

車線変更を考慮した車両マッチング手法に基づく旅行時間計測

Travel time measurement based on vehicle reidentification considering lane-changing

小川 喬之*

Takayuki OGAWA

*交通マネジメント工学講座 交通情報工学分野

1. はじめに

旅行時間情報は交通情報のなかで最も重要な情報のひとつであり、昔から種々の計測手法が検討されてきた。しかし、交通状況の急変に対応できない、設置場所や対象車両に制限があるなど、正確性や汎用性の観点から問題があるといえる。そこで、本研究では、一般的な車両感知器から得られるデータを用いて、2 地点間で車両をマッチングすることにより、旅行時間を計測する。

車両マッチングに関する研究として、Coifman¹⁾は 500m 間隔に設置された車両感知器から得られる車長データを用いて車両をマッチングし、旅行時間を計測する手法を検討しているが、日本の都市間高速道路では車両感知器の設置間隔が 2km ほどと長く、その間での車線変更を無視できなくなるため、適用は困難であると考えられる。以上を踏まえて、本研究では車線変更を考慮した車両マッチングアルゴリズムを構築し、旅行時間計測手法を提案することを目的とする。

2. 車両マッチングアルゴリズムの構築

本研究では、2 つのパターンを対応づける DP マッチングを応用したマッチングアルゴリズムを構築する。

DP マッチングとは、動的計画法を採用したアルゴリズムであり、2 つの 1 次元パターン、 $\mathbf{X} = x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_I$ 、 $\mathbf{Y} = y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_J$ における、 \mathbf{X} の第 i 要素 x_i と、 \mathbf{Y} の第 j 要素 y_j との対応付け $j = u_i (i = 1, \dots, I)$ を最適化する問題である。この要素間の対応付けコストを

$$d_i(u_i) = \|x_i - y_{u_i}\| \quad (1)$$

とすると、最適化問題は次のように定式化される。

$$\min F = \sum_{i=1}^I d_i(u_i) \quad (2)$$

本研究では、既存研究²⁾と同様にコスト $d_i(u_i)$ として、上流と下流の車両の車長差を適用し、このコストが最小となる経路を求めることにより、両地点を通過した車両が対応づけられる。図 1 は DP マッチングで求められる経路の例を示したものである。

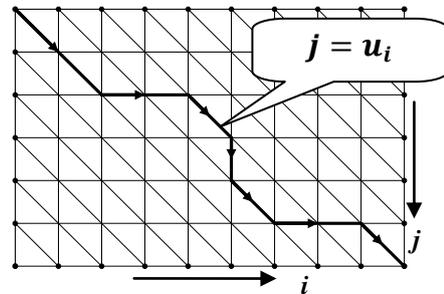


図 1 DP マッチング

本研究では車線変更を考慮したマッチングアルゴリズムを構築する。図 2 は図 1 の一部を抜き出してきたものである。まず、①の経路は上流の車両 B と下流の車両 C がマッチングすることを示す。この場合車両 B と D、C と E がマッチングされる。次に②の経路は、車両 B が車線変更し、下流で観測されないケースを示す。この場合、車両 C と車両 D がマッチングし、車両 B に対応する車両がないために、②の経路を選択する。逆に③の経路は車両 D が車線変更で車両 B の前方へ流入してきたケースを示す。この場合は車両 B と E がマッチングするために③の経路を選択する。なお、本研究のデータでは、下流の車両が車線変更したか否かを特定することは困難であるため、本研究では車両 D が車線変更することを、車両 B の前方へ車間流入すると言い換え、上流の車両に関する車線変更・車間流入を特定する。

本研究では、車長差のコストに加えて、車線変更車両に対して②の経路を選択しやすくする車線変更コスト *OUT*、車間流入車両に対して③の経路を選択しやすくする車間流入コスト *IN*、全車両に対して②、③の経路を選択しやすくする車線維持コスト *KEEP* を導入することで車線変更を考慮する。

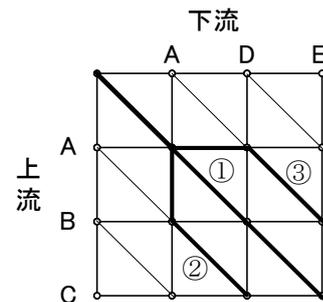


図 2 DP マッチングにおける車線変更

3. データ概要

本研究では、名神高速道路下り線高槻バス停付近の2つの車両感知器から取得される、交通流パルスデータを用いる。なお、マッチング教師データ、車線変更データを作成するため、2011年5月24日にビデオ撮影を行い、車両軌跡を抽出した。以下では、ビデオ撮影を行った時間帯のうち、車線変更が自由に起こる1時間分のデータを対象として分析を行う。

4. 車線変更モデルの構築

各車両の車線変更および車間流入を推定するモデルとして、本研究ではロジットモデルを適用する。ただし、第1走行車線、追越車線については、車線変更、車線維持の2項選択モデル、第2走行車線については、第1走行車線への車線変更、追越車線への車線変更、車線維持の3項選択モデルとする。

その結果、車線変更確率および車間流入確率が60%以上と推定された車両の7割以上が車線変更・車間流入していることが確認された。そこで本研究では、車線変更確率・車間流入確率が60%以上となる車両を車線変更車両および車間流入車両、それ以外を車線維持車両として車両マッチングを行う。

5. 車両マッチングアルゴリズムの検証

2.で説明した車両マッチングアルゴリズムを実データに適用し、アルゴリズムの精度検証を行う。検証にあたっては、車長差のみをコストとした場合(車長のみ)、車線変更車両が正確に特定できる場合(車線変更真値)、5.で車線変更車両と推定されたものを用いた場合(車線変更推定)の3つのケースについて比較を行う。また、マッチング精度の評価値としては正解率(マッチング真値数のうち正しくマッチングされた車両数の割合)、旅行時間計測精度の評価値としてはRMS誤差(秒単位)を用いる。なお、マッチング正解率が最大となる車線変更に関するコストのパラメータを推定した。

各ケースの正解率およびRMS誤差を表1に示す。表より、車長のみと比較して、車線変更を考慮したほうが、真値・推定値を問わずマッチング精度・旅

表1 マッチング正解率・RMS誤差

		第1走行	第2走行	追越
真値数		543	908	852
車長のみ	正解率	60.2%	41.0%	32.6%
	RMS誤差[s]	11.1	7.9	20.2
車線変更真値	正解率	63.2%	54.7%	47.5%
	RMS誤差[s]	8.4	5.9	9.2
車線変更推定	正解率	60.8%	46.5%	39.0%
	RMS誤差[s]	8.7	6.0	13.6

行時間計測精度が向上していることがわかる。特に、第2走行車線と追越車線で大きく向上している。また、RMS誤差について車線変更真値と車線変更推定値を比較すると、第1走行車線、第2走行車線では正解率の差ほど大きな差がないものの、追越車線では、明確な差があることがわかる。以上より、車線変更を考慮した場合のほうが、車両マッチング精度、旅行時間計測精度ともに向上することが示唆された。

上記の検証では、車線変更に関するコストのパラメータを、正解率が高くなるように設定しているため、異なる状況での適用性を確認する必要がある。そこで、ビデオ撮影を行った日のうち、パラメータ推定に用いたものとは交通状況の異なる夕方の時間帯を対象に、同様の車両マッチングアルゴリズムを適用する。表2に正解率およびRMS誤差を示す。

表より、車線変更真値では、全車線で車長のみと比較して精度が向上していることがわかる。特に、追越車線での精度向上が顕著である。また、車線変更推定では、追越車線を除いて、精度が低下していることがわかる。これは車線変更車両を特定できていないことが原因と考えられる。

表2 異なる交通状況での正解率・RMS誤差

		第1走行	第2走行	追越
真値数		543	908	852
車長のみ	正解率	60.5%	44.8%	37.0%
	RMS誤差[s]	10.0	6.4	9.4
車線変更真値	正解率	65.0%	53.2%	69.1%
	RMS誤差[s]	8.0	6.2	2.7
車線変更推定	正解率	56.5%	43.1%	56.0%
	RMS誤差[s]	9.7	7.7	2.5

6. おわりに

本研究では、車線変更を考慮した車両マッチングアルゴリズムを構築し、車線変更車両が正確に特定できれば、マッチング精度、旅行時間計測精度ともに向上することを示した。モデルで推定された車線変更車両を用いた場合でも、交通状況によっては精度が向上することが示唆された。今後は、車線変更に対するより詳細な認識が必要とされる。

参考文献

- 1) Benjamin Coifman, Michael Cassidy: Vehicle reidentification travel time measurement on congested freeways, Transportation Research Part A 36, pp.899-917, 2002
- 2) 下浦弘, 西村茂樹, 天目健二, 小林弘忠, 石関隆幸, 今井浩: 通過順序に基づく車群マッチングと旅行時間推定, 電子情報通信学会技術研究報告. ITS 100(284), 19-24, 2000

修士論文指導教員

宇野伸宏准教授, 嶋本寛講師, 塩見康博助教