

## 論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	平塚 聡 (ひらつか さとし)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	乙 第 505 号
○授与年月日	2011 年 7 月 15 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 2 項 学位規則第 4 条第 2 項
○学位論文の題名	モデルベース推論による故障診断に関する研究
○審査委員	(主査) 亀井 且有 (立命館大学情報理工学部教授) 房岡 璋 (立命館大学総合理工学研究機構特別任用教授) 西川 郁子 (立命館大学情報理工学部教授)

### <論文の内容の要旨>

モデルベース推論による故障診断は、システムの記述と実際の観測データからどの構成要素が誤動作を起しているかを特定する方法である。本論文は離散的ダイナミクスを有する論理回路および連続的ダイナミクスを有する機械システムを対象に計算量の問題を解決するための新しいアルゴリズムについて述べている。

まず、論理回路の診断アルゴリズムとして、縮退故障に限定して論理回路のシステム記述と入出力の観測値から故障候補を段階的に導出する方法を提案し、これを順序回路に適用し有効性を示した。

つぎに、論理回路の設計誤り診断アルゴリズムとして、組合せ論理回路におけるゲート記述の部分論理式が仕様の論理式に含まれるか否かを繰り返しチェックすることにより、設計誤り箇所を特定するアルゴリズムを提案し、ISCAS85 ベンチマークを用いて有効性を示した。

さらに、連続系システムの故障診断アルゴリズムとして、システムの連続的ダイナミクスを記述する論理回路モデルを構築した上で、この論理回路モデルに対し論理式の証明技法であるタブロー法を用いた故障診断アルゴリズムを提案し、連続系と離散系が相互作用する 4 ストロークエンジン単一シリンダシステムのオンボード診断へ適用し有効性を示した。

最後に、モデルベース推論による故障診断法の 1 つである Fault Detection and Isolation の改良アルゴリズムとして、線形微分方程式で表現される連続系システムの故障診断を行う論理関数の生成方法を提案し、自動車エンジンの電子スロットルシステムの診断に適用

し有効性を示した。

#### <論文審査の結果の要旨>

本論文は、離散的ダイナミクスを有する論理回路および連続的ダイナミクスを有する機械システムを対象に計算量の問題を解決するためのモデルベース推論による故障診断アルゴリズムについて述べたものである。本論文は以下の点について評価できる。

1. 人工知能分野におけるモデルベース故障診断（DX）に基づく論理回路の診断アルゴリズムとして、縮退故障に限定して論理回路のシステム記述と入出力の観測値から故障候補を段階的に導出する方法を提案し、これを順序回路に適用し、有効性を確認した。
2. DXに基づく論理回路の設計誤り診断アルゴリズムとして、組合せ論理回路におけるゲート記述の部分論理式が仕様の論理式に含まれるか否かを繰り返しチェックすることにより、設計誤り箇所を特定するアルゴリズムを提案し、ISCAS85 ベンチマークを用いて、その有効性を確認した。
3. DXに基づく連続系システムの故障診断アルゴリズムとして、システムの連続的ダイナミクスを記述する論理回路モデルを構築した上で、この論理回路モデルに対し、論理式の証明技法であるタブロー法を用いた故障診断アルゴリズムを提案し、オンボード診断へ適用し、その有効性を確認した。なお、オンボード診断の対象として、計算複雑性が高く、ハードウェア制約およびリアルタイム応答が求められ、連続系と離散系が相互作用する典型的なハイブリッドシステムである 4 ストロークエンジンの単一シリンダシステムを取り上げた。
4. 制御理論分野におけるモデルベース故障診断（FDI）の改良アルゴリズムとして、DXを用いて線形微分方程式で表現される連続系システムの故障診断を行う論理関数の生成方法を提案し、これを自動車エンジンの電子スロットルシステムの診断に適用し、その有効性を確認した。

本論文の審査に関して、2011年5月6日（金）16時30分～17時40分クリエーションコア 5F メディア情報学科会議室において公聴会を開催し、申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者平塚聡氏に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、モデル構築の妥当性、提案方法の適用範囲、実用化への課題などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても申請者の回答は概ね適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

#### <試験または学力確認の結果の要旨>

本学学位規程第24条の3に基づき、学力確認のために専門科目3科目（人工知能、数理論理学、論理回路）および外国語（英語）の試験を行った。試験結果を主査および副査で

検討した結果，本学大学院博士課程後期課程修了者と同等以上の学力を有することが確認された。

以上の諸点を総合し，本学学位規程第 18 条第 2 項に基づき本論文提出者に対し，「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することを適当と判断した。