

ばねモデルからの追従モデル提案 - 追従車両を用いた実験 -

日本大学理工学部 学生員 ○藤田 匠

日本大学理工学部 正会員 福田 敦

(財)国土技術研究センター 正会員 下川 澄雄

日本大学大学院 学生員 室井 寿明

1. はじめに

これまで、追従モデルに基づいた交通シミュレーションが開発され、交通施策評価に用いられてきた。しかし、既存の追従モデルは、自由流や渋滞流など特定の交通状態を再現するものであり、自由流と渋滞流の境界など交通状態が変化する状況を再現できない。そのため、既存の交通シミュレータでは ITS 技術を導入した場合の交通施策を適切に評価できない問題がある。

そこで本研究では、ばねの運動方程式に基づいた追従モデルを提案し、追従車両による実験を通してモデルパラメータを推計する。そして、本モデルを実際の追従挙動と比較し、再現することを目的とする。

2. 既存研究の整理

追従モデルは 1950 年代より開発されており、有名なものとして Gazis らによって提唱された GM モデルが挙げられる。このモデルは、車間距離や相対速度をパラメータとして追従車の加速度を導き出す。また、越らはこれを基にしてサグ部における勾配変化による速度低下の影響を取り込んだ追従モデルを提案している。このほかにも、追従挙動を車頭距離と相対速度の関係がスパイラル曲線になる点に着目した追従モデルが中山らによって提案されている。

これらの既存モデルでは、交通状況によって追従挙動が不安定になって追突してしまう場合があり、既存モデルでは交通状況の変化に応じた追従状態を必ずしも再現できていないという問題がある。

3. ばねモデルからの追従モデルの構築

ばねモデルでは、振幅が減衰する挙動は摩擦力によって表現されるが、追従挙動では時間と共に運転者が目標車間に近づいていくのが自然であるため、時間と共に振幅が減衰するようなパラメータを設定する。こ

キーワード 追従モデル、ばねモデル、スパイラル曲線、交通現象分析、交通流

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 日本大学
社会交通工学科 交通システム研究室 TEL 047-469-5355

の時間による振幅の減衰を考慮したモデルを以下の式 (1) ~ (3) に示す

$$x(t + \Delta t) = \frac{\beta + V_0}{1 + \alpha t} \sin\left(\frac{t}{\beta}\right) \quad (1)$$

$$v(t + \Delta t) = \frac{V_0}{1 + \alpha t} \cos\left(\frac{t}{\beta}\right) \quad (2)$$

$$a(t + \Delta t) = \frac{V_0}{\beta \cdot (1 + \alpha t)} \sin\left(\frac{t}{\beta}\right) \quad (3)$$

ここで、

$x(t + \Delta t)$: 時刻 $t + \Delta t$ における目標車間距離に対する変位 (m)

$v(t + \Delta t)$: 時刻 $t + \Delta t$ における前方車と追従車との速度差 (m/s)

$a(t + \Delta t)$: 時刻 $t + \Delta t$ における追従車の加速度 (m/s^2)

Δt : 反応遅れ (s)

V_0 : 前方車との速度差

$$V_0 = V_2(t) - V_1(t)$$

$$V_1(t) = V_1(t - \Delta t) + a \cdot \Delta t$$

V_1 : 追従車速度 (m/s)

V_2 : 前方車速度 (m/s)

α : 車間減衰パラメータ

β : 車間距離変動パラメータ

α は時間と共に目標車間に収束させるパラメータであり、 β は振幅を変化させるパラメータである。自由流での追従挙動は、前方車が追従車を押す状態、渋滞流での追従挙動は、前方車が追従車を引っ張る状態で表現される。この挙動は、車間距離と相対速度のグラフに当てはめると、右回りに螺旋を描くようになる。

4. 実験概要

モデルの作成にあたり、以下の要領で実験を行った。

(1) 実施要綱

2006 年 10 月 3 日 ~ 4 日に東関東自動車道千葉北 IC

～潮来 IC にて実験を実施した。実験の目的について以下に示す。

追従状態にある車両の反応遅れや車間距離、相対速度、加速度など車両挙動の推移とそれに基づく追従モデルのパラメータを推計するためのデータ取得
車両が自由走行状態から前方車両を追従状態に移するときの車間距離・相対速度の閾値を推計するためのデータ取得。

(2) 実験方法

(株) 社会システム研究所より借用した計測車両を用い、追従状態での車間距離・追従車速度・相対速度を計測する。このとき、自由走行状態から追従走行状態に至るまでの挙動は追従車側の接近速度によって異なると考え、追従車に表 - 1 の速度で前方者に接近させた上で追従走行させた。また、前方車が加減速した場合の追従挙動を把握するために前方車を用意し、前方車に表 - 2 の速度で走行させるようにした。

表 - 1 追従車の接近速度

パターン	接近速度
1	90km/h
2	100km/h
3	110km/h

表 - 2 前方車の指示速度

パターン	指示速度
1	80km/h → 90km/h → 70km/h → 80km/h
2	80km/h → 100km/h → 80km/h
3	80km/h → 70km/h → 90km/h → 80km/h

5. 実験結果

総サンプル数 126 のうち、追従を開始した段階で装置の異常や計測ミスの無かったのは 37 サンプルであった。これらの 37 サンプルについて、実際の追従挙動を把握するために、接近速度別に車間距離と目標車間距離の関係について傾向分析を行った。分析した各項目を図 - 1 に、分析した各項目の平均値を表 - 3 に示す。

接近開始時点の車間距離と目標車間距離との差 da の大きさは接近速度に比例しており、接近速度が大きいほど車間距離が長い状態で追従挙動を開始している。追従挙動開始から目標車間距離に到達するまでの時間の関係を見ると、接近速度と追従開始後の目標車間距離の到達時間 la ならびに収束に向けた波長の長さ L は比例関係にある。これら振幅の高さ、波長の長さの違いは、目標車間に近づいたときに減速等の動作をした

ときの反応遅れが影響していると考えられる。

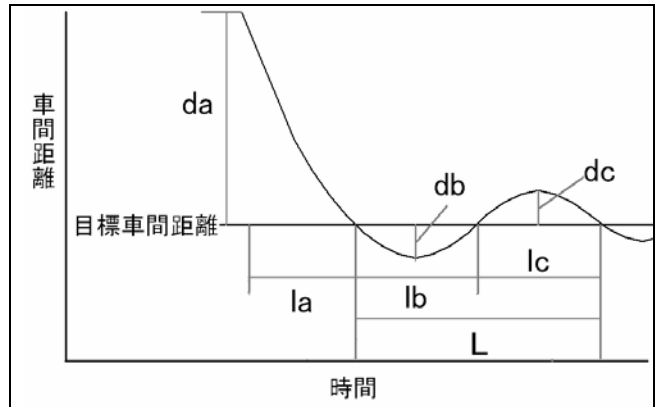


図 - 1 車間距離と目標車間距離の関係

表 - 3 接近速度別各項目の平均値

	90km/h	100km/h	110km/h
目標車間距離(m)	29.8	30.3	31.1
$da(m)$	14.8	36.7	61.2
$db(m)$	7.3	8.6	14.4
$dc(m)$	5.2	4.5	15.0
$la(s)$	7.84	10.04	10.60
$lb(s)$	18.18	17.44	19.96
$lc(s)$	12.81	11.70	14.18
$L(s)$	30.99	28.40	34.14

6. おわりに

今回、実験車両によって収集されたデータより、接近速度が追従挙動に与える影響について傾向を把握した。また、振幅及び波長は時間と共に減衰する傾向にあり、時間を考慮した減衰になっている本モデルのパラメータが有効であることが確認された。

今後の課題としては、この実験結果を追従モデルに反映させて、より詳細な交通状況を再現できるようなモデルとする。また、実際の追従挙動及び既存モデルと比較し、本モデルとの有効性を確認することが必要である。

参考文献

- ・(社) 交通工学研究会：交通工学ハンドブック 2005、丸善(株) 2005 年
- ・中山晴幸、和田幹彦、市川孝太郎：スパイラル曲線を用いた交通流シミュレーション・モデルの検討、第 13 回交通工学研究発表会論文集、pp.25-28、1993 年 11 月
- ・石田貴志、成田紘也、野中康弘、葛西誠：スパイラル曲線を用いた追従モデルの構築、土木計画学研究・講演集 Vol.30、2004 年 11 月