

九州大学における分野横断的自動車工学教育と 人間／自動車／交通流相互作用系シミュレーションシステム

内山 誠^{1,a)} 川邊 武俊^{1,b)} 袈裟丸 勝巳^{1,c)} 志堂寺 和則^{1,d)} 杉原 真^{1,e)} 外井 哲志^{1,f)}
中西 恒夫^{1,g)}

概要：自動車の設計，製造，さらに自動車を取り巻く諸問題の解決には，情報工学，制御工学のみならず，さわめて広い範囲にわたる技術分野の知識が必要とされる。単に組み込みシステムの要素技術や開発技術を教授するのみでは自動車産業の変化に追随する技術者を養成することは不可能である。九州大学大学院統合新領域学府オートモーティブサイエンス専攻では，先端材料科学，ダイナミクス，情報制御学，人間科学，社会科学の5分野でなる分野横断的な自動車工学教育を行っている。本稿では，同専攻における大学院教育の概要を紹介するとともに，同専攻での教育研究活動を支えるべく導入された人間／自動車／交通流相互作用系シミュレーションシステムについて詳述する。シミュレーションシステムは，実時間3Dバーチャルリアリティによる運転者の視界と音場の再現，HILSによる車体の力学的挙動計算とモーシオンベースによる力学的搭乗感の再現，実時間交通流シミュレータによる他車挙動シミュレーション，実車同様のキャビンによる運転操作を可能にしている。

キーワード：自動車工学，大学院教育，シミュレータ，HILS

An Integrated Driving Simulator for Interdisciplinary Education of Automotive Science in Kyushu University

MAKOTO UCHIYAMA^{1,a)} TAKETOSHI KAWABE^{1,b)} KATSUMI KESAMARU^{1,c)} KAZUNORI SHIDOJI^{1,d)}
MAKOTO SUGIHARA^{1,e)} SATOSHI TOI^{1,f)} TSUNEO NAKANISHI^{1,g)}

Abstract: Design, manufacturing, and solution of various problems in automotive industry requires knowledges not only in information and control engineering but also in a wide range of technological fields. It is not possible to turn out engineers who can catch rapidly evolving automotive technologies just by instructing elemental technologies and development techniques on embedded systems. Department of Automotive Science, Graduate School of Integrated Frontier Sciences, Kyushu University, provides interdisciplinary education across five fields including material and chemistry, dynamics, information and control, human science, social science. The department has introduced an integrated human-vehicle-traffic simulation system used in its education and research activities. The simulation system can reproduce visual and audio environments surrounding the driver by the real-time 3D virtual reality, compute vehicle dynamics by the HILS system, reproduce kinematic feeling of the driver, simulate behaviors of other vehicles by the real-time microscopic traffic simulator, and enable lifelike driving operation by the real vehicle cabin. The article describes the education in the department, the simulation system, and its expected use in the education.

Keywords: Automotive, Graduate School, Simulator, HILS

¹ 九州大学大学院統合新領域学府オートモーティブサイエンス専攻
Department of Automotive Science, Graduate School of Integrated Frontier Sciences, Kyushu University

a) uchiyama.makoto.365@m.kyushu-u.ac.jp

b) kawabe@ees.kyushu-u.ac.jp

c) kesamaru@ees.kyushu-u.ac.jp

d) shidoji@inf.kyushu-u.ac.jp

e) sugihara@slrc.kyushu-u.ac.jp

f) toi@doc.kyushu-u.ac.jp

1. はじめに

自動車の設計、製造、さらに自動車を取り巻く諸問題の解決には、数学、物理学、化学等の基礎自然科学、材料、機械、電子・電気、制御、情報、土木、交通等の工学、さらには経済、経営等の社会科学、心理学、認知科学等の人文科学に至るまで、きわめて広い範囲にわたる分野の科学的知識が動員される。自動車産業は我が国を代表する大規模かつグローバルな産業であり、我が国の就業人口の1割近くが携わっている [1] にもかかわらず、これまで我が国の大学で自動車に特化した大学院教育が行われることは稀であった。かかる事情を鑑みて、九州大学では 2009 年 4 月、異なる学術分野において自動車に関わる研究に従事する教員を集め、大学院統合新領域学府の中にオートモーティブサイエンス専攻 [2] を設置し、先端材料科学、ダイナミクス、情報制御学、人間科学、社会科学の 5 分野をまたがる大学院教育を行うこととなった。無論、同専攻では自動車のための組込みハードウェア、組込みソフトウェア、制御工学も情報制御学分野において教授される。

大学院教育の中で自動車に関する諸実験を実施するにあたり、理想を言えば、一度は実車を用いることが望ましい。しかしながら、実車、さらには公道あるいはテストコースを用いた実験は、同一環境の再現性の問題、法規制や安全性の問題、さらには実車そのものやそれに設置する実験装置の手配の点で必ずしも容易ではない。また多大な時間と費用をかけて本格的な実車による実験を行う前には、あらかじめ予備的実験を実施し、仮説の裏付け、本実験の実行可能性の検討とプロセスの確立が行われてしかるべきである。さらに、修士課程の学生については、2 年間しかない修業期間の相当の割合を、単位取得やインターン、就職活動にとられている現実もあり、限られた時間内に実践的かつ先端的な教育を効率よく行える環境を整えることも課題となっている。このような教育実務上の要求を満たすべく、オートモーティブサイエンス専攻では人間／自動車／交通流相互作用系シミュレーションシステムを 2012 年 4 月に導入した。同システムは、自車の力学的挙動や他車の位置関係を運転者の操作入力を反映しつつシミュレーションし、自車の視界、音場、力学的な搭乗感をモーションベースを備えた実時間 3D バーチャルリアルティにより再現する。

本稿では、オートモーティブサイエンス専攻とそこでの分野横断的な自動車工学教育について紹介し、同専攻に導入されたばかりの人間／自動車／交通流相互作用系シミュレーションシステムについて詳しく述べるとともに、同システムの大学院教育における活用の将来像を示したい。

2. オートモーティブサイエンス専攻

本節では、九州大学大学院統合新領域学府オートモーティブサイエンス専攻 [2] について簡単に紹介する。

2.1 研究院／学府制度と統合新領域学府

九州大学の大学院では研究院／学府制度が採られている。教員は研究院 (Faculty) に学生は学府 (Graduate School) に籍を置く。すなわち、教員の人事は研究院で、学生の募集や教育は学府で行われる。学府での教育内容、ならびに教員の専門性を鑑みて、各研究院から学府に出向いて講義や博士／修士論文指導を担当する教員が決められる。研究院／学府制度は、総合大学ならではの分野をまたがる人的資源を弾力的に活用し、時代の要請に即した教育コースを迅速に提供することをそのねらいとしている。本稿執筆時点 (2012 年 8 月) で九州大学には 16 の研究院と 17 の学府が存在している。

統合新領域学府は、従前の学術分野縦割りの体制では解決の難しい、複合的かつ学際的な課題に取り組む専門人材を育成する大学院として、2009 年 4 月に開設された、九州大学では最も新しい学府である。2009 年 4 月にユーザ感性学専攻とオートモーティブサイエンス専攻が学府内に開学し、さらに 2012 年 4 月に 3 つ目の専攻としてライブラサイエンス専攻が開学した。

2.2 オートモーティブサイエンス専攻

オートモーティブサイエンス専攻は、自動車に関わる分野横断型の専門人材を育成すべく設置された大学院であり、先端材料科学、ダイナミクス、情報制御学、人間科学、社会科学の 5 分野をまたがる教育が、17 名の専任教員によって行われている。学生は入学試験申込みの時点でひとつの希望分野を指定する。入学試験は各分野で独立して行われ、合格した学生は主にその分野において教育を受けることとなる。以下に各分野の概要と担当教員の出向元研究院を示す。

- **先端材料科学分野**：次世代自動車の高機能化、小型軽量化、長寿命化、省エネルギー化、低排出化、多様化に対応し得る無機、有機、高分子、金属材料、あるいは触媒、デバイス等の教育に携わる。(教員の出向元研究院は工学研究院、先端物質化学研究所。)
- **ダイナミクス分野**：主に自動車のハード部分、特に自動車動力源、自動車車体の空気力学、自動車構造・動力学に加え、材料力学、大気汚染物質などについての教育に携わる。(教員の出向元研究院は工学研究院。)
- **情報制御学分野**：自動車の頭脳と神経、すなわち自動車の制御、ならびに制御を司る情報システムについての教育を担う。車両やモータの制御手法、車載ハード

g) tun@f.ait.kyushu-u.ac.jp

ウェア／ソフトウェア／ネットワーク等の要素技術や開発方法論に関する教育に携わっている。(教員の出向元研究院はシステム情報科学研究院，工学研究院，システム LSI 研究センター。)

- **人間科学分野**：車と人間とのインタラクション，具体的には車と人間が関わる心理，認知，デザイン，交通流，環境等の観点から自動車の快適性，安全性，機能性を論じる教育に携わる。(教員の出向元研究院はシステム情報科学研究院，工学研究院。)
- **社会科学分野**：自動車と環境の経済学，技術の経営学，企業戦略等，自動車や自動車産業に関わる社会科学についての教育に携わる。(教員の出向元研究院は経済学研究院，工学研究院。)

専攻の設立趣旨からも，学生は自身が専攻する分野に加え，他の分野についても学ぶことが期待されている。表 1 にオートモーティブサイエンス専攻修士課程における 2012 年度の履修科目一覧を示す。括弧内の数字は当該科目の単位数である。修士の学位を取得するには，学府共通科目 1 科目 1 単位，専攻共通科目 7 科目 16 単位以上，そして自身の属する分野の専門科目 7 科目 16 単位以上，その他他分野の専門科目，限定されるが他専攻・他学府の専門科目を 7 単位以上履修することが求められる。

オートモーティブサイエンス専攻において特徴的な科目としては，

- 自動車に関する諸分野の技術や自動車産業を俯瞰的に学ぶ「オートモーティブサイエンス専攻」
- 自身の研究を他分野の学生にも理解できるように英語で紹介する「国際コミュニケーション演習」
- 3～4 ヶ月の長期に渡って自動車産業において実習を重ねる「インターンシップ」

等が挙げられる。

3. 情報利用型人間／自動車／交通流相互作用系シミュレーションシステム

前節に述べたオートモーティブサイエンス専攻における大学院教育を支えるべく，2012 年 4 月，情報利用型人間／自動車／交通流相互作用系シミュレーションシステム（以下，「ドライビングシミュレータ」と呼ぶ。）が導入された。本節では同システムの構成と動作について詳しく述べる。

3.1 システムのハードウェア

ドライビングシミュレータの外観を図 1 に示す。本ドライビングシミュレータはシステム制御ユニット，キャビンシステム，HILS (Hardware-in-the-Loop Simulator) システムの 3 つのサブシステムで構成されている。各サブシステムの機能を以下に述べる。

- **システム制御ユニット**：10 台の PC で構成される PC クラスタであり，ドライビングシミュレータ全体の制



図 1 ドライビングシミュレータ外観

御を司る。

- **キャビンシステム**：実車同様のハンドル，ブレーキ，アクセル等の運転操作機構を備えたキャビン，ディスプレイモニタ，音響装置，モーションベースで構成され，運転者の視界，音場，力学的搭乗感の再現と運転操作の取得を担う。
- **HILS (Hardware-in-the-Loop Simulator) システム**：与えられた車両モデルに基づいて自車の力学的挙動のシミュレーション演算を担う。ドライビングシミュレータから切り離して ECU を接続することで，一般的な HILS システムとしての利用も可能である。

ドライビングシミュレータの構成，ならびにシミュレーション時のサブシステム間のデータフローを図 2 に示す。

3.2 システム制御ユニット

システム制御ユニットは，ドライビングシミュレータの全体制御，ならびに以下の機能を担っている。

- キャビンシステムのディスプレイモニタで再現される運転者の視界画像のレンダリング
- キャビンシステムの音響装置で再現される運転者の音場音声のレンダリング
- 運転者の力学的搭乗感を再現するキャビンシステムのモーションベースの制御
- 他車の走行シミュレーション演算

システム制御ユニット自体は，1 機のマスタ PC と 9 機のクライアント PC，計 10 機の PC で構成される PC クラスタに過ぎず，上述の機能はこの PC クラスタ上で実行される以下のソフトウェアによって実現される。

- 実時間 3D バーチャルリアリティ：UC-win/Road (フォーラム 8 製) [3]
- 実時間交通流シミュレーション：Aimsun (Transport Simulation Systems 製) [4]

システム制御ユニット，ひいては本ドライビングシミュレータにおいて，もっとも中核的な役割を果たしているの

表 1 オートモーティブサイエンス専攻における履修科目

学府共通科目	
学府共通科目	科学の統合方法論 (1)
専攻共通科目	
専攻共通科目	オートモーティブサイエンス概論 (1), 国際コミュニケーション演習 (4), オートモーティブサイエンス演習 I/II/III/IV (2*4), 経営管理演習 I/II/III/IV (2*4), インターンシップ I (3), インターンシップ II/III/IV (2*3), オートモーティブサイエンス特別演習 I/II/III (1*3)
専攻共通科目	
先端材料科学分野	オートモーティブ先端材料科学概論 (2), 自動車用鉄鋼材料学 (2), 自動車用材料の接合および複合学 (2), 塑性変形学 (2), 自動車用非鉄金属材料制御学 (2), エネルギー材料科学 (2), 自動車用高分子材料学 (2), セラミック材料物性学 (2), 自動車用触媒科学 (2), オートモーティブ環境科学 I (2), 自動車用表示材料特論 (2), 自動車用半導体デバイス基礎 (2)
ダイナミクス分野	オートモーティブダイナミクス概論 (2), 構造・動力学特論 (2), 構造・動力学演習 (2), 自動車空気力学特論 (2), 自動車空気力学演習 (2), 自動車動力源特論 (2), 自動車動力源演習 (2), モービルソース環境科学 (2), 自動車強度学特論 (2), 高剛性自動車構造学特論 (2)
情報制御分野	オートモーティブ情報制御学概論 (2), 動的システム特論 (2), 組込みハードウェア特論 (2), 組込みソフトウェア特論 (2), ロバスト制御特論 (2), 移動体通信基礎論 (2), 自動車センサーシステム特論 (2), 自動車パワーエレクトロニクス特論 (2), 自動車情報計測制御演習 (2), 自動車情報計測制御実習 (2), 自動車電子デバイス特論 (2)
人間科学分野	オートモーティブ人間科学概論 (2), エクステリア・エアロデザイン (2), インテリア・インタフェースデザイン (2), 自動車感性評価学 (2), 交通心理学 (2), 自動車安全文化論 (2), 自動車応用利用論 (2), 車と人間 (2), 海外都市計画 (2), 交通情報・誘導学 (2), 交通流工学 (2), オートモーティブ環境科学 II (2)
社会科学分野	自動車産業概論 (2), 経営管理特論 (2), 企業戦略マネジメント (2), イノベーション・マネジメント (2), プロダクション・マネジメント (2), 市場システム分析 (2), グローバル経営 (2), エコロジーの経済 (2), 交通の経済学 (2), 産業法規特論 (2), 生産管理 (2)

が、実時間 3D バーチャルリアリティソフトウェア (UC-win/Road) である。UC-win/Road はドライビングシミュレータの全体制御と、運転者の視界画像、音場音声のレンダリングを担っている。UC-win/Road は 10 台の PC の分散処理によって実行される。マスタ PC は全体制御とインパネのビジュアルを再現するディスプレイモニタの描画、運転者の音場音声のレンダリング、キャビンシステムおよび HILS とのインターフェースを担う。9 台のクライアント PC はそれぞれ、前景用 5 枚、ルーム/サイドミラー用 3 枚、カーナビ用 1 枚の 9 枚のディスプレイモニタの描画をそれぞれ担っている。UC-Win/Road はプラグインによる拡張機能を有しており、このプラグイン拡張機能を用いてキャビンシステムおよび HILS とのインターフェースをとっている。

UC-win/Road によるシミュレーションを行う前には、事前に地形情報の入力、道路の定義、建物、道路標識、樹木等の景観の編集を行う。地形情報は国土地理院の 50m メッシュデータが利用可能である。道路の定義は、i) 平面図上での道路のパス指定、ii) パスに沿う鉛直断面図上での道路の標高指定、iii) 橋梁やトンネルの設置、iv) 切り通し、盛り土等の道路断面の設定、v) 平面交差の設置、vi) オン／

オフランプの設置の順に進められる。

運転者の力学的搭乗感の再現は、いずれも後述する、HILS とキャビンシステムによって行われる。UC-Win/Road はプラグインを用いてキャビンシステムと HILS とのインターフェースをとる。UC-Win/Road のプラグインは、キャビンシステムから運転操作量と路面データを HILS に渡す。運転操作量と路面データの内容は以下の通りである。

- 運転操作量：ハンドル舵角、アクセル操作量、ブレーキ操作量、シフトレンジ
 - 路面データ：路面位置、路面傾き、路面摩擦係数
- HILS はシミュレーション中の車両モデルに基づいて、自車の力学的物理量を主とする以下のデータを算出して返す。
- 位置：サージ、スウェイ、ヒープ、ロール、ピッチ、ヨー
 - 加速度：サージ、スウェイ、ヒープ、ロール、ピッチ、ヨー
 - ステアリングホイール出力トルク
 - エンジン回転数
 - ギア状態
 - トレッド幅

プラグインはこれらのデータからモーションベースの目標移動/回転量、ならびにハンドルの操舵反力を求め、モー

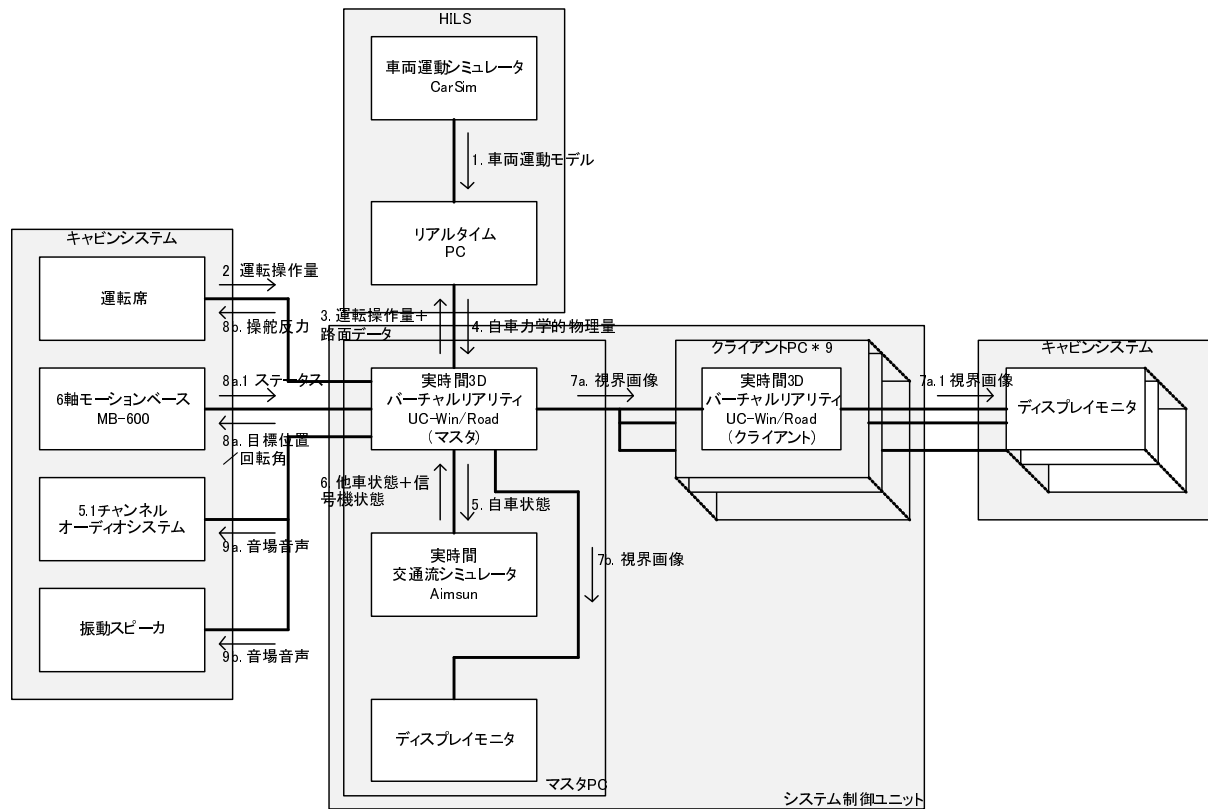


図 2 ドライビングシミュレータの構成とシミュレーション時のデータフロー

ションベースとキャビンシステムの Active Steering Wheel System (ASWS) を制御する。モーションベースの制御は 10ms 周期で行われる。

また、他車挙動ならびに信号機の挙動のシミュレーションは実時間交通流シミュレーションソフトウェア (Aimsun) によって行われる。UC-Win/Road はプラグインを用いて Aimsun とインターフェースをとる。UC-Win/Road のプラグインは、Aimsun に自車の位置と速度、ブレーキ灯、方向指示器の On/Off 状態を渡すと、Aimsun は自車挙動に反応して変化する他車の挙動をシミュレーションによって求め、他車の位置と速度を返す。あわせて Aimsun は他車のブレーキ灯、方向指示器の On/Off 状態、さらには信号機の現示状態も返す。UC-Win/Road はこれらのデータに基づいて、運転者の視界画像と音場音声のレンダリングを行う。

3.3 キャビンシステム

キャビンシステムは運転者の視界、音場、ならびに力学的搭乗感を擬似的に再現するとともに、運転者の運転操作を取得する役割を担っている。

キャビンは椅子やハンドル、アクセル、ブレーキ、シフトレバー、方向指示器等、すべて実際の自動車の部品をそのまま用いることで、現実の自動車に近い搭乗感や操作感が再現できるようになっている。

運転者の視界は 10 枚の大小のディスプレイモニタによっ

て再現される。うち 5 枚のモニタは、60 インチの 3D LED モニタとなっており、キャビンを囲むように配置されている。これらのモニタによって水平 202 度、垂直 19.95 度の車両前方と左右方向の視野を再現する。また、3 枚のモニタはルームミラー、左右のドアミラーとしてキャビンに装着されており、これらのミラーに映る車両後方の視野を再現する。残りの 2 枚のうちの 1 枚のモニタは、キャビン内、運転席のインパネ部にあり、各種メータやインジケータのビジュアルを再現し、もう 1 枚のモニタはカーナビゲーションシステムの画面を再現するために用いられている。各モニタの描画を PC クラスタ中の 1 機の PC が行うのはすでに述べたとおりである。

運転者の音場は、キャビンを囲むように設置される 4 つのスピーカーと 1 つのウーハーで構成される 5.1 チャンネルオーディオシステム、ならびに運転席とクラッシュパッドのそれぞれに設置される振動スピーカによって再現される。

運転者の力学的搭乗感は、6 本の電動シリンダでなる 6 軸モーションベース (コスモイト製 MB-600) [5] によって、サージ、スウェイ、ヒープ、ロール、ピッチ、ヨー方向の運動として再現される。当該モーションベースの運動性能を表 2 に示す。モーションベースは Ethernet によってシステム制御ユニットのマスタ PC と接続され、前小節で述べたように、UC-Win/Road のプラグインによって制御される。キャビンの目標姿勢をサージ、スウェイ、ヒー

プ、ロール、ピッチ、ヨーで記述したコマンド packets を 10ms 毎にモーションベースのコントローラに送るのみでモーションベースの制御は可能である。また、コントローラからはモーションベースの状態が 100ms 毎に送信されるステータス packets として送られてくる。

表 2 モーションベースの運動性能

可動範囲	サージ	±220	mm
	スウェイ	±190	mm
	ヒール	±197	mm
	ロール	±20	deg
	ピッチ	±25	deg
	ヨー	±18	deg
最大速度	サージ	±400	mm/sec
	スウェイ	±400	mm/sec
	ヒール	±400	mm/sec
	ロール	±28	deg/sec
	ピッチ	±26	deg/sec
	ヨー	±27	deg/sec
最大加速度	サージ	±0.7	G
	スウェイ	±0.7	G
	ヒール	±0.7	G
ペイロード		600	kg

運転席における運転操作入力装置としては、ハンドル、シフトレバー（6 レンジ）、アクセル、ブレーキ、パーキングブレーキ、キー位置、灯火スイッチ、方向指示器、ハザードスイッチ、ワイパースイッチ、シートベルト装着センサ、ユーザ定義の 6 個の押しボタンが装備されている。キャビン上のインターフェースボードはこれらの入力装置の状態を A/D コンバータ、あるいはデジタルポート経由で取得している。インターフェースボードは CAN によってシステム制御ユニットのマスタ PC と接続され、前小節で述べたように、UC-Win/Road のプラグインによってこれら運転操作量が読み出される。

ハンドルは Active Steering Wheel System (ASWS) となっており、運転条件にあった操舵感の操舵反力をモータによって作り出せるようにしている。ASWS も CAN によってシステム制御ユニットのマスタ PC と接続され、前小節で述べたように、UC-Win/Road のプラグインは HILS において算出された操舵反力を ASWS に渡し、実際の自動車に近い操舵感の再現をはかっている。

その他、運転席には非常停止ブレーキが設置され、緊急時に安全にモーションベースを停止できるようになっている。非常停止ブレーキの入力も CAN によって伝えられる。

3.4 HILS: Hardware-in-the-Loop Simulation

本ドライビングシミュレータでは、Hardware-in-the-Loop Simulation (HILS) システム (ETAS 製 LABCAR[6]) も導入されている。LABCAR は、ドライビングシミュレーシ

ョンシステムの一部として使用することも、また ECU の試験を行う、いわゆる HILS システムとして単独で使用することもできるようになっている。

LABCAR は、ハードウェア的にはホスト PC、リアルタイム PC、シグナル I/O、コネクタ/ブレイクアウトボックス、ECU / ECU エミュレータの 5 つのコンポーネントで構成される。ホスト PC はリアルタイム PC に対するユーザインタフェースの役割を担う。リアルタイム PC は HILS の中核となるコンポーネントであり、ここで車両の力学的挙動、環境をシミュレーションするためのソフトウェアが実行される。シグナル I/O はリアルタイム PC によって制御される I/O ユニットであり、アナログ入出力等の各種 VME カードを接続することで、リアルタイム PC でのシミュレーション演算結果に基づいて ECU に入力されるべき各種信号を生成したり、あるいはリアルタイム PC でのシミュレーション演算に反映されるべき ECU からの各種出力信号を計測したりすることが可能となる。コネクタ/ブレイクアウトボックスは、ECU / ECU エミュレータとシグナル I/O、実際の物理装置や外部測定装置との間の接続を集約するスイッチボックスの役割を担っている。試験対象となるソフトウェアを載せた ECU、または ECU エミュレータはこのコネクタ/ブレイクアウトボックスに接続される。コネクタ/ブレイクアウトボックスは 300 チャンネルの ECU 信号系、50 チャンネルの大電流系の端子を備える。

LABCAR の外観を図 3 に示す。ラックの上段から順にコネクタ/ブレイクアウトボックス、安定化電源、RTPC、ECU エミュレータが格納されている。(ホスト PC はラック外に設置されている。)



図 3 LABCAR 外観

LABCAR をドライビングシミュレータの一部として使

う場合、リアルタイム PC 上では車両の力学的挙動のシミュレーション演算が行われる。LABCAR に対するインターフェースとして車両運動シミュレーションソフトウェア（バーチャルメカニクス製 CarSim[7]）がホスト PC 上で実行される。CarSim によって、車両ならびに環境をシミュレーションするためのソフトウェアがリアルタイム PC にロードされる。システム制御ユニットのマスタ PC とリアルタイム PC とは Ethernet で接続されている。リアルタイム PC は、システム制御ユニットのマスタ PC から運転操作量と路面データを受け取り、CarSim によってロードされた車両および環境モデルに基づいてシミュレーション演算を行い、その結果となる車両の力学的物理量を主とする以下のデータを返す。これら一連のデータのやりとりは、前述の通り、UC-Win/Road のプラグインによって仲介される。

一方、LABCAR を HILS として単独で使う場合は、リアルタイム PC 上ではユーザが Matlab/Simulink のモデル、あるいは C 言語コードとして記述した任意の車両および環境モデルが実行され、ECU に搭載されたソフトウェアの試験が行える。

3.5 その他の周辺装備

その他、ドライビングシミュレータと関連して、運転環境の変化に伴う運転者の挙動の変化を計測すべく、運転者頭部／視線トラッキングシステム（Smart Eye AG 製 Smart Eye Pro[8]）が導入されている。

4. シミュレーションシステムの大学院教育での利用

人間／自動車／交通流相互作用系シミュレーションシステムが導入されたのは 2012 年 4 月であり、教育現場での活用はこれからである。

活用の場面としては、講義や各講座における研究活動における利用はもとより、情報制御学分野ではその演習科目である「自動車自動車情報計測制御演習」、「自動車情報計測制御実習」での利用を計画している。これらの科目では、自動車における技術的、社会的課題を見つけ、情報および制御工学的手段によって解決するトップダウン型の問題発見／解決演習を実施している。ここで提示される問題解決手段の多くは、当然に組込みシステムによって実装されるものとなるはずであるが、実習時間を十分に確保できないこともあって、これまではシステムのアイデアと実現可能性を示す程度に留まっていた。本システム導入による効率化、ならびに本システムの利用ノウハウとソフトウェア資産の蓄積によって、今後はシステムのプロトタイプまで進めることが期待される。

本システムとその周辺設備を用いた具体的な教育・研究課題例としては以下のようなものが考えられている。

- 運転支援システム
 - － 次世代カーナビゲーションシステム
 - － 高齢ドライバ運転支援システム
 - － 省燃費化運転支援システム
 - － 自動車用事故回避システム
- 自動運転制御アルゴリズム
 - － 自動車制御アルゴリズムがドライバに与える影響
 - － 自動車制御アルゴリズムに沿って走行する自動車が交通流に与える影響や効果
 - － 自動車制御アルゴリズムの効果的なソフトウェア開発手法
- ITS
 - － ITS 利用型運転支援システム
 - － 渋滞緩和と交通流制御システム
 - － ITS 情報をドライバに提示するヒューマンマシンインターフェースの効果と検証
- 電気自動車
 - － 電池システムとその制御系
 - － 車両駆動用電動機とそのインバータ制御系

5. まとめ

以上、本稿では九州大学大学院統合新領域学府オートモティブサイエンス専攻における分野横断的自動車工学教育の概要、ならびに同専攻で導入された人間／自動車／交通流相互作用系シミュレーションシステムの構成と動作の詳細、および同システムの大学院教育における期待される利用法について述べた。

オートモティブサイエンス専攻は、先端材料科学、ダイナミクス、情報制御学、人間科学、社会科学の 5 分野をまたがる教育プログラムを供している。このうち車載組込みシステムに関する教育は情報制御学分野が担っている。学生にはいずれかの分野に属し、当該分野の知識と経験を積むことはもちろん、他分野の科目を履修することも求め、自動車産業、あるいは車社会において材料、機械、情報／制御／電気電子、人間科学、法／経済等多様なアプローチでの問題解決をはかれる人材の養成をはかっている。

人間／自動車／交通流相互作用系シミュレーションシステムは、同専攻において、実践的かつ効率的な教育研究を提供すべく導入された。同システムは、i) 10 機の PC で構成され、実時間 3D バーチャルリアリティならびに実時間交通流シミュレータを実行するシステム制御ユニット；ii) ディスプレイモニタ、音響装置、実車同様の運転席と 6 軸モーションベースで構成され運転席の視界、音場、力学的搭乗感を再現するキャビンシステム；iii) 車両および環境モデルに基づいて実車の力学的挙動を演算する HILS とで構成されている。同システムは導入されたばかりであり教育／研究現場での活用はこれからである。同システムを用いた魅力的な教育活動の実践あるいは教材の開発は専攻と

しての今後の課題といえる。

参考文献

- [1] 日本自動車工業会, http://www.jama.or.jp/industry/industry/industry_1g1.html, 最終アクセス日: 2012 年 8 月 12 日.
- [2] 九州大学大学院統合新領域学府オートモーティブサイエンス専攻, <http://www.ifs.kyushu-u.ac.jp/ams/>, 最終アクセス日: 2012 年 8 月 12 日.
- [3] FORUM8: UC-Win/Road, <http://vr.forum8.co.jp/>, 最終アクセス日: 2012 年 8 月 12 日.
- [4] Transport Simulation Systems, <http://www.aimsun.com/>, 最終アクセス日: 2012 年 8 月 12 日.
- [5] コスメイト: 6 軸 モーション ベース, http://www.cosmate.co.jp/mc_products/motion_base/motion_base.html, 最終アクセス日: 2012 年 8 月 12 日.
- [6] ETAS: LABCAR, http://www.etas.com/ja/products/applications_ecu_development-testing.php, 最終アクセス日: 2012 年 8 月 12 日.
- [7] バーチャルメカニクス: CarSim, <http://carsim.jp/>, 最終アクセス日: 2012 年 8 月 12 日.
- [8] 東陽テクニカ: Smart Eye 社製 Pro システム, <http://www.toyo.co.jp/car/smarteye/pro.html>, 最終アクセス日: 2012 年 8 月 12 日.