The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Constrained Locating Arrays and Constrained Detecting Arrays: New Mathematical Structures for Fault Identification in Combinatorial Testing
Author(s)	金, 浩
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/88144
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

様式3

論 文 内 容 の 要 旨

氏 名 (金 浩)	
論文題名	Constrained Locating Arrays and Constrained Detecting Arrays: New Mathematical Structures for Fault Identification in Combinatorial Testing (制約付きロケーティングアレイと制約付きディテクティングアレイ：組合せテストにおける不具合特定のための新たな数学的構造)

論文内容の要旨

本論文では，組合せテスト（Combinatorial interaction testing）において，テストケースの集合であるテストスイートとして利用可能な数学的構造として，制約付きロケーティングアレイ（Constrained locating array），および，制約付きディテクティングアレイ（Constrained detecting array）を提案している．さらに，それらの生成手法を提案するとともに，実際のソフトウェアのテストに適用した結果について報告している．

組合せテストはソフトウェアシステムに対する効率のよいブラックボックステスト手法である．この手法はシステムのコンポーネントや機能の相互作用に関する不具合を対象している．組合せテストでは，コンポーネントや機能はテストパラメータとしてモデル化され，2つ，もしくは，3つといった小数のパラメータ間での相互作用を網羅的にテストする．実証的な研究により，このような不具合のほとんどはごく小数のパラメータ間の相互作用で顕在化することが知られているため，全要素を網羅するとテストケースが膨大になる場合でも，組合せテストでは必要なテストケースが非常に少なくなり，テスト実施に必要なコストを大幅に削減することができる．

本論文の目的は，不具合の存在だけでなく，障害を引き起こす相互作用自体を特定することができるように，組合せテストを拡張することである．不具合特定が可能なテストスイートをモデル化した数学的構造として，これまでに，ロケーティングアレイ，および，ディテクティングアレイが提案されている．これらのアレイは行列と見なすことができ，各行がテストケースに対応する．しかしながら，これらのアレイを実際のシステムのテストに直接利用することは困難であった．通常，現実のソフトウェアシステムには，テストパラメータの組み合わせに関する制約が存在し，制約を満たさないテストケースは実行できない．しかし，これらの既存の構造は制約を考慮しておらず，制約を有するシステムに対して，実行可能なテストスイートを得ることができなかった．

制約が存在した場合，制約がない場合に可能だった不具合が特定できなくなることがある．本論文では，そのような状況を明かにした上で，その状況以外で不具合特定が保証できるように上記の既存の構造を拡張し，制約付きロケーティングアレイと制約付きディテクティングアレイを定義している．また，両構造間の関連性についても明らかにしている．

その上で，これらの新しい構造を自動的に生成する2つの手法を提案している．1つは論理式の充足可能性問題を利用したものである．この手法では，アレイの行数を固定した上でアレイが存在することが，充足の必要十分条件となるような論理式を構成し，充足可能性問題を解く．行数を徐々に減少させることで最も小さいアレイを生成することが可能である．もう1つはヒューリスティックスであり，高速にアレイを求めることができる．論文では，組合せテストの分野におけるベンチマーク問題を用いて，2つの手法の性能について実験的評価を行った結果について報告している．

更に，これらのアレイを用いて，実際のソフトウェアに対するテストスイートを生成し，テストを行った結果についても報告している．この実験では，理論通りに障害を引き起こす相互作用が特定できることと共に，アレイが前提としている不具合の仮定が成り立たない場合でも，不具合特定に有用な情報が得られたことを示している．

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　金　浩　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教授	土屋 達弘
	副 査	教授	三浦 典之
	副 査	准教授	中川 博之
	副 査	教授	楠本 真二

論文審査の結果の要旨

本論文は、ソフトウェアシステムに対するテスト手法である組合せテストで利用可能な数学的構造として、制約付きロケーティングアレイ（constrained locating array）、および、制約付きディテクティングアレイ（constrained detecting array）を提案している。これらはテストケースの集合であるテストスイートとして用いることを意図している。

組合せテストはテストパラメータ間の相互作用を対象としてテストを行う。通常、組合せテストでは被覆配列（covering array）をテストスイートとして用いる。被覆配列は組合せデザインの一種であり、その数学的な性質により、一定数のテストパラメータ間の相互作用を少ないテストケースで網羅的にテストすることができる。これにより、不具合の存在を検出することは可能になるが、一方で、どの相互作用が不具合の原因かを特定することはできなかった。

本論文が提案する2つの構造は被覆配列の拡張であり、テストケース数の増加を許すことで、不具合の存在だけでなく、不具合である相互作用自体を特定することができる。具体的には、構造に基づくテストスイートを実行し、どのテストケースの実行で不具合が顕在化したかという情報を得ることで、不具合である相互作用を特定することができる。また、現実の組合せテストではテスト対象のシステムが有するテストパラメータ間の制約への対応が問題となるが、提案されている構造ではこのような制約を定義自体に反映させている。その結果、これらの構造に基づいて設計されたテストスイートは、実際のソフトウェアテストに直接用いることが可能であり、実用性が高い。

また、論文では、これらの構造を計算機によって機械的に生成する2種類の方法を与えている。一方は、構造の探索を充足可能性問題に還元する方法であり、最もテストケース数の少ない最適な構造を得ることができる。もう一方の方法はヒューリスティックアルゴリズムであり、最適性は保証できないが高速に動作する。これらの手法の性能はベンチマーク問題への適用を通して評価されている。特に、後者の方法については、テストパラメータの多い問題例に対しても実用的な時間で構造を求められることが示されている。

更に本論文では、これらの構造を用いて実際のソフトウェアに対するテストスイートを生成し、テストを行った結果についても報告している。この実験では、不具合である相互作用が理論通りに特定できたことに加え、前提としている不具合の仮定が成り立たない場合でも、不具合特定に有用な情報が得られたことが報告されている。

以上のように、本論文における研究成果は、ソフトウェアシステムに対する組合せテストに対して不具合特定という付加価値を実現するものであり、ソフトウェアの高信頼化に有用である。また、理論的な側面だけでなく、実験的な評価によって現実的な有用性も示している。これらの点で本論文の成果は情報システムの高信頼化に寄与するものである。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。