

MITSUBISHI PRECISION CO., LTD.

三菱プレシジョン技報

2006



表紙写真

当社が開発製造した研究開発用ドライビングシミュレーションシステム(P.80)です。表示装置にプロジェクションクラスタ®システム(P.76)と、映像発生装置に DiaScine®IG-95/80(P.77)を使用し、没入感のあるリアルな窓外風景と正確な車体運動を再現し、予防安全など新しい自動車技術の研究開発に貢献しています。

また、プロジェクションクラスタ®システムは、日刊工業新聞第48回「十大新製品賞」を受賞しました。

() 内は本誌参照ページ



目 次

巻 頭 言

三菱プレジジョン技報
第二号発刊によせて…………… 1
栗原 昇

三菱プレジジョンの技術変遷…………… 3
富山 和雄

技 術 展 望

電子精密機器の趨勢と技術展望…………… 5
安井 訓

宇宙機器・技術展望…………… 10
田中 龍一

シミュレーション・画像技術の展望…………… 16
大本 博次

駐車場システムの技術展望…………… 22
高尾 潔

論 文

プロジェクト複合表示による高臨場感表示システム
—CVとCGの融合による表示システム：プロジェクションクラスター…………… 28
緒方 正人, 和田 博之, 林 隆伯, 川上 隆行, 星合 秀樹, 宮崎 正剛

将来型 IRU の研究…………… 34
小島 正人, 高口 弘樹

M-V型ロケット用慣性誘導制御装置…………… 37
江西 達也, 斎藤 一品, 後藤 晋一

PCIG DiaScene IG-95/80 の開発…………… 44
宮崎 正剛, 若林 知行, 矢野 徹, 川上 隆行

自動車シミュレータ
における交通環境模擬…………… 51
大貫 正明, 佐々木隆益

車番認識システム…………… 57
佐藤 理

赤外線音声情報案内システム トーキングサイン
レシーバのハンズフリー化…………… 63
伊藤 啓二, 佐々木秀一

製 品 紹 介

IRU (Internal Reference Unit)
6軸型・高性能・高信頼性 慣性基準装置…………… 72

High Speed Reaction Wheel (HSRW)
高速回転ホイール…………… 73

次世代姿勢制御用アクチュエータ
磁気軸受フライホイール…………… 74

Inertial Navigation and Guidance System(ING)
慣性誘導装置…………… 75

ビジュアル映像表示装置
プロジェクションクラスター®・システム…………… 76

ビジュアル映像発生装置
DiaScene®IG-95/80…………… 77

航空機シミュレータ…………… 78

教習用自動車シミュレータ…………… 79

研究・開発用ドライビング
シミュレーションシステム D³Sim…………… 80

鉄道シミュレータ…………… 81

展示・娯楽用シミュレータ…………… 82

6自由度モーションシステム…………… 83

MFC シリーズ
駐車場料金精算システム…………… 84

マイパークシリーズ
駐車場料金精算システム…………… 85

車番認識システム…………… 86

クレジットカード精算システム…………… 87

コールセンターシステム…………… 88

DSRC システム…………… 89

赤外線音声情報案内システム
トーキングサイン…………… 90

三菱プレジジョン技報第二号発刊によせて



取締役社長
栗原 昇

平素は三菱プレジジョン株式会社の製品とシステム及びサービスをご愛顧いただきまして誠にありがとうございます。創立 45 周年を記念する技報を発行するに当たり、一言ご挨拶申し上げます。

三菱プレジジョン株式会社は、1962 年 5 月 11 日に三菱電機株式会社、三菱重工業株式会社、三菱商事株式会社、株式会社三菱銀行(現三菱東京 U F J 銀行)の三菱グループ 4 社と米国の General Precision Inc. との合弁会社として設立され、その後 1989 年に米国資本との合弁を解消して純日本資本の会社となり、今年で 45 周年を迎えました。また、更なる発展を期して、手狭になった本社機能を拡充するため、本社を東京都港区三田から江東区有明地区に移転いたしました。

創立当時の日本では、米国の最新鋭のジェット戦闘機 F-104 を導入・国産化して、防衛力の向上と装備技術力の強化を図る重要な時期にありました。この F-104 戦闘機の姿勢等を正確に検出する姿勢方位基準装置(高性能ジャイロ応用機器)、及びパイロットの操縦訓練を行うフライトシミュレータの技術を上述の General Precision Inc. から導入し、この分野での日本の技術力向上を目指して当社が設立されました。

創業期の主要製品には、フライトシミュレータ、搭載電子機器・姿勢方位検出装置、小型コンピュータがあり、創業期から防衛、宇宙、民生機器の 3 分野の事業領域を保有しておりました。

今日では、防衛と宇宙の高度技術を核として、製品の領域と保有技術の幅は民生用機器やシステムにも応用されて格段に広がり、下記の社会ニーズに貢献できるようになりました。

- 日本の安全保障
- 宇宙の安全・地球観測利用
- 人と車の安心・安全・快適
- 環境の改善
- 社会インフラの構築
- 研究開発の有効性・効率性

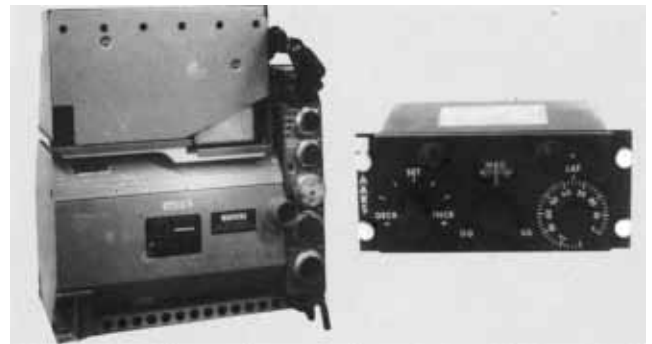
防衛分野では、従来のフライト・シミュレータ事業に加えて、モデリング&シミュレーション事業やミッション・リハーサル的なシミュレーション、大規模なシステム評価やその訓練・評価システムにも注力するとともに、航法制御や電波技術を適用した搭載電子機器やセンサの更なる高精度化・高性能化を目指し、日本の安全保障に貢献してまいります。



航空自衛隊 F-104J 戦闘機



F-104J フライトシミュレータ (1963 年)



F-104J 用 姿勢方位基準装置 (1963 年)

宇宙分野では、日本のロケットの確実な打ち上げに貢献する姿勢検出センサや姿勢制御技術の高度化・高信頼性を図り、衛星の小型化に対応する電子パッケージの高集積化や、姿勢の高機動化・高精度化に対応する製品・技術の開発にも鋭意取り組んで、宇宙の利用や地球環境観測に貢献してまいります。

駐車場システムでは、車番認識装置の活用による車の入退場管理とスムーズな入出庫の実現及び近年のセキュリティ強化の動きに対応した応用展開、多様な電子決済手段の拡大に対応した電子決済システムの実現を目指し、便利で安全な社会への貢献を果たします。

シミュレータでは、車の環境重視と安全・安心・快適追求のための研究開発向けシミュレータ事業の領域拡大、自動車免許取得における安全教育を重視したシミュレータや交通ルール違反者に対する再教育シミュレータ、そして高齢者に対する適正診断や安全教育のできるシミュレータなどの機能・性能向上、鉄道乗務員の教育・訓練用シミュレータの高度化と乗り心地の研究用シミュレータの高性能化に取り組み、自動車や鉄道

などの事故防止に貢献してまいります。更には、これらの技術を応用した展示・娯楽用シミュレータも継続して手がけて、子供たちの夢を育てていきます。

なお、新しい製品としては、様々な事業領域に応用が期待される高精細なドーム型表示装置プロジェクションクラスタを多機能化して、展示・娯楽用のみならず、シミュレータの世界にも展開してまいります。

また、人物検知システムによる通行人数把握、逆流検知、共連れ検知、転倒検知、男女識別・年齢推定システムなど、人の安全や施設のセキュリティ強化要求にも応えてまいります。

最後になりますが、当社の技報が、関係各位、顧客の皆様のご要望に応えるとともに、皆様方からの新しいご要望をいただけることを期待しております。そして、皆様方から信頼され、期待される会社として発展していくために、今後とも技術の研究・開発に努めてまいりますので、引き続きご指導・ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げ、技報第二号発刊のご挨拶とさせていただきます。

三菱プレジジョンの技術変遷



鎌倉事業所長
富山 和雄

【はじめに】

久々の技報発刊です。前回から年月を経ていますので、三菱プレジジョン(以下「MPC」)の技術変遷をダイジェストすることになりました。顧みて、事業の形態や具体的な製品は、世の中の需要・動向とともに大きく変わりましたが、基本的なところでは同じ意思・思想が、脈々と受け継がれていると強く感じています。会社創立当時の主要製品として、フライトシミュレータ、搭載電子機器・姿勢方位検出装置、小型コンピュータがありました。これらは、提携先の General Precision Inc.における各ディビジョンの技術を基にしています。このため MPC には3つの(①防衛のシミュレータ、②搭載電子機器、③民需の電子・情報機器)会社があると言われていたことを思い出します。

【シミュレータ】

私は長い間シミュレータの設計に携わってきましたので、少し詳しく述べさせていただきます。

模擬(操縦)装置と日本語で言われるシミュレータの基本は、人間をフィードバック系に含む実時間処理の複合システムにあると思っています。そのため高速処理が要求され、視覚情報、動揺運動、操舵反力を含めたマンマシン・インターフェースが、重要な要素技術となっています。また一方で、教育訓練機器であるとの観点から、訓練シナリオ、技量・練度評価などの効果的な訓練支援機能の作り上げがノウハウとなっています。

一番重要な技術である実時間処理の手法を列挙しますと、①オーバーヘッドの少ないマルチタスク処理、②負荷が軽い誤差の少ない積分計算、③複数のパラメータでも高速に近似値を得る数値(テーブル)検索、④ラジオ局の受信判定処理など、あらゆる高速処理のためのアイデアが含

まれておりました。もとはライセンスの技術ですが、思想さえ分かれば、後はアイデア勝負で高速処理を求めていく時代でもありました。

創成期を過ぎると、訓練用から派生して研究用、展示用と応用分野を広げ、また模擬対象も固定翼、回転翼の航空機用から、車両用、鉄道用、船舶用と製品も増えていきました。技術の面では大きく(構成品を含む)製造方法を変えたものがあります。それはコンピュータの進歩です。

計算が画期的に速くなり、模擬精度の向上が実現でき、大幅な機能拡張が簡単に出来るようになりました。専用の回路でやっと実現していた外界の風景・情景描写などもPCで簡単に作り出せるようになりました。また使い易さ、教育機能も充実し、初期の製品から、1桁、2桁と機能・性能を向上することができました。ハードウェア技術からソフトウェア技術に比重が大きく傾いていくこととなります。

現在では、進化した、計算機利用技術、制御技術、画像発生技術などを、継続的・安定的に適用出来ています。更にPCクラスタ、高性能モーション、プロジェクションクラスタなどの形で、発展していくと信じています。

なお、ここで自動車と鉄道シミュレータに言及しておきます。自動車の教育訓練装置は、シム・エル・カー(自動車運転訓練装置)を源とし、ドライビング・チェッカーとして三十数年進歩を重ねてきました。DS-200が現行機種で全国展開しています。鉄道の教育訓練装置は旧国鉄向け電気機関車トレーナーから始まり、新幹線、私鉄各社の実車に対応し、また教育カリキュラムに対応し進化してきました。共に実車映像の制御技術に特徴がありましたが、現在ではCG技術を適用しています。

【民需電子機器】

数年前、交通管制機器(駐車場機器/情報機器・トーキングサイン)の技術部を担当することとなり、この分野に関わってきました。主力製品は、車両検知器から発展した管制機器と、小型コンピュータから発展した情報機器です。

電子計算機(MGP-21)から始まった計算機技術は、オフコン(マイクロメイト)につながっていますが、グループ内競合事業見直しに基づく撤退の後、ワークステーション、テレビ会議システム、高速画像生成装置などの開発品を手掛けてきました。その後 MPC ビジュアル技術と融合し、専用のハードウェアで構成した画像発生装置(DSG-500)を自動車/鉄道シミュレータに適用することができました。この低価格のビジュアル装置を実現するのに長期間を要し、多くの投資をしてきました。この分野では、デジタル電子回路(CPU、メモリ、DSP、小規模 GA、FPGA など)の最先端利用技術を少数の人員で支えてきた感があります。回路が高速かつ大規模になるにつれ、開発のハードルが高くなりましたが、より専門的なノウハウを求め、それを駆使し、粘り強く取り組んだ成果が出ていると思います。

現在の民需の柱である駐車場機器に関しては、1971年に初期の駐車場料金精算装置(MFC-1000)が誕生しています。その後15年経って無人精算機システム(MFC-5000)の時代になりました。ここ10年は、会社として優先順位を上げ力を入れていますが、量産の民需製品と言うことで、価格競争と信頼性確保の苦勞がいつもついて回ります。現在の要素技術を列挙しますと、①CPU搭載ボード、②駐車券の発券・搬送・識別機構、③前面のパネルの操作・デザイン、④キャビネットへの収納・配置・防犯性、⑤機器間のネットワーク、⑥紙幣・コインの処理、⑦クレジットカード・電子マネーカードの処理、⑧車両の検知、ナンバープレート(車番)の検知、⑨組込み型ソフトウェアなどです。いずれもが重要な技術ではありますが、駐車券に関する機構設計あるいはお金の処理に、非常に神経を使っています。特に駐車券では、汚れ、汗、雨の付着、折れ曲がりなどが、券の搬送、券への読み書きに大きな影響を与えますので、その対策に多くの時間を費やしてきました。

無人の屋外環境、不特定多数の利用者など、信頼性確保に対する厳しい要件を克服しつつ、利便性、安全性、省資源・省エネルギー向上を目指しています。

【電子精密機器と宇宙機器】

2年程前から、搭載品分野である電子精密機器と宇宙機器を所管しました。ここでの主力は、創成期から電子精密

事業を担当されました大先輩の言葉を借りますと、“MPC 創立時からの技術で、年月や技術の動向で廃れないもの”で、慣性計測技術の応用製品です。具体的には、ジャイロスコープと加速度計です。これを慣性センサあるいは、慣性航法機器に応用しています。代表的製品として、航空機・ロケットの姿勢方位検出装置、

(開発時)世界最小のレートジャイロ、砲塔のスタビライザ用センサ、飛しょう体用の姿勢検出用センサ、慣性航法装置などがあります。

電子精密機器では、ドプラ速度センサ/ドプラ航法装置などの電波応用機器製品、また地上系の信号処理装置も事業の柱になっています。何れも、温度湿度、振動、衝撃の対環境性に優れたもので、超小型軽量の上、何よりも高信頼性が要求されます。また量産製品でもあり、当然、生産性、保守性も高いレベルを維持すべきものです。Precision の名に恥じないよう、今後も品質の維持向上を注力したいと思います。

宇宙機器では、初めにロケット用機器、次いで衛星用機器を手がけ、日本の宇宙開発に貢献しています。技術の分類では、慣性センサと制御機器、それらのシステム(慣性システム、制御システム)技術、信号処理/電力分配などの電子機器及び環境計測を担当しています。対環境性は更に厳しくなり、体積も重量も同様に厳しくなります。その要請をバネにして、(超)高信頼性設計を実践し、数多くの非常に重要なミッションを支えることができているのではと思います。

奇しくも、この執筆の間に、最後の M-V ロケット 7 号機の打上げを現地で見ることができました。MPC のメンバーは、長い間継続して発射管制業務を支援しており、緊張感に包まれた中、顧客との信頼関係の下、見事なチームワークで立派に責任を全うしたと思います。実に感慨深いものがありました。次期固体ロケットにおいても、この技術で貢献したいと思います。

【おわりに】

当社の主要事業毎にその適用技術を概括しました。小規模の製造会社にしては、多くの技術を持っています。顧客優先がモットーであり、その活動の結果とも言えます。2007年問題の技術の伝承が、当社でも大きな課題ですが、それを乗り越え、技術の会社として世の中に貢献したいと思います。

電子精密機器の趨勢と技術展望

安井 訓

1. まえがき

電子精密機器事業の主な事業内容は、精密機器技術を生かした慣性センサであるジャイロ及び加速度計、それらを応用した慣性航法装置、小型の電波機器であるドプラ・レーダ及び電波近接センサ、レーダ信号処理装置等で、これらの開発・製造を手がけてきている。これらの事業分野においても、最近のエレクトロニクスや信号処理技術の急速な発展により状況が大きく変化しており、主要顧客である防衛関連分野の環境やニーズも変化してきている。ここでは、防衛関連の電子精密機器の趨勢と、それらを踏まえた技術展望について述べる。

2. 電子精密機器の趨勢

2.1 慣性センサ及び慣性システム機器

慣性センサについては、各種メカニカル・ジャイロ、1個で2軸の角速度を検出できるチューンド・ドライ・ジャイロ、ピエゾ素子を使用した1個で2軸の角速度と加速度を検出できるユニークなマルチセンサ、光のサニャック効果を応用したファイバ・ジャイロ (FOG) を開発し製品化してきている。ファイバ・ジャイロは、広いダイナミックレンジと高い応答性の特徴を生かし、高マニューバ対応の飛しょう体用慣性装置に適用している。

航空機及び車両用のシステムについては、1980年代に小型・軽量の姿勢方位基準装置を開発し車両及び小型無人機に搭載している。1990年代に至っては、小型・軽量でGPSを内蔵した慣性航法装置を各種航空機に適用している。また、高精度の姿勢方位基準と位置標定機能を有する自己位置標定装置を各種車両に適用している。図1に搭載機器の主な流れを示す。

2.2 電波機器

電波機器は、航空機搭載用のドプラ・レーダと電波近接センサが主体である。ドプラ・レーダは、低速から精度良く速度を検出できる特性をもつことから、長くヘリコプタ等の速度センサとして使用されてきた。しかしながら、

1990年代からGPSが全地球で使用できるようになり、GPS内蔵の小型・軽量の慣性航法装置が実現した。GPS内蔵により低速領域の速度精度も向上したため、今後のドプラ・レーダの適用は海面上で海流に沿ってホバリングする回転翼機用等の特殊用途になりつつある。

一方、電波機器の近接センサは、小型で確度の高いユニークな方式で飛しょう体に適用している。

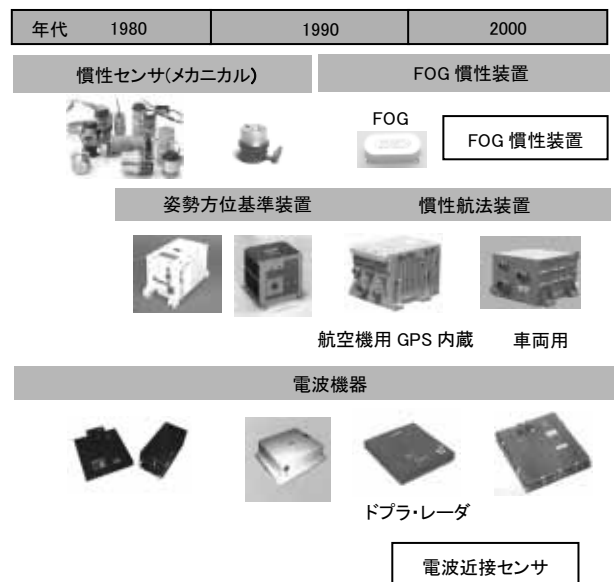


図1 搭載機器の主な流れ

2.3 信号処理装置

信号処理分野では、3次元レーダ用の信号処理装置を手がけてきている。これら信号処理分野もエレクトロニクスの飛躍的な発展により電子回路の小型化と高速化が進み、デバイスの応用技術とソフトウェア信号処理が主体になってきている。これら最新デバイスの応用とデジタル信号処理/ソフトウェア処理技術をリンクさせ事業の継続を図る。

3. 技術展望と取り組み

3.1 全般

防衛用のセンサや搭載機器は、防衛環境の変化、民生を主としたエレクトロニクスや信号処理の発展、情報化社会の中で、これら環境変化に対応した変革が求められている。ここでは、開発を進めている中で 3 アイテムをピックアップしてその技術展望と取り組みについて述べる。

3.2 慣性センサ及び慣性システム機器

慣性センサのジャイロに関しては、メカニカル・ジャイロ、光のサニャック効果を利用したファイバ・ジャイロやリングレーザ・ジャイロが防衛用として使用されてきた。近年においては、半導体技術を応用した MEMS ジャイロ (MEMS: Micro Electro Mechanical Systems) が開発されてきており、防衛分野でも実用化されつつある。ここでは、ダンパー及びガイダンス・グレードのセンサとして期待されている最新のジャイロである MEMS ジャイロについて述べる。

MEMS ジャイロは、半導体製造技術を応用したもので、原理はコリオリの力を利用したものである。二つのプルーフマス (Proof Mass) を互いに逆方向に振動させる。角速度入力 (回転運動) が加わると、コリオリの力 (効果) により直交した方向に 2 次振動が発生する。この振動をキャパシタンス・ピックオフで検出することにより角速度に比例した信号が得られる。図 2 に原理図を示す。

ジャイロの種類と性能を大まかに図式化したものを図 3 に示す。MEMS ジャイロの期待される性能は、ダンパーやガイダンス・グレードに位置付けられる。MEMS ジャイロは、スプリング拘束型レート・ジャイロのエリアから小型のリングレーザ・ジャイロやファイバ・ジャイロに位置すると考察される。

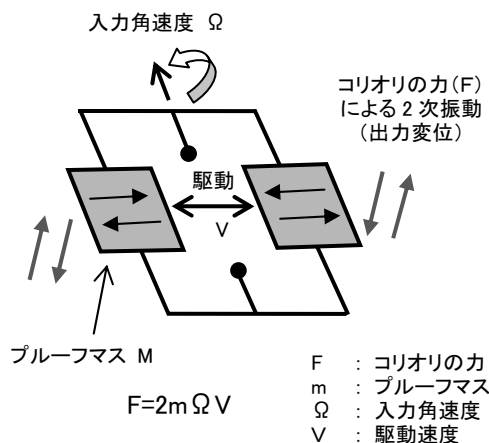


図2 MEMS ジャイロの原理

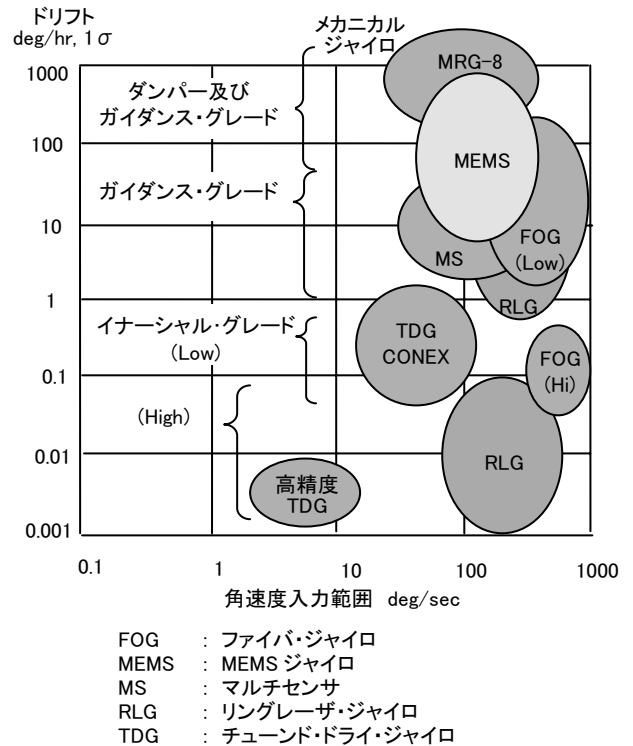


図3 ジャイロの分類

また、MEMS ジャイロのプルーフマスは、シリコンウェハ上に構成され、極めて小型/軽量であるため耐衝撃性に優れており、機械的環境印加による劣化もないと言われている。また、小型化と低価格化が期待できることから、その適用範囲は拡大し、飛しょう体はもとより誘導弾等への適用も可能である。

長年築き上げてきたジャイロ技術を基に、半導体 MEMS 製造技術を用いた MEMS ジャイロの開発を進めている。

図 4 に MEMS ジャイロを使用したセンサブロックの例を示す。

MEMS を慣性装置としてシステム化するにはエレクトロニクスの小型化や実装技術も重要な技術要素である。特に、MEMS ジャイロの特徴である耐高衝撃 (G-Hard) に対応するための実装/構造設計を確立することも同時に必要である。

また、MEMS ジャイロをより高精度の慣性装置として製品化するためには、初期化 (初期姿勢角や方位角の決定) や精密誘導のために GPS との接続が必要であり、GPS と最適にハイブリッドするための最新のカルマン・フィルタ技術も不可欠である。特に、運用条件に対応した、短時間で誤差推定するための収束性の向上や高マニューバにも対応できる最適フィルタの構築が今後のシステムに必要である。図 5 に MEMS 慣性装置の機能ブロック図を示す。

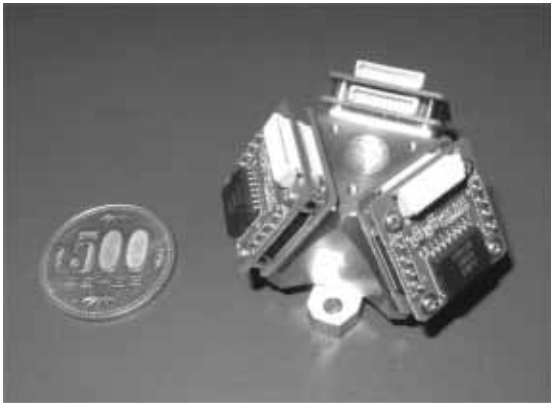


図4 MEMS ジャイロとセンサブロック

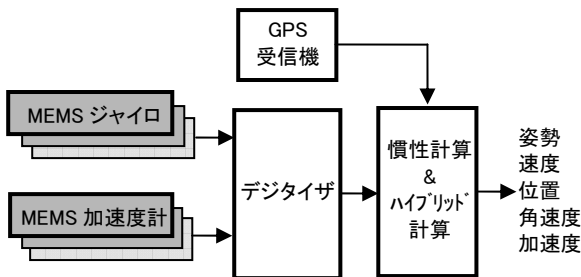


図5 MEMS 慣性装置機能ブロック図

となる。図7にリアルタイム画像安定化用画像取得図を示す。既に開発した基本アルゴリズムを踏まえ、実用化対応のため、最新の高速プロセッサの活用とリアルタイム高速演算処理、各種の可視条件下での確実な検出ができるアルゴリズムの開発を図る。下記に開発の要点を示す。

- 処理速度の高速化
- 目標識別
- 移動目標への対処
- 全天候性、夜間運用性の向上

また、画像処理により生成した姿勢や移動量は、相対基準情報であり、MEMS 慣性装置との組み合わせにより誘導制御に必要とされる確度の高い絶対基準情報を得ることができる。

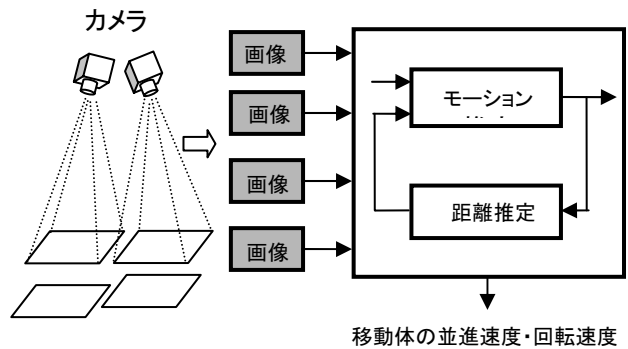


図6 画像処理による姿勢検出の概念図

3.3 画像処理応用センシング技術

近年、信号処理ハードウェア及びソフトウェアの急速な発展により、高速で複雑な信号処理が可能になってきている。画像処理技術と慣性技術を融合することにより、姿勢角や位置情報をより正確に検出できる画像処理アルゴリズム開発の取り組みをしている。

本画像処理技術は、移動体のエゴモーション (Ego-motion or Self-motion) により移動体の姿勢変化や移動状態を推定するものである。単眼あるいは複合カメラから得た連続した画像情報を基に、高速のコンピュータと最新の画像処理アルゴリズムにより、姿勢の変化、速度及び位置を連続的に推定していく。図6に画像処理による姿勢検出の概念図を示す。

方式は、取得した画像から照合点を見出し、照合点を基準に画像の変位量から、連続的に自己の3次元空間での移動量を求め、それら照合起点から移動量を算出し自己の姿勢変化、移動量を得るものである。さらに、3次元復元処理に加え、モザイク処理、ノイズ除去、スタビライズ、移動目標追跡から成る画像処理アルゴリズムを組み合わせることにより、目標物照合や識別も合わせ持つことが可能

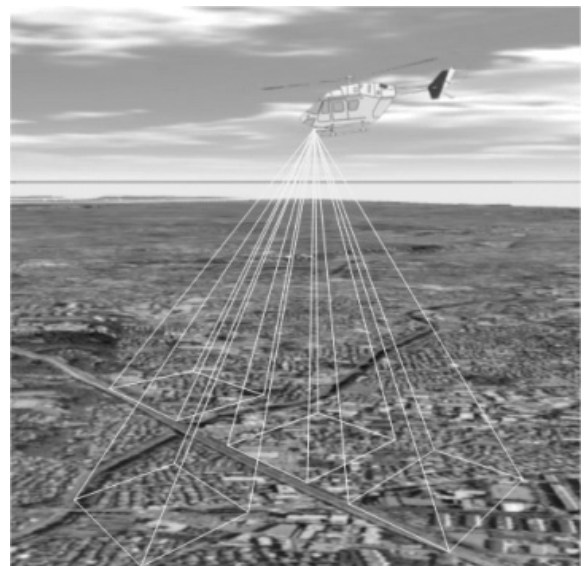


図7 リアルタイム画像安定化用画像取得図

3.4 電波技術（デジタル近接センサ）

小型レーダの電波技術と独自の方式による電波近接センサを開発し各種飛しょう体に適用している。通信機器などの高速化やソフトウェア化が急速に発展しているが、これら電波機器においても小型化と同時にフロント部からのデジタル化、ソフトウェア化への取り組みが必要である。

小型化に関し、デジタル信号処理部は表面実装、ハイブリッド IC 化等により小型化が比較的容易に可能であるが、アンテナの送受信電波を処理するマイクロ波集積回路 MIC (Microwave Integrated Circuit) が小型化の大きな要素である。当社における MIC は、数 GHz～数十 GHz の RF 帯から IF 帯までの信号を扱っている。MIC は、表面実装タイプの部品（抵抗、コンデンサ）とチップ部品で構成され、前者はソルダーリングで後者は導電性エポキシ・ボンディングにより誘電体材料に取り付けられる。一般の電気回路とは異なり、製造過程で発振回路の周波数、位相ノイズの調整、送信系における送信電力、スプリアス、V ソフトウェア R 特性、受信系ではゲイン、雑音指数、V ソフトウェア R 等の調整が必要で、特殊な技術、専用の製造設備及び検査機器が必要である。

さらなる小型化に対応するため、最新のマイクロ波部品を使用した回路、かつ製造及び調整の容易性を考慮した設計が必要で、現有の約 1/2 の容積を目標に開発を進めている。図 8 に MIC 外観図と内部を示す。

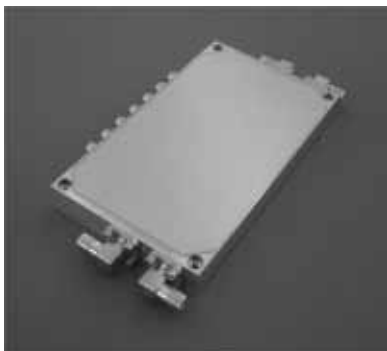


図8 MIC外観と内部

デジタル化及びソフトウェア化については、フロント部分で信号をデジタル化し、高速プロセッサでスペクトル解析や時系列処理を行い目標信号を検出する。デジタル化により、FFT (Fast Fourier Transform) 処理が可能になり、覆域外の不要信号除去が可能となる。また、合わせて複数ゲートとウェーブレット変換 (WT: Wavelet Transform) 処理を合わせて実施することにより時間領域の情報を得ることができ、各フレームの出力変化を継続かつ系列的に解析すれば、目標の諸元を精細に識別できるようになる。これらのデジタル信号処理によりアダプティブにクラッタ抑圧の向上が可能となる。また、当社の方式は、高度検出機能も合わせ持つことが可能であり、検出距離の拡張と合わせて高機能なセンシングが可能になる。図 9 にデジタル近接センサ機能ブロック図を、図 10 にデジタル信号処理概念を示す。

これらの開発の推進により、当社独自の近接センサのさらなる発展と広範囲な適用が可能となる。

また、今後の高機能化への対応とダイナミックな模擬環境下での定量的評価ができる電波システムの M & S (Modeling and Simulation) も積極的に推進する。

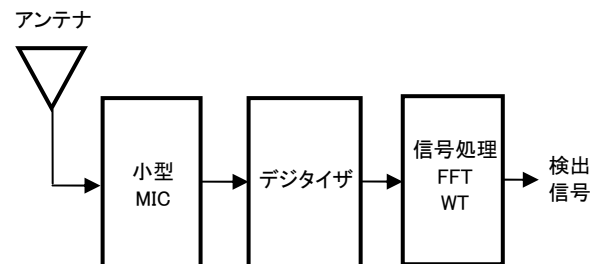


図9 デジタル近接センサ機能ブロック

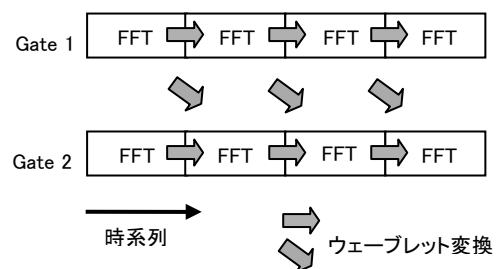


図10 デジタル信号処理

4. むすび

防衛環境の変化, 民生機器を主としたエレクトロニクスや信号処理技術の発展, 情報化社会の進展の中で, 防衛を主体にした当社の電子精密機器も大きく変革してきている。今まで中核をなしてきたメカニカル・ジャイロやドプラ・レーダは, 特殊用途になりつつある。これらの変革に

対応すべく新たなセンシング技術(小型/低価格/高精度のための各種センサの融合等)への取り組みが必要である。今後, 当社特有の技術のさらなる向上を図り, 顧客ニーズに対応した製品開発を図る所存である。

[執筆者紹介]



執筆者 安井 訓 略歴

1979年入社。車両用姿勢計測装置, 姿勢方位検出装置, 飛しょう体用慣性航法装置等の慣性センサ応用機器の設計・開発に従事。現在, 電子精密機器部長



図2 チューンド・ドライ・ジャイロ (TDG)



図3 フライ・ホイール (FW)

さらに、M-3S II型の次期打上げ用ロケットとして開発着手が決定したM-V ロケット用の慣性センサへの採用も視野に入れ、ファイバ・オプティカル・ジャイロ (以下「FOG」という)の開発にも着手した時期である。



図4 ファイバ・オプティカル・ジャイロ (FOG)

この時期、以下の技術分野で基礎を確立した。

- ロケット制御システム技術
- ロケット搭載機器設計・製造技術
- 慣性センサ機器設計、製造技術
- 衛星姿勢制御機器設計、製造技術

2.2 自立期 (1984年～1996年)

この期間では、宇宙機としては、H-I型ロケットの搭載機器が生産へ移行すると同時に、M3S型ロケットに使用された浮動レート積分ジャイロ (以下「FRIG」という)の国産化並びにスピンドル型姿勢プラットフォーム (以下「SFAP」という)型CNEがデジタルSFAPに移行、また衛星用搭載機器についても開発から実機用開発へ移行するという大きな変革のときを迎えた。

- デジタルSFAP CNE開発開始
- H-I搭載機器FM生産へ
- ラージタイプホイール実機搭載 (ETS-V～)
- スモールタイプホイール国産化開発スタート
- IRU開発から実機搭載へ (JERS-1～)

さらに、ISS (宇宙ステーション)開発の立ち上げに伴い、

JEM 関連機器の開発にも参画し、当社が、国内で宇宙機器製造メーカーとして認識された時期でもある。

この期間のトピックスとしては、上記以外にMロケットの後継とした宇宙研殿のM-V ロケット開発の開始である。S520-11への搭載実験を皮切りにM3S-II 6号機及び7号機への実験搭載を経てM-V1号機用慣性誘導装置 (以下「ING」という)の開発を開始 (～1994年)した。INGは3軸ストラップダウン方式を採用しており、ジャイロとしてFOGを世界に先駆けて慣性計測装置 (以下「IMU」という)に採用した。このFOGの採用に当たっては、搭載実験とともに地上における検証を含め、宇宙研殿の指導と多くのエンジニアの協力の下に開発が行われた。

また衛星搭載機器としては、上記センサ及びアクチュエータの開発の開始と同時に、この成果も考慮されて、この期間の後半である1996年にはセンサ及びアクチュエータ以外の搭載機器についてもDRTS用バス機器として受注し、文字通り宇宙機器の地上、宇宙機及び衛星といった全域に亘って製品を提供する土壌が出来上がった期間であった。

この時期、以下の技術分野で成果を上げることができた。

- デジタル制御システム技術
- JEM搭載機器設計・生産技術
- 衛星搭載機器設計・生産技術
- 慣性計測システム技術

2.3 展開期 (1997年～現在)

H-II搭載電子機器及びJEM搭載電子機器工事が開発からフライトモデル生産への移行の時期を迎えた。その一方で、1999年には三菱電機殿から環境計測機器の技術移管等を受け新規分野への参入を達成することができた。この期間でのトピックスは以下のとおりである。

- M-V 打上げ成功
- 衛星搭載用機器受注拡大
- JEM 機器完納
- 環境計測装置技術移管
- USEF 向け実験機器開発
- 国産ホイール開発スタート
- 将来アクチュエータ試作研究受注
- H-II A6号機失敗から7号機成功へ

2.4 技術分野と製品系列

展開期における衛星バス機器の開発を含め、現在、宇宙機、国際宇宙ステーション及び人工衛星への幅広い対応を可能とした。現在の製品系列を図5に示す。

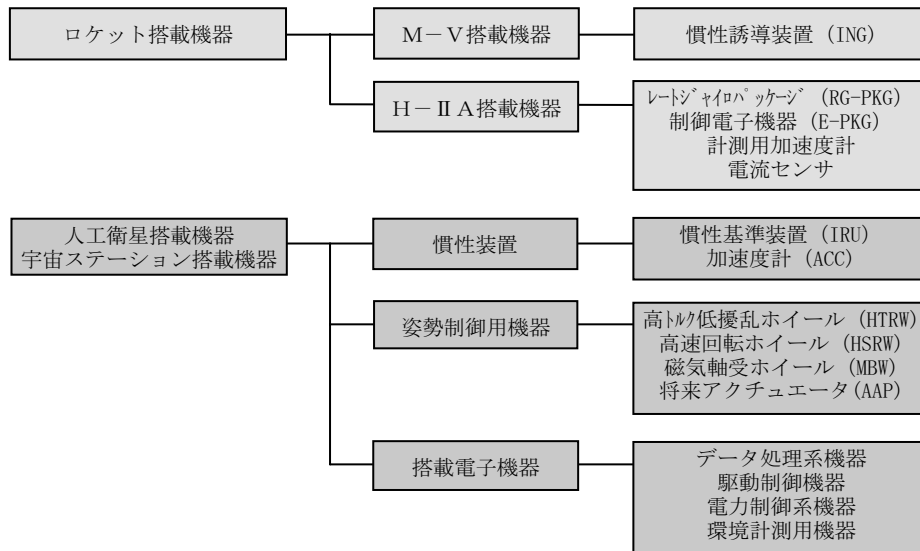


図5 宇宙機器事業の主要機種及び製品系列

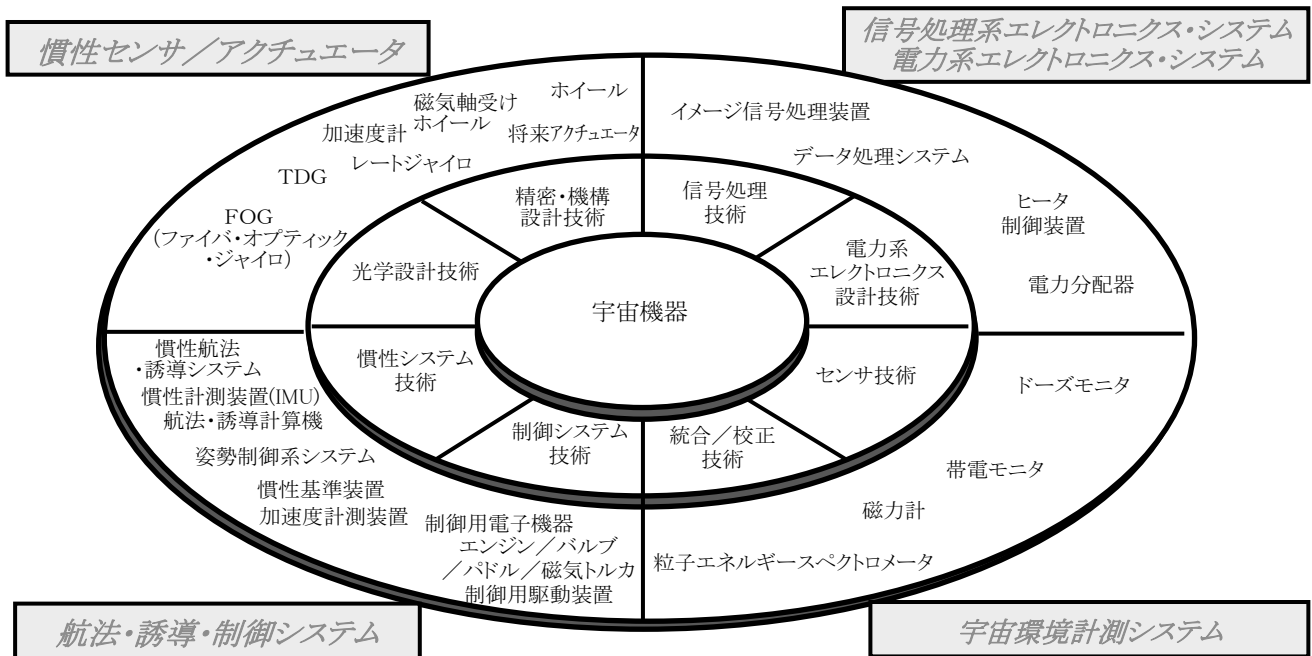


図6 宇宙機器事業と技術範囲

過去の実績を踏まえ、現在保有する宇宙機器部の技術分野を図6に示す。

3. 今後の技術展望

現在までの宇宙事業の展開を受け今後の技術展望について以下に示す。

3.1 全般

これまで宇宙事業は、産業革新を牽引して行くための様々な最先端技術の母胎として、産業界に多くの影響を及ぼして来た。しかしながら、諸般の事情により、ロケット及び衛星システムの規模が縮小されてきており、国内宇宙

産業そのものが岐路に立たされている。このような状況に至った要因として、打上げ機の大規模化及び衛星システムの大規模化、高機能化があり、かつ先進技術導入もあって、開発予算の増大とともに開発期間の長期化があった。さらに信頼性を確保するために、さらにコストと期間を要したことも要因であった。このような国内の状況は、海外市場の後を追うように生まれたとも考えられるが、海外市場では既に、大きく変化しつつあり、特に商用衛星では通信事業の失敗を背景に商用ビジネスが停滞している状況にある。商用のみの予測では、過去の年50機を越える予測から、ここ数年では今後年20~30機の予測へと変化してきている。

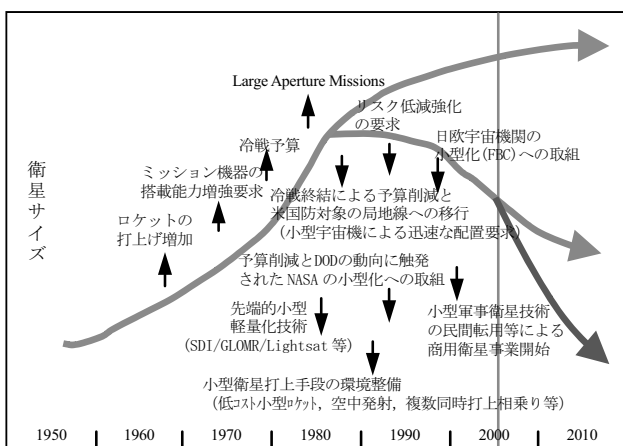


図7 衛星サイズ/重量の国際的動向

一方、単一の科学衛星ミッションのための小型衛星の需要が拡大しつつある。このように海外市場では、通信容量増大のための大型の商用通信衛星と打上げ失敗からのリスク回避及び打上げ機会の増加とコスト低減のための小型ロケットを用いた小型衛星との二極化の方向にある。(図7参照)

国内衛星の動向は、現在では中型から大型が主流の状況にはあるが、打上げロケットの余剰スペースを利用したピギーバック衛星が打上げられつつある。ナノテクノロジーの進展や宇宙利用の多様化に対応するため、今後も継続的に活用されようとしている。今後の傾向としては、予算確保及びリスク回避のため、中型から小型衛星への移行が予想され、1機で単一機能の衛星から編隊飛行(コンステレーション)への移行や電子情報収集といった安全保障分野も考慮した即時対応型で低コストの小型衛星システムに目が向けられつつある。さらに科学衛星分野でも限られた予算の中で、打上げ機会を増やすための小型衛星に期待が集まると考えられ、今後は1t超から1t未満への動きとともに将来的には、0.5t未満の小型衛星にパラダイムシフトする可能性は大きく、ドラスティックな小型、統合化が進むと予測している。衛星質量分類と衛星名称の定義を以下に示す。ミニサット以下を総称して小型衛星と定義されている。また、国内では、ロケット余剰重量での打上げから50kg級衛星をピギーバック衛星⁽¹⁾と呼んでいる。

- 大型衛星 1,000kg 以上
- 中型衛星 500~1,000kg
- ミニサット 100~500kg (小型衛星)
- マイクロサット 10~100kg (小型衛星)
- ナノサット 1~10kg (小型衛星)
- ピコサット 0.1~1kg (小型衛星)
- フェムトサット 100g 以下 (小型衛星)

西暦	2000	2005	2010	2015	2020
衛星分類					
大型宇宙機	ALOS-4t MTSAT-2:1.7t ETS-VIII:3t	WINDS:2.7t SELENE:2.9t GOSAT:1.65t	既存技術を活用した小型化 商用を前提としたバス機器の小型化		
中型宇宙機	OICETS:0.57t ASTRO-F:0.96t SOLAR-B:0.9t	既存技術を活用した小型化 1t未満衛星のシリーズ化		バス技術の活用	
小型宇宙機	ナノテクノロジーを活用した小型化 300kg~400kg衛星		バス技術の活用		

図8 国内衛星の今後

この背景を考えてみると、産業界自身が自力で革新を推し進めていることであり、MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)やナノテクノロジーのような新しい技術を生み出してきていることが挙げられる。すなわち、宇宙事業が本来の目的である「宇宙開発/利用」に専心できる環境が整いつつあると考えられ、むしろ民生技術をうまく活用して、様々な目標をいかに効率良くクリアしていくかという視点から選択と集中がなされて行くと考えべきである。

小型衛星の分野については、既に海外ではミニサット分野においても3軸衛星が既に成立している。国内では、ピギーバック衛星においてスピン型が主流で3軸制御については実験レベルにある。現状国内では一部の科学衛星を除き、1t以上の衛星が主流であるが、小型衛星の分野については、既に科学衛星等で3軸制御が実現されている。実用衛星の3軸制御型の衛星では1t近辺に集中しており、小型衛星としてはピギーバック衛星が注目されている状況である。小型衛星特にミニサットの領域については、ミッション提案のみが先行しているところがあるものの確実に機運が高まっており、今後の事業展開においては重要なポイントとなる。現状での予測としては、図8に示すとおりである。

宇宙事業としても、この予測に基づく今後の対応が問われていると考えており、基幹技術である慣性センサ及びアクチュエータのみならず、宇宙搭載電子機器についても計画的な対応が問われている。

3.2 衛星システムの今後

衛星システムの現状及び今後の動向について以下に述べる。

(1) 大型衛星

図8に示すとおり、過去多くの大型衛星が計画され打上げに供されているが、今後は、現状維持かあるいは減少する方向と予測する。商用衛星のようにビジネスを目的とし

た場合、大型システムの可能性はあるが、採算性を考慮した機能の増加、高信頼性及び長寿命化がさらに要求されると予測される。

(2) 中型衛星

このサイズの衛星については、過去から現在に至る計画ではほとんど科学衛星が主流を占めている。今後は、このサイズの衛星の軽量化が進められ、主流を占めていくと予測する。衛星のシリーズ化の構想も考えられ、大型衛星で実現していたものをこのサイズの衛星で達成することにより、市場は拡大傾向と考えられる。

(3) 小型衛星

現状国内ではピギーバック衛星の域を出ていないのが実情である。しかしながら、宇宙環境の利用といった新しい時代を背景に、“宇宙開発”から“国民の安全”という考え方は定着しつつあり、単一ミッションを前提に、科学衛星のみならず、観測や情報収集を目的とした衛星ミッションが実用化すると予測する。

3.3 衛星システムの小型化構想

小型衛星の得意分野である科学衛星をはじめ、運用の機動性を考慮したシステムが増加すると考えられる。具体的に小型化のための技術的動向及び予測を以下に述べる。

衛星の小型化構想の流れは、バス機器やミッション機器が従来の箱型から組込み型へ移行すると想定されている。

現在の衛星システム構想の基本は、衛星ミッション要求に従ってバスシステムが設定され、衛星全体システムが構築されるという積み上げ方式が主流であった。場合によっては、各バス系の各コンポーネントについても衛星システム毎に開発が行われるように、ほとんどがカスタマイズされたコンポーネントの積み上げでシステムが成立している。ワイヤハーネスについても各コンポーネント間を接続するため、結果としても大型化する構成となっていた。

これに対して、既に一部の衛星システムでも採用されているが、衛星の軽量化を目的としてワイヤハーネスを構体に組込む構成が出つつある。こうすることで、同様のバス系を持ちながら軽量化が可能となる。また、実績の活用という点では、一部バス系コンポーネントのインタフェースを見直す(シリアルインタフェース化)等の個別の開発の必要性が残るが、バス系のミッション要求を考慮したシリーズ化により、リソースの点でより効率的なシステム構成が可能となる。

今後の大きな流れとしては、次世代という意味で第二世代先端型のバス系機器の殆どを衛星構体に組込む形態へと展開すると考えられ、衛星の小型化が加速すると考えられる。2010年の前半には、この種の衛星の軌道投入が始ま

ると予想する。第三世代先端構体については、ミッション要求の単一化も前提に、500kg級のミニサットよりも小型のマイクロサットやナノサットへの適用が想定される。諸外国では、この種の技術を応用した衛星が次々と実績を上げつつあるが、国内においては、ミッション要求として科学分野が先行する中で、一部のピギーバック衛星でむしろ民生技術を宇宙応用したシステムが大学の限られた予算の中で構築されている。しかしながら、こうした技術的展開や実績を背景として、2020年代には実用衛星への適用も十分考えられ、この形態を見据えた技術展開を図る必要があると考える。

3.4 搭載機器の今後

当社における各技術分野の技術展望を以下に述べる。

(1) 搭載電子機器

前項にも記載のとおり、現状の組込み不可能なバス機器から組込み型へと大きく展開すると予想する。既にコンポーネントの小型・軽量化のための実装の発展的見直しが図られつつあり、自社開発とともに実衛星においても開発計画が実現してきている。第一段階の小型・軽量化としては、納得できたとしても、今後2010年後半を目指す場合には不十分であり、ミニサット以下を視野に入れた対応が必要となってくる。しかしながら、バス系の搭載電子機器については、システム形態と密接に関係しており、コンポーネントレベルのみで最適化をするには限界がある。衛星の小型化構想の流れに乗り遅れないためには、コンポーネント技術のみならず、システム構築そのものを考慮する必要がある。市場が求めるミッション、これを実現するためのシステム構築、このシステムを構築するための基盤技術に至るまで想定可能としたトータルエンジニアリングの構築が不可欠となる。“歴史に学ぶ”という経験的な発想も重要と認識するが、今後は、文字通り“未来をひらく”というスタンスが必要である。

(2) 慣性センサ

当社は慣性センサ及びこの応用技術で事業展開して来た。センサ動向をも見据えた対応が必要であり、(1)項と同様にミッション想定及びシステム想定の上に次世代のセンサを構築する必要がある。

また、このセンサ応用に不可欠な技術がMEMS技術である。当然ながら、現状実績を有するIRUに使用されている高精度なTDGやING等に使用されているFOGや加速度計といった潤滑や熟練した製造技術を伴う従来型のセンサ及び光学センサは、今後も使用されていくと予測するが、これだけでは宇宙事業展開において、市場で生き残ることは不可能である。中型や小型の衛星分野においては、

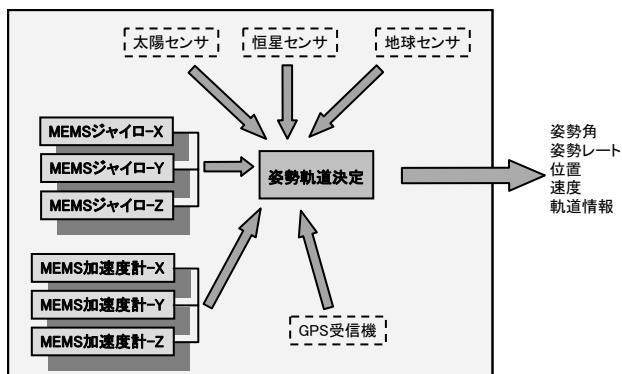


図9 姿勢軌道決定ユニット

既存の慣性センサに加え統合化が進むと考えられる。図9に姿勢軌道決定ユニットのブロックを示す。種々のミッション要求に対応するためには、MEMS 慣性センサも前提に各センサを統合した複合型のセンサを構築しなければならない。

諸外国においては、慣性センサから光学センサへのシフトが傾向として具体化されて来ており、光学センサとの統合化も考慮する必要がある。角度センサと角速度センサの利点及び位置センサと加速度センサの利点を十分考慮したハイブリッド型の統合センサが望まれると考える。

(3) アクチュエータ

アクチュエータについては、必要不可欠なコンポーネントと考えている。但し、重要なことは、大型衛星が生き残る中、中型あるいは小型衛星が主流になる今後については、角運動量の蓄積というよりはむしろ、出力トルクの大きさがアクチュエータにとって重要な要素になると考える。従来型のホイールに加え、高トルク化に有効なコントロール・モーメント・ジャイロ(以下「CMG」という)の要求が

[執筆者紹介]



執筆者 田中 龍一 略歴

1979年入社、入社後宇宙設計部門で、地上支援装置のソフトウェア設計に従事、その後衛星搭載用慣性基準装置の開発及びM-V用FOG-IMUの開発に従事、現在、宇宙機器部長

あると考えられる。

既に、諸外国の小型衛星市場においては、小型のCMGが使われており、小型衛星特有の打上げ運用を含む機動性の利点をさらに軌道上で達成するために不可欠なアクチュエータである。

3.5 打上げ機の今後

国内では、H-IIA及びM-Vしか保有していないのが現状である。今後の衛星の動向によっては、大きな課題となる。ロケット用アビオニクスにおいては、要求に対して柔軟に対応できることは必要である。

4. むすび

宇宙機器といえども実績のある技術重視で対応してきた過去及び現在の状況を変革する時期に来ている。既存技術のみを背景とした事業展開では経済的成長は望めないことを肝に銘じるべきと考えている。当社として技術動向も考慮に入れた対応として、コンポーネントからバス、バスからシステムへと宇宙事業の視点をパラダイムシフトさせて行く必要がある。

参考文献

- (1) ピギーバック衛星 INDEX HP by ISAS
<http://www.index.isas.jaxa.jp/index.html>
- (2) れいめい成果報告会/小型科学衛星研究会
<http://www.index.isas.jaxa.jp/News/20051130.htm>
- (3) SMALL SATELLITE HOME PAGE:
<http://centaur.sst1.co.uk/SSHP/>

シミュレーション・画像技術の展望

大本 博次

1. まえがき

三菱プレジジョンは、フライトシミュレータと航法装置の開発・製造会社として1962年に発足し、以来45年にわたってシミュレータを開発・製造してきている。特に防衛庁殿には、陸、海、空の各自衛隊が装備している大半の航空機シミュレータを納入するとともに、航空機搭乗員ほかの教育訓練に貢献してきた。

現在では、シミュレータあるいはシミュレーションシステムが、あらゆる領域での研究、システムの開発、システム運用の教育訓練など広範囲な分野にわたって利活用が進むにしたいが、社会の発展に無くてはならないものになりつつある。航空機をはじめ、自動車、鉄道などは、社会を豊かにする一方、人間社会での安全・安心に適合するシステムであることが求められる。これは、解析、評価、研究、開発、教育、訓練をとおして実現・改良が可能であり、シミュレータあるいはシミュレーションシステムがこのためのツールとして有効であると言える。

一般にシミュレータは、「教育訓練や研究開発を目的として各種のシミュレーションを実行する装置」、さらにシミュレーションは、「システム、情報を保持している区分可能な人間・場所・もの・イベントや現象あるいはプロセスを物理的、数学的、論理的に表現したモデルを時間軸に沿って実行する方法のこと」と言われている。

三菱プレジジョンでは、シミュレータの開発・製造にとどまらず、中核となるシミュレーション技術及びシミュレーションの現実感、可視化を高めるために極めて重要かつ有用な画像技術を発展させ、社会の安全・安心に向け、空間的、時間的にも大規模で高度なシミュレーションシステムの実現を目指したいと考えている。

2. シミュレータの技術展望

シミュレーション技術応用の先駆けは航空機の操縦訓練に用いられたフライトシミュレータにみることができ、フライトシミュレータは、1920年代末に米国のエドウィン・リンクが開発したリンク・トレーナーに始まり、

コンピュータ、メカトロニクスなどの技術が進歩することによって急速な発展、改良を続けてきた。近年、コンピュータグラフィックスが高性能化したことで、航空機においては、空港や飛行経路の地形、地物、目標物の画像が精細に表示できるようになり、離着陸を含み、実操縦に近いシミュレータが実現している。これは、自動車、鉄道においても同様であり、シミュレータはコンピュータ技術をベースとして広い分野にわたる技術の統合、融合により実現されているものである。ここでは、航空機、自動車、鉄道シミュレータを主な対象としてシミュレータの現状と技術展望について述べる。

2.1 シミュレータの種類と有効性

(1) シミュレータの種類

シミュレータは、時系列で起こるシステムの動作あるいは現象を、実世界と同じ時間スケールでコンピュータ上に生起させることから「実時間シミュレーション」あるいは人間がシミュレーションループの一部に組み込まれ、コンピュータ上のシミュレーションモデルと人間が相互に係わり合うことから「ヒューマンインザループシミュレーション」と言えるが、用途により大別すると研究開発用シミュレータと訓練用シミュレータの2種類になる。

(2) 研究開発用シミュレータ

① 航空機関連

- 機体、操縦系統、各種搭載機器等の開発、改良
- 操縦法や戦技の開発及び教育法の研究
- 人間工学的研究、試験飛行のリハーサル

② 自動車関連

図1に当社製の研究開発用自動車シミュレータを示す。

- ITSに代表される先進技術の研究・開発
- 車両安全・快適性評価
- ドライバの運転特性評価

- ③ 鉄道関連
 - 乗り心地評価
 - 鉄道車両の開発, 改良
 - 新保安システムの開発



図1 研究開発用自動車シミュレータ

(3) 訓練用シミュレータ

- ① 航空機関連
 - 防衛用での機種転換教育, 練成訓練
 - 民間用での機種転換, 昇格試験, CRM
- ② 自動車関連
 - 自動車学校での安全教習
 - 警察庁での違反者講習
- ③ 鉄道関連

図2に当社製の訓練用鉄道シミュレータを示す。

- 運転士及び車掌の養成訓練
- 現場でのフォローアップ研修



運転士訓練

車掌訓練

図2 訓練用鉄道シミュレータ

2.2 シミュレーション技術

(1) 運動の模擬

シミュレータの中核をなす部分である運動の模擬は、微分方程式を数値積分によって解くことである。コンピュータ性能が向上して精細なモデルを取り入れた複雑で現実にあった運動方程式を計算できるようになった。この一例としては、C言語の普及もあるが、航空機の運動よりも複雑な自動車のタイヤと路面との接触の模擬や、リンク機構

も含めたサスペンションをモデル化できるマルチボディシステムの方式を用いたサスペンションの模擬が開発され実現している。模擬対象となる系の動特性を演算するための数値積分法として、今までオイラー法又は改良オイラー法を適用するケースが多かった。動特性の誤差は、数値積分における積分刻み幅に比例して生じるものであるが、動特性の早い系では同じ積分刻み幅に対して、改良オイラー法がオイラー法に優れて誤差の発生が小さくなることから、動特性の早い系/遅い系に応じて改良オイラー法とオイラー法を適用していた。最近では、複雑で不安定な系を対象として、高精度な数値積分法を適用するケースも増えており、モデル化の高度化と合わせ確実な進歩を遂げている。

(2) 加速度の模擬

6自由度の動揺装置があり、航空機の機体運動では、加速度の高周波成分(非定常加速度)を動揺装置の移動運動で、前後及び左右の方向の加速度の低周波成分(定常加速度)を動揺装置のピッチ及びロール軸周りに傾けて重力の前後及び左右方向の成分を発生することで加速度感を模擬している。

自動車及び鉄道の研究用において前後の変化が大きい加速度、左右の持続時間が長い加速度を正確に再現する必要がある場合は、6自由度動揺装置のみでは模擬に限界がある。そのため、6自由度動揺装置の下にリニア駆動のレールを敷設し、前後又は左右の加速度を発生する方式を用いて実際に近い加速度の模擬を行っている。

近年のモーションシミュレーションでは、動揺、振動に関する人間の官能特性評価に用いるケース等もあり15Hz程度までの周波数応答特性が求められるようになった。

6自由度動揺装置では、アクチュエータの制御特性の限界から、高周波領域において必要な慣性力を発生することが困難である。これを解決する手段としてアクチュエータの制御系へ新しい制御手法を組み込み周波数応答性の改善を図ることが試みられている。

(3) 音響の模擬

音響の模擬では、エンジン音、飛行音(走行音)などが人間の速度感覚に大きな影響を与えることが分かっている。従来は専用の電子回路による合成方式により人間の聞きうる音響を模擬していた。近年はデジタル信号処理技術の応用、サウンドボードの活用によりあらゆる種類の音響を比較的容易に模擬ができるようになった。自動車では走行路面振動を音響の低周波成分を利用して、振動子を振動させることで、エンジン振動、走行振動感を模擬することもできる。

(4) 環境の模擬

環境の模擬とは、自身を取巻く環境またシミュレーションの前提条件となる環境を模擬することである。主として自然環境が対象となるが、自然環境下で行動する他の人間や組織、さらに行動目的のために機能するシステム(装備品、施設など)も扱っている。自然環境は、大気(温度、気圧、風)、地形、地物、海洋(海面、海中)等であり、例えば大気の状態は航空機のエンジンの性能・特性に、上昇・下降気流の発生は航空機の飛行に、地形の凸凹は走行に影響を与える要素である。そのため、自然環境の模擬にあたっては、より実界に近似した環境モデルを用いている。人間や組織、システム(装備品、施設)については、戦闘における対抗部隊の振る舞いと脅威の存在、道路交通における交通流などがあげられる。交通流の模擬は、交通量、信号パターン及び道路形状による交差点の評価等のミクロな事象と広域にわたる道路網の評価、渋滞予測等のマクロな事象に用いることができるシミュレーションである。モデル化の対象は、道路、交差点、信号及び自動車等の一般的な道路における物理的なモデルに加えて個々の自動車を交通規則に遵守させ、経験的な車間距離や速度を保持するための運転者の「行動模擬モデル」を含んだ自動車をモデル化しており、シミュレーションにおいて各種のパラメータ評価が可能である。

(5) センサー模擬

センサーの模擬は、目標とセンサー間の電波、赤外線、水中音波の散乱、反射、吸収等の伝播模擬、送受信器/送受波器の特性模擬、信号処理器の模擬及び表示器の模擬に分けて行っている。伝播特性を現すモデルに関しては、計算量が膨大になるケースが多く、オフライン処理とオンライン処理を適切に分けることで模擬の実現を図っている。赤外線は、可視光におけるデータベースを活用して輻射率、吸収率を持たせ、輝度計算を行うことで模擬している。

(6) 視界の模擬

操縦者、運転者からみた窓外視界を作り出すのが大きな目的である。人間は外界の情報の約90%を視覚から得ているといわれており、シミュレータにおける視覚情報は、極めて重要な模擬項目である。近年は、パーソナルコンピュータにグラフィックカードを組み込むことでリフレッシュレート60Hz又は30Hzでリアルな画像を作り出すことができる。多量の地物、広範囲なエリアの地形生成には、約1m解像度の航空写真、衛星写真などを容易に地形に貼り付けて、現実感のある窓外視界を生み出している。

図3に当社製フライトシミュレータの模擬視界を示す。



図3 視界の模擬

2.3 シナリオ制御及び支援機能

シミュレータが普及しつつある中、シミュレータの模擬性能の向上とともに、研究開発、教育訓練いずれにおいても目的にあったツールとしての有用性が重視されている。例えば、走行や歩行者、信号等の状況設定が容易に設定でき、目的に沿ったシナリオが簡単に実現するシナリオ制御機能やリアルタイムで状況を客観視できる機能、状況を再現する機能、取得データの解析・評価機能などが重要な要素となっている。これらのシナリオ制御及び支援機能は、多くのシミュレータの運用実績に基づいた豊富なノウハウが蓄積されている。

2.4 インテグレーション技術

シミュレータでは、画像の表示遅れ、画像のリフレッシュレート、運動計算の精度、操作入力の取込みレート等の個々の技術においてクリティカルな領域がある。シミュレータとして、全システムがある水準以上に達しない場合、機体/車体運動を的確に制御することが困難となり操舵/運転が振動を始め増幅させる現象が発生する。さらには、シミュレータ酔いの誘発にもなるケースがある。このため、シミュレータに対する要求分析に基づくシステム資源の適正配分と適切なシミュレーション、トータルシステムとしてのインテグレーション技術が不可欠である。人間の生理的適用に対する閾値をよく理解した上で、システムをインテグレーションすることであり、ノウハウの実績による大きい。

2.5 シミュレータの課題(シミュレータ酔い)

シミュレータの課題で極めて大きなものは、シミュレータ酔いである。動揺病の一種として認識されているシミュレータ酔いは、シミュレータに搭乗した際、めまい、吐き気を伴う不快感に襲われる生理現象であり、そのメカニズム、克服法、解決策などは、未だに研究の対象である。没

入感があるほどシミュレータ酔いの誘発が大きいことから、視覚変化と体感のミスマッチングによって引き起こされると認識されている。このミスマッチングに着目した技術試行が行われており、改善の方向が見え始めている。

3. モデリング&シミュレーション

モデリング&シミュレーション(以下「M&S」という)は、コンピュータ技術、ネットワーク技術を初めとする情報技術の飛躍的な進歩により発展してきている。

シミュレータあるいはシミュレーションシステムは、それぞれの目的を実現するため個別に開発され利用されてきたが、1980年代に入ると相互運用性ということが言われ始めた。これは、個別に存在するシミュレータあるいはシミュレーションシステムを相互に接続して、より広範囲な合成環境を作り出し、より現実的な仮想空間を作り出すとするものである。この大きな目的に向け、米国が主導してM&Sに係わる諸基盤、諸制度の整備が継続されている。

3.1 M&Sの背景

M&Sの適用例は、先にも述べたとおり航空機のフライトシミュレータ等の訓練用シミュレーションが中心であった。しかし、フライトシミュレータは独自の入出力仕様で作られており、接続して大規模なシミュレーションを実行したり、組み合わせて再利用したりするのは難しいのが実態であった。これらを可能とするためには、異機種シミュレータを接続するための共通接続アーキテクチャと接続インターフェイスの標準化が必要であった。これに対して米国DMSO(Defense Modeling and Simulation Office)が1995年にHigh Level Architecture(以下「HLA」という)を提案して、各シミュレータ(HLAでは、「フェデレート」という)間の時刻の同期と情報の交換プロトコル等を定めて大規模ネットワークの技術基盤が公式化された。現在では、米国の防衛分野での研究開発、改善、調達等にも適用され解析、システム開発・取得及び訓練・演習の幅広い分野に亘って、非常に重要な技術となっている。当社もM&S技術の取得、防衛シミュレーションシステムへの展開を図っている。

3.2 基盤技術

M&S技術は、システム、エンティティ、現象及びプロセスを物理的、数学的あるいは論理的に表現するモデリング技術と、そのモデルを時間軸に沿って実装するためのシミュレーション技術に分けられる。

(1) モデリング技術

実世界をモデル化するための技術として、対象となる世界全体の概念モデル化技術、その構成要素のモデル構築技術、モデルを動作する上で不可欠なデータ標準化、さらに作成されたモデルの妥当性を検証、実証及び認定する技術がある。

- ① モデル構築技術
 - 概念モデル
 - 自然環境モデル
 - 組織/人間行動モデル
 - 装備品モデル
- ② データ標準化
- ③ モデル検証、実証及び認定

(2) シミュレーション技術

シミュレーション技術には、計算機技術、ネットワーク技術といった基礎的な実現技術とその基礎技術の上でモデルをシミュレーションとして作動させるための技術がある。

- ① コンピュータ技術
- ② ネットワーク技術
- ③ セキュリティ
- ④ マンマシンインタフェース技術

(3) HLA

ベースとなる技術は、並列/分散シミュレーション技術と分散オブジェクト管理技術である。HLAを機能させるための中核となるソフトウェアHLA-RTI(Run Time Infrastructure)は、分散シミュレーションを統合するオペレーティングシステムといえる。HLAでは、大きく分けて6つの機能に関してフェデレートとHLA-RTIの間の仕様を規定している。

- ① フェデレート(統合シミュレーション)管理機能
- ② 属性データの公開/参照宣言管理機構
- ③ 分散オブジェクト管理機能
- ④ 属性データのオーナーシップ管理機能
- ⑤ 分散シミュレーション時刻管理規定
- ⑥ 分散データ配信管理機能

(4) SAF(Semi-Automated Forces)

SAFは、組織戦闘に必要な彼我の部隊をシミュレーションするものである。物理モデル(装置やシステムのモデル)を環境モデル(地形、海洋、大気モデル)上でシミュレーションすると同時に人間行動のモデルを有していて、コンピュータが半自動的に彼我の部隊の行動と行動結果の効力をシミュレーションするものである。これにより、人間も介在できる合成戦場空間を実現している。

4. 画像技術

画像技術は、電子的に画像を生成する画像発生技術、発生画像を表示して高現実感・没入感を作り出す画像表示技術に分けられる。画像発生装置は、主に計算機及び電子回路から構成された実時間コンピュータグラフィックスの大規模システムであり、表示装置は、電子回路、光学系および方式によってはサーボ機構の組み合わせである。

4.1 画像発生技術

(1) 画像発生仕組み

画像発生は、コンピュータ性能の進歩によりコンピュータグラフィックスが主流になって久しい。しかし、大規模ビジュアルシステムもゲーム用グラフィックスも画像発生機的基本的な仕組みに違いは無い。画像発生機仕組みにおける各構成の高性能化により実現規模が拡大されている。

① ツリー・トラバース部

ゲーミングエリアを構成する階層化したデータベースからなり、対象ブロックのモデルデータ(オブジェクト)は二進木で関係付けられ、視点に近いオブジェクトから優先して処理を行っている。

② 幾何計算部

データベース座標で記述されているオブジェクトの各頂点を視点座標に変換、クリッピング、透視投影処理などを行い、最終的にオブジェクトを構成する3次元情報をエッジ情報に加える処理を行っている。

③ レンダリング部

左右両エッジで挟まれた領域を画素ごとに処理を行う。画素の見え隠れ(隠顕処理)を奥行き値(Z値)及び優先度を用いて決定し、可視画素の色のフレームメモリに半透明度を考慮して書き込む。このとき書き込む画素データには現実感を向上させるためのテクスチャマッピング、アンチエイリアシングなどを施して最終的に画像が生成される。

(2) PCIG(Personal Computer Image Generator)

画像発生機仕組みの中で、処理量が圧倒的に多いのがレンダリング部である。このため、レンダリング部を専用の高速処理回路で構成し、幾何計算部は専用回路あるいは複数のCPUによる並列処理で構成する方法が取られていた。しかし、1990年代半ばに、レンダリング部のワンチップ化が可能となり、さらに幾何計算部も取り込まれて高速化が実現した。これ以後、グラフィックボードとして普及することで、パソコンクラスでの実時間コンピュータグラフィックスが実現した。このことで、画像の現実感、多様かつ豊富な表現を可能とするために、シーングラフの開発が活発に行われPCIGがあらゆる分野で活躍する道が開けた。

当社も自社開発のソフトウェアをグラフィックボード内蔵の汎用PCに搭載して高性能PCIGを実現しており継続的な高性能化を図っている。

(3) PC(Personal Computer)クラス

PCクラスを用いたコンピュータグラフィックスの並列化が行われている。これは、画面を複数の区間に分け、各PCのグラフィックボードで画像発生を行い最後にまとめて合成画像を得る方法である。常に、性能向上した最新のグラフィックボードを利用して広視野かつ高分解能な画像発生が可能であり、製品への適用も増えている。

(4) VG(Volume Graphics)クラス

人体など明確な形状を持たないものや3次元空間に分布する情報の表示を得意とするVGは、対象となるものを3次元ボリューム空間に分割して並列に部分画像発生後、合成回路により最終画像を発生する。部分空間毎にシミュレーションによるボリュームデータ生成と組み合わせることにより可視化を同時に進行でき、各種の科学計算の可視化への応用が広がってきている。

4.2 画像表示技術

画像発生装置で発生されたビデオ信号は、画像表示装置で表示される。このとき模擬対象や運用によって必要な視野や分解能が異なり、目的に対応して種々のタイプの表示方式が用いられている。

(1) コリメーション方式

① ビームスプリッタ凹面鏡

従来から用いられてきた方式でCRT画面上の像はビームスプリッタで折り返されてちょうど凹面鏡の焦点に来るようになっているので無限遠の虚像ができる。

② 広視界無限遠表示装置

CRTの代わりに複数のプロジェクタと透過式球面スクリーンが用いられ、操縦席前方の大きな凹面鏡で無限遠に虚像を作る方式である。

③ 頭部搭載ディスプレイ(Head Mount Display)

小型で広いトータル視野が得られ、立体視が可能なのが特徴である。液晶ディスプレイの急激な進歩により、瞬時視野の狭さ、分解能の低さなどが解決されてきている。

(2) ノンコリメーション方式

広い視野が必要とされる場合は、球面スクリーンと複数のプロジェクタから構成されるドーム式が用いられている。少ないプロジェクタで広い視野と高い分解能を両立させる方式として、高い分解能の画像を投影するプロジェクタと高い分解能を必要としない背景プロジェクタを併用する方法も用いられている。

(3) プロジェクタ複合技術

複数プロジェクタの配置で生じる不連続性を取り除くためには、主に物理的な調整が行われおり、プロジェクタ数により調整規模、複雑さが左右されていた。PC クラスタの出現に合わせ、不連続性に関する問題を解決して多数のプロジェクタを配置してより広視野で高分解能な画像を表示するプロジェクションクラスタ方式が現れた。これは投影したテストパターン画像をカメラで取り込み画像の発生側で逆歪補正をかけ、重なる部分の輝度を補正したりして画像間の不連続性を自動的に無くす方式である。

図4にプロジェクションクラスタで球面に投影した映像を示す。

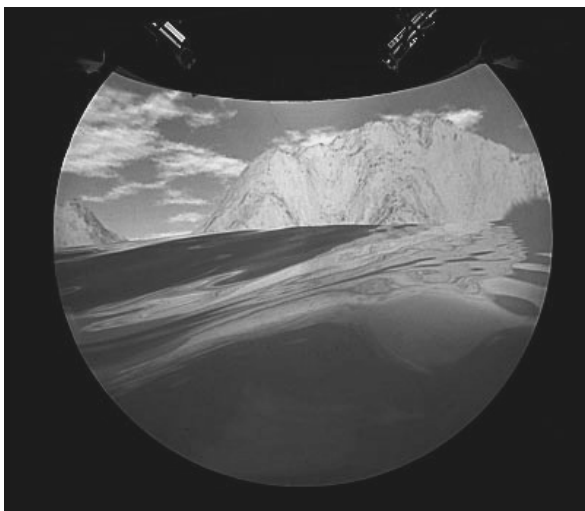


図4 プロジェクションクラスタ

[執筆者紹介]



執筆者 大本 博次 略歴

1970年入社、各種シミュレータの開発に従事、火器管制及びレーダーシミュレーションを主に担当、現取締役鎌倉事業副所長、シミュレーション画像技術統括部長

5. むすび

今、システムと人間の共存に加え高度な情報化時代を迎えている。今後とも調和ある成長を遂げなければならない。シミュレーション画像技術は、人間の認知、判断、マネージメントにこれからも密接な関係を持ってゆくものと想定される。

シミュレーション技術と画像技術は、相互に依存・牽引し合う技術である。シミュレーションの精緻さは、事象の空間的広がりや連続する変化を現すことができるより高度な画像を求める。一方画像の精緻さは美しい絵を目指すことばかりではなく、事象の実態を正しく表現できるより高度なシミュレーションを求めることになる。

両技術とも手段であるが、各分野での人間の認知、判断、マネージメントに関係したテーマに適合する形でのシミュレーション画像技術の開発を今後さらに進める必要がある。特に、大規模な分散/並列シミュレーションシステムの実現に向けては、総合的な技術活動を推進していきたい。

駐車場システムの技術展望

高尾 潔

1. まえがき

近年、商業施設、オフィスビル等の施設について定められた容量の駐車場設置が義務付けられ、また、違法駐車摘発に関して民間委託を可能とした改正道路交通法が 2006 年 6 月に施行された。これら条件から都市部を中心に駐車場の需要拡大が見込まれている。

現在、駐車場の潜在需要約 1,100 万車室に対し、保有車室数は約 500 万台で 1/2 に達しておらず、駐車場車室数は慢性的な不足となっている。

これらに対応する駐車場システムは、環境、目的、規模、などによって多岐にわたり、それぞれ運用形態も異なる。当社は、駐車場システムの分野において多くの製品、システムを開発・実用化している。

以下当社の保有技術を中心に、駐車場システムを構築する上で今後重要となる最新技術の動向や将来の展望について述べる。

2. 形態別に見る特徴と必要機能

駐車場を規模、形態で大別し、その特徴と求められる機能を次に述べる。

2.1 大型駐車場（係員による管理）

(1) 特徴

駐車場内に管理室が設置され、係員が常駐し管理している駐車場では、一般的に駐車台数が多い。システム構成も多岐にわたり、特殊仕様となる場合が多いが、先端システムの導入に積極的である。通常は、事業者が運営管理するケースがほとんどであるが、近年では収益性と手離れのよさから大手管理会社に運営委託するケースが多い。

(2) 必要とされる機能

- ① 駐車場の規模が大きく、機器構成も複雑であり、中央管理室での集中管理。
- ② 場内外の混雑緩和が大きな問題となるため、事前精算機、車番認識装置および後述する DSRC(Dedicated Short Range Communication 狭域通信) 応用などスムーズな入退場を支援するシステム。

- ③ 周辺施設と連携したサービスが多く、買い上げ額に応じた割引サービスを可能とする POS レジシステムとの連動、複雑な認証機能。
- ④ 電子マネー及び駐車券、定期券として非接触 IC カードを使用したシステム。

2.2 中小規模駐車場（～250 台程度で無人運用）

(1) 特徴

無人運用される市街地のゲート式駐車場である。現在では大小さまざまな管理会社が運営管理を実施しているケースがほとんどである。無人運用であるため、管理会社、保守会社、警備会社などの所有する管理センターと駐車場機器が接続されて運用される場合が多い。

(2) 必要とされる機能

- ① 無人運用であるため、集金業務等の間隔が長くても差し支えないよう、紙幣および硬貨金庫、駐車券回収ボックス、つり銭容量等の大容量化。
- ② 駐車料金の変更が頻繁に行われるため、料金体系の現場での変更機能、または自動変更機能。
- ③ 管理会社による運営管理が主流で、大手管理会社のコールセンターへの接続機能。（コールセンターからの遠隔操作に対応要）
- ④ 無人運用であるため、高い防犯機能。
- ⑤ クレジットカードによる精算機能。

2.3 ロック板式駐車場（小規模集中精算方式）

(1) 特徴

駐車するとタイヤをロックする板が上がり、車両に移動制限をかける方式の駐車場である。ゲート式のように入出場のための機材を配置するスペースが不要であるため、空き地を一時的に有料駐車場とすることが可能である。但し、一般的に賃借契約が短いため、安定した運営は難しい。

設置数に関しては、数年前ほどの急激な増加はなくなってきていたが、狭小地で駐車場を運営できるため、改正道路交通法の施行で以前並の伸びを見せる可能性がある。

駐車券がなくても運用可能であり、発券機、駐車券リーダー等の技術のないメーカでも比較的簡単に製品実現が可能であるため、大小さまざまな機器メーカと運営管理会社が乱立している市場であり、価格競争が激しい。

(2) 必要とされる機能

必要とされる機能は、中小規模駐車場と同様である。

3. 市場ニーズに対する取り組み

当社では、市場のニーズに対してさまざまな角度から分析し、要望にこたえられるシステムを構築し、市場に提供

している。駐車場に対する市場ニーズとシステムの対応を図1に示す。

これらのシステムは、これまで当社が提供してきたシステムであるが、このうち DSRC を利用した決済システム及びFeliCa方式^(*)ICチップ内蔵の携帯電話による入退場システムについては、現状実験的に導入されている。

また近年、市場の動向は、キャッシュレス、チケットレス、サービス向上といった切り口で表現されることが多く、この切り口から見た対応システムと将来の動向をまとめると、表1となる。

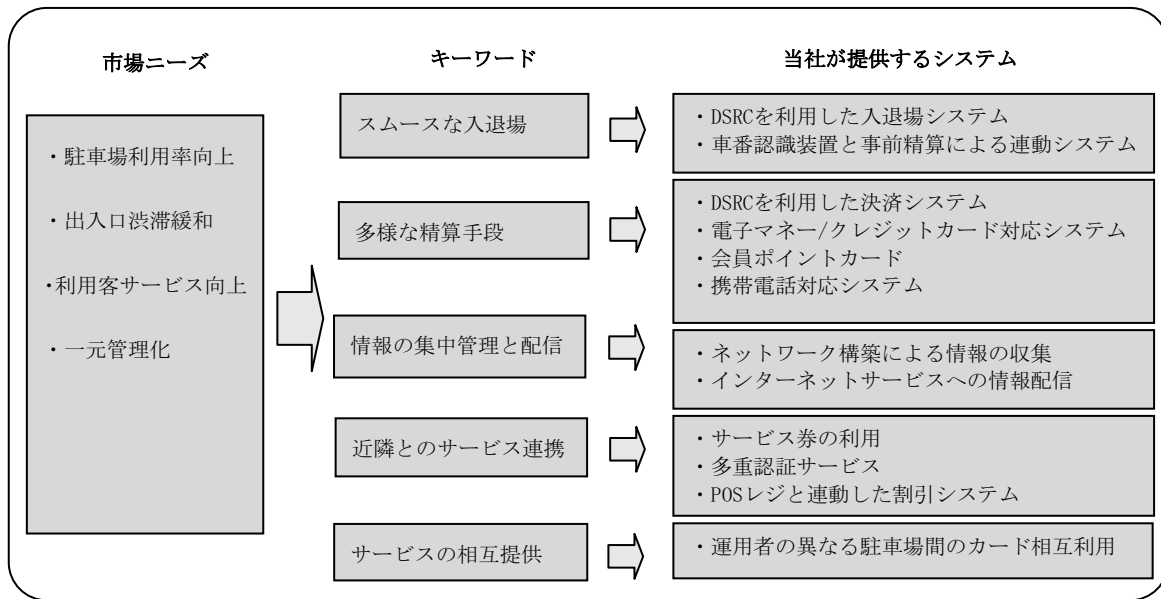


図1 市場ニーズと提供するシステム

表1 市場動向と対応するシステム

項目	現在の対応	将来の動向
キャッシュレス	<ul style="list-style-type: none"> 電子マネー「Edy」 Suica との連携 クレジットカード(クレジットセンタ) 携帯電話決済 	<ul style="list-style-type: none"> DSRC の本格利用 携帯電話決済の普及拡大(クレジット, Suica, 「Edy」, Pismo 等) FeliCa カードの共通カード化
チケットレス	<ul style="list-style-type: none"> 車番認識装置 IC カード(FeliCa, Mifare) DSRC リサイクルシステム 	<ul style="list-style-type: none"> DSRC の本格利用 携帯電話による入出場の普及拡大 FeliCa カードの共通カード化 スマートプレートの実用化
利用者へのサービス向上	<ul style="list-style-type: none"> 会員カード対応 ポイントカード対応 POS レジ連動 地域(駐車場)相互利用 	<ul style="list-style-type: none"> 情報提供 (満空情報, 駐車場へのルートガイダンスなど) FeliCa カードの共通化
事業者へのサービス向上	<ul style="list-style-type: none"> コールセンタ(遠隔制御) 売上データ集計提供 クレジットセンタ(決済代行) 	<ul style="list-style-type: none"> 料金の遠隔設定 機器の遠隔診断 利用者(車番)情報の活用

* 1 FeliCa は、ソニー株式会社が開発した非接触 IC カードで、ソニー登録商標。

キャッシュレス、チケットレス、サービス向上といった切り口から見ると、DSRC(4項参照)の普及と決済方式の統一化、および FeliCa カードの共通カード化が今後のキーになると考えられる。

なお、表中のスマートプレートは、ナンバープレート内に IC チップを埋め込んで道路側の機器と通信するもので、数年前から実験を重ねているものの個人情報保護等の問題から実用化が進んでいない。実用化されれば、車番認識システムに変わるものとして駐車場システムへの応用が見込まれる。

4. 主要技術と動向

今後の駐車場システムを構築する上で主要な技術は、3項に示したとおり、DSRC および携帯電話を含む FeliCa 方式 IC カードを用いたシステムの構築であると考えており、これらの動向について次に述べる。

4.1 DSRC

DSRC は狭域通信の略で、これを利用した代表的なシステムは ETC(Electronic Toll Collection System)である。ETC は無線を使って自動的に有料道路の通行料金の支払いを行うシステムである。

DSRC については、ETC 普及以前から駐車場、ガソリンスタンド、ドライブスルーなど他のアプリケーションへの応用が検討されてきたが、日本道路公団固有のシステムである ETC との共通インフラ使用については、制限が多く、実験の域を出ていなかった。

しかし 2001 年に、三菱商事株式会社殿を中心とする 6 社で構成される IBA コンソーシアムが ETC 車載機の上位互換機を独自に開発し、独自のサービスシステムを構築し、展開を図っている。すでに当社がシステムを納入した駐車場でも採用され、本方式が運用されている例がある。

DSRC を用いたシステムでは、実験段階のものも含め ID の取得方法の違いにより以下の 4 つの方式が検討され、一部実用化されている。

(1) WCN 方式

WCN(Wireless Code Number)は、車載機メーカーが製造時に車載機に割り付けた固有の無線局番号で、これを読み取り、車両の特定を行う方式である。

WCN は、路側機との最初の通信で送られるコードで、ETC システムのセキュリティ外の通信であるため、数年前から従業員駐車場の入退場、一般駐車場の登録車両(定期車)システムへの利用が進められている。

この方式は、ETC 車載機がそのまま利用可能であり、システム構成もシンプルである。しかしながら WCN は容易に取得できる ID 番号であり、セキュリティレベルが低いため、駐車料金の課金、サービス付与などを行うシステムへの適用は困難である。

(2) IBA 方式

前述の IBA コンソーシアムが、ETC 車載機の上位互換機を独自に開発し、決済を含めたシステムを構築して展開している方式である。車載機に独自設定された ID を使用し、高度な暗号化技術によりセキュリティレベルがきわめて高い。車載機の ID を読み取るため、ETC のカードは不要である。

現在実施しているサービスは、定期車両の入退場、登録車両のクレジット精算、駐車料金の割引などである。

(3) ORSE コード方式

(財)道路システム高度化推進機構(ORSE)が ETC 車載機販売時に付与している車両 ID を使用する方式で、ETC 車載機がそのまま使用でき、暗号化通信によりセキュリティレベルは WCN と比較すると高い。しかしながら ETC 車載機は、ORSE コードを送信するために ETC カードをセットしておく必要がありカードが装着されていないと使用できない。この方式は、(財)駐車場整備推進機構が実施した実験で実用化が実証された。

(4) ITS 車載機方式

DSRC 普及促進検討会で検討を進めている方式で、マルチアプリケーションに対応できる高機能の車載機を開発し、ITS(高度交通システム)の一環として DSRC を利用するシステムの検討及び実証実験を進めている。現在検討または実験が行われている主なアプリケーションとしては以下のものがあげられる。

- プリペイドカードによる決済
- 汎用クレジットカードによる決済
- カーナビと連動した大容量の情報配信
- インターネット接続による情報配信

上記の方式の内、(3)ORSE コード、(4)ITS 車載機方式については、現在実験段階であるが、どちらも標準仕様を目指すものであり、標準化が進めばこれらを利用したシステムの普及が見込まれる。

4.2 ICカード（携帯電話を含む）

(1) ICカードの種類

非接触型の IC カードについては、通信距離等の仕様により図2の通りに分類される。

人が所持して使用することを想定すると、近接型が最も使いやすいとされ、以前より近接型の IC カードを使用したシステムが入退場管理システムなどで使用されてきた。

近接型の IC チップは、フィリップスの Mifare とソニーの FeliCa が主なものであったが、JR 東日本が Suica カードで FeliCa を採用して以来、鉄道を中心とした公共交通関連を中心に FeliCa カードが標準となりつつある。最近普及が進みつつある携帯電話で使用できる電子マネーにも IC チップの FeliCa が内蔵されている。

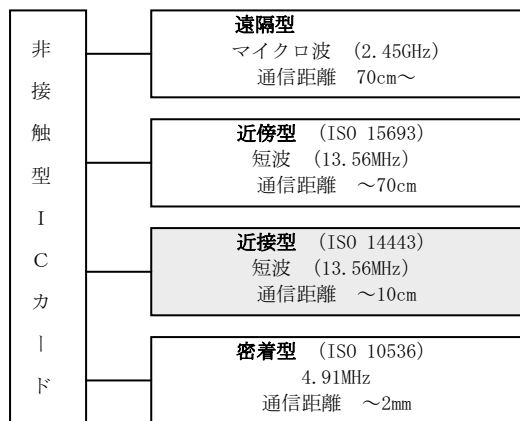


図2 非接触ICカードの分類

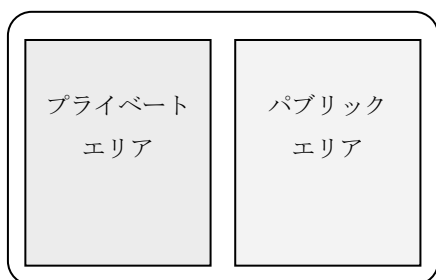


図3 FeliCaチップのメモリ分割

表2 分割された領域の用途

	プライベートエリア	パブリックエリア
用途	<ul style="list-style-type: none"> ・ユーザ個別のサービス、データを扱う ・他のユーザからアクセス不可とする 	<ul style="list-style-type: none"> ・複数のユーザに共通のサービスを提供 ・複数のユーザからアクセス可とする

(2) FeliCaカードのメモリ分割

FeliCa チップ内のメモリは、図3の通り2つに分割されており、分割された2つの領域の用途は、表2のとおりである。分割された2つの領域は、完全に独立した2つのカードとして扱うことが可能となっている。また、あるサービスを、複数のユーザ(事業者)が共通で使用する場合、パブリックエリアに登録すれば、共通のコード、鍵(S/W)でアクセスが可能となっている。

(3) 駐車場でのFeliCaカード

駐車場において FeliCa カードを使用する場合は、予めコードの管理会社であるフェリカネットワークスに登録してあるコードを書き込むことでパブリックエリアにデータ領域が確保される。図4に電子マネーのアプリケーションと駐車場データを同一カードで運用する場合のイメージを示す。

(4) 駐車場での利用

例として図4に示した電子マネーと駐車場データエリアが共存した場合、以下のサービスが可能となる。

- ① FeliCa カードをかざすのみで、駐車場の入場、出場が可能。入場時には駐車券を抜く代わりに、駐車場データエリアに入場時刻のデータを書き込む
- ② 出口精算機、事前精算機に FeliCa カードをかざすのみで、電子マネーによる駐車料金の支払いが可能。
- ③ 駐車場データエリアに会員カードデータを加えることにより、会員サービスが可能となる。
- ④ 同じく定期データ追記で定期として使用可能である。

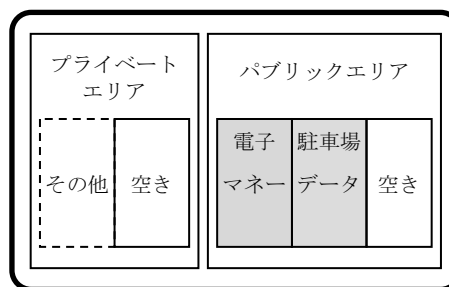


図4 電子マネーと駐車場データの共存

(5) 携帯電話用FeliCaの駐車場利用

携帯電話におけるFeliCaチップのメモリのイメージを図5に示す。また、FeliCaカードと携帯電話用FeliCaの比較を表3に示す。メモリ容量、エリアの呼称などに違いはあるものの基本的には同じである。

最も大きな違いは、FeliCaカードでは利用するサービスが使用できるよう発行時にメモリ内に登録されているのに対し、携帯電話ではサービスを受けるための登録をiモードを通じてダウンロードする必要があることである。また携帯電話の場合は、利用者は登録した任意のサービスを任意に消去することも可能である。

携帯電話用FeliCaでサービスを受けるための登録のイメージを図6に示す。登録するためには、まずiモードアプリから登録するのに必要な発行用のアプリケーションをダウンロードし、起動することで、フェリカネットワークス社からサービスの登録と初期設定が実行される。携帯電話の場合は表示器が装備されているため、サービス内容、結果などを表示することが可能であり、FeliCaカードと比較してきめ細かなサービスが実現可能となる。



図5 携帯電話用FeliCa

表3 携帯電話用FeliCaとFeliCaカードとの比較

	携帯電話	カード
エリア、サービス登録	リモート発行 (随時)	カード発行時
エリア、サービス削除	可能	不可
内容の確認	携帯の画面で可能 (iアプリによる)	別途表示装置が必要
ユーザメモリサイズ	約5kbyte	約2.4kbyte
パブリックエリア	同仕様	
プライベートエリア	フリーエリアとして3エリア固定	ユーザで自由に定義可能

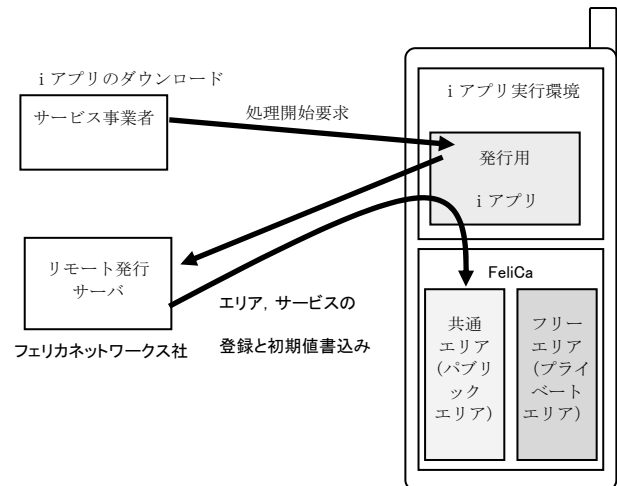


図6 携帯電話へのサービスの登録

5. 将来の駐車場に求められること

将来の駐車場は、これまで述べてきた観点とは異なった、環境問題、福祉対応、災害時の対応などの観点からの提案が求められることになると考えられる。

5.1 既存駐車場の問題点

- ① 駐車場システムは本来、街の交通システムの一環であるべきであるが、世間の認知度は低い。
(例: 違法駐車解消や渋滞の緩和など)
- ② 安心・安全を掲げた駐車場システムはほとんどない。
- ③ 老人・身障者・女性を含めた利用者の利便性を考慮した駐車場はまだ少ない。
- ④ 環境問題を意識した駐車場は極めて少ない。

5.2 解決のポイント

上記問題点に対する解決のポイントと、必要とされる技術をまとめると表4の通りとなる。

表4 既存駐車場の問題点と解決のポイント

問題点	具体的内容	解決のポイント	必要な技術
交通システムの一環として、利便性の高い駐車場設計	<ul style="list-style-type: none"> ・街づくりとして駐車場へのスムーズなアクセス道路，そのための駐車場出入口の配置最適化を要す ・各駐車場の満空情報などの情報配信はまだ少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ・市街化計画と道路，駐車場の関係見直し ・ユーザへの駐車場情報提供 	<ul style="list-style-type: none"> ・周辺交通流シミュレーション ・IT情報配信技術 ・ネットワーク技術 ・駐車場設計
安心・安全	<ul style="list-style-type: none"> ・火災報知器・消火設備・誘導灯があるのみ， ・災害発生等の非常時を要考慮 	<ul style="list-style-type: none"> ・適切なセンサー(人センサ・車両感知センサ)の配置 注:平時，非常時のデュアルユース 	<ul style="list-style-type: none"> ・センサー技術 ・ネットワーク技術
身障者を含む利用者の操作性の問題	<ul style="list-style-type: none"> ・近年，公共駐車場では身障者向け対策など実施しているが，積極的対応が必要 ・利用者(健常者)のモラル低下 	<ul style="list-style-type: none"> ・身障者，高齢者などの利用者の安全とスムーズな運用 ・身障者スペースの確保 	<ul style="list-style-type: none"> ・ユニバーサルデザイン機器 ・センサー技術 ・駐車場設計
環境を意識した駐車場	<ul style="list-style-type: none"> ・駐車券の廃棄など環境問題に対する認識が希薄 ・緑化・明装化などきれいな駐車場を安心して利用してもらう取り組みを要す 	<ul style="list-style-type: none"> ・電子マネー・DSRC利用 ・リサイクルカードの適応 ・緑化・明装化 	<ul style="list-style-type: none"> ・リサイクル精算システム ・チケットレスシステム ・駐車場設計

6. むすび

ここで述べたように，将来の駐車場システムは DSRC 技術・非接触 IC カード技術や携帯電話技術など，電子デバイスや社会インフラをうまく取り込むことにより，駐車場が交通システムの一環として機能し，場内が安心・安全で，顧客及び利用者の操作性・利便性を向上させ，更には地球環境にやさしいシステムを提供していくことがキーとなっている。

今後，こうした技術動向，社会動向を見極め，利用者・運用管理者・所有者ともに使いやすく収益性の高いシステムを提供していくため，努力する所存である。

[執筆者紹介]



執筆者 高尾 潔 略歴

1985年入社。情報機器の品質管理，工場業務，交通管制機器の品質管理を経て交通管制機器の設計・開発に従事。

現在，社会・交通システム部次長

プロジェクタ複合表示による高臨場感表示システム

— CV と CG の融合による表示システム：プロジェクションクラスタ —

緒方 正人, 和田 博之, 林 隆伯, 川上 隆行, 星合 秀樹, 宮崎 正剛

要旨: 近年, 複数のプロジェクタから投影された不連続で歪んだ映像をコンピュータビジョンの手法を用いて単一の連続した歪みのない映像に合成するマルチプロジェクタ技術が多数提案されている. この技術は, 広視野かつ高分解能の映像をコストパフォーマンス良く表示できることから, 高い没入感・臨場感が必要とされる表示分野への応用が期待されている. しかし, 従来の方法ではプロジェクタ間の位置補正精度が不足したり, 調整(キャリブレーション)が複雑であったりしてセットアップに時間を要する. 筆者らはスクリーン形状がパラメトリックであるとの前提を用いてこれらの課題を解決した. 本報告では, 実時間歪み補正および高精度キャリブレーションを自動的に行う, 新方式の表示システムに関して報告する.

1. まえがき

訓練用シミュレータや研究用シミュレータにおいて没入感・臨場感を得るためには, 広い視野と高い解像度を持つディスプレイシステムが要求される. これをコストパフォーマンス良く実現する方法として, 平面スクリーンまたはドームなどの曲面スクリーンに多数のプロジェクタから逆歪みをかけた映像を投影して連続した画像に統合するプロジェクタモザイクあるいはマルチプロジェクタ技術が期待されている^(2,3,4,5,8,9).

従来からレンズを用いて, 光学的に歪みを補正する方法^(1,8)は広く用いられているが, スクリーンのサイズが固定されたり, プロジェクタ設置時の調整が複雑であったりするなど多くの問題がある. また, 複数配置して大画面を構成するため, 境目を緩和する専用回路付きの高価なプロジェクタが必要となり, 位置合わせや輝度の調整などに多大な時間と労力を要する. 本報告では上記課題を解決するために, スクリーンや, 視点位置およびプロジェクタ位置の空間的関係をコンピュータビジョンの技術を用いて認識することにより, 複数のプロジェクタ映像を連続して表示する方式を報告する.

筆者らは, 2001年より, 三菱電機米国研究所と表示スクリーンがパラメトリックに表わせるものとしてキャリブレーションを自動的に行う表示システムを検討・開発してきた^(2,3,4). はじめは平面, 次に対象を二次曲面として, そのクラスであるドームおよび円柱スクリーンを開発し, 現在, 正12面体や任意形状スクリーンも対象とした研究開発を行っている. 本報告では, これらの一連の研究開発の成果を報告する.

2. パラメトリックなスクリーンの形状

歪み補正の方式は大別するとパラメトリック方式と, 非パラメトリック方式に分類される. 実用化されている多くの方式は非パラメトリック方式である⁽⁵⁾.

この非パラメトリック方式は任意の形状のスクリーンに対応可能であるといった利点を持つ一方, 計測に必然的に内在する精度の問題を持ち処理が複雑となる. 一方, パラメトリック方式はスクリーン形状がパラメータで規定されるクラスに制限されるが, カメラにより計測された曲面を, 先験的に知っている正しい曲面の式に数学的に合致するように補正できるので, 高い精度を得られる.

筆者らは多くのスクリーンは製造に用いる型作成のために必然的にパラメトリックにならざるを得ないこと, および製造誤差は数%程度以下であるなどの理由からパラメトリック方式に注目して研究開発を実施してきた^(2,3,4,9). また, このパラメトリック方式は, 強度維持からくるスクリーン製造上の困難さとホットスポットなどの光学的特性を除外すれば, 前面投影および背面投影の区別なく統一的处理が可能であるといった良い性質を持つ. 背面投影に起因する大きな問題点であるホットスポットはパラメトリック方式固有なものではなく両方式に内在する問題である.

スクリーンをパラメトリックなものに限ることは応用の範囲を狭めるように思われるが, 実際よく使用されているスクリーンは, 平面, ドーム, 円柱, 楕円面, 立方体, 正12面体など, パラメトリックなものである. 図1にパラメトリックなスクリーンの代表例を示す.

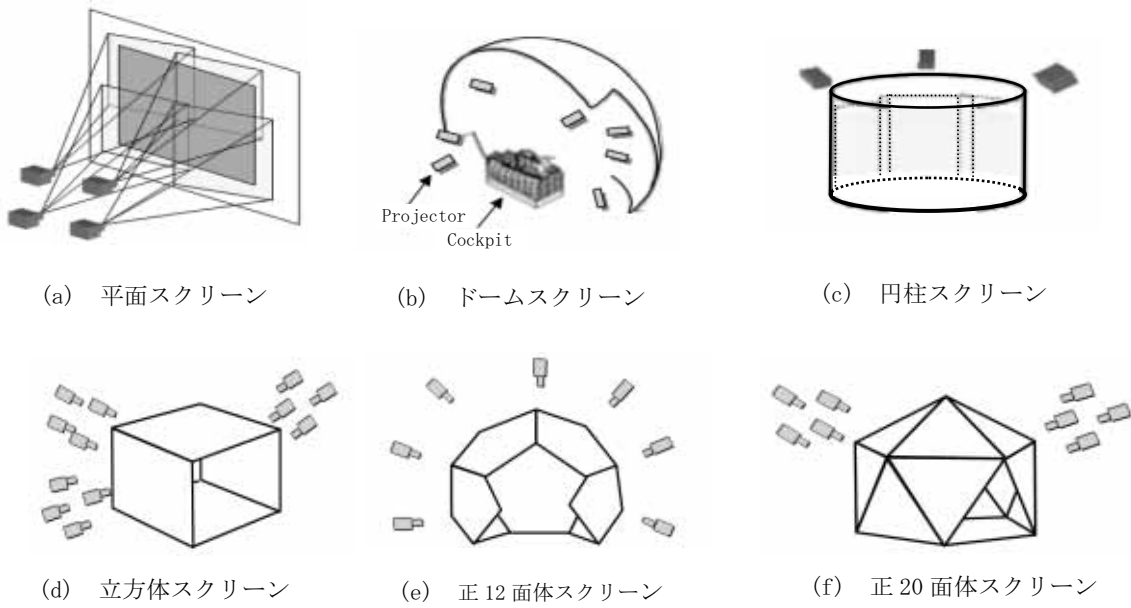


図1 パラメトリックなスクリーン： 平面スクリーンは面規定パラメータ a, b, c, d , 平面複合スクリーンは平面数 N と基準平面の面パラメータおよび一辺の距離 L , 二次曲面の場合は係数行列 Q でスクリーンの形状は一意に決定される.

例えば、平面スクリーンの場合は平面の式 $ax+by+cz+d = 0$ を規定するパラメータ a, b, c, d であり、立方体および正 12 面体の場合は、面数 N , 基準平面の平面式と辺の長さ L により規定され、ドーム、円柱、楕円面などの二次曲面スクリーンは二次曲面の式 $\mathbf{x}^T Q \mathbf{x} = 0$ の係数行列 Q (4 行 4 列) により規定される。ここで \mathbf{x} は曲面上の点の同次座標系での位置ベクトル $(x, y, z, 1)$ である。図 1 では、実用的に余り使用例がない 4 面体および 8 面体のスクリーンは除いている。表 1 に各スクリーン形状を規定するパラメータを示す。

表 1 各種スクリーンの形状を規定するパラメータ

No.	形状	パラメータ
1	平面	a, b, c, d
2	立方体, 正 12 面体 面数 N , 辺長 L	N, L, a, b, c, d
3	球面(主軸変換して行列対角化後) 半径 R	Q: $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -R^2 \end{bmatrix}$
4	円柱(主軸変換して行列対角化後) 半径 R	Q: $\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -R^2 \end{bmatrix}$

3. キャリブレーション

多数のプロジェクタを使うことから、歪みや位置のずれがなく連続した映像を得るためのプロジェクタの位置調整作業が非常に複雑となる。筆者らはこれらの調整作業をコンピュータビジョンの技術を用いて自動化した。

複数の投影映像を重畳してつなぎ合わせ単一の映像とするためには、各プロジェクタ i と視点(映像を見る位置)の空間内における相対的な位置関係が必要である。この位置関係は、プロジェクタの画素位置 \mathbf{x}_p の投影像がスクリーンを介してカメラ(即ち視点)の画素位置 \mathbf{x}_c に対応する対応関数 $\phi_{p_i c}$ を知ることと同等である(図 2)。ここに添え字 p_i, c はプロジェクタ i およびカメラ座標系を示し、変換方法は c から p_i である。以下、 v を視点、 r を基準座標系として説明する。この $\phi_{p_i c}$ を得る方法はコンピュータビジョン技術の典型的な応用として良く知られている⁽²⁾。各種の方法があるが、筆者らはカメラとプロジェクタの内部パラメータを事前に計測して既知であることを前提として、プロジェクタからテストパターンをスクリーンに投影して、これをカメラで撮像し注目点の移動量からプロジェクタの位置姿勢を得る方法を採用した。このとき、スクリーンの形状が属するカテゴリ(例えば曲面の場合、球面あるいは円柱スクリーンなどの曲面形状のクラス)を先験的に知っていることで、計測誤差の補正が容易となり計測精度の向上が図れる。

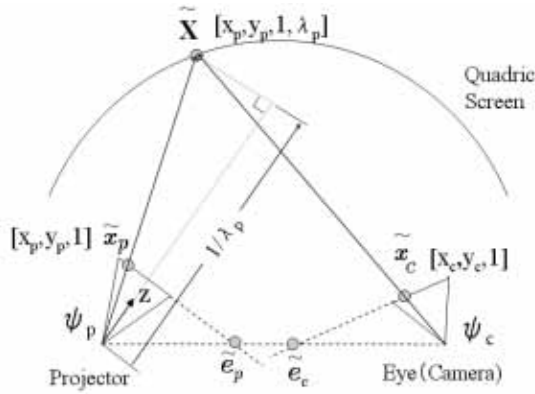


図2 プロジェクタおよびカメラの関係

平面の場合この変換式 ϕ は、ホモグラフィマトリクス (Homography Matrix) H を用いて以下の関係にあることが良く知られている⁽⁷⁾.

$$x_{pi} = Hx_c \quad (1)$$

また、二次曲面を対象とした場合は、式(2)に拡張されることが知られている^(2,4,6). 第一項は平面の場合と同様の形式をとり、第二項が曲面による補正項である.

$$x_{pi} = Hx_c - \left(q^T \pm \sqrt{(q^T x_c)^2 - x_c^T Q_{33} x_c} \right) e_c \quad (2)$$

ここに、 T は転置、 e_c はエピポール、 Q_{33} (3x3 行列)、 q は式(3)で決まる二次曲面係数行列 Q の各要素である.

$$Q = \begin{bmatrix} Q_{33} & q \\ q^T & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

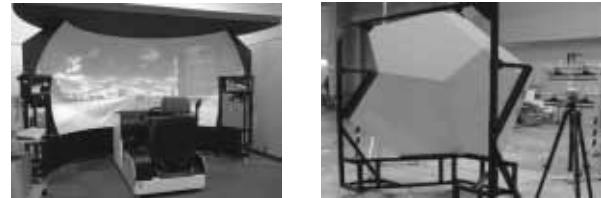
重なりを持つプロジェクタ i とプロジェクタ j の空間的關係 $\phi_{p_i p_j}$ は、それぞれ、テストパターンを用いて計測した既知の關係 $\phi_{p_i c}$ 、 $\phi_{p_j c}$ から共通点を介して、統合することにより求められる。これにより、カメラ位置を原点として連続的な歪み補正および映像の統合が可能である。

3.1 仮想カメラ法

問題は、従来のキャリブレーション手法^(2,9)では視点位置・方向にカメラを正確に一致させることが困難な点にある。しかし、 $\phi_{p_i c}$ はプロジェクタ i が投影したテストパターンをカメラで撮影した歪みから計算できるので、カメラと視点との相対關係 $\phi_{c v}$ が判明すれば、式(4)に示す關係から間接的に $\phi_{p_i v}$ を、次の計算から得ることができる。



(a) カメラアレイ (b) 映像発生用 PC クラスタ



(c) ドームスクリーン (d) 正 12 面体スクリーン

図3 システムの外観

$$\Psi_{p_i v} = \Psi_{p_i c} \Psi_{c v} \quad (4)$$

従って、いかにして $\phi_{c v}$ を求めるかが重要な問題となる。筆者らは、スクリーンがパラメータで規定されていることを活用して、この $\phi_{c v}$ を直接的に求めず、基準点 r を一旦経由して、 $\phi_{c r} \phi_{r v}$ と間接的に求める方法を各種のスクリーンに統一的に適応する手法を開発した。視点は基準点、例えば中心からの相対的な変移量 $\phi_{r v}$ で与えられ、中心は特異な点であり、通常は形状から推測できる。

例えば、スクリーンが二次曲面の場合、カメラ座標系(カメラ位置が原点の座標系となる)で計測した二次曲面の中心への移動量は係数行列 Q を対角化するマトリクスの要素から求まる⁽⁴⁾。また、スクリーンが立方体や正 12 面体の場合の中心は、各平面の中心を通る法線の交点から求まる。

即ち、カメラを原点とするカメラ座標から基準点(多くは前述のように中心)への変換 $\phi_{c r}$ は各種の幾何学的拘束条件を組み合わせることにより計算から求まる。これは、カメラを何処においたかを知ることなく、カメラと基準点の間の位置關係が計算により正確に得られることを意味する。この方法は、あたかもカメラを指定の視点位置に正確に配置してキャリブレーションを実施することと等価であることから「仮想カメラ法」と称している⁽⁴⁾。

「仮想カメラ法」の適用により、異なるカメラ位置・姿勢 c_i 、 c_j から共通点を持つように撮像して求めた変換 $\phi_{p_i c_i}$ 、 $\phi_{p_j c_j}$ の基準座標への統合が精度良くおこなえる。

これを複数のカメラ位置に適用することにより、歪み補正に必要な、スクリーンに対する全プロジェクタの相対位置・姿勢が求まる(視点統合あるいは Multiple Shots)。

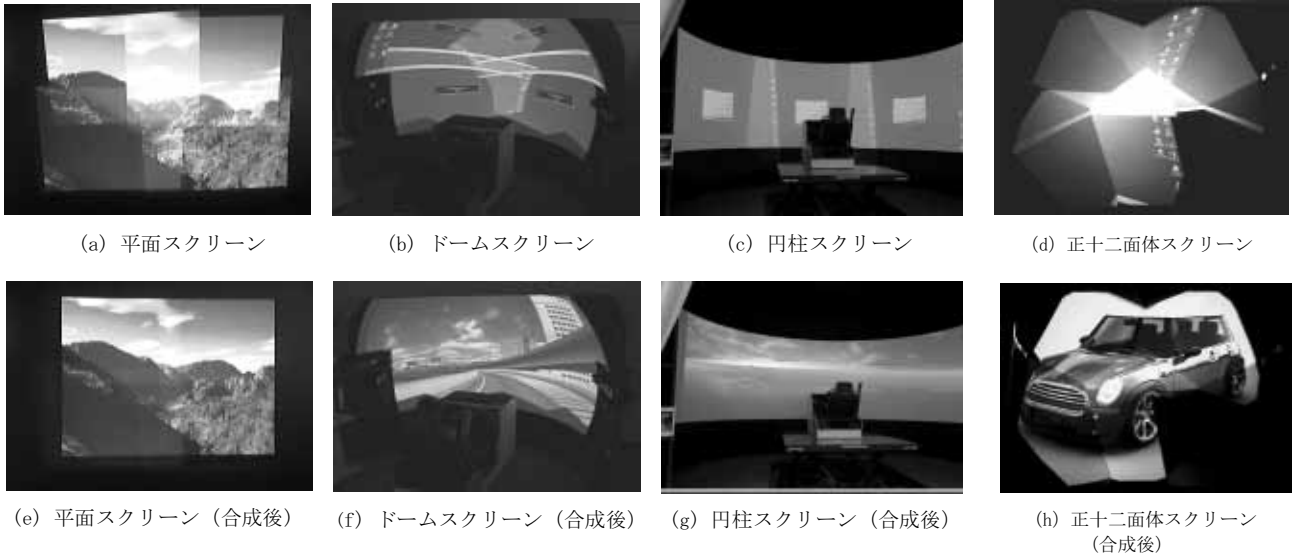


図 4 パラメトリックに規定できるスクリーンの「仮想カメラ法」の適用例
 全てのスクリーンに対して統一的手法でキャリブレーションが実施できる

4. システム構成

図 3 にシステム(ラボ内の実験設備)の外観を示す。また、図 5 にシステムの基本的構成を示す。表示システムは PC クラスタ、カメラアレイ、パラメトリックな形状を持つスクリーンおよび複数のプロジェクタから構成される。スクリーン以外は特殊な部品を必要とせず、歪補正処理は、PC 内の汎用グラフィックスボード内に Cg(C for Graphics) 言語を用いて実装されている。

5. 応用例

図 4 に「仮想カメラ法」を用いて歪み補正およびキャリブレーションを行うディスプレイシステムの映像表示例を示す。図 4(a) (e) は平面スクリーンへの応用を示し(a) はキャリブレーション前、(e) は後を示す。図(e)では、映像が幾何的に正しく合成され、また、プロジェクタの投影像が重なる領域の輝度補正も行われて連続的な映像になっていることが分かる。同様に(b) (f) はドームスクリーン

への応用、(c) (g) は円柱スクリーンへの応用例を示す。また現在、ノンパラメトリックな手法も用いて(d) (h) のように正十二面体スクリーンや自由形状スクリーンに対する歪み補正の研究を行っている。

6. むすび

比較的解像度の低いプロジェクタを多数用いて高解像大画面化するプロジェクタ複合表示システムに関して報告した。本研究の主要成果は、(1) 価格性能比が高い実時間歪補正法の開発、(2) 各種スクリーンの歪み補正/キャリブレーションを統一的に扱う手法の開発、(3) キャリブレーション段階でのカメラ設置位置を計測せず高精度のキャリブレーションを行う手法の開発、である。

今後、高臨場感および没入感が要求される各種シミュレータへの応用をさらに進めたい。また、他の用途、例えばデジタルシネマ、実スケールプレゼンテーション、展示や各種宣伝広告、などの表示システムへの応用も図りたい。

そのためには、高精度カラーマネージメント機能や、映像機器とのインターフェースを容易にするため、映像信号を直接歪み補正の対象とするコンパクトな変換ハードウェアなどの開発が必要である。さらに、投影対象の形状に適合した表示方式の開発など、この方面の研究開発を加速して、マルチプロジェクタ技術の適応範囲を広げる所存である。

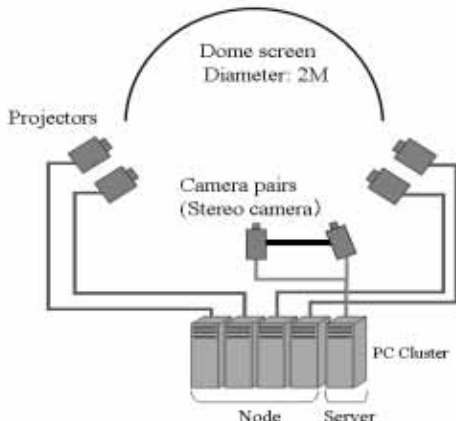


図 5 表示システムの構成：ドームの例

謝辞

本研究をご支援頂いた方々、ならびに多大な研究協力を頂いた三菱電機 米国研究所および情報技術総合研究所の関係者の方々に、この場を借りて深謝いたします。

参考文献

- (1) K. Li and Y. Chen, “Optical blending for multi-projector display wall system”, Proceedings of the 12th Lasers and Electro-Optics Society 1999 Annual Meeting, pp. 281– 282, 1999.
- (2) R. Raskar, J. van Baar, P. Beardsley, T. Willwacher, S. Rao, and C. Forlines, “*iLamps*: Geometrically aware and self-configuring projectors”, ACM Transaction on Graphics, vol. 22, no. 3, pp. 809– 818, 2003.
- (3) J. van Baar, T. Willwacher, S. Rao, and R. Raskar, “Seamless multi-projector display on curved screens”, Proceedings of Eurographics Workshop on Virtual Environments (EGVE) 2003, pp. 281– 286, ACM Press, 2003.
- (4) M. Ogata, H. Wada, K. Kajihara, and J. van Baar, “A multi-projector display system with virtual camera method for distortion correction on quadric surface screens”, IEICE Transactions on Information and Systems, vol. E89-D, no. 2, pp. 814– 824, 2006.
- (5) M. Yamasaki, T. Minakawa, H. Takeda, S. Hasegawa, and M. Sato, “Technology for seamless multi-projection onto a hybrid screen composed of differently shaped surface elements”, Proceedings of Sixth International Immersive Projection, Technology Symposium, Orlando, Florida, pp. 1– 8, 2002.
- (6) A. Sashua and S. Toelg, “The quadric reference surface: Theory and applications”, Proceedings of IJCV, vol. 23 (2), pp. 185– 189, 1997.
- (7) R. Hartley and A. Zisserman’s, “Multiple View Geometry in Computer Vision”, Cambridge University Press, June 2000.
- (8) R. M Coldfelter, D. Sandler and J. Blondele, “Large high resolution display system via tiling of projectors”, Proc. of The Royal Aeronautical Society Flight Simulation Conference, 0308, 2003.
- (9) R. Raskar, J. van Baar, T. Willwacher, and S. Rao, “Quadric transfer for immersive curved screen displays”, Proc. Eurographics 2004, pp. 451– 460, 2004.

[執筆者紹介]



執筆者1 緒方 正人 略歴

1970年入社，主に計算機複合システム等の開発をへて，コンピュータグラフィックス，コンピュータビジョンおよび関連技術の研究開発に従事．技術士(情報工学)，工学博士，現在，技術開発部画像情報グループマネージャ



執筆者2 和田 博之 略歴

2002年入社，主にマルチプロジェクタ表示技術およびコンピュータビジョン関連技術の研究開発に従事．現在，技術開発部映像自動合成システムグループ



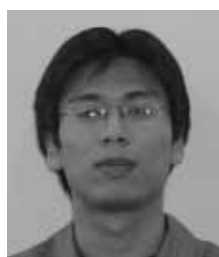
執筆者3 林 隆伯 略歴

2005年入社．主にコンピュータグラフィックス，マルチプロジェクタ表示技術およびコンピュータビジョン関連技術の研究開発に従事．現在，技術開発部画像情報グループ



執筆者4 川上 隆行 略歴

2001年入社，主に実時間コンピュータグラフィックスのソフトウェア開発に従事．現在，技術開発部映像自動合成システムグループ



執筆者5 星合 秀樹 略歴

2002年入社，主に表示装置設計および機構設計に従事．現在，画像システム技術部画像システム課，(兼)技術開発部映像自動合成システムグループ



執筆者6 宮崎 正剛 略歴

1979年入社，主に計算機システムの開発をへて，コンピュータグラフィックス関連の製品開発に従事．現在，画像システム技術部部長，(兼)技術開発部映像自動合成システムグループマネージャ

将来型 IRUの研究

小島 正人, 高口 広樹

要旨: 当社の姿勢基準装置は、多くの国産人工衛星に搭載され、これまでに計測性能、信頼性の面で、多くの実績を積んできた。一方、海外市場では、慣性計測装置の選定において、コスト、信頼性が重視される傾向にある。当社では、海外市場向け、ならびに、国内商用衛星市場向けに供給することを念頭に、低コストの慣性基準装置の開発を行った。

1. まえがき

当社は人工衛星の姿勢制御系に使用する慣性基準装置 (IRU: Inertial Reference Unit) として、TDG (Tuned Dry Gyro, 1 個で 2 軸計測可能な機械式ジャイロ) を使用した TDG-IRU を国産衛星向けに供給している。この IRU は宇宙航空研究開発機構 (以下「JAXA」という) 殿が開発する衛星のほとんどに搭載されている実績を持つ。

この実績を活用して、海外にて要求の多い短期バイアス安定度が $0.03^\circ/h$ 以下の IRU を中高精度 IRU として位置付けて低コスト化を主目標とした開発を進めてきた。

本資料は、2002 年度から将来型 IRU の研究として開発を開始し、2005 年度に評価が完了した中高精度 IRU の概要及び開発試験結果について述べる。

2. 中高精度 IRU (TYPE-III B) の概要

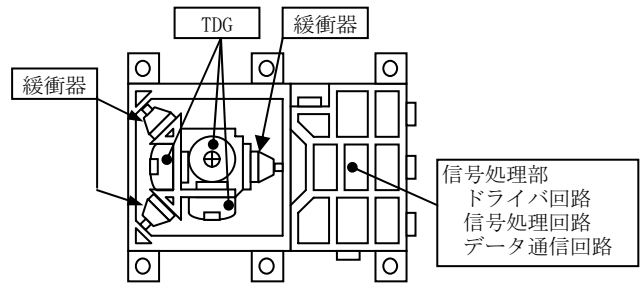
中高精度 IRU の外観を図 1 に示す。



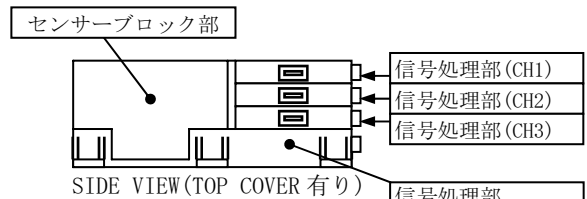
図 1 中高精度 IRU 外観

中高精度 IRU のシステム構成は、大きく分けてセンサブロック部と信号処理部により構成される。

センサブロック部は、3 個の TDG をブロック上に配置し、各 TDG の計測軸を 3 軸方向に一致させている。筐体へのアルミブロックの固定には、ロケット打上時やパドル展開時の振動・衝撃環境から TDG を保護するため、緩衝器を使用している。



TOP VIEW (TOP COVER 透視)



SIDE VIEW (TOP COVER 有り)

図 2 IRU の構成

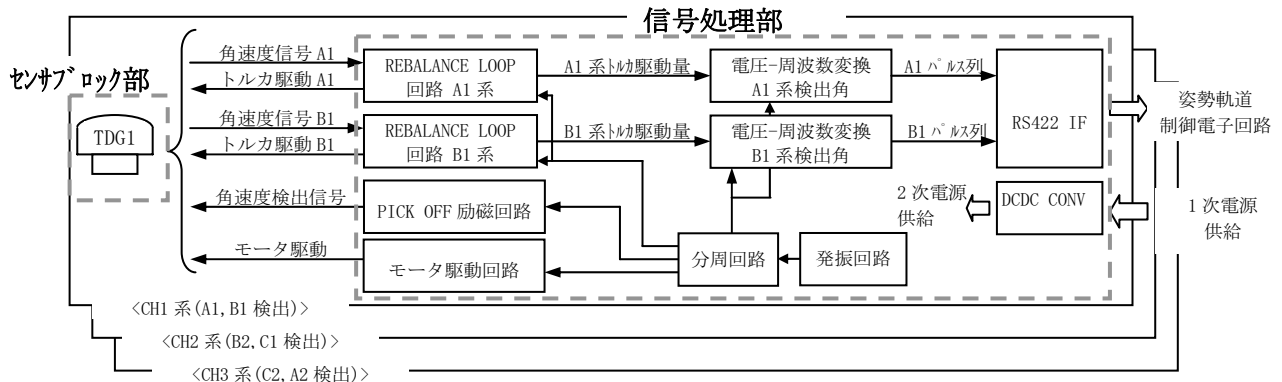


図 3 中高精度 IRU システム構成

信号処理部は、TDG を駆動するドライバ回路、角速度信号を抽出する信号処理回路、データ通信回路及び電源回路から構成される。IRU の機能配置を図 2 に、システム構成を図 3 に示す。

3. 中高精度 IRU (TYPE-ⅢB) の開発

3.1 開発のポイント

(1) 高信頼性化

中高精度 IRU は、国内市場で実績のある高精度の現行型 IRU を踏襲する形で開発を進めてきた。中高精度 IRU のシステム構成(図 3)は、現行型 IRU と共通であり、軌道上実績を伴う高い信頼性を有する。また、センサにも現行型と同じ TDG を使用し、TDG の特徴である長寿命性(15 年以上)を有する。

(2) 低コスト化

現行型 IRU では、小型化を目的としてハイブリッド IC を使用している。しかしながら、宇宙用部品としてハイブリッド IC の品質保証試験を実施すると必要数量によってハイブリッド IC の単価が大きく左右されることから IRU の低コスト化が困難であった。現在、小型化および低価格化が進んだ高密度なディスクリート部品に置き換えて回路を構成することが可能であることから、部品のディスクリート化により上記問題を解消し、低コスト化を図った。

また上記の他にも、筐体材質の変更及び部品の品種削減等によって材料費の低減を図った。

(3) 運用時のおよび試験作業の低減

多様化する衛星システムに対応するため、レート計測範囲を $\pm 4\text{deg/s}$ に拡大した。また、計測範囲全てをレートモード変更なしに 1 レンジでカバーできるように、電圧-周波数変換回路の高速化及びアナログ回路ノイズの低減を行い、ダイナミックレンジの拡大を図った。現行型では衛星の入力レートに応じて IRU のダイナミックレンジを切り替える運用が必要であったが、レンジ切り換え作業がなくなり、運用上の使い易さが向上すると共に、社内試験における調整作業を削減できた。表 1 に 1 レンジ化の利点を示す。

表 1 1 レンジ化の利点

計測機能	現行型 IRU	中高精度 IRU
レート計測範囲	Hi モード: $\pm 2\text{deg/s}$ Lo モード: $\pm 400\text{deg/h}$	$\pm 4\text{deg/s}$ Lo モード 分解能で上記計測が可能
レートモード切り換え	レンジの切り換えが必要	1 レンジで対応
社内試験	調整を各計測レンジごとに実施	1 レンジを調整
運用	定常制御と姿勢制御時でレート入力レンジの切り換え運用が必要	切り換え作業は不要

(4) 組立作業性の向上

現行型 IRU では、信号処理部がセンサーブロック及び電源回路をカバーする位置にあり、組立作業がやり難い部分があった。これに対し中高精度 IRU では、図 2 に示した通り、センサーブロック部と信号処理部を分離したため、各モジュールへのアクセス性が向上した。この結果、パッケージ組立作業が容易となり、組立時間を半分以下に短縮することができた。

3.2 主要性能と評価結果

(1) 仕様の設定と構成比較

中高精度 IRU は、表 2 に示す海外ユーザーの要求が多い性能仕様を設定した。この性能仕様においては、高精度である現行型 IRU のように試験調整による性能の追い込みが不要になることから低コスト化を図ることが可能となった。なお、性能比較のため現行型 IRU の構成及び主要性能を表 2 に併記する。

(2) 評価試験結果

下記環境試験を実施し、国内及び国外の要求仕様を包括するレベルを満足することを確認した。また、最終性能試験で取得した性能を表 2 に示す。

- ① 振動試験(正弦波振動, ランダム振動)
- ② 衝撃試験($4903.32[\text{m/s}^2]$ (500G))
- ③ 熱真空試験($-10^\circ\text{C} \sim +50^\circ\text{C}$, 10 サイクル)
- ④ EMC 試験(MIL-STD-461C, -462D を包括)

開発試験結果は、中高精度 IRU として設定した目標仕様を十分満足しており、設計・製造および試験の妥当性を確認することができた。

4. むすび

本研究での設計検討結果及びこれに伴う製造、試験を通じて、設定された要求仕様を有する中高精度 IRU を開発することができた。これをもって、国産衛星に向けた中高精度 IRU の開発は完了したと考えている。

さらに、海外市場に向け、以下に示す対応を行う。

(1) 多様なインタフェースへの対応

米国衛星メーカ並び欧州衛星メーカでは、各メーカにおいて独自に汎用の標準インタフェース等を採用しており、インタフェースへの対応の拡張性を考慮する必要がある。

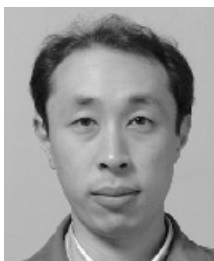
(2) 衛星電源バス電圧への対応

前項と同様に国内で採用されている非安定化バスのみならず、諸外国の衛星メーカでは、衛星メーカ毎でバス電圧の変更があり得る。従って、電源電圧が変更された場合の電源回路への対応に配慮しておくことが必要である。

表2 現行型IRU(TYPE-III)と中高精度IRU(TYPE-IIIb)の構成と主要性能比較

項目	現行型 IRU (TYPE-III)	中高精度 IRU (TYPE-IIIb), 目標	開発結果
主 要 構 成			
使用センサ	TDG	同 左	左記センサを使用した。
センサブロック構造	センサブロック上 TDG 3 個を直交配置. 緩衝器 3 個でセンサブロック支持.	同 左	左記構造とした。
緩衝器	従来から使用の緩衝器を使用. 打上げ環境印加時温度範囲： 15~30°C	温度及び入力加速度に対する特性変化が小さい緩衝器を採用. 打上げ環境印加時温度範囲： 0~45°C	左記緩衝器を使用した。
モード切換え	Hi モード / Lo モード切換え 切換え回路：機械式リレー	Hi / Lo モード切換えを廃止し, 1 レンジで全計測範囲をカバー.	1 レンジ化した。
電子回路 ハイブリッド IC オペアンプ	ハイブリッド IC, 4 種類使用 オペアンプは旧来の汎用型を使用	ハイブリッド IC は全廃し, ディスクリット 部品で構成. オペアンプは汎用型を使用.	回路はディスクリット部品で構成し, オペアンプは汎用型を使用した。
電源	内作電源 (50V 電源仕様)	モジュール電源 (100V 電源仕様)	左記電源を使用した。
主 要 性 能			
計測性能 ・短期バイアス安定度 ・角度分解能 ・NEA(等価雑音角) ・角速度計測範囲	0.002° /h(1σ)以下 0.05" (Loモード) /ミナル 2.0" p-p 以下(Loモード) ±10° /s 以上(符号保証) ±2° /s 以上(Hiモード線形範囲) ±400° /h 以上(Loモード線形範囲)	0.03° /h(1σ)以下 0.05" (ノミナル) 10.0" p-p 以下 ±10° /s 以上(符号保証) ±4° /s 以上(線形範囲)	0.003° /h(1σ) (計測時間 2hr) 0.04960" ~0.05016" (最大) 1.1" p-p(最大) ±10.1° /s 入力で符号保証可能 ±4° /s の範囲で線形性を確認できた。
消費電力	起動時 : 50.8W 以下 定常運用時 : 36.0W 以下	同 左	起動時 : 47.5W 定常運用時 : 37.4W
耐放射線性	100krad	同 左	同 左
外形寸法	225×297.5×160mm (最大)	328.1mm×266.0mm×113mm (最大)	同 左
質量	9.9kg 以下	9.5kg 以下	8.6kg

[執筆者紹介]



執筆者1 小島 正人 略歴

1989年入社, 衛星搭載機器の電気設計に従事. 現在, 衛星制御システム課



執筆者2 高口 広樹略歴

1990年入社, 衛星搭載機器及びロケット搭載機器の電気設計に従事. 現在, 衛星制御システム課

M-V 型ロケット用慣性誘導制御装置

江西 達也, 齋藤 一晶, 後藤 晋一

要旨: M-V 型ロケットには、誘導・姿勢制御のために、当社製の光ファイバジャイロを用いた慣性誘導装置が搭載されている。この慣性誘導装置は、M-V 型ロケット用に当社が宇宙科学研究所殿(現 宇宙航空研究開発機構殿)と共同開発したものである。これまでに、いくつかの宇宙科学研究所殿の科学衛星・惑星探査機の打ち上げで成功を納めている。本論文では、慣性誘導制御装置の機能・性能、機器構成、現在までの改良の履歴と M-V 型ロケット 1 号機の飛行結果について紹介する。

1. まえがき

M-V 型ロケットは宇宙科学研究所殿が、月・惑星探査を含む高度な科学ミッションを行うことを目的に M-3S II 型ロケットの後継機として開発した全段固体推進薬を用いた 3 段式ロケットである。(図 1)全段固体ロケットとしては世界最大級である。

このロケットの誘導、姿勢制御は、光ファイバジャイロ(以下、「FOG^(*)」という)を使用して当社が宇宙科学研究所殿と共同開発した慣性誘導制御装置(以下、「ING^(*)」という)によって行われている。M-V 型ロケットは、小惑星探査機「はやぶさ」をはじめこれまでに表 1 に示す 6 機の科学衛星、探査機を打ち上げた。ING は、M-3S II 型ロケット用の姿勢制御装置に比べ、制御性能、耐環境性が強化され、慣性誘導機能が追加されている。また、搭載ソフトウェアは、多様なミッションに対応した改良が容易な様に設計されている。以下、ING の機能・性能、ハードウェア、ソフトウェアの構成、改良の履歴、M-V 型ロケット 1 号機の飛行結果について紹介する。



(写真提供：宇宙航空研究開発機構殿)

図 1 M-V ロケット 1 号機

表 1 M-V 型ロケットで打ち上げられた衛星／探査機

	打上日	衛星/探査機	衛星/探査機ミッション	衛星/探査機の代表的な成果
1 号機	1997. 02. 12	MUSES-B (はるか)	電波天文衛星 (世界初)	2005 年 IAA チーム栄誉賞受賞
3 号機	1998. 07. 04	PLANET-B (のぞみ)	火星探査機 (日本初)	地球、月、火星の重力を利用したスイングバイ技術の実証
4 号機	2000. 02. 10	ASTRO-E	X線天文衛星	ロケット 1 段目の異常燃焼により打上失敗
5 号機	2003. 05. 09	MUSES-C (はやぶさ)	小惑星サンプルリターン (世界初)	2005 年 11 月 26 日世界初となるサンプル採取実験を行う
6 号機	2005. 07. 10	ASTRO-E II (すざく)	X線天文衛星	ケンタウルス座の巨大ブラックホールの観測に成功
8 号機	2006. 02. 22	ASTRO-F (あかり)	赤外線天文衛星 (日本初)	初期運用を終え本格的観測を開始、成果が期待されている

* 1 FOG : Fiber-Optic Gyroscope

* 2 ING : Inertial Navigation and Guidance system

2. INGの機能

INGが持つ機能を以下に示す。

2.1 慣性計測機能

ロケットの航法、誘導、姿勢制御のために、次に示す計測機能を持つ。

(1) 1段ノズル部角速度計測(1段角速度計測)

レートジャイロにより1段機体ノズル部のロール、ピッチ、ヨー軸回りの角速度を計測する。

(2) 2段横加速度計測

サーボ加速度計により、2段機体のピッチ、ヨー軸方向の加速度を計測する。ロードリリーフ制御に用いる。ロードリリーフ制御の必要がなくなったため、M-V4号機以降、本機能は持っていない。

(3) 3段角速度計測

FOGにより、3段機体のロール、ピッチ、ヨー軸回りの角速度を計測する。航法計算に用いる。

(4) 3段加速度計測

サーボ加速度計により、3段機体のロール、ピッチ、ヨー軸方向の加速度を計測する。航法計算に用いる。

以下、3段角速度計測値、3段加速度計測値を併せて「慣性センサ出力」と呼ぶ。

2.2 初期アライメント機能

初期アライメント機能は、ランチャ上にあるロケットの姿勢を、慣性センサ出力(地球自転角速度、重力加速度の計測値)から、推定する機能である。INGでは、次に示す2つの初期アライメント方式を用意した。

(1) プリセット方式

外部から与えられた方位角と慣性センサ出力から、機体の上下角、ロール角を推定する。

(2) セルフアライメント方式

慣性センサ出力から、機体の方位角、上下、ロール角を推定する。

2.3 航法機能

ロケット飛行中の慣性センサ出力から、機体姿勢、位置、速度を出力する機能である。

(1) 航法座標系^{(*)3}機体姿勢、位置、速度出力

航法座標系(以下、N系)から見た機体姿勢、位置、速度を計算、出力する。

(2) 誘導座標系^{(*)4}機体姿勢、位置、速度出力

航法座標系から見た機体姿勢、位置、速度を誘導座標系(以下、G系)から見た機体姿勢、位置、速度に変換し出力する。姿勢制御計算、誘導計算で使用する。

2.4 誘導機能

衛星を予定された軌道に投入するため、ロケット飛行中の姿勢制御目標角の修正量を出力する機能である。

次の2つの誘導方式を用意した。

(1) 電波誘導方式

G系から見た姿勢制御目標角を、地上支援系からのRG^{(*)5}コマンドに従って修正する。

(2) 慣性誘導方式

G系から見た機体の位置、速度から、姿勢制御目標角の修正量を計算する。修正量の計算アルゴリズムは、電波誘導と同じである。現状では、修正量をテレメータに出力しRGコマンドとの比較検討に使用している。

表2 姿勢制御アクチュエータ

ステージ	名称	駆動方式	駆動数	制御軸	備考
1段	MNTVC ^{(*)6}	リニア	2	ピッチ, ヨー	
	SMRC ^{(*)7}	ON/OFF	32 / 4	ロール	5号機以降 駆動数4
2段	LITVC ^{(*)8}	リニア	4	ピッチ, ヨー	1~4号機
	MNTVC	リニア	2	ピッチ, ヨー	5号機以降
	SMRC	ON/OFF	4	ロール	
3段	SMSJ ^{(*)9}	ON/OFF	8	ピッチ, ヨー, ロール	
	MNTVC	リニア	2	ピッチ, ヨー	
	SJ ^{(*)10}	ON/OFF	16	ピッチ, ヨー, ロール	

*3 航法座標系：地球中心直行座標系(慣性系)
X軸は、発射時刻のグリニッジ子午線と赤道の交点方向
Z軸は、地球自転軸方向

*4 誘導座標系：発射時刻の発射点局所水平座標(慣性系)
X軸はロケット発射方位方向、座標原点は地球中心、
Z軸は鉛直方向。

*5 RG：Radio Guidance(電波誘導)

*6 MNTVC：Movable Nozzle Thrust Vector Control
*7 SMRC：Solid Motor Roll Control
*8 LITVC：Liquid Injection Thrust Vector Control
*9 SMSJ：Solid Motor Side Jet
*10 SJ：Side Jet
*11 GSE：ING専用の地上支援装置

2.5 姿勢制御機能

G 系の機体姿勢，姿勢制御目標角，姿勢制御目標角の修正量，3 段角速度計測値，1 段角速度計測値から，表 2 に示す姿勢制御アクチュエータ駆動信号を出力する。

姿勢制御目標角，姿勢制御方式，姿勢制御パラメータ等は，発射前に GSE^(*11)から設定する。

2.6 ミッションシーケンス管理機能

ロケット搭載タイマから，イベント信号を受信し，対応するミッションシーケンスの開始，終了等の処理を行う。ING が受取るイベント項目は，次の 4 項目である。

(1) NAV START

この信号を受信すると，ING は，航法計算を開始し，1 段目飛翔のための内部シーケンスを開始する。

(2) B2 CONT START

1 段，2 段間の分離に伴う処理，2 段目飛翔のための内部シーケンスを開始する。

(3) B3 CONT START

2 段，3 段間の分離に伴う処理，3 段目飛翔のための内部シーケンスを開始する。

(4) B4 CONT START

アクティブニューテーション制御等の衛星分離に伴う処理を開始する。

2.7 RG コマンド受信機能

地上支援系から送信されてくる，姿勢制御目標角の修正量を受信する機能である。

表 3 に示すコマンドを，パルス入力として受取る。

ING は修正コマンドを受取ると，それぞれの修正コマンド毎に，受取ったパルス数を積算し，反映コマンドを受取った時点で，ピッチ，ヨーそれぞれの姿勢制御目標角の修正量に反映する。

修正コマンド，反映コマンドの受信期間，修正量が有効である期間はあらかじめ決められており，発射前に GSE から設定する。

表 3 RG コマンド

コマンド	意味
P +	ピッチ + 修正コマンド
P -	ピッチ - 修正コマンド
Pact	ピッチ 反映コマンド
Y +	ヨー + 修正コマンド
Y -	ヨー - 修正コマンド
Yact	ヨー 反映コマンド

2.8 RS^(*12) コマンド受信機能

地上支援系から送信されてくる，飛翔時の安全に関わるコマンドを受信する機能である。ING は，A3，A4 と命名された 2 種類のコマンドを受信する。コマンドを受信したら対応するアクチュエータの駆動を停止する。

それぞれのコマンドは，飛翔シーケンスの中で受信時刻が前もって決められおり，発射前に GSE から設定する。

2.9 テレメトリデータ編集機能

飛翔中に地上でモニタしたい ING 内部データを編集して出力する機能である。

2.10 アンテナ切替機能

航法計算結果から，地上支援系の電波受信状態が最良となるテレメトリ送信用アンテナを選択する機能である。

2.11 GSE インタフェース機能

GSE は，発射前に ING の健全性の確認，初期設定等，発射に向けた操作を行う装置である。

ING は，飛翔に必要なデータを，発射前に GSE インタフェースを通して受取る。

M-V ロケット

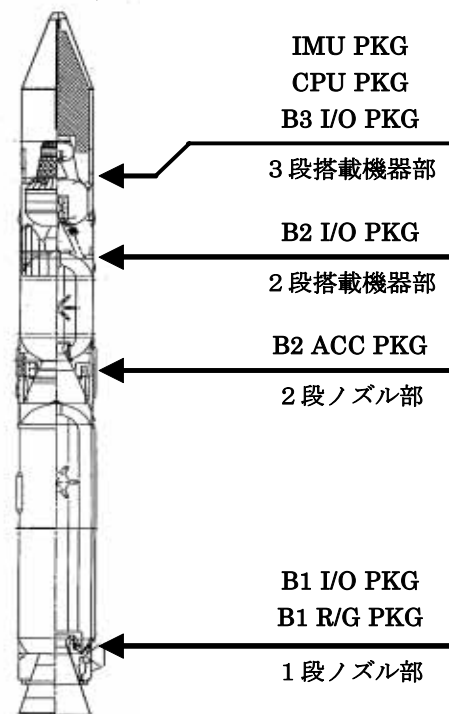


図 2 PKG 搭載位置

*12 RS : Range Safety(保安)

2.12 システム管理機能

ING 内部状態の管理等, ING に要求される機能の円滑な実行を支援するための機能をもつ。また, 試験支援, デバッグ支援の機能を持つ。

3. ING のシステム構成

ING は, ハードウェアと誘導制御システムとして機能させるためのソフトウェアから構成される。

3.1 ハードウェアの構成

ハードウェアは, 次に示すパッケージから構成される。図2に各パッケージの搭載位置を, 図3にハードウェアの機能ブロック図を示す。

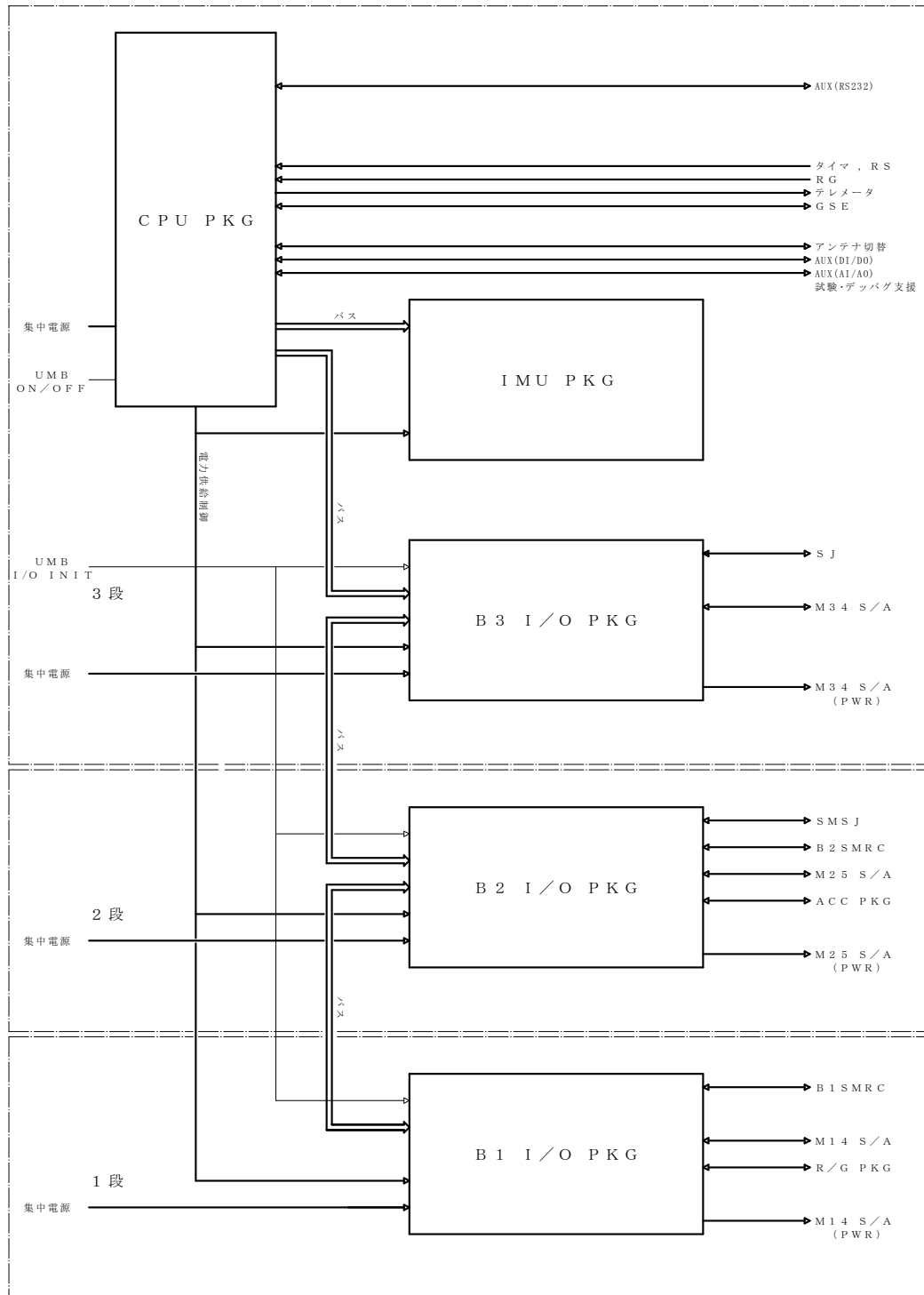


図3 ING ハードウェア機能ブロック図

(1) IMU PKG(慣性計測装置)

3 段のピッチ, ヨー, ロールの角速度, 加速度を計測する。また, ING の時間基準のためのタイムベース信号を出力する。

(2) CPU PKG(計算機)

CPU を持ち, ING の機能を構成するソフトウェアを搭載する。

2 系統の 8 ビット幅のバス形式のインタフェース(以下, 「バス」という)を持つ。

次の機器, 装置とインタフェースする。

- ・ IMU PKG(バス接続)
- ・ B1~B3 I/O PKG(バス接続)
- ・ 搭載タイマ
- ・ RG コマンド受信機
- ・ RS コマンド受信機
- ・ テレメータ送信機
- ・ アンテナ切替器
- ・ 試験, デバッグ支援入出力
- ・ GSE

(3) B1~3 I/O PKG(1~3 段入出力装置)

各段の I/O PKG は, 搭載される位置(1~3 段)とインタフェースする機器に応じて, コネクタと回路モジュール間の配線が異なるが, 機械的, 電気的設計はまったく同じである。CPU PKG とはバスにより, 3~1 段の順にディージーチェーンで接続される。

CPU PKG からの操作で, 表 5 に示す各段アクチュエータ駆動信号の出力, 動作信号の入力を行う。

また B1 RG PKG, B2 ACC PKG からの 1 段角速度, 2 段横加速度信号の入力を行う。

(4) B2 ACC PKG(2 段横加速度計)

2 段ピッチ, ヨー横加速度を計測する。

(5) B1 R/G PKG(1 段角速度計測装置)

1 段ピッチ, ヨー, ロール角速度を計測する。

3.2 ソフトウェアの構成

搭載ソフトウェアは, システム管理ソフトウェアと, ING に要求される機能に対応したソフトウェア(以下, 「機能対応ソフトウェア」という)から構成される。

それぞれに, 号機毎に変更する必要のない既定機能部と号機毎のミッションに対応した可変機能部がある。

各ソフトウェアは, モジュール化(部品化)されておりミッション要求に応じた変更が容易になるように設計されている。

ソフトウェアの大まかな構成を図 4 に示す。

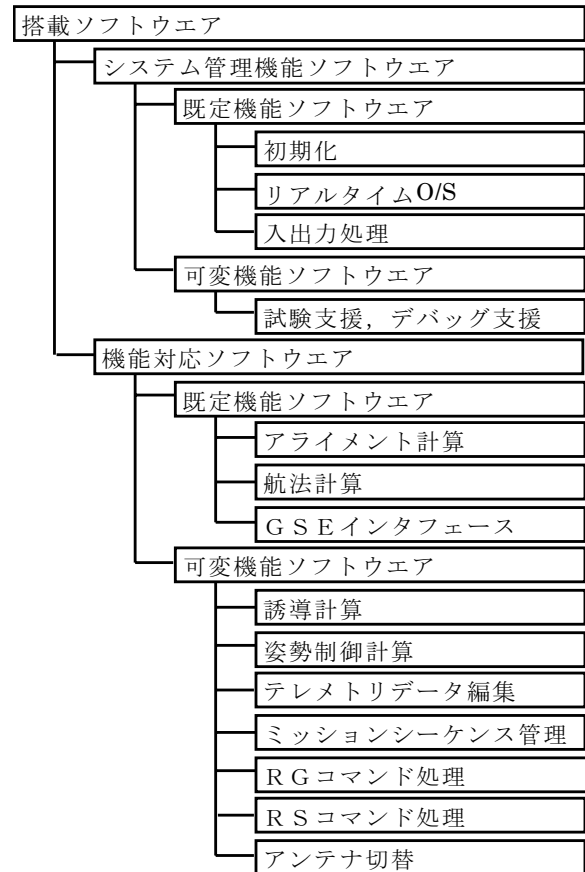


図 4 搭載ソフトウェア構成

システム管理ソフトウェアは, リアルタイム O/S を含み, 搭載ソフトウェアの実行管理, 入出力の排他制御等を, また試験, デバッグの支援を行うソフトウェアから構成される。

機能対応ソフトウェアは, 2. 項 ING の機能に対応したソフトウェアから構成される。

4. ミッションへの対応と ING 改良の履歴

M-V 型ロケットは, 多様なミッションに対応するため, 衛星毎に機体の仕様変更がある。ING も, ミッション要求, 機体の仕様変更に合わせて毎号機種々の改良を加えてきた。表 4 に代表的な ING 改良の履歴を示す。

代表的な改良点の内, 5 号機で行われた 3 件を除けば全てソフトウェアの変更で対応できている。このことから, 搭載ソフトウェアは, M-V 型ロケット各号機のミッション要求に良く対応できており, ソフトウェアの設計方針, 構成は適切なものであったと考えている。

3 件のハードウェアの改良の内, FOG の耐角振動特性の改善は, 1 号機の振動試験で FOG への角振動入力に対し角度ドリフトが発生したことを受け実施した。

表4 ING改良の履歴

ロケット	主な改良点	内容	改修方法
3号機	SJ間引き論理実装	SJの燃料消費を抑え、ハーフパーキングに対応。	S
	バーベキュースピン対応	ハーフパーキング中の発熱対策。	S
	3段MNTVC再ロック対応	アクチュエータを再ロックするシーケンス追加。	S
	ANC制御論理改修	1, 2号機は計算のみ。制御コマンド出力機能追加。	S
	2段SMSJ制御論理改良	バルブ故障に備えバルブ冗長を考慮した論理に改良。	S
4号機	角衝撃計測機能追加	分離衝撃でFOGに入力される角衝撃レベルを計測する機能追加。	S
	誘導計算プログラム実装	誘導コマンド計算を実装。制御コマンドの出力は行わず計算のみ。	S
5号機	SJブローダウン対応	SJブローダウン化に伴いSJ制御計算部を全面改修。	S
	2段TVC制御論理変更	LITVCからMNTVCへの変更に伴い制御論理全面改修。	S
	角速度制御機能追加	6号機以降のミッションで必要となる角速度制御機能追加。	S
	誘導アルゴリズムの改修	ミッションに対応した誘導論理に改修。計算のみ。	S
	アンテナ切替制御論理実装	地上支援系の電波受信状態が最良になるアンテナの選択機能追加。	S, H
	ショックマウント特性改良	機器毎に搭載環境に合わせた最適なショックマウントを再設計。	H
	FOGの耐角振動特性の改善	FOG周辺電子回路を改修し角振動環境下での角度ドリフトを改善。従来の1/10以下を実現。	H
6号機	レート制御機能の実証	衛星分離前後にレート制御を初めて採用する。	S
	誘導アルゴリズムの改修	ミッションに対応した誘導論理に改修。計算のみ。	S

改修方法 S : ソフトウェアの変更による
H : ハードウェアの改修による

角度ドリフトの原因は、FOGとその周辺回路を含むループの特性にあることは明確であった。

1号機から4号機までは、運用に問題のないレベルまで角度ドリフトを抑えるような回路定数の調整を行うことで対応した。

一方で、ING開発の初期に比べ半導体技術の進歩があり、改修の目処が立ったこと、また、宇宙科学研究所殿の支援を受けることができたことから、5号機への反映を目標に、改修を実施した。

この改修の結果、飛行時に想定されるFOGへの角振動入力に対し、従来の1/10以下の角度ドリフトに抑えることが可能となった。

5. M-Vの飛行結果

5.1 姿勢制御機能

図5にM-V1号機の飛行時の機体姿勢角(実線)と姿勢制御目標角(破線)の履歴を示す。

ピッチ、ヨー、ロール軸の全てが、姿勢制御目標角に正しく追従しており、INGの姿勢制御機能が正しく動作していたことがわかる。

5.2 航法機能

INGの位置の計測誤差を、地上の追跡レーダのデータを基準として評価した結果を図6に示す。

ラテラル方向の誤差はレンジ方向に飛行した距離に比例していることが分かった。このことから、ラテラル方向の誤差の原因は、発射前に設定する発射方位角の誤差にあることが推測できる。

これから、推定した発射方位角の誤差は、0.09[deg]となる。発射方位角の設定は課題を残すものとなったが、設

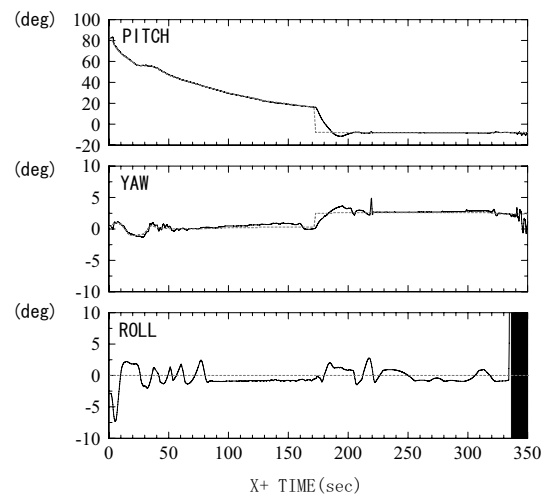


図5 機体姿勢角履歴

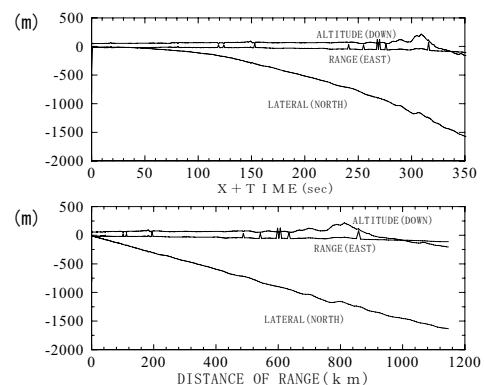


図6 ING位置誤差(レーダとの比較)

定手順の変更等で対応した。

また、図 6 では初期から高度方向に約 50[m]の誤差が見られる。これは、レーダと ING で位置の基準に違いがあ

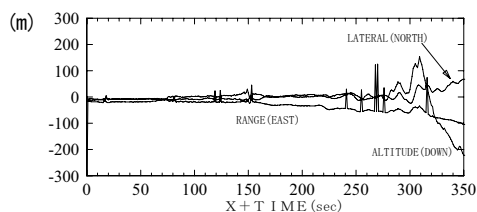


図 7 補正後の ING 位置誤差(レーダとの比較)

表 5 レーダ計測値との比較結果
(X+300[s], 300[s]経過時) 単位:m

方向	位置誤差 飛行結果	位置誤差 初期誤差補正後
高度	93	43
レンジ	-58	-37
ラテラル	-1160	-23

[執筆者紹介]



執筆者 1 江西 達也 略歴
1989 年入社, ロケット姿勢制御装置の地上支援装置の開発に従事。
現在, ロケット慣性機器課長



執筆者 2 斎藤 一品 略歴
1989 年入社, M-V ロケット用慣性装置の設計に従事。
現在, ロケット慣性機器課



執筆者 3 後藤 晋一 略歴
1988 年入社, M-V ロケット姿勢制御系の解析に従事。
現在, ロケット慣性機器課

ることが原因と判明し, 2 号機以降は, ING の位置基準を, レーダに合わせることで対応した。

参考に, 発射方位角の誤差, レーダと ING の位置基準の差を補正した位置の計測誤差を, 図 7 に示す。

X+300[s]時点の位置計測誤差を表 7 に示す。

誤差は, 目標値以内であり所期の航法性能が得られた。

また, 航法機能の評価結果から, 飛行時には FOG の角振動入力による角度ドリフトは, 調整方法も含め, 問題のないことが確認された。

6. むすび

M-V 型ロケットの飛行実験も 7 号機の飛行実験を残すのみとなった。ING は, 各号機の飛行実験での運用を通して, 大きな問題もなく使命を果たしてきた。

これもひとえに, FOG の採用をはじめ, 開発当初より, 宇宙科学研究所殿のご指導, ご支援が頂けたことによる。

M-V 型ロケットによる科学衛星・惑星探査機の打ち上げを通して, 宇宙科学の発展に微力ながら貢献できたことは, 当社の誇りとするところである。ここに厚く感謝の意を表する。

PCIG DiaScene IG-95/80 の開発

— 最近の映像発生技術 —

宮崎 正剛, 若林 知行, 矢野 徹, 川上 隆行

要旨: シミュレータ用の模擬視界を実時間 CG により映像発生するイメージジェネレータ (IG) も、現在では、PC をベースに高性能ビデオカードを組込んだ PCIG が多く使われている。集積回路の製造技術の進歩と一般市場を対象にした莫大な開発投資で、ビデオチップが飛躍的な高性能化と低価格化を果たしたためである。ビデオチップは内部に幾何計算処理とレンダリング処理を並列にパイプライン化して圧倒的な性能を出せるようになったのみならず、GPU というプログラミング可能な形態へと発展した。筆者らは、GPU を活用したソフトウェア中心の PCIG である DiaScene IG-95/80 を開発し、表現力の高いリアルな模擬映像の発生を実現した。

1. まえがき

現在、操縦訓練用や教育のみならず、実機開発や研究開発において、シミュレータは各方面で幅広く利用されている。そのシミュレータで実時間 CG (Computer Graphics) による映像を提供する模擬視界装置 (Visual System) は、主に映像発生装置と映像表示装置に分けられる⁽¹⁾。映像発生装置はイメージジェネレータ (IG: Image Generator) と呼ばれ、現在では、3次元グラフィックス処理能力の高いビデオカードを組込んだ PC (Personal Computer) にシーングラフ・ソフトウェアを搭載した形態の PCIG が中心になってきた。

本稿では、筆者らが開発した PCIG である DiaScene IG-95/80 の映像発生技術および今後のシステムに関する動向について述べる。

2. システム構成

2.1 一般的な IG の構成

(1) 基本構成と LSI 化

模擬視界装置は、1970年代からそれまでの CCTV (Closed Circuit TV) 方式などに代わり、電子的に映像を合成する CGI (Computer Generated Imagery) 方式となった⁽¹⁾。図1は、主にポリゴンレンダリング法による実時間 CG のシステムとして歴史的淘汰を経て主流となった IG の基本的な構成で、今日の PC やゲーム機の実時間 CG まで、処理のステップとして、ほぼ同様の構成がとられている⁽²⁾。処理は図1に示すように、1) ツリー・トラバース部、2) 幾何計算部、3) レンダリング部からなり、各処理計算量の比は、ほぼ 1:1:1000 となる⁽²⁾。

1990年代初めまでの実時間 CG の構成は、レンダリン

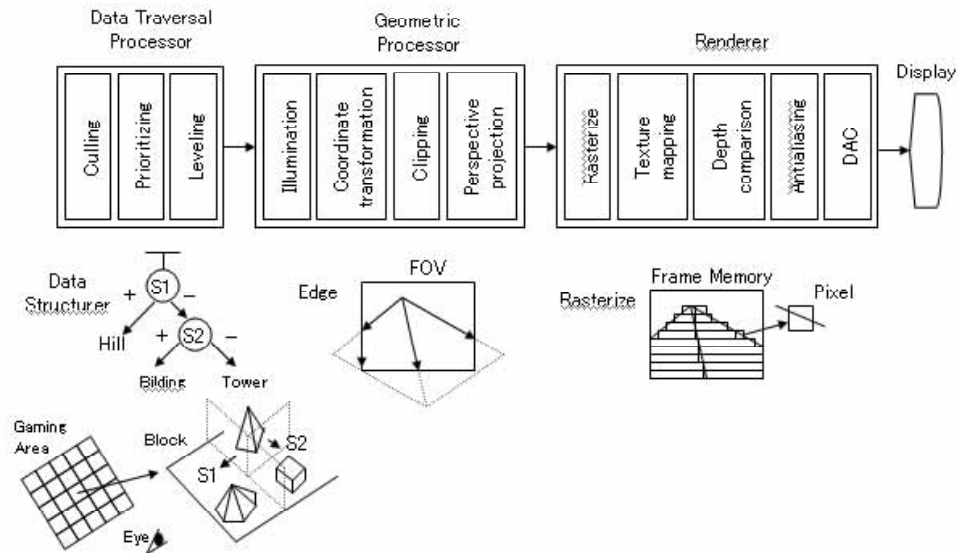


図1 システム構成と処理

グ部を市販の LSI と一部の専用 LSI を組み合わせて専用回路により構成し、幾何計算部は専用回路あるいは複数の CPU ボードによる並列処理により構成する方法が一般的であった⁽²⁾。1990 年代中期から RISC CPU のマルチプロセッサシステムと ASIC による専用ハードウェアで構成された高性能のハイエンド GWS(Graphics Work Station)が登場し、実時間 CG のイメージジェネレータとしても利用された。また、画素単位の輝度計算が可能なレンダリング部を ASIC でハードウェア化したハイエンドの専用 IG も開発された。

(2) ビデオチップと PCIG

1994 年 3DLabs 社が初めてレンダリング部をワンチップ化し⁽²⁾、1990 年代後半には 3D ゲームを想定した低価格のビデオチップが各社から発表された。1990 年代末から 2000 年初頭にかけてハードウェア T&L(Transform and Lighting)という言葉で表されるように、チップ内にレンダリング部だけでなく幾何計算部まで組込み、処理のパイプライン化と並列化が進んで性能が向上した。GLIDE, OpenGL, DirectX といった 3D グラフィックスの API(Application Program Interface)を利用して、ソフトウェアによる実時間 CG のシステムを実現できるようになり、PCIG としても使われはじめた。

(3) GPU の登場

2001 年以降、ビデオチップはプログラム実行可能なバーテックス・シェーダーとピクセル・シェーダーと呼ばれる演算ユニットをもつ GPU(Graphics Processing Unit)へと変貌し、OpenGL などの拡張だけでなくシェーダー用プログラミング記述のための Cg(C for Graphics)言語も登場した。2003 年以降、さらにシェーダーの複雑な記述も可能になり、かつてオフラインでしかできなかった高品位な CG を、実時間 CG で映像発生できるようになってきた。GPU はパイプライン化と並列化で集積トランジスタ数を急速に増大し、PC の CPU よりも数が多く、かつトランジスタ数がキャッシュメモリで多く占められている CPU に比べ、演算ユニットでほとんどが占められている点で最大のプロセッサチップとなった。現在では、GPU は 3 億トランジスタを超え、90nm プロセスの製造に移行されてきている⁽³⁾。

こうした状況とコストパフォーマンスを重視した時代背景から、現在の IG は、専用ハードウェアを組込んだ一部のハイエンド機以外では、単体 PC に GPU 搭載のビデオカードを組込んだ PCIG がローエンド、GPU やビデオボードを複数個用いたシステムや PCIG の複数台出力を合成したシステムがミドルクラスとなっている。

表 1 DiaScene IG-95 / 80 の用途

対象	用途	適用 PCIG
防衛(陸・海・空)	訓練, 展示	DiaScene IG-95
鉄道	訓練, 展示	
自動車	研究, 展示	DiaScene IG-80
自動車/二輪車	教習	(同上ライブラリ)

2.2 ソフトウェア中心の IG 開発

(1) 当社の PCIG

当社では、1998 年から DiaScene IG-90 という PCIG を開発し製品化した。従来の当社製小型 IG でハードウェアのカードレベルから開発した DiaScene IG-500 シリーズのデータベースとインターフェースの互換性を維持したもので、Alpha-CPU の PC をベースに 3Dfx 社のビデオチップ Voodoo を搭載したビデオカードを組み合わせて、GLIDE の API としてのソフトウェアで構成された。開発の中心は、いかにビデオチップの性能を引き出し、更新レートを維持して効率的に多くのポリゴンをレンダリングすることができるかという点にあった。

(2) 新しい PCIG の開発

筆者らは、2002 年以降、新しい PCIG として、当社の従来の IG との互換性を重視した DiaScene IG-95 と、一般データとの親和性を重視した DiaScene IG-80 を、長期計画をたてて開発を進め、年度毎に製品に適用してきた。表 1 にその対象と用途を示す。

どちらも、高性能 PC に NVIDIA 社のビデオチップ(GPU)を搭載したビデオカードを組込んだ市販品のハードウェアに、シーンマネージャー(シーングラフ)をインストールしたもので、PCIG 化のソフトウェアが中心のシステムである。

OS には WindowsXP を使用し、グラフィックス API には OpenGL と OpenGL の拡張機能を使用している。一部については Cg によるシェーダープログラムを使用しリアルな映像表現を実現している。

(3) 開発の方針

GPU の登場後、単なる数値的な性能だけではなく、今後はいかにリアルな映像表現・模擬表現を実現しているかが PCIG に求められると考え、DiaScene IG-95/80 は「映像表現力」を開発の共通課題とした。

また、DiaScene IG-95 は地形模擬など広域模擬やミシジョンファンクションの開発を主とし、DiaScene IG-80 は天象などの環境模擬を主として開発した。

3. PCIG の映像発生技術

DiaScene IG-95/80 における特徴的な映像発生技術について、最近の GPU を用いてソフトウェアにより実現し、



図2 リフレクション・バンプマッピングの映像例

製品または試作したものについて述べる。いずれも数年前までは、実時間 CG で実現できなかった映像表現である。

3.1 マッピング技術の応用

(1) リフレクション・バンプマッピング

リフレクション・バンプマッピングは、平面のポリゴンにノーマルマップと呼ばれる法線ベクトルの数値を格納したテクスチャを貼り付けて複雑な形状の凹凸感と反射の質感を向上する表現技法である。レンダリング時にプログラブルピクセルシェーダーを使用して画素単位で演算を行う。

図2にリフレクション・バンプマッピングの映像例を示す。海面がアニメーションのバンプマッピングの凹凸で擬似的に波うち、リフレクションマッピングにより仮想的に作られた景観を反射している映像である。

(2) ダウンウォッシュ

ダウンウォッシュの効果は、投影テクスチャマッピングとアニメーションテクスチャにより実現している。投影テクスチャマッピングは、テクスチャをシーンのオブジェクトに対してプロジェクトのように投影するマッピング手法であり、複雑な地形にも対応可能である。図3にダウンウォッシュの映像例を示す。

3.2 影

影(シャドウ)はシーンのリアリティ向上だけでなく、自機のアプローチ時の高度感、接地感の表現やオブジェクト同士の位置関係の把握など重要な役割を果たす。実時間 CG での影映像生成の手法は様々な方法が提案されているが、表示対象領域が広範囲なフライトシミュレータ用の影の映像発生に最適な手法は存在せず、以下の手法を組み合わせで実現している。



図3 ダウンウォッシュの映像例

まず、現在、主に使用されている手法について以下に示す。

(1) 平面投影シャドウ

平面投影シャドウは、光源からオブジェクトの頂点を通る直線を延長して、平面と交差した点を影となるオブジェクトとして表示する方法である。任意形状のオブジェクトに投影することは困難であるが、平面に影を表現する場合には、高速に影付けが可能であり有効な手法である。

(2) 投影テクスチャシャドウ

光源を視点とし影を表示するオブジェクトをあらかじめテクスチャに描画を行い、このテクスチャを影として光源方向からシーンに投影テクスチャマッピングを使用し描画を行う手法である。自身の影が自身に投影されるセルフシャドウを実現することは困難であるが比較的高速に処理を行うことができる。

(3) シャドウマッピング法

光源の位置からシーンを描画し、シャドウマップ(深度マップ)を作成する。次に視点からのビューでシーンの描画を行う。この時、各画素についてシャドウマップを参照し、影か影でないかの判定を行う。複雑な幾何計算を必要とせずセルフシャドウを実現することができるが、シャドウマップの境界にエリアシングが発生しやすく、表示対象領域が広範囲であるフライトシミュレータ等には用いられない。

(4) シャドウボリューム法

光源方向から光の当たる面とあたらない面の境界線を計算し、輪廓となる頂点を光源方向に引き延ばし、影領域(シャドウボリューム)を作成する。そのシャドウボリュームをステンシルバッファに描画して影となる領域を作成し、影となる領域の描画を行う。セルフシャドウを実現することも可能であるが、シャドウボリュームを生成



図4 建物の影の映像例



図5 移動物体の影の映像例

するデータ量が多くなり計算負荷も高い。

開発したソフトウェアでは、影の映像表示の実現に、移動物体は投影テクスチャマッピング手法を用い、地上の建物などの静止物体に関しては平面投影シャドウを用いた。現状の標準的なデータベースの負荷とGPUの性能のバランスを考慮した実現レベルである。

図4に建物の影の映像例を、図5に移動物体の影の映像例を示す。

3.3 マルチパス処理

GPUの性能向上に伴い、1枚の映像を描画するにあたり、複数の映像を合成することが一般的になりつつある。

背景としては、PC内におけるAGPからPCI-Expressと高速化されてきたバス転送に加えて、ビデオカードのGPU内での高速な演算処理とグラフィックメモリの読書きが並列化とキャッシュで高速に実行できるようになったためである。⁽³⁾

ここでは、ドライビングシミュレータにおいて、雨の影



図6 雨滴とワイパーを模擬したマルチパス映像表示例

響により視認性を低くするために、複数回に分けた描画と映像を合成した例を紹介する。

(1) 1フレーム内での映像の合成

窓ガラスに雨滴を付着させ、これを通して外側の模擬視界映像を見る方式をとっている。最終的な映像イメージEは、窓ガラス雨滴とワイパーの効果を加えた状態Bと時間によりその雨滴を変化させたテーブルAを基に、窓外映像Dに変換をかけた結果の合成映像Eで表現されている。

$$E_{ij}(t) = A_{iji'j'}(t)D_{i'j'}(t)$$

$$A_{kk'l'j'i'j'}(t + \Delta t) = f_{kk'l'j'i'j'}A_{iji'j'}(t) + B_{iji'j'}(t)$$

i, j : 最終映像Eの画素

i', j' : 窓外視界Dの画素

(2) マルチパスの流れ

式としては、(1)で述べたテーブルAを参照する形となっているが、実際には全ての演算が1回では行えないため以下の流れで、複数回に描画を分けて映像を作成し合成している。

- ① 雨粒以外の窓外映像を描画(1パス)
- ② 前フレームまでの雨粒映像にフィルターをかける(2パス)
- ③ 新たな雨粒とワイパー効果を追加合成(3パス)
- ④ 窓外映像から雨粒映像を経て最終映像を画素単位で変換する(4パス)

(3) 描画例

図6は、XGA(1024×768)の解像度で運用しているドライビングシミュレータの映像で、雨滴効果により窓外の映像が屈折しているように見えるのがわかる。

ドライビングシミュレータにおいては、車の移動などの制御を含めた処理を1フレーム内(16.6msec)で全て完了させている。

表 2 模擬対象と表現方法

	模擬対象	表現方法
1	運動 (風波, うねり)	GPU による数式モデルに基づいたメッシュ変形
2	海面質感 (反射, 透明感)	光源処理およびテクスチャおよび GPU によるピクセル単位のリフレクション・バンプマッピング
3	効果 (航跡, しぶき)	CPU によるポリゴンエフェクト

3.4 三次元海面波の模擬

次に GPU を描画処理のためだけではなく、物理シミュレーションのための演算器として利用した例について述べる。その最も一般的な例は流体シミュレーションで、試作の三次元海面波の模擬映像において演算処理を GPU で行い、高速で再現性の高い映像の生成に成功している。

一般に三次元海面波映像に要求される模擬対象は、概ね①運動(風波, うねり)の表現, ②海面質感(海面の状態, 反射, 透明感)の表現, ③効果(航跡, しぶき)の表現, の 3 項目である。

これらを GPU を利用して高速に処理するため、試作では表 2 に示す手法で表現した。



図 7 三次元海面波の映像例 1



図 8 三次元海面波の映像例 2

図 7 はこれらの手法によって表示した三次元海面波映像の例である。統計データに基づいた海面運動を GPU により模擬し、このモデルに一般的なテクスチャマップおよびリフレクション・バンプマッピングを施して描画を行っている。また図 8 は船の運動に従い、しぶきおよび航跡を作成し表示している。

4. システムの動向

4.1 シーングラフとゲームエンジン

ゲームにおける実時間 CG の映像は、よく IG の映像との比較対象にされる。3 次元 CG という点では、発生の基本アルゴリズムは全く同じである。IG がミドルクラスでもローエンドでもビデオカードの GPU をベースにした PCIG のシステムへと変貌した現在、シーングラフというアプリケーションソフトウェアが動作するプラットフォームは、ゲームソフトであるゲーム機と、ハードウェアおよび基本ソフトウェア環境において、近いもの、もしくは、ほぼ同じになってきたといえる。

実時間 CG を扱うソフトウェアとしてみた場合、ゲームソフトは、その場面毎に限られたシナリオの特定シーン(ダンジョン)に応じて、プラットフォームの性能を最大限に引き出すプログラムを個別に組むことができる。それに対して IG のソフトウェアは、どのようにシナリオを組まれても対応可能な状態を常に維持する必要があり、データベースの互換性を維持しつつ汎用的な 3 次元の空間を提供しなければならない点から、最大性能は出しにくい。

しかし、ゲームの世界でも大作ソフトが中心の時代となり、膨大な開発コストが問題になってきたこと、ソフトを異なるゲーム機用一括で開発・販売するマルチプラットフォーム戦略もあって、IG のシーングラフのライブラリと同じ様な形態で、ゲームエンジンと呼ばれる基本ソフトウェアをベースにして、開発の効率化を図るようになってきた。

4.2 処理方式

1970 年後半以降、シミュレータは、ホスト計算機を中心とした分散処理とリンケージで独立性や拡張性を確保したシステム構成をとり、その中で、イメージジェネレータは、データベースを抱える最も計算量を必要とするバックエンドシステムでもあった。

1990 年代中旬に登場したマルチ CPU のハイエンド GWS は、IG とホスト計算機をあわせてシミュレータを実現することもあったが、近年における計算能力の高い CPU と GPU を搭載した PC やゲーム機では、むしろ、一体型システムの考え方が前提であり、能力的にも低価格な小型シミ

ュレータは十分に構築可能となった。

特に、CPU にみるマルチコア化や、GPU 内部のパイプライン化とボードレベルでの並列化など、PC やゲーム機の各プロセッサのマルチプロセス化や並列処理化が進み、単体での PC の性能向上が著しくなる方向にある。

また、共通化データベースをベースに、オブジェクト指向で自然環境や物理現象をシミュレーションし、可視化する方向にあるシーングラフやゲームエンジンなどのソフトウェアにとっては、データベースを簡単に共有化しやすい一体型システムのアーキテクチャが適していると考えられる。

今後、分散処理方式の IG として独立した形態でより高性能高機能化が進む可能性もあるが、どちらかといえば、コストパフォーマンスの点で、ホストと一体型となった低価格なシステム形態でのシミュレータが量的には増えることになると予測される。

もう一方では、こうした高性能低価格なシステムをクラスタ化して、巨大な性能をもったイメージジェネレータのシステムを構築することや、GPU を単体もしくは並列化しても可能であるが、量的には少ないであろう。

5. むすび

シミュレータにおける IG が、プログラミング可能な高性能 GPU の登場で、よりリアリティの高い映像表現を可能にし、実現するソフトウェアが重要になってきた。

DiaScene IG-95/80 ではソフトウェアを中心に表現力の高いリアルな模擬映像の発生を実現した。PC と、複数 GPU 搭載カード、複数のビデオカード連結、などの構成形態も登場しきており、ますます性能は向上していくものと考えられる。自然現象や物理運動の演算処理を GPU で実行して、そのままリアルな模擬映像を発生するような PCIG の時代がしばらくは続くであろう。

参考文献

- (1) 梶原景範：飛行シミュレータとディスプレイ (Flight Simulator and Display) ディスプレイ アンド イメージング, Vol.1, PP.111-120, 1992 年
- (2) 緒方正人, 梶原景範, 藤野勝：実時間 CG 技術の現状, 電子情報通信学会誌, Vol.84 No.3 pp.167-171, 2001 年 3 月
- (3) 後藤弘茂, PC Watch 後藤弘茂の Weekly 海外ニュース R580 と G71 で衝突する ATI と NVIDIA, <http://pc.watch.impress.co.jp/docs/2006/0127/kaigai236.htm>, 2006 年 1 月

[執筆者紹介]



執筆者1 宮崎 正剛 略歴

1979年入社，主に計算機システムの開発をへて，コンピュータグラフィックス関連の製品開発に従事，現在，画像システム技術部部长，(兼)技術開発部映像自動合成システムグループマネージャ



執筆者2 若林 知行 略歴

1989年入社，主に実時間コンピュータグラフィックスの関連の製品開発に従事，現在，画像システム技術部画像システム課



執筆者3 矢野 徹 略歴

1989年入社，主に実時間コンピュータグラフィックス関連のシステム開発に従事，現在，画像システム技術部画像システム課



執筆者4 川上 隆行 略歴

2001年入社，主に実時間コンピュータグラフィックスのソフトウェア開発に従事。現在，技術開発部映像自動合成システムグループ

自動車シミュレータにおける交通環境模擬

大貫正明, 佐々木隆益

要旨: 本論文では①交通環境のマクロシミュレーション(トラフィックシミュレータ)とドライビングシミュレータを接続する技術および②ドライビングシミュレータにおけるミクロシミュレーション技術について述べる。①の技術は, 東京大学国際産学共同研究センター サステイナブル ITS プロジェクトとして, 東京大学が中心となり, 民間9社の共同プロジェクトの成果の一部として紹介する。

1. まえがき

ITS(Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム)技術の進展とともに車両メーカーによる自動車の知能化が加速している。同様に警察による ITS 技術として UTMS(Universal Traffic Management Systems: 新交通管理システム)構想という道路自体を知能化し, 交通環境に参加しているモノ(車両や, 信号機等)と様々な情報のやり取りを行うという仕組みが整えられてきている。このように現実の交通環境が急速に進化している中で, 仮想空間上において現実の事象を体験, 検証可能なシミュレーション技術に寄せる期待は大きい。

しかしながら, 仮想空間上に現実同様の環境を再現し, 現実と違和感の無いシミュレーションを構築することは非常に難しい技術であり, 多大な時間とコストを要する⁽¹⁾。本論文では, 上述の問題を解決する2つの手法について述べる。一つ目は, 渋滞予測等に使われているマクロシミュレーション情報からドライビングシミュレータ(以下「DS」という。)のようなミクロシミュレーションモデルを構築する手法である。ここではマクロシミュレーション技術によるトラフィックシミュレータとの接続技術について述べる。二つ目は, DS の仮想空間上に登場するモデルを知能化された自律モデルとすることで, ミクロ交通環境モデルを自動生成する技術について述べる。

2. トラフィックシミュレータとの接続技術

本項では, 首都高速道路全域などの大規模交通をドライビングシミュレータでどのように実現するのかについて述べる。本技術は, 東京大学国際産学共同研究プロジェクトとして, 東京大学を中心とし, 民間9社(三菱プレジジョン㈱, 三菱重工業㈱, 東芝ソリューション㈱, 松下電器産業㈱, アイシン・エイ・ダブリュ㈱, ㈱長大, 社会システム研究所, アジア航測㈱, 日本気象協会)の共同研究を行った成果であり, その成果の一部を紹介する。

2.1 トラフィックシミュレータとは

東京全域又は首都高速道路全域などの渋滞シミュレーション技術として, トラフィックシミュレータ(以下「TS」という。)が一般に使われている。TSには様々な方式があり, 一般的な方法として, 各道路(リンク)の交通容量を設定し, そのリンクの入口と出口の交通量を入力する。この考え方は, 交通を流体として考え, 道路をホースとして, その太さによって, そこを流れる水の量(交通量)が決まるという考え方である。リンクの交通容量以上に車両が流れないため, これが, 車両が多くなると渋滞を起こすことになる。最近のTSは, 計算機の処理能力の向上により, より細かいリンクを構成し, 計算間隔も5分から1秒毎の交通容量まで計算することにより渋滞状況の変化を詳細に解析できるようになっている。このようにTSでは, マクロ的に交通を捉え, 入力に実データを使用することで, 精度の高い渋滞再現が可能となっている。

一方, ドライバに対し随時交通情報の提供等を行った場合に交通がどのように変化し, それに伴って交通渋滞がどのくらい緩和されるかについては, 実データ自身が存在しないため, TSで行うには限界があった。このような交通情報の提供等によって, ドライバがどのような判断を行うか(ドライバ特性)を実験で検証できるツールとして, 近年, ドライビングシミュレータが使われ始め, 成果を挙げている。そこで, TSの特徴を活用し, ドライビングシミュレータの特徴を融合することで, 今まで解析困難であった領域までシミュレーションが可能となると考える。東京大学国際産学共同研究プロジェクトでは, 大学のTS技術に当社の研究用ドライビングシミュレータ技術及び映像技術を用い, 新たな実験環境の構築を行い, 「複合現実感実験スペース」として構築した⁽²⁾⁽³⁾。

2.2 拡大モデル (KAKUMO)

新たな情報提供を行い, ドライバ特性を調査する場合, 情報提供を行う周辺のみをドライビングシミュレータで

模擬を行い、それ以外のエリアの交通状況は、今までどおりの TS の技術を使うことで、情報提供による交通状況の変化がシミュレーションできることになる。TS と DS とを接続する場合において、TS で発生している交通車両を DS で運転を行うドライバに違和感なく動かさなくてはならない。しかし、両者の時空間があまりにも異なるため、直接接続することは難しい。そのため、お互いの時空間を埋める中間的なシミュレーション技術を構築した。それは TS のエリアの一部を拡大表示し、マイクロモデルとして 1 台 1 台を動かす中間システムであり、拡大モデル (KAKUdaiModel) KAKUMO と名づけた。

DS では、ドライバの運転行動時の違和感を最小限に抑えるために、映像の表示タイミングと同期を取るように 60Hz で計算している。KAKUMO では、TS の模擬範囲の一部のエリアで、約 1,000 台から 1,500 台の車両が、簡単な車両運動とドライバモデルで構築できることを目標に、また、DS の映像上、違和感のない動きを実現するために、20Hz で計算することにする。KAKUMO で制御された車両の挙動が DS に送信され、DS で 3 回補間され、60Hz で、映像表示される。図 1 に KAKUMO の概念図を図 2 に制御ブロック図を示す。

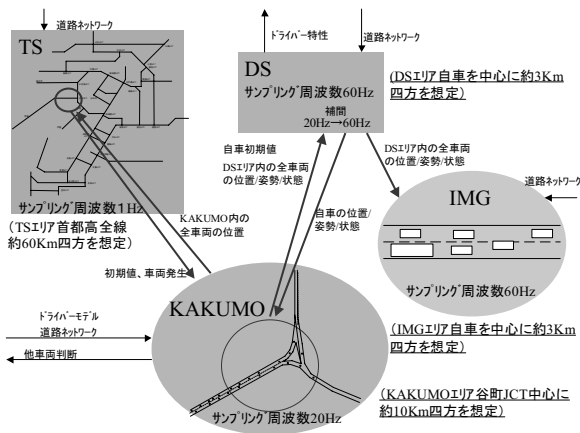


図 1 KAKUMO 概念図

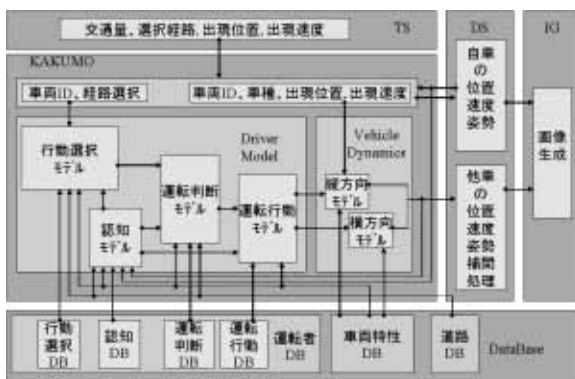


図 2 KAKUMO 制御ブロック図

KAKUMO で発生した車両の位置は DS によって補間され、図 3a に示すような詳細な模擬視界映像として表示される。CG で作られた世界であるが、図 3b に示すように実際の道路環境とほぼ同じ景況の映像をドライバに提供できるため、複合現実感実験スペースとしてさまざまな実験が可能となった。

次に KAKUMO の制御ブロックで生成される交通状況について実際の交通との比較実験を示す。実験エリアは、首都高 3 号線の谷町 JCT 周辺とした。KAKUMO は、TS の模擬範囲の一部分について模擬するため交通状況がマクロ指標において TS と合致しなければならない。本実験では、マクロ指標として交通量-平均速度 (Q-V) 特性を取り上げ、実測データとの比較を行う。

シミュレーションでは谷町 JCT 合流地点における 5 分間隔の通過車両台数と平均走行速度を計測した。実際の感知器で観測された 5 分間隔の交通量を KAKUMO に流入する実験をシミュレーション 1 とし、10 分間隔で 500 台/h か



a CG 映像



b 実験車両映像

図 3 首都高 3 号線谷町 JCT 付近映像比較

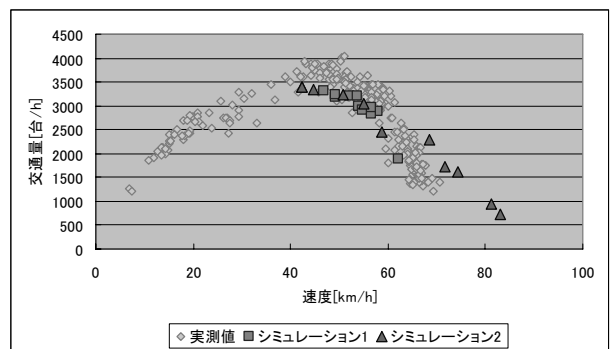


図 4 Q-V 曲線

ら 2,500 台/h まで段階的に変化させる実験をシミュレーション 2 とした。Q-V 曲線を図 4 に示す。実測値はある一日分の 5 分間隔の通過車両台数と平均走行速度の計測値である。実測値が表す Q-V 曲線上にほぼシミュレーション結果のデータが乗っており、実交通の Q-V 曲線に近い特性のシミュレーション結果が得られた。

3. ミクロ交通環境モデルの自動生成技術

本項では、仮想空間内をドライビングシミュレータにより運転することが可能であるミクロ交通環境モデルの自動生成技術⁴⁾およびその応用について述べる。

3.1 交通環境の要素

交通環境構築において主要な要素には、まず、仮想空間上に表示される景色や、車両、人物などの CG(Computer Graphics)データベースモデルと呼ばれる以下のものがある。

- 地形モデル(地面、空、建物や道路などの構造物)
- 信号モデル(車両用信号機、歩行者用信号機等)
- 移動物体モデル(車両、人物、パイロン等)

次に仮想空間上の CG データベースモデルの動作や、気象などの特殊効果を作り出す次の制御プログラムがある。

- 天候の制御(晴れ、雨、雪、霧、風等)
- 時刻の制御(昼、夕方、夜等)
- PC の運動制御(自車両ダイナミクス)
- 信号の制御(信号現示サイクル)
- NPC の制御(他車両、人物等)
- 進行制御(仮想空間全体のコントロール)

なお、コンピュータで制御する CG データベースモデルを NPC(Non Player Character)と呼び、人間が操作する CG データベースモデルを PC(Player Character)と呼んで区別する。

上記全ての要素が仮想空間を現実空間に近づけるために重要であるが、ここでは NPC 制御手法について述べる。

3.2 従来のイベント制御による構築方式

本節では、従来から多く行われている仮想空間上での交通環境構築方式について述べる。

本方式は、全ての制御対象において、ソースコーディングによる地理的、時間的、機能的に制限された交通環境を構築し、その制限状態の上で動作させるというものである。

この方式による特徴を以下に示す。

- ① 仮想空間内で、任意の物体や事象に固有の動作を、直接制御することにより、いかなる不自然な環境であろうとも設計者の意図を実現することが可能となる。

- ② 全ての物体や事象に対して、起こりうる全ての現象を想定し、事前に制御項目として準備する必要がある。
- ③ NPC が設計者により直接制御されているため、動作検証が容易である。ただし、あくまでも設計者が事前に予想できる範囲でのみ制御されているため、予想範囲外の挙動については、全く意図しない動作となる可能性が高く注意を要する。

この方式の前提である事前に全ての挙動を予想することは実質的に困難であり、またコンピュータが制御する車両や人物に個性を持たせる知能化についてはさらに不可能なものと言える。それらを求めると多大な時間とそれに応じたコストを要することになる。そのため、現実には、複雑な交通環境の模擬は行わず、使用目的に応じて特定の場所で、特定の事象が起こるなどの単純なイベント制御の集合体による交通環境構築が行われている。

つまり従来の方式では、仮想空間を現実空間と錯覚させるには技術的および費用的に限界があると考えられる。

3.3 AI 制御による構築方式

(1) AI 制御の概念

人間の行動は機械と比べて曖昧である。この曖昧性が人間らしさというものであり、交通環境においては、この人間の曖昧性が歩行者や、車両の挙動を支配している。この曖昧性、言い換えると、不確かさが故に、多くの事象が起きていると考えられる。従来方式では難しい人間による判断の不確かさを他車両、歩行者等の NPC 制御に導入することで、現実環境において生じている様々な事象を再現することが可能であり、また交通環境を構築している物体の動作を人間が介在しているかのように感じさせることは、仮想空間を現実に近いものにするための重要な鍵になると言える。本節では、このようなアプローチに基づき開発した方式について述べる。

何かを行うという結果に至るには状況を「認識」、最適解(各個人の主観に基づく)の「判断」、「行動」を実行という大きく分けると 3 段階のプロセスを踏んでいると考えられる。そこで交通事故が起こる原因とあわせて考察する。「認識」時における認識度の相違、各々の特性(性格)差による「判断」の相違、各々の運転技量または歩行者の場合においては身体能力の差による「行動」の相違が生じ、事故が発生する。事故という結果は、事故を起こした人間のみの原因によって起きているのではなく、その瞬間に至るまでの各々の「認識」、「判断」、「行動」の相違が最終的に予期せぬ結果=事故となって現れていると考えられる。ここでは、事故を例に挙げて説明したが、各々の特性に基づ

き「認識」、「判断」、「行動」に多様性をもたせることができる制御形態により、様々な事象を再現することが可能である。

この考え方を図5に示すAI(Artificial Intelligence:人工知能)制御に適用する。ここでは行動型AIの一種であるSA(Subsumption Architecture)による制御を用いる。SAにおける処理は、多くの判断を並列に行い、その中で最も優先順位の高い判断結果を出力する。

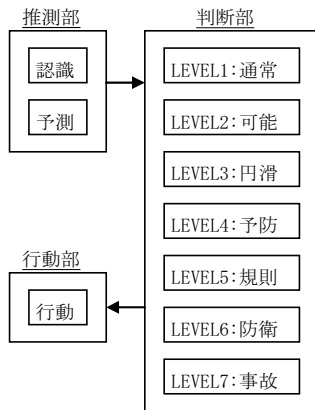


図5 AI制御概念

(2) 判断

その判断部の概念は、人間の進化過程を模倣したものとした。人間の進化過程とは、基本的な欲求が前面に現れている、大脳古皮質が支配していた領域の上に、大脳新皮質の発達とともに文化的な知識を獲得していったと考えられているものである。ここでは、基本的な欲求に基づく判断が低レベルの判断(通常、可能)として存在し、その上位に文化的、知識的な判断(円滑、予防、規則、防衛)が積み重なっている。なお、生命の危機に関する判断(事故)は文化的判断のさらに上位に存在する配置とした。

これらの判断部は上述のように、並列処理されるなかで、低レベルの判断結果は、高レベルの判断結果により破棄されることもある。

図6にAI制御による単純な具体例を示す。まず推測部において、前方に先行車の存在を認識する。判断部において、LEVEL1では目標速度で走行したいという要求を出す。その要求はLEVEL4において、危険を招く恐れがあるという判断が出された場合、破棄され、「行動」としてはLEVEL4が定めた先行車に追従する(Ex1)という結果になる。または当該制御車両の特性や、地理的条件によって、LEVEL2で車線変更がしたいという要求を出し、LEVEL4で車線変更の安全性が確認できた場合、「行動」として車線変更を行う(Ex2)こともできる。また歩行者においても、内部の判断ルールは異なるが同様の処理手順により、各々の行動

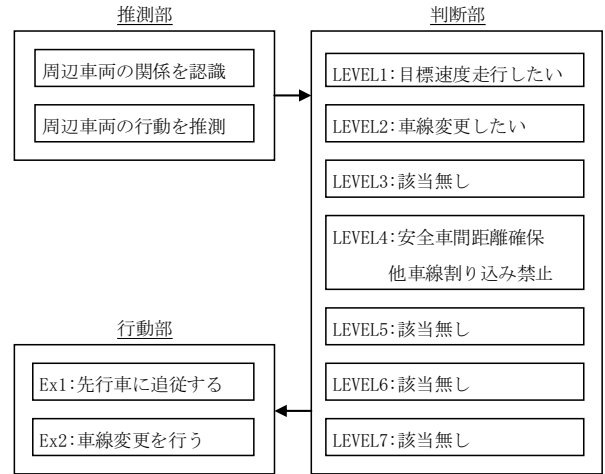


図6 具体例

が選択、実行されることとなる。

このようにAI制御部は、人間が判断している内容をモデル化したものであり、交通環境の中で、NPCがあらゆる外界からの影響を受けながら、人間同様、自律的判断に基づいて非線形的に行動を決定していくことを可能としている。

(3) 経路探索

NPCは、各々指定された目的地に向かって、図7で示す道路/交差点ネットワークツリーに対して幅優先探索(breadth-first Search)を行うことで進むべき経路探索し、自動的に信号の状態や交差点の広さ等の交差点情報および車線数や制限速度等の道路情報を更新しながら走行する。なお、道路/交差点ネットワークとは、交差点をリンクノードとし、全ての交差点が相互リンクしあい、その交差点ノード間に道路が繋がっているとして構成された情報ツリーである。図7のNextIDとは、現在走行している道路の前方にある交差点ノードのIDであり、LinkIDとは、その交差点ノードが持っているリンクノード情報である。

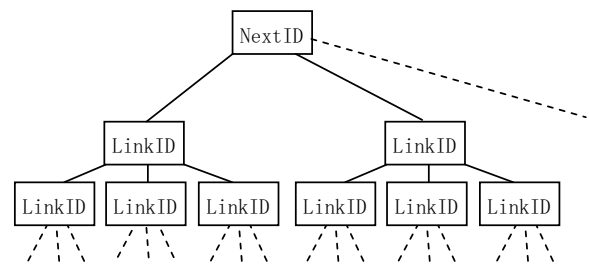


図7 道路/交差点ネットワーク

(4) 行動

ここでは AI 制御の「行動」部における運転操作モデルについて述べる。操作モデルはアクセル/ブレーキによる速度制御とハンドル制御を独立させることで、並列処理を可能としている。運転者の速度制御操作モデル⁽⁶⁾には以下のものがある。

なお、式中、 x : 位置, t, T : 時刻, V : 目標速度, $K, lag 0, lag 1$: 定数, μ : 摩擦係数, g : 重力加速度, D : 目標車間距離, 添字 my : 制御対象車両, fw : 先行車両をあらわす。

① 目標速度制御(速度制御)

$$\ddot{x}_{my}(t) = K \{V_{my} - \dot{x}_{my}(t)\} \dots\dots\dots (1)$$

前方に自分の進路を阻害するものがない場合に、自分の速度特性のみに依存して走行する制限速度重視の制御モデルである。これは「判断」部の「通常」出力時に生じる動作であり、主に車群の先頭を走行している車両に適用される。

② 目標車間距離制御(速度制御)

$$\ddot{x}_{my}(t) = K \{x_{fw}(t) - x_{my}(t) - D_{my}\} \dots\dots (2)$$

自分の安全と思われる車間距離を維持するように走行する車間距離重視の制御モデルである。これは「判断」部で「円滑」や「予防」出力時に生じる動作であり、主に先行車の後を追従走行している車両に適用される。

③ 停止距離確保制御(速度制御)

$$\ddot{x}_{my}(t) = K \{x_{fw}(t) - x_{my}(t) - \frac{\dot{x}_{my}^2(t)}{2\mu g} - T(lag0 + lag1) \times \dot{x}_{my}(t)\} \dots\dots\dots (3)$$

急ブレーキ時の制動距離+空走距離を目標車間距離とし、車間距離と目標車間距離の誤差をフィードバックする制御モデルである。「判断」部の「規則」や「防衛」出力時に生じる動作であり、主に渋滞や、赤信号で停止する車両に適用される。

④ 緊急停止制御(速度制御)

パニックブレーキとも呼ばれるものであり、当該制御車両の最大減速度で停止を行う制御モデルである。「判断」部で「事故」出力時に生じる動作であり、主に飛び出しなどの事故回避のために、緊急措置を行う必要が生じた状態等に適用される。

⑤ 通常ハンドル制御(ハンドル制御)

現走行位置における直近の道路端点を指標端点 p と呼び、時刻 t_0 おける指標端点 p_0 、時刻 $t_1 (= t_0 + \Delta t)$ における予想指標端点 p_1 、時刻 $t_2 (= t_1 + \Delta t)$ における予想指標端点 p_2 から時刻 t_0 おける道路曲率を算出する。算出した道路曲率と自車のヨー角変化率との誤差を無くすようハンドルを制御するモデルである。

⑥ 右左折制御(ハンドル制御)

右左折を要する交差点において、前方の交差点情報を取得し、進路方向へと当該制御車両を導く制御モデルである。

⑦ 車線変更制御(ハンドル制御)

「判断」部で車線変更をした方が得策と判断された場合に適用される制御モデルである。

⑧ サイド変更制御(ハンドル制御)

二輪車等が同一車線内で走行位置を変更する時に用いられる制御モデルである。主に前方車両の横をすり抜ける時に適用される。

⑨ 緊急回避制御(ハンドル制御)

緊急停止制御時に同時出力されるものであり、衝突危険性のある物体の進路を予測し、それを避ける方向にハンドルで回避する制御モデルである。

(5) AI 制御による構築方式の特徴

この方式による特徴を以下に示す。

- ① 仮想空間内に登場する NPC(車両, 歩行者等)の特性や判断ルールを設定することで、各々の NPC が自律して動作する。
- ② 各々の NPC が自律的に判断を行うため、複雑な PC, NPC 同士の相互作用による交通環境の模擬が可能である。
- ③ 多くの知識を NPC に持たせることで、あらゆる状況に NPC を適応させていくことが可能である。
- ④ NPC の制御が設計者の手から独立することで、アプリケーションをソフトウェアプロダクトライン化(コアソフトウェアとプロダクトソフトウェアとに分離したソフトウェア製品ラインナップ化)しやすい。
- ⑤ NPC の制御が設計者の手から独立することで、動作検証が困難になる。ただし、上述の通り、コアとして十分な検証を伴って継続的に開発されるため、プロダクト化時点での検証は逆に容易となる。
- ⑥ NPC による自律制御であることは、仮想空間上に存在する人間の操作する車両である PC とコンピュータが制御する NPC 間の相違が実質的に無くなるということである。そのため、同一仮想空間を共有し、複数の PC と複数の NPC を混在させた交通環境構築が可能となる。

この技術は、次項の応用例で述べるようなアプリケーションに導入が期待される。また上述⑥のような新しい教育方式として展開され始めている。

(6) 応用例

この交通環境構築技術を用いることで、以下のようなアプリケーションが可能になる。

① 研究開発

自然な交通環境をユーザ側が容易に構築可能であるため、簡単に目的とした研究開発環境を構築し、シミュレーション実験を行うことができる。

② 分析

NPCが現実の人間と同様の判断を行い自律動作するため、各NPCの特性を変化させることによる事故分析や、心理分析、交通流シミュレーションなどの分析。

③ 教育/訓練

標準的な交通安全教育または訓練の内容を自由にカスタマイズすることで、オリジナル性が強く特色のある教育や、効率のよい訓練などを実施することができる。

4. むすび

進化を続ける現実の交通システムに対応し、仮想空間上に高精度な交通環境を効率よく構築し、様々なシミュレーションを行うことにより、自動車社会における自動車開発分野、道路交通分野など各種のユーザにコスト的、技術的に多くのメリットを与える。また、一般ドライバ教育として自動車教習分野においても、より現実に近い教習課程を行うことができ大きな変革を生じさせる。今後これらの分野

に従来とは一線を画した新しいパラダイムをもたらすものであると言える。

謝 辞

東京大学国際産学共同研究プロジェクトでの研究に当たっては、ご協力頂きました東京大学国際・産学共同研究センター、サステイナブル ITS プロジェクト参加企業、東京大学生産技術研究所先進モビリティ連携研究センターの皆様にご感謝致します。

参考文献

- (1) 須田義大, 椎葉太一, 荒木厚, 大貫正明, ドライビングシミュレータにおけるバーチャルリアリティ技術, 自動車技術, Vol. 56, .No.6 (2002)
- (2) 池内, 桑原, 須田, 田中, Edward Chung, Staffan Nordmark, 影沢, 岩佐, 田中, 平沢, 堀口, 白石, 花房, 石川, 丸岡, 本田, 古川, 加納, 増山, 織田, 山本, 見持, 大貫, 産官学連携「サステイナブル ITS」プロジェクト, 第2回 ITS シンポジウム 2003 講演論文集, p. 447-452 (2003)
- (3) T. SHIRAIISHI et al., Development of a Microscopic Traffic Simulation Model for Interactive Traffic Environment, Proceedings of the 11th World Congress on ITS Nagoya Aichi 2004, 3446 (2004)
- (4) 佐々木隆益: 模擬運転装置における移動物体制御方法及び模擬運転装置における移動物体制御方式, 特願 2005-089968
- (5) 吉本堅一ほか: 交通流に着目した車速制御アルゴリズムの開発, 自動車技術会論文集, Vol129, No4 (1998)

[執筆者紹介]



執筆者1 大貫 正明 略歴
1986年入社, 戦術訓練装置, 航空機シミュレータ, ドライビングシミュレータのシステム設計に従事。東京大学国際産学共同研究センター研究員, 現在, シミュレーションシステム第二部研究システム課



執筆者2 佐々木 隆益 略歴
1999年入社, 教習所用自動車シミュレータ, 警察用自動車シミュレータ, 海外用自動車シミュレータ等, 主に民需量製品のソフトウェア開発/設計に従事。現在 シミュレーションシステム第二部教育訓練システム課

車番認識システム

佐藤 理

要旨：本稿は、当社車番認識システムの車番認識技術およびアプリケーションについて述べる。車番認識システムは駐車場の入口および出口で車両のナンバープレート(車番)を読み取り、その車番情報と発券される駐車券番号とを一致させたデータベースを構築することで、従来実現困難であった機能やサービスを提供するものである。また、車番は自動車を特定できる情報であるため、単に駐車場での利用にとどまらず、工場入退場システムやセキュリティシステムなど、今後様々な応用が可能となる。

1. まえがき

近年、道路交通諸問題に対する関心が高まっている。飲酒運転等の直接的に事故に結びつく違反への罰則強化がなされているが、路上駐車についても、渋滞の原因となり時間的ロスとして社会的損失が現れる点が問題とされる。さらに、無駄なアイドリングによる環境負荷の増大、また駐車車両がつくる死角がもたらす事故等の問題等も重要視されており、駐車違反の取締りをより大規模に行うため、取締り業務が民間に委託される等、特に関心が高まっている。これらの社会的背景により、有料駐車場の市場規模は年々拡大を続けている。

当社では有料駐車場事業者からの様々なニーズに応えるため、パーキングバス⁽¹⁾と呼ぶ独自の2線式機器間通信システムを開発し、実用化してきた。

しかしながら、駐車場利用者を管理するデータベースは、入場時に発行する駐車券の券番号やあらかじめ番号登録された定期券などであり、これらの情報からだけでは応用例も限られているため、他社システムとの明確な差別化を打ち出すシステムの構築は困難であった。

そこで開発・導入されたのが車番認識システムである。車番認識システムでは、駐車場に入出場する全ての車両のナンバープレート情報(以下「車番情報」または「車番」という)を読み取る。そして駐車場利用車両を券番号に車番を加えたデータベースを構築することにより管理し、更にそれを従来からのパーキングバスを利用して各機器で共有することで、多彩な駐車場システムアプリケーションが実現した。これにより実現される種々のシステムが、他社にはまねのできない特徴となっている。

本稿ではこの車番認識システムについて概要を述べる。

2章で車番認識システム全体、3章で本システムのキー技術である車番認識装置、4章でシステムの柱となる車番管理計算機及びそれにより提供しているサービスを述べる。

2. 車番認識システム

2.1 システム構成

車番認識システムは、基本的な駐車場料金システム(駐車券発行機及び自動精算機)に、出入口に据付ける車番カメラ及び中央に配置される車番認識装置、車番管理計算機を加えた構成である。機器はパーキングバスで接続できるため、本システム無しで運用中の駐車場向けに、新たに増設する場合でも容易に導入できる。

2.2 車番認識システムの動作フロー

図1および図2に示す機器配置および接続で車番認識システムの動作を説明する。光電センサは車両先端部を感知する投受光式感知器にて、感知と同時に撮像が行われ、画像は車番認識装置に取り込まれて車番認識が開始される。車番認識装置は平均0.5秒程度で認識結果を車番管理計算機に伝える。駐車券発行機または全自動精算機(以下「端末機」という)前に進入してきた車両は、端末機内蔵の車両検知器(LC1)で感知される。端末はこのタイミングで車番管理計算機に対して進入車の車番情報およびその登録情報(定期登録の有無等)を問合わせる。端末機は通常、問合せ後数秒を上限に待ち合わせを行い、何らかの理由で車番の認識に時間がかかった場合など、管理計算機からの応答がそれに間に合わなかった場合は認識不良としてタイムアウト処理する。フローを図3に示す。

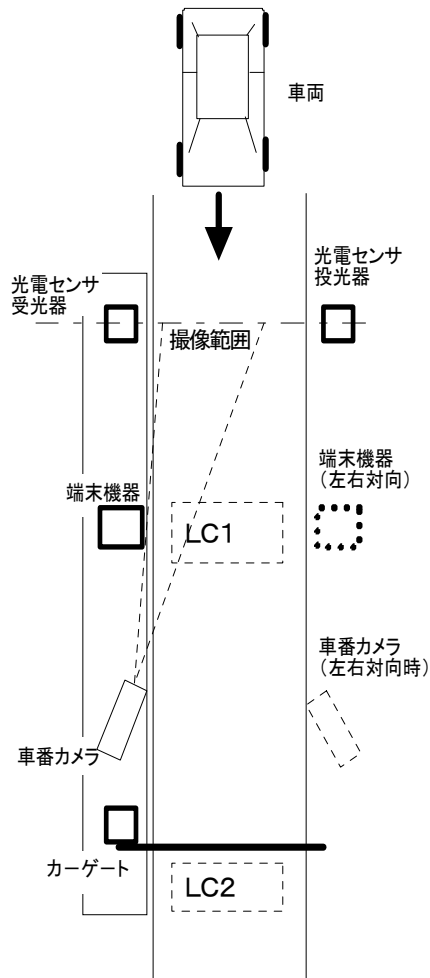


図1 機器類の標準的な配置

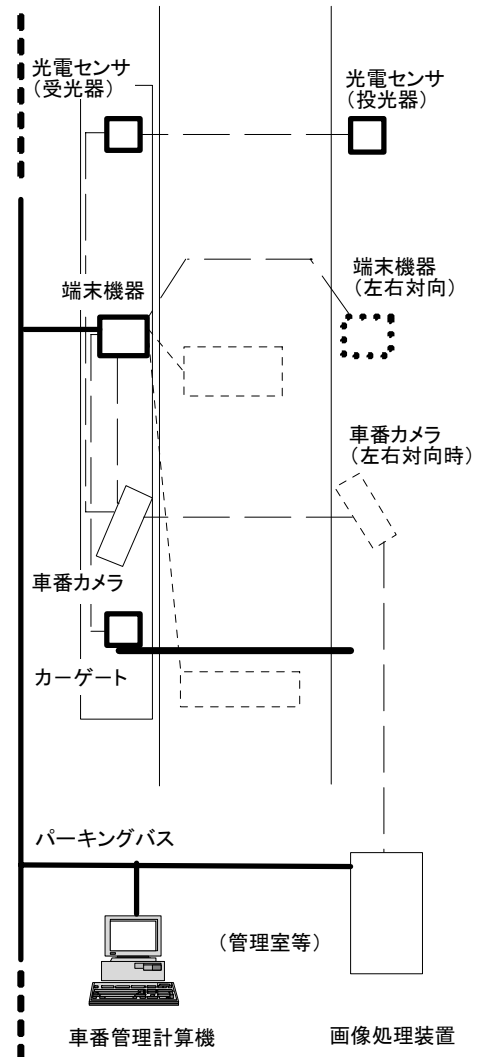


図2 機器間接続例

(1) 入場

入口の駐車券発行機は、進入車の定期登録有無等、自動でゲートを開けるか否かの判定に必要な情報を、車番管理計算機から受け取る。一般車の判定を受けて駐車券を発券した際にはその券番号を車番管理計算機に通知する。車番管理計算機は駐車券発行機からの情報を受け、車番認識装置の認識結果と駐車券発行機からの券番号を関連付けてデータベースを作成する。なお定期車等で発券せず、自動でゲートを開いた場合は、駐車券番号に代えて定期券番号を通知する。

(2) 出場

出口の全自動精算機は前項と同様進入車両の車番情報、事前精算の有無などを車番管理計算機から受け取る。定期登録車両または事前精算済車両等出口での精算の必要が無い車両については自動でゲートを開き出庫させる。それ以外の車両もしくは認識不良であった場合はゲートを開けず、通常の料金精算を開始する。

出庫処理が完了した場合は、車番管理計算機に出庫通知を送信する。

(3) 事前精算

本システムでは通常、事前精算機が併用される。事前精算機は利用者が事前精算を済ませると、駐車券番号および精算時間を車番管理計算機に通知する。事前精算に関する情報は車番管理計算機で保持し、全自動精算機からの問い合わせに対応する。

3. 車番の認識

本章では車番認識システムのキー技術である車番の認識について述べる。

3.1 ハードウェア構成

車番認識システムは図1の通り、アイランド上で実際に車両を撮影する車番カメラと、撮影した画像を認識処理してパーキングバス上に通知する画像処理装置で構成されている。

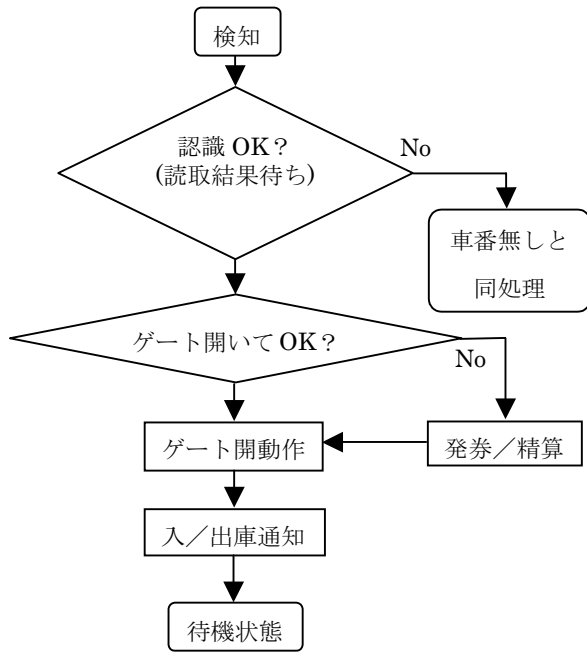


図3 端末機の処理フロー

(1) 車番カメラ(図4 a)

車番カメラは通常アイランド(発券機, 精算機等が設置されているスペース)上に設置され, 出入口に進入する車両のナンバープレートを撮影し, 画像を画像処理装置に伝送する機能を有している. アイランドにはシャッタータイミング用の投受光式光電センサを設置する. センサが感知したタイミングで1回あたり2枚のスチル撮影をおこなう.

撮影は, 開発当初は可視光によっていたが, カメラ付近に蛍光灯を多く設置する必要がある点や, 屋外で使うことが困難である等の問題があり, 現在では筐体内に小型の近赤外線照射装置を内蔵し, 撮影タイミングで照射している. 近赤外線は目で見えにくいので, 夜間の屋外においても運転者の視界を幻惑することなく撮影出来るメリットもある.

(2) 画像処理装置(図4 b)

画像処理装置は通常管理室等の屋内に設置され, 車番カメラ筐体の制御および車番の認識処理を行い, パーキングバスにより認識結果を送信する機能を有している.

本装置は Windows が動作する PC/AT 互換機であり, 画像入力用の A/D 変換ボード, カメラ制御ボード等のハードウェアを実装している. ソフトウェアは Windows 上で動作する車番認識プログラム, および管理ツール等のアプリケーションをインストールして運用する.

車番認識プログラムは認識画像および結果ログを保存する機能を有しており, また本体には小型のディスプレイを内蔵しているため, 調整作業を行う際も他に機器を用意する必要が無く, 本装置のみで完結する.



(a) 車番カメラ筐体 (b) 画像処理装置

図4 車番認識装置の構成

3.2 機器配置

車両を正面から撮像することを目的とし, 一般の駐車場では光電センサおよび車番カメラを図1の位置関係で配置する.

仕様上の最高車速は, ゲートバー手前で進入車両が一旦停止することを想定しているため, 20km/h としている. この速度で車両が光電センサの検知ラインに進入した場合, 1回目の撮影から2回目の撮影までの移動距離はおおよそ0.3mとなる. レンズの調整は, この移動距離を考慮した被写界深度となるよう配慮して行う.

この位置関係で撮影を行った場合, 渋滞による停止で車間距離が狭まったとしても, 後車は前車が進行しない限り光電センサの検知ラインに達しないため, 後車のプレートが前車に隠れて撮影出来なくなる可能性が少なくなる.

3.3 動作フロー

動作フローを図5に示す. 車両が光電センサを横切ると, 画像処理装置は直ちにカメラに対してシャッタートリガを2回出力する. カメラはその映像を画像処理装置に送り, 装置内の A/D 変換ボードで画像キャプチャされ, 画像処理装置のメモリに記憶される. 2回目の撮影も同様である.

認識処理はそれぞれの撮像の A/D 変換後, 直ちに開始される. 2枚の画像はそれぞれ別の CPU により処理される. 認識処理が終了すると, 車番情報と誤認識指数の2つが出力される. 2枚の画像各々の結果が同じであればそれを最終結果として, 違う結果であれば誤認識指数の少ないものを最終結果として採用し, パーキングバス上にそれを通知する. 処理はあらかじめ設定された時間内で行い, その間に認識できなかったものは認識不良として通知する. また認識途中でも, 一定以下の誤認識指数の途中結果が得られた時点でそれを結果として扱うことにより, 処理時間を短縮している.

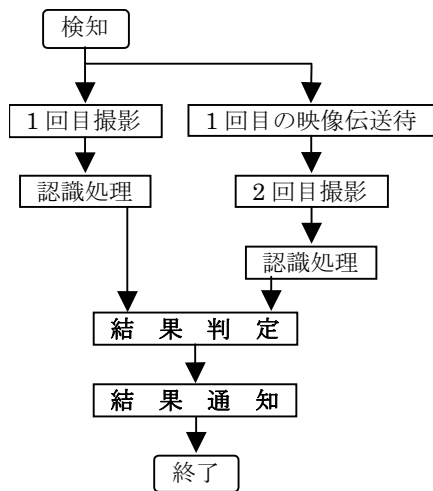


図5 車番認識処理手順

3.4 画像処理フロー

画像処理には、初めにプレートらしきものを探し出す切り出し処理、および次に文字を読み取る文字認識処理の2段階の処理がある。処理フローを図6に示す。

(1) 切り出し処理

切り出し処理では、最初に撮影結果を空間微分することによりエッジ検出を行い、さらに2値化を行う。プレートの文字配列は法令で決まっているため、それに合わせた切り出しテンプレートにより2値化画像上の各座標で相関を計算し、相関値が高い順に次の文字認識処理を行う。

(2) 文字認識処理

文字認識処理では、初めにノイズ抑制フィルタをかけ、撮影のノイズや領域内のごく小さな点を取り除き、その後2値化処理を行う。続いてラベリング処理を行い、文字以外に映りこんだ影などの領域を、決められた文字配列以外のものとして除去する。その後、プレートであることを確認するために、数字もしくは空桁の点と見られるものが4つ直線状に並んでいるか否かを判別し、以後の処理を行う。プレートではないと判断した場合は、その領域での文字認識処理を中止し、切り出し処理にて相関値が次点であった点について文字認識処理を行う。

次に、回転・歪等の補正を行って、文字の特定作業実施前にプレート上の文字を真正面から見た状態に正準化する。正準化されたプレートは、陸運支局コード、車種コード(2桁または3桁の数字)、用途コード(ひらがな)、一連番号(4桁までの数字)の4つの領域に分けられる。それぞれについて用意してあるフォント辞書と比較するテンプレートマッチングにて、最終的に文字を特定する。この際、それぞれの領域での相関値を計算しておき、それらを誤認識指数として最終結果の判定に用いる。

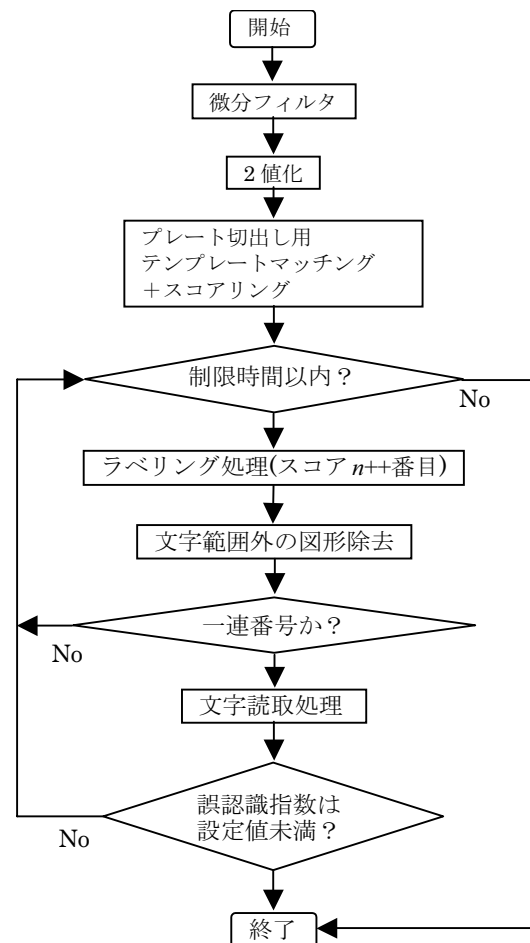


図6 認識処理フロー

3.5 処理時間と認識率

以上述べた処理を実行する際に、認識処理の比較繰り返しのループ回数が多ければ多いほど、認識率の向上が期待できる。しかし処理時間の増加を伴うため、運転者が利用車両を端末機の前に進入させた際、例えば十数秒間機器が反応しない現象を、故障と誤認する恐れがある。このため概ね車両検知後数秒程度で処理を打ち切り、ここまでの認識結果を通知する。

現在運用中のシステムでは、画像処理装置は、自身の車両検知後遅くとも3秒以内に認識結果を出力している。これを実現するため認識処理の簡略化を行い、高速化を図っている。この制約条件下においても標準的な屋内環境における運用では、満足できる認識率を得ている。

4. 車番管理計算機と応用システム

本章では、車番認識装置の情報と駐車券の情報を合わせて管理し、車番認識システムが提供する機能の柱となる車番管理計算機と、現在運用している車番情報応用システムについて述べる。

4.1 車番管理計算機

車番管理計算機は従来の管理計算機が持っていた券番号によるデータベース機能を拡張し、更に車番情報もキーに持つデータベース管理機能を有している。したがって従来の機能に加え、車番による券番号の検索、券番号による車番の検索、および車番と券番号の整合性を確認することが出来る。

本機も従来の管理計算機と同様にパーキングバスを使用して駐車場内の各機器と接続されており、各種帳票類の表示および印字の機能もあわせ持っている。

4.2 車番情報応用システム

当社では車番認識システムの応用として、以下のような機能を実現している。

(1) 自動ゲート開による入出庫

前項で述べた車番と券番号の検索機能を利用して、

- 定期登録車の出入口での自動ゲート開
- 事前精算済み車両の出口での自動ゲート開

の機能を実現することが出来る。

一般車については、事前精算済ならば自動でゲートが開くため、通常1台あたり30秒程度かかっていた出口全自動精算機前での停車滞留時間が1秒前後にまで短縮され、渋滞が大幅に緩和されるというメリットがある。

出口での渋滞は特に取扱い件数の多い駐車場においては深刻な問題であり、運転および精算機の操作に不慣れたユーザのために出口自動精算機横に係員を常に配置し、精算の補助をする場合もある。しかし本機能により、事前精算さえ済ませていれば出口での機器操作が一切不要となるため、無駄な人員配置を避けることが可能である。また、ユーザの利便性が向上する。

(2) 駐車券の再発行

従来システムでは入場時刻の特定ができないため、ユーザが駐車券を紛失した場合は、全く同じ内容の券の再発行は事実上不可能であった。しかし車番システムでは車番をキーに券番号を検索することで、容易に再発行が可能である。この機能が実現できたことにより入場時刻の誤申告やごまかし等の問題も解消される。

(3) 入出庫履歴管理による不正行為の防止

車番認識システムでは、入場時の車番と出場時の車番が駐車券番号と異なることがわかるため、駐車券の交換などの不正使用防止に寄与できる。

(4) 登録車来場・出場通知

車番情報をキーとすることで、料金計算以外にも特定車番に対して来場、出場に係員に通知することが可能である。例えばVIP車両の出迎えや手配車両入庫の通知等に応用

されている。

(5) 泊車管理の効率化

従来システムでは、長期駐車車両等の存在を確認するためには係員が毎日場内を巡回し、どの車室に何番の車番の車両が駐車しているかをメモして比較しなければならず特定に手間がかかる、という問題点があった。従って収容台数の多い駐車場では長期駐車車両の詳細をリアルタイムに特定することは事実上困難であった。

車番認識による泊車管理では券データと車番が一対一に対応するため、未出場車両の車番をリストアップすることは容易で、かつ例えば1週間以上駐車している長期駐車車両の車番だけを検索したりすることが可能となった。この機能により、放置車両・盗難車両などの発見が容易となった。

(6) 陸運支局コード別利用状況解析

読み取った陸運支局コード(車両を登録した地域)より、それぞれの台数別の利用状況データを作成することができる。この機能はデパートなどを訪れる顧客の居住地の情報となるため、チラシや広告などの宣伝広告を効率的に行うための資料として有効である。

5. むすび

本稿では当社の車番認識システムについて、機器構成・接続、車番の認識処理および応用システムについて述べた。

車番認識システムは、定期券ユーザの入出庫時自動ゲート開動作、事前精算済み車両の出庫時自動ゲート開動作、駐車券交換等による不正の防止、長期間駐車車両検出の省力化など、従来不可能あるいは困難であった機能、サービスを実現でき、これら以外にも他のデータベースと組み合わせることにより様々な発展性を持っている。

今後は車番認識装置の性能向上に努めると共に、車番情報を用いた新たな機能を順次追加し、運用していく。

最後に、本稿をまとめるにあたりご協力頂いた各位、フィールドにおいて日常メンテナンスや補修作業に対応して頂いている全国のサービス会社各社に深く感謝する。

参考文献

- (1) 鈴木 暢夫, 浅田 志朗, 早川 正昭 “パーキング
バスシステム,” 三菱プレジジョン技報 Vol. 1-63 頁

[執筆者紹介]



執筆者 佐藤 理 略歴

2005 年入社. 以来, 交通管制機器
の電気設計, および車番認識装置
を担当. 現在, 社会・交通システ
ム部技術課

赤外線音声情報案内システムトーキングサイン レシーバのハンズフリー化

伊藤 啓二, 佐々木 秀一

要旨: 視覚障害者の移動支援等を対象に開発した赤外線通信を用いた音声情報案内システム「トーキングサイン」も市場に製品投入する時期を経て、現場での利用を踏まえ利用者にとってさらに使い易いものに成長させていく時期にある。本論文では利用者からの要望が多かったレシーバのハンズフリー化に関する検討及び試作品の評価実験について報告する。

1. まえがき

バリアフリーという言葉も世の中に定着し、2001年の交通バリアフリー法の施行に続き、1998年に施行されたハートビル法も改正された。障害者への社会環境整備も新しいモノの創出から一層の充実へ移行しつつある。当社において、視覚障害者のバリアフリーに寄与できるものとして1998年度に製品化したトーキングサインも、市場に製品投入する時期から実際に使用した上での意見をさらに反映する時期にきている。

利用者の意見として、「操作中は、片手に白杖、もう一方の手に携帯端末を持つので、両手が塞がる」がある。また、2001年度に「歩いて暮らせる街づくり」モデル事業として全国17の地域、340交差点で整備され評価された結果にもハンズフリー化の要求がある。

本論文では、このハンズフリー化について説明する。

2. システム概要

視覚障害者が道路や建物内などで移動する際、環境情報を正確に入手し、メンタルマップ(認知地図: 頭の中に描かれている主観的な地図)に頼りながら、いかに目的地へ安全に到達できるかが重要な課題である。赤外線音声情報案内システム「トーキングサイン」は、視覚障害者自身が自立して自らの判断で目的地に行くことを支援するためのシステムである。

2.1 トーキングサインシステムの設計方針

設計の主要方針は、次に述べる項目である。

- (1) 白杖歩行に対する補助的手段とする。
- (2) 方向情報を提示可能とする。
- (3) 利用者が周囲に気兼ねしないように情報提示する。

- (4) 操作方法が容易である。
- (5) 携帯性にすぐれる。

2.2 システム構成

システムは案内情報を発信する電子ラベル(発信機)と音声を発声するレシーバ(携帯端末装置)からなる。電子ラベルはシステムを利用する上で必要な施設・機器などに取付け、電子ラベル内に記憶されている音声案内情報を赤外線通信で発信する。レシーバは利用者が手元で保持し、電子ラベルの方向にレシーバの赤外線受光センサ部を向けると赤外線信号を受信し、音声で案内情報を提供する⁽¹⁾。システム概念図を図1に、電子ラベル及びレシーバを図2に示す。

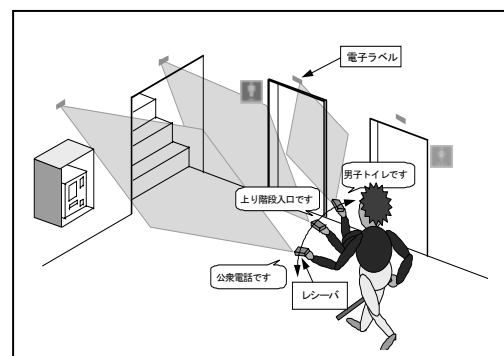


図1 システム概念図

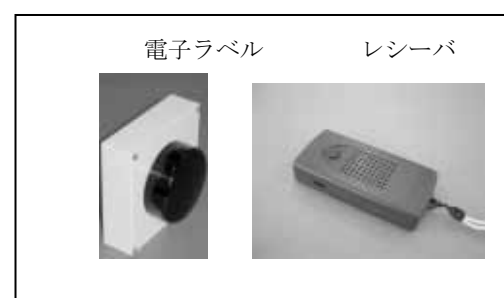


図2 電子ラベル及びレシーバ

3. レシーバのハンズフリー化

ハンズフリー化にあたっての検討対象として、利用者への身体的、心理的制限を少なくする必要があり、現状の携帯端末を踏まえた案内方向探索の容易性、操作の容易性、装着時の外観のよさ(違和感がない)が求められる。

利用者への負荷を低減することは、言い換えれば、手持型携帯端末の能動的利用と比較してハンズフリー型携帯端末は受動的利用と言える。

3.1 案内方向探索の容易性

案内方向探索の容易性とは、受光センサが指す方向の認知および受光センサによる電子ラベルの方向探索操作をしやすくすることの二点がある。

(1) 受光センサが指す方向認知の容易性

受光センサの方向は、日常生活の中で経験的に得た身体部位の方向の認知を利用して取得される。健常者の場合、方向を指さすときに人差し指で示すことが多く、指さしているとき自身の指を見ており、視覚と指さす方向が一致していることを経験し、視覚がなくても方向を指させるようになると考えられる。この経験の結果、その逆に指さす方向がどの方向であるかを認識できるようになる。視覚障害者のうち全盲でも知覚範囲は触知によるので健常者よりも狭いが、日常生活の中で、例えば食事の一品に手を伸ばす等により、手を向ける方向がどの方向であるかを経験している。よって、後述する評価実験において良好な結果を得られたと考える。

(2) 受光センサによる方向探索操作の容易性

方向探索動作では、受光センサを左右・上下に動かし、電子ラベルの方向を探すが、この動作をしやすくするために受光センサを保持する仕方を工夫する必要がある。また、前項の受光センサの方向認知しやすさや、人や車両等による赤外線遮光を避けるための高い位置への装着を考慮する必要がある。現状の手持型携帯端末では、通常受光センサを胸の前で探索する。遮光があると判断した場合は、利用者の操作練度が要求されるが、頭部よりも高い位置で探索することが可能である。また、手持型携帯端末では、情報源である赤外線発光部に接近するに従い、携帯端末を上に向けていく必要がある。発光部直下では携帯端末を真上に向け、この操作により発光部に到着したと認識する。これに対してハンズフリー型では発光部に接近し、音声が開

こえなくなることで到着を認識する。ハンズフリー型の装着部位として、腕への装着、頭部への装着、胴部への装着が挙げられる。

① 腕部への装着

腕への装着の場合、体側方向への作業領域が狭いので探索水平領域が左右非対称となり、発光部に対して斜めにずれた方向を認知しやすい。この事象を除けば、肘は手の方向を感覚的に包含していると考えられるので手持型とあまり差はないと考える。しかし、探索時に手に荷物を持っている場合にはさらに動作しづらくなることが考えられる。

作業領域は手持型と比べて手首の作業領域分だけ狭くなる。受光センサの高さは、手持型と同じであるが、遮光の場合等高い位置に対応させる動作はしづらい。探索方向に歩行する場合の手持型での動作の流れを図3に示す。

② 頭部への装着

頭部への装着の場合、視覚障害者は音源定位を日常的に行っているため、頭部による受光センサの方向の認知は、手持型と同等、または、それ以上容易であると考えられる。

頭部装着型動作手順を図4に示す。

③ 胴部への装着

胴部へ装着した場合の動作の流れは、頭部への装着の場合と同じ図4となり、手持型よりも方向を認知しやすいと考えられる。また、胴部を左右に動かすときには頭部は固定し胴部のみ回転することも考えられるので、頭部を動かすことへの不安は少ないと考えられる。

④ 装着場所の比較検討

図4のタイプでは図3と比較して、装着部位の方向を認知する動作がないので利用者への負担は軽減され探索しやすい結果を得られる可能性がある。後述する評価実験の中

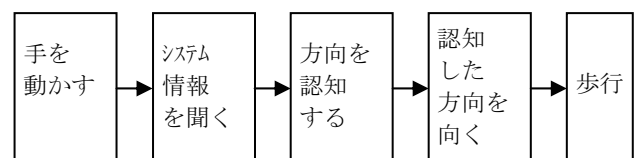


図3 手持型・腕部装着型の動作手順

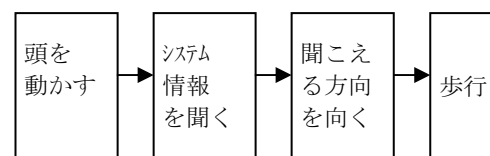


図4 頭部装着型の動作手順

では、手持型の携帯端末を腹部に押し当てて方向を定位する被験者を複数確認しており、理由として「方向がわかりやすい」ことを挙げている。これは手首の方向を認知しづらい特性を持つ利用者に特有のものであるが、一般的にも方向定位のしやすさを示唆するものと考えられる。目的地までの経路の途中では、情報の方向を探索し歩行方向を修正し移動することを何度か繰り返し目的地まで収束していくが、頭部の方向と歩行方向が一致していない人においては目的地までの収束が遅れる可能性がある。また、頭部を動かすことは姿勢の変化に類似する感覚となり、心理的に負担になる可能性も考えられる。

頭部装着型の場合、作業領域は水平方向が手持型よりも狭いが、受光センサの高さは、手持型よりも約 50cm 高くなる。高くなることでの改善の度合いを屋内設置の場合を例に確認する。発光部を高さ 2.3m に設置し、発光部から水平距離 5m の位置で探索するとき、受光センサは、手持型で高さ 1m、頭部装着型で高さ 1.5m とすると、身長 1.7m の人が発光部の方向に立っている人による遮光の影響は、手持型の場合約 1.5m 以内に人がいるとき聞こえなくなるが、頭部装着型の場合 0.4m まで聞こえる。白杖による検知範囲が約 0.5m なので、この場合、人による遮光を避けることができると考えられる。

胴部装着型の場合、作業領域は水平方向では手持型よりもかなり悪く、垂直方向についてはほとんどないと考えられる。受光センサの高さは、胸に装着した場合手持型よりも約 30cm 高くなり、前述と同条件の場合、人との間隔が約 0.9m 以内になると遮光の可能性はある。

これらの装着部位について、以上の観点による手持型との比較結果を表 1 に示す。以上より、頭部への受光センサ

表 1 装着部位別比較結果

	比較結果 注 ⁽¹⁾		
	腕	頭部	胴部
受光センサの方向を認知しやすい	○	◎	◎
受光センサを装着する部位の作業領域が広い	△	△	×
受光センサの高さ	○	◎	◎

注⁽¹⁾ 表中の記号は、以下を示す。

- ◎：手持型と比較してよい
- ：手持型と比較して同等
- △：手持型と比較してやや悪い
- ×：手持型よりも悪い

の装着がよいと考えられる。

また、社内実験では、携帯端末装置は、頭部または胴部への装着が望ましいという結果であった。

3.2 操作の容易性

レーザー(携帯端末装置)操作の容易性については、操作数が少ないこと、操作のための動作が簡単であることが要求される。

手持型はモーメンタリスイッチを押している時だけ音声を取得できる。この主目的は、音声情報案内を聞く時間を最小とし、安全のための周囲の環境音聴取を優先させることと、電池の消耗を低減させることであるが、利用者が能動的に操作していることを意識させる心理的狙いもある。

これに対して、図 5 に示すハンズフリー型では、受光センサが電子ラベルの赤外線信号を受光すれば、常時情報が聞こえる受動的な利用が基本となる。よって、案内情報を聞きたくない時にレーザーを ON/OFF させるオルタネートスイッチを採用した。

頭部への装着のとき、人はかなりの重量の頭部を支持しているにもかかわらず、頭部への荷重負担に対して敏感であると考えられるので、受光センサのみを頭部に装着し、残りの処理部や電源部は首から吊り下げる、またはポケットやベルトなど胴部に装着することが考えられる。

レーザー利用中での ON/OFF 操作では、処理部等にアクセスするのは困難なので、操作部のみをアクセスしやすい部位に固定する必要がある。

また、手持型よりも動作時間が増加することが考えられるため、消費電力を低減する必要があり、音出力部を耳に近づけることで対処する。そのため、音量調節を現状 2 段

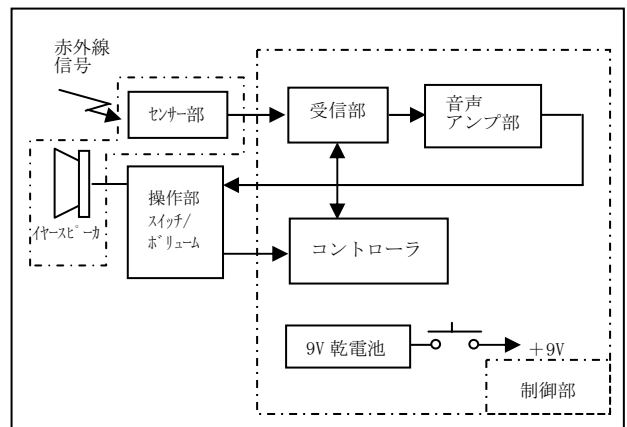


図 5 ハンズフリー機能ブロック図

階からさらに細かく調整できるようにした。

3.3 頭部への装着方法

頭部への装着方法としては、眼鏡への装着や帽子への装着が考えられる。

(1) 眼鏡への装着

眼鏡への装着は、頭部に対する受光センサの向きが、装置の装着毎に変わる可能性が少ない。但し、利用者が必ず眼鏡を所有しているとは限らないので慣れの問題はある。また、デザインに対する嗜好性もある。デザインについては、利用者が選択できるようにするため、着脱可能であることが望ましい。

音出力部は、環境音を損なわないようなオープンエア型のヘッドホンやスピーカだけを襟に装着することが考えられる。

(2) 帽子への装着

帽子もデザインに対する嗜好性が強いこと、また、眼鏡よりも外出の目的に併せて帽子を選ぶので受光センサは着脱式がよいが、着脱の度に受光センサの向きを調整する必要がある。また、つばにより赤外線を遮光される可能性があることから、帽子への装着は望ましくないと考える。

3.4 試作

試作した眼鏡装着型ハンズフリー携帯端末の外観・運用例を図6に、機能・性能を表2に示す。

情報源の存在をいち早く見つけるためには受光角度は

表2 機能・性能

項目	機能・性能	
構造形状	制御部+操作部+センサ部 ① 制御部は矩形 ② 操作部はケーブル+スイッチ ③ センサ及びスピーカは眼鏡装着型	
外形寸法	①制御部:55(W)×25(H)×150(D)mm ②操作部:20(W)×10(H)×60(D)mm ③センサ部:15(W)×10(H)×60(D)mm	
質量	本体:200g以下 操作部+センサ部:50g以下	
電池	9V乾電池(006P)	
電池寿命	使用時間:待ち受け状態で約10日間 連続使用で4時間	
受光角度	メガネに水平に装着した状態で 上 40度/下 40度 左 20度/右 20度	
出力機能	音声 (マイク)	音量調整ボリューム付

広い必要がある。しかしながら、情報の存在がわかった後は、情報源の方向を特定するために、受光角度は狭い必要がある。受光角度幅が極端に狭いと、探索時に音が聞こえる時間が短いため情報の存在すら感知できなくなる。また、極端に狭い場合、例えば手に持って方向探索しているとき、手が揺れて受光したりしなかったりにより音が聞こえたり聞こえなかったりする。手持型の受光角度は、1986年にBo N. Schenkmanがトーキングサインを用いた実験結果である約50度を基本にしている⁽²⁾。

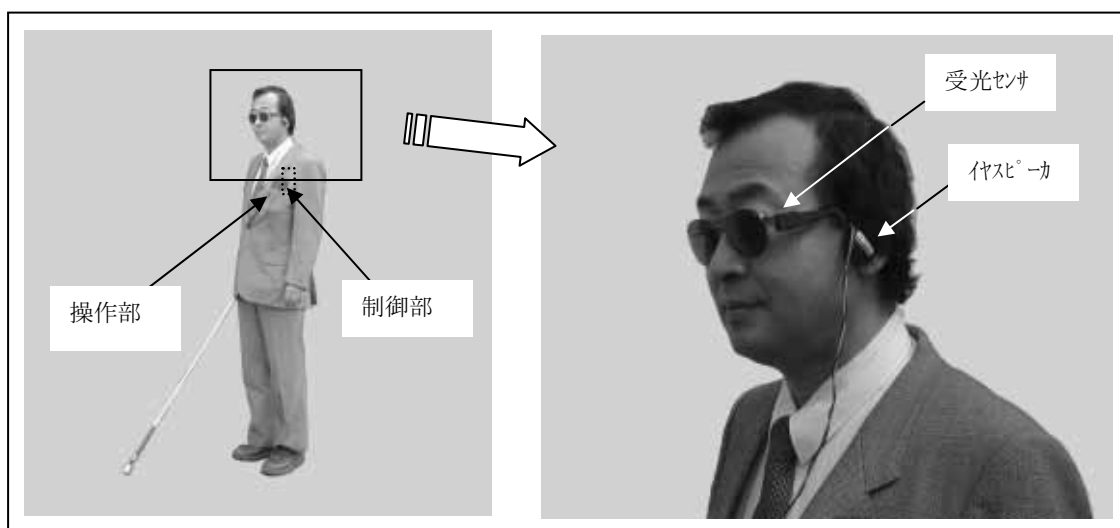


図6 眼鏡装着型ハンズフリー携帯端末装置 外観・運用例

前述のとおり、頭部への装着は、手持型よりも作業領域は狭い。よって、受信角度による情報源の存在を早く知ることと正確な方向を知ることの二律背反が一層顕著になる。試作品では、ハンズフリー型での利点である探索方向と歩行方向を一致させ易いことに重きをおき、水平方向の受信角度を手持型よりも20%狭くしている。

上方向の受光角度 θ_u は、上方への作業領域20度、情報源高2.3m、受光センサ高さ1.5m情報源までの到着時水平距離0.5m(目標物までの白杖検知距離)として設定した。

$$\theta_u = \tan^{-1}(2.3-1.5/0.5) - 20 \approx 40 \text{ 度}$$

到着の確認のため、少し上を向くことが必要となるが負担は少ないと考えられる。下方向の受光角度 θ_d は、受光素子の性能によった。

案内音と周囲の音は左右別々の耳で聞いた方が2音の一つの耳で聞くよりも、対象とする音がそれ以外の音によってかき消されてしまう、いわゆるマスキング効果ははるかに小さいことがわかっている⁽³⁾、案内音は両耳または片耳のいずれからでも聞けるよう選択できるようにした。さらに定位のための環境音になるべく影響を与えないように耳から離すことができ、また位置を調節できるように変形しやすく何度調整のため曲げても硬化等による破断が少ないように樹脂製の線材でイヤスピーカをセンサ部に固定した。

眼鏡への装着は、受光センサを正面になるべく一致でき、かつ目立たない位置として眼鏡側面のツルを利用することし、受光センサーはツルに平行になるようにバネでレンズ横のツルに挟み込んで固定した。

制御回路は手持型の携帯端末装置をベースとして製作し、受光センサから制御部までの距離を約1.5mとしたため、S/Nが低下し通信距離が短くなった。また、ハンズ

フリー化のために信号のON/OFFをオルタネート化したため、雑音が常時耳元で聞こえる事になり耳障りになった。この対策としてセンサー部の受光素子の受光面積を大きくし、更にレンズ付きとする事で、S/Nを6dB改善させ雑音を減少させた。

4. 試作品の評価

2002年3月から、JR高田馬場駅にてJR東日本主導の下、ハンズフリー型の実証実験を行った。

4.1 鉄道駅における実証実験の概要

JR高田馬場駅にある早稲田口構内に12個、戸山口構内に4個の電子ラベルを取付け、それぞれの構内にシステムを構築した。視覚障害者は機器の使用方法を習得した後、それぞれの構内でハンズフリー型から発生する音声情報を使用して駅構内を単独歩行し、システムの有効性を検証した。その後アンケート調査を行った。なお、ホーム上は実験外とした。

4.2 実験期間と協力者

実験期間は、2002年3月～12月であった。

実験協力者は東京近郊の在住者で100名の視覚障害者であった。協力者の属性は次のとおり。

- ・全盲62名、弱視38名
- ・男性57名、女性43名

4.3 実験器材

実証実験に使用した機器を表3に、機器の外観を図7に示す。

表3 実証実験に使用した機器

番号	機器	摘要	機能・性能等	
			通信方式	赤外線アナログ方式
1	電子ラベル	早稲田口：12台 戸山口：4台	通信方式	赤外線アナログ方式
			通信距離	最大20m
			発光指向角	左右：±45度
			発信情報	固定情報
2	レシーバ	・手持型レシーバ ・ハンズフリー型 レシーバ	通信方式	赤外線アナログ方式
			受信距離	最大20m
			受信角度	左右：20度
			音声発生	場所情報
			その他	音量調整
3	制御盤	2台	チャンネル数	最大12チャンネル



図7 機器の外観

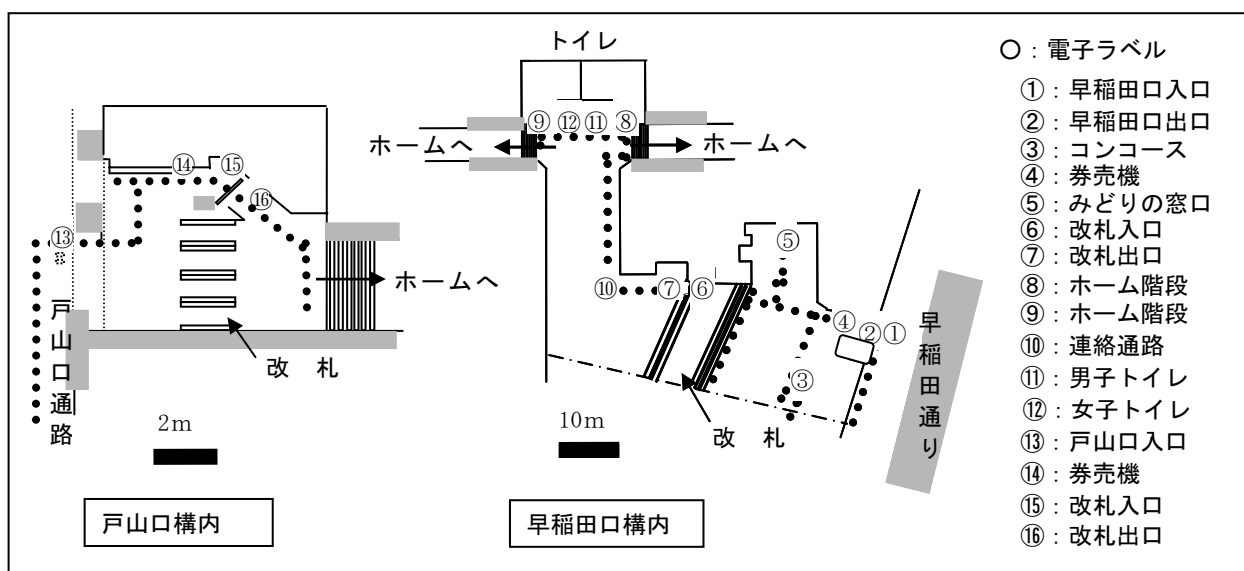


図8 JR高田馬場駅 電子ラベル設置図

4.4 実験場所

JR高田馬場駅にある早稲田口構内および戸山口構内を実験場所とし、同構内にある施設・機器に電子ラベルを取付けた。電子ラベル設置図を図8に示す。

- (1) 早稲田口構内(12箇所) 駅入口/出口、コンコース、券売機みどりの窓口、改札口入口/出口連絡通路、ホームのぼり階段(2箇所)、トイレ入口(男女)
- (2) 戸山口構内(4箇所) 駅入口、券売機、改札口、ホームのぼり階段

4.5 実験方法

実験は次の手順に従って行った。所要時間は1人あたり1時間程度とした。

- (1) 事前説明および機器の使用習熟

実験に先立ち実験の主旨、システムの概要等を説明し実験協力に対する理解を得た。また機器の使用方法については実際の機器を用いて習熟していただいた。

- (2) 実験環境の把握

早稲田口構内から戸山口構内まで介添歩行し、駅構内の環境を把握していただいた。なお、両構内では実際の音声情報を試聴していただき実際の場面におけるレシーバの使い方を習得していただいた。

(3) 実験歩行

実験開始地点である戸山口入口から実験終了地点である早稲田口出口までをレシーバを使用して単独歩行していただいた。なお、ホーム上は実験適用外とし介添歩行とした。

(4) アンケートによるデータの収集

実験歩行後アンケートによる調査を行った。

4.6 実験結果

アンケートの実験結果を表4及び表5に示す。

また、表4の結果を良い/普通/悪いに分類したレーダチャートを図9に示す。

表4 機能・性能・有用性に関するアンケート結果

番号	アンケート項目	良い評価	普通	悪い評価
①	トーキングサインが駅で役立つか	役立つ :100%		役立つでない :0%
②	音声を聞き取ることができたか	できた :89%	普通 :6%	できない :5%
③	周りの音が聞こえたか	聞こえた :87%	普通 :8%	聞こえない :5%
④	目標物の方向がわかったか	わかった :93%	普通 :6%	わからない :1%
⑤	方向探索時首をふるため疲れたか	疲れない :77%	普通 :13%	疲れる :10%
⑥	レシーバの使い勝手はどうか	良い :83%	普通 :15%	悪い :2%
⑦	普段の動作に支障があるか	支障無し :85%	普通 :3%	支障有り :12%
⑧	両手が自由に使えるか	使える :97%	普通 :3%	使えない :0%
⑨	音声が途切れて困ったか	困らない :78%	普通 :13%	困った :9%

表5 アンケート結果(ハンズフリー型の使用に関するその他設問事項)

番号	アンケート項目	回答1	回答2	回答3
1	眼鏡を使うか	使う :41%	時々使う :18%	使わない :41%
2	スピーカは両耳と片耳のどちらがよいか	両耳 :47%	片耳 :53%	
3	ハンズフリー型と手元型とどちらが使いやすいか	ハンズフリー型 :85%	手元型 :15%	

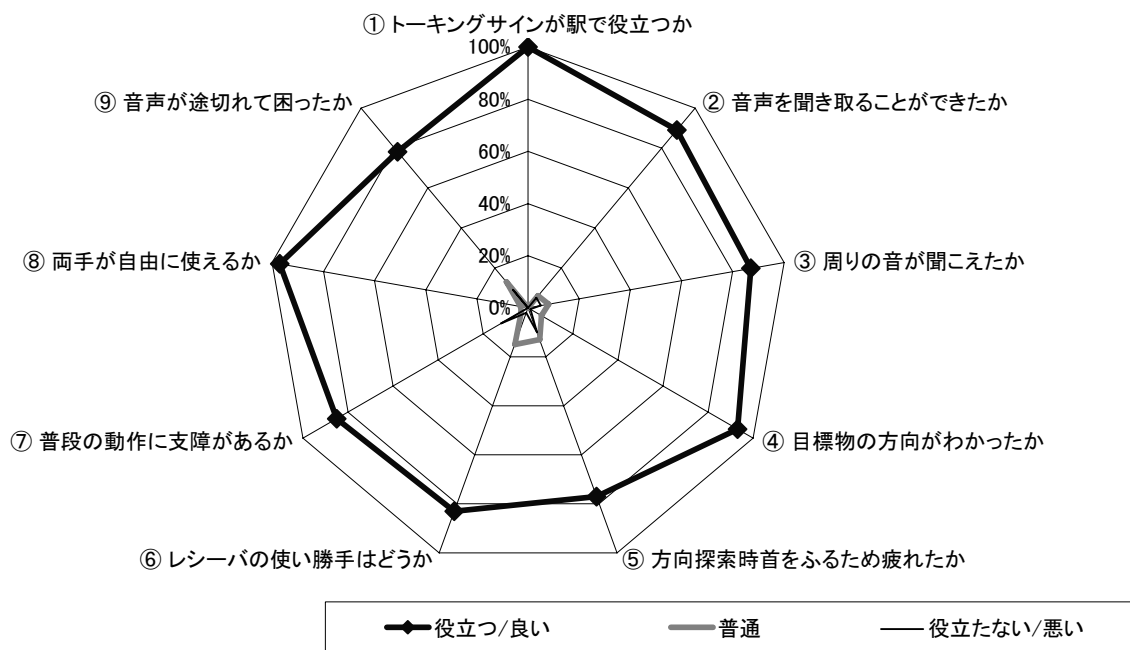


図9 ハンズフリー型の機能・性能・有用性に関する評価結果

4.7 ハンズフリー型への意見・感想

その他自由意見を以下にまとめる。

- ① 両手が完全に自由になり便利(8名)
- ② 眼鏡方式でも煩わしくない(4名)
- ③ 非常によいコンセプト(2名)
- ④ 比較的軽い(3名)
- ⑤ 雑音が多すぎる(11名)
- ⑥ コードを一本化(10名)
- ⑦ 小型・軽量化(9名)
- ⑧ ファッションを考えて欲しい(7名)
- ⑨ ワイヤレス化(2名)
- ⑩ 受光角度が狭い
- ⑪ 受光角度を歩く姿勢にあわせられるようにすればよい

4.8 アンケート結果の分析

図9が示すとおり、総合するとハンズフリー型は、使える、という結果であった。ハンズフリー型と手元型の使いやすさの比較において、ハンズフリー型がよいとした人は、眼鏡を常に使う人 94%、時々使う人 82%、使わない人 73%であり、眼鏡を使う人ほどハンズフリー型の方がよいという傾向が強い。眼鏡への慣れによるものと考えられる。方向探索のため首をふるるので疲れるという人での眼鏡使用による差は認められなかった。受光角度が狭いという意見もあるので受光角度の最適値を検討する必要がある。

音声途切れて困った人が10%いたが、高田馬場駅の実験時間帯(9時から17時)での混雑の激しさを考慮すると、よい結果であると考えられる。

意匠性への要求は、顔に装着するものなので強いものと考えられ、デザインを重視して商品化することが特に必要である。

被験者によると、ほぼ毎日外出する全盲の単独歩行者は、建物内の柱等の障害物に衝突するため安全を考慮して、眼鏡は装着しない人が多いとのことであり、眼鏡以外への装着方法につき熱望された。

5. 今後の課題

試作の評価で概ねよいとの方向性をつかむことができた。しかしながら、疲労を軽減させるため受光角度の最適値を更に検討する必要がある。

デザインについても検討を進める必要があり、併せて眼鏡を利用しない人も装着できるように検討する必要がある。

雑音の耳障り感の根本的な対策には、副搬送周波数の高周波化、変調度の増加等が考えられるが、既存のトーキングサインとの互換性が無くなるため、本対策は十分な検討を要する。

将来的には、センサ・イヤホン部、操作部及び制御部を接続するワイヤを例えばBluetooth通信を用いて無くすことも必要と考える。

6. むすび

現在、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)では、経済産業省指導の下、障害者等が経済・社会に積極的かつ円滑に参画できる環境整備を推進するため、公募により選定された当社を含むコンソーシアムを中心とした「障害者等ITバリアフリープロジェクト」を推進している。

当社はコンソーシアムのメンバーとして活動しており、2003年度に移動支援システムの開発を行い、平成16年6月から8月まで愛・地球博における実証・評価実験を実施した。

本実験に使用するため開発した利用者端末には、ハンズフリー化したトーキングサインが携帯電話と共に組み込まれており、ハンズフリーに対する成果も期待できる場所である。引き続き、障害者等にとってやりがいのある社会、生きがいのある社会の実現を目ざし、ビジネスをはじめとする経済・社会への参画をより容易にするために重要な「移動」を支援する機器を実現していきたい。

また、本実験の成果は、利用者端末を活用する移動支援システムの標準化活動を通じてシステムの実用化及び普及促進に役立てていきたい。

最後に当実験に協力して頂いた視覚障害者の方々にこの場を借りて感謝いたします。

参考文献

- (1) 島山, 伊藤, 白鳥, 城口, 久良知, 春日: 音声歩行案内システム, 第14回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム前刷集, pp.577-582(1998).
- (2) Bo N.Schenkman 1986 The Effect of Receiver Beamwidth on the Detection Time of a Message From Talking Signs, an Auditory Orientation Aid for the Blind.

International Journal of Rehabilitation Research 1986, vol.9(3), 239-246.

- (3) Wegel, R. L. & Lane, C. E. 1924 The auditory masking of pure tone by another and its probable relation to the dynamics of the inner ear. *Physical Review*, 23, 266-285.

[執筆者紹介]



執筆者1 伊藤 啓二 略歴

1985年入社後, 航空機搭載電子機器の電気設計, 機械設計及びシステム設計に従事. 新規開発事業室での障害者支援機器の事業企画・開発を経て, トーキングサインの設計・開発に従事. 現在 社会・交通システム部社会システム技術課長

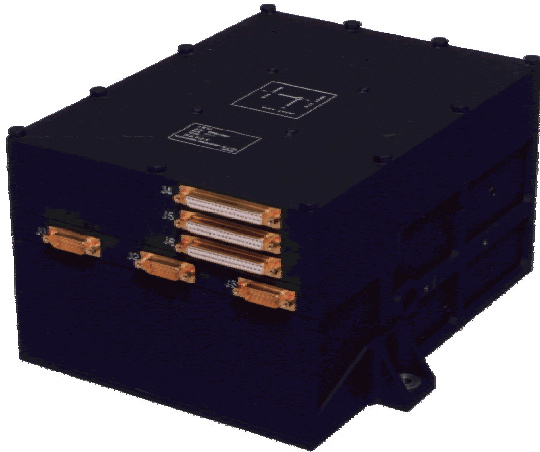


執筆者2 佐々木 秀一 略歴

1985年入社後, 航空機搭載電子機器及びレーダ信号処理装置の電気設計に従事. 新規開発事業室での障害者支援機器の商品企画・開発を経て, トーキングサインの設計・開発に従事. 現在 社会・交通システム部社会システム技術課

IRU(Inertial Reference Unit) 6軸型, 高性能, 高信頼性 慣性基準装置

長寿命(実証済) : 15年以上(連続寿命)内部冗長, 高性能及び高信頼性.



20年以上の長きに亘り、当社は信頼ある技術と適時の対応により、JAXA 殿並びに USEF 殿衛星プロジェクト用の IRU を提供し続けています。当社製 TDG-IRU は、0.001deg/hr 以下の角速度の変化を計測する能力を持っており、全ての国内衛星プロジェクトに高性能及び長寿命能力を提供しています。当社製 IRU の歴史は、社内開発及び JAXA 殿(当時 NASDA 殿)との契約に基づき 1977 年から TDG の開発に着手したのが始まりで、既に実時間での寿命試験が完了しており、軌道上環境として 20.5 年に対応する寿命を評価しています。現在、国内衛星プロジェクトに提供されているタイプ III が生産段階にあります。また、新型 IRU を用意しており、高性能仕様のタイプ IIIA 及び安定度が 0.03deg/hr の低価格版タイプ IIIB が提供可能な状況です。

■特徴

- 高性能
- 低消費電力 (28W @定常時, 動作冗長時)
- 高耐環境性, 高範囲な温度環境性, 低コスト
- 長寿命 (>15 years), 実証済みのフライト実績
- 1パッケージで冗長構成内蔵(using 3 TDG)
- 電源電圧: +30 Vdc to +55 Vdc
- RS422 形式のパルス列出力(角度データ)
- 拡張性のあるユーザインタフェースへの対応

■環境特性

- 動作温度範囲: -10°C to 50°C
- ランダム振動: 19.7grms(qualification)
- 衝撃: 1000G(SRS)
- EMI/EMC(MIL-STD-461)
- 放射線: 100krads total dose, SEU tolerant
- Latchup immune

■センサ性能

- 1つのジャイロで2軸の角速度検出可能
- 外形寸法: $\phi 75\text{mm} \times 75\text{mm}$
- ショートターム安定度: 0.002deg/h(1 σ)Max.
- スケールファクタ: 150 deg/h/mA Min
- 角速度検出能力: $\pm 30 \text{ deg/s}$ Min
- 設計寿命: 20.5 years Min

■参画衛星プロジェクト

JERS-I	USERS	JEM-ICS
ETS-VI	ADEOS-II WINDS	
SFU	SERVIS-1 SELENE	
ADEOS	MTSAT-2	SERVIS-2
COMETS	ALOS	ASTRO-F
ETS-VII	ETS-VIII	SOLAR-B
DRTS	OICETS	



IRU Type-III A & B



Tuned Dry Gyro (TDG)

High Speed Reaction Wheel (HSRW) 「高速回転ホイール」

長寿命：15年以上（連続寿命）高性能及び高信頼性.



このホイールは、フライホイール内の回転体の慣性(角運動量)によって衛星の姿勢を安定化させるとともに、このフライホイール内の回転体の回転数を変えることによってトルクを発生させて衛星の姿勢をコントロールします。

当社は、海外メーカーとの技術提携によって長期に亘り国内衛星プログラム用のフライホイール・アセンブリ製品を提供してきました。しかしながら、この技術提携の満了とともに独自国産技術により国産化開発に着手しました。

現在、新製品の80Nmsまで対応するHSRW(高速回転ホイール)は、エンジニアリングモデルによる評価を完了させ、フライトモデルの製品提供できる状況にあります。低コスト、高耐環境性及び低擾乱トルク特性を特徴としています。当社は、今後の多様な衛星要求に対応したモーメント・コントロール・システムを提供して行きます。

■特徴

- 低コスト
- 高耐環境特性
- 低擾乱トルク
- 高動作温度範囲能力
- 低消費電力
- 長寿命(15年以上)
- 実証済みフライト実績と豊富な経験

■環境性

- 動作温度範囲 : -15°C to 60°C
(qualification)
- ランダム振動 : 17.8Grms(qualification)
- 衝撃 : 750G(SRS)
- EMI/EMC : (MIL-STD-461 ベース)
- 放射線 : 100krads total dose
SEU tolerant
Latchup immune

■主要性能

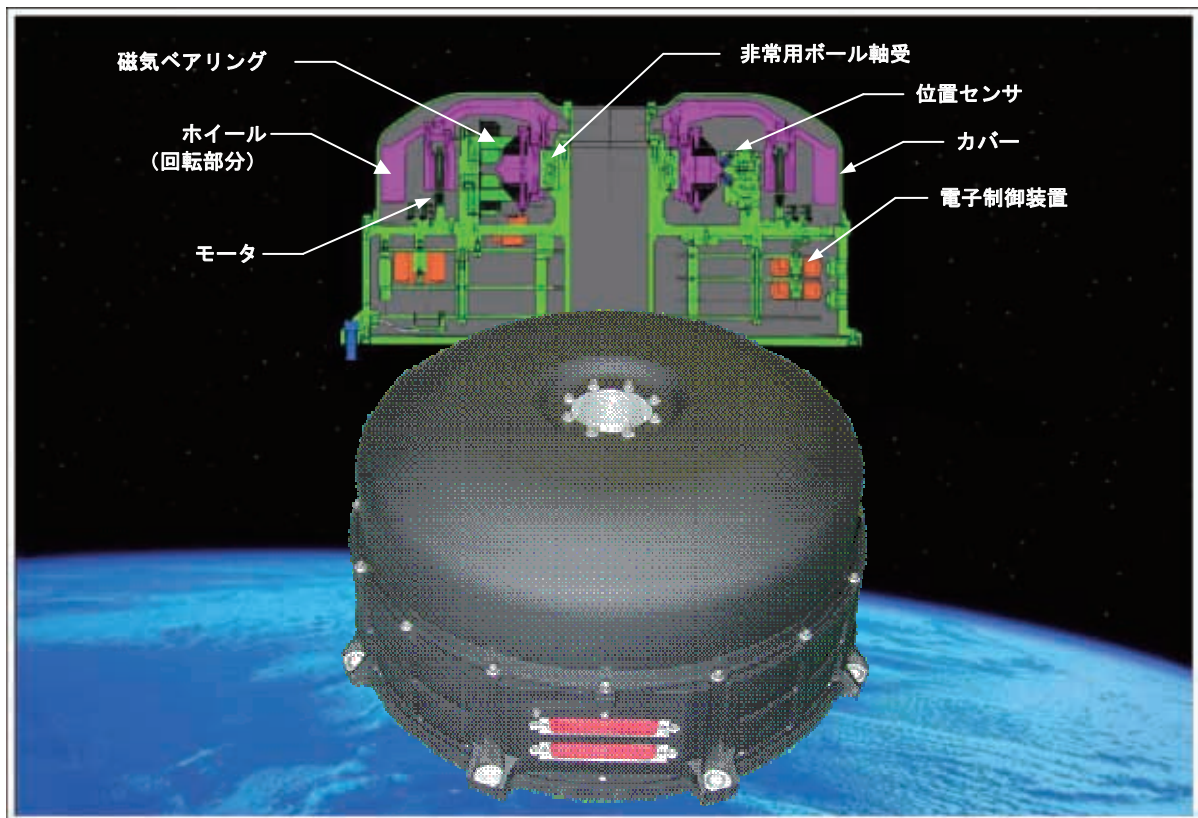
	Model-M	Model-L
外形寸法(mm)	279x151(H)	365x151(H)
質量(kg)	7.1 ~ 9.3	9.1 ~ 12.2
角運動量(Nms)	10 to 30	30 to 80
回転速度(rpm)	6000 Max.	6000 Max.
消費電力(W)	16.2 (nom)	16.2 (nom)

■参画衛星プロジェクト（従来型製品の実績）

ETS-V	ASTRO-E	SERVIS-1
JERS-I	COMETS	MTSAT-2
SOLAR-A	ETS-VII	ALOS
ETS-VI	DRTS	ETS-VIII
SFU	MUSES-B	OICETS
ADEOS	USERS	ASTRO-F
ASTRO-D	ADEOS-II	

次世代姿勢制御用アクチュエータ 「磁気軸受フライホイール」

人工衛星の姿勢制御用アクチュエータ。回転ロータを磁気軸受により非接触で浮上支持するため、摩擦がなく機械的寿命は半永久的。またロータのアンバランスを自動調節する機能により低擾乱化を実現。



写真提供：財団法人無人宇宙実験システム研究開発機構殿

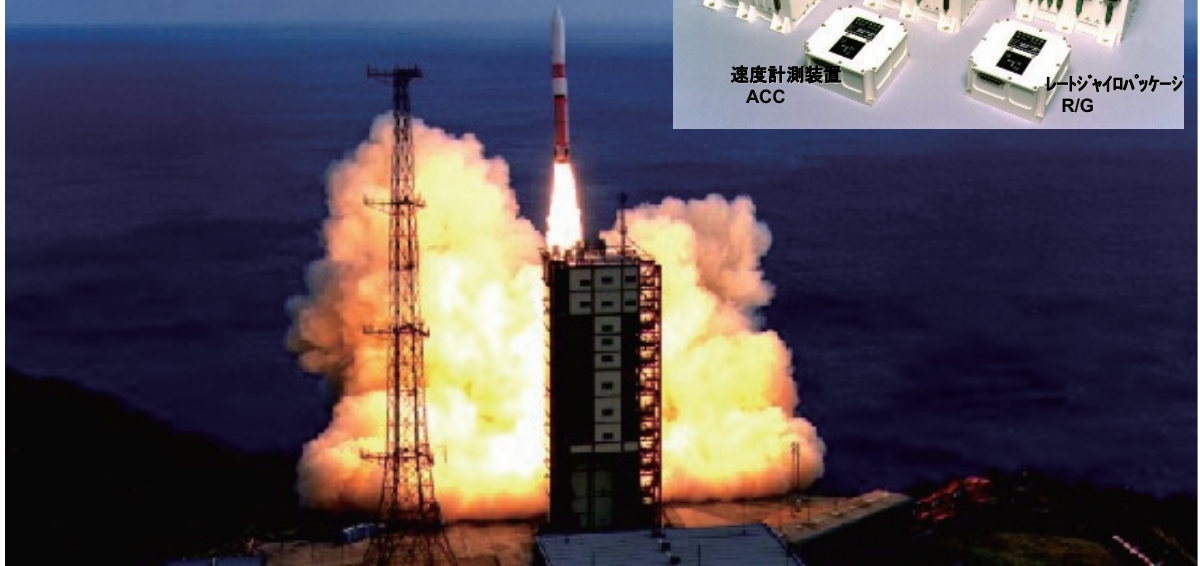
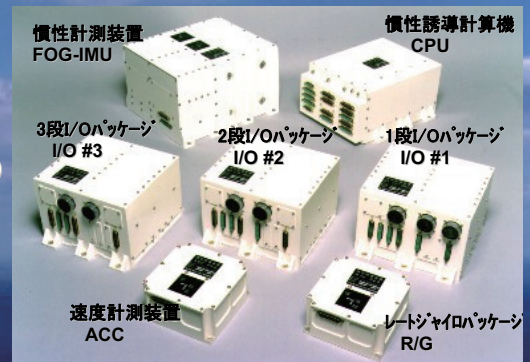
■特 徴

- 従来の玉軸受タイプのフライホイールに比べ、擾乱が 1/10 以下と非常に小さいため、高精度の観測衛星に適しております。
- 潤滑システムが不要であるため、潤滑に起因するトルク変動などがなく、安定した動作特性をご提供いたします。
- 内部冗長構成を持っており、万一故障が発生したとしても自動で冗長系に切換えることにより性能を維持します。
- SERVIS-2 実験機器にて、宇宙実証の予定です。

Inertial Navigation and Guidance System (ING) 「慣性誘導装置」

人工衛星を所定の軌道に投入するためにロケットを制御する装置です。M-V型ロケット第3段分離までの制御を行います。

打上げ No. 1 (#1) : 1997年1月12日(衛星: MUSES-B)
打上げ No. 2 (#3) : 1998年7月 4日(衛星: PLANET-B)
打上げ No. 3 (#4) : 2000年2月10日(衛星: ASTRO-E)
打上げ No. 4 (#5) : 2003年5月 9日(衛星: MUSES-C)
打上げ No. 5 (#6) : 2005年7月10日(衛星: ASTRO-E II)
打上げ No. 6 (#8) : 2006年2月22日(衛星: ASTRO-F)



写真提供 : 宇宙航空研究開発機構

■特 徴

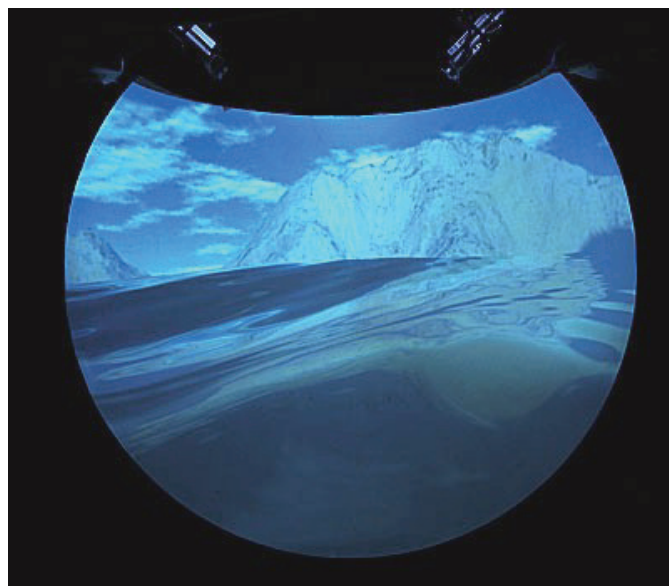
- FOG を用いた 3 軸ストラップダウン方式 IMU を採用.
- 3 段スピナップフェーズでは Active Nutation Control を始めて採用しました.
- 第 1 段から第 3 段までの各段に段間通信制御部 (I/O-PKG) を搭載.
1 段ノズル部にはレートジャイロを搭載.
- 複雑なミッションにも即座に対応可能な汎用性の高いソフトウェア設計.

ビジュアル映像表示装置—プロジェクションクラスタ[®]・システム

プロジェクションクラスタ・システムは、複数台のプロジェクター映像を合成してシームレスな大画面・高解像度映像の表示ができるマルチプロジェクタ映像表示システムです。

■特徴

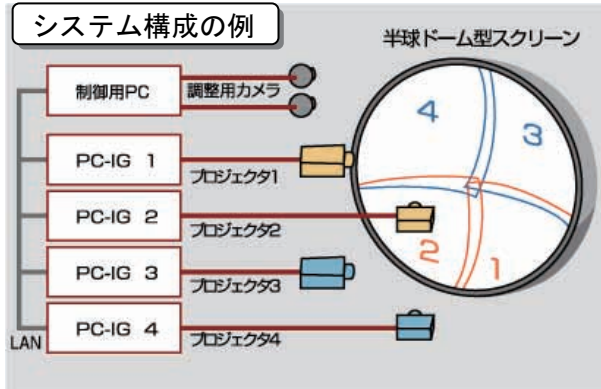
- シームレスで高精細な映像が表示できます。
- 市販の各種プロジェクタ(液晶, DLP, 三管式)を使ってシステムを構成できます。プロジェクタの台数も自由に設定できます。
- 平面, 球形, 円筒形などの様々なスクリーン形状に対応できます。
- 映像歪み, 輝度の補正, つなぎ目のブレンディング処理をカメラを使い自動的に行うので, 各プロジェクタの位置決め調整に時間をかける必要がありません。



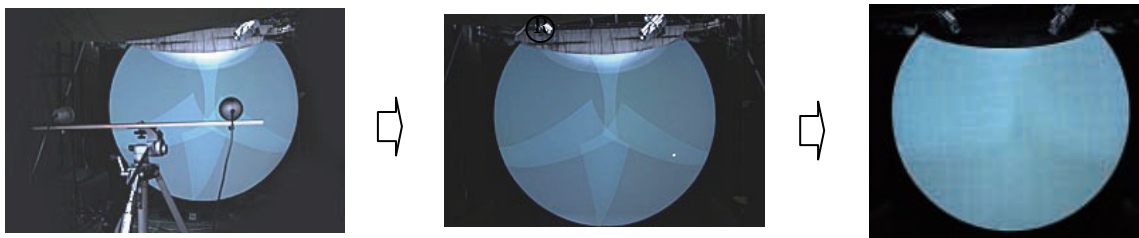
多様なスクリーンに対応



システム構成の例



自動映像補正の手順



- 各プロジェクタの投射映像がそれぞれ 20% 程度オーバーラップするように概略配置します。
- プロジェクタの投射映像が全て映りこむように調整要カメラを配置します。

- 補正プログラムの実行により, テストパターンが表示され自動的に歪補正及び重複投影面の輝度補正が行われます。

ビジュアル映像発生装置— DiaScene[®] IG-95/80

DiaScene IG-95/80 はコンピュータ・グラフィックスによるリアルな映像を発生する高性能映像発生装置です。

■特徴

- 市販のPCと高性能グラフィックボードに弊社シーングラフを実装し、高度なリアルタイム・シミュレーション映像を生成します。
- 映像表示装置「プロジェクション・クラスタ」との接続をサポートしています。



本体外観

寸法	幅	483mm
	奥行	510mm
	高さ	177mm
	質量	20Kg
	電源仕様	AC100V±10V 50/60Hz 470W

■主な仕様

- ・CPU：Intel Pentium 4(3.2GHz以上)
- ・メインメモリ：1GB以上
- ・グラフィックチップ：nVIDIA Quadro FX3000G相当以上
- ・グラフィックメモリ：256MB以上
- ・インターフェース：10/100/1000BASE-T
- ・オペレーティング・システム：Microsoft Windows 2000またはWindows XP
- ・シーングラフ・ソフトウェア：DiaScene SW-95(API：OpenGL)
- ・同期システム：専用VSYNC ボード(ドライバ付属)
- ・出力チャンネル数：1チャンネル
- ・ビューポート：最大6ビューポート
- ・表示ポリゴン数：16,000ポリゴン/フレーム(実効)@60Hz以上
- ・隠頭処理：BSP, Zバッファ
- ・更新レート：60Hz/30Hz
- ・表示分解能：VGA/SVGA/XGA/WXGA/SXGA/UXGA(実効)
- ・表示色：1677万色
- ・シェーディング：フラット, グロー
- ・光源：平行光源, 点光源, スポット光源
- ・テクスチャの種類：フォトテクスチャ, コンターテクスチャ, 輝度変調, パンプ*, リフレクション*, 圧縮機能*
- (*はオプション)
- ・テクスチャの方式：バイリニア, トライリニア, アニソトロピック
- ・アンチエイリアシング：可
- ・透明物体表示：可
- ・ライトポイント：可
- ・ルミナスポリゴン：可
- ・時刻変化：可(昼間/夜間/薄暮/薄明)
- ・霧の効果：可
- ・ヘッドライト効果：可
- ・オーバーレイ表示：可
- ・移動物体：最大1,024
- ・アニメーション：最大1,024
- ・高速化手法：LOD, BSP, バウンディングボリュームカリング
- ・対地高度：可(ライブラリ)
- ・衝突検知：可(ライブラリ)
- ・モデリング：MultiGen-Paradigm社製 MultiGen Creator



航空機シミュレータ

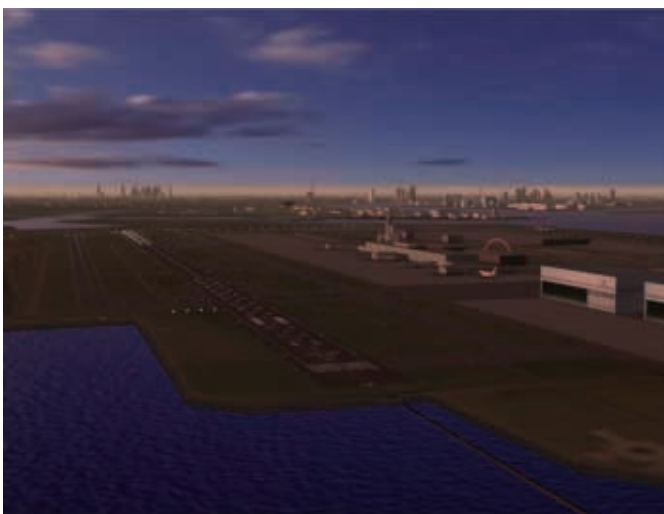
航空機シミュレータは、航空機搭乗員の個人またはチームによる、基本操縦(操作)、緊急処置、各種ミッション等の様々な訓練及び航空機の研究・開発用ツールとして使用することができます。

■特徴

- 航空機の運動特性、操縦装置、エンジン、航法機器、センサー等の各システムを忠実に模擬します。
- 航空機の運動に対応し、操縦室窓外に配置した表示装置上に、コンピュータで生成したリアルな景況映像が表示されます。
- 操縦室を支える、油圧または電気駆動の6自由度モーションシステムにより、搭乗者は操縦に応じた体感を得ることができます。また、操縦桿の操舵反力等操作感覚も実機と同等に模擬されています。
- 管制卓では、使い易いグラフィカル・ユーザ・インターフェース(GUI)により、条件設定、状況監視、訓練後のレビュー等を行うことができます。



航空機シミュレータ例



窓外視界模擬映像例



操縦室例

教習用自動車シミュレータ

教習用自動車シミュレータは、自動車の「運転基本操作訓練」や危険予測、高速走行、雨・雪・夜間など悪条件下の走行などの「応用教習」に使用することを目的としています。

運転基本操作訓練装置 DS-2000

DS-2000 は、四輪自動車の運転の基本操作教習や、適正検査に使用していただけます。



■特徴

- 運転席の主要な部分に実車部品を使用し、実車の操作感覚を再現しています。
- コンピュータ・グラフィックスによるリアルな窓外景況映像の表示に加え、高品質な模擬音響により臨場感のある実車感覚を得ることができます。
- MT車にもAT車にも切り替えることができます。
- 75歳以上の高齢者講習に対応する検査機能を標準装備しています。
- 一式3台～5台のシステム構成が可能で一人の指導員による同時教習ができます。

二輪車運転シミュレータ RS-6000

RS-6000 は、二輪自動車の単純な状況から複雑な状況まで幅広い教習を行うことができます。

■特徴

- 大型から原付クラスまでの各種ニーズに対応できます。
- 高画質コンピュータグラフィックスでリアルな景況映像を表示します。



- AT/MT車の両方に対応できます。

自動車運転シミュレータ DS-6000TYPE II

DS-6000TYPE II は、ドライバーの危険予知能力や安全意識の向上を目的としたもので、安全運転教育に使用していただけます。

■特徴

- 運転席は実車の部品を使用し、実車同様の操作感覚を実現しています。また四輪自動車の走行性能・特性を忠実に再現しています。
- 危険予測や悪条件下での運転、実車では難しい事故体験などの教習が可能です。
- 3面の29インチ高精細フラット・モニタを前面に配置し、コンピュータ・グラフィックス映像による広視野のリアルな窓外景況を実現しています。
- 4チャンネルのステレオ・スピーカーによるリアルな交通環境音を実現しています。
- 振動・制動・衝突などの運転体感をリアルに再現しています。
- プレイバック(教習生が体験した危険場面を再現し、繰り返し教えることができる機能)など高度な教育機能を備えています。



研究・開発用ドライビングシミュレーションシステム *D³SIM*

研究・開発用ドライビングシミュレーション・システム「D3 SIM」は、ITS に関する研究及び車両特性・車両電子機器・道路設計などの研究開発用途を目的に開発されました。

- ・運転支援システムの研究
- ・自動運転システムの研究
- ・運転席機器の評価
- ・道路形状の評価

■特徴

- 使用目的に応じた様々なタイプのシステムを品揃えています。
- 研究・開発用としての利便性を追求したソフトウェアを装備します。

◇車体運動プログラム

- ・弊社開発の四輪独立モデル採用
- ・車両パラメータは随時変更可能
- ・外部計算機からのステアリング、ブレーキ、アクセル、ウインカー等の制御が可能
- ・実験データの記録が可能
- ・ユーザー開発運動プログラムとのインテグレーションが可能

◇実験支援プログラム

- ・リアルタイムで各種パラメータのモニターが可能
- ・基本サンプリング周波数60Hzでデータの記録が可能。記録データはCSV形式に変換可能

◇シナリオプログラム

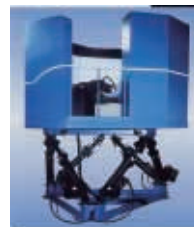
- ・ユーザによる他車の出現、消去、走行経路等の設定及び自由走行が可能
- ・交通状況を把握しやすくするためのマップ表示が可能
- ・記録されている自車および他車の道路情報を使った解析が可能
- ・外部計算機との送受信による他車の制御が可能



デスクトップ・タイプ



キャビン・タイプ



モーション使用タイプ



モーション/実車使用タイプ

- コンピュータグラフィックスによるリアルな窓外視界を提供します。



鉄道シミュレータ

鉄道シミュレータは、運転基本技量の修得・向上のみならず、運転理論や法規の理解、事故や故障の体験・応急処置訓練、運転士と車掌の連携訓練等多岐に亘る訓練や研究開発用に使用していただけます。

マルチメディア・パーソナル・シミュレータ (MPS)

■特徴

列車の運転席を模擬した複数の研修生卓と教師卓等が、ネットワークで接続されており、一人の教師で同時に複数の研修生の教育ができます。



訓練用シミュレータ

■特徴

実際の電車さながらの臨場感の中で運転操作や運行、車両の構造、信号・保安等の専門知識を総合的に理解することができる訓練装置です。実際の運転ではまれにしか遭遇しない車両故障や非常事態への対処方法を反復訓練できます。



動揺装置



運転士訓練



車掌訓練

研究用シミュレータ

■特徴

列車の動きを再現するための動揺・振動装置を装備し、鉄道車両や保安システムの開発・研究、乗り心地の研究等に使用します。



運転体験（展示）用シミュレータ

■特徴

博物館や科学館等で一般の人たちが列車の運転を体験することができます。



展示・娯楽用シミュレータ

展示・娯楽用シミュレータは、博物館や科学館、娯楽施設等に設置され、一般の人たちが仮想空間の中で様々な体験をすることができます。

マイクロシミュレータ

■特徴

ジェット機、ヘリコプター、人力飛行機等様々な飛行機を操縦し、大空を自由に飛び回る夢を味わうことができます。



バーチャル・モーション・シアター

■特徴

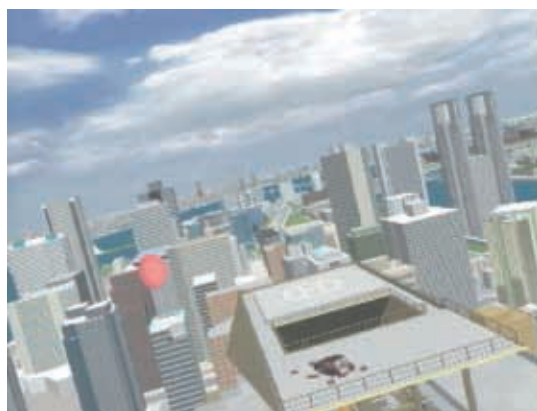
エネルギッシュなモーションと大型映像・音響効果によって創出される、ファンタスティックな世界が搭乗者に大きな感動を与えます。



(オープンキャビン・タイプ) (クローズドキャビン・タイプ)



(コンテンツ例)



バルーン・チェイサー



ドラキュラの館

6自由度モーションシステム

6自由度モーションシステムは、シミュレーションシステムの中で、人間や供試体に対し動揺・振動・加速度(感覚)を与えることができます。

油圧式6自由度モーションシステム

■特徴

- 6個の油圧駆動アクチュエータにより、前後、左右、上下、ロール、ピッチ、ヨーの6自由度の動揺を実現します。
- 油圧により10ton以上のペイロードを駆動することができます。



MMS-660H2					
システム機能	可動軸	可動範囲	最大速度		最大加速度
	前後(X軸)	±863mm	609mm/sec		5.88m/s ² 0.6G
	左右(Y軸)	±863mm	609mm/sec		5.88m/s ² 0.6G
	上下(Z軸)	1727mm	609mm/sec		7.84m/s ² 0.8G
機械的性能	ロール	±0.349rad ±20deg	0.349rad/sec	20deg/sec	±1.047rad/sec ±60deg/s ²
	ピッチ	±0.349rad ±20deg	0.349rad/sec	20deg/sec	±1.047rad/sec ±60deg/s ²
	ヨー	±0.349rad ±20deg	0.349rad/sec	20deg/sec	±1.047rad/sec ±60deg/s ²
電気的性能	ペイロード (可般重量)		寸法		
	10,896kgf 以下		フロア・フレーム 5,500mm(W)×5,700mm(D)		高さ 4,300mm 以上
電気的性能	所要電力			ホスト・インターフェース	
	メイン		制御		ETHERNET(標準) RS-232C(オプション)
	3相 400V 110KVA 以上		100V 2KVA 以上		

電動式6自由度モーション・システム

■特徴

- 6個の高精度電動アクチュエータにより、前後、左右、上下、ロール、ピッチ、ヨーの6自由度の動揺を実現します。
- 油圧源等付加設備が不用であり設置、保守等が容易です。



MMS-618 E2/3000					
システム機能	可動軸	可動範囲	最大速度		最大加速度
	前後(X軸)	+260mm -300mm	350mm/sec		-
	左右(Y軸)	±260mm	350mm/sec		-
	上下(Z軸)	+330mm -270mm	350mm/sec		-
機械的性能	ロール	±0.269rad ±15deg	0.436rad/sec	25deg/sec	-
	ピッチ	+0.279rad +16deg -0.244rad -14deg	0.436rad/sec	25deg/sec	-
	ヨー	±0.227rad ±13deg	0.436rad/sec	25deg/sec	-
電気的性能	ペイロード (可般重量)		寸法		
	3,000kgf以下		フロア・フレーム 2,670mm(W) × 2,410mm(D)		高さ 1,500mm以上
電気的性能	所要電力			ホスト・インターフェース	
	メイン		制御		RS-232C(標準) ETHERNET(オプション)
	3相200V 150A以上		100V 10A以上		

MFCシリーズ駐車場料金精算システム

24時間の無人運用で、省力化を実現

駐車券の発行や駐車料金の自動計算、領収書の発行など、入場から出場まで、すべて全自動で行います。事前精算システムをはじめとして、優れた拡張性を備えており、質の高いパーキングサービスを提供できるとともに、運営・管理の省力化に貢献します。

■特徴

●入口から出口まで自動処理

入口の満空表示から入出庫時のゲートの開閉、駐車券の発行、料金精算、さらに管理に必要なデータ記録集計まですべて自動処理します。

●料金種別は32種類まで設定可能

休日・夜間・平日別といったきめ細かな対応ができます。

●アナウンスで入出場がスムーズ

精算時の料金や操作に対応した16種類の案内を音声で放送します。

●各種カード、割引サービスに対応

精算は現金はもちろん、各種クレジットカード、プリペイドカード、ポイントカード(オプション)、電子マネー(オプション)に対応。また割引券や認証機を用意することで割引サービスも可能です。これらを集計して管理することもできます。

●高額紙幣に対応

千円、二千元、五千元、一万円すべての紙幣に対応。投入した千円札を釣札として払い出す還流式を採用。

大規模駐車場システム MFCシリーズ



AP-685
全自動精算機



CT-600
アームキャッチャー



GT-651
カーゲート



TD-685
駐車券発行機

マイパークシリーズ駐車場料金精算システム

24時間の無人運用で、省力化を実現

駐車券の発行や駐車料金の自動計算、領収書の発行など、入場から出場まで、すべて全自動で行います。コールセンサーと連動した質の高いパーキングサービスを提供できるとともに、運営・管理の省力化に貢献します。

■特徴

●入口から出口まで自動処理

入口の満空表示から入出庫時のゲートの開閉、駐車券の発行、料金精算、さらに管理に必要なデータ記録集計まですべて自動処理します。

●料金種別は32種類まで設定可能

現地の運用状況に応じて、その場で料金体系の変更が可能です。また休日の設定や特定日の登録も可能です。

●アナウンスで入出場がスムーズ

精算時の料金や操作に対応した16種類の案内を音声で放送します。

●割引認証サービスに対応

認証機を用意することで、利用者のお買い上げ金額に応じた駐車料金の割引をシステム化。駐車券に割引情報を印字できるのでサービス券の発行が不要になります。駐車券1枚あたり最大6つの割引情報を書き込み可能です。

●高品位印刷

感熱式プリンターの採用により、駐車券面およびジャーナル・レシートへ高品位の文字で印字します。

小中規模駐車場システム マイパークシリーズ



AP-380
全自動精算機



GT-600
アームキャッチャー



GT-651
カーゲート



TD-360
駐車券発行機

車番認識システム

車番認識システムは、駐車場出入口に車番カメラを配置して入出場車両のナンバープレートを撮像し、画像処理装置で全桁の文字を読み取り、車番管理計算機でいろいろな処理を行うことで、駐車場利用者へのサービス向上と運用の効率化をはかることが可能です。

全国100ヶ所を超える駐車場でご利用いただいております。

■特 徴

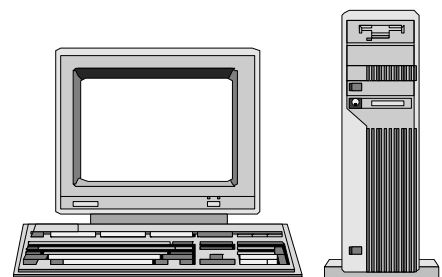
- 登録車は車番認識により自動的にゲートが開き、ハンズフリー入出場ができます。
- 事前精算システムと併用することで、出口の処理時間を短縮でき、出口渋滞を解消することができます。
- 事前精算を完了した車は、出口の端末機器(全自動精算機等)を操作することなく、車番認識により自動的にゲートが開き、ハンズフリー出場ができます。
- ITVカメラの画像を記録する静止画像ファイリングシステムと連動可能です。ITV画像と車両番号が連動して記録できる高度のセキュリティシステムを実現できます。
- あらかじめ車番を登録しておくことでVIP車や搜索車両の入出車の通知や記録を行うことが可能です。
- 現在場内に駐車している車両の入場時間を検索できます。
- 駐車日数を指定して、この期間以上駐車している車両の検索ができるので、長期間駐車車両の発見が容易になります。
- 車番で入場時刻がわかるので、駐車券紛失再発行システムとの連動も可能です。また駐車券を紛失した利用者が出口で全自動精算機の駐車券紛失ボタンを押したとき、該当車両の入車時刻から駐車料金が全自動精算機に表示されます。
- 車番カメラは、赤外照光装置内蔵です。
- 認識率は屋外型95パーセント以上、屋内型98パーセント以上です。
- 自社開発の認識アルゴリズムにより、各種システムへの応用が可能です。



車番カメラ



画像処理装置



車番管理計算機

クレジットカード精算システム

駐車料金の精算方法としてキャッシュレス化の動きが高まっており、その一手段としてクレジットカードでの決済方法が導入されています。

当社は2005年よりクレジットセンターシステムの運用を開始しました。センターは各駐車場とクレジット会社の決済システムを仲介するシステムで、次の特徴を持ちます。

■特徴

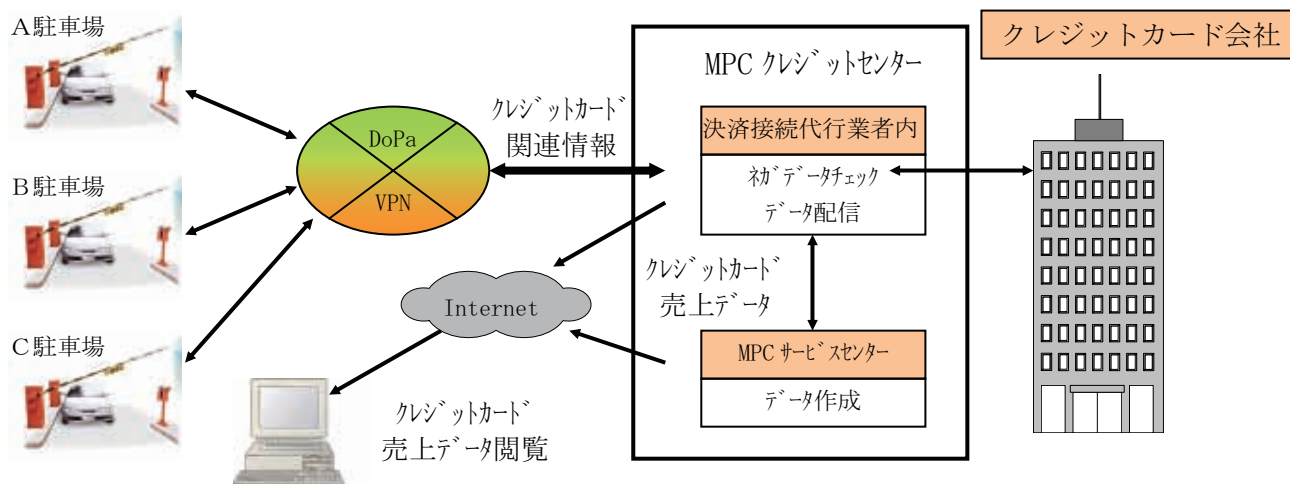
- 精算機1台の小規模から20台以上の大規模まで幅広く対応。
- 決済センターとの接続方式は、端末直接接続方式(コスト重視)とサーバ経由接続方式(精算スピード重視)の二つ。通信媒体もDopa, ADSL, Bフレッツから最適を提案。
- 早く(駐車場利用者に)
カード会社との合意金額未満の決済は精算毎の照合なし、サインレス。処理時間が早い。
- 便利に(駐車場管理者に)
決済情報、取扱い明細等をWEB上で閲覧、検索及びファイルへのダウンロードも可能。
- 安く(駐車場オーナーに)
①クレジット決済専用端末不要(ソフト処理)
②カード会社との契約はお客様直接。当社とはセンター利用契約のみ。コスト低減に繋がる。決済用の専用端末機器が不要なため、クレジットカード決済の初期導入費用が安価に。



サービスセンター内に設置した端末



新潟空港駐車場に納入した
クレジットカード精算対応精算機



コールセンターシステム

コールセンターシステムは、複数ある駐車場の機器に対し、遠隔診断、遠隔操作及び、運用情報、営業情報の一括管理を行うことにより、保守メンテナンス業務、管理運営業務の効率化を計ることを目的とします。

各駐車場とセンターシステム間は、公衆回線を利用したデータ通信を行うことにより、リアルタイムでの情報収集、情報伝達を行うことが可能です。

■特徴

- 各駐車場の機器に通信装置を設置し、センターシステムとの間で、公衆回線を利用したデータ通信を行います。これにより、遠隔で満空、故障等の駐車場の状態をリアルタイムで把握することが可能です。
- 通信回線は、INS64(有線)、DoPa(携帯電話)、PHSに対応。特にDoPa、PHSでは無線を使用するため、通信回線工事の必要が無く、初期費用が少なく済みます。
- 駐車場で発生する駐車券切れ・つり銭切れ等の各種の事象をリアルタイムで収集できるため、事象に対する対処を迅速に行うことが可能。
- 着信情報は、事前に登録された連絡先へ電話・FAX・電子メールのいずれか1つで自動通報することができます。これにより駐車場の状態を運営者殿もリアルタイムで把握することができます。

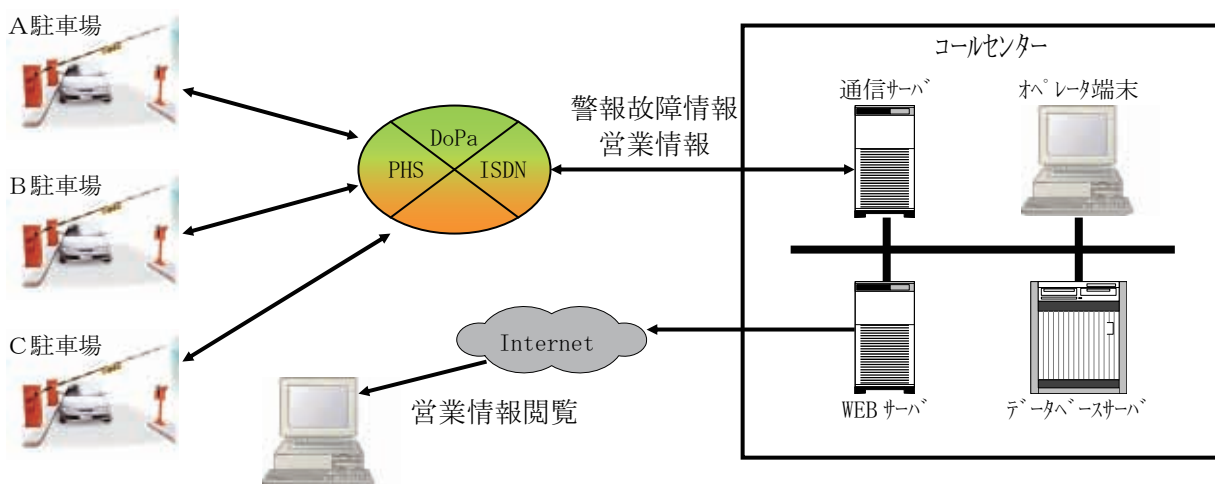
- 駐車場機器に対して、コールセンターからゲートの開閉等の操作することが可能であり、駐車券紛失時や機器トラブル発生時の対応が迅速にできます。

- 日報、月報等の営業情報を毎日定時に自動集計することができ、これにより売り上げ結果等がすぐに確認できるようになります。

- 通信回線の接続されていない駐車場の所在地や機器構成などの情報も、コールセンターシステム内に登録することができます。



コールセンター納入例
写真提供 株式会社富士ダイナミクス殿



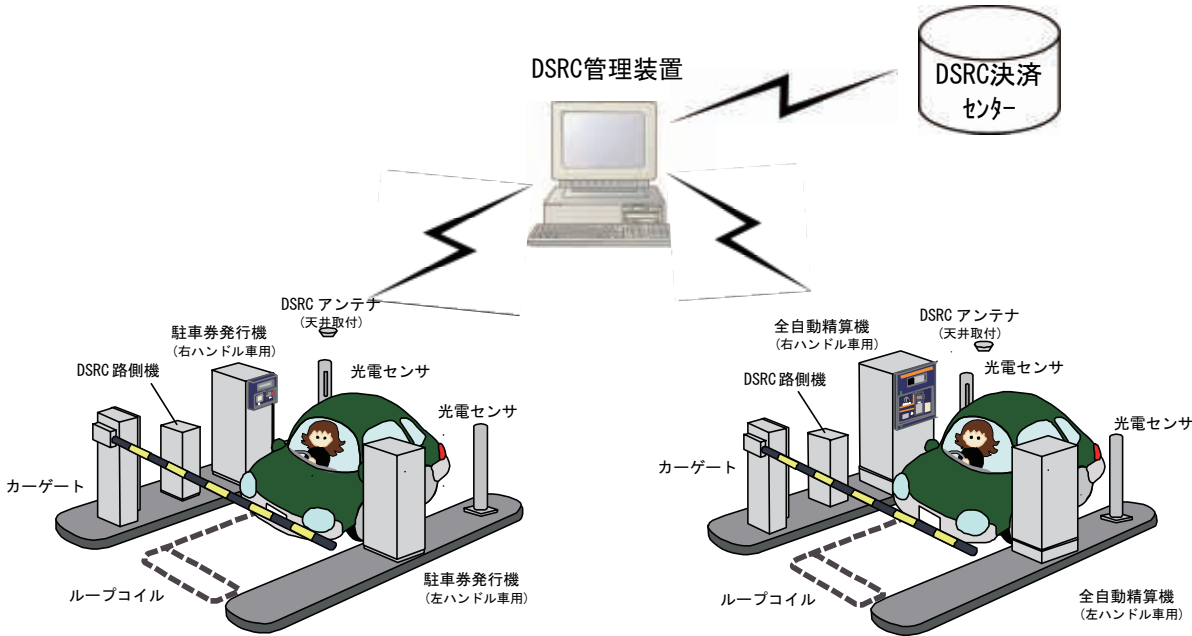
DSRCシステム

DSRCとは(Dedicated Short Range Communication 狭域通信)の略で、これを利用した代表的なシステムには有料道路で実用化されているETC(Electronic Toll Collection System)があります。

駐車場用DSRCシステムは、入口の駐車券発行機および出口の全自動精算機に、アンテナ装置を含むDSRC用路側装置を接続し、車両に搭載された車載器との通信を行うことにより車両の入出場を制御します。

■動作概要と特徴

- 利用車は、事前に車載器番号、決済用クレジットカード番号を登録します。
- 駐車場入口では、車載器とアンテナ装置が通信し、読み取られた車載器番号が登録されていることを確認しゲート装置を開けます。
- 駐車場出口では、入口と同様車載器とアンテナ装置が通信し、読み取られた車載器番号から入場情報を確認し、入場日時から駐車料金を計算した後、ゲート装置を開けます。駐車料金は、登録されたクレジットカードでの支払いになります。
- 車載器は、ETCでの使用も可能なため、高速道路の料金支払いと、駐車料金の支払いの両方に使用できます。
- 入口、出口ともハンズフリーの入出場となり、入出場時間が短縮されます。特に出口では面倒な車中から行わなければならない精算操作から開放され、かつ精算時間が短縮できます。

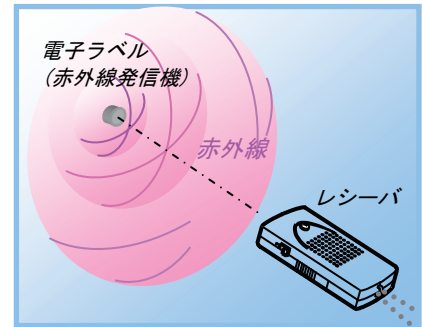


TALKING SIGNS[®] トーキングサイン

トーキングサインは、方向、物、サービスなどの情報を音声で案内するための装置で、その場所に不案内な人々の情報収集のお手伝いをいたします。

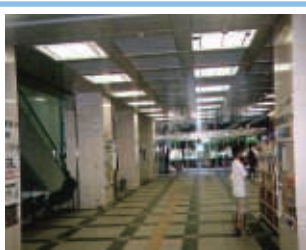
■特徴

- 赤外線の指向性により、情報の発信方向がわかります。
- 手元で音声聞こえるため、周囲に気兼ねすることなくご利用いただけます。
- 従来の音声案内システムに比べ、高い経済性と静粛性(非騒音)を実現しました。



型式	タイプ1-A	タイプ1-B	タイプ2	タイプ3
電子ラベル (発信機)				
通信方式	赤外線単方向 (発信機→受信機)	赤外線単方向 (発信機→受信機)	赤外線双方向 (発信機⇄受信機)	赤外線単方向 (発信機→受信機)
適用電源	商用電源AC100V	商用電源AC100V	9V乾電池(006P)/商用電源100V (AC-DCコンバータ別売)	商用電源AC100V
その他	独立単体型	別売コントロールボックス必要	ラベル応答音スリーブモードあり	多言語対応。別売コントロールボックス必要
寸法(WHD)・重量	120×120×70mm 100g	φ80×30mm 100g	75×135×20mm 200g	φ80×30mm 100g

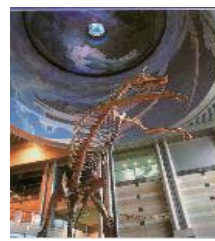
型式	タイプ1	タイプ2	タイプ3	ハイブリットタイプ
レシーバ (受信機)				
通信方式	赤外線単方向 (発信機→受信機)	赤外線双方向 (発信機⇄受信機) 受信: 音声 / 発信: ラベル音	赤外線単方向 (発信機→受信機)	赤外線双方向 (発信機⇄受信機) FM電波双方向 (発信機⇄受信機)
適用電源	9V乾電池(006P)	単4×2個	充電式電池(7.2V) <充電器別売>	9V乾電池(006P)
その他	—	ポータブル型	コンパクトフラッシュメモリ(最長約4時間) 別途データ入力装置が必要です	青信号延長要求機能 (FM電波) 接近報知受信機能 (FM電波)
寸法(WHD)・重量	55×119×22mm 140g	55×119×22mm 140g	60×185×33mm 300g	55×145×26mm 200g



横浜市磯子区役所総合新庁舎

行政庁舎

- ・横浜市磯子区役所新庁舎
- ・岐阜県可児市役所庁舎, 他



神奈川県立生命の星地球博物館 ミュージアムパーク茨城県自然博物館

展示施設

- ・生命の星地球博物館
- ・茨城県自然博物館, 他



厚岸町保健福祉総合センター

福祉施設

- ・厚岸町保健福祉総合センター
- ・篠栗町総合福祉センター, 他



ダイエー東戸塚店

商業施設

- ・ダイエー東戸塚店
- ・京王プラザホテル, 他

「国家の品格」(藤原正彦著)という本が話題になっています。著者は、社会の荒廃を防ぐためには、日本人が古来もっていた「情緒と形」を取り戻すことが大切であり、行動基準や判断基準となる精神の形としての座標軸を武士道精神に求めています。欧米型の合理性・論理優先社会の価値基準とは別の切り口での国家論で、その視点の新鮮さが評判を生んだようです。

この本を読んで、では企業にとっての品格とは一体何だろうかと考えました。昨今、企業の相次ぐ不祥事で、倫理・遵法を企業理念の上位に掲げている企業も多くなっています。しかし、品格という言葉の持つイメージは倫理・遵法をさらに超えたところにあるように思えます。「企業の品格」は、社会に対する貢献度やCSR(Corporate Social Responsibility)などの向社会性、顧客の信頼に応える対応性、高い技術力や時代に先駆ける先進性、目先に流されることのない老舗の伝統の格式など、一つの物差しでは測れるものではなく、様々な尺度で見ることが必要でしょう。

前置きが長くなりましたが、製造業にとっては、社会や顧客との直接の接点は、製品です。その製品のバックグラウンドにある技術力を知ってもらうことは、顧客の信頼を醸成する上で大切なことです。そういう

意味で、技術系の企業にとって、「技報」は品格を測るバロメータの一つではないかと思えます。

本技報は、当社創立45周年を記念して発行することになり、編集に当たり前回の発行を調べてみると、30周年記念号として発行された創刊号で、実に15年の月日がたっていました。日進月歩の技術の進歩から見ると隔世の感がありますが、当時の論文を見ると意外にも技術分野に大きな変化はなく、また、当時は若手であった執筆者の多くが、現在も各技術分野で活躍しており、技術が脈々と受け継がれているのを、改めて確認することになりました。

今回の技報では、技報の再出発という意味合いもあり、あらためて事業分野ごとに技術展望を前段に加え、全体を俯瞰できるようにしました。また、論文については、ここ数年分の研究・開発にまで遡って掲載することにしました。

顧客との信頼を醸成していくためにも、15年間の無沙汰を詫び、今後は、定期的にささやかながらも、企業の品格を問える内容の技報の発行を続けていけるようにしたいと感じた次第です。

2006年12月 角市 修 記

三菱プレジジョン技報
編集委員会

委 員 長	角 市 修
委 員	林 房 男
	阿 部 健 一
	西 野 一 郎
	鈴 木 暢 夫
	緒 方 正 人
	松 木 輝 章
	北 村 和 憲
	秋 間 郁 代
表紙デザイン	佐々木 良侍

三菱プレシジョン技報 Vol.2

©無断転載を禁ず

発行日：2006年12月1日

発行元：三菱プレシジョン株式会社
URL：http://www.mpcnet.co.jp/

本社／東京都江東区有明 2-5-7
TOC 有明 イーストタワー13階 〒135-0063
TEL (03)5531-8060

鎌倉事業所／神奈川県鎌倉市上町屋 345 〒247-8505
TEL (0467)42-5555

発行人：富山 和雄

編集責任者：角市 修

印刷所：三菱電機ドキュメンテクス株式会社
千葉県市川市塩浜 3-12 〒272-0127

(非売品)

