

IV-12

人工知能技法を用いた曲線走行時におけるドライバモデルに関する研究

北海道大学工学部 学生員 野見山 尚志 横山 貴士
 " 学生員 M.HADJIHOSSEINLOU
 " 正員 中辻 隆 小野寺 雄輝

1. まえがき

近年急増している交通事故を未然に防ぐために有効な予防安全技術の開発が注目されている。このような状況に対して、自動車の高知能化を狙いとした安全実験車の開発が推進されている。そのために、人間の運転動作のモデル化は非常に重要である。人間の運転動作のモデル化とは、ドライバの操縦動作を数学的に表現することである。モデル化によって事故の防止、事故の再現、道路の線形設計、あるいは人間の運動特性をとらえることができる。

ドライバモデルに関する研究には、直線モデル、曲線モデル、車線変更モデル、追従モデルなどがあり、様々な手法で研究がされてきた。これまでの解析では、主に人間-自動車系の基礎資料作成という観点から行われているため、線形ドライバモデルがほとんどであった。しかし、線形ドライバモデルだけでは人間の運転動作を解析することは困難であり、非線形ドライバモデルが必要となっている

本研究では、ニューラルネットワークシステム(以下NNSと略記)を適用し、カーブ走行時におけるドライバモデルを実車実験をもとに構築した。

2. 既存のドライバモデル

2. 1 二次予測モデル

このモデルでは運転者は現在の位置および速度方向だけでなく、速度方向の変化をも視界が回転することや横加速度を受けることによって感知し、 τ 秒後の到達位置 (x', y') を以下のように予測する。

図1のように重心点の速度 V と x 軸のなす角を進路角 ν とすると、

$$V_x = V \cos \beta$$

$$V_y = V \sin \beta$$

$\nu = \beta + \phi$ であるので、車両位置は、

$$x(t) = \int V \sin \nu dt$$

$$y(t) = \int V \cos \nu dt \quad \text{となる。}$$

二次予測モデルでは現在の位置を (x_0, y_0) 、進路角を ν_0 として将来の位置を円弧的に予測する。すなわち、 V を一定、 $\nu = \nu_0 + \hat{\nu}t$ と考えて、

$$x' = x_0 + \int_0^{\tau} V \sin(\nu_0 + \hat{\nu}t) dt$$

$$y' = y_0 + \int_0^{\tau} V \cos(\nu_0 + \hat{\nu}t) dt$$

を得る。これより τ 秒後の前方でのコース (X', Y') との誤差を、

$\varepsilon = \sqrt{(x' - X')^2 + (y' - Y')^2}$ と予測して修正操舵する。

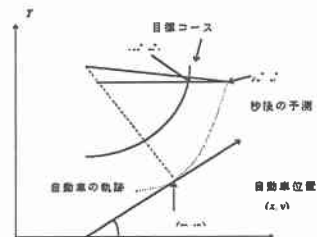


図1 二次予測モデル

2. 2 NNSモデル

NNSモデルは、車線変更やカーブについてシミュレーターを使用して車速一定で行っている。つまり、操向制御のみについてモデル化している。

入力情報としては20、40、60、80(m)前方の左右変位誤差について、0.1、0.2、0.3、0.4(sec)前の値を用い(4×4=16入力)とし、出力情報としては前輪操舵角としている。

3. バックプロパゲーション学習法

本研究ではバックプロパゲーション学習が可能なパターン連想型のNNSを使用した。

この方式の特徴は、目的とする系の入力値と出力値の組を用意し、これを教師信号として繰り返し学習させると、その学習した系が徐々に目的の系に近づくという点にある。すなわち、これをドライバモデルに応用すれば、ドライバの特性が自動的にモデル化される。

以下、ここでは、繁雑になるのを防ぐために最終層を例にとり、バックプロパゲーション学習法を説明する。

形式ニューロンにおける情報処理は以下のように行われるものとする。すなわち、ニューロンへの n 個の入力を X_i ($i=1\sim n$)、ニューロンの出力を o とすると、入出力の関係は式 (1) で記述できる。

$$o = f(u) = f\left(\sum_{i=1}^n W_i \cdot X_i\right) \quad (1)$$

ここで、 u はニューロンの内部状態、 W_i は結合の重みである。また、 f は出力関数で (2) 式で表されるシグモイド関数を使用する。

$$f(u) = \frac{2}{1 + \exp(-a \cdot u)} - 1 \quad (2)$$

実際のNNSは多層構造となっているため、入力 X_i は前層の出力であり、出力は次層の入力となる。この形式ニューロンの処理のネットワーク化により入力値から出力値が順次計算される。

学習前には結合の重みがランダムな数値で与えられているため最終出力も教師信号の出力とはかけ離れたものになっているが、この重みを以下のバックプロパゲーション学習アルゴリズムにより修正する。出力 o に対して、教師信号 d との差により、その層の学習信号 δ が (3) によって計算される。

$$\delta = (d - o) \cdot f'(u) \quad (3)$$

ここで f' は前述の f の微分関数である。さらに

(4) 式により結合の重みの修正値 $\Delta W_i(n+1)$ を求める。

$$\Delta W_i(n+1) = \eta \cdot \delta \cdot X_i + \alpha \cdot \Delta W_i(n) \quad (4)$$

ここで、 $\Delta W_i(n)$ は前回の学習時の結合の重みの修正値で、 η は学習定数、 α は安定化定数である。最

終出力層のユニットの学習信号を用いて、(5) 式によってその直前層の学習信号 δ_i が再帰的に計算される。

$$\delta_i = f'(u_i) \cdot \delta \cdot W_i \quad (5)$$

ここで、 u_i は、 δ_i の層のユニットの内部状態である。同様に (5) 式により、学習信号の計算が出力層から入力層へ通常の信号の流れとは逆に伝播する。

4. 実車走行実験

4. 1 実験コース

本研究では図2に表したようなコースをテストコース上に設置した。一般公道旋回路では直進路カーブの導入路としてクロソイド曲線路があるが、今回は解析およびコース製作上、単純化させる為にクロソイド部分は設定しなかった。

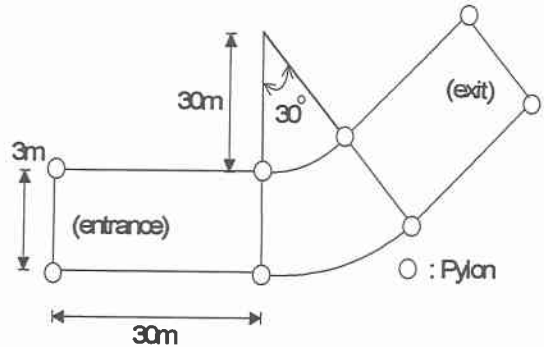


図2. テストコース

4. 2 実験条件

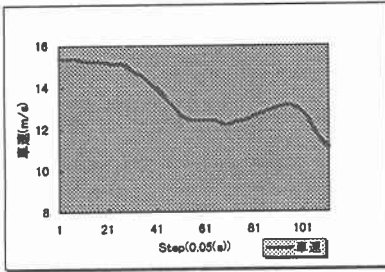
実験は、カーブ開始点の30m手前までに設定した車速(50km/h~60km/h)にし、出来るだけ通常走行することを指示した。

被験者は2人で、カーブの形状を変えた6コースをそれぞれ3回ずつ走行してもらった。

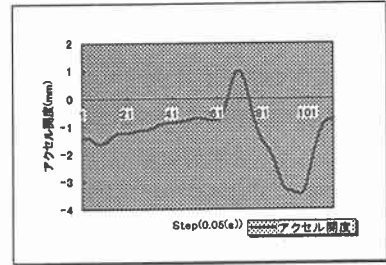
4. 3 実験結果

実験結果の中から、カーブの形状(31.5R、30°)の場合の走行結果を図3、図4に示す。

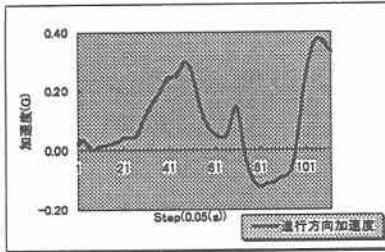
図3は車速制御に影響がありそうな実験結果であり、図4は操向制御に影響がありそうな実験結果である。



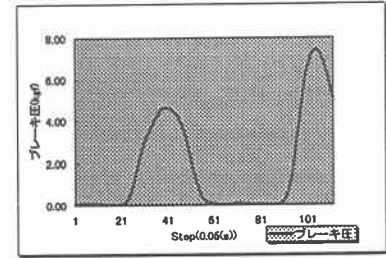
(1) 車速制御入力情報



(3) 車速制御出力情報

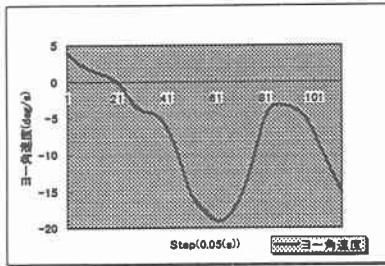


(2) 車速制御入力情報

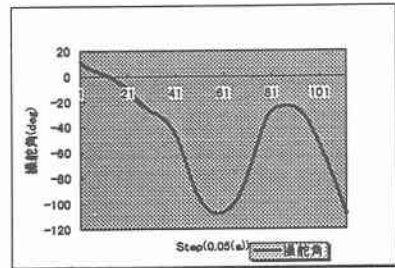


(4) 車速制御出力情報

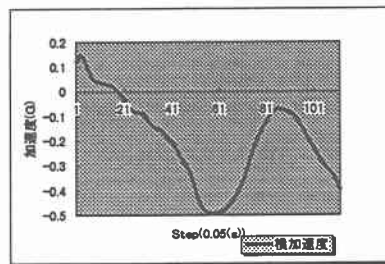
図4. 車速制御に影響のある実験結果



(1) 操向情報入力情報



(1) 操向制御出力情報



(2) 操向制御入力情報

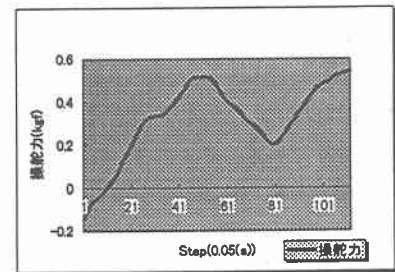


図5. 操向制御に影響のある実験結果

4. 4 実験の考察

車速制御に関する実験結果では、カーブ手前のある地点までに速度を落とし、カーブ走行中は一定速度を保っている。カーブ終了手前からもとの設定速度に戻そうとしている。スローインファーストアウト

トがよく表されている。

操向制御に関する実験結果では、これも車速制御の実験結果と同様カーブ手前からハンドルを切り始める。ハンドルを戻すのはカーブ終了手前から始まり、退出後しばらくしてハンドルを戻す。

5. モデルの構築

カーブ走行時のドライバモデルを構築するにあたってモデルを三つに分けた。

5. 1 カーブ進入部の車速制御モデル

このモデルでは、ドライバーは安全にカーブに進入するために、カーブのある程度手前で個人が固有に有している安全速度というものを持っているとし、その地点までに車速を安全速度に近づけるように車速制御すると考えた。入力データは車速、加速度、カーブまでの距離とし、出力データはアクセル開度、ブレーキ圧とした。

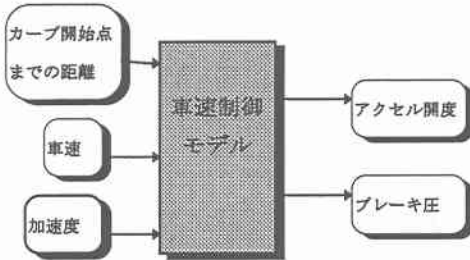


図6. モデル(1)の入出力情報

5. 2 カーブ走行中の車速、操向制御

このモデルでは、ドライバーはカーブ走行中、不快感を感じずにそしてコースからはみ出さないように車速制御をすると考え、入力データは横加速度、車速、加速度とした。またドライバーは0.5秒後、1.0秒後このままの状態で行進した場合のコースからのずれを予測し、このずれを小さくしようと操向制御するものと考え、入力データは0.5秒後、1.0秒後のコースからのずれとした。またこれにカーブの形状を加えた。

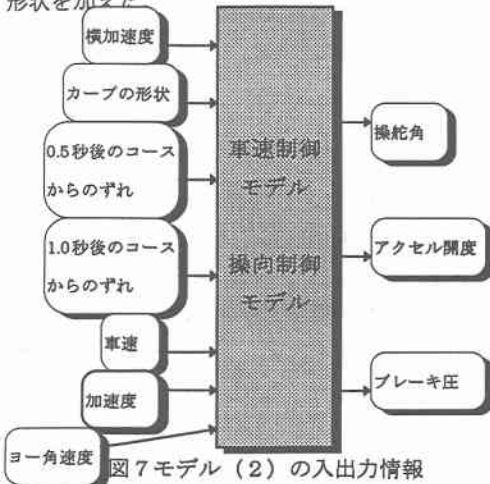


図7モデル(2)の入出力情報

5. 3 カーブ退出後の車速制御モデル

ここは、カーブ退出後に通常速度に戻すための車速制御モデルであり、入力データは車速、加速度とし、出力データはアクセル開度、ブレーキ圧とした。

6. 考察と今後の課題

NNSモデルの解析は今実際に解析中であり、層の数、ニューロンの数、学習回数などいろいろと試していく必要があると考えられる。また、0.5秒後、1.0秒後のコースからのずれなどは曖昧な部分があり、このような入力データについても検討が必要である。

本研究では、シミュレーターではなく実車実験を行って入力データ、出力データをを作成した。特に横変位などは車体に取り付けたビデオカメラからデータを取ったために誤差があったと思う。

今後は実車実験でより精度のいいデータを取ることも課題である。

7. 参考文献

- (1) 天野他；過減速を含むドライバモデルの研究、自動車技術会学術講演会前刷集 924, No. 924046 pp185-pp188, 1992
 - (2) 藤岡他；神経回路網（ニューラルネットワーク）を利用した運転者モデル研究、自動車技術会学術講演会前刷集 901, No.901062, pp261-pp264, 1990
 - (3) 藤岡他；神経回路網（ニューラルネットワーク）を利用した運転者モデル研究—第2報—一般路での走行シミュレーション、自動車技術会学術講演会前刷集 902, No.902262, pp189-pp192, 1990
- 景山；ニューラルネットワークを用いた人間—自動車系のモデル化、自動車技術, Vol.48, No12, 9439780 pp5-pp11