

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
吉野治香、平田飛仙、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

本グループは、精密機械工学専攻が中心となって、主として、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、特に、セル生産を想定した作業を支援するための新しい知能機械システムとして、“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。また開発目標として、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)システムを開発している。本年度は、主要構成要素について研究開発を行った。以下、その概要について報告する。

2. Attentive Workbench (AWB)

ここではセル生産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、作業はあくまでも人間が主体となって行うが、負担が大きいと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、その意図を解して手伝ったりするものである。

このような作業支援システムを実現するには、次のような機能が必要となる。

- 作業者の状態認識機能
- 作業意図の認識
- 支援動作計画機能

このようなシステムを実証的に研究するために、本プ

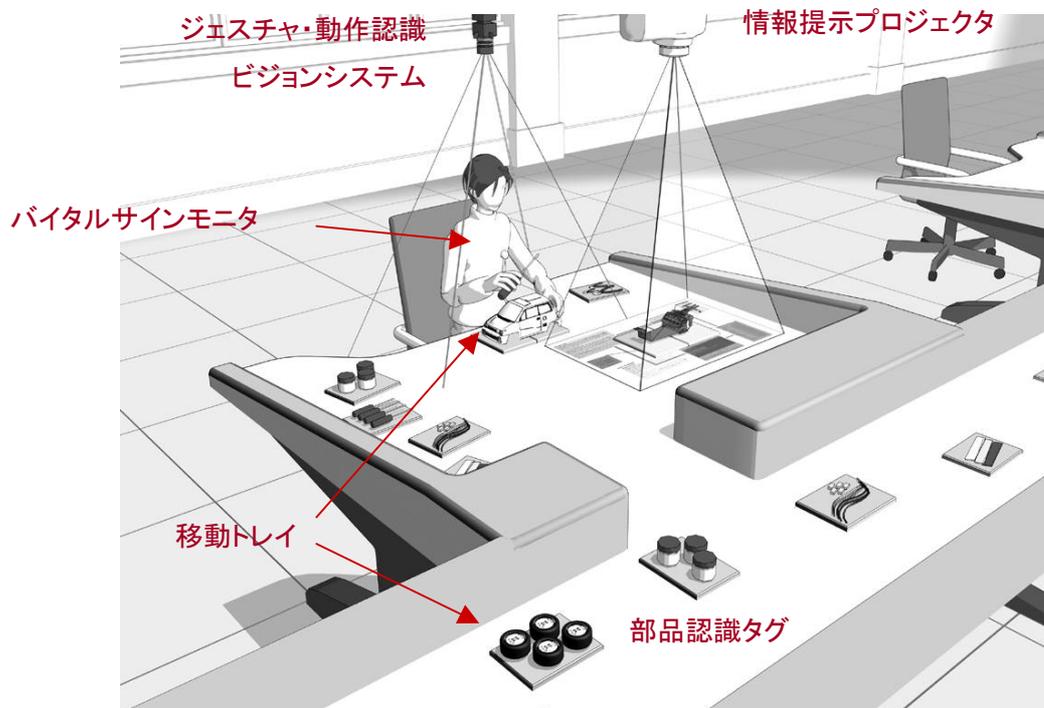
ロジェクトでは、Attentive Workbench を開発している。この装置の構成は次のようなものである。また構成図を次ページに示す。

- **移動トレイシステム**: 平面リニアモータで駆動される多数個のトレイがあり、道具や部品を運んだり、保管したりし、作業に応じて部品を供給したり、工程間の物流を行う。また、アタッチメントをつけて道具になったり、協調動作によって大きなものを運んだりする。
- **作業認識センサ**: 人間の心拍数や呼吸をセンサするバイタルサインモニターや、動作を認識するビジョンシステムからなる。
- **情報呈示プロジェクタ**: 工程の進み具合や作業者の心理状態などをふまえて、的確な作業状況や作業指示などの情報を呈示する。
- **部品認識タグ**: 環境内の部品や道具を識別することによってコンテキストを設定するためのタグ

3. 研究実施体制

本研究グループは、さらに以下の五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・鈴木研究室(精密機械工学専攻)及び佐藤研究室(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)



AWB の概念図

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. 15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を参考にして欲しい。以下では、それらの成果を総括する。

1) 新たに得られた学術的知見には以下のようなものがある。

- 作業時における生体負荷の評価技術において呼吸位相領域の解析手法が従来の生体負荷評価手法よりも有効である可能性の提示
- 作業中の人間の自然な動きの中から作業工程の進捗や作業者の意図を認識する課題の抽出
- 多数のトレイを Just-in-time に制御するスケジューリング課題の抽出
- TPO(Time, Place, Occasion)に応じた機械の振る舞いを Context Awareness と呼び、こ

の鍵としてRFIDが重要を利用し、振動、音、画像などの計測との組み合わせる方式を提案

2) 研究によって達成した重要ポイントとしては次の項目が挙げられる。

- 作業時における生体負荷の評価技術として心拍変動から副交感神経活動を評価する手法を作業負荷時へ適用する基礎的な実験が成功した。
- 拡張机型インターフェースを用いた Attentive Workbench のデモシステムを試作し、作業支援のイメージデモンストレーションを行った。
- 非同期に発生する複数タスクの迅速な実現とモーショントレイ同士の効率的な相互干渉回避とを両立させる群制御による動作計画手法を提案した。
- センサ情報による指差し方向の推定と作業者の行動履歴に基づいた次行動の推定とを Dynamic Bayesian Network を用いて統合し、人間のあいまいな指差し動作から対象物を精度よく推定することを実現した。
- Context Awareness の概念にそって機械が

動作するための API の基本機能を明確にするのととともに、世界的なミドルウェアの標準化団体である **OMG(Object Managing Group)** で機械を情報世界に取りこむ仕組みを標準化した。

- **AWB** における軽量物搬送用アクチュエータとして静電フィルムアクチュエータの開発を行った。複数の搬送物を 2 自由度で独立に駆動できるシステムを考案した。

3) プロジェクトの特記事項として、(社) 精密工学会において、以下のように **AWB** に関するオーガナイズセッションを 2 回実施 (内 1 回は実施予定) したことが挙げられる。

- 2003 年 10 月(社)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「作業者配慮型生産システム」
 - 作業者配慮型生産システム—第 1 報 研究概要—、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、佐藤洋一、新 誠一、
 - 作業者配慮型生産システム—第 2 報 拡張机型インタフェースと移動ロボットの統合による強化作業環境—、前田俊之、鈴木宏正、佐藤洋一、木村文彦
 - 作業者配慮型生産システム—第 3 報 作業時における生体負荷の評価—古川 健太、小谷 潔、高増 潔
 - 作業者配慮型生産システム— (第 4 報) 平面リニアモータを用いた駆動機構の開発—、陳 欣、小谷 潔、高増 潔、
 - 作業者配慮型生産システム—第 5 報 モーショントレイとエンハンスドデスクを用いたシステムの実装—、杉正夫、田村雄介、太田 順、新井民夫、高増 潔、鈴木宏正、佐藤洋一
- 2004 年 3 月(社)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「作業者配慮型生産システム」
 - 作業者意図の理解に基づく卓上作業支援システム、田村雄介 (東京大)、杉 正夫、太田 順、新井民夫、高増 潔、鈴木宏正、佐藤洋一、
 - 人間支援型生産システムのための自走式トレイ群の運動制御、杉 正夫、田村雄介、太田 順、新井民夫、佐藤洋一、高増 潔、鈴木宏正
 - 2 台の **EnhancedDesk** を用いた協調作

業環境に関する研究、村上美和、鬼頭哲郎、岡 兼司、佐藤洋一、小池英樹、中西泰人、鈴木宏正、杉 正夫、

- 作業時における生体負荷の評価、小谷 潔、古川健太、高増 潔
- 平面リニアモータシステムの開発、陳 欣、小谷 潔、高増 潔
- 薄型平面静電アクチュエータによる軽量搬送物駆動システム、山本晃生、吉岡久智、樋口俊郎、

4) 2003 年度に出版した代表的な論文には以下のようなものがある。

- K. Kotani, K. Takamasu, Y. Ashkenazy, H. Stanley and Y. Yamamoto: Model for Cardiorespiratory Synchronization in Humans, *Physical Review E*, Vol. 65, 051923, 2002, 1-9
- 小谷 潔、古川健太、高増 潔: 呼吸情報に着目した高精度な呼吸性洞性不整脈の抽出法, *生体医工学*, Vol.41, No.3, 11-18
- 鮫島、河野、足達、松野、新: 構造化データフィールドアーキテクチャと情報制御システムの稼動中移行、計測自動制御学会産業論文集, vol. 2, no. 6, pp. 42-48 (2003)
- 西嶋、山本、樋口、稲葉: 「柔軟な構造を有する静電フィルムアクチュエータの開発 — 推力特性評価 —」*精密工学会誌*, Vol. 69, No. 3, pp.443-447 (2003)

5. 次年度の研究計画

平成 15 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、研究の進捗を見ているので、平成 16 年度は、それを継続し、統合を行う。また、研究の展開を通じて、装置等の拡張も必要となっており、これも順次整備する。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いるが、デモ用のシナリオの詳細化を行う。
- **バイタルサインモニタリングシステムの開発**
特に作業者の負荷評価手法について研究する。
- **ビジョンによるジェスチャーからの作業意図の認識**
作業者の腕の動作は、ビジョンシステムによる画像から認識される。組立作業の基本動作において、自然な動きから作業意図を認識する手法を開発する。
- **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アーキテクチャを考案し、これに基づくシステムを開発する。

- トレイ駆動装置の開発**

基本的な性能実験の結果に基づき、より複雑な動きを実現する。

- トレイ駆動アクチュエータの開発**

静電気力などを用いたアクチュエーションによって、より簡易な構造でトレイ等の搬送を可能とする駆動システムを試作する。

- 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。その準備段階に沿って、いくつかの評価実験を行う。

8. おわりに

15 年度は、14 年度に導入した装置が稼動するようになり、それを用いた実験が本格化した。今後、統合やデモに向けて、研究をさらに本格化させる必要がある。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、本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ことは大変頼もしい。また、武田先端知ビルに研究室を確保できたので、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る予定である。

(文責：鈴木宏正)