

審査の結果の要旨

氏名 劉 峭

本論文は、プロセスシステムの機能情報を情報提示画面上に可視化することにより人の認知特性に整合したインタフェース設計を行う方法について提案したもので、7章で構成される。

第1章では、プロセスシステムのインタフェース画面に関する従来の設計概念を概観し、その問題点を論じている。従来の情報提示画面は、主にセンサと1対1に対応したプロセス量をシステムのみミック線図上に提示する設計概念に基づいているが、この設計法では高度に複雑化した最新のプロセスシステムには十分対応しきれなくなっている。すなわち、(1)運転員に期待されるタスクにとって意味のある抽象情報が明示的に提示されていないこと、(2)システム状態を同定するためには運転員が多数の提示情報を頭の中で統合しなければならず、心的負荷が高いこと、(3)情報の提示形態が必ずしも人の認知特性に配慮して設計されていないことなどを問題点として指摘している。このような問題を克服するために、多くの研究者からエコロジカルインタフェースなど一連の先進的インタフェース概念が提案されてきた。これらは、いずれもシステム機能などの抽象情報を明示的に提示することによって、従来型インタフェース設計の欠点を克服しようとするものであるが、設計のための具体的で包括的な方法論が確立していないこと、主に物理プロセスのインタフェースを対象としており現代のプロセスシステムで重要な役割を担っている自動制御系を考慮していないこと、単一画面への集約表示を目指していて大規模複雑システムで不可欠な複数画面構成について配慮していないことなどが問題であるとしている。そして、本研究の目的を、これらの問題点に応えるような先進的インタフェース設計の方法論を提案し、その有効性を確認することであるとしている。

第2章では、本論文で提案するインタフェース設計手法の基礎となる、プロセスシステムの機能モデリングの方法が述べられている。まず、機能モデリングの基礎となる、目標、機能、振舞い、構造の概念を定義し、これらを手段目標階層に位置付けた構造としたシステムの機能モデル表現を提案している。機能モデリングは工学的専門知識を要する作業であるが、この作業を形式的に一貫性をもって行うために機能の基本単位を表す機能素の概念を導入し、つぎにプロセスシステムの機能モデリングにとって必要十分な機能素集合を定義した。まず、過去の機能モデリングに関する研究を比較検討し、その不足を補完する形で物理プロセスに対する機能素集合を、さらに制御理論や産業現場で用

いられている制御システムを参考に、制御システムに対する機能素集合を提案している。最後に、提案した機能素集合を用いてシステム機能を表示するための構文を提案している。

第3章では機能モデル中の各機能を、インタフェース画面上の表現にマッピングして可視化する手法について説明している。機能はある物理的制約に対応しており数理的制約式に表現可能であり、これを幾何学的な制約に対応させれば画面上で視認可能な表現として提示できるとしている。また、機能モデル中で頻繁に現れ、かつ運転員にとって認知的にまとまって認識される機能素の組合せパターンを表示するものとして、機能マクロの概念を導入し、画面の節約と認知性の向上を図っている。最後に、機能素の情報提示形式のライブラリをデザインする際のガイドラインと、機能モデルから画面構成を決定するための変換アルゴリズムを示している。

第4章では、物理プロセスと制御システムに対する機能素集合の各機能に対して設計した情報提示形式について、数理的制約式と対比させながら解説している。

第5章では、提案したインタフェース設計法を2つのシステムに適用することを試みている。物理プロセスへの適用例としては、燃焼ボイラとラジエータによる集中暖房システムが取上げられており、「室温を設定温度に保つ」という頂上目標をトップダウンに分解することによって当該システムの機能モデリングを行い、さらに画面構成の決定を行っている。制御システムへの適用例としては原子力発電所のタービン制御系を取上げ、対象の機能モデリングと画面構成の決定を行っている。このシステムは、実際の原子力発電所で使われているプロセス制御系の中で、最も複雑な機能を持つものの一つである。さらに、タービン系、タービン制御系の簡易シミュレータとそれに対するインタフェース画面を実際に作成し、複雑な現実的システムに対して機能を可視化した階層型複数画面によるインタフェースが実現可能であることを確認している。

第6章では考察であり、本研究で提案された設計手法の利点を整理するとともに、機能モデリングの難しさ、機能素集合の不完全性、複数画面のナビゲーションなどが未解決の研究課題であることを論じている。

第7章は結論であり、プロセスシステムの機能情報を可視化して運転員に提示するインタフェースの具体的かつ包括的な設計方法論を提案し、その有効性を実システムへの適用によって確認したと結論づけている。

以上のように、本論文は機能モデリングに基く認知的インタフェース設計の新しい方法論を提案しており、認知システム工学の発展に寄与するものであり、よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。