

視界不良時レーンキーピングシステムのシミュレーションによる評価

Evaluation by simulation of lane keeping system in poor visibility condition

○クアドラ・バニア*, 高梨宏之**, 御室哲志**

○Vannia CUADRA *, Hiroyuki TAKANASHI Tetsushi MIMURO **

*秋田県立大学大学院, **秋田県立大学

*Akita Prefectural Univ. , **Akita Prefectural Univ.

キーワード：車両力学(Vehicle Dynamics), シミュレーション(Simulation),
制御(Control), 車線維持(Lane Keeping)

連絡先：〒015-0055 秋田県由利本荘市土谷字海老ノロ 84-4

秋田県立大学 システム科学技術学部 機械知能システム学部 生活支援工学研究室

御室哲志, Tel. : 0184-27-2216, Fax. : 0184-27-2188, E-mail : mimuro@akita-pu.ac.jp

1. 緒 言

車の運転をする際、ドライバは交通環境から情報を得る。そして、それに対応した適切な運転操作を行う。悪天候時には視界が損なわれるので、安全で円滑な運転を確保しにくい状況になる。現在、悪天候時の対策は道路側、車両側の両方でされている。しかしまだ対策は不十分で、悪天候下での重大な事故も報告されている¹⁾。

現在、様々なレーンキーピング技術が実用化されているが、これらのシステムは悪天候では使用が困難である。そこで筆者らは悪天候時の利用を想定した路肩電波マーカを用いたレーンキーピングシステムを提案中である。

本研究ではレーンキーピングシミュレーションモデルを構築して基本機能を確認する。さらに視界不良時の状態を、レーン位置情報の劣

化で模擬することでレーンキーピング能力の評価を行う。

2. 悪天候による交通障害と対策状況

2.1 悪天候による交通障害

特に積雪寒冷地では、吹雪による視程障害が道路交通の安全確保にとって大きな障害となっている。北海道の平成7~12年の間をみても吹雪による通行止め件数は約20~50件の間で推移しており、吹雪は冬期通行止めの最も大きな要因となっている²⁾。また視界不良に伴う交通事故は、重大事故につながることが多い。

道路は社会のインフラの1つであり、安全で円滑な交通を確保することが今後、さらに重要になる。

2.2 これまでの視界確保対策

道路側の対策は路肩または中心線の半円容易化、照明による視野の確保などがある。車両側の対策としてはヘッドランプ、テールランプの視認性の改良、フォグランプ、リアフォグランプの拡充、ワイパーの払拭性能向上等が上げられる。

3. 路肩電波マーカを用いたレーンキーピングシステム構想

本論文では路肩電波マーカを用いて車線内を走行する支援を行うシステムをシミュレーション評価の対象とする。現在、実用化されているレーンキーピング技術は主にカメラの映像を処理したものである。しかし、豪雨や豪雪、地吹雪などの悪天候下では映像でのレーン認識が困難になる。そこで悪天候でも検知可能な電波で認識できるデリニエータ(視線誘導標)を路肩に設置する。自動車はこの電波装置を持ち、これによってレーン位置を推定し、車線内走行を支援する。

4. レーンキーピングシミュレーションモデル

本シミュレーションのブロック図を Fig.1 に示す。ドライバモデル中の前方予測では、車両前方にある到達予測位置と目標コースのずれ ε^* を検出し、比例定数である操舵ゲイン G_p とずれ ε^* に比例した角度をハンドル角 δ_H として出力する。このハンドル角 δ_H を車両モデルに入力し、ヨー角速度 ψ 、車両速度 V 等を出力する。車両モデルは2自由度車両モデル³⁾を使用する。

基本的なドライバモデルとして、一次予測による前方誤差補正モデル、二次予測による前方誤差補正モデル、プログラム操舵モデルなど様々ある⁴⁾。ここでは解析初期段階として一次予測による前方誤差補正モデルと二次予測による前方誤差補正モデルを用いた。一次予測による前方誤差補正モデルは、車両の現在位置 (X_p, Y_p) から車両固定の x 軸に沿って距離 $V \times \tau$ 先の点を到達予測位置 $(X_r(t+\tau), Y_r(t+\tau))$ とする。二次予測による前方誤差補正モデルの場合は Fig.2 に示すように車両の現在位置 (X_p, Y_p) から重心スリップ角 β やヨー角速度 ψ も考慮して到達予測位置を定める。

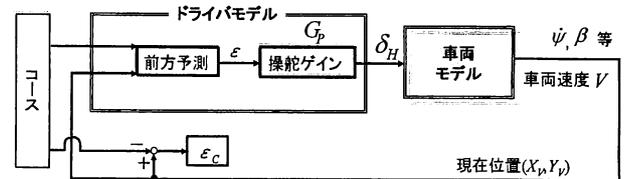


Fig.1 Block diagram of lane keeping system

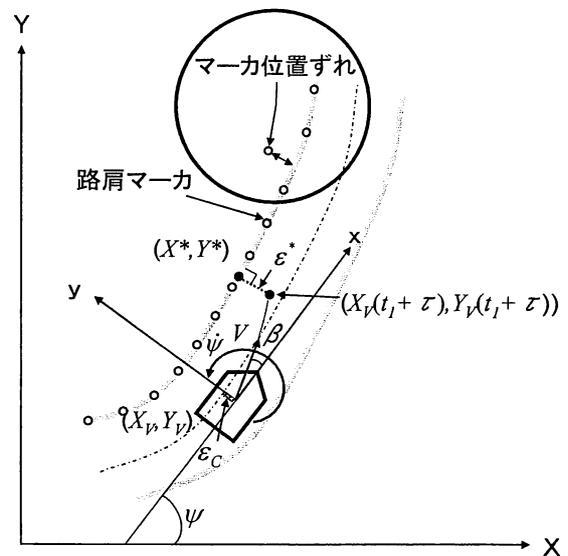


Fig.2 Second order prediction model

この2つのドライバモデルについて、直線コース、車速 60km の条件で、操舵ゲイン G_p を変えて行った、1レーン幅のコースずれ戻し制御結果を Fig3, Fig4 に示す。一次予測、二次予測モデルともに追従するまでの過渡応答に違いはあるものの目標コースに収束している。一次予測モデルは操舵ゲイン変更に対して、比較的鈍感である。二次予測モデルの方は操舵ゲイン G_p を上げていくと速応性はよくなるが、上げすぎると不安定になってしまう。2つのドライバモデルにはこのような特性がみられる。実際のドライバは更に複雑であり、上記のような特性を状況に応じて使い分けて運転していると考えられる。

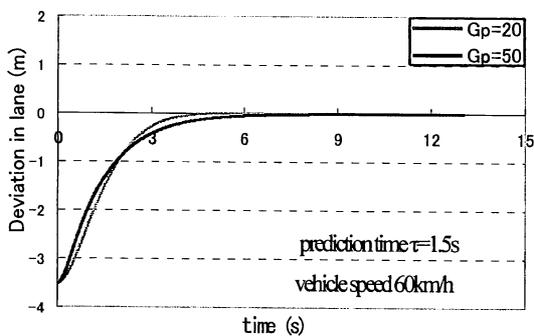


Fig.3 Step response of first order prediction model in straight course according to steering gain

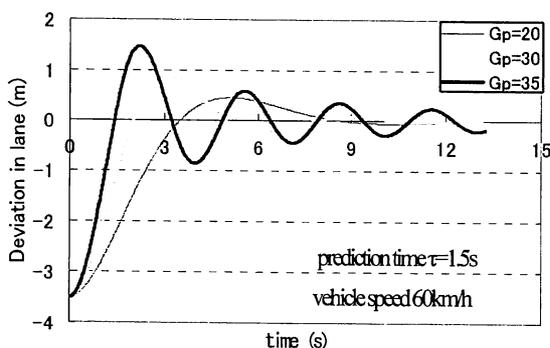


Fig.4 Step response of second order prediction model in straight course according to steering gain

5. 視界不良時レーンキーピングシステムのシミュレーション

視界不良がレーンキーピングに与える影響を検討する。コースは直線コースを使用し、ドライバモデルは一次予測モデルを用いる。通信(視程)距離が短くなる状況と路肩電波マーカの位置ずれという2つの状況をシミュレーションで模擬する。

5.1 レーン位置情報

通信(視程)距離が短くなる状況を、予測時間 τ を短くすることによって模擬する。そこで前出の1レーン幅のコースずれ戻し制御を使用する。Fig5に示すのは操舵ゲインが 20(deg/m)で、時速 60km の条件でのシミュレーションを行った結果である。予測時間が 1.5, 1.0, 0.5 と短くなることは、通信(前方)距離が 25m, 16m, 8.3m と短くなることに対応する。操舵ゲインを保ったまま通信距離を短くすると中心線と車両位置の誤差は振動的になる。特に予測時間が 0.5 秒の場合はこれが顕著になる。

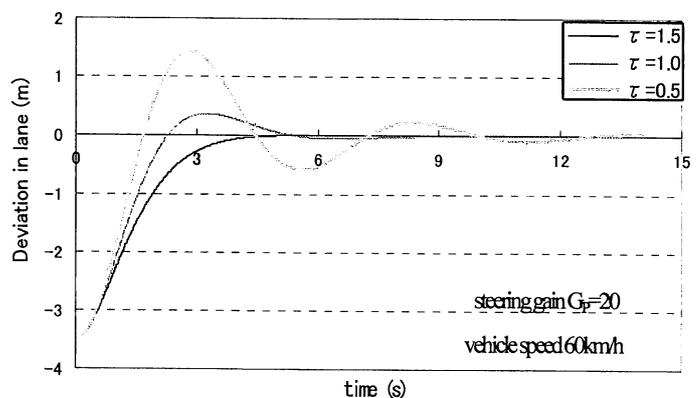


Fig.5 Step response of first order prediction model in straight course of each prediction time

5.2 路肩電波マーカ位置精度

路肩電波マーカ位置精度がレーンキーピングシステムにどのような影響を与えるかを直線コースでシミュレーションを行うことにより検討する。路肩電波マーカに Fig2 のサークル内に示すような位置ずれがでるものとする。位置ずれを、1本の路肩電波マーカが 1m, 2m, 3m の横ずれがあるものとしてシミュレーションコースを構築する。

ドライバモデルは一次予測による前方誤差補正モデルを用いた。Fig6 には一次予測による前方誤差補正モデルについてのシミュレーション結果を示す。これらのシミュレーション結果から路肩電波マーカ 1本に 1m~3m の誤差があった場合でも車両は車線内を走行することがわかった。3m 以上になると中心線と車両位置の誤差 0.1m と減少していく。

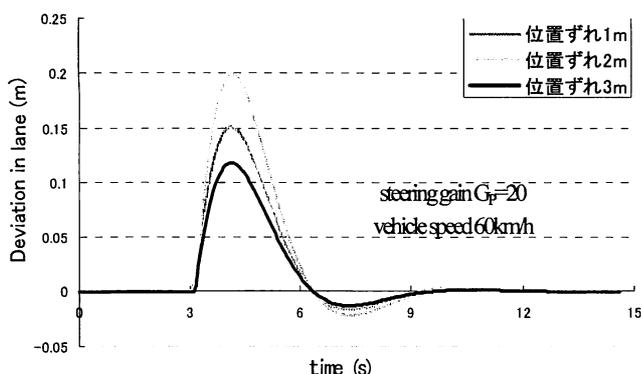


Fig.6 Disturbance by marker position error

6. 結論

通信(視程)距離が短くなるにつれて中心線と車両位置の誤差は振動的になる。特に予測時間が 0.5 秒の場合はこれが顕著になる。このケースでは 16m の通信距離を確保する必要がある。路肩電波マーカ位置精度ではマーカ 1本に 1m~3m の誤差があった場合でも車両は車線内を走行

することができる。3m 以上の誤差があると中心線と車両位置の誤差は減少していく。

今回の研究では一次予測モデルを用いたが、路肩電波マーカが曲線にある場合でのシミュレーション、視程が短い時の安定性を向上する操舵モデルへの改良が必要である。さらに路肩電波マーカ検出誤差に対してのフィルタリングの検討も必要である。

このようなシミュレーション評価を通して視界不良時レーンキーピングシステムの開発に寄与したいと考えている。

参考文献

- 1) 安藤和彦:交通視環境問題と交通事故, 照明学会誌, 2005
- 2) 寒地土木研究所:道路吹雪対策マニュアル, 2003
- 3) 自動車技術会:自動車技術ハンドブック, 基礎理論編, 1990, pp.203-207, 238-241
- 4) 吉本堅一:人間-自動車系のシミュレーション, 1971
- 5) 安倍正人:自動車の運動と制御 車両運動力学の理論形成と応用, 2008, PP223, PP243