

ファジー制御を用いたトラフィック・シミュレータの試作

岡山大学工学部 正 員 井上博司
岡山大学大学院 学生員 〇日浦光靖

1. はじめに

交通現象を解析するためのコンピュータ・シミュレーションにおいては、運転者と自動車との人間一機械系を如何にモデル化するか、またシミュレーション結果をどのように情報化するかが重要なポイントである。本研究においては、人間のあいまいな感覚量とそれに基づく推論、意思決定過程を表現できるファジー制御理論を用いて運転者の速度制御機構をモデル化し、この結果を用いたトラフィック・シミュレータを作成した。このシミュレータにおいては、時々刻々の車両の流れをコンピュータ・グラフィックスを用いて視覚化し、交通流を観察できるようにしている。本シミュレータを用いて、トンネル入口部での交通渋滞現象の再現を試み、渋滞発生メカニズムを分析した。

2. シミュレーション・モデル

運転者は速度や車間距離を感覚的に計測し、自らの経験や技量に基づいて自動車の速度を制御しているものと考えられる。そこには多分にあいまいな要素が存在する。そこで車頭距離や速度の大きさについての認識をメンバーシップ関数(図-1～図-3)によって表現する。ここに S^* は追従時の標準車頭距離であり、速度 V (m/sec)の関数

$$S^* = 6 + V + 0.05V^2 \quad (m)$$

して与えられるものとする。

制御変数は加速度であるが、その認識もあいまいであるとみなしてメンバーシップ関数(図-4)によって表現する。

運転者は速度、速度差および車頭距離から加速度を決定するものとし、ファジー制御ルールを以下のように設定する。

IF $S=A_i$ AND $V=B_j$ THEN $A=C_k$

($i=1, 2, \dots, 5; j=1, 2, \dots, 5$)

IF $S=A_5$ AND $\Delta V=V^*$ THEN $A=C_6$

ここに、 S : 車頭距離、 V : 自車の速度、 A : 加速度、 ΔV : 前車との速度差である。

表-1 ファジールール

	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5
A_1	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
A_2	C_2	C_2	C_3	C_4	C_5
A_3	C_3	C_3	C_3	C_4	C_5
A_4	C_4	C_4	C_4	C_4	C_5
A_5	C_5	C_5	C_5	C_5	C_5

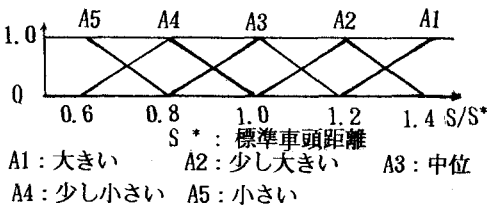


図-1 車頭距離のメンバーシップ関数

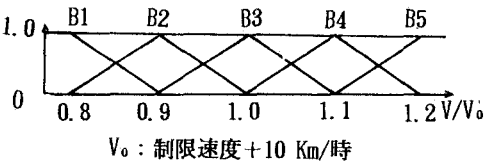


図-2 速度のメンバーシップ関数

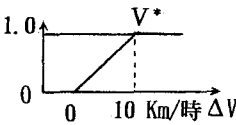


図-3 速度差のメンバーシップ関数

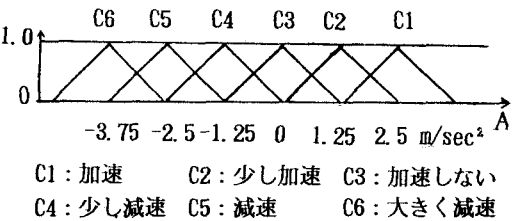


図-4 加速度のメンバーシップ関数

制御量の演算は、各ファジー集合への一致度をメンバーシップ関数より求め、ついで各制御ルール前件部への一致度を論理積により算定する。この一致度により、後件部ファジー集合のメンバーシップ関数の α カットを行い、すべての制御ルールについての論理和により加速度のファジー出力を得る。さらにその重心を求めて、加速度の非ファジー制御量とする。こうして任意の時点での加速度が求められると、1単位時間後の車の速度、位置が求められる。図-5にシミュレーションの全体的な流れを示す。

3. 追従運動の安定性

モデルによって記述された追従運動が、実際の交通流の挙動を正しく再現するものでなければならない。そのため、追従運動の安定性の分析を行った。いま、等速度、等間隔で走行している車群の先頭車が2秒間加速し（加速度 2 m/sec^2 ）、ついで2秒間減速（加速度 -2 m/sec^2 ）して元の速度に戻るときの後続車両の挙動をシミュレーションにより求めた。後続車両間の車間距離の変化の様子は図-6に示す通りである。これより車間距離の変化は安定的に減衰していることがわかる。

4. トンネル入口部での渋滞現象の再現

近年、トンネル入口やサグで渋滞が発生し、交通容量のボトルネックとなることが指摘されている。しかしなぜ渋滞が発生するのかは十分に解明されていない。そこで本モデルにより、トンネル入口を含む前後3kmの間の車両の流れをシミュレーションし、渋滞現象の再現を試みた。運転者の速度決定機構はトンネル内と外で変わらないものとするが、標準車頭距離が変わるものとする。トンネル内では閉塞された暗い空間のために運転者は恐怖感を持ち、トンネル外に較べて車間距離を長めにとる性向がある。そこでトンネル内の標準車頭距離をトンネル外の2割増とした。シミュレーションを行った結果、交通量が1400台/時では渋滞は発生しないが、1500台/時以上ではトンネル入口付近で渋滞が発生し、次第に上流に延伸していく現象が再現できた。トンネル内では外に較べて同一速度ではより広い車間距離を必要とするので、トンネル入口部で若干減速して速度調整を行う。このために入口部付近の交通流は次第に速度が低下していくが、それとともに交通量も低下してくる。このため上流から流れてくる車両は交通量の超過分だけ道路上に滞留し、渋滞が形成されていくことがわかった。

4. おわりに

本研究ではファジー制御理論を用いて車両の速度調整機構をモデル化し、これに基づくトラフィック・シミュレータを作成した。本シミュレータの特徴は、グラフィック・ディスプレイを用いて視覚的にシミュレーション結果を観察することができる点にある。追従挙動の安定性の分析およびトンネル入口付近での交通流のシミュレーションの結果、実際の交通流の挙動を十分に再現できることが確認できた。ただし本モデルでは交通流の挙動にまだ幾分不自然な点が認められるので、今後モデルの改良が必要である。

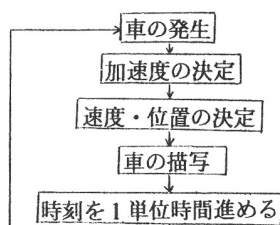


図-5 シミュレーションの流れ

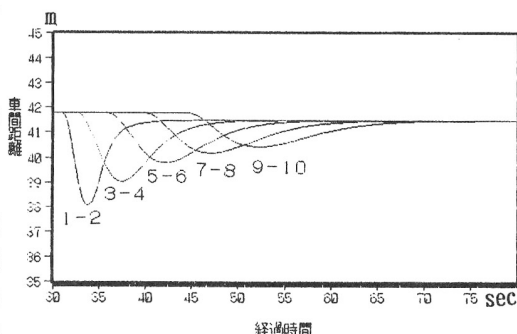


図-6 追従運動の漸近的安定性

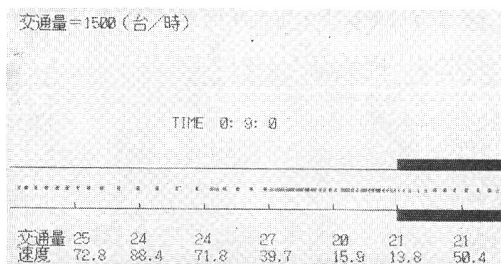


図-7 シミュレーション画像