

AWB 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
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

概要

本グループは、精密機械工学専攻が中心となつて、本 COE のために新規に立ち上げたプロジェクトを実施するものである。ここでは主として、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システム”について研究する。さらに、具体的な開発目標として、組立作業の中心となる部品のハンドリングを柔軟に行うシステムを検討し、Attentive Workbench (AWB)システムという概念を提案した。本年度は、システムの概念設計を進めるとともに、その要素技術の検討や、装置の準備を行った。

1. グループ形成の目的

精密機械工学専攻(以下、本専攻)は、21世紀 COE “情報科学技術戦略コア”に、工学系研究科から唯一参加した専攻であり、上記の本専攻の教官は本 COE の三つの融合プロジェクトの内の“実世界情報システムプロジェクト”に参加することとなった。

本専攻では、COE の趣旨にのっとり、それを機会として、研究室や専攻の壁を越えた共同研究を行うことを目的とした。さらに各教官の個々の研究の寄せ集めただけではないような共同研究を実現するために、本 COE 向けに、テーマ選定から始まる議論を行い、標記プロジェクトを新たに立ち上げた。

本専攻は、“生産”をキーワードとして、その情報化や知能機械に関する分野を研究している。そこで、本融合プロジェクトのターゲットである“人と機械との新しいインタラクション”の下に、以下で述べるような生産環境で作業者を支援する知能機械のあり方について研究を行うことにし、具体的な課題として、AWB と呼ばれるシステムを開発目標として、まずは各機能を分担して研究することとした。

また、研究計画を進める中で、生産技術研究所の佐藤及び情報理工学系研究科システム情報の新、これら両教官とのコラボレーションが実現した。なお、両教官とも本 COE のメンバーである。

2. 背景

我国の製造業では、生き残りをかけて、更なるコスト低減や時短、多品種少量化、垂直立ち上げなどを実現すべく、家電・情報機器産業等を中心として、セル生産方式(屋台生産方式)の導入が盛んである。生産性の観点から見れば大きな効果があるが、個々の作業者の能力に依存する部分が多く、良質な労働力の確保が鍵となる。しかし、若年労働者の製造業離れは一層進んでおり、工場作業者の高齢化は、今後避けられない状況にある。そこで、どのような労働者でも、その年齢や個性、能力に拘らず、標準的なレベルの仕事ができ、かつ達成感の得られるような生産方式が求められている。

生産方式を改善するアプローチには、マネジメントの改善や個別の工程の工夫など様々なものが考えられるが、本研究では知能機械システムの導入に

よる実現を目的とする。従来、製造プロセスには、産業用ロボットや専用自動化機械のように、多くの知能機械システムが導入されてきたが、セル生産方式のように作業者がそのスキルを100%発揮して作業を行うようなタスクに対して、どのような知能機械システムを導入すればよいかは明らかではない。

一方、知能機械による人間の支援に関する研究が活発であるが、これらは主として家庭や医療・介護などの場を対象としており、概念的には、製造業でいうところの従来型の「機械化・自動化」を目指しているにすぎない。製造システムでは、この段階はすでに達成されており、次の段階としての、人間と機械が調和した製造作業支援における知能機械のあるべき姿の追求が課題となる。

3. 作業者に手を差し伸べる生産システム

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のに、最も重要なポイントは、作業者を認識することである。つまり、次のような機能が必要となる。

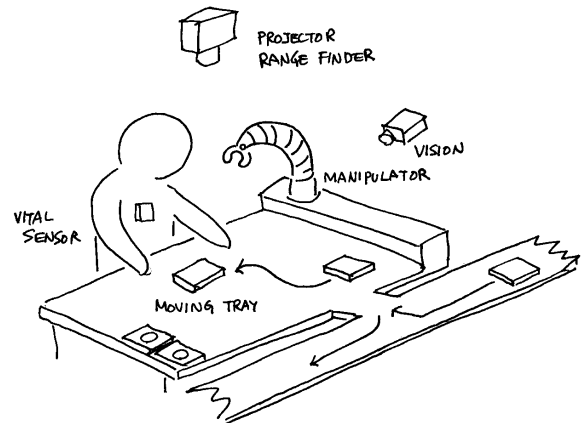
- 作業者の状態認識機能：作業者の疲労やストレスを認識したり、さらには、高齢者などの肉体的弱点を把握する機能。
- 作業意図の認識：作業者の動作などから、作業の習熟度や、どのような作業を行おうとしているのかを解釈する機能。

このような機能は従来の製造ラインの自動化装置には全く欠如していたが、これがあって初めて、例えば、疲労している作業者が重量物を運ぶ時にはそれを補助したり、未熟な作業者には段階的に作業情報を提示したりするような「人に手を差し伸べる」機能が実現できる。このためには、

- 支援動作計画機能：認識情報をもとに、知能機械が適切な支援を計画し、実行する機能が重要となる。

4. Attentive Workbench (AWB)の試作

さて、人に手を差し伸べるためには、何らかのアクチュエータが必要となる。上述のように、どのような方式が作業支援にとって最適であるかは分かっていないが、本研究で提案する概念を更に追求し、また評価・検証してゆくために、システムを試作する。最初



Attentive Workbench (AWB)

のシステムの計画立案には NEC 社からの協力を得て、セル生産における組立作業の中心となる部品のハンドリングを柔軟に行う装置を検討し、上図のような **Attentive Workbench** を開発する。“attentive”とは、“注意深い”とか“気が利く”という意味である。この装置の構成は次のようなものである。

- 移動トレイシステム：平面リニアモーター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モニターするバイタルセンサーや、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。単にディスプレイ上の映像として情報呈示するのみならず、紙媒体の作業指示書を必要に応じて作業者のもとに搬送し呈示したり、部品の手触り情報を触感呈示するなど、より作業者にとって親しみやすい情報呈示を行う。
- 部品認識タグ：環境内の部品や道具を識別するためのタグ

これを、屋台生産に適用し、作業手順を認識し、次々に必要な道具と部品を提供し、また不要なものを片付け、さらには作業済みの製品を次工程に送る。また、作業者の誤りを早期に発見し修正指示を呈示したり、疲労やストレスの程度に応じて、支援方法を変更する。このような実験を通じて、作業支援の在り方を明らかにしてゆく。また、機械製造以外の他分野への可能性も追求する。

5 . 研究体制

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)

なお、研究の取りまとめは、鈴木が行った。また、外部より、研究協力者として、

- 久保田紀行 (NEC・生産技術研究所)
 - 持丸正明 (産総研・デジタルヒューマンラボ)
- の両名の参加を得ており、COE の支援により 2 名の RA
- 杉正夫(精密機械工学専攻)
 - 小谷潔(精密機械工学専攻)
- も研究に参画した。

6 . 14 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たい。以下では、それらの成果を総括する。14 年度は、来年度からの本格研究を実施するため、概念の明確化や、装置の準備を行った。

- 生産方式の検討とシナリオ作成
「作業者に手を差し伸べる」という考え方の妥当性については、NEC 社の協力を得て、工場の視察などを行い、検討を行った。実生産環境の現状から、そこに本研究で計画中の AWB(Attentive Workbench)を適用するには、まだまだ多くの課題があるが、実証的に研究を進め、その適用可能性を提案してゆくことの重要性を認識した。
そのため、次年度以降に行う AWB の評価実験のためのシナリオについて、さらに検討を継続する。
- 平面サーボステージの導入と実験環境整備
平面サーボステージシステムを導入し、さらに基本的な改造を加える準備を行った。
- 作業者のバイタルセンシングシステムの開発
作業者の疲労やストレスなどをセンシングするために、作業者の心拍変動からストレスと疲労を実時間で推定する計算法に関する研究を行った。
- 作業動作・環境認識用ビジョンシステムの開発
佐藤研で研究されている Enhanced Desk システムを用いて、ビジョンシステムによって入力された画像から、作業者の移動や腕の動きなどを実時間で認識

し、さらに作業者の意図を把握する手法を試作によって検討を行った。

- トレイ制御システムの試作
また、それを検証するために、小型の移動ロボットを Enhanced Desk に導入し、ジェスチャーによってそれを制御する実験を行った。
- 物体搬送アクチュエータの開発
サーボステージに加えて、比較的軽量物を搬送するための静電アクチュエータなどに関する基礎的な研究を行った。
- 部品タグの導入
部品を認識するための RFID タグを導入し、その基本的な動作確認を行った。

7 . 次年度の研究計画

平成 15 年度は、研究を本格化させ、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
平成 14 年度に継続し、実験シナリオの作成を行う。また、デモ用のシナリオの詳細化を行い、下記の要素開発と連携しながら、デモの準備を行う。
- バイタルセンシングシステムの開発
「作業者に手を差し伸べる」生産支援において、作業者の生理的な状態および作業者の意図をモニターすることが重要である。二つの目的に対応したバイタルセンシングシステムを構築し、その有効性を確認する。
- 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。組立作業などにおいて、いかに自然なジェスチャーで、作業意図を提示できるかがポイントになる。
- 自律分散型トレイ制御システムの開発
どの部品をどの瞬間のどの場所に移動すると作業支援が可能となるか、という要請を作業計画から設定し、トレイを制御する。これらの要請は時にはほぼ同時並行的に発生するものである。このような状況は、時系列的に発生する作業要求に対して、複数個の搬送主体(トレイ)のどれが搬送を実現し、どのような経路で目的地まで到達するかという問題にモデル化し、解く。
- トレイ駆動装置の開発
平面サーボステージを元に、複数のトレイが自由に平面上を動き回れるシステムを構築する。まず、2 台のトレイを有線で駆動し、システムの設計指針を得るための基礎実験を行う。また、無線制御の準備を行う。
- 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し基礎実験を行う。

- AWB の評価実験

設定されたシナリオに基づき、AWB の準備段階に沿って、いくつかの評価実験を行う。そのために、実際の製造工程からの部品などを用意し、また実際の作業者の協力を得て実験を行う。実験にしたがって、AWB の人間認識能力や、移動トレイなどによる支援方式を評価する。なお、これは中間評価にあわせて前倒しで行うことを予定している。

- 他分野への適用性の検討

AWB の多分野(特に、作業台を使う、日常の食事や、さらには化学や生物分野の実験や農業など)への展開の可能性を検討する。

8 . おわりに

14 年度は、プロジェクトの準備期間として、概念の明確化や、要素技術の検討、装置・部品の導入を行った。繰り返しになるが、本プロジェクトは、本 COE に向けて新規に立ち上げたものであり、もちろん各教官のこれまでの研究成果をベースとはしているものの、基本的に新規課題への取り組みと成っている。その意味では、短い期間にも関わらず、順調なスタートを切れたと考えている

来年度は、装置を組み上げ、AWB システムを実現する年であり、我々の目指す融合研究の真価が問われると考えている。

(文責 : 鈴木宏正)