T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	ホロノミック全方向移動台車を用いた普及型自動車シミュレータの開発
Title	Development of driving simulator using holonomic omni-directional vehicle for general use
著者(和文)	広瀬茂男, 山口 龍介, 王 猛, 松平 昌之, 平山 義治, 吉田 稔
Authors	SHIGEO HIROSE, Ryusuke Yamaguchi
出典 / Citation	, , ,
Citation(English)	, , ,
発行日 / Pub. date	2009, 9
権利情報 / Copyright	本著作物の著作権は日本ロボット学会に帰属します。 Copyright (c) 2009 The Robotics Society of Japan.

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

ホロノミック全方向移動台車を用いた普及型自動車シミュレータの開発

○山口 龍介(東工大)　王 猛(東工大)　松平 昌之(白山工業 (株))
平山 義治 (白山工業 (株))　吉田 稔 (白山工業 (株))　広瀬 茂男 (東工大)

Development of driving simulator using holonomic omni-directional vehicle for general use

*Ryusuke YAMAGUCHI[1], Meng WANG[1], Masayuki MATSUDAIRA[2],
Yoshiharu HIRAYAMA[2] , Minoru YOSHIDA[2], Shigeo HIROSE[1]
[1]Tokyo Institute of Technology, [2]Hakusan Corporation

Abstract － This paper reports new developed stroke-less driving simulator using holonomic omni directional vehicle. This unique simulator can create over 1G acceleration on any horizontal directions without stroke-limit ,and quick yaw motion as same. These performances work better to make high virtual reality of vehicle movement as driving simulator for learning safety driving on slippery situation.

***Key Words*:** Holonomic,VR, Driving, Simulator

1. はじめに

本稿では,新たに開発した高性能ホロノミック全方向移動台車VUTON IIを用いた,水平方向およびヨーについて高い性能を有しかつストローク制限の無い上に小型軽量な新型ドライビングシミュレータVUTON CAR SIMULATORの開発について報告する.

2. 普及型自動車シミュレータの開発意義と現状

我が国は毎年交通事故によって巨額の経済損失を被っており,その規模は6兆7千億円（平成16年度）にも達する.これはGDP比1.4%にも相当する [1].近年の自動車安全技術の普及の効果もあって,自動車乗車中の交通事故死者は平成12年度比-58%と,総死亡者数-43%や総事故件数-20%に対して著しい減少が見られるが依然平成20年度には5155人もの命が失われており,更なる対策が求められている [2].

これら死亡事故発生件数の内54.8%が運転操作不適などの安全運転義務違反に起因しており,事故に陥りやすい状況を体験し安全な対処を学習することができる自動車シミュレータは有効である.

これまでに開発されて来た自動車シミュレータを大まかに分類すると

1)主に視覚や聴覚情報による物
2) 6 軸揺動装置による物
3)リニアスライダなどで水平移動する物
4)ターンテーブルによってヨーを再現する物
5)これらを組合せた物

となる.1)は図 1 に示す様に構成が簡潔で価格も数百万円と現実的であり全国に約1400カ所以上の自動車教習所[3]の多くに導入されている.しかし小野ら[4]の研究から明らかな様に視覚及び聴覚のみでは運転手が車両状態を知覚するのには足らず,十分な現実感が得られていない.それに対して2)は高価だがかなりの車両挙動を再現でき,図２に示す様な６自由度動揺装置の一種であるスチュアートプラットフォームを用いた物が自動車メーカーでの安全技術等の開発などに広く用いられている.ただし, これらは可動範囲が限られているため,近年では図3に示すような６自由度動揺装置,ターンテーブル,リニアアクチュエータなどの組み合わせでモーションシステムを構成する手法が試みられている[5][6]しかし, これらの手法は装置が大型化する傾向が強く機構も複雑になるため価格が数百億円にも達する事もあるとされ,広く一般で用いる事は難しい.以上のように、自動車の挙動を高い現実感をもって再現可能かつ自動車教習所などにも導入可能な普及型自動車シミュレータはこれまでに無かった.

図１　固定型ドライビングシミュレータ
(株)三菱プレシジョン DS-6000 TYPEII

図２　６軸揺動型ドライビングシミュレータ
(株)三菱プレシジョン 仕様例

図３　複合型ドライビングシミュレータ
(株)トヨタ自動車

3. □□□□□□□□
3.1□□□□□

本稿では普及型自動車シミュレータVSC-I（VUTON CAR SIMULATOR I）を提案する.図4にその概要をしめす.VSC-Iは視覚情報提示装置と運転入力装置,加速度センサおよびコンピュタシステム,電源をモーションベース上に実装した自走車両の形態をとる.このモーションベースには筆者ら（広瀬ら[7])が開発したVUTONクローラを利用し,白山工業との共同開発した地震ザブトンにも用いた高い機動性を持つホロノミック全方向移動台車であるVUTON IIを用いた[8].

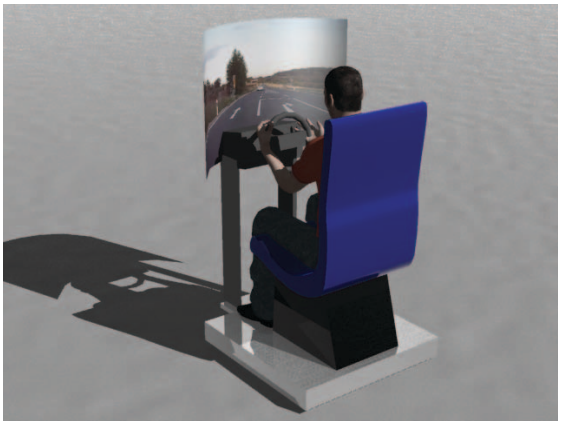

図４　VCS-Iの概観

3.2 VUTON IIの基本構成

本シミュレータがモーションベースとして用いるVUTON　IIを図５に示す.これは図６(b)に示す様にThe　VUTONクローラを４機結合した基本構成をとる.このクローラは図６(a)に示す様にギアードモータ(1)よりの駆動力が　コグベルト・プーリー機構(4)によって同調された特殊ピン付きチェーンに伝達され,これら両側のピンと結合された台車群(2)によって床面へと駆動力を伝達する.台車はクローラ駆動方向と直交方向に自由回転するタイアによって構成されることで,駆動方向以外の運動に対して干渉しない.また、路面からの垂直抗力はローラ群(7)によって支えられる.地震ザブトンでは100kg近い積載荷重で最大加速度１G近傍の振動生成を実現できる軽量かつ高剛性な構造とする為に,4本のクローラを直接締結し構造材とする構成とした.これを実現するにはチェーンアジェスター(8)によって変わるクローラ全長に依らず締結できる機構が必要となるため図5に示すスライダロック機構(9)を新たに加えた.これらにより実現したVUTON　IIの仕様を表１にしめす.

図５　VUTON IIの概観

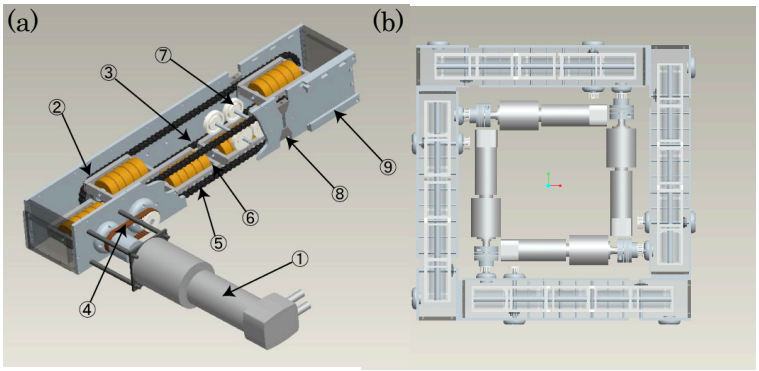

図６　VUTON IIの構成

表１　VUTON IIの仕様

装置サイズ	744×744×115 [mm]	装置単体
装置重量	65[kg]	装置単体
モータ連続最大トルク	747[mNm]	Maxson EC60
減速比	13.7	Maxson GP31
モータ許容回転数	7000[rpm]	Maxson EC60
駆動スプロケット半径	30[mm]	設計値
最大速度	1.23[m/s]	成人男性1人搭乗時
最大加速度	9.8[m/s^2]以上	成人男性1人搭乗時

4. VSC-Ｉと他の自動車シミュレータとの比較

VUTONIIの基本性能試験の結果を従来機と比較し表２にしめす.比較対象には各種高性能シミュレータを代表する物として,リニアスライダ,スチュアートプラットフォーム,ターンテーブルなどを全て備えた自動車開発業務用のトヨタ自動車株式会社のドライビングシミュレータ[5],須田らによるスチュアートプラットフォームにターンテーブルを備えた研究用のユニバーサル・ドライビングシミュレータ[6],米国MOOG社が販売している航空機や戦闘車両のドライビングシミュレータに用いられている高性能モーションプラットフォーム6DOF3200H[9]を挙げた.

先ず水平方向の挙動再現能力を比較する.VSC-Iは±9.8[m/s^2]と高い最大加速度を有している上に自走車両型ゆえに水平方向の可動範囲無制限と言う他にない優位性を持っている.一般に市販されている自動車が旋回や制動で発揮できる最大加速度は１G付近までであり,VSC-Iと比較Cは一般市販車のほぼ全ての加速度領域を再現できることとなる.さらに比較Cが可動範囲の狭さが常に加速度の再現を制約するのに対して,VSC-Iは可動範囲無制限の利点を活かし,最大速度内において自由な加速度生成が可能であり,重大事故に至る様な挙動再現性に優れていると考えられる.一方最高速度では比較Aに対して劣っており,直接的には一方向加速度の連続生成可能時間で劣っている事を意味するが,小野ら[4]によると運転手は水平方向の加速度をジャークによって知覚しており,水平方向最高加速度および最高速度がシミュレータから知覚できる運転感覚を直接表すものでは無いため,高速を出せないことは特に大きな制約とはならない可能性があると我々は考えている.この点は今後詳細に検討する予定である.

次にヨー回転方向にの再現能力を比較する.浅野ら[11]が指摘するように,視覚情報のみでヨー回転方向の運動を再現しようとすると,現実感が低いだけに留まらず所謂シミュレータ酔いを引き起こすため,ヨー方向の挙動再現能力は高い現実感を実現するのに重要な要素である,VSC-Iは他に勝る最大角速度,最大角加速度を発揮できるだけではなく,自走車両形式のため機構上の制約やケーブル取り回しなど制約がないため高い角速度,角加速度をヨー回転可動範囲に制約が無く発揮できるという他には無い優位性を持っている，武井ら[11]によるヨー回転は0.05～0.1Hz範囲ではヨー角加速度,0.1Hz～0.5Hzの範囲ではヨー角速度によって知覚されるとされ,ヨー方向可動範囲に制限が無く高い角速度再現性持つ事は,大きく回り込む交差点などの旋回挙動や滑りやすい路面での自動車の挙動訓練などに用いられる定常円旋回などを再現するのに有効だと考える.また,高いヨー回転角加速度は横滑りなどによる自動車の旋回率の急激な変化を再現するのに有効であり,特に滑りやすい路面での運転技術向上に寄与できると考える.この際にVSC-Iは水平方向とヨー方向の運動を容易に合成し得るため，大貫ら[12]が指摘している自動車のヨー回転中心と運転者位置のズレからくる偏心回転感を伴った現実感の高い旋回挙動の再現も期待できる.

以上より,VSC-Iは他に対して著しく小型軽量ながら,水平およびヨー方向について他のシミュレータに匹敵するか勝る運転感覚を再現できる潜在能力を有していることが明らかになった.

表２　VSC-Iと他の自動車シミュレータとの比較

	VCS-Ｉ	A	B	C
水平方向可動範囲 [m]	無制限	±17.5 × ±10.5	非公開	±1.1
水平方向最大速度 [m/s]	±1.2	±6.1	非公開	±0.7
水平方向最大加速度 [m/s^2]	±9.8	±4.9	非公開	±9.8
ヨー回転可動範囲 [deg]	無制限	±330	±540	±33.1
ヨー回転角速度 [deg/s]	±200	非公開	±80	±20.0
ヨー回転角加速度 [deg/s^2]	±860	非公開	±300	±250
装置サイズ [m]	0.8×0.8×1.4	非公開	非公開	5.2×6.0×2.1
装置重量 [kg]	90	非公開	非公開	4980

VSC-I　:VUTON CAR SIMULATOR I
A　:トヨタ・ドライビングシミュレータ
B　:ユニバーサルドライビングシミュレータ
C　:Moog社6DOF32000Hモーションベース

5. まとめと今後の展望

高機動ホロノミック全方向移動台車VUTON IIを用いた自走式小型軽量ストロークレスドライビングシミュレータVSC-Iを提案し,VUTON II基本性能試験によってVCS-I潜在能力を確認した.

今後は本格的なソフトウェアの実装を進め,滑りやすい路面などでの運転訓練が可能な普及型自動車シミュレータとして開発を進めて行きたい.

参 考 文 献

[1] 内閣府政策統括官, 交通事故の被害・損失の経済的分析に関する査研究報告書 平成19年度版,2007.

[2] 内閣府, 交通安全白書平成２１年度版, 2009.

[3] 警察庁, 運転免許統計平成２０年度版, 2009.

[4] 小野英一,村岸裕治, 畔柳洋,山田大介,久代育生,佐藤伸介,:“車両運動に関するドライバの期待と運動感受特性の研究”, 日本機械学会交通・物流部門大会講演論文集, 2007(16), pp.179-182, 2007.

[5] “(株)トヨタ自動車ドライビングシミュレーター解説ページ”,http://www2.toyota.co.jp/jp/tech/safety/concept/driving_simu.html

[6] 須田義大,高橋良至, 大貫正明,:“ITS研究のためのユニバーサル・ドライビングシミュレータ”, 日本機械学会交通・物流部門大会講演論文集, 2005(14), pp.283-284, 2005.

[7] S.Hirose and S.Amano, “The VUTON: High Payload, High Efficiency Holonomic Omni-Directional Vehicle,” Proc. of the 6th Symp. On Robotics Research, pp.253-260, 1993.

[8] R.Yamaguchi, T.Wang, M.Matsudaira, Y.Hirayama, S.Midorikawa, and S.Hirose, “Development of Brand-new Portable EarthQuake Simulator Using Holonomic Omni-Directional Platform”, 6th International Conference on Urban Earthquake Engineering, pp.171-175, 2009.

[9] “米国MOOG社ページ”,http://www.moog.com/home/%2D/lng%5F19/

[10] 浅野陽一, 内田信行:“車両ヨー方向の体感と映像の品質がドライビングシミュレータの運転違和感に及ぼす影響”, 自動車研究, 29, 11, pp.3-6, 2007.

[11] 武井一剛、安井栄一、土井俊一、前田節雄;”車両のヨー回転振動に対する人間の知覚感度”,R&D Review of Toyota CRDL,36,3,2001

[12] 大貫正明,須田義大, 山口大助:“車両旋回時の自転運動の大きさとドライバ評価”, 生研研究, 60, 4, pp.83-84, 2008.