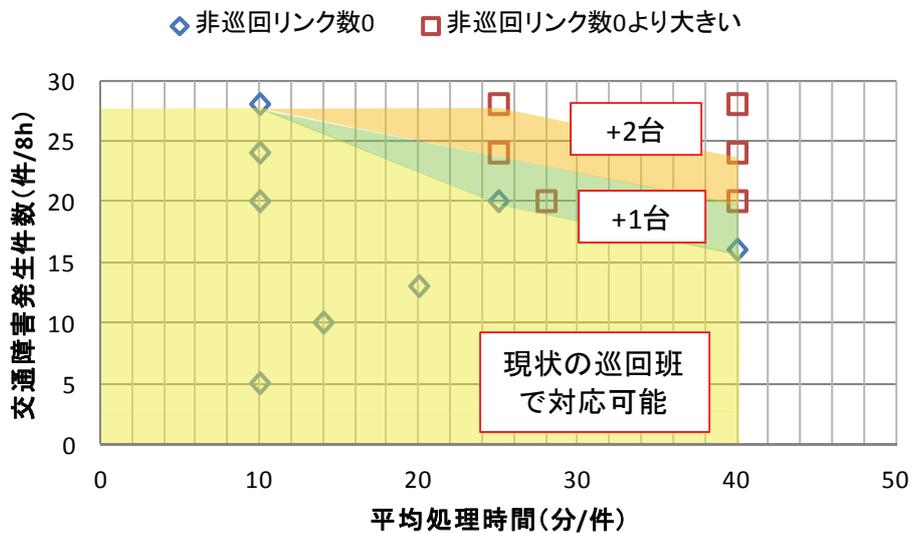


図-7.5.3(b) 非巡回リンク数を踏まえた交通障害対応案

図-7.5.3 全 14 ケースの平均処理時間と交通障害発生件数の関係

7.6 結語

本章では、阪神高速道路の交通管理について概説した後、平成 20 年度の基本巡回計画を踏まえ、阪神高速道路ネットワーク（大阪管内）を対象として、交通障害発生を考慮した基本巡回計画について計算した。具体的には、本研究で定義した交通障害リスクを阪神高速道路ネットワークで算定し、リスクの高い区間を示すとともに、巡回頻度の大きな偏りを防ぎつつ、交通障害リスクの高い区間を重点的に巡回する基本巡回計画策定モデルを用いて基本巡回計画策定の計算を行った。

その結果、今回設定した条件で阪神高速の基本巡回を行うためには最低 6 台の配置は必要であり、阪神高速の大阪管内ネットワークにおいて、基地配置は各放射路線の端部に配置するよりは環状線付近に集中配置する方が効果的に巡回可能という結果となった。また、本研究で構築した基本巡回策定モデルを用いて巡回ルートを算出した結果、どのケースも現在の基本巡回計画よりも高い交通障害リスク合計値を示しており、通過交通障害リスクの割合と平均値からも効果的に巡回が可能であることが示された。

また、交通障害発生シナリオを計 14 ケース設定し、巡回に関して感度分析を行った結果、発生しうるかなり厳しい交通障害に対応するためには、現状の巡回班に加えて交通障害対応班を 1 台配備した場合、対応出来る可能性があることを示した。

しかしながら、今回の試算は 2008 年 10 月の平日といった限られたデータによる試算であり、交通障害発生シナリオや前提条件についても本研究で設定した条件内での結果に過ぎない。今後、検討期間の拡大や、交通障害発生シナリオのランダム化（発生時刻、発生リンク、発生件数、継続時間）など条件を多様化させ、更なる基本巡回計画の精緻化に取り組んでいく必要がある。

【参考文献】

- 1) 交通管理マニュアル（共通編），阪神高速道路株式会社，平成 22 年 6 月
- 2) 交通管理マニュアル（巡回業務編），阪神高速道路株式会社，平成 22 年 6 月
- 3) 中山晶一郎，朝倉康夫編著：道路交通の信頼性評価，コロナ社，2014

8. 結論

8.1 本研究での結論

本研究では、第 1 章で研究の背景・目的・構成について述べ、第 2 章では阪神高速の交通管理実態を踏まえた本研究の実務への適用可能性と全体像・意義について整理した。第 3 章では既往研究について整理した上で本研究の新規性について述べた。第 4 章では交通量の不規則変動の 1 つである交通障害発生時の交通量変動について、OD を含めた交通量に関する分析を行った上で、交通障害発生時の交通量予測モデルを構築した。第 5 章では、平常時及び交通障害発生時の渋滞損失時間変動とその要因について分析を行った上で、交通量と交通障害発生継続時間、前時間帯渋滞損失時間を用いた簡便な渋滞損失時間推定モデルを構築した。また、第 6 章では仮想ネットワークと設定した交通障害リスクをもとに基本巡回計画策定モデルを構築し、設定した前提条件のもとで基本巡回計画について試算するとともにモデル検証を行った。加えて、想定交通障害発生シナリオを用いて交通障害発生を考慮した巡回に関する試算についても併せて行った。第 7 章では実ネットワークである阪神高速道路ネットワークを用いて交通障害リスク値を算定し、基本巡回計画について計算するとともに、実際の交通障害発生事例を参考に想定交通障害発生シナリオを作成し、巡回に関する試算と交通障害に対応できない場合の改善策についての提案を行った。以下に各章において得られた知見についてまとめる。

第 4 章 交通障害発生時の交通量推定手法の構築

第 4 章では交通障害発生時の交通量変動について、阪神高速道路における事例分析を踏まえて考察を加えた。また、渋滞損失時間推定の入力値として、交通障害発生時の交通量推定が必要であり、平土休の曜日区分と時刻、交通障害発生時の渋滞損失時間発生レベルを入力変数とする交通障害発生時の交通量推定モデルを構築した。モデル構築には離散変数、連続変数をともに扱え、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ている。事例分析にあたり、ネットワークの要となる 1 号環状線、及び放射路線の一つである 14 号松原線に焦点を当て、数例の分析結果をもとに考察を加えた。その結果、主に入口交通量について、全ての交通障害が交通量増減に影響を与えているとは限らないこと、入口によって交通障害による交通量減少が明確に観察できない入口があることを示した。区間交通量について、区間下流側の交通障害による交通量減少が見られること、区間上流側の交通障害発生によって時刻毎に観察すると減少・増加の両現象が観察された。これは渋滞が延伸するとともに区間速度が低下し、断面交通量は一時的に減少するが、渋滞解消時には回復した速度と高密度な交通流が流入し、一時的に断面交通量が増加するという結果から推察されたものである。これらの結果を踏まえて、交通障害発生時の交通量推定モデルの構築を行い、松原線から環状線に流入する区間交通量、松原線内の区間交通量、西名阪入口交通量を例に挙げ、交通量推定を行った。その推定結果から、

交通障害発生時の交通量推定が一定の精度で推定可能であることを示した。

第 5 章 交通障害発生時の渋滞損失時間推定手法の構築

交通障害リスクを算定するために時間帯毎、交通障害発生箇所毎に渋滞損失時間推定を行う必要がある。渋滞損失時間推定手法として交通流シミュレーション等の手法が考えられるが、入力データ整備が膨大な作業となるため、より簡便な手法で発生箇所の特性を考慮した交通障害発生時の渋滞損失時間推定を行う必要があった。そこで第 5 章では、交通量、交通障害継続時間、前時間帯渋滞損失時間を入力変数とした交通障害発生時の渋滞損失時間推定モデルを構築した。モデル構築には第 4 章と同様にニューラルネットワークモデルを用いている。モデル構築にあたり 1 号環状線、14 号松原線に着目して渋滞損失時間を推定した。中でも基礎分析において 11 号池田線下り福島先頭渋滞、14 号松原線上り駒川先頭渋滞が渋滞損失時間の発生が顕著であったため例に挙げ推定している。第 4 章での交通障害発生時の交通量変動の結果から、区間交通量は交通障害発生時に減少・増加の両現象が観測されていたため、推定において出来るだけ渋滞解消時の増加現象の影響が少ないながらも渋滞箇所の特性を表現可能な交通量を入力変数として選定した。具体的には区間交通量を入力変数とする場合、渋滞末尾より下流側区間の交通量を入力変数とし、入口交通量で代替可能な場合は入口交通量を入力変数として、モデルを構築した。その結果、駒川先頭渋滞のような、放射路線単路部の渋滞損失時間は高い精度で推定することが可能であり、福島先頭渋滞のような、複雑な織り込み区間をもった環状線における渋滞損失時間については一定の精度で推定可能ではあるが、精度向上の余地があることを示した。

第 6 章 仮想ネットワークを用いた基本巡回策定モデルの構築

第 6 章では巡回間隔の大きな偏りを防ぎつつ、効果的な基本巡回計画策定を目指して、基本巡回計画策定のための定式化、モデル構築を行った。また、仮想ネットワーク及び設定した交通障害リスクを用いて、配備巡回班数や配備地点、交通障害対応については交通障害発生シナリオを変化させ、構築したモデルの感度分析を行った。

本研究における交通障害リスクとは「各リンクにおいて交通障害が発生した際の渋滞損失時間の期待値（交通障害発生確率×交通障害発生による渋滞損失時間の増分）」と定義し、交通障害リスクを最大化するように巡回を行った。目的関数としている交通障害リスクを最大化する意味は、一定時間間隔で道路状況に異変が生じていないか監視するために、交通障害リスクの高い区間をできるかぎり手厚く巡回し、交通障害発生時に迅速に現場に到着出来る可能性を高めることで、交通障害発生の影響を抑えることにある。

その結果、本モデルを用いて基本巡回計画に関する計算を行うことで、所与の配備班数・配備地点などの条件、及び一定の制約条件下において巡回に必要な配備班数、巡回経路を求めることが可能であることを示した。また、想定した交通障害発生シナリオを用いて、交通障害発生を考慮した上で、巡回に必要な配備班数、巡回経路について計算可能である

ことを示した。

第7章 阪神高速道路における基本巡回計画策定と交通障害対応に関する試算

第7章では、阪神高速道路の交通管理について概説した後、平成20年度の基本巡回計画を踏まえ、阪神高速道路ネットワーク（大阪管内）を対象として、交通障害発生を考慮した基本巡回計画について計算した。具体的には、本研究で定義した交通障害リスクを阪神高速道路ネットワークで算定し、リスクの高い区間を示すとともに、巡回頻度の大きな偏りを防ぎつつ、交通障害リスクの高い区間を重点的に巡回する基本巡回計画策定モデルを用いて基本巡回計画策定の計算を行った。

その結果、今回設定した条件で阪神高速の基本巡回を行うためには最低6台の配置は必要であり、阪神高速の大阪管内ネットワークにおいて、基地配置は各放射路線の端部に配置するよりは環状線付近に集中配置する方が効果的に巡回可能であることを示した。加えて、本研究で構築した基本巡回策定モデルを用いて巡回ルートを算出した結果、どのケースも現在の基本巡回計画よりも高い交通障害リスク合計値を示しており、通過交通障害リスク値の割合と平均値からも効果的に巡回が可能であることを示した。

また、交通障害発生シナリオを計14ケース設定し、巡回に関して感度分析を行った結果、発生しうるかなり厳しい交通障害に対応するためには、現状の巡回班に加えて交通障害対応班を1台配備した場合、対応出来る可能性があることを示した。

本研究では、従来から経験を基に策定されてきた基本巡回計画について、交通障害リスクという指標を用いて、机上で、必要な配備班数や巡回経路について検討することを可能とした。加えて、十分に研究がなされてきていなかった交通障害発生時の交通量変動、渋滞損失時間変動について実際の事例を用いて明らかにするとともに、一定の精度で交通障害発生時の渋滞損失時間について簡便な推定が可能であることを示した。次節で今後の課題について総括する。

8.2 今後の課題

今後の課題として、交通障害発生時の区間交通量について渋滞解消時に一時的に区間交通量が増加する現象を構築したモデルでは捉えきれていないこと、渋滞損失時間推定において環状線のような複雑な路線の推定精度に向上の余地があることが挙げられる。加えて、本研究では交通障害発生確率と交通障害発生による平常時との渋滞損失時間の差分を用いて交通障害リスクを算定し、巡回間隔の大きな偏りを防ぎながら、巡回したリンクの交通障害リスク合計値を最大化することで、効果的な基本巡回計画が策定可能としているが、例えば、さらに交通障害発生確率を考慮して道路ネットワーク上の巡回班の散らばり程度を組み込んだモデル構築や、利用者への便益を考慮して交通障害発生時の渋滞損失時間最小化を組み込んだモデル構築なども考えられる。その他、交通管制オペレーションの組み

合わせ、想定交通障害発生シナリオのランダム化（発生時刻、発生リンク、発生件数、継続時間など）を考慮したモデル構築など多様な状況下での基本巡回計画策定について更に検討を進めていく必要があると思われる。

謝辞

最後になりましたが、本論文の作成にあたっては、多くの方々から貴重なる御指導とご助言を賜りました。はじめに、本論文の主査を務めていただいた京都大学大学院工学研究科の谷口栄一教授、副査を務めていただいた京都大学大学院工学研究科の藤井聡教授に対して感謝の念を申し上げたいと思います。本論文をまとめるに際して、研究の遂行、論文内容に対して有益なご助言を多数賜りました。深甚の謝意を表します。

京都大学大学院経営管理研究部の宇野伸宏准教授には、筆者の大学生、大学院生の3年間に加え、この博士後期課程3年間の大学院生活において熱心なご指導をいただいた上、他大学・他分野との研究交流の場にも多く参加させて頂き、自らの研究内容を深く考える機会を多く提供していただきました。また、本論文を書きあげるまでに、構成および論文内容に対して的確な御指導と有益なご助言を多数賜りました。ここに深甚の謝意を表します。宮崎大学工学部社会環境システム工学科の嶋本寛准教授、京都大学大学院工学研究科の中村俊之助教、山崎浩気助教には、身近な研究室の先輩・後輩として日々のコミュニケーションとともに本研究に関する的確な御指導と多数の有益な御助言を賜りました。ここに深甚の謝意を表すとともに、今後ますますの研究議論の方をさせていただければ幸いです。また、岐阜大学工学部交通システムデザイン研究室の倉内文孝教授には、筆者の大学生、大学院生の3年間の熱心なご指導をいただいた上、本論文を書きあげるまでに的確な御指導と有益なご助言を多数賜りました。ここに深甚の謝意を表します。また、研究活動において終始ご支援をしてくださった交通情報工学研秘書の方々、研究室の学生各位にも感謝の意を表します。

さらに、筆者が社会人学生として京都大学大学院への留学の機会を与えていただきました、阪神高速道路株式会社の関係各位ならびに諸先輩方に厚く感謝の意を表します。

私が技術部技術開発課所属の際に、当時の職務とあまり関係の無い分野にも関わらず、快く大学に入学することを許可していただいた濱田信彦課長（現京都管理所長）、入学するにあたり、色々な手続きをしていただいた技術企画課の鈴木徹課長代理（現阪神高速技研（株）出向）、快く大学に送りだしていただいていた技術開発課の鈴木威課長と技術企画課の加賀山泰一課長（現大規模修繕・更新技術推進室長）、及び技術開発課の皆さまには深く感謝の意を表します。

また、私が大阪建設部に異動になって以降、快く大学に通わせていただいた設計課及び企画課の佐々木一則課長、設計課の中川紀雄課長代理（現経営企画課）、企画課の高橋祐史課長代理、及び設計課・企画課の皆さまには深く感謝の意を表します。特に佐々木一則課長におかれましては技術開発課時代より多数の貴重なご意見、アドバイス、励ましのお言葉をいただきました。重ねて感謝の意を表します。また、大阪建設部長の森喜仁部長には本論文を書き上げるにあたり、暖かい励ましのお言葉と気遣いをいただきました。深く感謝の意を表します。

加えて、本論文を書き上げるにあたり、計画部の北澤俊彦担当課長、保全交通部交通企画課の眞田康平主任（現阪神高速パトロール(株)朝潮橋交通管制課）、兒玉崇主任、計画部調査課の萩原武司主任、神戸管理部保全管理課の寺本和男様（現阪神高速技術(株)深江浜事業所）、事業開発部の岡本太郎プロジェクトリーダーには日々のコミュニケーションとともに貴重なご意見やデータ、励ましのお言葉をいただきました。深く感謝の意を表します。

本論文は、数多くの方々からのご指導、ご協力をいただくことによるまとめることができました。ここに全ての方々のお名前を挙げることはできませんが、心より感謝申し上げます。ありがとうございました。

最後に、これまで常に筆者を励ましてくれた両親と、筆者をよく理解していつも応援してくれた妻淑子、長女さくらの笑顔は研究遂行の大きな支えになりました。あらためて感謝の意を表します。

2015年3月

飛ヶ谷明人