

京都大学教育研究振興財団助成事業
成果報告書

平成23年10月 7日

公益財団法人京都大学教育研究振興財団
会長 辻 井 昭 雄 様

所属部局・研究科 工学研究科・機械理工学専攻

職名・学年 助教

氏 名 堀口 由貴男

事業区分	平成 22 年度 ・ 長期派遣助成		
研究課題名	人間機械系設計のための認知的作業分析技術の開発		
受入機関	ウォータールー大学		
渡航期間	平成 22年 9月 29日 ~ 平成 23年 9月 29日		
成果の概要	タイトルは「成果の概要／報告者名」として、A4版2000字程度・和文で作成し、添付して下さい。「成果の概要」以外に添付する資料 <input checked="" type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有()		
会計報告	交付を受けた助成金額	2,550,000 円	
	使用した助成金額	2,550,000 円	
	返納すべき助成金額	0 円	
	助成金の使途内訳 (使用旅費の内容)	渡航費	200,000 円
		滞在費	2,350,000 円

研究目的

ものづくり分野をはじめとして、さまざまな領域で自動化技術がプロセスの精度や信頼性の向上、省力化に大きく貢献しているが、自動化の動作は想定された仕様の範囲内に限定され、それを超える変動の発生に対しては人による介入を必要とする。プロセスを構成する複数の機能要素間にある複雑な相互作用の調節が求められることから、自動化がはたらく機械システムへの介入には高度な認知的作業スキルが欠かせない。この種のスキルはシステムが発揮する機能の実現方法と密接な関係にある。そのため、作業者のスキルの向上や管理作業の脱スキル化を実現するには、作業の要となる、機能の実現に関与する因果的構造やコントロール構造を明らかにしなければならない。しかし、このための分析作業は分析者頼みの発見的な方法に依存しているのが現状である。本研究では、これをシステムティックに進めるための認知的作業分析技術の開発に取り組んだ。

認知的作業分析技術の研究動向

開発の基礎技術として、Rasmussen や Vicente らによって体系化された認知的作業分析 (Cognitive Work Analysis; CWA) のフレームワークに着目した。CWA は、複雑な社会・技術システム (socio-technical system) を運用する上で人や組織に求められる認知的活動の諸相を図式化に基づいて分析・整理するためのフレームワークで、Vicente (1999) の定義によれば、以下の 5 つの分析ステージからなる。

1. Work Domain Analysis (WDA)
2. Control Task Analysis (ConTA)
3. Strategies Analysis
4. Socio-Organizational Analysis
5. Worker Competencies Analysis

本研究ではまず、自動化・自動制御を含むシステムに対する CWA の適用状況について、先行研究事例の調査を行った。その結果、取り組みは 3 つのアプローチに分類されることを明らかにした。1 つ目は、制御されるシステムのそれに加えて、制御するシステムのもつ機能的な目的-手段関係 (因果的構造) を WDA によって整理するものである。その次は、制御システムが果たすコントロール構造を ConTA によって整理するものである。いくつかの研究例では、これら 2 つのアプローチを組み合わせる用いることが検討されている。ただし、いずれの取り組みも散発的で、システムの分析にあたりこれらを組み合わせることの意義については議論されていない。最後のアプローチは、WDA をベースとして記述モデルを独自に拡張し、制御を内包したシステムの機能を記述するものである。このような拡張の意図は、WDA が制御システムのコントロール構造を記述の対象外としていることへの対応にある。

上記のいずれの研究例においても、分析結果の検討が十分になされておらず、それらがシステムの改善や人間-機械間のインタラクションの設計にどのように活用できるかについ

では展望を示すに留まっている。また、分析の対象となる自動化は特殊な性質をもったものばかりで、人との協働が求められる自動化システムを対象に広く適用可能な知見を示した研究事例はまだない。そのため、自動化を含むシステムの分析技術は研究の余地が大きい領域といえる。

熱間圧延工程の認知的作業分析

次いで本研究では、高度な自動制御が多数導入されて複雑なコントロール構造を形成する一方で、依然としてオペレータによる介入操作が必要とされる熱間圧延工程を具体例として、CWAに基づくプロセスの分析と分析技術の改良に取り組んだ。

まず WDA を実施し、熱間圧延工程を構成する機能要素間の目的－手段関係を抽象度の階層 (Abstraction Hierarchy) の形式に整理した。この結果を図 1 に示す。その後 ConTA を実施し、プロセスのコントロールに関与するオペレータの情報処理活動を意思決定の梯子モデル (Decision Ladder) を用いて整理した。さらに、オペレータよりも密にプロセスのコントロールに関与する自動制御システム群の動作についても同様に、梯子モデルを用いて分析した。これらの分析結果に基づいて、圧延プロセスと自動制御システム群の両者のはたらしを監視するオペレータが種々の状況を的確に判断するのに必要な情報のリスト (Information Requirements; 情報要件) を抽出することができた。

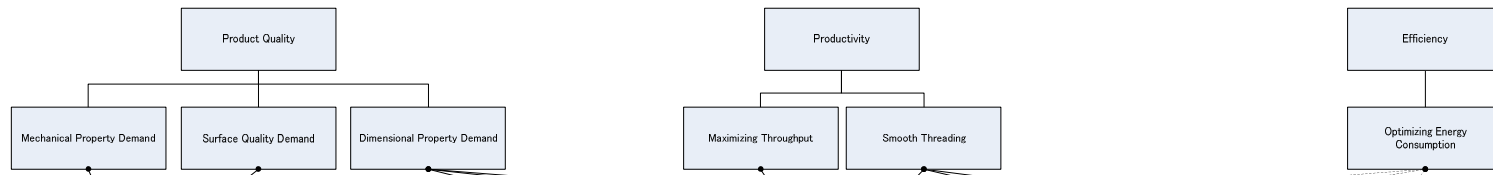
さらに本研究では、プロセスの監視・制御タスクにおいて、オペレータと自動制御システム群がどのようにプロセスに関与しているかを概観できるように、WDA で得られた圧延工程の機能モデルと、ConTA で得られたオペレータと自動制御システムの意思決定モデルの接続関係を整理した。この結果の一例を図 2 に示す。このような図式によるコントロール構造の整理によって、WDA から得られる情報要件と ConTA から得られる情報要件の違いを検討することができた。加えて、自動制御システムの情報処理プロセスを ConTA で分析したのみでは、制御システムの動作を状況変化に合わせてチューニングする際に必要な情報が十分に特定できないことを明らかにした。

まとめ

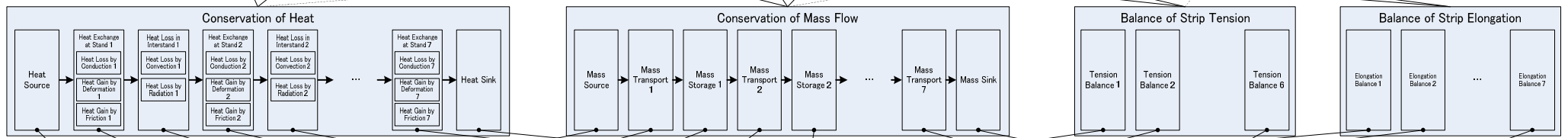
自動化を含む機械システムの運用・管理に関して、オペレータ支援技術の開発に必要な認知的作業分析技術の研究動向調査と分析技術開発に取り組んだ。分析技術として体系化が最も進んだ CWA においても自動化を含むシステムの分析は十分に組み込まれておらず、理論研究としても応用研究としても研究の余地が大きいことを確認した。また、WDA と ConTA という CWA 内の 2 つの分析技術を組み合わせて使用することで、認知的作業に必要な情報がどこまで特定できるかを具体例の分析から明らかにした。

今後も Burns 教授と連携して認知的作業分析技術の開発に取り組む予定である。CWA の 5 つの分析ステージすべてを現存する複雑な機械システムの分析に応用した例はないため、Strategies Analysis など、他のステージの分析を進める意義は大きいと考える。また、情報要件をインタフェース設計に具体化する過程に大きな障壁が存在するため、この部分の技術開発についても検討を進める予定である。

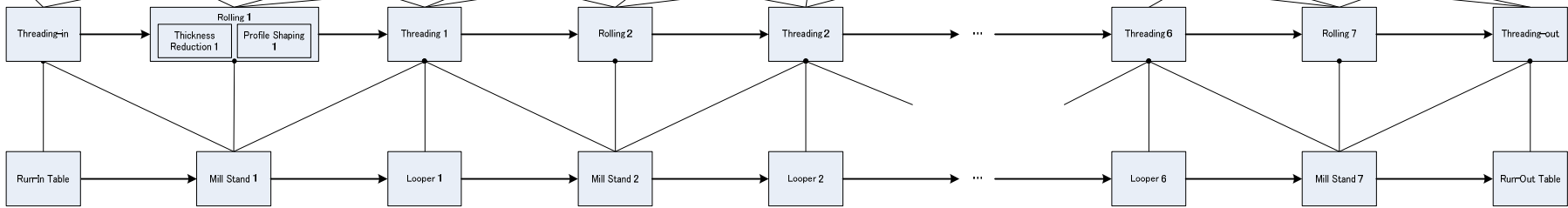
Functional Purpose



Abstraction Function



Generalized Function



Physical Function

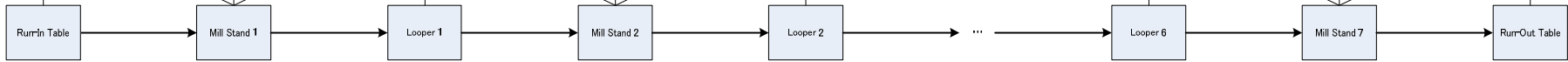


Figure 1: Abstraction hierarchy of finishing mill process

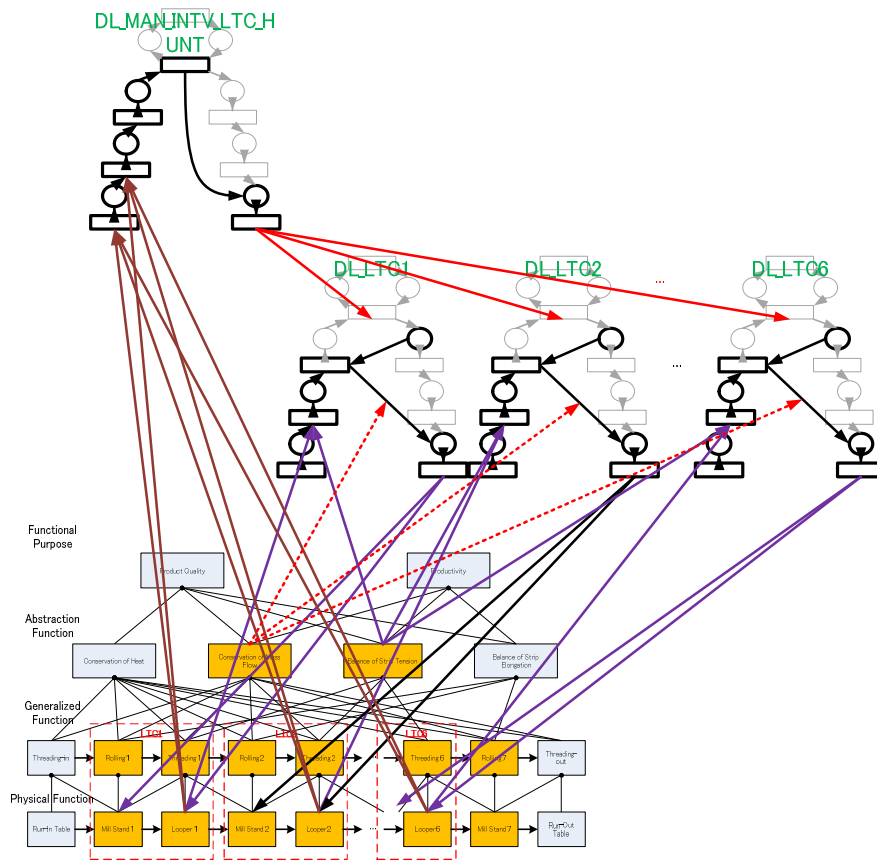


Figure 2: Visualization of interactions between process being controlled, human operator, and automated control systems