

「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」  
平成 21 年度採択研究代表者

石川 正俊

東京大学 情報理工学系研究科・教授

## 高速センサ技術に基づく調和型ダイナミック情報環境の構築

### § 1. 研究実施の概要

当該年度は、人間を上回る時間密度を備えた検出系と提示系の実現に着手した。提案する調和型ダイナミック情報環境を具現化するための各要素技術の機能とパフォーマンスを明確にした上で、これらを達成するための手法やシステム構成をデザインする点がポイントとなる。検出系に関しては、「高速視覚センサネットワーク」と「高速 2.5 次元触覚センサ」の 2 テーマを重点的に取り組んだ。また、提示系に関しては、「無拘束高速触覚ディスプレイ」と「高速視覚ディスプレイ」の 2 テーマに重点的に取り組んだ。また、人間特性モデルに関して、運動学習における脳機能の働きについて検証を行った。さらに、調和型ダイナミック情報環境の全体システム構築に向けて、応用システムのプロトタイプ開発を行った。

### § 2. 研究実施体制

#### (1) 石川グループ

- ① 研究分担グループ長: 石川 正俊 (東京大学、教授)
- ② 研究項目

感覚運動統合アーキテクチャの開発と全体システムの構築

本研究構想の基本となる高速感覚情報センシングの基本設計を行い、リアルタイム感覚運動統合アーキテクチャを提案し、それに基づき、全体システムの基本概念設計並びに概略設計を行うとともに、共同研究グループ及び研究代表者グループが開発する要素技術の完成に合わせて、高速センシング技術・ディスプレイ技術・人間特性モデルの三つの技術を統合するためのプラットフォームを用意し、同プラットフォーム上に、最終的な調和型ダイナミック情報環境を構築する。

(2) 石井グループ

① 研究分担グループ長:石井 抱 (広島大学、教授)

② 研究項目

高速視覚センシングサブシステムの開発

超小型高速ビジョンモジュールを導入し、様々な超高速対象追跡・認識機能をハードウェア集積化により実現する。また、人間の目視では捉えることが難しいインセンシブルダイナミクスへ対応するため、高速運動に対する注視点追跡及び実時間3次元速度・加速度分布計測等、分布的な運動方程式パラメータの瞬時検出を実現する高速視覚センシングシステムを開発する。

(3) 阪口グループ

① 研究分担グループ長:阪口 豊 (電気通信大学、教授)

② 研究項目

情報環境と人間の調和に向けた人間特性モデルの構築

情報環境と人間との間で、調和のとれた情報伝達を行なうには、人間が外界からの刺激を受容し、行動を発現させる過程の特性を理解することが必要である。本研究では、観測した情報から人間の動きを分析・予測するモデルの構築と活用手法の開発を行う。加えて、高速ディスプレイによる刺激提示に対する人間の応答特性をふまえ、これらを用いて人間の動きを誘導・強化するためのモデルの構築と活用手法を開発し、最終的に高速の観測データと人間の間で調和のとれた情報環境の構築を目指す。

(4) 下条グループ

① 研究分担グループ長:下条 誠 (電気通信大学、教授)

② 研究項目

高速 2.5 次元触覚センシングサブシステムの開発

接触の事前検出を可能とするために近接覚センサを併置し、近接から接触までをシームレスに検出する高速で大面積化が可能な 2.5 次元触覚センサを開発する。具体的には、担当者らが開発した高速大面積の触覚センサ(接触の位置、力、滑り等の多くの情報が取得可能)の機能向上を図るとともに、接触前 10cm 程度の近傍から物体の位置・距離が検出可能で大面積化可能な近接覚センサと一体化し、2.5 次元触覚センサを実現する。

(5) 篠田グループ

① 研究分担グループ長:篠田 裕之 (東京大学、准教授)

② 研究項目

無拘束高速触覚提示サブシステムの開発

超音波の放射圧を用い、人間を拘束することなく、運動中の人間の任意の部位に、非接触で触覚情報を提示するデバイスを実現する。具体的には、フェーズドアレイから放射される超音波の収

東点を手、指、腕、顔等、様々な部位に設定・制御することで、完全無拘束で触覚情報を提示するデバイスを開発する。

(6) 山本グループ

①研究分担グループ長:山本 裕紹 (徳島大学、講師)

②研究項目

超高速視覚情報提示サブシステムの開発

世界最速のフレームレートを誇る超高速LEDパネルを用いて240Hzのフレームレートによる情報提示システムを実現する。具体的には、表示情報の時間-空間マッピング処理による240Hzの滑らかな動画映像表示の実現、情報表示のラグタイムの最小化、基本画像の事前蓄積に基づいた超高速提示、超高速情報表示に最適化した時空間符号の構築を行う。さらに、セキュアディスプレイ及びパーソナライズド大画面デジタルサイネージのような新機能ディスプレイの実証を行う。

### § 3. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(4-1)に対応する)

6つの研究項目に関して、本年度の研究実施内容を述べる。

「**高速視覚センシングサブシステムの開発**」では、ハードウェア集積化を考慮した様々な改良アルゴリズムについて考案し、高速リアルタイムに実現可能とする高速ビジョンアーキテクチャを設計した。具体的には、アクティブビジョンなどの可動体に搭載可能とした3.5cm大の小型ステレオカメラヘッドから白黒/カラー8ビットの512×512画素画像に対して、フレームレート2000fpsでの実時間画像処理さらにはPCメモリへの高速画像転送を可能とする専用高速ビジョンボードの設計試作を行い、ハードウェア実装及びソフト

ウェア実装の両面からその基本性能を評価した。図1に試作したシステムの写真を示す。実際に、単純な画像特徴量のハードウェア実装を行った結果、当初目標仕様を満たした形で動



図1. 2,000fps 高速ビジョン試作システム

作することを確認し、アクティブビジョンを用いた高速注視制御が可能であることを確認した。またアクティブビジョンなどのネットワーク連動に向けて、1台のパソコンから8台の高速カメラヘッドを高速に動作可能とするためのミドルソフトウェアの設計を行い、複数台のカメラを連動可能とする通信体系の設計に着手した。

「**高速 2.5次元触覚センシングサブシステムの開発**」では、非接触で近接覚を計測するセンサの設計と試作を行った。図2に試

作した線状近接覚センサの写真を示す。また、線状構造を有する近接覚センサの出力特性を評価



図2.線状近接覚センサ試作システム

した。さらに、2.5次元触覚センサの開発に向けて、センサ設計用光学シミュレータの開発に着手

した。

「**超高速視覚情報提示サブシステムの開発**」では、高速な LED ディスプレイの設計を行った。

既存の 120Hz の DVI 映像信号入力を  
用いて 480fps 表示を行うために 4 画素  
を 4 フィールド情報に変換する時空間  
マッピング機能を搭載した LED 駆動装  
置、及び 48×48 画素のプロトタイプ  
LED ディスプレイを開発した。フィール  
ド分割により LED モジュールでの信号  
蓄積遅延時間を短縮することで、DVI  
信号出力から LED 点灯までの遅延時  
間は 13ms に低減される設計である。同ディスプレイを用いて、各色 8 ビット階調のフルカラー映像  
の 480fps 表示を達成した。

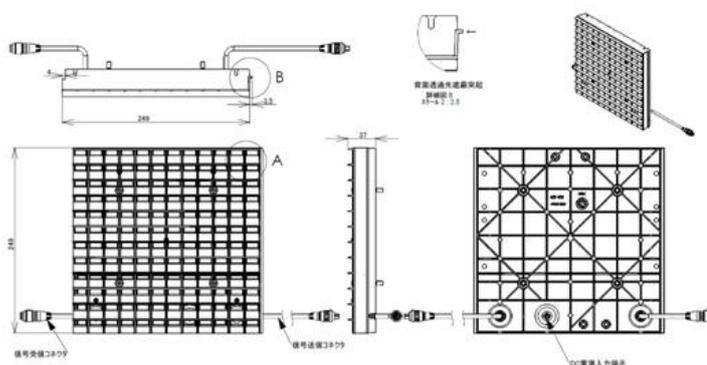


図 3. 高速 LED ディスプレイの設計図

「**無拘束高速触覚提示サブシステムの開発**」では、1m 四方程度の大規模な空間において、任  
意の場所へ 5cm 以内の位置  
精度で提示可能なフェーズド  
アレイシステムを設計し、第一  
次試作までを行った。試作シ  
ステムは、16×16 の超音波  
振動子を実装した 16cm 角  
のデバイスを 10 個結合し、そ  
れらの収束点を 1ms ごとに移  
動させることができる。収束点  
の広がりや数値計算により評  
価し、理想条件で直径 2cm 程  
度のスポットに収束できるこ  
とを確認した。図 4 に数値計算

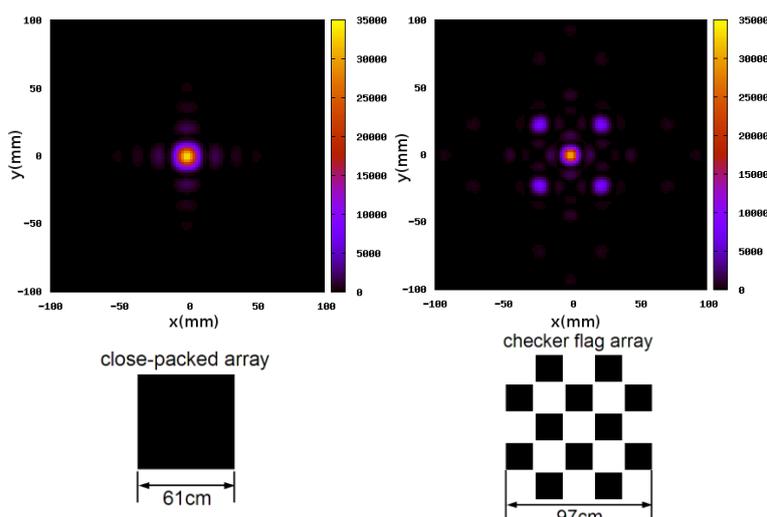


図 4. 超音波振動子配置とビーム収束に関するシミュレーション

結果を示す。また、カメラを中心とした高速センサとの連携化によって手の位置を計測し、手の位置に応じて反力を発生することにより、空中映像操作ボタンの触感を体感させるシステムを試作した[1]。

「**情報環境と人間の調和に向けた人間特性モデルの構築**」では、運動学習における適応ゲインの特性について検証を行った。検証では、仮想的な投擲運動を伴う身体動作の実験を行った。身体運動の終了時刻と運動課題の終了時刻の 2 つを比較し、適応ゲインに強く影響する要因を明らかにしつつある。また、映像遅延制御によって人間の視触覚融合を評価し、自己身体の視覚認識におけるリアリティの知覚プロセスを検証した。

「**感覚運動統合アーキテクチャの開発と全体システムの構築**」では、応用システムのプロトタイプ

プを試作した。試作したシステムは、「シンクロナイズドビデオ」と「空中タイピングインターフェース」である。「シンクロナイズドビデオ」は、映像を利用して新しい動作を学習するタスクにおいて、必要なコンテンツを先回りして提示することができるビデオ操作技術である。本システムの試作を通して、タスクに整合する情報提示のデザインを取り込むことで、運動学習の効率向上に影響があることを確認しつつある。また、



図 5. シンクロナイズドビデオの試作

「空中タイピングインターフェース」は、空中を自由に動く指先の動きを 3 次元追跡し、小型携帯機器の文字入力を支援するインターフェースである。高速なセンシングによって、操作の自由度を広げることが可能としている。また、無拘束触覚ディスプレイの導入によって、本インターフェースのように指先がデバイスと接触していない場合にも、触覚感覚をユーザに提示することも可能になると考えられる。さらに、映像提示における遅延とユーザの感覚の整合性について検証実験を行った。自己身体の視覚認識におけるリアリティが、提示する映像の遅延を制御することでどのように変動するかを検証しつつある。これによって、高速な映像提示における時間方向の最適な設計指針を明らかにする予定である。

## § 4. 成果発表等

### (4-1) 原著論文発表

#### ● 論文詳細情報

- [1] Takayuki Hoshi, Masafumi Takahashi, Takayuki Iwamoto, and Hiroyuki Shinoda: “Non-contact Tactile Display Based on Radiation Pressure of Airborne Ultrasound,” IEEE Trans. on Haptics, 2010. DOI: 10.1109/TOH.2010.4. (in press)