

運転支援システムを有する高齢者用車両構築に関する研究

—シミュレーションによる検討—

日大生産工（院）○武井 孝行 日大生産工 景山 一郎

1. まえがき

我が国は、少子化による若年層の人口低下に加え平均寿命の上昇、団塊世代の高齢化などの影響で社会の高齢化が急速に進んでいる。そのため、高齢者全てに人の手による支援が今後困難になると予想され、日常生活の自立が重要になってくる。自立した生活を送るためには通院や衣食物購入のための移動手段が必要になり、その中でも自動車は重要な役割を果たしている。問題点として高齢ドライバーの運転行動の1つに挙げられる顕著な加減速動作が他の車両に危険な影響を与える可能性がある⁽¹⁾。対策として、運転支援システムが有効であると考えられるが、非高齢者に比べ個人差が多く、システムとの相性が受容性を妨げている。本研究では、高齢ドライバーが受容する運転支援システムの構築を目的とし、第一段階としてシミュレーションで検討を行った。

ハンドル角・トルク、アクセル開度やブレーキ踏力等のドライバーの入力動作を計測する装置、速度・3軸加速度・角速度や車両位置の車両状態量を計測する装置、車間距離や周辺環境を計測する装置である。ドライバーがアクセルを入力することで、その信号がDSP（Digital Signal Processor）内で処理され、各前輪に組み込まれた電動機へ必要な電圧を印加する指令を出力する。



Fig.1 Driver Monitoring Car

2. 運転行動計測

2. 1 実験車両

実験車両は超小型電気自動車を用いる。高齢ドライバーは日常生活の足として自動車を使用することが多いため、このような車両は有用であると考えられる。計測装置は大きく3つに分けられる。

3. シミュレーションモデルの構築

3. 1 モデル構築のための実車実験

ドライバーの運転行動を計測するため実車両での計測を行った。高齢ドライバーの特性として深視力の低下がみられる。この特性から実験条件は前方車両へ追従する実験を行った。

A Study on Aged Driver vehicle for Driving Support System

—Examination by Simulation—

Takayuki TAKEI, Ichiro KAGEYAMA

前方車両には国産3000ccの普通乗用車を用い、自車両には超小型電気自動車を使用した。前方車両は時速10, 20, 30kmの速度で直線走行を行った。自車両は前方車両に日常の運転行動と同じように加減速度や車間距離を心がけてもらった。

3. 2 車両モデルの構築

車両前後方向制御を行うため前後方向モデルの構築を行った。モデルの要素は電動機及び車両の二つに分けられる。電動機はドライバのアクセル開度 A_{Pedal} 及びブレーキ踏力 B_{Pedal} の2入力を加えて駆動力 T を出力する。 $K_v v_{t-1}$ はモータの回転数($\omega \propto v$)の上昇に伴い、低下するトルクの係数 K_v を用いて低下の要素とした。車両モデルは駆動力を入力として速度抵抗の係数 K_{air} と速度 v の自乗を掛け合わせたものと転がり抵抗 Rr を車両質量 m で除し、加速度 α を出力する。急激な加減速動作を行わずピッチ運動やスリップ率による駆動力の変化は発生しないことを条件に盛り込みモデルの簡略化を行った。下記に数式モデルを示す。

$$T = K_A A_{Pedal} + K_B B_{Pedal} - K_v v_{t-1} \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{TR^{-1} - K_{air} v^2 - Rr}{m} \quad (2)$$

車両の電動機内部の抵抗を知るために、実際の走行データを用いて各パラメータを最急降下法により求めた。各パラメータを適応し、複数回走行したデータを用いて車両モデルの検証を行った。実験で計測したアクセル開度及び、ブレーキ踏力を入力とし速度を出力した。実験での速度とモデルから算出した速度の比較の一例を図2に示す。車両モデルは各速度に置いて同じ挙動を示すことが出来た。

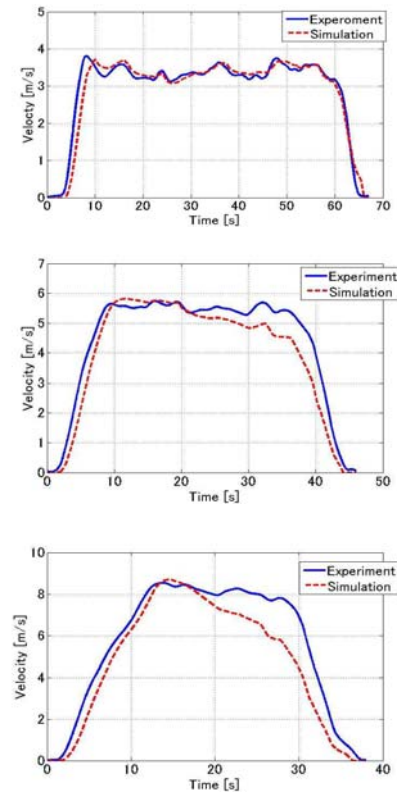


Fig.2 Vehicle Response

3. 3 ドライバモデルの構築

前方車両追従時にドライバは速度に応じた目標の車間距離 x_l を維持していると考え、各一定速度走行及び車間距離の定常値から傾き a , 切片 b の近似直線を作成し、速度を変数とした希望車間距離を算出する関数(3)式を求めた。

$$x_l = av + b \quad (3)$$

前方車両を追従するドライバが操作するアクセル開度やブレーキ踏力を出すためのトルク指令 T^* は運転動作を希望車間距離偏差 ε (目標の車間距離と現在の車間距離の偏差)と、相対速度 $\dot{\varepsilon}$ から下記のような(4)式で表現できる⁽²⁾。 K_p ,

$$T^* = K_p \varepsilon + K_d \dot{\varepsilon} \quad (4)$$

希望車間距離偏差に対しての比例係数や微分係数は実験値の希望車間距離偏差の誤差自乗和が最小になる係数を決定した。

$$J = \int_0^\infty \varepsilon^2(t) dt \quad (5)$$

ドライバモデルの出力 T は車両モデルとの整合性を取るためにアクセル開度やブレーキ踏力に変換を行っている。

$$\begin{aligned} A_{Pedal} &= T^* / K_A (T^* \geq 0) \\ B_{Pedal} &= T^* / K_B (T^* \leq 0) \end{aligned} \quad (6)$$

ドライバモデルと車両モデルを組み合わせ、入力を前方車両速度としその時の速度応答を図3に示す。結果として前方車両の速度を入力とした時、発進から停止までの挙動を行えるモデルの構築が行えた。

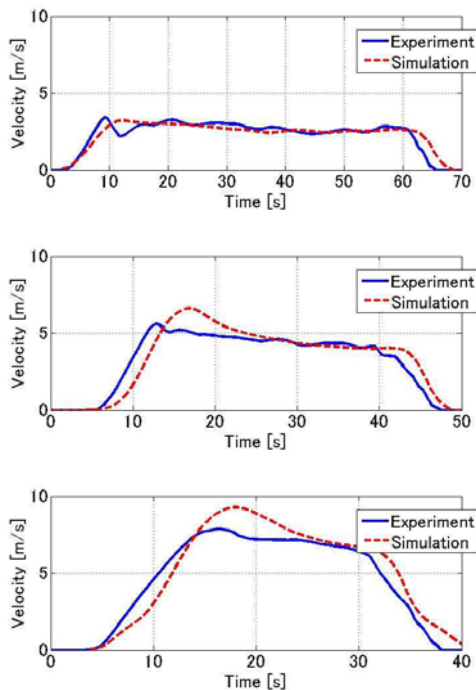


Fig.3 Simulation(Driver Model & Vehicle Model)

3. 3 制御システム

ドライバとシステムの両者が一つのシステムを制御する方法として、主にロボットのアクチュエータの制御に用いられるインピーダンス制御を用いた。概略としてユーザがアクチュエータを操作する時にアクチュエータ自身に搭載されている各種センサからユーザの力や変位などを計測し、支援量を決定するものである。この支援を行うことによりアクチュエータ自身が本来もつ慣性や粘性などの特性を擬似的に望む値に変更するものがある。

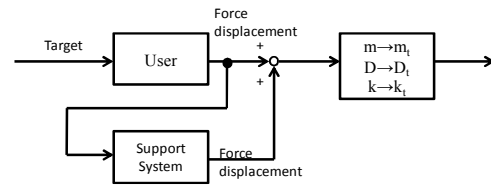


Fig.4 Outline of Impedance Control System

前方車両に追従するドライバの制御動作を自車両加速度 α 、相対速度 $\dot{\varepsilon}$ 、目標車間距離偏差 ε と支援量 f を用いて式(7)のように

$$F = m\alpha + D\dot{\varepsilon} + k\varepsilon + f \quad (7)$$

と表現する。

次に目標とする制御動作を式(8)のように

$$F = m_t\alpha + D_t v + k_t x \quad (8)$$

とするとき、目標の動作にするための支援力 f は

$$f = -[(m - m_t)\alpha + (D - D_t)v + (k - k_t)x] \quad (9)$$

となる。

前方車両追従動作では3種類の状態に分類できる。

- 1) 希望車間距離と現在の車間距離に差がある。または、前方車両が加速を行っている場合に自車両も加速を行う加速状態。
- 2) 前方車両が一定速度で走行している場合に自車両が希望車間距離を維持しながら走行する追従状態。
- 3) 追従状態から前方車両が減速を行う。または、希望車間距離に接近した場合に行う減速状態。

この3種類の走行状態に高齢ドライバ及びドライバの運転行動を当てはめ必要と考えられる支援量の概略を決定した。

加速状態では前方車両の発進に対してのアクセル開度の不足。加速中に前方車両へ接近した場合に距離の把握不足による急激な減速動作が考えられる。定常状態ではアクセル開度等の適切な調整不足によるアクセル開度のギクシャク動作の可能性がある。減速状態では一般的に大きな減速動作を行い易い傾向にある。また、前方車両が減速を行った場合にも距離の把握不足による急激な減速動作が考えられる。

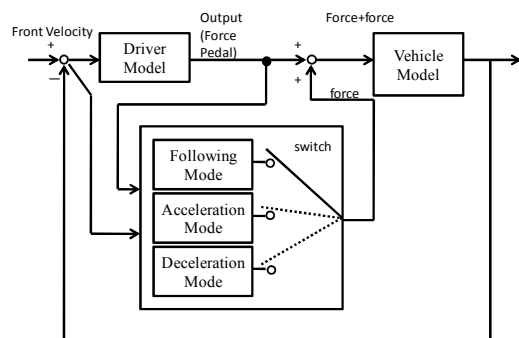


Fig.5 Block diagram of Control System

4. シミュレーションによる検討

実験条件は前方車両の発進から一定速度で走行し、停止するまでを行った。また、各速度条件に対して、システム有りシステム無しの走行データを比較した。以下にシミュレーションの一部を示す。

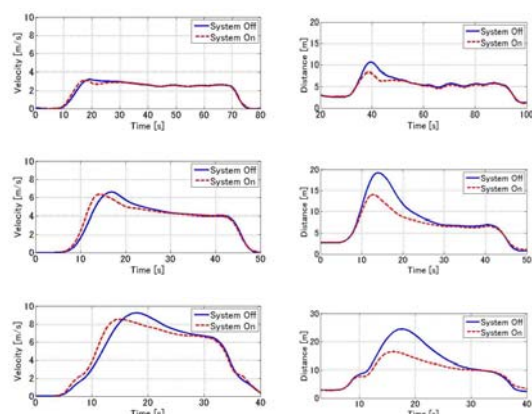


Fig.6 Result of Support System

時速10kmでの速度軌跡はシステムの有り無しではあまり大きな変化は無い。車間距離の比較は若干の制御成績が向上している。時速20, 30kmの速度軌跡は共に立ち上がりシステム無しより早いため、その後の車間距離が抑えられている。次に各速度のシステム有り無しでの高齢ドライバーのアクセル開度を図7に示す。各速度において定常状態になるまでに発生するアクセル開度は滑らかになった。これによりドライバーが定常状態になるまでに行う振動的なアクセル開度の制御動作を抑制させる制御効果が得られることが確認できた。

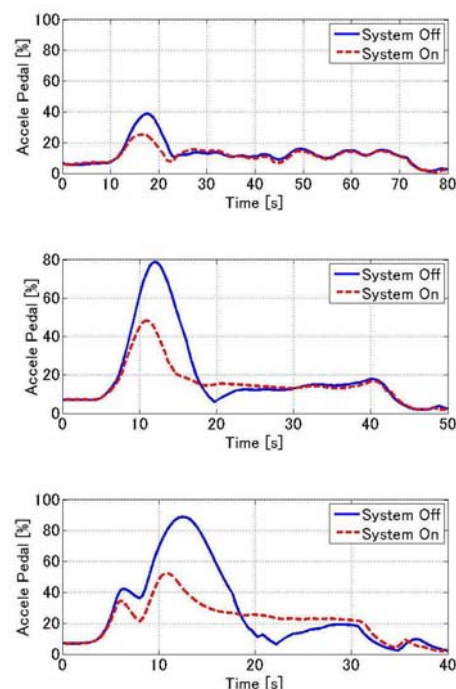


Fig.7 Result of Throttle Pedal Response

5 結論

本研究では高齢者用運転支援システムの構築を目的にシミュレーション段階での有効性の検証を行った。ドライバーの運転動作からドライバーモデル及び車両モデルを構築後、受容される可能性のある協調支援システムを車両の運動性能を変化させる手法で構築を行った。結果として目標車間距離偏差やアクセル開度のバラツキが減少し、運転の容易なシステムとなった。今後、実車両にシステムを搭載し乗り心地など主観評価を中心に実験を行っていく。

「参考文献」

- 1) 宇野宏, 通常走行時の高齢ドライバーの特性, 自動車技術会論文集Vol34, No.2, April 2003.
- 2) 澤田東一, 小口泰平, 車間距離制御における運転者の動作特性, 人間工学 Vol.33, No.6('97).
- 3) 飯島徹也 他, ブレーキ制御付ACCの開発, 自動車技術会学術講演会前刷集 No.114-9('99)