

二輪車用ライディングシミュレータの構築と制御系設計に関する研究

日大生産工(院) ○草刈 政宏
日大生産工 景山 一郎

1. 緒言

二輪車は四輪車と比較すると構造的には簡単であるが、その運動を考えると考慮すべき自由度は多く、少なくともある速度領域では不安定な乗り物であり、人間(ライダー)が制御することにより初めて安定して走行することができる。またその逆も考えられ、安定であった車両もライダーの制御により不安定となる可能性がある。このことから、二輪車の運動を扱っていく際にはライダーの特性も考慮した、人間-二輪車系として扱っていく必要がある。

ライダー、車両の特性計測にあたっては、実車実験では、①ライダーの危険性が高い、②計測器等の積載スペースが限られる、③同一条件下での繰り返し実験が困難といった問題があるため、実車を擬似体験させるようなライディングシミュレータの使用が有効であると考えられる。

ここで、ライディングシミュレータを用い、ライダーの制御動作解析などを行う場合、ライディングシミュレータは実車に近い乗車・操縦感覚を再現していなければならない。これは、ライディングシミュレータを操縦するライダーに対して実車における操縦動作同様の動作を行わせる必要があるためである。したがって、ライダーの制御入力に対するライディングシミュレータの応答が、実車の感覚をいかに再現できているかが重要となる。

本研究では、これまで二輪車を制御するライダーの制御動作のアルゴリズムを解明することを目的とするライディングシミュレータ(図1)の構築を行ってきたが、実車感覚の模擬が未だ不十分であると考えた。ライディングシミュレータの感覚をより実車に近づけるためにはライダーが実車で感じている感覚通りにコントロールシステム内のパラメータを詳細に設定していく必要がある。そこで、ライダーにとって、ライディングシミュレータが実車感覚を再現するためのパラメータを明確にし、最適な値を詳細かつ効率的にチューニングしていくために、まずコントロールシステムの再構築を行った。さらに、構築したコントロールシステムにおいてライディングシミュレータのフィーリング評価を行った。



Fig.1 Riding Simulator appearance

2. ライディングシミュレータシステム概要

ライディングシミュレータの基本構成を図2に示す。ライダーが現在の視覚、聴覚、皮膚感覚などの情報や、車両の運動状態を認知・判断し、希望する運動を行うように車両に対して制御入力を加える。ライダーが車両に与える入力項目としては、アクセル開度、前後ブレーキ力、ハンドルトルク、およびシート内部に組み込んだセンサによりライダーの体重移動を検出するシートトルクを採用しており、その入力を計測し、メインコンピュータ内にプログラミングされている車両モデルより現在の運動状態を計算する。車両モデルとして、①エンジンモデル、②縦方向2自由度モデル、③横方向4自由度モデルを構築しており、それぞれが連成し、車両状態量を出力するようなものとなっている。これら車両モデルからの計算結果より、運動模擬装置、視覚模擬装置、音響模擬装置、皮膚感覚模擬装置により、再びライダーに対しての感覚情報としてフィードバックする。

運動模擬装置としては、ACサーボモータを使用し、ロール軸、ピッチ軸および操縦感覚としてステア軸の計3自由度により再現している。各軸には現在の車両状態量を計測するためのポテンショメータが設置されており、これらにより計測した現在角を再びメインコンピュータ内の車両モデルにフィードバックする。また、メインコンピュータにより計算さ

れた値を画像描画用コンピュータに転送し、前方面像を生成し、視覚模擬装置として3台のプロジェクタにより前方(3画面)スクリーンに投影している。前方視野角150deg、垂直視野角35degを実現可能となっている。さらに、音響模擬装置としてエンジン回転数に応じたエンジン音をスピーカにより再生し、皮膚感覚模擬装置として車速に応じた走行風を送風機により再現している。本ライディングシミュレータのシステム概要を図3に示す。

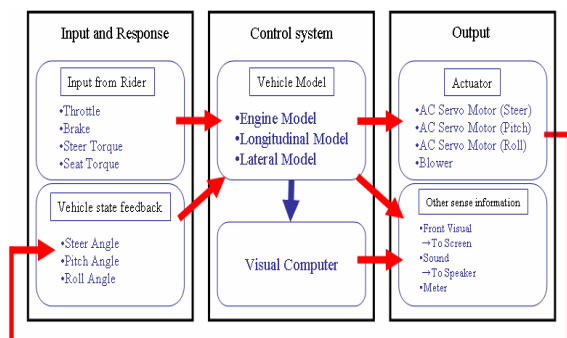


Fig.2 Basic Structure of Riding Simulator

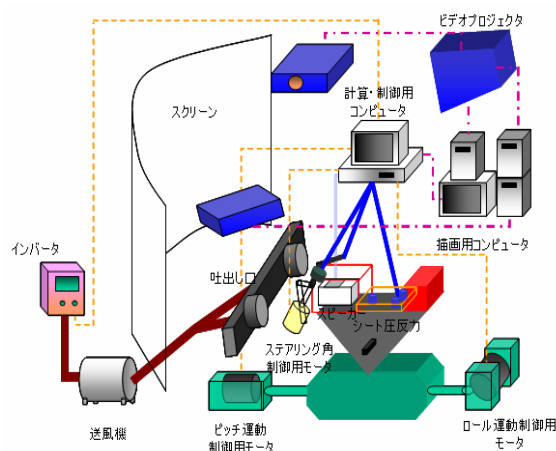


Fig.3 Riding Simulator System



Fig.4 Naked type of Riding Simulator

ライディングシミュレータの車両には、図1のように、現在自動二輪車両の出荷台数約60%を占めている大型スクータタイプのものを使用しているが、図4のような、ネイキッドタイプの車両への載せ替えも可能となっており、車両の違いによるライダの操縦動作の違いも検討可能である。

3.制御系設計

3.1.システム再構築

ライディングシミュレータの実車感覚を向上させるためには、ライダが二輪車をどのように評価しているか、つまり、車両に対してある制御入力を加えた際の車両応答などが、乗車するライダの希望したものに一致しているのかどうかを明確にし、コントロールシステム内の評価対象となるパラメータを最適な値にチューニングしていくことが必要であると考えられる。

本ライディングシミュレータは、加減速時の重力やロール運動時の遠心力などが発生せず、車両運動モデルによって算出した目標値をそのまま表現しても実車同等のフィーリングは得られない。そこで、目標値に対してスケールファクタとしてゲインを掛け合わせ、この値をチューニングすることでライダに対して擬似的に実車運動感覚を与えるような構造としている。

しかし従来のコントロールシステムでは、①C言語でプログラミングされているため複雑であり、設計者が評価対象となるパラメータを瞬時にチューニングすることが困難となっている、②パラメータチューニングの度にライディングシミュレータ稼働を停止させ、ビルドし直さなければならないため、時間的ロスがあり、ライダが乗車感覚を忘れてしまう恐れがある、③車体変更など、状況に応じた設定変更や、車両挙動を変更させること等が困難である、などといった問題があり、ライディングシミュレータの実車感覚向上を困難なものとしていた。

これらの問題を解決する手段として、DSPを使用し、コントロールシステムの再構築を行う。

3.2.DSPのメリット

DSPは、モデル内のパラメータをリアルタイムでモニタリングおよびチューニングを行うことのできるソフトウェアであり、さらにコントローラボードと制御対象となる実機を接続することで、リアルタイムでのパラメータチューニングをすることが可能なシステムである。

DSPを使用し、ライディングシミュレータのシステムを再構築することにより、①ブロック線図の形でソフトウェア開発を行うことができるため、設計者が評価対象パラメータを瞬時に判断できる、②ライディングシミュレータを稼働させながらリアルタイムでの設計が可能となるため、ライダーが乗車感覚を確認しながら、詳細かつ効率的にパラメータチューニングを行える、などといったメリットがある。

また、ライディングシミュレータの評価という点を考えると、これまでは乗車するライダーとパラメータチューニングを行う設計者は別の人物であったが、DSPを用いることによりライダー自身が設計者となり、チューニングを行っていくことができるという可能性も考えられる。

3.3.構築したシステム

DSP搭載にあたり新たに構築した車体運動コントロールシステムを図5に、画像運動、送風機、走行音のコントロールシステムを図6に示す。リアルタイムでのチューニングが可能となる評価対象となるのは、主に車体運動を模擬している3軸のACサーボモータによるロール運動、ピッチ運動およびステアリング運動、画像運動を表現しているヨー運動とロール運動、皮膚感覚を模擬している送風機からの走行風、および聴覚感覚を模擬している走行音である。

DSPを使用したコントロールシステムを再構築したことによって、上記のような項目についてリアルタイムでのチューニングが可能となった。

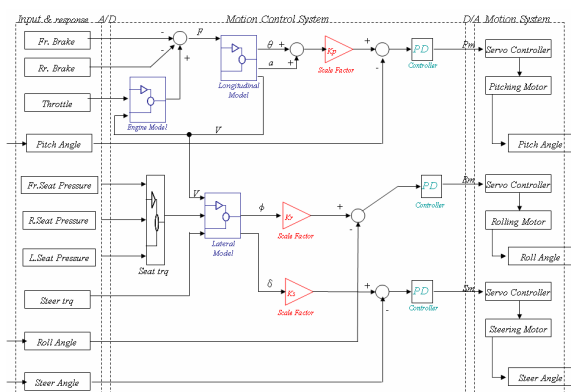


Fig.5 Motion Control System for DSP

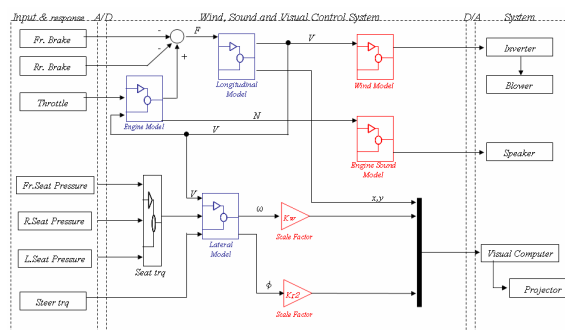


Fig.6 Wind, Sound and Visual Control System for DSP

4.フィーリング評価

4.1.評価手法確立

DSPにより新たに構築したコントロールシステムにより、ライディングシミュレータの実車感覚向上を検討するための評価を行う。

評価手法としては、主観評価手法や、実験データなどを用い数値により評価を行っていく客観評価手法が考えられるが、本研究においては、評価の第一段階として、前者の主観評価を行うことにより、ライディングシミュレータのフィーリング評価を行っていく。

評価実験にあたり、図7のように車両のメータ部分に小型液晶モニタを設置し、乗車するライダーが現在のパラメータをモニタリングできるようにした。さらに、設計者に加え、乗車するライダー自身もライディングシミュレータを稼働させながらパラメータチューニングを行うことができるような構造とした。

なお、評価に使用したライディングシミュレータの車両は、大型スクータタイプのものである。

4.2.実車実験

ライディングシミュレータの乗車感覚を評価していくにあたり、ライダーに対して基準となる実車感覚を確認させるための実車実験を行った。

実験コースは図8に示すようなコースで行い、全長約700m、コース幅8m、メインストレート240mであり、このコースを被験者ライダーに繰り返し走行させた。実車実験車両には、ライディングシミュレータで評価する車両と同様、図9のような国産250cc大型スクータタイプの車両を使用した。

また、走行中は車両系のデータを計測しており、今後客観評価を行う際に使用する。



Fig.7 Real-time parameter tuning system for Rider



Fig.8 Experimental Course



Fig.9 Experiment vehicle

4.3.フィーリング評価

二輪車の場合、ライダーによってその操作方法はさまざまであり、それらに依存して車体応答も変化する。したがって、本研究において、ライディングシミュレータの実車感覚向上は、個々のライダーに対してフィーリング評価を行うことで実現する。

また、フィーリング評価は被験者ライダーが二輪車をどのように評価しているかを明確にしやすいように、ライディングシミュレータの模擬運動を縦方向と横方向に分けて行った。

フィーリング評価の一例としては、まず縦方向運動として、発進加速時および減速停止時の模擬加速度を表現するための車体傾斜角および角速度などのパラメータチューニングをし、その後横方向運動として、ロール運動やステアリング運動などのパラメータチューニングを行う。縦方向運動、横方向運動についてライダー自身が満足するチューニングを完了後、実車実験で使ったコースと同一形状のコースをライディングシミュレータ上で走行させ、チューニングの必要があれば、さらに検討していくといった流れとなる。以上のような評価実験を繰り返す行うことで、ライダーに応じたパラメータが決定し、さらに個々のライダーが二輪車をどのように評価しているかについても明確にできるとと思われる。

5.結言

本研究では、実車感覚をできる限り模擬することのできるライディングシミュレータの構築を目的とし、DSPを使用してシステムの制御系を新たに設計した。これによりライディングシミュレータを稼働させながら、各パラメータをチューニングすることが可能となった。

さらに、ライディングシミュレータのフィーリング評価として、個々のライダーに応じたパラメータチューニングをライダー自身が行うことにより、実車感覚の向上が実現できたと考えられる。

今後は、パラメータチューニングの結果より、ライダーが二輪車をどのように操縦し、評価しているかについて、客観評価の観点からも明確にしていく。

「参考文献」

- 1) 田神望ほか:二輪車用ライディングシミュレータの構築, 日本機械学会第9回交通・物流部門大会講演論文集, No.00-50, pp169-pp172, 2000
- 2) 内山一ほか:二輪車用ライディングシミュレータの開発および評価について, 日本機械学会第7回交通・物流部門大会講演論文集, No.98-37, 1998