

可能性 Fuzzy 回帰分析による交通流解析

広島大学 学生員 ○南宮 茂
 広島大学 正 員 門田 博知
 広島大学 正 員 今田 寛典
 広島大学 学生員 中村 隆

1. はじめに

研究対象である信号制御された区間で比較的円滑に交通が流れている状態では密度と速度の関係は大きく変動しており、交通流の現象は、ドライバー個人のあいまいな意志決定の集合とみなすことができる。このため、あいまい性を考慮した解析が望まれる。回帰分析では実測値と推定値との差は観測誤差とみなされる。これに対して可能性 Fuzzy 回帰分析は、実測値と推定値の差はモデル構造自体のあいまい性の結果生じたものとしており、データの散らばりが生ずる可能性も許容するものである。本研究はあいまいな状況を可能性の観点から考える可能性 Fuzzy 回帰分析を交通流解析に適用することを検討する。

2. 可能性 Fuzzy 回帰分析法

可能性 Fuzzy 回帰モデル構造のあいまい性はパラメータのあいまい性による。説明変数 x_{ij} とそれに対応する Fuzzy 数 Y_i で示される目的関数が与えられると、Fuzzy パラメータ A_j は推定 Fuzzy 数 Y_i のあいまい度の合計を最小にする Fuzzy 数 A_j を決めることになり、線形計画問題に帰着される。

本研究では、 Y_i と A_j のメンバーシップ関数は左右対称の三角型を用いる。

3. 交通流調査およびデータ整理

調査対象は広島市内の片側4車線の国道2号である。2つの主要交差点間に挟まれた約600mの直線区間を走行する自動車一台一台の速度と車頭時間を測定し、これを基に車群の平均速度と密度を算出した。この区間に信号は3ヵ所に設置され、それらは系統制御されている。測定はこの区間の6地点で独立に行われた。

中央側から路側側に向かって車線1, 2, 3, 4とする。車線2, 3の利用率は高く、車線1, 4の利用率は低い。これは、車線4上の二輪車とバスの存在、車線1では主要交差点での右折車両の存在が一因であると考えられる。また、大型車は中央側の車線を利用している割合が大きい。なお、青現示の開始後各地点を先頭車が通過してから0~20秒、20~40秒、40~60秒、60~80秒間に通過する自動車を一つの車群とみなした。このため、主要交差点付近の速度には信号が青になって加速している状態も含まれているので、密度は飽和密度に近いものもある。上述の20秒間は、密度が比較的安定していた時間を選択して結果である。

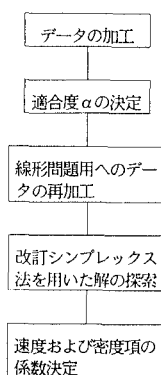


図-1 Fuzzy回帰分析の手順

4. Fuzzy回帰の解法と解析結果

実測値を用いて線形と非線形の通常の回帰を比較検討した結果、両者間には有意な差はなかったため、線形の通常の回帰と可能性 Fuzzy 回帰とを比較する。図-1はFuzzy回帰分析手順を示している。図中の α は、あいまい度が一番小さくなる $\alpha=1.0$ を用いた。

密度と速度の関係を車線別に分析し、モデルの適用性、説明力を比較する。モデル1は通常の回帰、モデル2はFuzzy回帰である。なお、速度のFuzzy数は車群の平均速度を中央値、分散を広がりとした。

1) 比較指標 Fuzzy回帰の場合、Fuzzyパラメー

表-1 解析結果とモデル間の比較

車線	モデル (上段: モデル1, 下段: モデル2)	あいまい度	%RMS 誤差
1	$v = 67.9 - 0.54k \quad R=0.731^{**}$	4177.1	11.0
	$v = (59.7, 15.3) - (0.26, 0.1)k$ $23.9 \leq v \leq 76.3, \quad 2.2 \leq k \leq 77.6$		
2	$v = 69.2 - 0.52k \quad R=0.802^{**}$	2843.3	9.0
	$v = (64.9, 11.7) - (0.47, 0.0)k$ $23.5 \leq v \leq 70.5, \quad 2.3 \leq k \leq 82.8$		
3	$v = 63.1 - 0.42k \quad R=0.821^{**}$	3360.6	9.8
	$v = (54.8, 14.1) - (0.28, 0.0)k$ $18.5 \leq v \leq 67.8, \quad 4.3 \leq k \leq 131.2$		

** ; F検定の結果、0.1%でモデルの有意が確認された。

タの中央値を用いて% RMS誤差を算出した。Fuzzy回帰では、% RMS誤差といった指標を検討する性格のものではないが、% RMS誤差を用いたのは、モデル間の比較の参考指標になると考えるためである。また、Fuzzy回帰の場合重相関係数は1.0より大きくなる場合があり、重相関係数を用いるのは適切ではない。

2) Fuzzy回帰モデルの評価 車線別の解析結果を表-1に示す。ただし、車線4の通常の回帰モデルの有意性がF検定の結果危険率5%でも認められないので、考察の対象外とした。% RMS誤差の指標のみ限りFuzzyパラメータの中央値を用いたFuzzy回帰は通常の回帰と大きな差はないようである。

3) データのちらばりを説明できる範囲 車線2のモデルを取り上げ、Fuzzy回帰が説明できる速度の変動域について述べる。図-2のa)はモデル1と回帰線周りの標準偏差で示される包絡線で、b)はモデル2とその上限と下限で囲まれる範囲を示している。モデル2が1よりデータを含む範囲が広がっている。モデル1は平均値でデータの変動を説明し、標準偏差はデータのちらばりの度合いを知るため必ずしも範囲を説明するものではない。一方、モデル2はデータのちらばりの範囲を最適化手法で求めるので、多様なドライバーで構成される交通流現象を示していると解釈される。このようにFuzzy回帰はデータのちらばりを直接出力し、その説明力も大きい。一方、通常の回帰ではその変動幅を標準偏差か、95%値で検討するかで大きく異なり、解析結果の解釈に違いが生じることも考えられる。

4) 分割データによるFuzzy回帰モデル 図-2のように密度の低い場合と高い場合ではデータのちらばりに差が認められる。データのちらばりから判断して密度30と50台/kmを基準に3分割したデータにFuzzy回帰を適用した。その結果を図-3に示す。密度が小さい場合、ドライバーが他車の拘束を受ける機会が小さく、自由走行が可能になり、速度の変動は大きくなる。また、区域ⅠのFuzzy回帰直線の勾配は小さく、希望速度は制限速度の影響を受けていると解釈される。区域Ⅱの速度の変動幅はⅠよりも小さく、密度に関係しているといえよう。しかし、区域Ⅰ、Ⅱの中では速度の変動幅は一定で、その変動幅は希望速度のパラメータで決められており、比較的円滑な交通流ではドライバーのあいまい性が速度に表れていると解釈される。区域Ⅲでは、密度が高く、他車の拘束が大きくなり、追従走行を余儀なくされ、速度の変動は小さくなっている。さらに、区域ⅡとⅢは不連続である。

今後、渋滞流のデータを収集して加速状態の高密度時の現象と比較することが必要である。

5. まとめ

本研究は交通密度が同じでも大きく異なる速度と密度の関係の可能性Fuzzy回帰を用いて検討したものである。Fuzzy回帰の解析結果は可能性の範囲を持って示されるため、人間の主観的なあいまいさを伴った範囲を明確に示すことができ、従来の線形回帰式をより拡張した結果になっている。

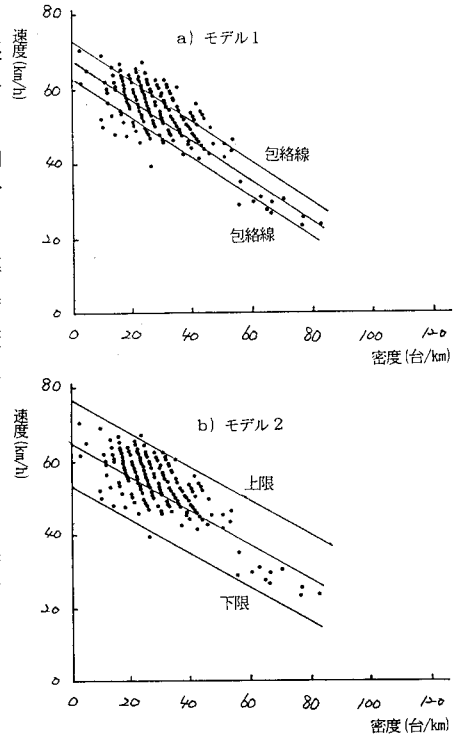


図-2 速度の変動幅を説明できる範囲

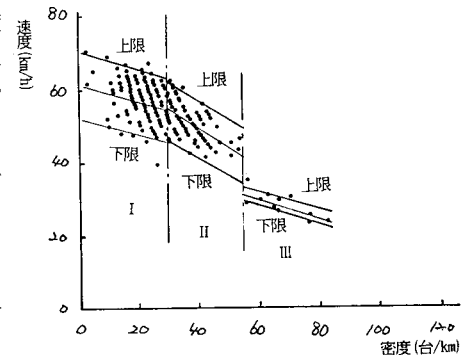


図-3 分割データとFuzzy回帰の結果