

論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博 士 (情報科学)	氏名	張 家豪
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項・2 項該当		
論 文 題 目			
A Study on Epistemic Uncertainty Estimation in Reliability Models (信頼性モデルにおける不確実性推定に関する研究)			
論文審査担当者			
主 査	教 授	岡村 寛之	印
審査委員	教 授	土肥 正	印
審査委員	教 授	劉 少英	印
審査委員	教 授	森本 康彦	印
審査委員	准教授	島 唯史	印
審査委員	大阪大学 特任助教	鄭 俊俊	印
〔論文審査の要旨〕			
<p>本論文は、認知的不確実性 (epistemic uncertainty) を考慮したシステム信頼性指標の推定に関する問題を取り上げ、認知的な不確実性がシステム性能に与える影響について議論している。</p> <p>第 1 章では、認知的不確実性に対する問題の提起と、それを考慮した性能評価推定手法の調査を行い、系統的な手法の検討が行われている。</p> <p>第 2 章では、フォールトツリーとマルコフモデルを組み合わせた階層型信頼性モデルに対して、不確実性を考慮した信頼性指標を算出するための効率的なアルゴリズムの議論を行っている。論文では、不確実性を考慮した信頼性指標を計算する手法が、これまでにいくつか提案されているなかで「モーメント近似手法」に着目する。モーメント近似手法は、パラメータが持つ認知的不確実性として、その分散・共分散情報だけを必要とするため、適用範囲が広い一方で、信頼性指標のパラメータに対する感度 (ローカル感度)、つまり、信頼性指標に対する数理的な 2 階導関数が必要となることから、計算コストが比較的高い手法として分類されていた。本論文では、2 階導関数に対する効率的な計算アルゴリズムを提案することで、モーメント近似手法の適用可能性を大きく広げた。さらに、導関数の計算に対して、自動微分アルゴリズムを適用した数値的な解決を試みている。特に、フォールトツリーの導関数計算に対して、二分決定グラフを用いた手法を提案することで、より効率的な計算アルゴリズムの提案を行っている。</p> <p>第 3 章では、不確実性の影響を評価するための感度解析手法の提案を行っている。ここでは、分散に基づいたグローバル感度分析に着目し、その計算を行うためのアルゴリズムの提案を行っている。そこでのアイデアは、第 2 章でも議論したモーメント近似手法を適用することであり、これまでサンプリングに基づいた手法が主流であったグローバル感度分析について、斬新な手法の提案を行っている。</p>			

第4章では、位相型分布に焦点を当てている。位相型分布は、指数分布以外の一般分布を含む確率モデルにおける位相近似で利用される。位相近似とは、一般分布を位相型分布で置き換える手法である。位相型分布はマルコフ過程で定義されるため、一般分布を置き換えることで、もとのシステムをマルコフモデルで近似することができる。マルコフモデルには、これまでに様々な効率的な数値計算アルゴリズムが提案されているため、位相近似によりその恩恵を得ることができる。一方で、位相近似されたマルコフモデルで認知的不確実性を考慮した評価をモーメント近似手法で行うためには、位相分布のパラメータに対する分散・共分散情報が必要となる。一般的に、パラメータの分散・共分散情報はフィッシャー情報行列から得られるが、位相近似では位相分布のパラメータ数が多いためフィッシャー情報行列を求めるだけでも多くの計算コストを要する。ここでは、位相型分布に対するフィッシャー情報行列に対する効率的な計算アルゴリズムを提案している。具体的には、一様化と呼ばれる手法と、1階、2階微分に関する値を同時に実行する手法を提案することで、より効率的な手法を提案している。

最後に、第5章において、本論文のまとめと今後の研究課題について言及している。

以上、本論文は認知的不確実性が信頼性指標に与える影響に対する議論を行い、影響を推定するための計算アルゴリズムの定款を行っている。審査の結果、本論文の著者は博士（情報科学）の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。

備考：審査の要旨は、1,500字以内とする。