

自動車発進時における高齢者ドライバーの運転特性

九州工業大学	学生会員	猪井 知明
不動技研工業(株)	非会員	松下 真輔
九州工業大学	正会員	寺町 賢一
九州工業大学	正会員	渡辺 義則

1 はじめに

現在、都市部での自動車の渋滞が深刻になっておりその状況は悪化している。その理由としては、自動車の保有台数が年々増加していることや、人々が日常の足として自動車を利用するようになってきていることその他に、高齢者ドライバーの増加が挙げられる。

特に信号交差点での渋滞を考えた時、自動車運転ドライバー一人一人の発進行動が直接交通流に影響を与え、高齢者ドライバーは特にゆっくりと発進することを考えると、個々の運転者、特に一般、高齢者ドライバーの自動車発進時における運転特性に有意な差があるのではないかと予想される。

そこで本研究では、走行実験による測定加速度から推定した発進挙動モデルのヒューマンファクターと年代との関係性を分析することによって、発進時の自動車ドライバーの運転行動と年代の関係性を明らかにする。

2. 発進挙動モデル

信号交差点からの車群の発進を予測するため、自動制御理論を用いてマンマシンシステムモデルを作成した。図1は追従車の発進挙動モデルであり、点線で囲まれた部分が先頭車モデルである。

目標速度 V_p を入力したときに時々刻々の自動車発進時の速度を出力するものである。追従車モデルの入力は V_p の他に先行車情報が必要となるため、先頭車速度 V_L と相対車間距離 $(X_L - X_F) - X_p$ をモデル入力に追加した。

ここで、モデルの自動車性能に関する要素 (A, K_1, K_V, B, M) は諸元により決定されるため、ドライバーの運転特性を表すヒューマンファクター ($L, H_V, H_\alpha, P_1, P_2, H_X, T$) について以下に詳しく説明する。

e^{-sL} とは人の反応遅れ時間を表す伝達関数である。先頭車の場合には信号が青に変わってからドライバーがアクセルを踏み始めるまでにかかる時間で、追従車の場合には先行車が動き始めてから追従車ドライバーがアクセルを踏み始めるまでにかかる時間である。

$G_2(s)$ とは人の二次遅れを表す伝達関数である。人はアクセルペダルを踏み込むという操作を、ステップ的ではなく緩やかに行うと考えられるので、これを $G_2(s)$ によって表現する。

$H_\alpha (g \cdot s^2 / m)$ とは加速度に対するドライバー応答関数、 $H_V (g \cdot s / m)$ とは目標速度と現在の速度の差に対するドライバー応答関数、 $H_X (g / m)$ とは先行車と追従車の車間距離に対するドライバー応答関数、 $T(s)$ とはドライバーの将来の車間距離の予測を表す。

なお、1速時と2速以降時の二次遅れには差が生じるので、1速時を P_1 、2速以降時を P_2 とする。

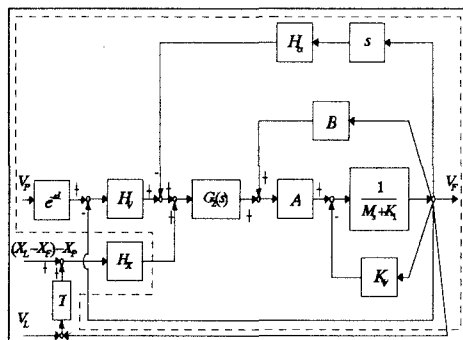


図1 追従車の発進挙動モデル

- V_p : 目標速度
- L : 反応遅れ時間
- V_L : 先行車速度
- V_F : 追従車速度
- X_p : 目標車間距離
- X_L : 先行車の位置
- X_F : 追従車の位置
- B : 燃料消費量を補う伝達関数
- A, K_1, K_V : 自動車性能に関する定数
- M : 自動車の走行時における換算質量

$$G_2(s) = \left(\frac{1}{Ps+1} \right)^2 : \text{二次遅れ}$$

走行実験の被験者については、先頭車に関して20代男性2人・30代女性1人・40代男女1人ずつ・50代女性1人・60代男性1人、追従車に関して20代男性4人・40代男性1人である。

ヒューマンファクターのうち、反応遅れ時間 L は走行実験より求められ、その他は走行実験で得られた測定加速度と理論加速度の二乗誤差が最小になるように推定する。

3. 先頭車・追従車モデルのヒューマンファクター

先頭車、追従車モデルに共通のヒューマンファクターについて、 L は有意水準1%で、 H_v 、 H_a 、 P_1 、 P_{23} については有意水準5%で検定したところ、今回の被験者に関して有意差は見られなかった。よって両モデルのパラメータは同一のものとみなす。

そこで、先頭車モデルのヒューマンファクターと年代との関係について回帰分析した結果、 L と H_v について年代との間に関係があり、図2に走行実験で得られた L の分布とその回帰直線を、図3に走行実験で得られた H_v の分布とその回帰直線を示す。その他のヒューマンファクターについては年代による差は見られなかった。推定したヒューマンファクター平均値はそれぞれ $\overline{H_a} = 2.37 (g \cdot s^2/m)$ 、 $\overline{P_1} = 0.54 (s)$ 、 $\overline{P_{23}} = 0.13 (s)$ である。また全てのヒューマンファクターにおいて性別との関係を有意水準5%で検定した結果、性別による差はないことが明らかになった。

ここで反応遅れ時間と全ての年代のデータとの回帰直線の相関係数は低い値(図2の②)になり、これは50代の被験者ドライバーに原因があると考えられるので、これを除いた回帰分析の結果が図2の①である。

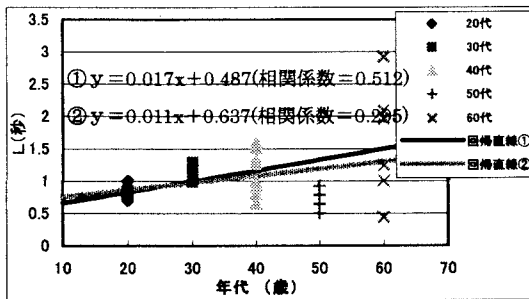


図2 L の分布とその回帰直線

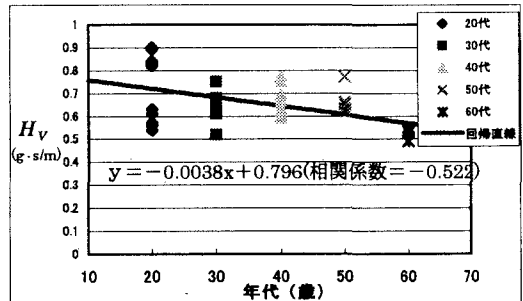


図3 H_v の分布とその回帰直線

4. 年代による自動車発進挙動

図2, 3から L と H_v の値を年齢別(30代と60代)に分けて算出し、図1のモデルを用いて自動車発進挙動を求めると年齢差による自動車発進時の加速度の違いは図4となる。

また、この結果を利用して交差点交通容量(信号青時間30秒あたり)を年代別に算定すると、一般ドライバーのみのときは17台、高齢者ドライバーを40%混入すると16台となった。

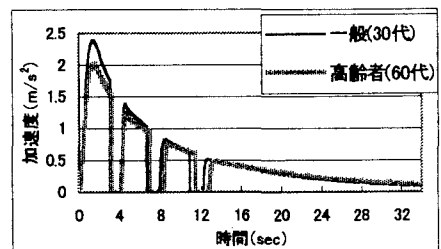


図4 年代差による加速度の比較

5. 結論

本研究の結果を以下に示す。

- ・先頭車、追従車モデルに共通のヒューマンファクターに違いはない。
- ・全てのヒューマンファクターについて、性別による違いはない。
- ・ H_a 、 P_1 、 P_{23} については年代による違いはないが、 L 、 H_v は年代による違いがある。
- ・高齢者ドライバーを混入すると青信号30秒あたりの交通容量の差は1台となった。

この結果が示すことは、高齢者ドライバーは一般ドライバーに比べて発進時にゆっくり加速するということであり、発進挙動モデルを用いることによりドライバーの年代による違いを再現可能となった。