

## 審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 井上（藤井） 麗子

井上（藤井） 麗子提出の本論文は「設計知識に基づく変電機器向け配管設計自動化システムの開発」と題し、全 9 章より構成される。

本論文は、変電機器の配管設計を対象に、設計工数低減を目指して、配管設計自動化システムを開発したものである。

本論文で対象とする配管は、案件ごとに一品一様で設計され、他の機器の設計変更に伴って都度修正が必要になるため、設計の自動化が求められている。これまでは、製造性やメンテナンス性、電氣的性質など、多数の制約を考慮して配管設計者が人手で設計を行っていた。この配管設計を自動化するために、機能を段階的に追加していく反復開発で配管設計自動化システムを開発することとした。

しかし、設計支援システムの開発前に、システムの機能導入による効果を定量的に評価し、限られたシステムの開発工数の中で、実装すべきシステムの機能を選択・調整する手法がない。また、変電機器の配管設計に対する制約はこれまで扱われておらず、変電機器特有の制約が存在する場合は、その制約を特定し、配管設計自動化システムへ反映する必要がある。加えて、どの知識を設計ルールとして組み込むべきかの指針を提示する手法はないため、システム化すべき設計知識を選択する手法が求められる。

本論文では、設計支援システムの開発において、設計者へのヒアリングを起点として、知識抽出、知識の開発優先度付与、および、設計制約へ設計知識を反映した配管設計自動化システムの開発を行った。

この研究の第一のポイントとして、反復開発全体を通して開発期間を短縮するよう、初めに設計者へのヒアリングを実施し、ヒアリングで得られた設計知識を用いて開発の優先度を求める設計支援システム開発方法を構想した。本開発方法に対し、基本システムの開発実績工数より、2 回目の反復開発の要件定

義時点で、提案手法の開発期間が短くなる見込みを得た

この研究の第二のポイントとして、複数の配管設計者へのヒアリングとプロトコル分析を行い、設計知識を抽出し、分析した。配管設計者の検討内容に沿う配管設計自動化システムを実現するため、変電機器の配管設計者が検討している設計知識を把握することが求められる。そこで、心理学分野で用いられるプロトコル分析の手法を用いて配管設計者から設計知識をヒアリングした。その際、複数の配管設計者に対してヒアリングを実施することで、設計者間で共有される知識の特定、ベテラン配管設計者と新人配管設計者の知識傾向の違いを分析し、基本的な配管を自動作成するために重要な設計知識を特定した。その結果、5人の設計者の中で複数の設計者が共通して持つ12件の設計知識を特定した。この共通知識を用いることで新人と同等の配管設計ができる見込みを得た。また、本手順により、変電機器の配管設計に関する知識とその傾向を抽出して、自動化システムに反映するための指針を得ることができた。

この研究の第三のポイントとして、設計知識を用いた実装工数と自動化の効果推定に基づく優先度算出技術を提案した。反復開発における機能追加の際には、有限な工数の中で有用な機能を優先的に開発する必要がある。しかし、従来の要件定義手法ではユーザである配管設計者が要求検討する作業負荷が大きい。そのため、本論文では、設計者ヒアリングで得られた設計知識に対し、自動化効果を推定し、工数と効果から優先度を算出する技術を提案した。この技術により、実装すべき機能を知識から選択する工数を、95%削減できる見込みを得た。

この研究の第四のポイントとして、設計知識を反映した配管設計自動化システムを開発した。設計知識を反映するにあたり、機器の配置された3次元空間を分割してグラフ探索する最適化手法を適用し、空間に対する重みづけとグラフ探索の制約として知識を反映した。さらに、3DCADと連携し、算出された経路とパラメータを基に自動作図することで、設計時の作図工数低減を図った。検証の結果、他部品との干渉がない配管経路を1経路あたり33[s]で自動生成するシステムの実現、および、配管設計者の設計知識に沿う配管経路の自動生成を確認した。

以上の技術により、配管設計者の知識を反映した変電機器向け配管設計自動化システムを実現することができ、設計支援システムの開発工数、および、配

管設計工数を低減することができることを示した.

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.