

## 研究課題別評価

### 1.研究課題名 分散配置されたデバイスと相互作用し賢くなる知的空間

### 2.研究者名 橋本秀紀

### 3.研究の狙い：

本研究は、今まで前提として与えられていた環境に知能を与えて、空間全体で高度な知能を実現しようとする試みである。これは、従来の方向である機械の高度な知能化が大変難しく、限界が見えてきたことが根底にある。

空間知能化は、知能は空間全体に分散し、人間の高度な知能の働きを支援する方向でトータルな意味でタスクを実現するのである。人間の知性が前提となったシステムの構成を取る。機械はツールであり、その機能を人間が最大限に引き出せるように空間が支援するということである。また、このためには人間・人工物（機械）環境の相互作用を考えなければならない。

もちろん空間知能化を考えると時に時間軸を考えなければならない。上記の空間知能化は高度な段階のものであり、現在進めている研究はそこへ向かう途中にあるものである。具体的には、多数のセンサーを物理的に空間内に分散配置し、情報的にネットワーク化し、空間内の事象を観測し適切な処理を行い必要なサービス等を実現する。このときに前述した「安全」「安心」「快適性（利便性）」がデザインの指標になる。

本研究では、空間知能化のコア技術となる空間に配置されたセンサーを研究開発するとともに、具体的なシステムを構築し、知的空間（インテリジェント・スペース）の研究シナリオも提案した。

### 4.研究結果：

#### (1) DIND(Distributed Intelligent Network Devices)

#### DIND のコンセプト

インテリジェント・スペースでは、DIND が空間内の事象を把握し、ロボットやディスプレイ、スピーカなどを用いて人間に適切なサービスを提供する。DIND は、主に情報を得るセンサー部、その情報を処理する演算部、情報をやり取りするネットワーク部及び電源部から構成され、コストを押さえた超小型なものとなる。また、ネットワーク化が前提であるため高いセキュリティ、自己状態の把握機能、お互いの機能を共有する機能などが必要となる。センサー部、演算部、ネットワーク部及び電源部から構成され、小型化の技術には MEMS( Micro Electro Mechanical System )やナノテクノロジーが必要となる。

本研究では、DIND の基本機能をディスクリートシステム（パソコン等の部品を用いて構成されたシステム）で実現した。

#### DIND 機能の実現

本研究では、DIND として視覚センサーを用いた。これらの分散された視覚センサーが互いに協調し、人間・物理エージェントを認識してロボット（環境変化や外乱などに対する頑健さ）にトラッキング・位置認識を行うシステムをベースとした空間知能化システムを構成した。認識した位置情報に応じて空間内に埋め込まれた各物理エージェント（メカトロニクス/ロボティクス機器）の制御を担当する分散知能デバイスを自動決定し、各物理エージェントに固有の制御方法を分散知能デ

バイスが自律的に獲得することによって、人間支援を実現するための分散センサ - 物理エージェントの協調を実現した。

これは空間知能化のコアとなるものであり、この分散視覚システムをベースとして様々なモジュールを実現した。

#### ビジョン基本モジュールの実現

- ? オブジェクト判別 (人間・人工物) 色情報の利用
- ? 位置推定
- ? トラッキング
- ? カメラ最適配置
- ? オクルージョン (障害物等によって隠れてしまうこと) の解決 (人間モデルの構築)

#### 制御基本モジュールの実現

- ? 制御命令の送信
- ? 状態の受信
- ? 軌道生成 (障害物回避)
- ? ハンドオーバ
- ? ダイナミック・コントロール
- ? ハプティック・インタフェース

## ② 知的空間(Intelligent Space: ISpace)

### 知的空間の構成

研究室の幅 5m、奥行き 5m のスペースを ISpace として確保している。内部には人間追従エージェントとなる移動ロボット、空間状態のセンシングのための複数の DIND、空間内の人間への情報提示のためのプロジェクタとスクリーンなどを設置しており、それぞれネットワークで接続している。

DIND は、現在合計 6 台設置されている。今回は移動ロボットを認識して処理を行なうために 4 台、また人間位置認識用の DIND を 2 台というように役割を分担し配置した。

人間位置認識用の 2 台の DIND は、画像認識の性能を向上させるため、カメラの視界内での対象物体のピクセル数や視界の広さ等が考慮され、それぞれのパラメータが最適化されるように配置されている。

人間の 3 次元位置は、背景差分と肌色の抽出結果を用いて、あらかじめ求めておいたカメラパラメータに基づいて、2 台の DIND でステレオ視を行うことで算出される。

移動ロボットにはカラーバーコードが設置される。人間位置認識のときと同様に移動ロボットが背景から切り出され、カラーバーコードの色情報が認識される。移動ロボットは高さ情報が既知であるとして、DIND1 台で位置が算出できる。複数の移動ロボットが存在する場合であっても、それぞれの移動ロボットに設置するカラーパターンを変化させ、あらかじめ各ロボットについての情報を格納しておいた ISpace のデータベースと照合することによって、各ロボットの区別をすることが可能である。

### 知的空間シミュレータ

知的空間の設計支援にシミュレータを開発した。

- ? Open GL(3 次元グラフィックスソフト)によるモデリング
  - ? 移動ロボットのシミュレーション
- の機能を持つ。

#### 知的空間内の物理エージェント

空間内にあるシステムを操作するために人間がそのシステムが置かれている場所を事前に察知し、その場所まで移動するというのが今までの現状であった。本さがけ研究ではマルチモーダルインタフェース機能を持つロボットが ISpace 内の物理エージェントとなり、常に人間を追尾することで人間が人工システムなどを操作する際に移動と場所の事前学習の必要がなくなる。勿論、ISpace はセンサをもって内部の人間を監視するが、特定の人間と正確なインタラクションをとるために本システムを提案・製作した。

#### (3) 各種アプリケーション

DIND の基本モジュールを用いて各種のシステムを知的空間に実現した。

##### 人間追従ロボット

DIND によって人間及び移動ロボットの空間内の位置を測定し、DIND が移動ロボットに対して適切な命令を与える。移動ロボットはセンサーや知能を全く持たず全ての行動が環境側から制御される。

##### 基本アプリケーション

その他のアプリケーションとして以下のものを実現した。

- ? 人間及び移動ロボットの認識と位置情報の収集
- ? 移動ロボットの制御
- ? 複数のカメラによる移動ロボットの制御と衝突防止及び障害物回避
- ? 複数移動ロボットの制御と衝突防止及び障害物回避
- ? 人間の追従
- ? 移動ロボットの人間追従
- ? カメラの最適配置
- ? シミュレータとのリンク (事前評価)

#### (4) シナリオ

以上の成果を基に、今後の空間知能化に関する実現シナリオを作成し、産学連携によって研究を進めることを行なった。

#### 5. 自己評価

最近のユビキタスコンピューティングの研究が活発になるにつれ、いつでもどこでもコンピュータリソースにアクセスできるということのみでなく、人間とのインタフェースの必要性が注目されている。その中でも物理的な相互作用に関する重要性が指摘されている。本研究は、まさに物理的な相互作用を研究の中心に置き、人間・人工物(機械)環境の相互作用を取り扱った。研究課題の設定としては丁度良いタイミングであり、最近の類似研究のさがけの一つであると判断する。

また、社会科学系の研究者との物理的な人間・人工物（機械）環境の相互作用に関する議論を基に、知的空間を実現するための基本的な枠組みを提案しプロトタイプを作り上げたことは、メカトロニクス・ロボティクス分野に対して新たな研究領域を示すことができた。同時に、空間を実際に作る建築系とのコラボレーションも始まり生活空間への応用へも踏み出すことができた。これに関しては、産業界との連携が始まり、知的空間（インテリジェント・スペース）を実社会に実現できる可能性がある。

研究成果自体はコア技術とプロトタイプを作成し、研究シナリオを示した。コア技術の達成レベルは高く、これらの成果を基にアプリケーションに応じたインテグレーションを進めている。また、シナリオに基づき更に深化した知見を得る方法論を確立したので今後の進展が期待できると判断する。

#### 6.研究総括の見解：

本研究により、今まで前提として与えられていた環境に知能を与えて、空間全体で高度な知能を実現しようとする試みに挑戦し、多数のセンサーを物理的に空間内に分散配置し、情報的にネットワーク化し、空間内の事象を観測して適切な処理を行なうことにより必要なサービス等を実現できたことは、高く評価できる。

さらに、これらの成果を基に、今後の空間知能化に関する実現シナリオを作成し、産学連携によって研究を進めることを行ったことも評価に値する。

シナリオに基づき更に深化した知見を得る方法論を確立したので、今後の研究進展が大いに期待できる。

#### 7.主な論文等：

##### 論文

1. 橋本 秀紀, "空間知能化に関する研究動向", 電気学会論文誌 D 産業応用部門誌, 社団法人電気学会, Vol.121, No.9, pp.917-922, 2001.09
2. 山口 亨, 平山 健一郎, 橋本 秀紀, "分散感覚知能アーキテクチャに基づく情報の再構成と ITS への応用", 電気学会論文誌 D 産業応用部門誌, 社団法人電気学会, Vol.121, No.9, pp.956-963, 2001.09
3. Noriaki Ando, Peter Korondi, Hideki Hashimoto, "Development of Micromanipulator and Haptic Interface for Networked Micromanipulation", IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol.6, No.4, pp.417-427, 2001.12
4. Noriaki Ando, Masahiro Ohta, Kouhei Gonda, Hideki Hashimoto, "Workspace Analysis of Parallel Manipulator for Tele-Micromanipulation Systems", Journal of Robotics and Mechatronics, Fuji Technology Press, Vol.3, No.5, pp.488-496, 2001.12
5. Joo-Ho Lee, Hideki Hashimoto, "Intelligent Space - concept and contents", Advanced Robotics, Vol.16, No.3, pp.265-280, 2002

他 7 件

##### 国際会議発表論文

1. Noriaki Ando, Masahiro Ohta, Hideki Hashimoto, "Micro Teleoperation with Parallel

- Manipulator", Proceedings of the 2000 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robotics and Systems (IROS2000), Vol.1, pp.677-682, 2000.11
2. Joo-Ho Lee, Hideki Hashimoto, "Intelligent Space", Proceedings of the 2000 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robotics and Systems (IROS2000), Vol.2, pp.1358-1363, 2000.11
  3. Joo-Ho Lee, Hideki Hashimoto, "Mobile Robot Control by Distributed Sensors", IFAC workshop on Mobile Robot Technology, pp.85-90, 2001.5
  4. Joo-Ho Lee, Noriaki Ando, Hideki Hashimoto, Teruhisa Yakushi, Katsunori Nakajima, Tohru Kagoshima, "Applying Intelligent Space to Warehouse - The First Step of Intelligent Space Project - ", 2001 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, pp.290-295, 2001.7
  5. Noriaki Ando, Masahiro Ohta, Kouhei Gonda, Hideki Hashimoto, "Micro Teleoperation with Parallel Manipulator", 2001 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, pp.63-68, 2001.7

他 25 件

#### 国内会議発表論文

1. 秋山 尊志, 李 周浩, 橋本 秀紀, "インテリジェント・スペースにおける人間位置同定に関する研究", 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会'01, p.2P2-E6, 2001.06
2. 森岡 一幸, 李 周浩, 橋本 秀紀, "ロボットを介した新しいコミュニケーションに関する研究", 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会'01, p.2P2-E5, 2001.06
3. 権田 晃平, 安藤 慶昭, 橋本 秀紀, "ハプティックインターフェースを用いた遠隔微細作業システム", 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会'01, p.2P2-C3, 2001.06
4. 橋本 秀紀, "空間知能化 - DIND によるインテリジェント・スペースの構成", 第 40 回計測自動制御学会学術講演会予稿集, 社団法人計測自動制御学会, p.109-A4, 2001.07
5. 森岡 一幸, Joo-Ho Lee, 橋本 秀紀, "インテリジェントスペースにおける人間歩行追尾ロボットの制御", 第 19 回 日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp.811-812, 2001.09

他 30 件

#### 著書

2 件

#### 総説・解説

7 件

#### 受賞

"AROB Achievement Award", The Eighth International Symposium on Artificial Life and Robotics (AROB 8th '03), 2003.1