

「高度メディア社会の生活情報技術」  
平成12年度採択研究代表者

木戸出 正継

(奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 教授)

## 「日常生活を拡張する着用指向情報パートナーの開発」

### 1. 研究実施の概要

本研究は、知的活動を支援する着用指向情報パートナーWIPSならではの新たな利用方法を提案する知的アプリケーション、音声や画像を利用してWIPSに適した新しい入出力方式を開発する入出力インタフェース、ネットワーク・マルチメディア情報処理を核に据えた新しいOS、及び資源分散型DBMSを作成するプラットフォーム基盤の3つのサブグループからなり、日常生活空間での各種情報活動支援機能群を実装する。

15年度は各研究グループで各要素技術の高度化を進めると共に要素技術統合の検討に着手し、下記の成果が得られた。

- ・ 拡張現実ナビゲーションのためのユーザ位置姿勢検出手法の高精度化、シームレス化
- ・ 共有仮想環境生成のための実空間情報の取得
- ・ ネットワーク共有型注釈データベースと拡張現実感システム開発用ライブラリの構築
- ・ 共有仮想空間における直感的なオブジェクト操作のための3Dマーカの試作
- ・ 実世界対象を媒介とした拡張記憶の検索・整理・編集・共有機構の提案とモジュールの実装
- ・ 音響拡張現実感のための音場分解・再現
- ・ 無人ヘリコプタの操縦インタフェース
- ・ もの探しインタフェース試作とそのロバスト化のための撮像デバイスの改良
- ・ ウェアラブル仮想タブレットの高機能化
- ・ ウェアラブル環境下でのロバストなユーザ発声抽出
- ・ 極小規模マイクロフォンアレイによるブラインド音源分離の改良
- ・ 携帯型小型ディスクを用いたデータベースシステムの構成方式の検討
- ・ 小型ディスク上のデータのアクセス方式の提案と評価
- ・ 高性能指向コンテキストウェアミドルウェアの提案とプロトタイプ実装

16年度は、各要素技術の更なる高度化を進めると共に、グループ間・テーマ間での技術連携を強化し、要素技術の統合に取り組む。

## 2. 研究実施内容

### アプリケーショングループ

アプリケーショングループでは、よりリアリティの高い拡張現実ナビゲーション、及び情報パートナー着用ユーザと没入型仮想空間ユーザ間の知的共同作業を実現するための各種要素技術の高度化に取り組むと共に、各種システムの開発を通じて基本機能のライブラリ化、データベースの構築を行った。

拡張現実感システムを用いて現実空間でユーザに様々な情報を提供するためには、ユーザの位置と姿勢を広範囲かつ高精度に検出する必要がある。15年度はこのユーザ位置姿勢計測手法の高精度化を図り、屋内・屋外独立に計測する手法を複数開発し、そのシームレスな統合を推進した。応用システムに関しては、これまでに開発した環境埋込み型センサと歩数計測の併用によるユーザ位置の推定手法を利用し、平城宮跡において観光案内を目的としたウェアラブル型拡張現実感システム“平城宮跡ナビ”の構築に着手した。15年度では第一段階として、平城宮跡内を訪れたユーザに対して、ユーザの位置・姿勢に応じて、ビデオ・音声および拡張現実感技術を利用したマルチメディア観光コンテンツの提示が可能なシステムの構築を行った。一方、注釈提示システムで利用するデータをネットワークを介して共有するための注釈情報データベースを構築し、本学の屋内外において実証実験を行うことで、有用性の確認を行った。更に、ネットワーク上での注釈情報の共有化や様々なプラットフォームで拡張現実感技術を構築するための開発ライブラリを作成した。今後は、“平城宮跡ナビ”の実用化を目的として、ネットワーク共有注釈情報データベースとの融合など更なる拡張・改良を行う。

WIPSを着用したユーザが、共有する情報を積極的に実世界の環境から取り込むことにより、物理的な隔たりを越えて、必要な場面に柔軟に対応できる知的共同作業空間を提供する方法として、前年度に提案した全方位画像センサによる実作業空間のモデル化を拡張し、ユーザの足下を同時に計測することでインタラクティブにモデルを修正する方法について研究を行った。また、共同作業においては作業が一緒に行えるだけでなく、後から作業の内容を確認できることも重要である。そこで、室内で複数のユーザの位置を計測するシステムに行動履歴を記録する機能を追加した。さらに、現実空間と仮想空間で協調作業を行う際、現実空間に存在する物体を仮想物体として共有することが必要となる。そのために、現実空間にいるユーザが装着している計算機のカメラとスリットレーザを使って、簡単に物体の三次元形状を計測するシステムの研究開発を行った。

### 入出力インタフェースグループ

入出力インタフェースグループでは、拡張現実感を実現するための音場分解・再現技術、無人ヘリコプタの操縦インタフェース技術の開発に新たに取り組んだ。また、物探しを支援する拡張記憶インタフェースとそのための小型撮像デバイスを開発すると共に、ビジョンベースのハンズフリーインタフェース技術と着用状況での音声認識インタフェース技術

の高度化に取り組んだ。

身体装着型の音響収録再生装置（イヤホンマイク）を使用し、そこで収録されたバイノーラル音（両耳受聴音）を分解・加工・再現する技術を用いて音響拡張現実感を実現する。昨年度開発されたSIMO-ICAアルゴリズムを用いてバイノーラル音分離実験を実施し、左右約45度に分かれた音源を平均約15 dBの精度で分離可能であることが確認された。また、これを聴覚的な指標（両耳間時間差・レベル差）を用いて評価したところ、ほぼ十分な音源定位情報が得られていることが分かった。

無人ヘリコプタは防災・など産業応用が期待されているが、その操縦が困難であることが問題になっている。そこで拡張現実感を用いた操縦支援システムを構築した。これは、無人ヘリコプタに全方位カメラ、GPS、ジャイロ、無線LANを搭載し、得られた画像および位置・姿勢を用いて、画像に様々なアノテーションを重畳することでその操縦を補助するものである。本システムをも用いて、周辺の建物に対するアノテーションや、機体周辺の地図、対地速度、機首方位などを画像に重畳表示し、操縦者に提示できることを確認した。

ユーザの日常記憶活動を支援するために、常時捉えられたユーザ視点映像を拡張記憶として蓄積すると共に、ユーザの把持物体を認識し、ユーザが要求した物体が最後に認識された際の視点映像を提示することで「もの探し」を支援する着用型インタフェースシステム“Im Here!”を試作した。把持物体画像抽出のために13年度に試作した把持オブジェクト画像抽出カメラObjectCamをより小型化し、適用環境を拡大したObjectCam2を開発した。

着用型ビジョンインタフェースの研究においては、ウェアラブル仮想タブレットの高機能化を実現した。ウェアラブル仮想タブレットは、小型CCDカメラとヘッドマウントディスプレイ（HMD）を着用し、身近にあるノートやバインダなどの四角い平面状の物体を手を持ち、その表面を指先でなぞることによって絵や文字など任意のコンテンツが入力可能なインタフェースシステムである。これまで不可能だった「模様・柄のついている平面物体」上での入力が可能となった。

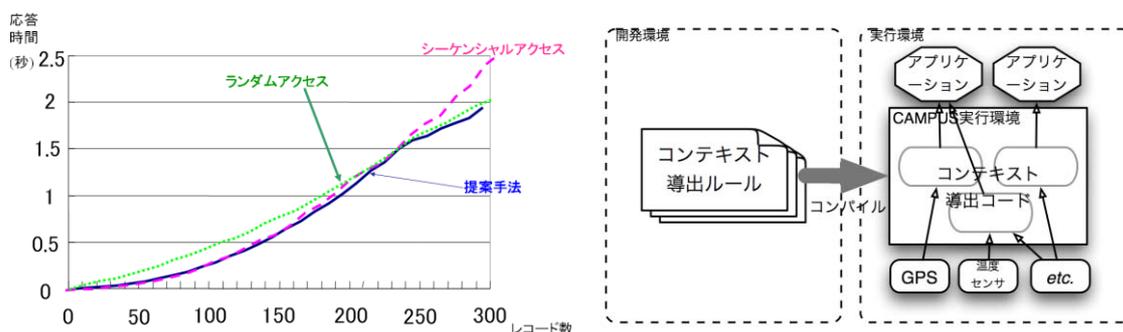
実環境の音声認識システムでは、周囲の環境音や背景発話、ユーザの意図しない入力（笑い声、咳等）による音声区間の誤検出が頻出する。15年度は、ガーベージ辞書およびマジックワードを併用した頑健なウェアラブル音声コマンドシステムの試作、およびGMMを用いた環境音・笑い声識別の手法を開発するとともに、PDA上で実際に動作するデモを作成した。更に、腕や眼鏡などに取り付けられた極小規模マイクロホンアレーを使用して音声信号とそれに付随する雑音を分離抽出するために、15年度は複数の小規模マイクロホンサブアレー群を統合するアルゴリズムを開発し、その有効性に関して検討を行った。

#### プラットフォーム基盤グループ

プラットフォーム基盤グループでは、着用状況での使用に耐え得るデータベースアーキテクチャの開拓と、日常環境でユーザが直面する種々の状況（コンテキスト）の収集・利用機能を提供するコンテキストウェアミドルウェアの基本機能の実装に取り組んだ。

WIPS環境では、小型コンピュータ上で能動型データベースを利用することにより、コン

コンピュータが個人アシスタントのように動作することが望ましい。我々は、これまで能動型DBMSを小型ディスクドライブ上に構築することを検討してきた。能動型DBMSは自動的にデータベースアクセスを行なうため、高速なディスクアクセスが要求される。しかし、デスクトップ用ディスクドライブに比べ、小型ディスクドライブはシーク時間および回転速度が著しく劣るためデータアクセス速度に問題がある。本研究では、小型ディスク上で高速なデータアクセスを実現するために、ログを利用したファイルシステムを提案し、従来のページ単位アクセスによるファイルシステムとのアクセス性能を比較し、提案が優れていることを示した（下図左）。



コンテキストウェアシステムの実装を支援するミドルウェアCAMPUSは、ルールベースのコンテキスト導出機構を持つ。多くのルールベースシステムは実行時にルールを文字列として与えそのルールを実行時に解釈し実行する（上図右）。CAMPUSではより高性能を目指し、ひいてはリアルタイムシステムでも利用可能にすべく、開発環境上でコンテキスト導出ルールからコンテキスト導出を行う実行コードを生成するコンテキスト記述コンパイラを導入し、高速なコンテキスト導出機構を実現した。

### 3. 研究実施体制

#### アプリケーショングループ

① 研究分担グループ長：千原 國宏（奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科，教授）

② 研究項目：拡張現実ナビゲーションの実現  
着用ユーザとの知的協調作業の実現

#### 入出力インタフェースグループ

① 研究分担グループ長：木戸出 正継（奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科，教授）

② 研究項目：拡張記憶アルバムインタフェースの設計  
着用型ビジョンIF，音声IFの提案とその要素技術の実現

#### プラットフォーム基盤グループ

① 研究分担グループ長：宮崎 純（奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科，助

教授)

- ② 研究項目：着用指向軽量OSアーキテクチャの確立  
資源分散型データベースアーキテクチャの確立

4. 主な研究成果の発表（論文発表および特許出願）

(1) 論文（原著論文）発表

- Blind Source Separation of Acoustic Signals Based on Multistage ICA Combining Frequency-Domain ICA and Time-Domain ICA  
*Tsuyoki Nishikawa, Hiroshi Saruwatari, Kiyohiro Shikano*  
IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol. E86-A, No. 4, pp.846-858 (2003年4月)
- 視覚障害者のための状況推定を導入した電子白杖の構築  
村上満佳子, 立石敏隆, 井村誠孝, 安室喜弘, 黒田知宏, 眞鍋佳嗣, 千原國宏  
システム制御情報学会論文誌, Vol.16, No. 6, pp.287-294 (2003年6月)
- ALTAIR: アクティブIRタグを用いた複数ユーザ位置同定システム  
坂田宗之, 安室喜弘, 井村誠孝, 眞鍋佳嗣, 大城 理, 千原國宏  
電気学会論文誌E, Vol.123, No. 8, pp.279-284 (2003年8月)
- Stable Learning Algorithm for Blind Separation of Temporally Correlated Acoustic Signals Combining Multistage ICA and Linear Prediction  
*Tsuyoki Nishikawa, Hiroshi Saruwatari, Kiyohiro Shikano*  
IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol. E86-A, No. 8, pp.2028-2036 (2003年8月)
- 立体マーカを用いた実空間における仮想物体の調和的表現  
～インタラクティブMRインテリアデザイン～  
安室喜弘, 石川 悠, 井村誠孝, 南 広一, 眞鍋佳嗣, 千原國宏  
映像情報メディア学会誌, Vol. 57, No. 10, pp.1307-1313 (2003年10月)
- 拡張現実感技術を用いた屋外型ウェアラブル注釈提示システム  
小田島太郎, 神原誠之, 横矢直和  
画像電子学会誌, Vol. 32, No. 6, pp. 832-840 (2003年11月)
- ウェアラブル仮想タブレット：赤外線照射カメラを利用した指先入力インターフェース  
浮田宗伯, 寺部亮紘, 木戸出正継  
情報処理学会論文誌, Vol. 45, No. 3, pp.977-990 (2004年3月)

(2) 特許出願

H15年度特許出願件数：5件（CREST研究期間累積件数：8件）