

道路交通情報の高度化に対応する 直前の交通状況を考慮した統計的予測手法の研究

○割田 博^{*1} 森田 綽之^{*2} 桑原 雅夫^{*3} 田中 淳^{*4}

首都高速道路公団^{*1}

日本大学 総合科学研究所^{*2}

東京大学 国際産学共同研究センター^{*3}

(株)オリエンタルコンサルタンツ^{*4}

道路交通情報はメディア等の多様化は進んでいるものの情報内容は変わっていない。特に出発直前で利用できる情報は、首都高速道路を利用するまでの時間差が考慮されておらず誤差が大きくなっており、情報の質の高度化が望まれる。このことから、本研究では、出発直前において首都高速道路を利用するまでの時間差を考慮した渋滞状況と所要時間の予測手法として、蓄積された交通データと当日の交通データとをマッチング処理する手法を提案した。また、主要2路線について本手法の精度を検証した結果は良好であり、提供レベルまで達していることを確認した。さらに、時間選択等に有効となる提供方法を提案した。

A Study of a Statistical Traffic Condition Forecast Method in Consideration of the Latest Traffic Conditions Corresponded to the Advancement of Road Traffic Information

Hiroshi WARITA^{*1} Hirohisa MORITA^{*2} Masao KUWAHARA^{*3} Atsushi TANAKA^{*4}

Metropolitan Expressway Public Corporation^{*1}

University Research Center, Nihon University^{*2}

Center for Collaborative Research, University of Tokyo^{*3}

Oriental Consultants Co., Ltd^{*4}

The contents of road traffic information remains unchanged despite the diversification of media. Particularly, pre-trip information does not consider the time required to reach the Metropolitan Expressway, and this results in frequent information errors, so that, the quality of data is required to be advance. This study proposes a method of matching accumulated traffic data with traffic data on a given day, including congestion levels and travel time including the time required to reach the Metropolitan Expressway. Verification of the method's accuracy for two major expressway routes confirms that the method has practical applications. The study also proposes a method for providing information effective for the choice of time.

Keyword: Traffic information, Travel time prediction, Forecast method, pre-trip

1. はじめに

近年のITSの普及により、首都高速道路においても情報板、インターネット、携帯端末等の様々なメディアを通じて渋滞情報や所要時間情報等の道路交通情報が提供されている。これらの情報は、お客様の利用場面を考えると、出発数日前等の旅行計画時に利用する長期的な情報、出発直前に利用する中期的な情報、走行中に利用する短期的な情報の3種類に大別でき、様々な取り組みや研究がなされている。旅行計画時の情報は、首都高速道路公団や日本道路公団においてインターネット上で統計情報が提供されており¹⁾³⁾、出発直前の情報としてはインターネット等でアクセス時点の情報が提供されている⁴⁾。また、走行中の情報は

情報板等で渋滞や所要時間情報等の現在情報が提供されているものの、この情報については渋滞の急激な延伸時や解消時の精度に課題があり⁵⁾、予測手法について多数の研究成果が報告されている⁶⁾¹⁰⁾。

これらのうち、出発直前に利用できる情報は、インターネットや携帯電話等において渋滞情報や所要時間情報が提供されているが、アクセス時点の情報が提供されているため、ほとんどの場合、実際に首都高速道路を走行した時点では渋滞状況等が変化している可能性が高い。従って、出発直前の情報は、変動状況を予測して情報提供をする必要があることは明白である。しかしながら、このような情報に関しては、提供範囲の拡大及び提

供プロバイダやツールの多様化等は進んでいるものの、情報内容は以前から変わっておらず、情報の質の高度化が望まれるところである。また、公団のモニタアンケート調査¹¹⁾では、出発直前の情報が必要と回答した人が全体の90%以上と高いニーズがあることがわかっている。

本研究では、出発直前において首都高速道路を利用するまでの時間差を考慮した渋滞状況と所要時間の予測手法として、蓄積された交通データと当日の交通データとをマッチング処理する手法について適用可能性の基礎的な検討を行った。

2. 予測手法の概要

2-1 手法の考え方

図-1は本手法の考え方を所要時間の変動を例にして示したものである。同図のとおり、本研究では、直前までの交通状態の変動状況が、近い将来の交通状態にも影響することに着目し、過去の蓄積された交通状態と予測する当日の交通状態をマッチングすることで、情報提供時点以降の交通状態を予測する手法を検討した。

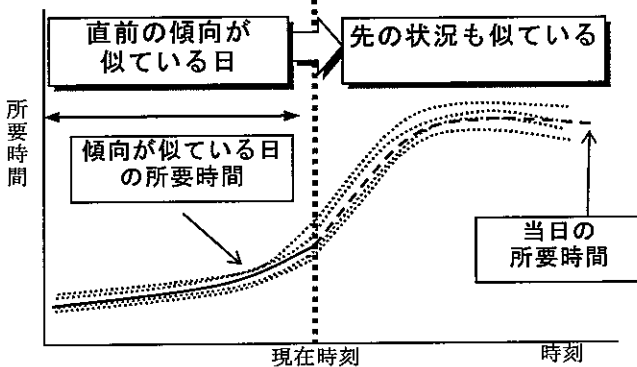


図-1 手法の考え方

2-2 対象箇所と使用データ

予測手法の検討にあたっては、3号渋谷線上り用賀～谷町を対象とした(図-2参照)。使用データは以下のとおりである。

- ・期間：2000/4/1～2002/3/31の2ヶ年
- ・データ：500～1000mの区間毎の5分間データ(交通量、速度、オキュパンシ、区間所要時間)



図-2 対象路線(3号渋谷線上り)

2-3 予測手法

図-3に予測手順を示し概説する。

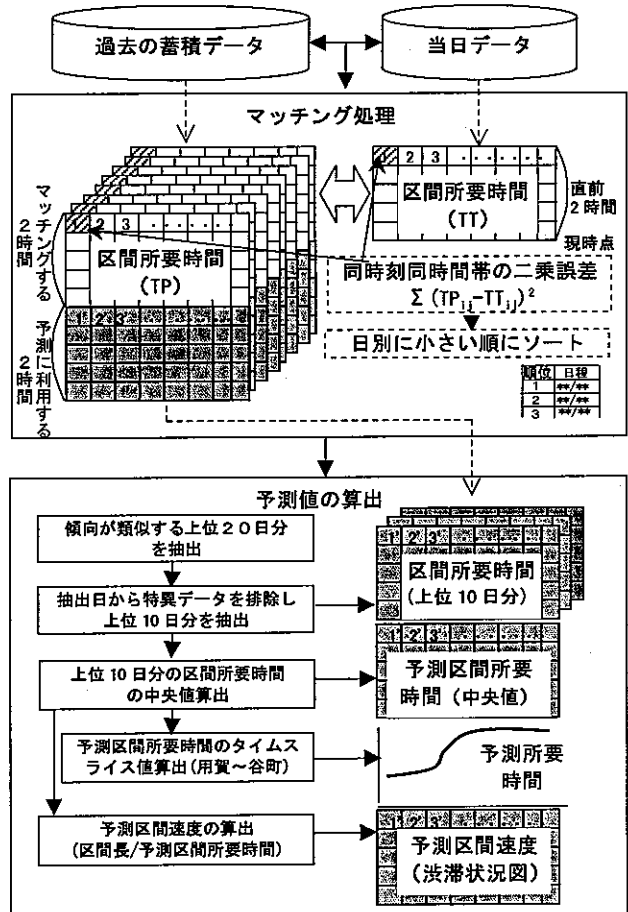


図-3 予測手順

1) マッチングに利用するデータ

過去の蓄積データと当日データのマッチングに利用するデータとして、用賀～谷町間の路線単位の所要時間及び区間単位の所要時間・オキュパンシ・速度について比較検討した。その結果、提供内容として渋滞状況図と所要時間の両方を想定していることから、区間データを用いたマッチングが適しており、オキュパンシは粗密波や大型車の混入状況等の細かな変動を捉え過ぎること、速度よりも所要時間の方が距離の概念が入っているので適正なマッチングが可能なことから、区間所要時間を採用した。

2) マッチング処理

マッチング手法は、過去の蓄積データと当日データの同区間・同時刻における区間所要時間の累計二乗誤差を日毎に算出し、これが小さい日を傾向が類似している日として抽出した。

マッチングの空間的な範囲は、3号渋谷線上りが都心環状線からの先詰まりの影響を受けること

から、この影響も考慮し、用賀～谷町（17 区間）に加えて、隣接する都心環状線「+1JCT」と「+2JCT」の範囲について比較検討した。その結果、「+2JCT」の範囲まで含めると都心環状線の変動状況に影響を受け過ぎてしまい、予測対象である 3 号渋谷線の変動状況が類似していない日も抽出することから、都心環状線については「+1JCT」とし、内回りは一ノ橋 JCT（2 区間）、外回りは三宅坂 JCT（2 区間）の範囲を採用した。（図-4）

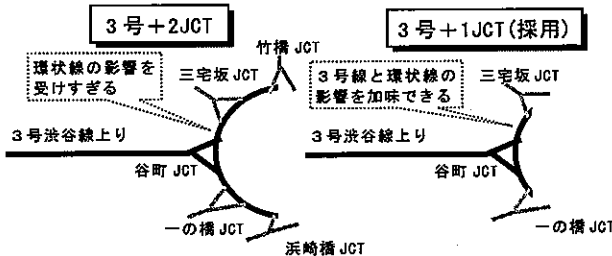


図-4 マッチングの空間的範囲

また、マッチングの時間的な範囲としては、直前の 30 分、1 時間、2 時間、3 時間について比較検討した。その結果、30 分では直前のみのためその後の変動傾向を捉えきれず、3 時間では予測時点以降の交通状態の変化に関係ない変動状況を捉えるといった傾向があり、抽出された日のバラツキが大きかった。1 時間と 2 時間の抽出結果に大差はなかったが、交通状態の変化する周期が概ね 2 時間程度であったことから、2 時間を採用した（図-5）。ただし、この時間的な範囲は、予測結果のばらつき状況などを再検証することが必要と考えられる。

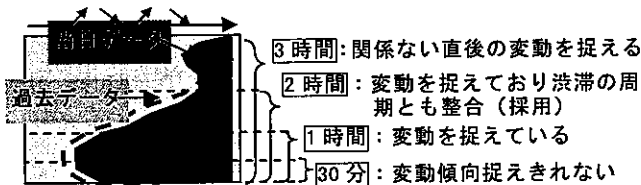


図-5 マッチングの時間的範囲

3) 予測値の算出方法

2)の結果から、傾向が類似する上位 20 日分の区間所要時間を抽出した。

まず、この中から提供に利用する 2 時間（後述）の速度階層別の出現頻度を点数化して集計し、その中央値に対して大きく乖離する日を特異データとして除いた。

次に除いた後の上位 10 日分に関して、区間時間毎に 5 分間所要時間の中央値を予測区間所要時間として算出し、これを用賀～谷町に関し、時間の経過に合わせてスライドし累加（タイムスライス）

することで、所要時間の予測値を算出した。ここで、最も類似する日を利用せずに上位 10 日分の中央値としたのは、実際に抽出される上位 10 日間の中でもバラツキがあること、特異データが残っている可能性があることから等の理由からである。

また、予測区間所要時間と区間長を用いて、区間速度を算出し、渋滞状況図の予測値とした。

4) 予測値提供時間

モニタアンケート結果¹¹⁾では、約半数が出発直前情報を首都高速道路利用の 1 時間前に必要と回答している。また、首都高速道路の起終点調査結果¹²⁾では、アプローチ（ON, OFF ランプとゾーン重心間の距離）の平均走行距離が 21km となっている。この半分が入口までの距離とし、一般道を平均 20km/h で走行したとすると約 30 分となる。この結果を踏まえると 1 時間先まで提供することが考えられるが、お客様が出発時刻等の変更を行えるようにすること、2 時間程度であれば予測精度が保てることを考慮して、予測値の提供時間は 2 時間を採用した。

3. 予測手法の検証

3-1 検証方法

検証は、3 号渋谷線上り用賀～谷町間（図-2）、4 号新宿線上り高井戸～三宅坂間（図-6）の 2 路線を対象として、平日 3 日間を交通量の多めの月、平均的な月、少なめの月から無作為に選び、朝・昼・夕の 3 時間帯について行った。これらの対象日に関しては、3 号渋谷線上りは特に事故等の影響を受けていなかったが、4 号新宿線は 10/16 と 7/24 に事故の影響を受けていたため、これを含む時間帯を避けて検証した。

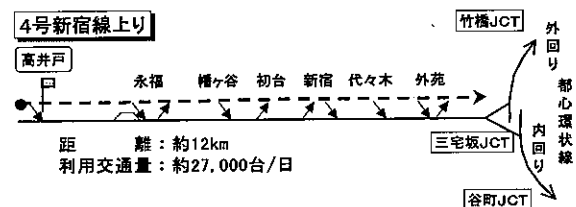


図-6 検証対象路線（4号新宿線上り）

検証結果の定量的評価は所要時間を用い、モニタアンケート結果¹¹⁾において誤差±10 分以内の精度を求める利用者が 4 割以上と最も多かったことからこれを基準値とし、誤差±5 分以内、及び所要時間 30 分に対する誤差±10 分であることから誤差±33%を参考値として示した。

表-1 検証対象日・時間帯

| 路線 | 対象日 | 時間帯 | | | 事故等 |
|-----------------|---------------|------|-------|-------|----------------|
| | | 朝 | 昼 | 夕 | |
| 3号 渋谷線 上り | 2001/7/24(火) | 8:00 | 12:00 | 16:00 | |
| | 2001/10/16(火) | 8:00 | 12:00 | 16:00 | |
| | 2002/2/12(火) | 8:00 | 12:00 | 16:00 | |
| 4号 新宿線 上り | 2001/7/24(火) | 8:00 | 12:00 | 18:00 | 14:00頃発生 |
| | 2001/10/16(火) | 8:00 | 10:00 | 18:00 | 12:00,14:00頃発生 |
| | 2002/2/12(火) | 8:00 | 12:00 | 16:00 | |

3-2 検証結果

図-7及び図-8は検証ケースのうち、3号渋谷線の10/16(火)と4号新宿線の7/24(火)における渋滞状況図と所要時間変動図の予測結果を実測値と比較したものである。同図から、図-8の8:00を除き、渋滞の延伸状況及び所要時間の増加傾向について実測値と予測値がほぼ整合していると言える。4号新宿線の8:00の精度が良くないのは、それまでの状況は正確にマッチングできているにもかかわらず、8:30から都心環状線からの先詰まりにより急激に渋滞が延伸しているためであり、このような先詰まりは交通量の多い日に稀に起こる現象のため、抽出できていないものと考えられる。よって、以降ではこの結果を除いて考察する。

表-2は全ケースの渋滞状況と所要時間の精度を示したものである。同表を見ると、所要時間は±10分以内に約90%、±33%以内に約85%となっており実測値とほぼ整合していることがわかる。

時間帯別に見ると、各時間帯それほど大きな差はなく、所要時間±10分以内及び±33%以内でみると概ね80%以上となっておりいずれも良好である。特に3号渋谷線の朝ピーク時の精度が所要時間±5分以内で93%、4号新宿線は昼間の精度が±5分以内で86%と良くなっている。朝ピーク時の精度が良いのは、平日の朝は出発時間が固定されている人が多いためと考えられる。また、4号新宿線の昼間の精度が良いのは、平均所要時間を見ると平均20分程度とそれほど渋滞が激しくないことによるものと考えられる。

日別に見ると、平均所要時間が高い7/24(火)の精度が他と比べて悪くなっている。これは、他の2日間は平均的な交通状態であり、直前の時間帯とよく類似している日が抽出されるのに対し、7/24は交通量が多く、交通状態が類似している日が少ないためであると考えられる。このような状況では上位10日間の中央値を取ることによって平均的な値となり、渋滞が少なめに出ることが考えられる。このことから、3号渋谷線で最も誤差の大き

い7/24昼間を対象として、上位5日間の中央値により予測したところ、所要時間±10分以内が63%から88%に精度が向上した。交通量が多い状況では、このような手法が有効であり、今後は二乗和に閾値を設け、それ以下のものを利用する手法を検討していくことが必要と考えている。

以上の結果より、多少の課題は残されているものの全体的な精度は良く、3号渋谷線上り及び4号新宿線の上りでの適用性は確認できたと言える。

表-2 所要時間の精度

◆3号渋谷線上り

| 項目 | 日程 | 朝 | 昼 | 夕 | 平均 |
|-------------------|---------------|------|------|------|------|
| ±10分以内 | 2001/7/24(火) | 88% | 63% | 75% | 75% |
| | 2001/10/16(火) | 100% | 88% | 100% | 96% |
| | 2002/2/12(火) | 100% | 100% | 100% | 100% |
| | 平均 | 96% | 83% | 92% | 90% |
| (参考) ±5分以内 | 2001/7/24(火) | 79% | 29% | 25% | 44% |
| | 2001/10/16(火) | 100% | 54% | 100% | 85% |
| | 2002/2/12(火) | 100% | 33% | 83% | 72% |
| | 平均 | 93% | 39% | 69% | 67% |
| (参考) ±33% | 2001/7/24(火) | 88% | 100% | 92% | 93% |
| | 2001/10/16(火) | 100% | 58% | 100% | 86% |
| | 2002/2/12(火) | 100% | 50% | 100% | 83% |
| | 平均 | 96% | 69% | 97% | 88% |
| (参考) 平均所要時間(分) | 2001/7/24(火) | 30.2 | 37.4 | 43.3 | 37.0 |
| | 2001/10/16(火) | 20.6 | 15.7 | 18.1 | 18.2 |
| | 2002/2/12(火) | 17.5 | 21.6 | 34.6 | 24.6 |

◆4号新宿線上り

| 項目 | 日程 | 朝 | 昼 | 夕 | 平均 |
|-------------------|---------------|-------|------|------|------|
| ±10分以内 | 2001/7/24(火) | (13%) | 100% | 67% | 83% |
| | 2001/10/16(火) | 100% | 100% | 75% | 92% |
| | 2002/2/12(火) | 96% | 100% | 100% | 99% |
| | 平均 | 98% | 100% | 81% | 93% |
| (参考) ±5分以内 | 2001/7/24(火) | (13%) | 92% | 33% | 63% |
| | 2001/10/16(火) | 50% | 96% | 38% | 61% |
| | 2002/2/12(火) | 54% | 71% | 79% | 68% |
| | 平均 | 52% | 86% | 50% | 63% |
| (参考) ±33% | 2001/7/24(火) | (21%) | 100% | 96% | 98% |
| | 2001/10/16(火) | 100% | 100% | 71% | 90% |
| | 2002/2/12(火) | 67% | 50% | 88% | 68% |
| | 平均 | 83% | 83% | 85% | 84% |
| (参考) 平均所要時間(分) | 2001/7/24(火) | 46.2 | 20.1 | 41.2 | 35.8 |
| | 2001/10/16(火) | 30.0 | 24.5 | 22.7 | 25.7 |
| | 2002/2/12(火) | 21.9 | 14.3 | 13.4 | 16.5 |

※予測範囲2時間の誤差の頻度の割合が±10分以内 or ±5分以内に入る確率。誤差は、予測値-実測値で算出。
※4号新宿線7/24の朝は平均から除いた。

4. 時間選択等に有効となる提供方法の検討

前節の予測結果を用いた時間選択等に有効となる提供方法を検討した。図-9及び図-10はインターネット等における所要時間と渋滞状況の提供イメージを示したものである。ここで、提供データは更新周期5分の15分間平均値とした。

これらの図に示すとおり、提供時点までの実績値と予測情報を時系列に連続的に示すこととした。

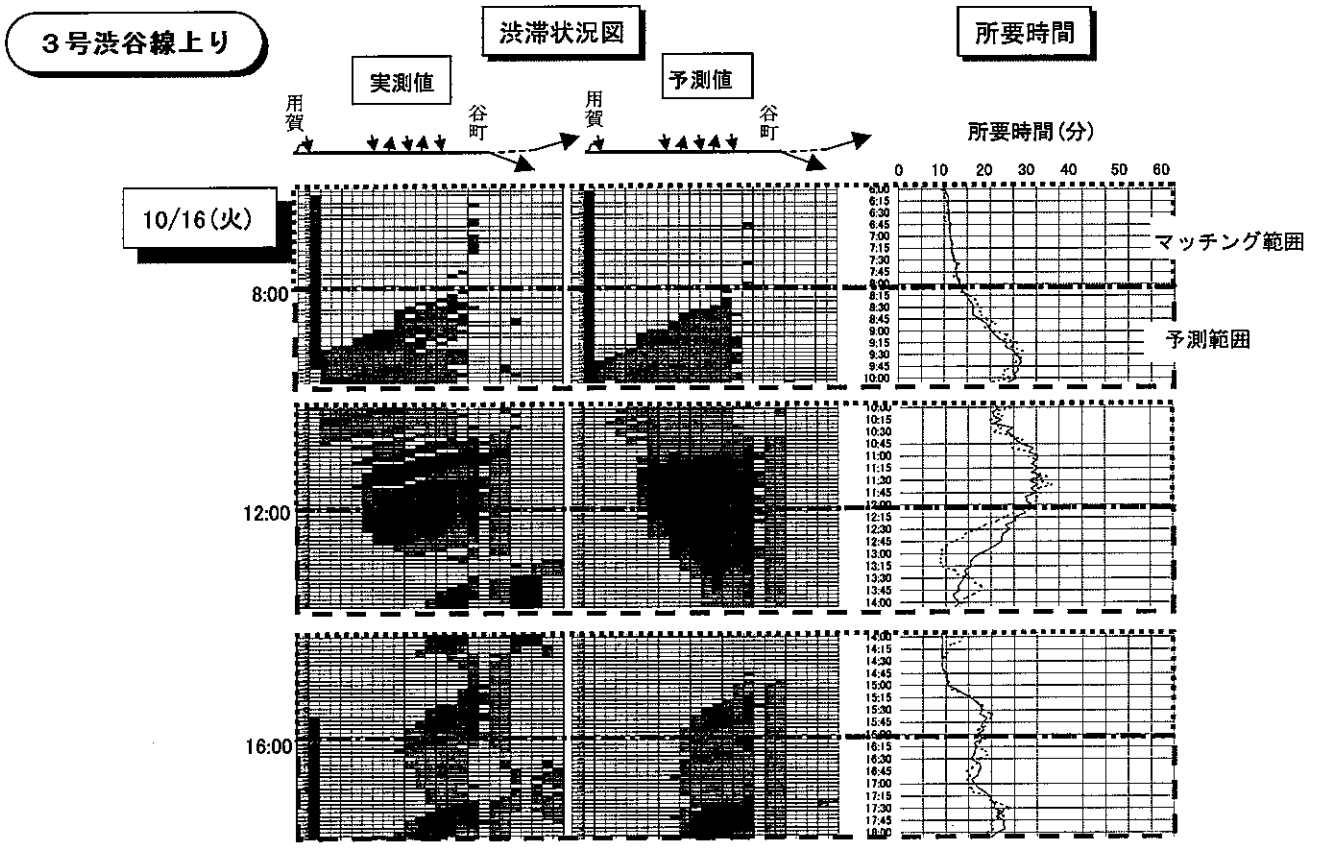


図-7 渋滞状況図及び所要時間変動図の比較 (3号渋谷線 10/16(火) 交通量が平均的な日)

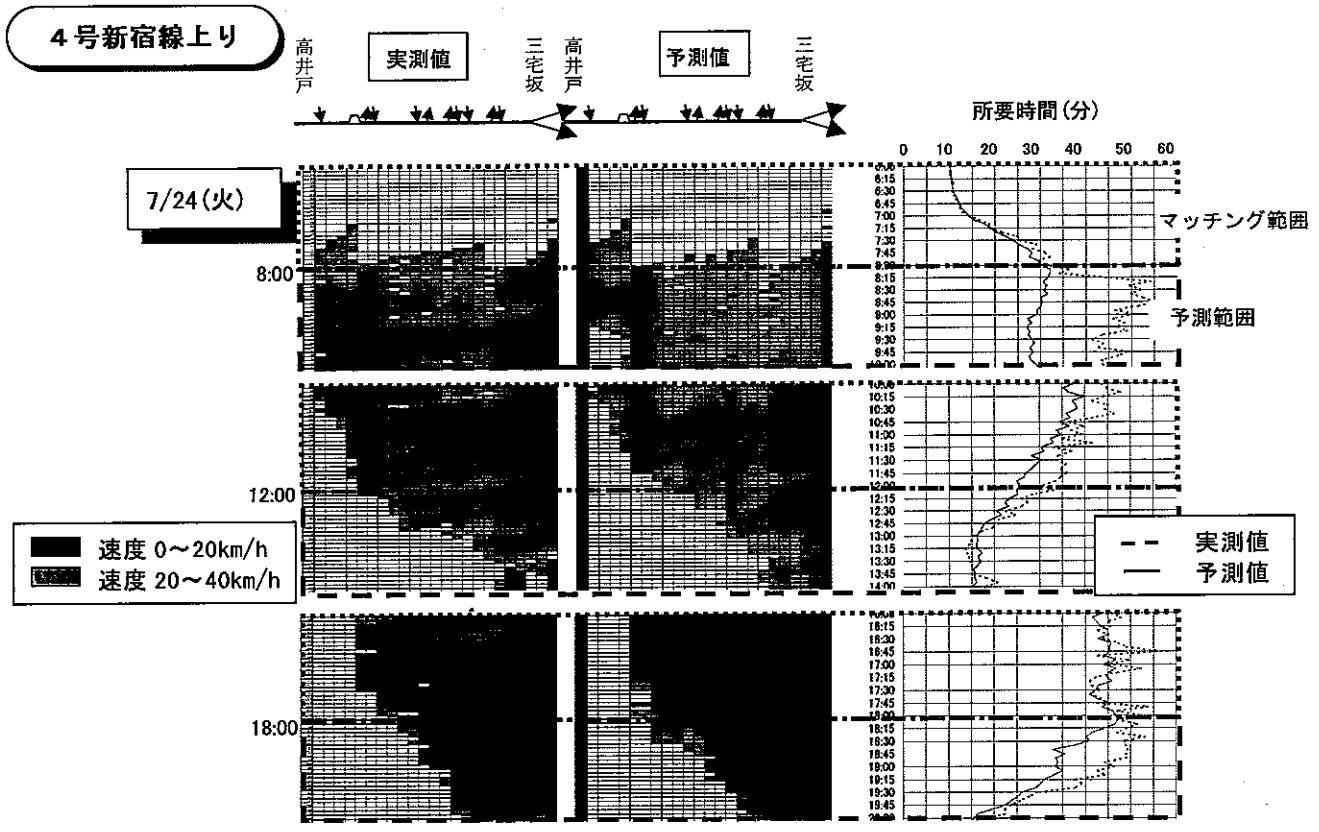


図-8 渋滞状況図及び所要時間変動図の比較 (4号新宿線 7/24(火) 交通量が多い日)

これにより、利用頻度が少ないお客様でも空いている時刻がわかり、出発時刻を選択できるようになる。また、所要時間情報は過去の統計データから得られる平均的な範囲（40～60%タイム値）も同時に提供することで、当日の所要時間が長めの日なのか等を把握できるようになり、利用頻度の高いお客様に便利な情報となる。

また、図-11は情報板での活用イメージを示したものである。同図のとおり、本手法からわかる増減傾向の予測値を活用し、情報板で提供している現在情報に加えて、増減傾向情報を付加することも可能となる。これにより、お客様の最適な経路選択を支援できると言える。

本手法により得られる情報を提供・活用することで、お客様は出発直前、走行中において、出発時刻や経路等を適切に選択でき、これが道路ネットワークの有効活用につながると思われる。

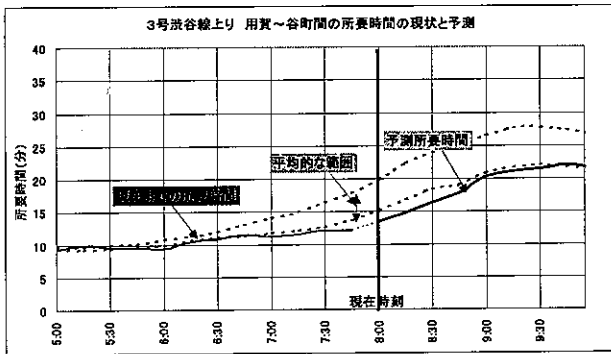


図-9 提供イメージ（所要時間）

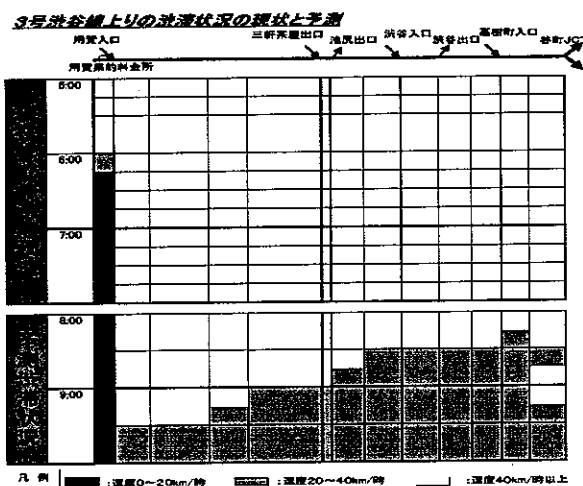


図-10 提供イメージ（渋滞状況）

◇所要時間板→増加傾向

◇文字時間板→減少傾向

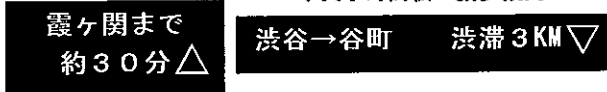


図-11 情報板での活用イメージ

5. おわりに

出発直前における渋滞情報と所要時間情報の提供をターゲットとして、蓄積されたデータと当日のデータをマッチングさせる予測手法を提案した。3号渋谷線及び4号新宿線の上りの検証の結果、渋滞状況・所要時間に関して精度が良く、提供レベルまで達していることを確認した。また、この予測結果を用いた時間選択等に有効となる提供方法を提案した。

今後は、先詰まりや交通量が多い日等における精度向上及び実用化に向けて、対象日や対象路線等の適用範囲の拡大、偶然の一致による抽出を避けるための曜日特性等を加味した蓄積データのパターン分け、時間帯や場所毎に重み付け、先詰まりの状況を事前に察知する手法、上流や平行する道路の交通状況の考慮等について取り組む予定である。また、提供時の運用面の課題として、特異日への対応、事故時等の交通状態が著しく異なる場合への対応、提供媒体や情報内容について検討することが必要であると考えている。

本研究に際して、東京大学生産技術研究所での所要時間予測に関する検討会における議論、特にEdward 客員教授、大学院生 Shamas 氏との議論は非常に参考となった。ここに記し感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 首都高速道路公団 HP : <http://www.mex.go.jp>
- 2) 日本道路公団 HP : <http://www.jhnet.go.jp>
- 3) Tomoaki Okada, Norihiro Izumi : PROVIDING INFORMATION OF PREDICTED TRAVEL TIME FOR USE OF TRAVEL PLANNING STAGE, Proceedings of 7th World Congress on Intelligent Transport Systems, Torino, 2000
- 4) 日本道路交通情報センターHP : <http://www.jartic.or.jp>
- 5) Hiroshi Warita, Tomoaki Okada, Atsushi Tanaka : EVALUATION OF OPERATION FOR TRAVEL TIME INFORMATION ON THE METROPOLITAN EXPRESSWAY, Proceedings of 8th World Congress on Intelligent Transport Systems, Sydney, 2001
- 6) 吉井稔雄, 桑原雅夫, 森田紳之 : 都市内高速道路における過飽和ネットワークシミュレーションモデルの開発, 交通工学第30巻1号, pp.33~41, 1995
- 7) 上野秀樹, 大場義和, 桑原雅夫 : 料金所データを用いた所要時間予測方法の比較, 第1回 ITS シンポジウム 2002 Proceedings, pp.515-520, 2002
- 8) Shamas ul Islam Bajwa, Edward Chung, Masao Kuwahara : Travel Time Prediction on expressways using traffic detectors, 土木学会講演集 Vol.26 CD-ROM, 2002
- 9) 割田博, 岡田知朗, 田中淳 : 所要時間情報の精度向上に関する研究, 第21回交通工学研究発表会論文報告集, pp.301-304, 2001
- 10) 齋藤純一, 割田博, 田中淳 : 事故・工事時における所要時間予測手法に関する研究, 第22回交通工学研究発表会論文報告集, pp.173-176, 2002
- 11) 割田博, 田沢誠也, 田中淳 : 所要時間提供に関する利用者評価調査, 第25回道路会議, 2003 (投稿中)
- 12) 首都高速道路公団 : 第24回首都高速道路交通起終点調査報告書, 1998