

実世界情報システムプロジェクト アテンティブエンバイロメント研究グループ

木村文彦, 新井民夫, 高増潔, 鈴木宏正, 太田順, 山本晃生, 小谷潔, 杉正夫
工学系研究科精密機械工学専攻

佐藤洋一 生産技術研究所
新誠一 情報理工学系研究科システム情報学専攻

1 はじめに

アテンティブエンバイロメント研究グループは、生産環境における“人と機械との新しいインタラクション”をテーマとし、セル生産などの次世代生産環境における作業を支援するため、新しい知能機械システムの開発を目指している。このような新しい知能機械システムを“作業者に手を差し伸べる環境”として AE (Attentive Environment) について研究を行っている。

また開発のターゲットとして、組立作業の中心となる部品のハンドリング作業を柔軟に行うシステムを検討し、モーショントレイや情報提示、バイタルサインモニタを統合した Attentive Workbench (AWB) システムの構築を考えている。昨年度までに、主要構成要素について研究開発を行った。

平成 17 年度は、開発した主要構成要素のレベルを高めると同時に、これらの構成要素をどのように統合化するかを検討し、統合化へ向けた大枠のシナリオを検討した。以下、その概要について報告する。

2 AWB プロトタイプの開発

ここではセル生産などの次世代生産環境に対応できる新しい作業支援システムを考える上で、“作業者に手を差し伸べるシステム”をキーワードとしている。手を差し伸べるとは、機械が作業を代行するのではなく、人間が主体となって作業を行うが、負担が大きいつきにそれを軽減したり、ちょっとした手助けが欲しいときに、その意図を解して賢く手伝ったりするものである。

AWB の概要は、昨年度までの研究報告で示しているが、本プロジェクトでは AWB の有効性を

実証するためにプロトタイプ of AWB を開発している。本年度に開発された主な要素は次のようなものである。

- 平面リニアモータによる作業支援環境の構築 (6 台の平面リニアモータによる組立て作業の支援)
- ワイヤレス平面リニアモータの開発
- 組み立て作業の補助ツールの開発 (非接触ハンドリング, 静電モータ, パラレルメカニズム)
- バイタルサインモニタリングの新しい評価手法の開発
- 作業環境における人間との新しいインタフェースの基礎的な研究

3 研究実施体制

本研究グループは、さらに以下の 5 つのサブグループに分かれて研究を行っている。

- 新井・太田研究室 (精密機械工学専攻)
- 木村 (精密機械工学専攻), 鈴木研究室 (先端科学技術研究センター) および佐藤研究室 (生産技術研究所)
- 新研究室 (システム情報学専攻)
- 高増研究室 (精密機械工学専攻)
- 山本研究室 (精密機械工学専攻) (アイウエオ順)

さらに、次の 2 名の COE 特任助手が研究の中心となっている。

- 杉正夫 (精密機械工学専攻)
- 小谷潔 (精密機械工学専攻)

これらのサブグループが独立に研究を進めているのではなく、AWB としての統合を目標にして、情報交換や研究打ち合わせを行いつつ共同研究を実施している。

4 平成 17 年度研究成果

上記のサブグループの研究内容については、それぞれの研究報告に詳細を記述した。以下では、それらの成果を総括する。

4.1 主要な要素技術の進捗状況

平成 17 年度の新しい主要な要素技術の進捗状況を以下に示す。本年度はメカニカルな支援技術のバリエーションが増えたことと、人間と機械の新しいインタフェース技術が開発されたことが大きな成果といえる。

まず、メカニカルな支援技術として、以下の項目が開発された。

- 平面リニアモータによる作業支援
6 台のソーヤ式平面リニアモータ（図 1）を利用した作業支援環境を構築した，この環境において作業者とのインタラクションを考慮した作業支援実験が行える。
- 新しい平面リニアモータの開発
歯車車輪方式平面移動機構を提案し（図 2），完全なワイヤレス化可能な移動トレイシステムを構築することが可能となった。
- 組み立て作業の補助
組み立て作業を補助するツールとして，非接触ハンドリング，静電モータおよびパラレルメカニズムを開発した。特に非接触ハンドリングツールは，力覚提示と組み合わせることで作業者の組み立て作業を支援できる（図 3）。力覚に関しては，機械的な動作と力覚の関係のシミュレーションが行えるようになった（図 4）。

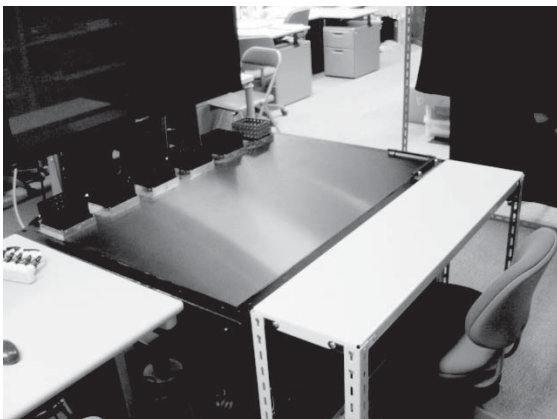


図 1 6 台のソーヤ式平面リニアモータによる作業支援環境

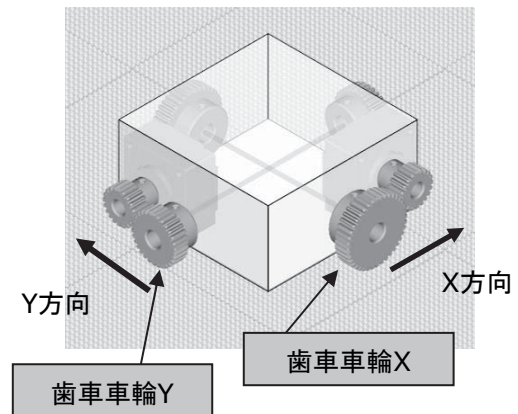


図 2 歯車車輪方式平面移動機構の構成

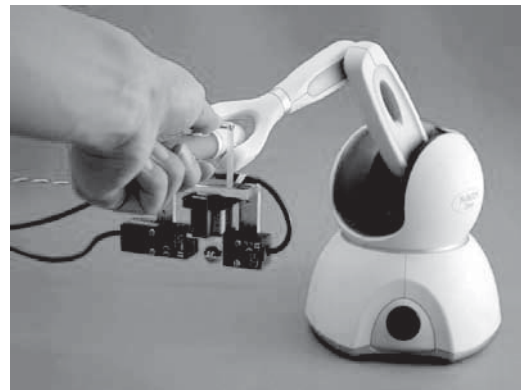


図 3 力覚提示機能付の非接触ハンドリングツール

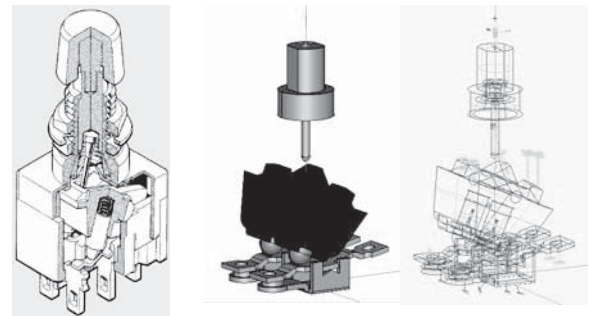


図 4 力覚シミュレーションのためのスイッチのモデル化

次に、作業者の状態をモニタし、人間と機械のインタフェースに関連しては、以下のような成果があった。

- バイタルサインモニタリング
新たに血圧測定を導入し、心臓血管系評価実験を行い、呼吸位相における血圧変動の評価が行えた。
- 人間とのインタフェース
人間とのインタフェースとして、バイタルサイン以外にも、人間の出す種々の音をウ

ウェーブレット変換して解析する手法（図5）や、指差しを認識する手法を開発した。

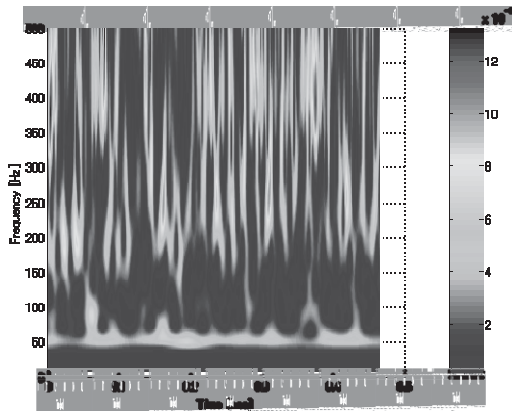


図5 音のウェーブレット変換

4.2 統合化への構想

以上のようなメカニカルな作業支援と人間と機械のインタフェースを考えると図6のような構造の作業支援環境（Attentive Environment）構築可能である。この環境では、作業者の状態を動作認識手法やバイタルサインモニタによって認識し、複数のメカニカルな作業支援ツールによって支援を行う。

本年度までに構築したこの作業支援環境を用いて、統合化を示すデモンストレーションを行うことを予定している。

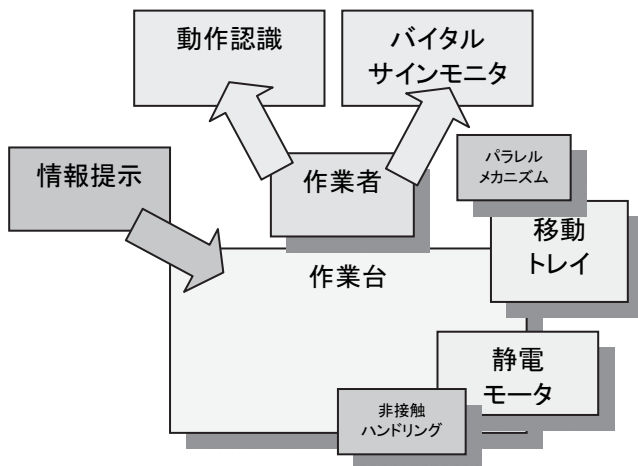


図6 AWBにおける要素技術の統合化の構想

4.3 精密工学会におけるオーガナイズドセッション

昨年度より引き続き、精密工学会においてAWBに関するオーガナイズドセッションを2回実施した。今年度は、杉、小谷の2名がオーガナイザーとし

て2回のオーガナイズドセッションを実施した。ここでは、合計16件の発表があり、そのうち外部からの発表者が8件（以下のリストで*はこの研究グループ以外からの発表）と半分を占め、この分野への関心の高まりが認められた。

- 2005年9月精密工学会秋季大会学術講演会オーガナイズドセッション「作業者配慮型生産支援環境」（9月17日、京都大学）
 - 平面リニアモータシステムの開発（第3報）ーワイヤレス移動トレイシステムの開発ー（東京大学）
 - 卓上作業支援システムにおける指差しインタフェースの実装（東京大学）
 - 作業時における生体負荷の評価（第4報）ー作業下で想定される外乱の影響の評価ー（東京大学）
 - 双腕マニピュレータの動作計画に関する研究（*首都大学東京）
 - 耐ノイズシールドの巻線構造化とその組立装置の開発（*オムロン）
 - 力覚による機構挙動の評価手法（第2報）ー押しボタンスイッチの検証ー（東京大学）
- 2006年3月精密工学会春季大会学術講演会オーガナイズドセッション「作業者配慮型生産支援環境」（3月17日、東京理科大学野田キャンパス）
 - 平面リニアモータシステムの開発（第4報）ー平面リニアモータを用いた6自由度パラレルメカニズムー（東京大学）
 - 人間支援型生産システムの実装と評価（東京大学）
 - 卓上作業支援システムのための人間ー自走式トレイ間の物体受け渡しー（東京大学）
 - 力覚による機構挙動の評価手法（第3報）ー力覚提示した挙動と実機構挙動の比較評価ー（東京大学）
 - 振動感覚による作業情報提示の基礎的検討ーステップ変化の認識率による提示条件の検討ー（*千葉大学）
 - サブミリフィングの試作（*新潟大学）
 - 生産システムにおける製造実行と機器制御との密な情報統合（第4報）ーDNC回線監視方式による稼働進捗の把握手法ー（*機械振興協会、アドー・ジャパン、東洋大学）
 - 自律分散型生産を志向した加工エージ

- エンタシステムの開発ー工具経路生成モジュールの開発ー（*電気通信大学）
- ▶ ウェアラブルセンサによる人間の行動認識システムに関する研究（第1報）ーシステムの基本設計ー（*東京大学，オリンパス）
- ▶ ブルートゥースを用いた屋内位置計測に関する研究（第2報）ー位置精度向上手法の検討ー（*東京大学）

4.4 教育における研究成果の活用

2名の特任助手により，以下のような大学院および学部教育を行い，教育において研究成果を有効に活用した。

- バイタルサイン取得によるバイオフィードバックと統計物理解析（2005年4月19日，精密機械工学専攻大学院講義，小谷）：
生体情報を常生活下で長時間取得できるようになりつつあることを紹介した，日常生活下でバイタルサインを計測する支援の形態（リアルタイムフィードバック，長期データの統計物理解析）について解説した
- 次世代生産システム（2005年5月31日，精密機械工学専攻大学院講義，杉）：
生産システム，特に組立システムの概論，歴史的経緯と現在の動向を解説した，研究の事例紹介（自律分散型ロボット組立システム，作業支援型セル生産システム）を行った
- 次世代生産システム（2005年12月20日，システム創成学科講義，杉）：上記とほぼ同じ内容

5 次年度の研究計画

平成17年度の研究を通じて，各研究課題とそれに対するアプローチが明確化され，各要素の完成度が向上し，統合化への検討が行われつつある。平成18年度は，統合化を実施するためのシナリオを明確にして，統合化に問題となる要因の解決を図ることが重要となる。特に複数の要素間の連携およびインタフェースを実装することが必要となっており，これを集中的に整備する。具体的には，以下の項目について研究を行う予定である。

- 生産方式の検討とシナリオ作成：いくつかの例題作業などについての検討を進めて，デモ用のシナリオを作成する。このシナリオに対応して，各要素の接続方法のとして，各要素間を結びつけるプロトコルを整備し，

接続方法を決定する。

- 各要素技術のインタフェースを整備し，統合化デモが確実に実施できる状態にする。
以上の2つの重点に対応して，以下の各要素の技術的な整備をおこなう。
- バイタルサインモニタリングシステムの開発：実時間でのデータ取得とそのインタフェースの確立
- 自律分散型トレイ制御システムの開発：作業計画からトレイの動きを制御するシステムのインタフェースの整備，システムのロバスト性の向上
- AWBの評価実験：設定されたシナリオに基づき，トレイシステムと情報提示系，ビジョン系などの接続実験を行う

6 おわりに

平成17年度は，平成16年度に引き続き導入した装置が完全に稼動するようになり，各要素の技術が向上した。さらに，新しい技術の開発を含めて統合化に向けての準備が各グループで行われた。平成18年度は最終年度として，統合化の作業を仕上げる段階であるので，そのための準備が充分できた。その点において，二人の特任助手は，プロジェクトの中心として研究を推進し，また，全体の融合プロジェクトにおいても重要な役割を果たしている。

また，武田先端知ビルに研究室を確保でき，このスペースを非常に有効に利用することで本グループ内の研究推進のみならず，本融合プロジェクトのセンターとなれるように活動をさらに活発化させたことが大きな成果であった。

（文責：高増潔）