

スプライン補間曲線を用いた都市高速道路における所要時間推定の精度向上に関する研究

名城大学 学生会員 ○井上 直也
名城大学 正会員 松本 幸正

1. はじめに

都市高速道路における所要時間情報の提供は、交通需要の分散化を促し、渋滞の解消に効果があると考えられる。所要時間はAVIにより計測することが可能であるが、AVIは設置されていない箇所が多い。そのような箇所では、車両感知器から得られる速度データを用いて所要時間を推定することになるが、正確に推定することは難しいのが現状である。これまでに多くの所要時間推定モデルが提案されているが、未だ改善の余地が残っている。

車両感知器から得られる速度データは、設置位置と測定時間ごとに得られる離散的なデータである。本研究では、これを時間軸上において連続な値にした新たな所要時間の推定モデルを考案する。このモデルを従来のモデルと比較し、精度の検証を行う。

2. 対象データの概要

本研究では、図1に示す名古屋高速道路の楠料金所 - 大高出口までを対象とする。区間長は18.15kmである。用いるデータは、平成19年7月25日(水)~8月10日(金)までのAVIデータと車両感知器データである。

AVIは対象区間の両端に設置されており、個々の車両の所要時間を得ることができる。これを流入時刻ベースで1分間隔で集計し、その中央値を所要時間の真値とする。

車両感知器は約500mの間隔で37基設置されており、速度を1分単位で得ることができる。車両感知器データは、値が観測されていない場合や、値が急激に変化している場合がある。そのような欠損値や異常値が含まれる場合は、その時刻の5分前から1分前のデータの調和平均値で置き換えた。

3. モデルの概要

本研究では、スプライン補間曲線を用いた所要時間推定モデルを提案し、従来モデルである瞬時値モデルおよび走行軌跡推定法¹⁾と比較する。

(1) 瞬時値モデル

セクションごとの距離を、同一インターバルにおける各セクションの速度で除した値を累加して、所要時

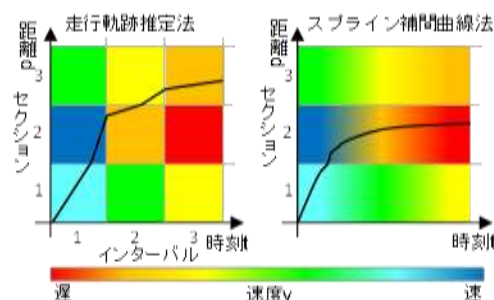
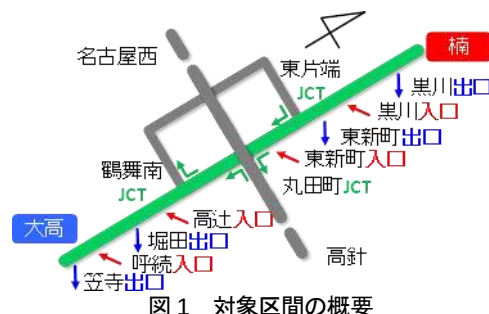


図2 走行軌跡推定法、スプライン補間曲線法の概念図(1)

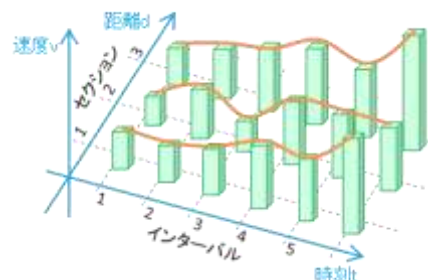


図3 スプライン補間曲線法の概念図(2)

間を推定する。

(2) 走行軌跡推定法

車両感知器速度のデータは、図2の左側に示すように、セクション、インターバルごとの離散的な値で得られる。同一セクション、同一インターバルにおいて車両は一定の速度で走行するとし、セクションまたは時間インターバルが変わるごとに、用いる車両感知器の速度データを変え、所要時間を推定する。

(3) スプライン補間曲線を用いた手法

図3に示すように、セクション*i*、インターバル*j*での車両感知器速度 $v(i,j)$ と時刻*t*の関係を、スプライン補間曲線を用いて連続化する。走行軌跡推定法と異なる点は、図2の右側に示すように、同一セクションにおいて速度と時刻の変化を、滑らかな連続量として計算することができることである。

スプライン補間曲線は次のようにして求まる．インターバル j の開始時刻を t_j とおく．セクション i ，時刻 $t_j \leq t \leq t_{j+1}$ の区間におけるスプライン補間曲線を $S_j^i(t)$ とし，インターバルの数を n ，セクションの数を m とする． n はその流入時間帯に想定されうる最大の所要時間に相当するインターバル数とする． $S_j^i(t)$ は以下の条件式をみたす 4 次関数として求まる．

条件(i) : $S_j^i(t)$ は点 $(t_j, v(i, j))$ を通る．

条件(ii) : $t = t_{j+1}$ で， $S_j^i(t_{j+1})$ と $S_{j+1}^i(t_{j+1})$ は連続

条件(iii) : $t = t_{j+1}$ で， $S_j^{i'}(t_{j+1})$ と $S_{j+1}^{i'}(t_{j+1})$ は連続

条件(iv) : $t = t_{j+1}$ で， $S_j^{i''}(t_{j+1})$ と $S_{j+1}^{i''}(t_{j+1})$ は連続

条件(v) : 区間 $[t_j, t_{j+1}]$ で，離散データと補間データの平均値が等しい．

条件(vi) : $S_1^{i''}(t_1) = 0, S_{m-1}^{i''}(t_m) = 0$ (1)

補間すべきデータは速度であるから，条件(v)においては，平均値の代わりに調和平均値を使うことも考えられる．この場合，条件(v)は次のようになる．

条件(v)' : 区間 $[t_j, t_{j+1}]$ で，離散データと補間データの調和平均値が等しい．

条件(vi)は，条件式の個数と求める 4 次関数の未知係数の個数を等しくするために設定する境界条件であり，以下のようにさまざまな値に代えることができる．

条件(vi)' : $S_1^{i'''}(t_1) = S_n^{i'''}(t_n) = 0$ (2)

条件(vi)'' :
$$\begin{cases} S_1^{i'}(t_1) = \frac{v(i,2)-v(i,1)}{t_2-t_1} \\ S_{n-1}^{i'}(t_n) = \frac{v(i,n)-v(i,n-1)}{t_n-t_{n-1}} \end{cases}$$
 (3)

本研究では，平均値または調和平均値の条件(v), (v)' と境界条件(vi), (vi)', (vi)'' の組み合わせをそれぞれ変えた 6 種類のスプライン補間曲線を用いる．

所要時間の推定方法は以下の通りである．

Step.1 : セクション 1 に流入した時刻を与え，セクション 1 におけるスプライン補間曲線 $S_j^1(t)$ を求める．

Step.2 : スプライン補間曲線 $S_j^1(t)$ を，セクション 1 の流入時刻からセクション 2 の流入時刻まで積分した値が，セクション 1 の勢力範囲となる関係式に基づき，セクション 2 の流入時刻を求める．

Step.3 : セクション 2 におけるスプライン補間曲線を求め，同様にして，セクション 3 の流入時刻を求める．

Step.4 : Step.3 を，最終セクション n までくりかえす．セクション n の勢力範囲に達した時刻が流出時刻となる．

Step.5 : 流出時刻とセクション 1 に流入した時刻との差が所要時間となる．

表 1 推計結果の精度比較

	RMS 誤差(秒)		
	全体	所要時間 3000 秒以上	所要時間 3000 秒以上 3300 秒未満
瞬時値モデル	890	4613	3440
走行軌跡推定法	204	506	398
スプライン補間曲線 (条件(v),(iv))	233	500	386
スプライン補間曲線 (条件(v),(iv)')	233	500	386
スプライン補間曲線 (条件(v),(iv)'')	233	500	386
スプライン補間曲線 (条件(v)',(iv))	290	692	653
スプライン補間曲線 (条件(v)',(iv)')	288	685	642
スプライン補間曲線 (条件(v)',(iv)'')	275	692	653

4.分析結果

表 1 に各モデルの推定精度計算結果を示す．全体の RMS 誤差は，走行軌跡推定法のほうが小さく，推定精度が高いという結果となった．また，条件(v)を用いたスプライン補間曲線法のほうが，条件(v)'を用いたスプライン補間曲線法より精度が高いという結果となった．次に，所要時間が 3000 秒以上の範囲でみると，走行軌跡推定法の RMS 誤差よりも，条件(v)'を用いたスプライン補間曲線法の RMS 誤差のほうが小さくなった．3000 秒以上 3300 秒未満の範囲では，条件(v)を用いたスプライン法の誤差と走行軌跡推定法の RMS 誤差との差がより大きくなった．また，走行軌跡推定法，スプライン補間曲線法のいずれも，推定値は AVI データと比べ過大となる傾向がみられた．

5.おわりに

本研究では，スプライン補間曲線を用いた新たな所要時間推定モデルを構築し，従来のモデルとの精度を比較した．その結果，全体的な推定精度の向上は見込めなかったが，渋滞時には若干の精度向上がみられた．

スプライン補間曲線を用いた手法は，速度—時間関係を連続的に表現することができるが，それが必ずしも実現象を忠実に再現できていないとはいえない．そのため，今回用いたスプライン補間曲線が，実際の車両の挙動を推定できているかの検証が必要であると考えられる．

また，スプライン曲面を用いた補間理論を構築することが課題である．

参考文献

- 1) 松葉一弘，松本幸正，杉原良紀：車両感知器データを用いた都市高速道路における車両の走行軌跡と所要時間の同時推定，土木計画学研究・論文集 Vol.21 no.4 pp.899-906，2004