

氏名	しお せ たか ゆき 塩 瀬 隆 之
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学位記番号	論 工 博 第 3734 号
学位授与の日付	平 成 15 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	分 類 子 学 習 に 基 づ く 対 話 型 技 能 継 承 支 援 シ ス テ ム に 関 す る 研 究

論文調査委員 (主査) 教授 榎木哲夫 教授 吉村允孝 教授 片井修

論 文 内 容 の 要 旨

機械システムの設計に当たっては、長年の経験の蓄積や熟練技能と呼ばれるような極めて属人的な要因に依拠するところが大きい。このことは設計のみならずその後の製造のプロセスや運転・保守時においても同様で、利用者、製造装置ベンダ、技術が連携して相互に知識を共有できる仕組みが必要とされている。熟練技能者の再生産に向けて、作業環境改善・作業負荷軽減のみならず、IT化による情報共有の促進と併せて、現場主義の作業員の作業改善のために活用できるための自動化戦略の見直しが迫られている。そのためには、従来の省力化のみを目標とした人間の代替を目指す自動化設計に代わり、むしろ人間に体化された技能を部分的に自動化プログラムの形で機械に移植し、それが共有の作業情報となることで、新たな人間作業員の技能へと転化する仕組みを構築していくことが必要となる。知識を完全には記述しきれないという技術の不完全さを、人間の主体性が補う形での人間機械協調系の設計原理である。

これらの要請に応えるべく、本論文では、従来ルール化や言語化が困難とされてきたノウハウとしての熟練知識の継承を支援するべく、このような技能継承の問題を、人間—機械協調系設計の問題として捉え、学習能力を具備したシステムと人間ユーザとの間で交わされる相互作用の集積に基づいて、知識創造・共有・再利用を支援する対話型システムとして構成している。本論文では、ものづくりの現場において進められている知識管理（ナレッジマネジメント）の形態を、

1. 技能やノウハウのデジタル化（人から機械への継承）
2. アナログ情報での技能の共有と流通の仕組み（人から人への継承）
3. 技能者の評価・教育の再構築（組織の中での継承）

に分類し、これらの各々の継承を支援するための機械側の学習手法として、分類子学習システム（Learning Classifier Systems）を導入している。次に、1）個体学習、2）対話学習、3）組織学習、という異なる3つの学習パラダイムに対応付けて分類子学習システムを使い分けることで、熟練技能継承に対する上述の3つの視点のそれぞれに対応する技術的な課題を明らかにしている。本論文は全6章より構成されている。

第1章は、人間が持つ個別性・能動性を活かせるための新たな設計パラダイムとして人間中心自動化設計（Human-Centered Automation）ならびにユーザ中心の設計論についての従来概念についてレビューを行い、熟練技能継承を支援する人間—機械協調系の設計指針について論じている。

第2章においては、1）人から機械への継承、2）人から人への継承、3）組織の中での継承、という3つの視点それぞれにおいて、知識・技能継承という課題に取り組む先行研究について概観するとともに、本論文において機械側の学習エンジンとして採用した学習分類子システム（LCS）についてその概要を示している。

第3章では、1）人から機械への継承、すなわち機械側の技能の学習という構図において、技能が行為主体や環境から切り離すことができるとする暗黙の前提を払拭し、生態学的心理学で示唆されるような行為主体と環境との相互依存関係に支えられていることについて、分類子学習システム（LCS）を個体学習手法として用いた計算機シミュレーションによって明らかにしている。具体的には、自律的な移動機械の設計として、自らの感覚機能を使って環境からの確に意味ある情報の

みを選別し、共通な反応を出力できるためのロボット固有の環境知覚の機能を構成し、環境とのインタラクションから自ら学習し適応できる知的制御のためのアルゴリズムの開発を行っている。

第4章では、2) 人から人への継承、という構図において、行為主体と環境との関係から切り離れた手掛かりを継承者に押し付けるような教授法ではなく、熟練者と継承者が共同して手掛かりを見つけていくような共同作業の場面とみなす新たな技能継承支援を実現するため、分類子学習システム(LCS)を対話学習手法として導入した人間—機械協調系を設計している。具体的には、画像センサのメンテナンスエンジニアの技能継承に着目し、継承者の能動的実践を支援するための対話型技能継承支援システムを試作している。

第5章では、3) 組織の中での継承、という構図において、従来では個人の学習の延長線上でしか捉えてこなかった技能継承分析の視点に対して、組織の中での継承者の能動的学習を支える社会的学習過程に関する認知科学研究の知見に注目している。ここでは分類子学習システム(LCS)を組織学習手法として拡張し、具体的には、複数の分類子学習システムを多重に繋げて構成した学習モデルに拡張し、組織における社会的学習過程の動態を、多主体による自律分散系として構成した解析を行うことで、組織成員による組織内役割分化や有限の物理資源を分け合う際の調整機能の発現過程について、計算機シミュレーション実験で確認している。

第6章は結言で、本論文で得られた成果をまとめている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、従来の省力化や人間の代替を目指す自動化設計に代わり、熟練作業員により教示される技能遂行の事例から帰納的に学習された知識を機械に一旦移植し、未習熟作業員がこの機械との相互作用を経ることで技能が継承されることを支援するための人間機械協調系のデザインについて論じている。すなわち学習能力を備えた人工システムと、人間ユーザとの間で交わされる相互作用の集積に基づいて、知識創造・共有・再利用を支援していくためのシステムを構築することを目的に、技能継承の形態を、1) 人から機械への継承、2) 人から人への継承、3) 組織の中での継承、の3つに分類して論じている。そしてこれらの各々を支援するための機械側の共通の学習手法として分類子学習法を導入し、各々の継承形態に適合させた学習手法への拡張とシステム実装を行っている。本論文は全6章より構成されており、この中で明らかにしたことは以下の3点にまとめられる。

1. 機械側の学習については、未知の環境中を行動する自律的な移動ロボットが、自らの感覚機能を使って環境から行動決定に有意な情報のみを選別し、共通な反応を出力できるようになるための分類子学習法を提案している。環境との相互作用を重ねることでロボット固有の環境知覚を構成し、行動規則を自律的に学習するアルゴリズムを構成し、その計算機シミュレーション実験から、環境変動にも追従できるロバストな学習を実現するためには、教示環境の多様性が必須となることを明らかにしている。
2. 人から人への技能継承を支援するべく、学習分類子システムを対話型学習手法として導入した人間—機械協調系を設計し、画像センサのチューニング作業におけるメンテナンス技能の継承作業を適用対象として論じている。熟練作業員の作業遂行を観察学習しながら、作業に固有な手掛かり発見と、個別ユーザに固有な手掛かり利用の形態を識別してシステムが抽出し、異なるユーザ間での仲介役として技能の移植を支援するための対話型システムを構築している。そして現場作業員を被験者とする実証実験から、未習熟者のメンテナンス作業効率が改善されることを確認している。
3. 組織の中での技能継承では、個人の能力以外の要因としての組織の集団サイズや利用可能な共有資源量が変動する際の組織内における知識伝搬の動的挙動を解析するべく、分類子学習法を拡張した計算論的モデルを提案している。そして組織における社会的学習過程の動態を、多主体による自律分散系として構成して解析を行い、組織成員による組織内役割分化や有限の物理資源を分け合う際の調整機能の発現過程について、計算機シミュレーション実験で確認している。

以上要するに、本論文は技能継承に関する3つの視点から分類子学習法を拡張・適用し、ユーザ、製造装置ベンダ、技術が連携することで、相互の知識共有と技能の持続的再生産を促す知識環境基盤のデザイン原理について明らかにしており、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成15年2月25日、論文内容とそれに関

連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。