

機関番号：32663

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20700032

研究課題名（和文） 並行型ソフトウェア開発の工数・開発期間超過シミュレーション

研究課題名（英文） Simulation Study on Effort and Schedule Overruns for  
Concurrent Software Development

研究代表者

野中 誠（NONAKA MAKOTO）

東洋大学・経営学部・准教授

研究者番号：30318787

研究成果の概要（和文）：予備研究として，ソフトウェア開発工数の予測研究の動向調査および実データを用いた工数と開発期間の予測モデル分析を行った。その上で，開発工数や開発期間に大きな影響を及ぼすソフトウェア欠陥の混入・除去に焦点を当て，その予測モデルと，品質水準をパラメータとした並行型ソフトウェア開発におけるシミュレーションモデルを構築した。

研究成果の概要（英文）：A survey on the state of the art of software cost estimation studies and an analysis on the relation among effort, duration and software size were discussed as a preliminary study. Based on these discussions, the primary research target was set to focus on injection and detection of software defects which largely affect on both effort and duration. Software defect prediction models for a single project and a model for multiple concurrent projects were derived as the primary outcomes of this research project.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：ソフトウェア工学

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：ソフトウェア開発管理，コスト予測，シミュレーション

## 1. 研究開始当初の背景

製品の Time-to-market (TTM) の短縮は，ソフトウェア企業における重要な競争優位性の1つである。品質の低下を招くことなく TTM を短縮できれば，ソフトウェア企業はより多くの製品開発を手がけられるだけでなく，製品を早期に市場に出すことで製品自身の競争優位性を高められる。こうした課題への取り組みは，ソフトウェア企業の組織能力の向上にもつながり有益である。

TTM の短縮は，ソフトウェアプロダクタ

イン開発と呼ばれるような製品ライン全体を視野に入れた戦略的再利用や，先行プロジェクトに対して依存関係にある後続プロジェクトを重複させて並行実施する（これを並行型ソフトウェア開発と呼ぶ）ことで実現できる。特に後者の方法は，製造業などではコンカレントエンジニアリングと呼ばれ，TTM 短縮の一手法として適用されている。

しかしながら，ソフトウェア開発における並行型開発については，いくつかの事例が提示されているものの，その理論的枠組みに関

する研究が十分に行われているとはいえない。並行型ソフトウェア開発による工数および開発期間の超過，ならびに品質への影響は，これまでは優秀なマネージャの経験や勘に頼る部分が多く，プロジェクト管理において論理的な意思決定を支援するための基礎や理論モデルが十分に示されていない。

## 2. 研究の目的

本研究の上位レベルの研究目的は，並行型ソフトウェア開発において，プロジェクトマネージャが全体的なプロジェクト計画を立案する際に役立つ工数と開発期間の超過リスク情報を提供することとした。この上位レベルの研究目的に対して，当初設定していた下位レベルの研究目的は，並行型ソフトウェア開発に対する開発工数および開発期間のシミュレーションモデルを構築することとしていた。しかし，研究データの利用可能性の問題から，下位レベルの研究目的を次の3点に設定した。(1) 予備研究として，ソフトウェア工数の予測研究の動向を俯瞰的に調査すること。(2) 開発工数や開発期間に大きな影響を与える要因であるソフトウェア品質に焦点を当てて，その予測モデルを構築すること。(3) 並行型ソフトウェア開発における品質水準をパラメータとしたシミュレーションモデルを構築すること。

## 3. 研究の方法

(1) について，先行研究の調査研究を行い，この分野における研究動向と課題を整理した。また，日本を含む多数の国におけるソフトウェア開発プロジェクトの実績データを収録したデータベース (ISBSG) を利用し，開発工数と開発期間における関係性を分析した。さらに，本研究で直接の対象としている並行型ソフトウェア開発に相当する産業界での事例を調査した。これらの調査を踏まえて，開発工数や開発期間の遅延に大きく影響するソフトウェア品質に焦点を絞り，以降の研究を進めることとした。

(2) について，ソフトウェア品質，とくにソフトウェア欠陥の測定方法について，測定の信頼性と妥当性を確保するための概念を整理した。この概念整理は，ソフトウェア欠陥を扱った研究を進める上での基礎となる事項である。その上で，過去の複数プロジェクトのデータからポアソン回帰モデルを用いて欠陥数を予測する手法と，ある1つのプロジェクトにおける欠陥除去履歴に基づいて欠陥数を予測するレイリーモデルに関する研究を行った。

(3) について，前項まででは扱っていなかった並行型ソフトウェア開発を直接の対象とし，欠陥数を予測するシミュレーションモデルを構築した。このモデルを実プロジェ

クトの部分的なデータに適用し，モデルの適用可能性を評価した。

## 4. 研究成果

(1) 予備研究として，雑誌論文にてソフトウェア開発工数の予測に関する研究の全体的な俯瞰を行った。ここでは，全体的な動向の整理に加えて，本研究で用いているシミュレーションによるコスト予測アプローチの有効性および妥当性について議論した。

学会発表にて，並行型ソフトウェア開発の一種であるソフトウェアプロダクトライン開発の工数予測を，簡易なシミュレーションにより行った結果を示した。ここで示した内容は，実務で一般に取り入れられている流用開発に対して，ソフトウェアプロダクトライン開発の効果を比較したものであり，実データには基づいていないものの有用な思考実験であると考えている。

学会発表にて，ISBSG データを用いて，ソフトウェア機能規模，工数，および開発期間の関係を分析した。分析の結果，開発期間は工数に比べて機能規模による説明力が弱いこと，工数と開発期間のいずれも予測区間が極めて広がることが分かった (図1)。また，第四世代言語を用いた複雑なシステム開発のセグメントの方が，第三世代言語を用いた従来型開発のセグメントよりも工数と開発期間の相関が強いことが示せた。

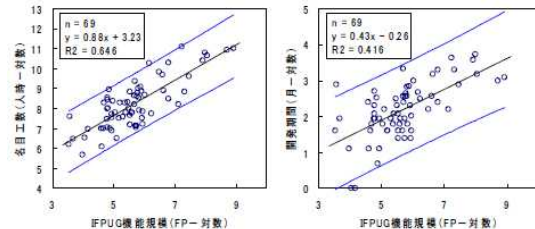


図1 工数 (左) と開発期間 (右) のモデル

雑誌論文にて，並行型ソフトウェア開発である組込みシステム製品事例のリビジョン (改版) 記録を分析し，より大規模かつ長期間にわたる並行型ソフトウェア開発のデータを分析した。その結果，リアクティブな欠陥修正 (他製品の欠陥修正に基づいて行われた欠陥修正) は段階的に増加し，最終的にはすべての欠陥修正の 40% 以上に至ったことが示せた。また，原因となる欠陥修正からリアクティブな欠陥修正が完了するまでの期間には大きなばらつきがあった (図2)。

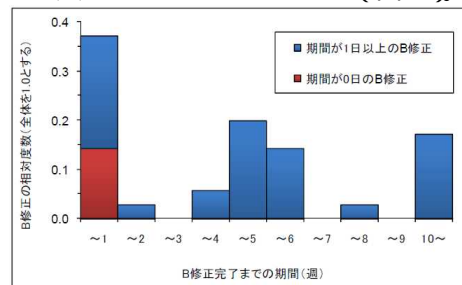


図2 リアクティブ欠陥修正の完了期間

雑誌論文にて、これらの取り組みを経て得られたソフトウェアプロダクトライン開発におけるマネジメント上の知見をまとめ、解説論文として著した。ここでは、とくに構成管理の問題、開発プロセスの問題、投資としてのコア資産開発の問題に言及した。

(2) 雑誌論文にて、ソフトウェア開発の工数および開発期間の予測に大きく影響するソフトウェア品質に着目し、欠陥データの測定方法について研究した。既存の国際規格や技術標準ではソフトウェア欠陥の測定方法が十分な精度で定義されていないこと、これに言及する先行研究がないこと問題意識として提示した。その上で、ソフトウェア開発ライフサイクルにおける欠陥測定の一貫性を保つことを目的とした測定方法として、「作業成果物の問題箇所を集約して欠陥を1件として測定すること」という測定原則を提案した。この原則を用いることにより、プロセスの問題に帰着して欠陥を測定するという誤った運用を回避できる。この方法の妥当性を議論するとともに、アンケート調査に基づいて測定方法のバラツキが組織によってどの程度存在するのかを提示した。

学会発表にて、ある1つのプロジェクトにおける欠陥データをワイブル分布の一種であるレイリーモデルに適用する方法を提示した。ここでは、連続型の変数を前提としているレイリーモデルに対して、ソフトウェア開発の上流工程で測定可能な欠陥データは連続ではなく離散になることを指摘し、従来のレイリーモデルをそのまま適用することの問題を指摘し、離散的かつ等間隔ではなく測定された欠陥データを適用する方法(図3)を提示した。この処置を施した実データにレイリーモデルを適用した結果、総欠陥数の予測精度が向上する例が確認できた。

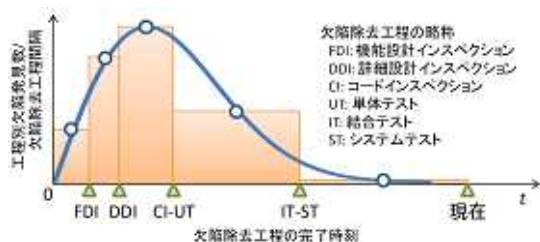


図3 レイリーモデルの適用方法の概略

学会発表にて、計数データであるソフトウェア欠陥データに対してポアソン回帰モデルを適用することの妥当性と、その適用事例を示した。その結果、予測値と実測値の相関係数(重相関係数)は0.957であり(図4)、先行研究が示したより複雑かつ多量のデータを必要とするモデルとほぼ同等の相関係

数を示すモデルが得られた。

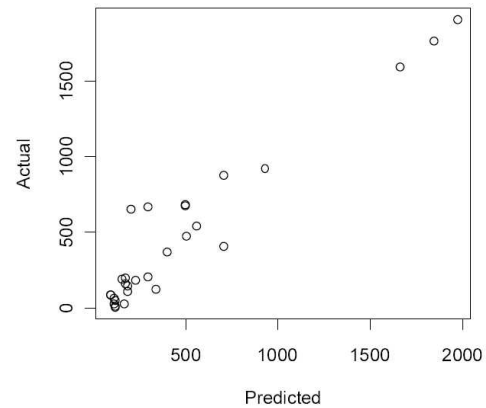


図4 ポアソン回帰モデルによる予測

(3) 並行型ソフトウェア開発におけるシミュレーションモデルの構築にあたり、ある企業において進行中の実プロジェクトデータを用いた欠陥数予測シミュレーションモデルの構築を行った。ここでは、欠陥除去率(開発プロセスにおける欠陥見逃しの少なさを表す指標)が、並行型開発における後続プロジェクトの経過に伴って逓減する現象に着目し、これが信頼度成長モデルに従って逓減する場合と、途中経過までに得られた実測値の情報を考慮した上で逓減する場合を比較し、並行型開発全体における見逃し欠陥の影響を評価できるシミュレーションモデルの構築を行った。

シミュレーションモデルの構築にあたっては、ベイジアンネットワークの分析ツールGeNieを利用した。複数プロジェクトから構成される並行型ソフトウェア開発を対象に、欠陥数に影響するさまざまな要因に確率変数を与えてモデル化し、計算機上でシミュレーション可能なモデルを構築した(図5)。

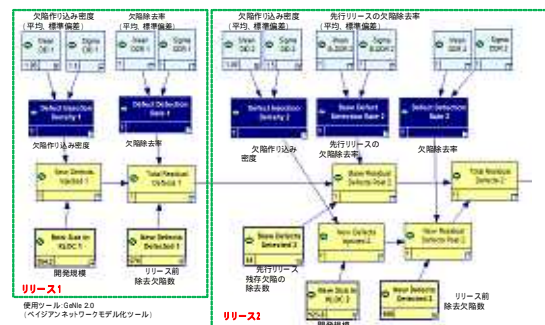


図5 シミュレーションモデル(一部)

複数の並行型ソフトウェア開発における欠陥数の予測にあたって、先行インクリメントの欠陥除去率が後続インクリメントの開発を通じて逓減することに着目した、インクリメンタル開発の残存欠陥予測モデルを提案した。欠陥除去率は、インプロセスでの作



り込み欠陥数に対する、インプロセスでの除去欠陥数の比率である。この値は、先行インクリメントのインプロセスで見逃した残存欠陥が、後続インクリメントの開発プロセスで発見されるにつれて遞減する。

欠陥除去率の遞減は、理想的には、当該インクリメントに対する後続インクリメントでのテスト時間の関数として表現できると考えられる。しかし、実務的には、後続インクリメントのテスト時間を、複数ある先行インクリメントのそれぞれに対して個別に割り振って測定することは非現実的である。そこで本研究では、その代用変数として、当該インクリメントの開発規模に対する後続インクリメントの開発規模の累積値の比率（ $r$ で表す）の関数としてモデル化した（次式）。

$$F(r) = 1 - R(1 - e^{-\lambda r})$$

ここで $(1-R)$ は真の欠陥除去率の推定値、は欠陥除去率遞減の速度を表す定数である。

このモデルを、部分的に得られた実プロジェクトのデータに適用した結果の一例を図6に示す。図6では、パラメータを変えたときの経過プロジェクト数に対する残存欠陥数の予測値を示している。

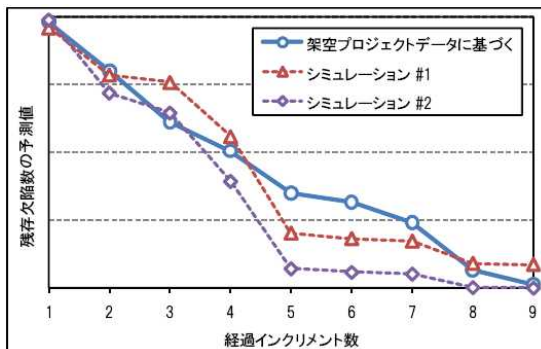


図6 シミュレーション結果の例

提案モデルは、先行プロジェクトの欠陥除去という品質目標を定めて、計画と実績が乖離していないかを可視化し、並行型ソフトウェア開発の途中段階で品質向上へのフィードバックを行うのに役立つと考えている。

本研究で用いた実プロジェクトのデータは並行型ではなく逐次型であったため、並行型ソフトウェア開発の特徴を表したシミュレーション結果とはなっていない。しかし、ここで提示したシミュレーションモデルは並行性に対しても適用可能なモデルを実現しており、並行型ソフトウェア開発への適用は可能である。検証用データの可用性の問題のために並行型ソフトウェア開発プロジェクトでの評価を行えていないが、当初掲げた研究目的であるシミュレーションモデルの構築は達成できた。

本研究で提示したそれぞれの研究成果は、概念レベルではいずれも連携がとれているものの、最終的なシミュレーションモデルと詳細レベルでのシームレスな連携がとれていない。この連携性における論理を提示することが今後の課題の1つとして挙げられる。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計4件)

野中誠, ソフトウェア品質の定量的管理における曖昧さ - ソフトウェア欠陥測定 の原則 -, 東洋大学経営論集, 査読有, Vol.79, 2010, 99 - 109

野中誠, ソフトウェアプロダクトライン開発のマネジメント: 課題と技法, 情報処理, 査読有, Vol.50, 2009, 289 - 294

野中誠, 桜庭恒一郎, 舟越和己, 組込みソフトウェア製品ファミリにおける是正保守の予備的分析, 情報処理学会研究報告, 査読無, Vol.2009-SE-166, 2009, 1 - 8

野中誠, ソフトウェア開発コスト予測研究の動向と課題, ソフトウェアエンジニアリング最前線 2008, 査読無, 2008, 33 - 40

〔学会発表〕(計5件)

野中誠, 計数データとしてのソフトウェア欠陥の予測, 情報処理学会ソフトウェア工学研究会ウィンターワークショップ 2011・イン・修善寺, 2011年1月21日, ラフォーレ修善寺(静岡).

野中誠, 離散的に観測された欠陥データへのレイリーモデル適用について, 情報処理学会ソフトウェア工学研究会ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム 2010 ワークショップ, 2010年8月30日, 東洋大学.

野中誠, 欠陥除去率の遞減に基づいたインクリメンタル型ソフトウェア開発の残存欠陥予測, 情報処理学会ソフトウェア工学研究会ウィンターワークショップ・イン・倉敷 2010, 2010年1月22日, 倉敷市芸文館.

野中誠, ソフトウェアプロダクトライン開発と流用開発のコスト比較, 情報処理学会ソフトウェア工学研究会ウィンターワークショップ 2009・イン・宮崎, 2009年1月23日, 宮崎市民プラザ.

野中誠, ソフトウェア規模・工数・開発期間の関係分析, 情報処理学会ソフトウェア工学研究会ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム 2008 ワークショップ, 2008年9月1日, 東洋大学.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

野中 誠 (NONAKA MAKOTO)  
東洋大学・経営学部・准教授  
研究者番号：30318787

(2)研究分担者 (0)

(3)連携研究者 (0)