

ミクロ交通シミュレーションによる全車速域 ACC の評価

日本大学 学生員 ○仲澤 政利
日本大学 正会員 福田 敦
日本大学 正会員 有村 幹治
日本大学 学生員 岡村 誠

1. はじめに

運転支援システムの一つとして 2007 年より全車速域アダプティブクルーズコントロール（以下 ACC）車の普及が始まっている。ACC はドライバのアクセル・ブレーキ操作の負担を軽減し、かつ適切な車間を自動的に確保することで、安全に寄与する技術であり、全車速域 ACC 車は、高速走行から渋滞走行までの速度域において車間の制御が可能である。全車速域 ACC 車と非 ACC 車が混在する交通流においては、相互の制御方法の違いによる特有の交通現象が発生し、それが人間の運転判断上のコンフリクトや認知ミス発生の原因になる可能性がある。しかし、全車速域 ACC 車と非 ACC 車相互の影響を考慮した安全性評価手法は構築されていない。そこで本研究では、全車速域 ACC 車と、人間の運転における認知・判断・操作プロセスを考慮した非 ACC 車のモデルを構築し、既存のミクロ交通シミュレーションに導入することで、全車速域 ACC 車が他の車両に与える安全性への影響を明らかにする。

2. ミクロシミュレーションモデルの構築

(1) 全車速域 ACC 車の挙動

全車速域 ACC 車は、先行車がない場合、または車間距離 100m 以上に先行車がいる場合、設定した車速で定速走行する。車間距離 100m 以内に先行車が存在した場合、表一 1 のように 3 段階の車間距離の設定に基づき車速に比例して制御行う。

加減速の設定は車両の速度が 45～100km/h の場合、JIS 規格に基づき全車速域 ACC の減速度は 3.0m/s²、加速度は 2.0 m/s² とする。45km/h 以下の場合、実際の走行データ³⁾に基づき、加速度 0.5m/s² は減速度 1.0m/s² とする。

キーワード : 全車速域 ACC、コンフリクト指標
連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1
日本大学理工学部社会交通工学科 交通システム研究室
TEL : 047-469-5355 Email : trpt6084@trpt.cst.nihon-u.ac.jp

5 km/h 以下の場合非 ACC 車と同じ挙動をとる。

表一 1 車速と車間距離との関係²⁾

車速 \ 車間距離	80km/h	20km/h
長	約50m	約17m
中	約40m	約15m
短	約30m	約13m

(2) 非 ACC 車の挙動

非 ACC 車は認知・判断・操作の流れに基づき挙動する。認知・判断は以下の式で成り立つ。

・視角域度 θ の変化

$$\theta = \frac{W \times |\Delta V|}{D^2} \geq 0.003 \sim 0.004 \tag{1}$$

W : 前方車の車幅 (2 m) ΔV : 相対速度 D : 車間距離

・距離変化

$$\text{車間変化量} / \text{車間} \geq 0.1 \sim 0.2 \tag{2}$$

・車頭時間変化

$$\text{車頭時間} \geq (1 - E_g) \text{希望車頭時間} \tag{3}$$

$$(1 + E_g) \text{希望車頭時間} \geq \text{車頭時間} \tag{4}$$

E_g : タイムギャップエラー

(1) ～ (4) の中に一つでも一定値以上の変化が見られた場合に、先行車の速度変化を認知したとして操作を行う。操作時における加減速度の決定は Gipps¹⁾ らの提案したモデルを用いる。Gipps モデルは以下の式によって成り立つ。

$$V_{n(t+t_g)} = \min \left[V_n^a(t+t_g), V_n^b(t+t_g) \right] \tag{5}$$

$$V_n^a(t+t_g) = V_{n(t)} + 2.5a_n t_g \left(1 - \frac{V_{n(t)}}{V_n^{\max}} \right) \sqrt{0.025 + \frac{V_{n(t)}}{V_n^{\max}}} \tag{6}$$

$$V_n^b(t+t_g) = -t_g b_n \sqrt{t_g^2 b_n^2 + b_n \left\{ 2 \left(x_{n-1(t)} - x_{n(t)} - S_0 \right) - t_g V_{n(t)} + \frac{V_{n-1(t)}^2}{\hat{b}_{n-1}} \right\}} \tag{7}$$

V^a, V^b 車両の速度 n : 車両番号 t_g : 反応時間
a : 最大加速度 b : 最大減速度 $V^{\max}$: 希望速度
 S_0 : 停止時車頭距離 $\hat{b}$: 先行車減速度見積もり

3. 安全性指標

安全性の評価指標として①最小車間距離②TMTC③S-Stopを用いる。TMTCはJ.Hayward⁴⁾によって提案された指標で当該車両がそのまゝの速度と進行方向を維持した場合に衝突するまでの時間を表す。S-Stop⁵⁾は走行方向空間距離と停止距離の差で、仮に前方車が急にブレーキを踏んだ時に、後続車が反応遅れを伴い急減速して車両が停車したときの相対的な位置を表す。

4. シミュレーションの実行

構築した挙動モデルをマイクロ交通シミュレーションソフトParamicsに組み込み、安全性指標を評価する。

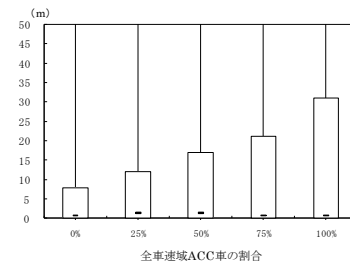
走行環境は片側2車線の直線道路とし、評価対象区間長は2kmとした。交通量は2,000(台/1時間)とし、高速域から低速域での評価を行うため、区間後半約1500mから渋滞が発生する。評価は全車速域ACC車の混在割合を25%ずつ変化させ、割合毎に15分間3回ずつシミュレーションを実行し、比較を行う。

5. シミュレーション結果

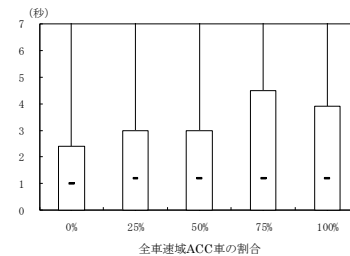
箱ひげ図を用いて全車速域ACC車の割合と最小車間距離の関係について図一1に、TMTCとの関係を図一2に、S-Stopとの関係を図一3にそれぞれ示す。箱ひげ図の第1分点を15パーセンタイル値、第4分点を85パーセンタイル値とする。なお、それぞれの図は、シミュレーション開示直後の状況が含まれるため、指標の最大値は表記されていない。

図一1からは、全車速域ACC車の混入率が増加するにつれて、最小車間距離が広がったことがわかる。図一2のTMTC値も同様に、混入率の増加するに従い値が大きくなる傾向がみられた。図一3のS-Stop値は、追従する二つの車両間の相対的な停止位置の関係性を意味するため、負の値も取りえる。シミュレーション結果からは、混入率の増加に従いS-Stop値の最小値は増加する傾向がみられた。

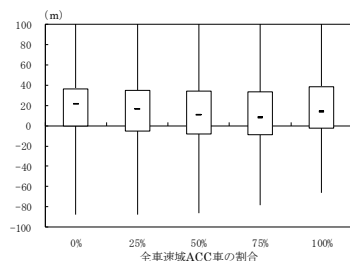
ACC車は自動的に車間を一定に確保するため、混入率の増加につれて、最小車間距離とTMTC値は増加した。また、ACC車が増加してもS-Stop値が0以下の危険な状況にある車両は依然存在するものの、その最小値はACC車の混入率が増加するに従って向上した。しかしながらACC車を導入した場合、第1分点及び中央値が減少している。以上から交通流全体の安全性は増加したとは一概にはいえない。



図一1 全車速域 ACC 車の割合と最小車間距離の関係



図一2 全車速域 ACC 車の割合と TMTC の関係



図一3 全車速域 ACC 車の割合と S-Stop の関係

6. おわりに

本研究では、全車速域ACC車が他車両に与える安全性への影響について、ACC車の挙動モデルを構築し、マイクロ交通シミュレーションを用いて3つの安全性指標から評価した。その結果、ACC車の混入率の違いによって、交通流全体の安全性への影響が確認された。今後の課題としては、ACC車と非ACC車相互の制御方法の違いによるコンフリクトの発生について、より詳細な評価を行うことである。

参考文献

- 1)W.Xin ら：The Less-Than-Perfect Driver、A Model of Car-Following Behavior. TRR2088、pp126-137
- 2)財団法人 国土技術研究センター：ACCの道路交通の円滑性に及ぼす影響に関する研究、平成19年3月
- 3)森田 光彦ら：レーダークルーズコントロール（全車速追従機能付き）の紹介 TOYOTA Technical Review.Vol.55(1)、pp.60-65、2006/11
- 4)J.C.Haward ら：Near-Miss Determination through Use of a Scale of Danger、HRR284、pp24-34、1972年
- 5)交通工学ハンドブック 2005年版