

追従走行時の反応時間特性に関する検証分析

Experimental Analysis of Reaction Time of Car-Following Model

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 鈴木 淳(Jun Suzuki)
北海道大学大学院工学研究科 正員 中 辻 隆(Takashi Nakatsuji)
独立行政法人開発土木研究所 正員 吾田 洋一(Yohichi Azuta)
(株)パシフィックコンサルタンツ情報技術部 正員 吉岡 正泰(Masayasu Yoshioka)

1. はじめに

交通流シミュレーションにおいて、ミクロ交通流シミュレーションは幅広く用いられている。ミクロ交通流シミュレーションモデルにおいて運転者の反応時間、感度等のパラメータはシミュレーション結果に極めて大きな影響を与えるパラメータである。

追従時の反応時間に関してはシミュレーションの再現性評価の観点からも極めて重要であり、近年において活発な研究がなされるようになってきた。しかし、車群の運動を計測するにあたり実験機器の開発が十分になされていなかった事もあり、追従挙動モデルに関する特性を実験的に検証する機会はなかった。

1993 年に商業的に利用可能になったリアルタイムキネマティック (RTK) 測位は、技術的な進歩によりさまざまな分野で利用されるようになった。また、近年において位置精度も飛躍的に向上しており、数 Cm 程度の誤差で連続的に計測することができるようになった。いままでにない格段に精度の高い試験が可能となるばかりではなく、今までの試験では困難であった曲線部における追従挙動特性の把握も可能になった。

そこで本研究では、2000 年 10 月に苫小牧寒地試験道路で行われた RTK-GPS を用いた追従試験の結果を利用し、計測された試験データを用いて反応時間特性に関する分析を行った。

2. 走行試験

2. 1 走行試験路 1)

走行試験は2000年10月16日～10月18日の3日間、苫小牧市柏原にある独立行政法人開発土木研究所所有の苫小牧寒地試験道路(図1)を使用して行われた。この試走路は1200mの直線区間と曲線半径50mのカーブからなる延長約2700mの周回路である。RTK-GPSによる試験は固定基準点方式とし、試験路周辺の座標既知点から外挿した基準点を試験路内に設置し、衛星からの信号と同時に基準点からの補正信号を各車両に送信した。走行試験には10台の乗用車を用いた。試験に用いた車両



図1 苫小牧寒地試験道路 1)

及び車両配列などは表1の通りである。配列はA-type、B-typeの2パターン運転者特性はO type、S typeの2パターンあり、各々のパターンを組み合わせることで試験を行った。走行試験は車両10台にRTK-GPSを取り付けて、車両位置、速度等を0.1秒ごとに計測した。

表1 配車順列、車種紹介及び運転者特性

配車順列			車種紹介		運転者(年齢及運転歴)	
A type	B type	年式	車種	全長(m)	O type	Stype
先頭車	先頭車	平成3年	ハイゼット	3.29	50代40年	30歳10年
最後尾	最後尾	昭和63年	サファリ	4.80	30歳10年	50代40年
9号車	9号車	昭和60年	ビスタ	4.43	30歳10年 ^{*1)}	30歳10年
2号車	8号車	平成12年	カベラ	4.59	21歳3年	21歳3年
3号車	7号車	平成10年	ローレル	4.74	25歳3年	25歳3年
4号車	6号車	平成10年	セフィーロ	4.78	24歳5年	24歳5年
5号車	5号車	平成12年	ブルーバード	4.56	25歳3年 ^{*2)}	25歳3年 ^{*2)}
6号車	4号車	平成12年	スカイライン	4.70	23歳3年	23歳3年
7号車	3号車	平成10年	プリメーラ	4.43	22歳2年	22歳2年
8号車	2号車	平成12年	アベニールワゴン	4.65	24歳3年	24歳3年

*1) 一部46歳10年 *2) 一部25歳7年

2. 2 試験条件

苫小牧寒地試験道路における試験は、曲線部、直線部、交差点部および、静止状態の4種類の試験が行われた。曲線部においては試験道路における曲線区間の追従挙動を取得した。直線部においては直線部分である1200mを基準長として速度がSinカーブを描くような走行を行った。表2は試験条件および取得データ数一覧である。尚、これらの試験は走行内容をランダムに並び替え、さらに配車順列及び運転者パターンを任意に変えて行った。

表2 試験条件一覧

道路区分	走行モード	内容	取得データ数
Curve (曲線部)	V40	40Km/h一定走行	2
	V60	60Km/h一定走行	2
	V80	直線部: 80Km/h・曲線部: 安全な速度	8
Highway (直線部)	Halfwave_080	平均40Km/h・最大60Km/hの正弦半波長	6
	Halfwave_080	平均40Km/h・最大80Km/hの正弦半波長	4
	OneWave+	平均50Km/h±20Km/hの正弦1波長++	4
	OneWave-	平均50Km/h±20Km/hの正弦1波長--	4
	TwoWaves+	平均50Km/h±20Km/hの正弦2波長++	4
	TwoWaves-	平均50Km/h±20Km/hの正弦2波長--	4
	ThreeWaves+	平均50Km/h±20Km/hの正弦3波長++	4
	ThreeWaves-	平均50Km/h±20Km/hの正弦3波長--	5
	Random	40Km/h～80Km/hの自由走行	8
	V20	20Km/h一定走行	3
	V40	40Km/h一定走行	4
	V60	60Km/h一定走行	2
	V80	80Km/h一定走行	4
Intersection (交差点部)	Acceler_040	加速傾向・信号の40m手前で赤現示	4
	Acceler_100	加速傾向・信号の100m手前で赤現示	8
	Deceler_020	減速傾向・信号の20m手前で赤現示	4
	Deceler_100	減速傾向・信号の100m手前で赤現示	4
	Random_040	自由走行・信号の40m手前で赤現示	10
	Random_100	自由走行・信号の100m手前で赤現示	6
	V40_030	40Km/h一定・信号の30m手前で赤現示	4
	V40_100	40Km/h一定・信号の100m手前で赤現示	3
静止状態		一定車間における静止状態	5

3. 反応時間解析²⁾

反応時間を解析するにあたり、本研究では Gemunu S (2001) らによる図式解法を用いた。

3. 1 刺激—応答モデル

図式解法は刺激—応答モデルを使ったものであり、反応時間は時間によって変化するものであるという考えからきている。刺激—応答モデルの式は式1の通りにあらわせる。

$$\text{応答} = (\text{感度}) \times \text{刺激} \quad (1)$$

刺激—応答モデル (式1) でもっとも簡単なモデルは式2の通りである。

$$\ddot{x}_i(t+T) = \lambda \left[\dot{x}_i(t) - \dot{x}_{i-1}(t) \right] \quad (2)$$

i: 追従車、i-1: 前走車、t: 時刻、T: 反応時間、 $\dot{x}$: 速度
 $\ddot{x}$: 加速度、 λ : 感度定数

3. 2 図式解法

刺激—応答モデル (式1) を用いて反応時間を算出する方法の一つに、図式解法がある。図式解法は、まず刺激における極小または極大点を探し出し、次にその点に対応する点を応答より探しだすことによって、それらの2点の差を反応時間とするものである。

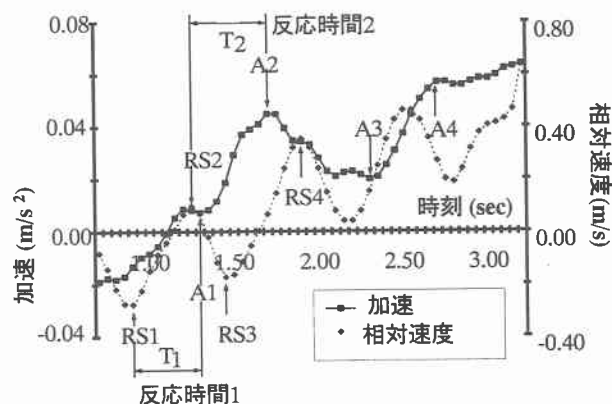


図2 刺激—応答モデルにおける図式解法

図2は図式解法を使った反応時間の求め方を示したグラフである。波線が相対速度、実線が加速度を示している。横軸は時刻、第一縦軸は加速度、第二縦軸は相対速度を示している。

例えば、RS1は相対速度における極小点である。そして視覚的にみて加速度におけるRS1に一番近い極小点はA1である。この場合、点RS1と点A1との時刻差T1が反応時間となる。同様に、相対速度においてRS2、加速度においてA2が対応しており、これらの時間差T2が反応時間と定義できる。RS3とA3、RS4とA4についても同じことが言える。

4. 結果

本研究では直線部走行実験について反応時間解析を行った。そして算出された反応時間の発生要因について考えてみた。

4. 1 反応時間解析結果

図3はある試験結果の一部である。上側に描かれているグラフは相対速度(Km/h)、下側に描かれているグラフは加速度(m/s²)を示している。横軸は時刻(s)であり、大きい点は反応時間算出に用いられた極大、極小点である。おおむね一台あたり15点の反応時間算出点が得られ、一実験あたり130点程度の測定点が得られた。

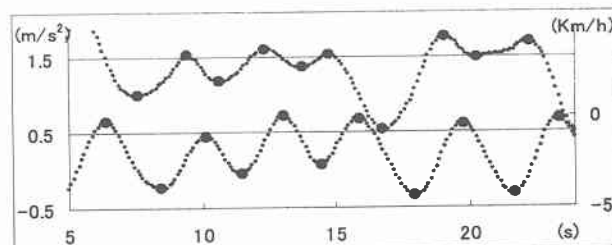


図3 図式解法を用いた反応時間算出点

4. 2 反応時間とその他の要因との関係

図4より図7はそれぞれ、車間、加速度、速度、相対速度と反応時間の関係を示している。車間、加速度、相対速度および速度はすべて相対速度の極大、極小点におけるものである。そのため、求められた反応時間は式3のようにあらわせる。よって式2で得られる加速度と図5の加速度は異なるものであり独立した値であるといえる。

$$T(t) = f(\text{車間}, \text{加速度}, \text{速度}, \text{相対速度}) \dots \text{式(3)}$$

横軸はそれぞれ、車間(m)、加速度(m/s²)、速度(Km/h)、相対速度(Km/h)をあらわし、縦軸は反応時間(s)をあらわす。これらの結果はいずれも走行モード Onewave (表2参照) の一実験の結果を用いており、9台全ての反応時間が含まれている。測定点は83点である。これらの図より、反応時間はおおむね3秒以内でありいずれの要因に対しても広く分布している事が分かる。車間が短いときや、加減速をしている時は反応時間短い傾向にあるといえる。

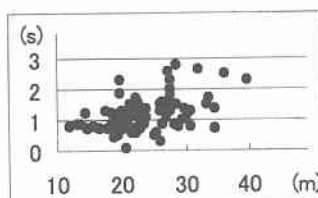


図4 車間—反応時間

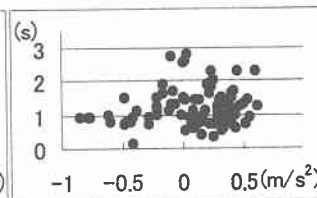


図5 加速度—反応時間

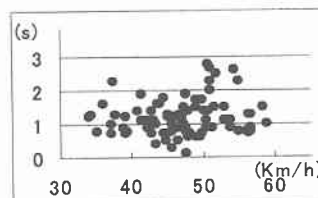


図6 速度—反応時間

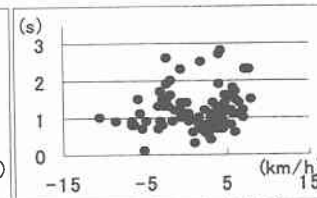


図7 相対速度—反応時間

5. 参考文献

- 1) 開発土木研究所交通研究室, 2000, 北海道の交通事故統計がクッパク
- 2) Gemunu S. GURUSINGHE et. al., A Car Following Model Incorporating Excess Critical Speed Concept, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 4, No.2, pp.171-184, 2001