

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月6日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2011

課題番号：21500029

研究課題名（和文）要求獲得および変更の計画立案と管理手法に基づくプロジェクト支援システムの開発

研究課題名（英文）A method and support system for requirements elicitation and change management

研究代表者

中谷 多哉子 (NAKATANI TAKAKO)

筑波大学・ビジネスサイエンス系・准教授

研究者番号：30431662

研究成果の概要（和文）：

多くのソフトウェアの開発が、要求の変更によって失敗している。この問題を解決するために、開発を進めながら要求を獲得するための定量的な指標の提案を行い、要求獲得プロセスの計画、監視、および評価の方法を提案した。本研究によって、プロジェクト管理者が、要求獲得を計画するために考慮しなければならない事項である要求種別毎の要求成熟時期を推定する方法を開発することができ、要求の獲得計画の立案が可能となった。

研究成果の概要（英文）：

Not a few software development projects failed by unexpected requirements changes. In order to solve the problem, we proposed a requirements elicitation process and introduced metrics to observe and evaluate the requirements elicitation process. As the result of our research, project managers will be able to estimate the maturation period of requirements of software components and/or quality components with the proposed metrics, and then they will also be able to plan the requirements elicitation process.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
総計	3,900,000	1,170,000	5,070,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：ソフトウェア工学，要求工学

1. 研究開始当初の背景

(1) ソフトウェア開発プロジェクトの成否に、要求獲得プロセスが大きな影響を与えている。なぜ、我々は、この問題を解決できないのであろうか。その原因の一つは、開発プロセスにおける要求工学プロセス（要求獲得から要求仕様書の作成，検証に至るプロセス）の位置づけにある。これまでの開発プロセス

では、開発の初期に要求仕様を決めることが前提となっており、設計以降の要求獲得は計画されていなかった。そのために、設計以降に要求が変更されたり要求が追加されたりした場合、プロジェクトが多大な影響を受けていたと考えられる。そこで我々は、実際のソフトウェア開発で、設計以降の要求獲得がどのくらい行われているのかを、実態調査に

よって知ることとした。過去のプロジェクトの状況と成果から、今後の対策を学ぶことで、要求変更を柔軟に受け入れるプロジェクトの管理手法を開発することが可能となる。

(2)我々は、本研究に先立って、実際のプロジェクトで、開発中にどのような要求が追加され、そして変更されていたのかを調査した。その結果、(1)の問題を解決するためには、要求獲得計画の立案、および要求獲得プロセスの制御と監視を行うための手法、メトリクス、支援ツールの開発が必要であることが明らかとなった。

2. 研究の目的

(1) 要求獲得の計画立案に向けたモデルの構築

(2) 要求獲得プロセスを計画するために必要な、要求成熟型の判別手法とメトリクスの提案

(3) 要求文から、種別毎の要求が随時行えるようにするための支援ツールの開発

(4) 要求変更によるリスク管理手法の開発

3. 研究の方法

(1) 要求獲得の計画立案に向けたモデルの構築

実際の開発プロジェクトにおける要求獲得プロセスを定量的に調査する方法を確立し、要求対象の範囲の識別と分類方法を提案する。また、企業の技術者に開発した方法を提供し、分類方法の妥当性を評価する。

(2) 要求成熟型の判別手法とメトリクスの提案

(1)で得られた評価結果を分析し、要求獲得プロセスを決定する要素を明らかにする。要素を重みづけした数値と各プロジェクトで得られた要求の獲得プロセスに対してデータマイニングの手法を適用し、意思決定木を開発する。これによって、要求獲得プロセスの予測を可能にする。

さらに、要求獲得プロセスの初期に想定が可能な、要求の安定性、および要求源泉へのアクセス容易性に関するメトリクスを定義し、これらの要素と、要求の獲得容易性との相関を統計手法を用いて明らかにする。

(3) 要求獲得プロセス計画支援システムの開発

要求文から要求事項を抽出し、観測および制御のための要求種別を分類するための支援ツールを開発する。

(4) 要求変更によるリスク管理手法の開発

要求変更によるプロジェクト運営のリスクを制御するために、事例調査によって得られた知見を、PMBOKのプロセスエリアおよび知識エリアの分類に基づいて分類し、リスク対象および対処プロセスをプロジェクト管理パターンとしてまとめる。

4. 研究成果

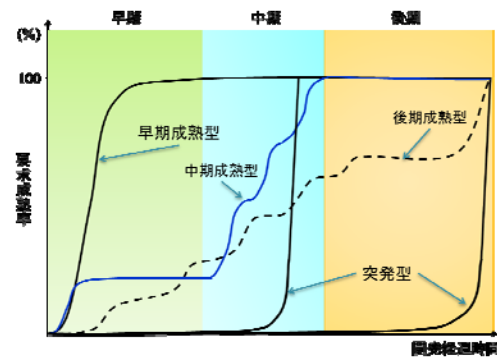


図 1 PRINCE モデル

(1) 要求獲得の計画立案に向けたモデルを構築するために、PRINCE モデルを構築した。図 1 に PRINCE モデルを示す。図中の横軸は開発プロジェクトの経過を表し、縦軸は、要求成熟率を表す。ここで、要求成熟率 R_i とは、開発終了時点までに獲得された要求の累積数を N としたとき、ある時点 j で獲得された要求数 r_j として、以下の式によって定義した。

$$R_i = \sum_{j=0}^i r_j / N$$

また、要求数 N は、最初に獲得された要求数、追加・削除・変更された細粒度の要求の合計数である。このように要求数を計測することによって、個々の要求が変更された過程を追跡する必要がなくなる。また、要求の成熟、すなわち、最後の要求が獲得された時期を判別するためには、このような計測方法で十分である。要求は、種別毎に観測する。要求は、プロジェクト開始時から獲得され始め、最後の要求が獲得されたときに要求が成熟したとみなす。この観測によって、各種別の要求を、プロジェクトの早期、中期、後期、または突発的に成熟する 4 つの成熟型に分類することが可能となる。

プロジェクトで要求獲得計画を立案するためには、どの種別の要求がどの成熟型に属するかを見極める必要がある。

(2) 要求獲得プロセスを計画するために必要な、要求成熟型の判別手法として、意思決定木を構築した。本研究では、分析対象として複数のプロジェクトを選択し、プロジェクト管理者へのインタビューを行うことによって、ソフトウェア部品単位の特性値を得た。これらのプロジェクトはすでに完了したプロジェクトであり、要求の成熟時期は客観的に観測可能であった。これらのデータを用いてデータマイニングの手法を適用することによって、図 2 に示す意思決定木を得た。

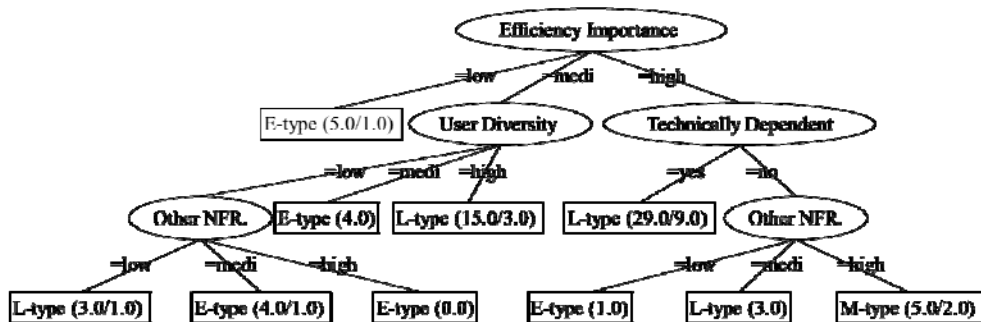


図 2 要求の成熟型を導出するための意思決定木

たとえば、図 2 に示した意思決定木によると、要求者の協力が得られるもとの、利用者の多様性が大きい場合、要求獲得プロセスは後期成熟型となり、多様性が小さく、非機能要求の重要性が低く、非機能要求の達成に技術的な課題がほとんどない場合は、早期成熟となるなどの成果を得ることができた。この意思決定木の開発にあたり調査を行ったプロジェクトはいずれも、要求者が協力的であった。そのため、要求者の協力が得られない場合の成熟度を求めることはできていない。また、プロジェクトによっては、高い処理効率求められるなど、要求の重要度も異なる。

したがって、図 2 に示した意思決定木は、同様の要求の特性をもつプロジェクト毎に開発する必要がある。しかし、システム開発を行っている実務者が本研究で適用した方法を用いれば、過去のプロジェクトのデータに基づいて意思決定木を開発することは容易である。要求の種別毎の要求成熟型を導出するためプロセスと意思決定木を開発できたという本研究の成果の有効性は高い。

要求獲得プロセスを計画するためには、要求獲得プロセスの成熟しやすさである成熟効率を求める必要がある。そこで、要求獲得の成熟時期に影響を与えると思われる要素を、要求分析者のスキル、要求の安定性、要求源泉へのアクセス容易性と定め、後者の二つの要因について、マトリクスを定義すると共に、実プロジェクトの開発データから数値を求め、各数値の相関を求めた。以下に本研究で用いたマトリクスを示す。

要求安定性 RMI (Requirements Maturation Index) は以下の式によって求める。

$$\bullet RMI = (R_T - (R_a + R_c + R_d)) / R_T$$

ここで R_T は、プロジェクト終了時の要求獲得総数を表し、 R_a , R_c , R_d は、それぞれ追加要求数、変更要求数、削除要求数を表す。要求源泉へのアクセス容易性 RSA (Requirements Source Accessibility) は、以下の式によって求める。

$$\bullet RSA = 1 / \text{Max}(NIF)$$

NIF (Number of Information Flows) は、要求



図 3 RSA と RME の相関
(相関係数 0.849)

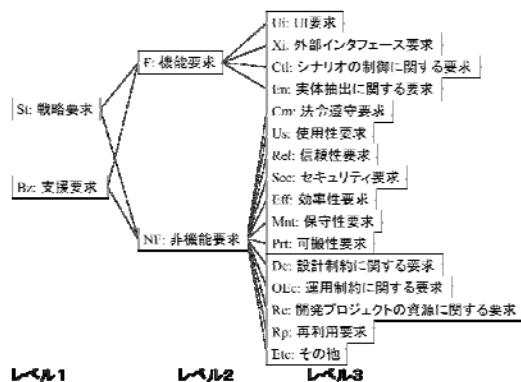


図 4 論理的な要求種別一覧

分析者が要求源泉から要求を獲得するまでにかかる情報フローのパス数を表す。間接的に要求を聞きながら獲得する場合は、NIF が大きくなり、その結果 RSA は小さくなる。また、要求成熟効率 RME (Requirements Maturation Efficiency) は、以下の式によって求める。

$$\bullet RME = 1 - T/L$$

T は、プロジェクト開始時から要求の成熟までに要した期間を表し、L はプロジェクト期間を表す。RME の値が小さいほど、要求の成熟が遅くなることを意味する。

RSA と RMI の間の相関は低く、独立した値であることを確認した。また、RSA、および RMI と、RME との相関分析を行った。この結果、前者は後者よりも高い相関を示した。すなわち、RMI が大きい (要求が安定している) からといって、早く成熟するとは言えない

いが、RMI が大きくなければ、早く成熟しないことを確認した。RSA も同様に、RSA が高ければ、要求は早く成熟する傾向があることを確認した。これらの結論は、直感的な要求プロセスの観察と矛盾するものではない。RSA と RME の関係を図 3 に示す。

重回帰分析によって RSA および RMI と、RME との関係性を求めた。その結果、5%の有意水準によって、重相関係数 88.1%、決定係数 77.7%で、以下の式を得た。

$$\bullet RME = -0.31 + 0.27 * RMI + 0.75 * RSA$$

同様のシステムであれば、要求種別毎の RMI は予測可能である。また、RSA は、プロジェクトに必要な要求がどのステークホルダーから得られるのかを調査し、その結果をステークホルダーマップに表すことによって求めることが可能である。ステークホルダーマップの作成は、要求獲得活動の最初に行うべき作業である。したがって、RME は、プロジェクトの事前に収集可能なデータに基づいて算出可能である。以上のことから、要求種別の要求成熟時期を予測することが可能となった。たとえば、RME が 0.66 以上であれば、早期成熟、0.33 よりも小さければ後期成熟型と推定できる。

(3) 本研究では、複数のプロジェクトから提出を受けた要求仕様書、質疑応答票、課題管理表、会議議事録からすべての要求文を抽出し、さらに、要求文に記されている要求の種別を分類する作業を行った。この作業は複雑であり、多くの時間を要する。本研究で得られた成果を実際の開発現場に導入するためには、より効率的な要求の分類が求められる。本研究では、要求を分類する種別を開発者へのインタビューによって検討した。その結果、要求を観測する視点によって、物理的な種別と論理的な種別とに分類する必要があることが明らかとなった。物理的な種別とは、開発するソフトウェアを構成する部品やコンポーネントである。論理的な種別は、要求の安定性に基づいて分類を行った品質特性から構成される。要求種別の分類を図 4 に示した。最上位のレベル 1 では、要求者が要求の内容を制御可能か否かによって、戦略要求と支援要求に分類される。支援要求は、開発予算などによって優先順位を折衝可能であり、その成熟時期は制御可能である。しかし、ビジネスの戦略に影響を与える要求は、他社製品や市場の動向によって、突発的に提示される可能性がある。そのため、成熟度は中期、

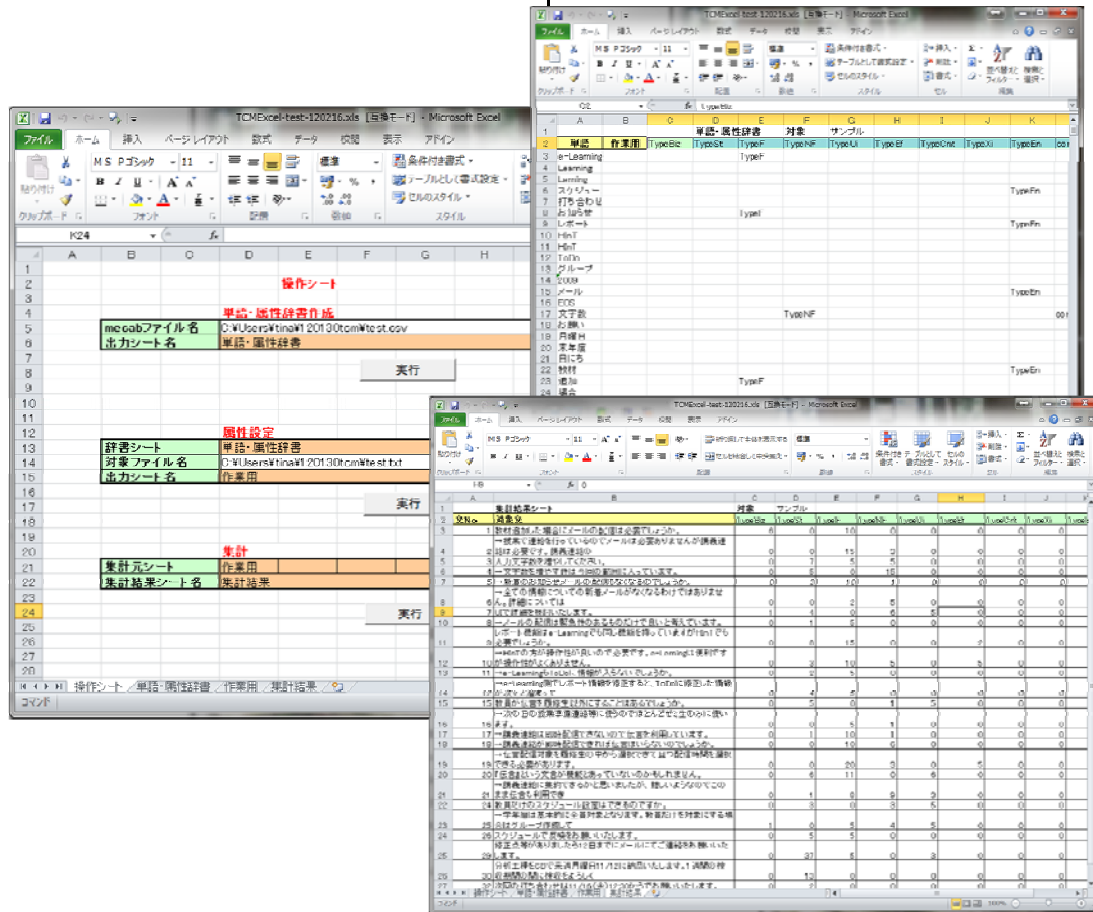


図 5 要求分類支援ツール

または後期になる可能性が高いと考えられる。また、開発者にとって、システムの作り込みが容易か、システムのアーキテクチャに影響を与える重大な要求化によって、レベル2の機能要求と非機能要求を設けた。さらにレベル3には、各要求の詳細な分類が定義してある。この分類は、実務者によって参照され、実プロジェクトへ適用した評価結果が、発表されている。

本研究では、要求文に記述された要求をこれらの種別に分類し、要求獲得プロセスを定量的に観測できるようにするための支援ツールの開発を行った。要求文から種別毎の要求を抽出するためには、種別と要求文を構成する単語を対応づける辞書を用いる。これによって、一つの要求文に含まれる要求種別を抽出することが可能となる。要求文から単語を取り出すために、形態素解析のツールであるMeCabを用いた。

開発した支援ツールは、Excel上で使用することができる。要求文が記入された文書を読み込ませることによって、単語の抽出を行い、辞書を参照して単語毎の種別を求め、要求文が持つ種別を導出する。このツールは、信州大学によって開発されたTCMツール¹を改良したものである。今後は、辞書の開発を行い、評価を行う。支援ツールの概要を図5に示した。

(4) 要求変更によるプロジェクトの運営リスクを管理するために、プロジェクト管理パターンを構築した。このパターンは、実プロジェクトで要求変更に対処するためにプロジェクト管理者が持っている知見を、PMBOKの知識エリアおよびプロセスエリアの要素に対応付け、リスクの管理対象と対処プロセスの分類を行って開発したものである。また、ここで定義したパターンは、実際のプロジェクトに適用し、有効性を評価した。

¹ H. Kaiya, M. Tanigawa, S. Suzuki, T. Sato, A. Osada, and K. Kaijiri: "Improving Reliability of Spectrum Analysis for Software Quality Requirements using TCM," IEICE Transaction, E93-D(4), 2010, pp.702-712.

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3件)

- ① Takako Nakatani, Narihito Kondo, Junko Shirogane, Haruhiko Kaiya, Shozo Hori, and Keiichi Katamine: "Toward the Decision Tree for Inferring Requirements Maturation Types," *the IEICE Transactions*, Vol.E95-D,2012, No.4, pp.1021-1030 (2012),(査読有).
- ② Takako Nakatani, Shouzo Hori, Naoyasu Ubayashi, Keiichi Katamine, and Masaaki Hashimoto: "A Case Study of Requirements Elicitation Process with Changes," *the IEICE Transactions*, Vol.E93-D, No.8, Aug. pp.2182-2189 (2010),(査読有).
- ③ Shozo Hori and Takako Nakatani and Keiichi Katamine and Naoyasu Ubayashi and Masaaki Hashimoto: "Project Management Patterns To Prevent Schedule Delay Caused by Requirement Elicitation," *the IEICE Transactions*, Vol.E93-D,2010, No.4, pp.745-753 (2010),(査読有).

[学会発表] (計7件)

- ① Takako Nakatani, Toshihiko Tsumaki, Michio Tsuda, Mari Inoki, Shozo Hori, and Keiichi Katamine: "Requirements Maturation Analysis by Accessibility and Stability," Proc. of the Asia Pacific Software Engineering 2011, pp.357- 364. (2011/12/8, Vietnam, Ho-Chi-Minh)
- ② Takako Nakatani and Toshihiko Tsumaki: "Requirements Maturation Analysis based on the Distance between the Source and Developers," 4th International Workshop on Cooperative and Human Aspects of Software Engineering, IEEE, 2011, pp.88-91. (2011/05/21, USA, Hawaii)
- ③ Takako Nakatani, Norihito Kondo, Mari Inoki, Michio Tsuda, and Keiichi Katamine: "The Taxonomy of Requirements for Conducting Elicitation," Information Systems 2011, IADIS, 2011, pp.161-168. (2011/03/12, Avila, Spain)
- ④ Takako Nakatani, Narihito Kondo, Haruhiko Kaiya, Junko Shirogane, Shouzo Hori, and Keiichi Katamine: "Inferring Requirements Maturation Types with a Decision Tree," Joint Conference on Knowledge-Based Software Engineering 2010, 2010, pp.19-32. (2010/08/25, Kaunas, Lithuania), (in http://www.gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp/master_professor/363.html)
- ⑤ Shozo Hori, Takako Nakatani, Keiichi

Katamine, Naoyasu Ubayashi, and Masaaki Hashimoto: "A Discussion on a Framework of Project Management Patterns to Prevent Schedule Delay Caused by Requirements Elicitation," Information Systems 2010 Conference, IADIS, March, 2010, pp.414-418. (2010/03/18, Porto, Portugal)

- ⑥ Shozo Hori, Takako Nakatani, Keiichi Katamine, Naoyasu Ubayashi, and Masaaki Hashimoto: "Project Management Patterns to Prevent Schedule Delay Caused by Requirements Changes -Empirical Study on a Successful Project-," Proc. of the 4th International Conference on Software Engineering and Data Technologies, INSTICC, 2009, pp.115-120 (2009/07/28, Sofia, Bulgaria).
- ⑦ Takako Nakatani, Shozo Hori, Michio Tsuda, Mari Inoki, Keiichi Katamine, and Masaaki Hashimoto: "Towards a Strategic Requirements Elicitation -A proposal of the PRINCE Model-," Proc. of the 4th International Conference on Software Engineering and Data Technologies, INSTICC, 2009, pp 145-150 (2009/07/26, Sofia, Bulgaria).

[その他]

支援ツール :

<http://www2.gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp/staff/nakatani/SSR09/PRINCE.zip>

ホームページ :

http://www.gssm.otsuka.tsukuba.ac.jp/master_professor/363.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中谷 多哉子 (NAKATANI TAKAKO)

筑波大学・ビジネスサイエンス系・准教授

研究者番号 : 30431662

(2) 連携研究者

片峯 恵一 (KATAMINE KEIICHI)

九州工業大学・情報工学研究院・助教

研究者番号 : 00264135