

## 【論文審査の要旨】

化学プラントは資本集約型産業であることから、自動化及び省人化が進められており、熟練作業員が減少している。化学プラントで起こる事故の原因は、機械設備の故障及び人的要因に大別される。人的要因には、未熟練者による誤操作、誤認識、連絡ミスなどがある。

そこで、本論文では人的要因に起因する事故の防止及び事故発生時の減災対応作業の支援を目的とし、遠隔協働作業支援のため作業情報共有システムについて論じている。本論文で得られた成果を整理すると以下ようになる。

(1) 現場作業員の誤操作防止を目的とする作業情報共有システムが提案された。本システムを開発するために、二つの方法が提案された。一つは、熟練作業員を想定して作成されていた操作手順書を未熟練作業員の作業ミスが抑制されるように 6W2H の考え方に準拠して標準化する方法が提案された。

次に、操作対象の誤識別を防止するために画像処理技術を用いて操作弁など異種同型の設備を識別する方法が提案された。化学プラントには異種同型の設備が多数併設されていることから、設備の外観に加えて、周囲の背景の特徴量も用いてテンプレートマッチングにより操作対象が識別された。適用例により、異種同型設備の識別が可能となること、標準化された操作手順情報を実装された作業情報共有システムにより、指示応答の正確性に関して改善効果が見られることが、聞き取り調査により確認された。

(2) 前項の作業支援システムの機能を拡張する方法が提案された。テンプレートマッチングのみでは、異種同型の設備の識別が困難となる場合がある。そこで、設備の識別性能を改善するために拡張現実感技術が組み込まれた。さらに、現場の作業履歴をリアルタイムにデータベースに記録できるように作業情報共有システムのオンライン化が行われた。適用例において、現場で実施された作業情報、作業履歴がデータベースに格納され、それらを中央制御室の作業員と共有できる作業情報共有システム開発のための基盤が構築された。

(3) 協働作業における安全性向上を目的として、前項で述べた作業情報共有システムの機能が拡張された。化学プラントには、実機の挙動を予測するためのダイナミックプラントシミュレータが併設されている。そこで、協働作業の過程でリアルタイムに更新される作業履歴情報に基づき、シミュレータによりプラント全体の挙動を予測しながら協働作業を進めることを可能にした。適用例において、シミュレータと現場操作との連携が可能になったこと、一つ一つの操作がプラント全体の挙動に及ぼす影響を予測しながら協働作業を進めることが可能となったこと、さらに安全性の観点から実施困難な操作を現場からシミュレータを操作することにより仮想的に体験することが可能となり、教育システムとして知識・スキルの獲得と定着に寄与できる可能性が示された。

以上のように、本論文は化学プラントにおける遠隔協働作業を俯瞰し、学術的に波及効果の大きい課題を解決するための方法を提案している。そして、適用例により提案方法の

有効性が検証されており、実用性の観点からも工学的に高い価値が認められ、経営工学分野の研究に対する貢献も大きいものと判断される。従って、本論文は博士（工学）の学位を授与するに十分な価値があるものと認められる。

（最終試験の結果）

本学の学位規則に従い、最終試験を行った。公開の席上で論文発表を行い、学内外の複数の教員による質疑応答を行った。また、論文審査委員により本論文及び関連分野に関する試問および筆記試験を行った。これらの結果を総合的に審査した結果、専門科目についても十分な学力があるものと認め、合格と判定した。