

IV-115 渋滞流における追従挙動モデルの検証

建設省 正員 大庭孝之 東京大学 正員 越 正毅
 東京大学 正員 桑原雅夫 千葉工大 正員 赤羽弘和

1. まえがき 都市間高速道路のトンネル入口、サグをボトルネックとする自然渋滞現象の再現を目的とした渋滞流における追従挙動モデルが新たに提案されている⁽¹⁾。シミュレーションによれば実測される現象に近い現象が再現できるが、このモデルはあくまでも仮説であり、実測データを用いた検証を行なう必要がある。

本研究では、速度、加速度、車間距離等の測定装置を搭載した追従試験車⁽²⁾により得た中央自動車道での実測データを用いてモデルの検証を行なった。

2. 新たに提案されている追従挙動モデル 渋滞が発生した後は、サグあるいはトンネル入口を頭に低速の渋滞列ができ、このボトルネックから低いフローレートで緩慢な加速流出が行なわれるという状態で安定する。このような現象を引き起こす渋滞時の追従挙動のモデル式として、従来の非線形モデル式に実車間距離と希望車間距離との差、つまり車間距離余裕に比例する加速度成分と、縦断勾配差による走行抵抗の増分に比例する負の加速度成分を加えた式(1)が提案されている。

$$\begin{aligned} \dot{V}_2(t) = & \alpha \frac{1}{[S(t-T_1)]^l} [V_1(t-T_1) - V_2(t-T_1)] \\ & + \beta \frac{1}{[S(t-T_2)]^m} \{ S(t-T_2) - f[V(t-T_2)] \} \\ & + \gamma \sin \theta \end{aligned} \quad (1)$$

ここで $\dot{V}_2(t)$: 後続車加速度 $V_1(t), V_2(t)$: 先行車及び後続車速度 $S(t)$: 車間距離
 $f(V)$: 運転者の希望車間距離 θ : サグの勾配差 T_1, T_2 : 反応遅れ
 t : 時刻 $\alpha, \beta, \gamma, l, m$: パラメータ

第2項は渋滞流中では先行車によって加速が妨げられており、先行車が加速して車間距離に余裕ができてはじめて後続車も加速できること、いわば先行車に「引っ張られながら」追従している「負圧」の流れを表わしている。

3. 速度と車間距離の分布 図1は中央道における速度と車間距離の分布である。速度55km/hを境界に自由流域と渋滞流域にわけられる。定常状態 ($-0.05g < \text{加速度} < 0.05g$) の平均的な速度と車間距離の関係を2次曲線で近似し、これを式(1)の希望車間距離 $f(V)$ と仮定する。

渋滞流においては、速度と車間距離の関係がほぼ同一の曲線上に分布するものの、自由流においては、速度に対する車間距離のとり方に弾力性がある。

4. 追従挙動モデルの検証 追従挙動における反応遅れや感度がどのくらいなのか、追従挙動モデルの構造を検証する。

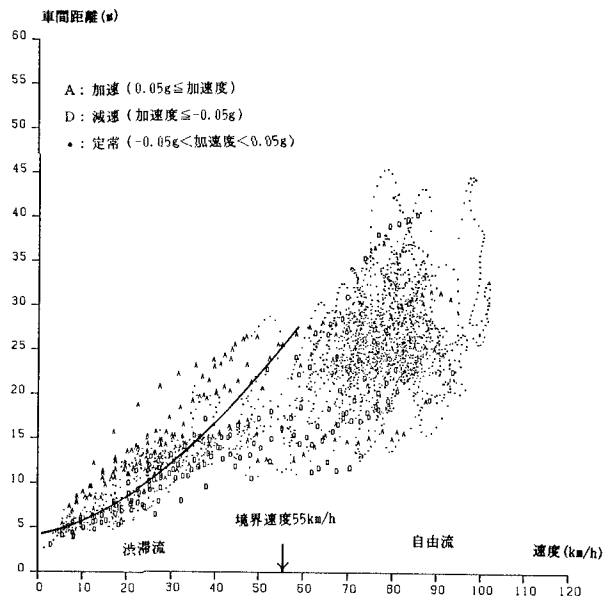


図1 速度と車間距離の分布

まず相対速度と加速度の回帰式（式(1)の第1項）を推定し、実測値と回帰値の残差を求める。そして残差と車間距離余裕の関係（式(1)の第2項）を調べる。

①相対速度と加速度の関係 加速時、減速時で別々に反応遅れをそれぞれ一定として、回帰値と実測値との RMS 値(Root Mean Square)が最小となる反応遅れ T_1 及びパラメータ α 、 β の組合せを最確値とする方法をとった。反応遅れ T_1 は加速時 1.4秒、減速時 0.9秒となった。

図2は加速度の第1項による回帰値と実測値の関係である。相関係数は 0.857、RMS 値は 0.295 である。

②車間距離余裕と加速度残差の関係 反応遅れ T_1 を加減速別に一定としているために、第1項による回帰値と実測値との残差に短周期の雑音が含まれるので、残差の両側2秒の単純移動平均値と車間距離余裕を比較する。式(1)の $m=0$ として回帰分析を行なうと、 $T_2=5$ 秒の時に相関係数は最大となり、 $\beta=0.06$ となる。図3に示すように、車間距離余裕に5秒程度遅れて加速度残差が変化している。車間距離余裕に対する反応遅れ T_2 は、相対速度に対する反応遅れ T_1 よりもかなり大きいといえる。

図4は第1項+第2項の

回帰値と実測値の関係である。第2項を加えると、相関係数は 0.896 また RMS 値は 0.254 となり、第1項のみに比べ相関が高くなる。

5. まとめ 渋滞流における追従挙動モデル式には、従来から考えられてきた先行車との相対速度に依存する加速度成分の他に、車間距離余裕に依存する加速度成分が存在することを検証した。この車間距離余裕の検出には、相対速度の検出（反応遅れ1秒程度）に比べて、大きな反応遅れ（5秒程度）を伴うことがわかった。

本研究は昭和62年度科学研究費補助のもとで行なわれたことを付記します。

参考文献

1) 越 正毅：高速道路のボトルネック容量 土木学会論文集第371号／IV-5 1986年7月

2) 大庭孝之：車両の追従挙動に関する実験的研究

東京大学修士論文 1988年2月

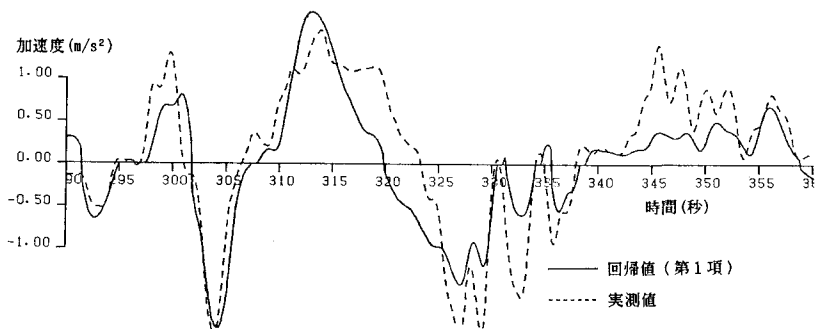


図2 第1項による回帰値と実測値の関係

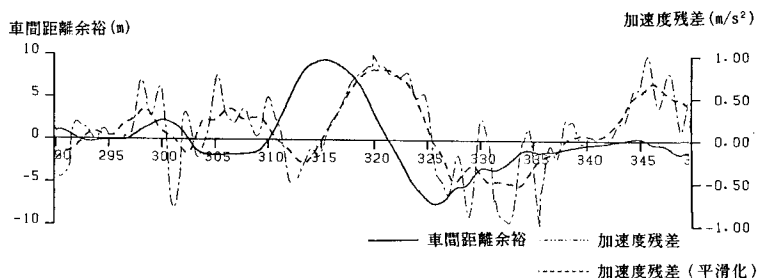


図3 車間距離余裕と加速度残差の関係

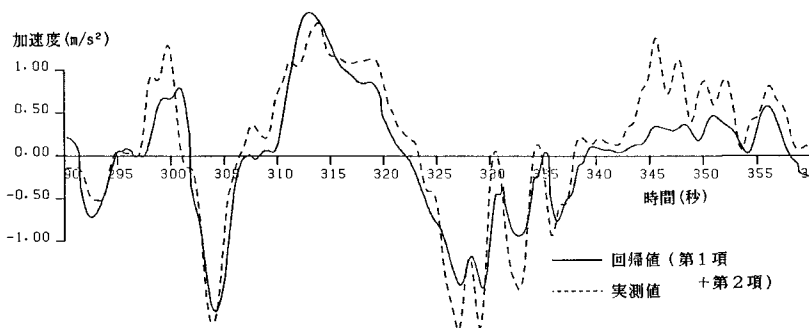


図4 第1、2項による回帰値と実測値の関係