

VICS 蓄積データを用いた旅行時間短期予測手法に関する研究*

Short Term Travel Time Prediction Using Historical VICS Data*

舟橋 賢二** ,西村 茂樹*** ,堀口 良太**** ,
赤羽 弘和***** ,桑原 雅夫***** ,小根山 裕之*****

by Kenji FUNABASHI, Shigeki NISHIMURA, Ryota HORIGUCHI,
Hirokazu AKAHANE, Masao KUWAHARA, and Hiroyuki ONEYAMA

1. はじめに

今日一般に提供されている旅行時間情報は現在の交通状況を基に算出されており、渋滞状況が変化する時間帯では、運転者が事前に受け取った情報と、将来において実際に体験する旅行時間が異なるという問題を抱えている。より信頼性の高いサービス実現のためには、将来の交通状況を予測する技術の確立が必要となる。予測に際しては、過去の交通状況を蓄積しておき、現在の交通状況と類似した過去の状況を将来値として代用する手法が考えられる。これまでにさまざまな情報源について、蓄積情報を利用した予測の研究が報告されている¹⁾²⁾。

本研究では、道路交通管理者が収集する感知器情報から現在の旅行時間を推計している VICS 情報を利用した短期予測手法について報告する。本手法は、類似性を判定する空間的な範囲をボトルネック渋滞の影響範囲に限定し、さらに時間的な範囲を現在の日時の特性から限定することを特徴としている。以下に本手法の考え方と実データを用いた予測結果の検証実験について述べる。

2. 本研究における旅行時間予測手法

(1) 予測手法の概要

本研究の予測手法は、過去の蓄積データから旅行時間の変動パターンが類似している日を選び、その日のデータを予測値として利用する。その際、類似性の判定をどのリンクについて行うかで、予測結果が変わってくる。例えば予測対象リンクのみの旅行時間データで類似性を判定する場合、対象リンクが一旦渋滞してしまうと交通状況は変化しないので、そのリンクの情報だけではいつ渋滞が解消されるのか予測できない。

そこで、本研究では 1 つのボトルネックに起因する渋滞現象の影響を受けるリンクを抽出してグループ化し、予測対象リンクの情報だけでなく関連するグループ内の他リンクの情報もあわせて類似性を判定することを試みた。渋滞現象を大まかに捉えることにより、他リンクの渋滞状況の変化と関連づけて、対象リンクの交通状況の変化を予測することができるため、リンクをまたがる渋滞の延伸や解消の予測が可能となると期待される。

また、類似度を判定する対象時間帯についても検討が必要である。偶発的なものを除けば、渋滞は日常的に繰り返して発生しており、直感的には過去の同時刻前後を比較することが有効であると考えられる。本研究では、対象時間帯の幅が予測結果へ与える影響を検証実験で評価している。

(2) 蓄積旅行時間の平滑化

VICS 旅行時間情報は 5 分ごとに更新されるリンク旅行時間の時系列情報であるが、観測手法の影響や交通状態の特性により、短期的な変動が顕著なデータとなっている。類似性は渋滞現象の変化を適切に捉えるべきであり、このような短期変動は取り除かれる必要がある。ここでは、蓄積するリンク旅行時間情報に対して、平滑化、鮮明化などの処理を施している。

(3) ボトルネックリンクの抽出

次に十分長い期間で蓄積された旅行時間情報から、ボトルネックリンクを抽出する。抽出に際しては、リンクごとに渋滞を便宜的に検出するための閾値を設定する。閾値は、リンクごとに早朝(0時から6時)と深夜(22時以降)の旅行時間平均値を最小値とし、旅行時間の最大値との間に設定する。ここでは一次元分割探索とのアナロジーから、表 - 1 に示す 3 通りに設定した。

表 - 1 閾値の設定方法

	閾値名称	計算方法
	黄金比(上)	(最小値 + 最大値) × (黄金比)
	中央値	(最小値 + 最大値) × 0.5
	黄金比(下)	(最小値 + 最大値) × (1 - 黄金比)

* キーワード 旅行時間, 予測, VICS

** ナレッジ・アンド・テクノロジー(株)

*** 住友電気工業(株)

**** 正員, 工博, (株)アイ・トランスポート・ラボ, 〒162-0824 東京都新宿区揚場町 2-12-404, TEL 03-5261-3077, E-mail horiguchi@i-transportlab.jp

***** 正員, 工博, 千葉工業大学工学部

***** 正員, 工博, 東京大学国際・産学共同研究センター

***** 正員, 工博, 国土技術政策総合研究所

図 - 1 は東京都・新青梅街道上り・西東京市内区間を構成するリンクの、ある一日の旅行時間変動および上述の閾値を用いて2値に符号化(渋滞がON)したものである。符号化された渋滞変動に細かい「割れ」が生じないように、図形融合処理により、近接する渋滞時間帯を1つにまとめてある。

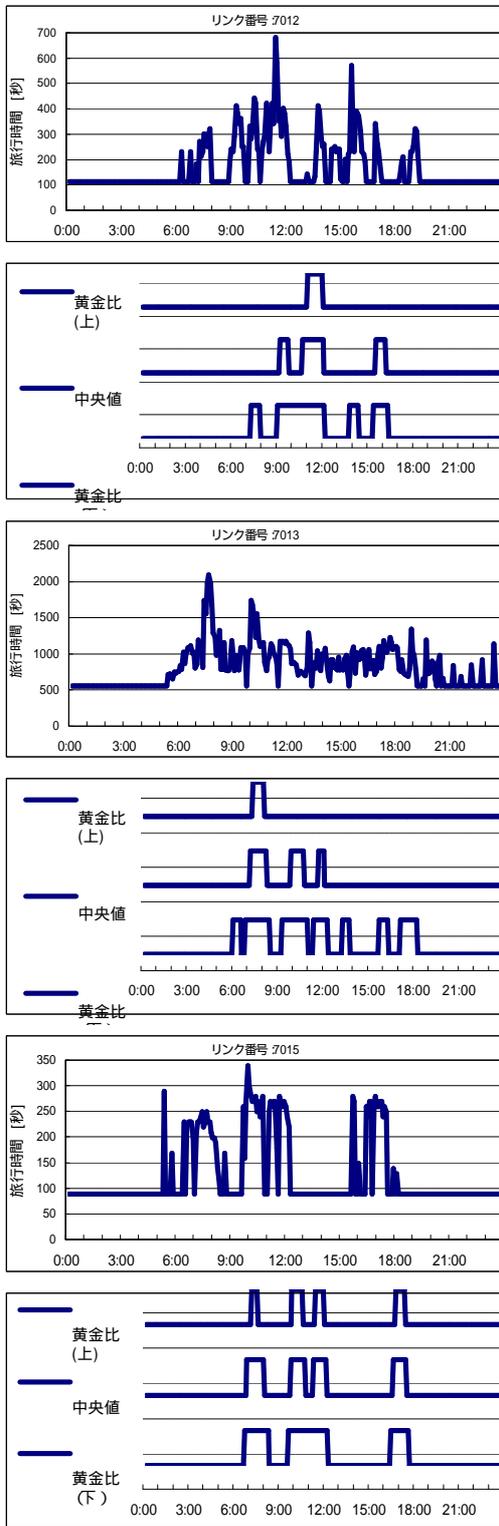


図 - 1 リンク旅行時間とその2値化情報

ここで、符号化された渋滞状況からボトルネックリンクを抽出する。ここでは、対象リンクとその下流に隣接するリンクのペアについて、5分間ごとに符号化された渋滞状況を調べ、表 - 2 に示す場合分けでポイントを加算していく。

表 - 2 ボトルネック指数の加算ポイント

対象リンク	下流リンク	加算ポイント
渋滞	渋滞	- 1
渋滞	非渋滞	1
非渋滞	渋滞	0
非渋滞	非渋滞	0

リンクごとに加算された合計ポイント数を「ボトルネック指数」と呼ぶ。この値が大きいと渋滞時に下流側が非渋滞である傾向が強いので、ボトルネックである可能性が高い。また負側に小さい方が、下流からの渋滞が影響する度合いが高いといえる。

そこで、どの閾値を使ってボトルネック指数の計算を行うべきかを図 - 1 の例を使って考察する。表 - 3 は各リンクのボトルネック指数を3種類の閾値で求めた結果である。「上」×「下」は、対象リンクは「黄金比(上)」を、下流リンクは「黄金比(下)」を使ったものである。

表 - 3 各リンクのボトルネック指数

	7012	7013	7014	7015	7016
黄金比(上)	12	9	0	29	
中央値	20	29	0	48	
黄金比(下)	-28	87	0	67	
(上)×(下)	-7	9	0	29	

例えば図 - 1 のリンク7015では、9:30~12:00において旅行時間が大きくなっている。符号化された渋滞判定状況を見ると、黄金比(上)は渋滞が最も激しいピークを捉えているのに対し、黄金比(下)は穏やかな渋滞まで捉えていることが分かる。また、7:00~8:00の時間帯における旅行時間に着目すると、リンク7015が渋滞してから、順々に7013、7012と上流へ渋滞が伝播していることが読みとれる。同時間帯の符号化された渋滞状況を見ると、リンク7015の黄金比(上)が渋滞を捉えているとき、上流のリンク7012では黄金比(上)は渋滞を捉えていないが、黄金比(下)は捉えている。

以上の考察より、ボトルネック指数の計算においては、下流側は渋滞のピークを検出する「黄金比(上)」の閾値を、また上流側はより緩やかな「黄金比(下)」の閾値を用いることが適切であると示唆される。図 - 2 は例示した区間のリンク列を上流から順に左から右方向に並べ、各時

刻における旅行時間を速度に変換して、5km/hごとに色分けして示したものである。濃い色の方がより低速であることを示している。

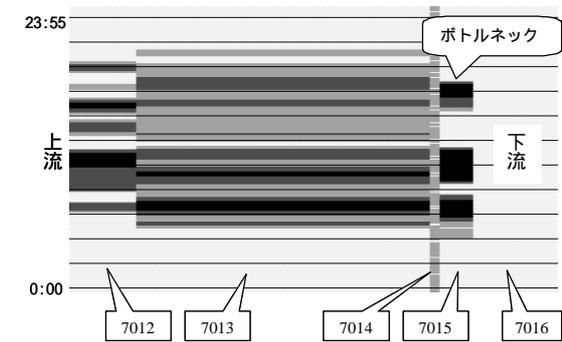


図 - 2 例示したリンク列の渋滞変動(濃い色が低速)

図 - 2 から、当該区間ではリンク 7015 がボトルネックであることが視認できる。再び表 - 3 の内容を見ると、「(上) × (下)」の組み合わせが、ボトルネックリンクの指数が上流側へいくにつれ減少する度合いが顕著であり、上述の示唆を指示していることがわかる。本研究ではボトルネックリンクの抽出には、この閾値の組み合わせを採用し、ボトルネック指数が正で、かつ下流リンクのボトルネック指数がこれより小さい」という条件を適用した。

(4) ボトルネック影響範囲のグループ化

次にボトルネックに起因する渋滞の影響範囲を決定する。ここでは上述の条件で抽出されたボトルネックリンクから上流にさかのぼり、ボトルネック指数が減少し続ける範囲のリンクをグループ化した(リンク 7014 は異常値として除外)。グループ化は路線を直進する方向にだけでなく、右左折方向にもさかのぼり、トー状にグループ化を行っている。本研究での旅行時間の予測に際しては、評価対象期間全体のデータを用いてボトルネック指数を求め、グループ化を行った。

(5) 旅行時間の予測

旅行時間の予測は、当該リンクおよびグループ化で関連づけられた他リンクの現在の旅行時間変動状況ともっとも類似したパターンを過去の日時から検索し、得られた時刻以降の旅行時間変動を予測値として用いることとした(図 - 3)。ここではパターンの類似度に旅行時間変動の二乗誤差の逆数を用いる。グループからどのように検索対象のリンクを選ぶかは、次章の計算機実験で考察する。

旅行時間情報は 5 分ごとに更新されているため、検索も 5 分ごとに行っている。従って、予測に用いられる過去の日時は 5 分ごとに異なる場合もあり得る。類似度の評価には、現在から直前のデータを用いている。また、類似パタ

ーンの検索は、効率を向上させる意味で、過去の日付における「現在時刻を含む時間帯」に限定している。どのくらい直前のデータを検索対象とするか、およびどのくらいの幅の時間帯に限定するかについても、次章の計算機実験で考察する。

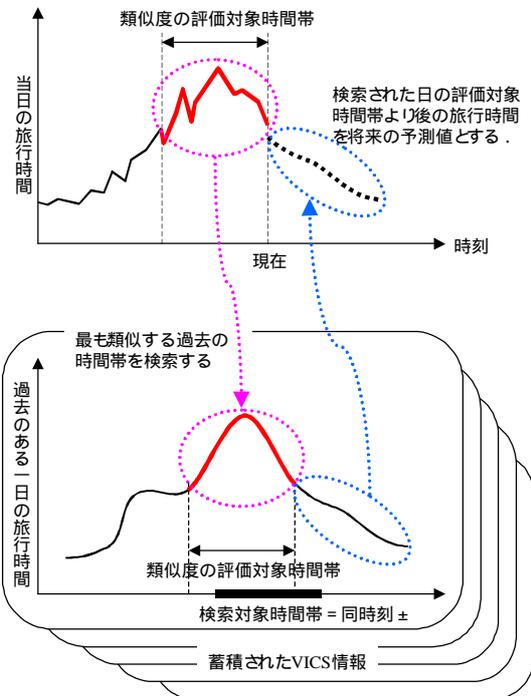


図 - 3 過去の類似データの検索概念図

3. 計算機実験による予測手法の評価

(1) 使用データ

評価に用いる VICS データは、1996 年 9 月 15 日 ~ 10 月 15 日と 11 月 23 日 ~ 12 月 23 日の平日 39 日に収集されたものである。予測対象区間は、図 - 1 と同じ新青梅街道上り区間である。なお、予測対象日にはこの中から一日を選び、検索対象日から除外している。

(2) 予測結果 ~ 検索対象リンクの設定

まず、渋滞範囲のグループ化がどの程度機能しているかを評価する。表 - 4 は区間中のリンク 7012 について、対象リンクのみで旅行時間を予測した場合と、ボトルネック渋滞グループに含まれるリンクのうち、下流のボトルネックリンクのみ、対象リンクと下流のボトルネックリンク、およびすべてのリンクを、それぞれ検索対象として予測した場合を比較したものである。検索には直前 2 時間のデータを用い、対象時間帯については現在時刻を含む前後 1 時間帯から最も類似したパターンを選んだ。表中の数値は 6:00 ~ 20:00 における予測先時刻での予測値と実績値の RMS 誤差(単位は[秒])である。

表 - 4 旅行時間の予測誤差 (リンク 7012)

予測パタン	5分先	15分先	30分先	60分先
対象リンクのみ	27.4	35.0	38.9	40.0
下流ボのみ	45.4	45.7	46.1	47.0
対象リンク+下流B	27.0	31.8	35.3	40.0
対象リンク~下流B	34.3	34.5	39.2	42.9

下流B:下流ボトレネックリンク

表 - 4 の結果では、対象リンクと下流のボトレネックリンクを検索対象とする方式が、最も小さい誤差を示している。図 - 4は の予測旅行時間を実績値(平滑化処理済)を比較したものである。グループ内のすべてのリンクを対象とした の誤差が より大きくなったのは、検索対象が大きくなることで状態数が増えてしまい、過去の変動の特徴を捉えるための自由度が失われたと解釈できる。

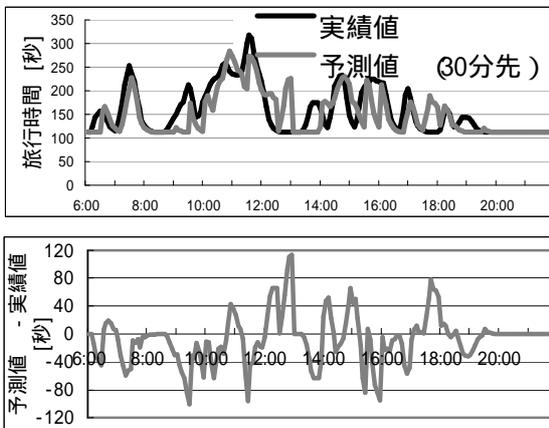


図 - 4 予測値 と実績値の比較 (リンク 7012)

(3) 予測結果 ~ 検索対象時間帯幅の設定

さらに の方法に加え、検索対象時間帯幅を限定することの効果を評価した。表 - 5は過去の日付における 同時刻のみ、同時刻 ± 30分、および 同時刻 ± 1時間の3通りに対象時間を限定した場合の、予測値の誤差である。この場合は明確な傾向が見られないため、有効な範囲を結論づけるのは難しいが、一般には前後にある程度の余裕をもつてやるほうが、検索の自由度が高まるので、有利な結果が得られると考えられる。時間帯の限定幅は、前述の検索効率と予測の精度とのトレードオフを考慮して、地域ごとに調整するパラメータであるといえよう。

表 - 5 旅行時間の予測誤差 (リンク 7012)

限定範囲	5分先	15分先	30分先	60分先
同時刻のみ	30.5	32.9	33.3	36.2
前後 30分	28.8	32.9	36.0	38.4
前後 1時間	27.0	31.8	35.3	40.0

同様に、直前のどのくらいの時間について、類似パターンを検索すべきかについても実験を行った。表 - 6および表 - 7は、それぞれ および の方式に対して、()直前30分、()直前1時間、および ()直前2時間を対象として予測した場合の誤差である。相対的に直前30分を対象とした結果がよくなっているが、これも地域ごとに調整すべきパラメータと考えられる。なお、表中に斜字体で示されている数値は、これまでの方式のうち、各予測先時間において誤差が最小となったものである。

表 - 6 の方式での予測誤差 (リンク 7012)

対象時間	5分先	15分先	30分先	60分先
直前30分	22.1	27.6	34.3	34.4
直前1時間	27.0	34.3	33.7	33.6
直前2時間	30.5	32.9	33.3	36.2

表 - 7 の方式での予測誤差 (リンク 7012)

比較する時間	5分先	15分先	30分先	60分先
直前30分	18.6	31.4	45.9	49.5
直前1時間	24.7	30.5	32.0	40.3
直前2時間	27.0	31.8	35.3	40.0

4. まとめ

以上において、蓄積された VICS リンク旅行時間データから、現在の状況と類似した過去のデータを検索し、予測値として用いる手法を提案し、実データを用いてその性能を検証した。提案する手法は次の特徴を有している。

- ボトレネックに起因する渋滞の影響範囲を同定し、その範囲内で類似データを検索すること、
- 予測対象リンクだけでなく、下流のボトレネックリンクも含めて、類似パターンを検索すること、
- 直前一定時間のデータを検索対象とし、その幅は地域ごとに調整するパラメータとすること、および
- 過去の日における現在時刻を含む時間帯に検索を限定して精度確保と効率向上のバランスをとり、その幅は地域ごとに調整するパラメータとする、

今後、本研究での手法を実用的にするためには、ボトレネックリンク抽出手法や検索対象範囲の限定をより現実的な状況に対処できるよう、改良することが必要である。

参考文献

- 1) 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 シンポジウム論文集, pp.515-520, 2002
- 2) S.Bajwa, E.Chan and M.Kuwahara: Travel Time Prediction on expressways using traffic detectors, Proceedings of Infrastructure Planning, Vol.26, 2002