The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Program Complexity Metric and Safety Verification Method for Object-oriented Software Development
Author(s)	金, 恩美
Citation	大阪大学, 1997, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/40265
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【122】

氏　　名	金（きむ）　恩（おん）　美（み）
博士の専攻分野の名称	博　士（工　学）
学　位　記　番　号	第　13214　号
学位授与年月日	平成9年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学　位　論　文　名	Program Complexity Metric and Safety Verification Method for Object－oriented Software Development **オブジェクト指向ソフトウェア開発のためのプログラム複雑さメトリクスと安全性検証法**
論　文　審　査　委　員	（主査） 教　授　菊野　亨 （副査） 教　授　都倉　信樹　　教　授　井上　克郎　　講　師　楠本　真二

論　文　内　容　の　要　旨

近年の情報化社会におけるコンピュータシステムへの依存が高まるにつれて，高度のソフトウェア品質を保証する開発技術の必要性が高まってきている。一方，新しい開発パラダイムとしてオブジェクト指向方法論が提案されてきており，実際の開発現場にも用いられるようになってきた。

高い品質のソフトウェアを効率よく開発することを主な目的としてプロジェクト管理が広く実施され，かなりの効果を上げている。このプロジェクト管理における重要な課題が，ソフトウェアの様々な特性を客観的かつ定量的に評価するためのソフトウェアメトリクスの開発である。こうしたメトリクスの代表的な例の一つにオブジェクト指向設計方法論で作成されたプログラムの複雑さを定量的に評価するためのメトリクスがあり，これまでに多くのものが提案されてきている。しかし，これらのメトリクスにおいては，メトリクスの値を算出するための具体的な方法が述べられていない。また，オブジェクト指向プログラムに特有の幾つかの性質を十分に評価していない。特に，継承に関連する複雑さの評価はほとんどされていないなどの問題点がある。従って，実際の開発現場で従来のメトリクスを用いてソフトウェアの評価を行うのは困難であることが指摘されていた。

本論文では，従来の研究におけるこれらの問題点を踏まえてオブジェクト指向設計論で作成されたプログラムの複雑さ評価のための新しいメトリクスを提案する。提案するメトリクスはオブジェクト指向パラダイムにおける最も本質的な要素であるシンタックス，継承，インタラクションの3つの視点からプログラムの複雑さを総合的かつ定量的に評価する。具体的には，15個の属性（各視点ごとに5個の属性）を新たに導入して，それらの値を引数とする評価関数によってメトリクスの値を決定している。オブジェクト指向プログラミング言語C＋＋を対象として，各属性を算出するための計算方法も具体的に与えている。更に，各属性をWeyukerの性質を用いて評価し，提案する属性がメトリクスとしての必要条件を満たすことを示す。それと同時に，大学環境においてメトリクスの評価実験を行ない，その十分性を確認する。最後に，提案したメトリクスを大規模プログラムに対して適用し，その評価結果に基づいたプログラムの特性分析を行う。

一方，ソフトウェアが航空機，鉄道などのSafety criticalシステムに使用されるにつれて，正確性（要求仕様書通りにプログラムが実現されていること）に加えて，安全性（プログラムが異常な状態を回避できること）を保証することへの期待が非常に高まってきた。特に，安全性に関連したフォールトをソフトウェア開発の上流工程で早期に発見，除去することの重要性が指摘されている。通常，上流工程でのフォールトの発見，除去はいわゆる設計レビュー

で行なわれる。しかし，レビュー時に安全性に関わるフォールトを系統的に発見するための手法はまだ十分には確立されていない。本論文では，オブジェクト指向設計で作成された設計仕様書（状態図）を対象として安全性と正確性を検証するためのフレームワークを提案する。提案する手法の特徴は正確性と安全性の検証に必要な情報が要求仕様書，安全性基準，オブジェクト指向設計ドキュメントの3つから抽出され，しかもそれらがテーブルの形式で表現されるところにある。その結果，検証手続きが簡単なテーブル操作で実現される。具体的には，先ず，設計レビューを行なう検証者が正確性と安全性を保証するために必要な条件を記入した正確性テーブルと安全性テーブルを作成する。一方，設計者は設計仕様書中の正確性と安全性に関する属性を記入した設計テーブルを作成する。これらの検証テーブルでは，オブジェクトの状態を検出するイベントとオブジェクトの状態を変化させるアクションとの関係が記入されている。最後に，これらの3つの検証テーブル間の一貫性を調べることにより，設計段階で混入したフォールトを検出する。すなわち，正確性テーブル上に存在する各イベントに対するアクションが設計テーブル上に存在する同じイベントに対しても実行されるかどうかを確認することによって，正確性の検証を行なう。また，設計テーブルから導かれる事実が安全性テーブルに対して違反しているかどうかを確認することによって，安全性の検証を行う。

論文審査の結果の要旨

大規模なソフトウェアシステムの効率的な開発を可能にする1つの有望なパラダイムとしてオブジェクト指向設計が注目されている。本論文はオブジェクト指向プログラムの複雑さメトリクスと安全性検証技法に関する研究についてまとめたものである。

プログラム開発において重要となる品質の評価手法としてソフトウェアメトリクスによる定量的評価がある。従来の手続き型言語を対象としたメトリクスではオブジェクト指向で書かれたプログラムの品質を十分には評価できないことが分かっている。本論文で問題とするプログラムの複雑さの評価の場合には特に記述言語に強く依存するため，オブジェクト指向言語向けのメトリクスの新たな開発が必要となる。これまでにもオブジェクト指向言語を対象としたメトリクスの提案が幾つかあるが，これは極めて単純なものであって実用的に適用できるレベルには至っていない。

本論文では，オブジェクト指向言語で記述されたプログラムのプログラム複雑さを評価するソフトウェアメトリクスを提案する。このメトリクスはオブジェクト指向設計パラダイムにおける最も基本的かつ本質的な概念であるシンタクス，継承，インタラクションの3つの視点からプログラムを評価することを試みる。具体的には，3つの各視点毎に5個のプログラムの属性を導入し，それらの属性値を引数とする評価関数によってメトリクスの値を求めている。更に，ソフトウェアメトリクスとしての必要条件を満たすことを，いわゆるWeyukerの性質を用いて証明した。一方，ソフトウェアメトリクスとしての十分性については2種類の適用実験を通じて議論している。研究室レベルでの小規模プログラムの適用実験ではソフトウェア保守との相関の高さを確認した。大学と企業での大規模プログラムの適用実験ではオブジェクト指向プログラムの特性分析への応用の可能性を示した。

次に，オブジェクト指向設計によるソフトウェア開発を対象にした安全性検証技法を新たに提案する。ソフトウェアの安全性検証としては，従来，いわゆるレビューによってバグをとること，フォールト木分析によって障害を分析してその原因となるフォールトを特定すること，等が行われてきた。これでは間接的な検証しか行えず，高度の安全性が要求されるシステムの開発には必ずしも十分ではない。本論文では設計仕様書上での安全性検証のための新しいフレームワークを定義すると共に，その基本的な手続きを与えている。なお，これらの基本的な手続きは3種類の表に基づいて定められているため，ソフトウェア開発現場への導入が容易に行える。更に，電気ポットとエレベータ制御用プログラムの開発事例に適用して，提案する安全性検証技法の有効性を確認している。

以上のように本論文ではオブジェクト指向プログラムの複雑さを測るメトリクスを提案することによってオブジェクト指向によるソフトウェア開発の正当性に関わる品質向上技術の開発に大きく貢献すると共に，オブジェクト指向設計仕様書の安全性検証技術を提案することによってシステムの設計レベルでの安全性に関わる品質の実用的な意味での確保を可能にしている。これらの成果はオブジェクト指向設計による大規模システムの開発技術に大きな進歩をもたらすものであり，本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。