

Software Requirements Change Taxonomy: Evaluation by Case Study

ソフトウェア要求の変更分類 : ケーススタディによる評価

Abstract—

Although a number of requirements change classifications have been proposed in the literature, there is no empirical assessment of their practical value in terms of their capacity to inform change monitoring and management.

要求変更の分類の数は、文献で提案されているが、
変更の監視と管理を通知するためのそれら(変更分類)の能力に関して
実用的価値について実験に基づいた評価がされていない。

This paper describes an investigation of the informative efficacy of a taxonomy of requirements change sources (which distinguishes between changes arising from 'market', 'organisation', 'project vision', 'specification' and 'solution').

本稿は、

「解決法」と「仕様書」、「プロジェクト視点」、「組織」、「市場」から生じる変更を区別する

要求変更リソースの分類の有力な有効性に関する調査を示す。

This investigation was effected through a case study where change data was recorded over a 16 month period covering the development lifecycle of a government sector software application.

この調査は、変更したデータは、政府部門のソフトウェアアプリケーションの開発のライフサイクルをカバーする16ヶ月間を越えて記録された、事例研究からもたらされた。

While insufficiency of data precluded an investigation of changes arising due to the change source of 'market', for the remainder of the change sources, results indicate a significant difference in cost, value to the customer and management considerations.

データの不足が、変更源の残りの部分に対して、「市場」の変更源のせいで生じる変更に関する調査を不可能にする間、

結果は、コンシューマと管理に関する考慮事項の価値、コストにおける重要な相違点を意味する。
(市場に関する変更調査ができないから、本当の結果が手に入らないってこと?)

Findings show that higher cost and value changes arose more often from 'organisation' and 'vision' sources;

(調査から)わかったことは、コストの上昇や値の変化は、「組織」と「ビジョン」からよく生じる、ということである。

these changes also generally involved the co-operation of more stakeholder groups and were considered to be less **controllable** than changes arising from the 'specification' or 'solution' sources.

これらの変化はまた、一般的に多くのステークホルダのグループの協力に関与しており、「仕様書」または「ソリューション」のリソースから生じる変化よりも**制御しにくい**と考えられていた。

Overall, the results suggest that monitoring and measuring change using this classification is a **practical means to** support change management, understanding and risk visibility.

全体として、

その結果は、この分類を用いた変更の測定と監視が、リスクの見通しや理解、変更管理を支援する**実用的な手段**であることを示唆する。

Keywords-

Requirements Change; Requirements Evolution; Collaborative Case study

要求変更, 要求進化, **協力的な事例研究**

I. INTRODUCTION

Software requirements continue to evolve during software development and maintenance, and the associated risk to cost, project schedule and quality **appeals to** the need for increased understanding of the phenomena.

ソフトウェア要求は、ソフトウェア開発やメンテナンス、そしてコストに対する関連したリスクの間、進化し続ける。

プロジェクトのスケジュールや品質は、それらの現象のさらなる理解の必要性を訴える。

The case-study introduced here is the second in a family of collaborative **empirical** initiatives, each of which addresses objectives related to the ultimate goal of requirements change anticipation.

ここで取り上げる事例研究は、協力的な**実験に基づいた**戦略のうちの2つめである。

それぞれの戦略は、要求変更の予想の究極的なゴールに関連した目標に対処する。

Requirements changes can **vary greatly** in terms of their cost and value;

要求変更は、コストと値の面で**大きなばらつきがある**可能性がある。

the metric 'requirements changes = 2' which results from the addition of one change costing

£100 to a second change at a cost of £1000 is not that **informative**.

「要求変更= 2」という測定基準は、

1000ポンドの費用で2度変化するために、1度の変更の追加によって100ポンドのコストが生じるため、**有益**ではない。

The first step, therefore, is to establish a means by which a change can be classified and measured.

よって、最初のステップでは、変更を分類して測定することができる手段を確立することである。

A **system of classification intended for** the purpose of change measurement and monitoring should be practical and easy to apply to changes, as well as reflective of cost and and/or value.

分類方式は、コストおよび/または値の反映に加え、

変化への適用が容易であり、実用的であるべき変更の管理と監視の目的を**対象とする**。

A **previous study** [1] addressed the observation that existing classifications were incomplete, or **difficult to use**, and established standardized constructs to represent the reason or cause of the requirements change.

過去の研究(先行研究)[1]は、既存の分類は不十分、もしくは**不便**であり、

また、要求変更の理由または原因を表現するためには**実証された標準化された構造**に関する観察結果を取り上げている。

The study used the expert knowledge of experienced project managers to consolidate and classify 73 change source constructs elicited from the literature.

その研究では、文献から抽出された73の変更ソースの構造を分類し、統一するために経験豊富なプロジェクトマネージャの専門知識を利用した。

Using individual card sorting and workshops, a classification of change sources was **derived comprising** the five change domains illustrated in table 1.

個々のカードソーティングやワークショップの利用によって、

変更ソースの分類が、表1で表した5つの変更ドメイン**から成っている**ということを**導き出された**。

In addition, an important distinction was made between constructs relating to a situation such as '**insufficient stakeholder involvement**' and those relating to an event such as 'business process change'.

加えて、重要な差異は、

「ビジネスプロセスの変化」のようなイベントに関連しているそれら(構成)と、
「**不十分な**ステークホルダの関与」のような状況に関連している構成の間に生じた。

A full taxonomy relating the domains in table 1 to uncertainties (situational constructs) and triggers (event constructs) can be found in the **appendix**.

不確定要素(状況的構成要素)とトリガー(イベントの構成要素)に
表1におけるドメインを関連づける完全な分類は、**付録**から入手可能である。

With the initial focus on software development, the taxonomy was extended to include the maintenance phase of a project [2].

ソフトウェア開発の最初に焦点を当て、分類はプロジェクトの保守フェーズ[2]を含むように拡張された。

However, the informative or **explanatory** value of categorizing requirements change in this way, or any other, has not been determined.

しかしながら、この方法、もしくは任意の他の方法において要求の変更を分類することの有益な、もしくは**説明のための**値は、決定されていない。

The academic objective of the case study introduced here is to provide an empirically founded evaluation of the potential of the requirements change source taxonomy to provide a **meaningful** and practical means of change classification and measurement.

ここで紹介する事例研究の学問的な目的は、
変更の分類と計測の**意味を持ち**、実用的な手段を提供するために、要求変更ソースの分類のポテンシャルについて経験的に発見された評価を提供することである。

At the same time there is an immediate business objective to improve visibility and understanding of requirements change.

同時に、要求変更の見通しと理解を改善するために即時のビジネス目標が存在する。

Effort was therefore required to clearly identify research questions and define **mutually expedient** case study data.

成果が、それゆえに、
明確に研究課題を特定し、**互いに目的にかなった**事例研究のデータを定義することを要求された。

The following research questions are addressed:

次の研究課題は解決されています. :

Across change domains, is there a significant difference in:

変更ドメインにわたり, 重要な相違点がそこにある. :

すなわち,

1) Change cost;

変更のコスト

2) Change value;

変更の値

3) Proportion of opportunity vs. defect related change;

機会の割合 対 変更に関連した欠陥

4) The activities during which changes are found;

変更が検出された中でのアクティビティ

5) The number of stakeholders involved; and

関与するステークホルダの数

6) The level of project management control?

プロジェクト管理制御のレベル

With our industrial partner, the Goal Question Metric (GQM) approach [3] was largely **adhered to** in order to firstly articulate these questions and secondly identify case study data.

我々の産業パートナーと同意見で,

GQMアプローチ[3]は, 最初にそれらの質問を統合し, 次に, 事例研究のデータを特定するために **支持された**.

Past change data were used as the basis of discussion, and this was supported by UML modeling of project processes and **work products** which enabled the identification of the possible values of the variables under study.

過去の変更データは, 議論の基礎として利用された.

そして, これは, プロジェクトの過程のUMLモデリングと,

研究対象の変数の取りうる値の識別を可能にする **作業成果物**によって支持された.

The project under **investigation** designed and delivered a solution within the government sector, lasting 16 months having a total cost of 4222 days effort.

設計され, 実現された政府部門内のソリューションの**調査**対象プロジェクトは,

持続的な16カ月間の4222日間の作業のトータルコストを有している.

Overall 282 changes were recorded at a total cost of 2405.5 days effort.
全体的に 282 の変更が, 2405.5 日間の作業のトータルコストに記録された.

This paper is organized as follows.
本論文の構成は, 以下のとおりである.

Following a review of related research in section 2, the design of the case study, including variable selection and data collection protocol is presented in section 3.

2 章において, 関連研究のレビューに続き,
変数選択を含めたケーススタディの設計, そしてデータ収集の規則が 3 章で提示される.

Section 4 introduces the results and these are discussed alongside the limitations of the study in section 5.

4 章は, その結果を紹介し, 5 章においてこれら(結果)は, 研究の限界とともに議論される.

Section 6 concludes and outlines the future direction of this work.

6 章は結論付けと, この研究の将来の方向性を概説する.

II. RELATED WORK

As far as the authors are aware, there is no existing study that uses an empirical basis for the evaluation of requirements change classifications.

著者が気づいている限りでは, 要求変更の分類の評価のための実証的な根拠を利用した,
既存の研究はない.

(The reader is referred to to [1] for details of the associated literature review).

(読者の方は, 関連する文献のレビューの詳細については[1]を参照されたい.)

This is substantiated in a [comprehensive](#) literature review of change based studies [undertaken](#) by Banested [4].

これは, Banested[4]によって[着手](#)された変更をベースとした研究の, [包括的な](#)文献レビューにおいて, 実証された.

In this review, three [primary objectives](#) for empirical studies of requirements change are identified, among them the characterization of evolution.

このレビューにおいて、それらの進化の特性評価の間、
要求変更の実験によって立証できる研究に対する3つの主目的は、確認されている。

A number of classifications have been proposed, focused upon software development, maintenance, or both, which often have the intention of meeting different objectives.

分類の数は、提案されており、

大体は異なる課題を達成するための目的を持っている、ソフトウェア開発または保守、もしくはその両方に焦点をあてている。

A **traditional classification** of change during software development includes the categories add, modify and delete.

ソフトウェア開発の中の変更についての**従来の分類**は、カテゴリの追加、変更、削除が含まれる。

This has been used in the prediction of requirements change [5], as the measure of the **health** of a project [6] [7], and to support process technique selection [14].

これは、プロジェクトの**健全性**の指標として、そしてプロセス技術の選択を支援するために、要求変更の予測[5]に用いられてきた。

Much empirical and theoretical work focused upon software maintenance re-uses or builds upon Swanson's classification [18] which includes corrective, adaptive and perfective changes.

多くの経験的で理論的な研究は、修正する変更、適応変化(順応できる変更)、完了しつつある変更を含む、Swansonの分類[18]に基づいて事を進める、または再利用する、ソフトウェア保守に焦点を当てていた。

Chapin et al. [19] provide a **thorough review** of literature referring to maintenance change types, and propose a new classification which focuses upon the type of change being made.

Chapinら[19]は、保守の変更のタイプを参照する文献の**徹底的な見直し**を提供し、変更が行われるタイプに焦点を当てた、新たな分類を提案した。

Both Kemerer & Slaughter [20] and Heales [21] take a different approach and classify changes according to what is being changed.

Kemerer と Slaughter[20]とHeales[21]の両方の研究では、異なるアプローチを行い、変更されている内容に応じて変更を分類する。

Alternative empirically derived classifications include that proposed by Harker et al [16], and

Nurmuliani [23].

別の経験的に導かれた分類は, Harkerら[16]とNurmuliani[23]によって提案されたものを含む.

While they share the objective of defining a generic classification based upon the **reason for** the change, there is little commonality in either change construct or classification.

彼らは, 変更の理由に基づく一般的な分類を定義する目的を共有しているが, 変更の構造, または分類のいずれかには, ほとんど共通点がない.

Sommerville [17] largely adopts Harkers framework.

Sommerville[17]は, 主にHarkersフレームワークを採用している.

From a **different perspective**, Nakatani et al [24] consider that different types of requirements **mature** at different times in the development process, and recommends the categorization of groups of requirements according to maturation type.

別の観点から, Nakataniら[24]は,

開発プロセスにおける様々な時点で, 要求の異なるタイプが成熟することを考慮し, そして, 成熟のタイプに応じて要求のグループの分類を勧める.

The classification under investigation in this study was derived initially from previous empirically founded change classifications that focused upon software development.

この研究において, 調査対象の分類は,

以前経験的に設立された, ソフトウェア開発に焦点を当てた変更の分類から最初に得られたものである.

In so doing, the resulting classification is more **exhaustive** in terms of change constructs, and can be regarded as a **synergy** of earlier work.

そうすることで, 分類の結果は, 変更のコンストラクトの観点からより包括的であり, 以前の研究の相乗効果と見なすことが出来る.

Given its generic nature, it is readily applicable to software development projects and triggers can be used as a as a pick list when maintaining change data.

一般的な性質を考えると,

それ(分類の結果)は, 容易にソフトウェア開発プロジェクトに適用可能であり,

トリガーは, 変更データを保持する時にピックアップリストとして利用されることが可能である.

Importantly, like that of Harker et al [16] and Sommerville [17], the ontological distinction is

based upon the source of the change.

重大なことは、

Harkerら[16]とSommerville[17]のように、存在論の区別が変更のソースに基づいていることである。

This facilitates causal analysis which supports change review and management and also may contribute to change anticipation.

これは、変更のレビューと管理を支援する原因分析を容易にし、

また、変更の予想に貢献するかもしれない。

A. Case Study Design

The study was designed in accordance with the case study guidelines outlined by Runeson and Host [11] and Wohlin et al [12] and is a single unit case study, in which the unit of analysis is the requirements change.

研究は、RunesonとHost[11]、Wohlinら[12]によって概説されたケーススタディガイドラインに従って設計された。

そして、その研究は、単一ユニットの分析単位が要求の変更であるケーススタディである。

B. Case Study Context

1) Organisation

Our industrial partner in this research employs 300 staff, has offices in England and Ireland, and delivers IT solutions to clients across both the public and private sectors.

300名の従業員スタッフを持つこの研究における我々の産業パートナーは、

イギリスとアイルランドにオフィスがあり、

公共部門と民間部門の両方にまたがるクライアントに、ITソリューションを提供する。

Most of their contracts involve a single customer and roughly 80% of these relate to governmental work.

それらの契約の多くは、単一の顧客が関与し、

これらのおおよそ(約)80%が、政府の仕事に関連している。

Of importance to collaborative research, their involvement is supported by both upper and middle management and reflects their stated initiative to become a centre of project management excellence.

共同研究の重要性について、

彼ら(顧客)の関与は、中間管理職と上層部の両方によってサポートされ、プロジェクト管理の卓越性(長所)の中心となる彼らの述べた戦略を反映する。

2) Project

The project of interest in this study is in the government sector, has an estimated cost in excess of a million pounds, comprises on average 15 software developers and analysts, and follows a traditional waterfall lifecycle.

この研究への関心のプロジェクトは、政府部門であり、このプロジェクトは、100万ポンドを超過して見積もられたコストを持ち、平均して15人のソフトウェア開発者とアナリストを含み、伝統的なウォーターフォールライフサイクルに従う。

Beginning in April 2009, the project was completed in August 2010 and data was collected during the entire development lifecycle.

そのプロジェクトは2009年の春に始まり、2010年8月に完了し、そして、データは開発のライフサイクル全体の間収集された。

Since the software development work was the result of a **successful tender**, at the commencement of the project, [the requirements **made available to** the software provider during that tendering process] became the basis of the initial requirements specification effort.

プロジェクトの開始時におけるソフトウェア開発の仕事は、**落札**の結果であったため、[入札プロセスの間ソフトウェアプロバイダに**提供した**要求は、] 初期の要求仕様書の作業の基礎となった。

There were four main stakeholder groups involved, comprising the software provider and three departments on the customer side.

ソフトウェアプロバイダと、顧客側の3つの部門から成る、関連する4つの主要なステークホルダのグループが存在する。

C. Data Specification

As well as supporting the needs of the academic objective, the data to be collected will also replace the company's existing change control database and be used for project **retrospective analysis**.

学問上の目的のニーズをサポートすることに加え、収集されるべきデータも会社の既存の変更管理データベースに置き換えられ、そしてプロジェクト

レトロスペクティブ分析に利用された。

The Goal Question Metric Approach defined by Basili [3], was operated initially in a focus group setting consisting of a researcher and 2 project managers.

Basili[3]によって定義されたGQMアプローチは、調査員と2人のプロジェクトマネージャから成るフォーカスグループ設定で最初に作用する。

※フォーカスグループ

市場調査のために抽出された消費者グループ。あるテーマで討議してもらい、その結果を商品開発などに反映させる

In addition to research questions regarding the cost and value of change (questions 1 and 2) the selection of research questions related to management issues (questions 3-6) reflected the needs of our industrial partner to understand and thus better manage their changing requirements.

変更の価値とコスト(質問1, 2)に関する研究課題に加えて、管理の問題(質問3-6)に関連した研究課題の選択は、我々の産業パートナーのニーズを、理解に反映させた。したがって、彼らの変更する要求を管理する方が良い。

As well as discovering when change was happening, and whether it represented an opportunity to add functionality or attend to a defect, they wanted to determine if a greater number of involved stakeholders influences the number of changes seen.

変化が生じたときに発見されることと、機能を追加する、または欠陥に対処する機会を意味するかどうかを同様に、彼らは、関連したステークホルダの数が多いほど、見られた変更の数に影響することを確認したかった。

Also, an important issue was whether the change could have been avoided.

また、重要な問題は、変更が避けられたかもしれないかどうかである。

Project management control was understood to mean 'With hind-sight could/should this change have been discovered earlier', perhaps by the use of alternative techniques or additional resources.

プロジェクト管理は、おそらく、追加のリソースまたは代替技術の利用によって、「後から考えてみると、この変更を以前に発見されている可能性がある/必要がある」ことを意味するものと理解された。

[The selection and practical implementation of metrics to answer the research questions] was not straightforward.

研究上の課題にこたえるためのメトリクスの実用的な実装と選択は、簡単ではなかった。

In the main a pragmatic approach was taken, which often required **compromise** between research and practice.

大部分は、実践的なアプローチがとられ、そのアプローチは調査と実践の間の妥協を必要とした。

While it was considered too **labour intensive** to include metrics for change **KLOC**, the addition of the data item 'phase' was therefore necessary for the analysis of cost comparison since average change costs may increase as the project progresses due to rework, rather than change size.

[ソースコードを何千行書いたかの数値(KLOC)の変化に対して、メトリクスを含むことは、]あまりにも**労働集約的**であるとみなされていた。

データ項目「フェーズ」の追加は、

プロジェクトが進むにつれ、作り変えることが原因として、平均変更コストは増加するかもしれないので、

したがって [コストの比較分析に必要不可欠であった。]

Cost was measured in days and defined as the difference between the original estimate (if it existed) and the actual days effort [required to implement the change.]

コストは、日数で測定され、

元の見積もり(それが存在していた(する)場合)と、[変更を実装するために要求された] 実際の日の努力の間の差として定義された。

The research preference of expressing value in monetary terms was impossible in most situations, so a **Likert scale**, **subjectively assessed**, was employed instead.

金銭的な側面において、値で表現する研究の優先順位は、ほとんどの状況においてありえないものであった。

よって、**主観的に評価された**リッカート尺度が、代わりに採用された

※リッカート尺度: アンケートなどで使われる心理検査的**回答尺度**の一種。

提示された文に回答者がどの程度合意できるかを回答する

The additional data items 'change trigger' and 'domain' were added to relate changes to the change domains in table 1.

付加的なデータ項目「変更トリガー」と「ドメイン」は、図1における変更ドメインへの変更を関連図

けるために追加された。

No classification scheme had been previously used by the company, though ad-hoc reasons for change were included in **descriptive text**.

変更に対するアドホックな理由は、**説明文**の中に含まれていたにもかかわらず、分類体系は、以前にその会社で利用されていなかった。

Given the need to define an agreed and standardized list of activities, UML modeling sessions led by the researcher and involving project managers as available gave rise to the production of an activity diagram and a domain model.

活動の合意された、そして標準化されたリストを定義する必要性を考えると、

研究者と、利用できるように関与しているプロジェクトマネージャ主導のUMLモデリングセッションは、ドメインモデルとアクティビティ図の生産をもたらした。

(研究者とプロジェクトマネージャがUMLでドメインモデルとアクティビティ図を作ったってことかね。)

The data specified (excluding those relevant only to practice **such as** originator, dates etc.) is illustrated in Table 2.

特定のデータ(たとえば発起人、日付などを順守するためにのみそれらの関連を除いている)は、表2に表現される。

It will be noted that many of the data items are subjective measures.

これは、データ項目の多くが、主観的測定であることに留意されたい。

Whilst **appreciating** the limitations imposed by non-objective measurement upon the **analytical significance** of results, the collection of subjective measures is becoming more widely accepted and advocated. [13] [14].

結果の要素に分解する(分析を使う)重要性の非客観的な計測によって課せられた制限を十分に理解する間に、

主観的な測定の収集物は、より広く受け入れられ、そして推奨された。

D. Data Collection Protocol

As changes were discovered, data was collected on a spreadsheet, by either the project manager or the senior analyst.

変更が発見されたように、

上級アナリスト、またはプロジェクトマネージャのどちらかによって、

データは、スプレッドシートで収集された。

Initially bi-monthly meetings **took place** to review the changes gathered though these became less frequent, **due in part to** the urgency of project delivery.

当初、隔月のミーティングは、

プロジェクトの遂行の緊急性も手伝って(ある程度～のせいで)、それほど頻繁ではなかったが、集められた変更を見直すために開催された。

The data was owned by the company until project sign-off, **whereupon** the company removed any **company-confidential** data before transference for research.

会社が、研究のために移動の前に**会社の機密**データを削除し、そのあとすぐに、データは、プロジェクトを終結させるまでに会社によって所有された。

E. Data Validation

Effort was **made to** ensure that correct values have been entered against each change record.

成果は、正しい値が、それぞれの変更レコードに逆らって入力されていることを確実にしようとした。

Observer **triangulation** was applied **in the case of** 'cost', 'value' and 'opportunity?' by the customer and project manager and remaining data items by project manager and senior analyst.

顧客とプロジェクトマネージャによって、「コスト」「価値」そして「機会」について、上級アナリストとプロジェクトマネージャによって、残っているデータ項目については観測者の三角測量が、適用された。

※三角測量:ある基線の両端にある既知の点から測定したい点への角度をそれぞれ測定することによって、その点の位置を決定する三角法および幾何学を用いた測量方法

Methodological triangulation between the qualitative 'change description' and the quantitative factor was achieved during the change review **meetings with** a researcher and project manager.

「変更記述」と量的要素の間の方法論的な三角測量は、プロジェクトマネージャと調査員との変更レビューミーティングの期間にやり遂げられた。

A number of changes, randomly selected, were reviewed at these meetings.

ランダムに選択された変更の数は、これらの会議で見直された。

Roughly 60% changes were re-examined, though data quality was high and only a **small percentage of** changes were **amended**, usually due to completion of missing data items.

データの品質が高く、そして

通常、欠測データしているデータ項目の完了が原因で、変化のごく一部だけが修正されていたにもかかわらず、

おおよそ、60%の変更が再検査された。

F. Data Review Process

During the data review meetings, in addition to data validation, the trigger placement within each change domain was reviewed and the taxonomy amended as required.

データレビューミーティングの間、データの妥当性検証に加えて、

それぞれの変更ドメインの範囲内でトリガーの配置が見直され、

分類は、必要に応じて修正された。

For example, the change trigger 'New Market Technology' was **added to** the domain of *Market* to **differentiate** it **from** the trigger 'New technology' residing in the *Solution* domain.

例えば、変更トリガー「新しい市場技術」は、

「市場の領域と、ソリューション領域において存在しているトリガー「新しい技術」を区別する」ために、市場の領域に追加された。

Also, **some overlap** between triggers in the *Requirements Specification* domain and those in the *Vision* domain were identified.

また、要求仕様書の領域におけるトリガーと、ビジョンの領域におけるトリガーとの間に、

いくつかの**重複**が確認された。

For example, 'Increased Customer Understanding' could change both the *vision* and the *requirements specification*.

例えば、「増加した顧客理解」は、要求仕様書とビジョンのどちらも変える可能性がある。

A revised taxonomy can be found in the appendix.

修正された分類は、付録に記載されている。

Perhaps not surprisingly, particularly towards the latter phases of the project/the customer and software provider experienced **increased difficulty in coming to agreement** about

whether the change represented an opportunity or a defect.]

おそらく驚くことではないが、特にプロジェクトの後半の段階に向けて、顧客とソフトウェアプロバイダは、変化が機会(有利な条件/状況)や欠陥を意味するかどうかについて、[合意に達することにおける困難度の増加]に悩む(を経験する)。

This was evidenced in cases where [the customer was expecting something implicit or assumed within the agreed documentation.]

これは、[顧客が、合意書の範囲内で想定された、もしくは暗黙の何かを期待している]場合において、経験される。

Therefore an allowable value – ‘Undefined’ - was added to the ‘Opportunity?’ data item. したがって、許容値-「未定義」-は、データ項目「機会」を加えられた。

G. Analysis Procedures

Descriptive tables and graphs are complemented by statistical procedures / to test hypotheses related to the research questions.

説明を含む表とグラフは、研究課題に関連する仮説をテストするために、/ 統計学的手法によって補足される。

These hypotheses are a rephrasing of each research question. それらの仮説は、それぞれの研究課題の言い換えです。

For example, [question 1, ‘Across change domains / is there a significant difference in cost?’] becomes the hypothesis [‘There is a significant difference in cost between change domains’.] 例えば、課題1「変更領域を越えて、重要なコスト差はあるか？」は、[「変更領域の間には重要なコスト差がある」という] 仮説となる。

Results are summarized in terms of these hypotheses. 結果は、それらの仮説の側面からまとめられている。

Procedures were selected on the basis of required underlying distribution and variable scale assumptions.

手順は、必須の可変スケールの過程と基本的な分布に基づいて、選択された。

Data pertaining to change cost did not follow a normal distribution (see results section D

'The Cost of Change') and many of the data items have a nominal (categorical) scale as indicated in table 2.

変更コストに関するデータは、正規分布(結果は区間D「変更のコスト」を参照)に従わなかった。そして、データ項目の多くは、表 2 に示すような名義(分類の)尺度を持っている。

※名義尺度:2 つの対象に同じ数字がついていればそれらは同じカテゴリに属する。変数値間の比較は等しいか異なるかでしか行えない。順序もないし加減などの演算もできない。

What follows are /short descriptions of the appropriate statistical test, and the research questions [that they are employed to address.]

ここに示すのは、対処するために採用された研究課題と、適切な系統的検定の簡潔な記述である。

H. Hypothesis Testing

The Kruskal Wallis test allows comparison of [groups of data scores (ordinal or scale type), and [tests whether the scores could be thought to come from different groups,] that is, that there is a significantly different central tendency for each group.

クラスカル・ウォリス検定は、

データのスコア(序数型、もしくはスケールタイプ)のグループ、そして、

スコアが異なるグループからきていると考えられるかどうかのテストの比較ができる。

つまり、それぞれのグループに対して、中心傾向がかなり違う。

※クラスカル・ウォリス検定:一元配置分散分析に相当するノンパラメトリック検定

正規分布にしたがう場合…分散分析によって平均値の差を調べる

正規分布にしたがわない場合…ノンパラメトリック検定によって中央値の差を調べる

Simply put, when data does not conform to a normal distribution, (as is the case with the costs recorded in this case study), using this test is one of the ways groups can be compared without reference to mean values.

簡単にいえば、

(このケーススタディにおける記録されたコストと同様に)データが正規分布に従っていない時、

この検定を使うことは、グループが平均値を参照せずに比較することが出来るための、

ひとつの方法である。

This test uses score rankings in place of actual scores to perform the statistical test.

このテストは、系統的検討を実行するために実際のスコアの代わりに、スコアランキングを利用する。

Post-hoc procedures include examination of pairs of groups to determine **where the main differences lie** (Mann Whitney test).

事後手続きは、**どこに主な違いがあるのか**を見つけ出す(マン・ホイットニー検定)ために、グループのペアの検査を含む。

※マン・ホイットニー検定:独立 2 群の差を検定するときのノンパラメトリックな方法

2 つのグループのデータを込みにして昇順に並び替えて、ランク(1 位、2 位、3 位...)を振ります(同順位のデータが存在する場合は、平均順位を採用)。そのうえで、2 つのグループ別にわけて、ランクの合計をとり(順位和)、それぞれのグループの平均値を計算します(平均ランク)。このときの平均 ランクに有意差が認められるかをデータから計算する手法

These tests will be used to examine the change costs observed for changes within each change domain (research question 1).

それらの検定は、それぞれの変更領域(研究課題1)の範囲内で変更に対する、観察された変更コストを調べるために利用される。

The **Chi-squared test** looks for relationships between two categorical variables, by comparing the observed frequencies in certain categories with expected frequencies.

カイ二乗検定は、

期待度数でいくつかのカテゴリにおいて観察された頻度を比較することによって、二つのカテゴリ変数間の関係を探す。

※カイ二乗検定:「観察された事象の相対的頻度がある頻度分布に従う」という帰無仮説を検定するもの。ノンパラメトリック検定。カイ二乗は各頻度の観測値と理論値の差を2乗し、各頻度の理論値で割って、合計したもの。

This test is **appropriate for** examining the ordinal scale for value as well as the nominal variables selected to represent managerial considerations (research questions 2 to 6).

このテストは、値だけでなく、経営者の考慮(研究課題 2 から 6)を説明するために選択された名義変数に対し、**順序尺度を調べるのにふさわしい**。

The reader is referred to [25] for details of these tests.

読者の方は、これらのテストの詳細については、[25]を参照されたい。

Name/ Research Question	Description	Allowable Values
ID	Unique Identifier	
Trigger (all)	Change Source Trigger Eg. Change to business case,	A complete list can be found in the appendix.

	Increased customer understanding, New technology available.(Nominal Objective)	
Domain (all)	Change Source Classification. This was derived where possible from the trigger using the taxonomy in Appendix 1 and reviewed. (Nominal, Objective).	Market, Organisation, Vision, Specification, Solution.
Phase (1)	Project phase when change identified (Nominal Objective)	Requirements (Req), Design and Code (D&C), System Test (SysTest), User Acceptance Test (UAT).
Discovery_ Activity (4)	Activity during which change was identified (Nominal, Objective)	Provide Business Case, Define Goals, Define Vision, Derive Initial Requirements, Define Functional Requirements, Define Technical Requirements, Define Quality Requirements, Balance Requirements, Approve Requirements, Define Manual Processes, Derive System Requirements, Specify Scenarios, Define Architecture, Build & Unit test, System Test, Specify UAT, Perform UAT, Implement Solution.
PM_control (6)	Project manager"s control of change identification (Ordinal, Subjective)	Very low, low, med, high, very high.
Stakeholders (5)	Number of stakeholder roles involved agreeing the change (Ordinal Objective)	One, Two, > Two.
Cost (1)	Change cost expressed in days	

	(Ratio, Subjective)	
Value (2)	Business value to the customer (Ordinal, Subjective)	Very low, low, med, high, very high.
Opportunity? (3)	Opportunity or defect (Nominal, Subjective)	Opportunity, Defect.
Description	Free text – qualitative	

III. RESULTS

A. Overall Look at Changes during the Developmental Lifecycle

開発のライフサイクル中における変更の全体的考察

From project inception to delivery, over a duration of 16 months, a total of 282 requirements changes were recorded, at a cost of 2405.5 days effort which represents more than 50% of the final project cost of 4222 days.

16カ月の期間にわたって、プロジェクト開始から配信まで、282の要求変更の合計が、4222日間の最終的なプロジェクトコストの50%以上を表す2405.5日間の努力のコストで、記録された。

Table 3 illustrates the phase during which these changes were discovered, and the change source domain.

表3は、それらの変更が発見された間のフェーズと、変更ソース領域を表現する。

Since the project followed a strict traditional waterfall process, the phases are **temporally contiguous**.

プロジェクトは、厳格な伝統的なウォーターフォールプロセスに従ったため、そのフェーズは、**時間的に連続的**である。

TABLE 3 NUMBER OF CHANGES PER PHASE PER DOMAIN

	Req	D&C	SysTest	UAT	Total
Market	0	1	0	0	1
Organisation	30	4	0	0	34
Vision	15	1	1	7	24
Specification	22	58	5	102	187
Solution	0	33	3	0	36
Total	67 (24%)	97 (34%)	9 (3%)	109 (39%)	282

As can be seen, a high proportion of these changes occurred during the User Acceptance Testing and Design and Code phases of the project.

以上のように、それらの変更の割合が高いことが、プロジェクトのユーザ受け入れテスト、設計、コードのフェーズの間、発生した。

Since this was a project intended for a particular customer rather than a market-based initiative, it is not surprising that there is only one market change (which related to following market trends in COTS usage).

これは、市場を基盤とした戦略よりもむしろ特定の顧客を対象としたプロジェクトであったため、それが、たった一つの(COTS の使用で次の市場の動向に関連している)市場の変化であることは、驚くべきことではない。

This change (costing 30 days effort) was removed for all subsequent analysis, and means that this study is limited to the examination of the remaining four change domains.

この変更(30 日間の労力の原価計算)は、すべてのその後の分析のために削除された。そして、この研究は、残りの 4 つの変更領域の検査に限定されている、ということの意味する。

In addition changes involving only requirement deletions (12) at zero cost are excluded from future analysis, reducing the total number of changes considered from 282 to 269.

さらに、282 から 269 までを考慮する変更の合計数を減らし、ゼロコストで唯一の要求の削除部分(12)に関連している変更は、将来の分析から除外される。

B. The Cost of Change

The analysis of change cost discounts the 12 deleted requirements.

変更コストの分析は、12 の削除された要求を考慮に入れない。

Fig 1 illustrates the frequencies of change costs for the entire project across all change domains.

図 1 は、すべての変更ドメインにわたるプロジェクト全体に対する変更コストの頻度を表現する。

Change cost is not normally distributed (Shapiro-Wilk $W = 0.669$, $p < 0.001$), and is highly positively skewed due to the lower limit of zero cost being fixed.

変更コストは、通常(シャピロ-ウィルク $W = 0.669$, $p < 0.001$)で分布していない。

そして、固定されたゼロコストの下限値が原因で、非常に正に歪んでいる。

※シャピロ-ウィルク検定:

Since examination of mean values for cost is therefore less meaningful, future analysis uses the median values as representation of central tendency.

コストに対する平均値の検査が、そのためより少ない意味を持つので、将来の分析は、中心傾向の表現として中央値を利用する。

Table 4 shows a breakdown of these costs as they pertain to project phase and change domain.

表4は、それら(中央値?) が、プロジェクトのフェーズと変更領域に関連するとして、それらのコストの内訳を示す。

Although the most significant cost was experienced during the initial phase of requirements confirmation, a high percentage of change cost occurred during User Acceptance Testing (38%).

最も重要なコストは、要求確認の最初の段階で経験されたが、変更コストの高い割合は、ユーザ受け入れテストの時に生じた(38%)。

By far, the largest percentage of cost came from the *specification* domain (46%).
間違いなく、コストの最も多い割合は、仕様書の領域から来るものである(46%)。

Figure 2 illustrates a comparison between median and total cost for each change domain.
図2は、それぞれの変更領域に対する、合計コスト(総費用)と中央値の比較を示す。

While total costs are significantly higher in the specification domain, the medians of these costs illustrate [that on average changes due to /organisation changes are the most expensive, followed by changes to the vision, specification, with the lowest average cost in the solution domain.]

総費用が仕様書の領域においてはるかに高くなっている一方で、それらのコストの中央値は、平均して、組織の変化が最も高価であり、**その次に**ソリューション領域において、最も低い平均コストで、ビジョンと仕様書に変わることに起因する変化を示す。

The Kruskai Wallis test indicated [that the differences are significant ($H(3) = 75.038$, $p < .001$) to the extent that [these changes could be thought of as coming from different groups.]

クラスカル・ウォリス検定は、

〔それらの変化が、異なるグループから生じると考えられる〕範囲内(H(3) =75.038 , p < .001)において、その差は、有意であることを示す。

While this indicates that there is a difference overall, it does not inform us of where the major differences lie.

これは、違いが全体に存在することを示すが、大きな違いがどこにあるのかを我々に伝えるものではない。

Performing selected Mann Whitney tests to test for differences between adjacent domains reveals that the median of the domain of organisation does not vary significantly to that of vision (U = 229.5, z = -1.787, p > 0.05), [but that vision differs from specification (U = 851.500, z= -4.879, p <0.001) and similarly specification differs from solution (U=1901, z= -4.006, p < 0.001).]

実行できる選択したマン・ホイットニー検定は、

〔仕様書とは異なるビジョン(U = 851.500, z= -4.879, p <0.001)と、

ソリューションとは異なる類似した仕様書(U=1901, z= -4.006, p < 0.001)を除いて、

隣接した領域が、組織の領域の中央値が、ビジョン(U = 229.5, z = -1.787, p > 0.05)の中央値が大きく変化しないことを公開する傍ら、差に対するテストのために試験する。

Since costs change over time, it is useful to explore the differences in domain costs for each phase of the project.

コストは、時間と共に変化するので、

マン・ホイットニー検定は、プロジェクトのそれぞれのフェーズに対するドメインコストにおける差を探すために便利である。

Table 4 CHANGE COST PER PHASE PER DOMAIN

	TABLE 4 CHANGE COST PER PHASE PER DOMAIN Req	D&C	SysTest	UAT	Total
Organisation	638.0	64.0	0.0	0.0	702.0
Vision	266.0	5.0	2.0	163.0	436.0
Specification	193.9	222.0	4.5	737.0	1156.5
Solution	0.0	78.0	2.5	0.0	81.0
Total	1097.0 (46%)	369.5 (16%)	9.0 (0.4%)	900.0 (38%)	2375.5*

* Excludes Market change at a cost of 30 days

Figure 3 shows median change costs for each domain in each phase.

図 3 は、それぞれのフェーズにおいて、それぞれのドメインに対して平均コストの中央値を示す。

It can be seen that the trend in all domains is generally reflective of the results we saw when all phases were included, with the most expensive changes occurring in the *organisation* domain and the least expensive in the *solution*.

それは、

ソリューションにおいて最も高価な変更と、組織の領域で生じる最も高価な変更が原因で、すべてのドメインにおける傾向が、すべてのフェーズが含まれた時、我々が見た結果のほとんどの場合を反映することを
見ることが出来る。

Costs tend to fall in the second and third phases, and in the case of the *vision* and *requirements specification* domain rise sharply during User Acceptance testing.

コストは、2番目と3番目の段階で低下する傾向があり、

そして、ビジョンと要求仕様書の領域についていえば、ユーザ受け入れテストの間に急激に上昇する。

From quantitative data alone, it is impossible to assess whether this rise in cost is due to increased change size (more function points per change) or rework of existing code and architecture.

単独で定量的データから、

これが、コストにおける上昇が、増加した変更の大きさによるものか、それとも既存のコードとアーキテクチャの改変によるものかどうかを
評価することは不可能である。

Performing the Kruskai Wallis test on phase one data alone indicates that there is significant difference in the costs in the three domains of organisation, vision and specification ($H(2) = 15.239, p < 0.001$).

一つのデータのみクラスカル・ウォリス検定を実行すると、

組織、ビジョン、仕様書の3つの領域($H(2) = 15.239, p < 0.001$)において、コストにおいて、重要な差異があることを示す。

Similarly, overall cost medians are significantly different in phase two ($H(3) = 10.692, p < 0.05$).

同様に、全体的なコストの中央値は、フェーズ 2($H(3) = 10.692, p < 0.05$)において、重要な差異

がある。

As can be seen though, there is no difference in this phase between costs in the domains of requirements specification and solution.

しかし見てわかるように、

ソリューションと要求仕様書のドメインにおけるコストとの間のこのフェーズにおいては、違いがない。

It is not possible to do median comparisons for phases three and four due to insufficient data.

データが不十分であるため、フェーズ 3, 4 に対する中央値の比較をすることは出来ない。

※Figure2 is here (Figure 2. Median & Total Cost For Each Change Domain.)

In answer to research question 1, the results support the hypothesis that change costs are not **consistent** across change domains, the most expensive changes coming from the domain of *organisation* and falling through the domains of *vision*, *specification* and *solution*.

研究課題1への回答では、

結果は、

変更コストが変更領域を越えて**一致しない**という仮説を支援する。

そして、

最も高価な変更が組織の領域で発生し、そしてビジョンと仕様書とソリューションの領域を介して減少するということを支援する。

※Figure3 is here (Median change costs per domain per phase.)

C. The Value of Change

Table 5 illustrates the proportion of subjectively assessed value accruing from these changes across the change domains.

表 5 は、変更領域を越えてそれらの変更から生じる主観的に評価した値の割合を示す。

Just over half of all changes are of a very low value (51%), and of those the greatest proportion (74%) was in the *requirements specification* domain.

すべての変更のちょうど半分以上は、とても低い価値の変更(51%)であり、それらの変更の大よ

その割合(74%)は、要求仕様書の領域である。

The highest value changes are only in the domains of *organisation* and *vision*.

最も高い価値の変更は、組織とビジョンの領域のみである。

By contrast most of the changes in the *solution* domain are of very low value (91%) A chi-squared test (performed with value 'High' and 'Very High' changes added together due to low frequencies in these groups) reveals that there is an **uneven distribution** of values across the four domains ($\chi^2(9) = 144.354, p < 0.001$).

これとは対照的に、ソリューション領域における変更のほとんどは、非常に低い価値(91%)の変更である。

カイニ乗検定(それらのグループにおいて低い頻度が原因で一緒に追加された「高い」と「非常に高い」変更を行った)は、4つの領域を越えた値の**不均等な分布**があることを明らかにした。

Answering research question 2, these results support the hypothesis that from the perspective of value, these requirements changes could be thought of as coming from different groups according to the change domains specified.

研究課題 2 に答えると、

それらの結果は、

それらの要求変更が、特定の変更領域による異なるグループから来たものとして考えることが出来るということを、値の観点から仮説を支援する。

The highest value changes come from the domain of *organisation* and the lowest from *solution*

非常に高い価値の変更は、組織の領域から、

最も低い変更が、ソリューションの領域から生じる。

TABLE 5 CHANGE VALUE PER DOMAIN

	Value					Total
	Very Low	Low	Med.	High	Very High	
Organisation	0	7	9	5	6	27
Vision	2	9	11	0	2	24
Specification	102	64	13	3	0	182
Solution	33	2	1	0	0	36
Total	137 (51%)	82 (30%)	34 (13%)	8 (3%)	8 (3%)	*269

* market change and changes representing requirements deletions removed.

D. Opportunity/Defect

TABLE 6 NUMBERS OF CHANGES BY DOMAIN
CATEGORISED AS OPPORTUNITY, DEFECT OR UNDEFINE

	Opportunity	Defect	Un-defined	Total
Organisation	24	2	1	27
Vision	18	5	1	24
Specification	104	62	16	182
Solution	13	20	3	36
Total	159 (59%)	89 (33%)	21 (8%)	269

Changes can represent an opportunity to enhance system functionality as well as the correction of a previous error.

変更は、システムの機能を強化するための機会だけでなく、前回のエラーの修正を表現することが出来る。

Table 6 illustrates how these are spread across the change domains.

表 6 は、どのようにそれらが変更領域を越えて分散するかを表現する。

Changes representing an opportunity comprise the majority of changes in the domains of *organisation* (89%) *vision* (75%) and *specification* (57%), and represent a total cost of 1677 days effort.

機会を表す変更は、

組織(89%)とビジョン(75%)と仕様書(57%)の領域における大部分の変更を構成し、

そして 1677 日間の総費用を表す。

Defects, costing a total of 559 days effort are more often the cause of change in the solution domain (56%).

559 日間の努力の合計の原価計算をすることの**欠陥**は、

ソリューション領域(56%)における変更の原因となっている。

When the customer and software provider have not been able to arrive at an agreement about whether the change represents an opportunity or a defect is has been referred to as 'Undefined'.

顧客とソフトウェアプロバイダが、変更が機会を意味する、もしくは欠陥が存在する

かどうかについて合意に至ることが出来ない時、「未定義」と称される。

In this case, most of these changes related to assumptions regarding functionality implementation methods.

この場合、それらの変更のほとんどは、機能の実装方法に関する仮定に関連する。

They represent a small proportion of all changes (< 10%), have a cost of 139.5 days effort, and are mostly in the *specification* domain.

それらは、すべての変更の小さな割合(<10%)に相当し、139.5日間の努力の費用を持ち、大部分は仕様書の領域に多かった。

The chi squared test is significant ($X^2(6) = 21.662, p = 0.001$) confirming that there is an uneven distribution of opportunity change across these change domains.

カイ二乗検定は、

それらの変更領域にまたがる変更の機会の不均等な分布があるということを裏付ける($X^2(6) = 21.662, p = 0.001$)において有意であることを示す。

In answer to research question 3, these results support the hypothesis that the proportion of changes representing an opportunity **as opposed to** a defect are not evenly spread across domains.

研究課題3への答えにおいて、

それらの結果は、

欠陥とは**対照的に**、機会を意味している変更の割合が、領域をまたがって均一に分布していないという仮説を支援する。

Opportunity change is more often seen in the domains of *organisation* and *vision*, while defects predominate the domains of *requirements specification* and *solution*.

欠陥が要求仕様書とソリューションの領域を支配する一方、機会の変更は、組織とビジョンの領域において良く見られる。

E. Number of Stakeholders

As the software provider was considered a stakeholder, changes involving only one stakeholder were either those that required decisions to be made without customer involvement, or those where a single customer stakeholder group was able to make changes that required only agreement rather than negotiation with the software provider.

ソフトウェアプロバイダがステークホルダと見なされたように、

唯一のステークホルダが関与する変更は、

顧客が関与することなしに作られるはずの要求される決定事項、もしくは単一の顧客のステークホルダグループが、ソフトウェアプロバイダとの交渉ではなくむしろ合意だけが要求される変更を作ることが出来る場合、のいずれかである。

A stakeholder number of '3' means three or more stakeholders groups **involved in** agreeing the change.

「3」のステークホルダの数は、変更合意することに**従事する**3つ以上のステークホルダグループを意味する。

Table 7 illustrates stakeholder role involvement in each change domain.

表7は、それぞれの変更領域におけるステークホルダの役割の関与を示す。

In all domains there is greater proportion of changes requiring more than one stakeholder role.

すべての領域において、単一のステークホルダの役割よりも多く要求している変更の大部分の割合が存在する。

(89% of *organisation* changes, 96% of *vision* changes, 81% of *specification* changes and 56% of *solution* changes).

組織の変更の89%、ビジョンの変更の96%、仕様書変更の81%、ソリューションの変更の56%
(2+3の値を合計でわるとこの割合に…仕様書変更だけは例外?)

TABLE 7 CHANGES CATEGORISED AS NUMBERS OF STAKEHOLDER GROUPS INVOLVED IN AGREEING CHANGE PER DOMAIN

	Stakeholder Groups			
	1	2	3	Total
Organisation	3	18	6	27
Vision	1	15	8	24
Specification	19	149	14	182
Solution	16	20	0	36
Total	39 (14%)	202 (75%)	28 (10%)	269

However, in the domains of *organisation* and *vision*, there are **proportionally** more changes requiring the involvement of three or more stakeholders (22% and 33% **respectively**) compared with the *specification* domain (8%) and *solution* (0%).

しかしながら、組織とビジョンの領域において、仕様書領域(8%)とソリューション(0%)と比較して、3つ以上のステークホルダ(それぞれ22%と33%←変更数/合計数で出る)の関与を必要とする**比例的に**多くの変更が存在する。

In the *solution* domain we see a greater proportion of single stakeholder changes (44%) than in any other domain.

ソリューション領域において、我々は、その他の領域に比べて、単一のステークホルダの変化の大部分の割合(44%)を見る。

A chi squared test supports the hypothesis that there is dissimilarity in these domains when considering the numbers of stakeholder groups usually involved in the change ($X^2(6) = 50.795, p < 0.001$).

カイ二乗検定は、変更($X^2(6) = 50.795, p < 0.001$)において、通常関与するステークホルダの数を考慮する時、それらの領域において、相違点が存在するという仮説を支援する。

Interestingly median costs also rise as the number of involved stakeholders increases. 興味深いことに、中央値のコストも、関与するステークホルダの数が増えるにつれて、上昇する。

The median cost when one stakeholder is involved is 2 days effort, **compared with** 4 days for 2 stakeholders and rising sharply to 10 days for 3 or more stakeholders.

2つのステークホルダに対する4日間と比較して、1つのステークホルダが関与している時、中央値のコストは2日間の努力となり、そして、3つ以上のステークホルダに対して10日間へと大幅に上昇する。

In answer to research question 4, these results support the hypothesis that the number of stakeholders involved in a change is not consistent across change domains.

研究課題 4 への答えでは、これらの結果は、変更に関与するステークホルダの数は、変更領域にわたって一貫性がないという仮説を支援する。

More often a higher number of stakeholders are involved with *organisation* and *vision* change.

より頻繁にステークホルダのより多い数は、組織とビジョンの変更に関与する。

F. Discovery Activity

A high proportion of requirement specification changes were discovered during UAT (40%), though many of the organisation changes (62%) and vision changes (45%) were discovered earlier in the developmental lifecycle/during the define functional requirements activity.

組織の変更(62%)とビジョンの変更(45%)の中の多くは、機能要求のアクティビティの定義の間の開発ライフサイクルにおいて、早期に発見されたにもかかわらず、要求仕様書の変更の割合が高いことは、UAT(40%)の間に発見された。

Solution changes in the main were discovered during build and test (63%).

一般的に、ソリューションの変更は、実装とテスト(63%=23/36)の間に発見される。

TABLE 8 CHANGE DISCOVERY ACTIVITY PER CHANGE DOMAIN

	Org.	Vis.	Spec.	Sol.	Total
Define Vision	1	1	0	0	2
Define Functional Reqs	17	11	14	1	43
Define Technical Reqs	1	1	3	0	5
Balance Reqs	0	0	1	0	1
Approve Bus Reqs	1	0	0	0	1
Derive System Reqs	4	2	5	2	13
Specify Scenarios	0	0	2	0	2
Define Architecture	1	0	0	2	3
Build and Unit Test	0	1	25	23	49
System Test	0	1	5	8	14
Specify UATs	0	0	26	0	26
Perform UAT	0	7	101	0	108
No Activity	2	0	0	0	2
Total	27 (10%)	24 (9%)	182 (68%)	36 (13%)	269

A visual analysis of these changes, presented in table 8, would suggest therefore that changes in different domains are discovered during different activities in the developmental lifecycle.

表8に示されるそれらの変更の視覚的分析は、それゆえに、異なる領域において変更が、開発のライフサイクルにおいて異なるアクティビティの中に発見されるということを意味する。

However, there is insufficient data to perform a chi squared test for inequality of change discovery activity spread amongst domains.

しかしながら、領域の間に広がる変更発見のアクティビティの不平等に対するカイニ乗検定を実行するためのデータは不十分である。

In answer to research question 5, there was insufficient data to perform statistical hypothesis testing.

研究課題5に対する答えとして、統計的仮説の検定を実行するための十分なデータが存在しないことがあげられる。

G. Project Management Control

As stated, the process followed in this project **adhered to** a waterfall approach wherein attempts are made to define all requirements at the beginning of the project.

先に述べたように、

プロジェクトにおいて従ったプロセスは、ウォーターフォールアプローチに固執した。

その場合の試みは、プロジェクトの開始時にすべての要求を定義することである。

‘Project Management control’ **captures** a subjective assessment by the project manager regarding the ease by which these changes may have been discovered earlier.

「プロジェクトマネジメントコントロール」は、

それらの変更が早期に発見される可能性により軽減することに関連するプロジェクトマネージャによる主観評価を捉える。

It was felt that some changes would have been impossible to find (pm control = ‘Very low’) even with improved techniques since they come from external sources of which the project team has no knowledge.

いくつかの変更は、プロジェクトのチームの知識を持たないという外因から来るため、

改良された技術でさえ、見つける(pm control = ‘Very low’)ことが困難である

ということを感じた。

An example of a change such as this **is** changing the list of internet browsers **that the system was intended to be compatible with, following an organisational study of browser usage.**

このような変更の例は、

ブラウザ利用の組織的な研究に続いて、システムは互換性があるべきと意図されているというインターネットブラウザのリストを変更している。

By contrast **those that the project manager believed** may have been uncovered with more time, or different techniques (pm control = ‘Very high’) would include changes such as

screen layout modification.

対称的に、信頼されたプロジェクトマネージャは、より多くの時間で明らかにするかもしれない。もしくは、異なる技術(pm control = 'Very high')は、画面のレイアウト修正のような変更を含むだろう。

These results, illustrated in table 9, indicate that all of the changes **over which** the project manager has the most control lie within the domains of specification and solution.

表9に示されるそれらの結果は、

プロジェクトマネージャが、仕様書とソリューションの領域内で最もコントロールを持つことを上回るすべての変更を意味する。

There is a proportionally greater volume of 'Very low' control change in the domain of organisation (26%) than in vision (4%), specification (2%) and solution (3%).

ビジョン(4%), 仕様書(2%), ソリューション(3%)においてよりも組織の領域において、比例的に「非常に低い」のコントロールの変更の多くが存在する。

As it stands the data is insufficient to perform a chi squared test.

現状では、そのデータは、カイニ乗検定を実行するには不十分である。

However, when pm control = 'Very low' & 'Low' and pm control = 'High' & 'Very high' are **compressed into single** categories [the data meets the criteria necessary for this test] and [is significant ($X^2(6) = 85.113, p < 0.001$) indicating that] in general the level of project management control differs according to the domain from which the change arises.]

しかしながら、

プロジェクトマネジメントコントロール「非常に低い」そして「低い」、さらに「高い」、「非常に高い」が、**単一のカテゴリに圧縮されている時**、

そのデータは、この検定(カイニ乗検定)に対する必要な基準を満たす。

そして、

一般的にプロジェクトマネジメントコントロールのレベルが、変更が生じる領域に従って、異なるということの意味する($X^2(6) = 85.113, p < 0.001$)と言う意味で有意である。

In answer to research question 6, these results support the hypothesis that the level of project management control is not consistent across change domains.

研究科第6への答えとして、それらの結果は、

プロジェクトマネジメントコントロールのレベルは、変更領域全体で一貫性がないという、仮説を支援する。

It was felt that a higher proportion of *solution* and *specification* changes could have been discovered earlier by the use of alternative approaches or techniques, while much *organisation* and *vision* change would have occurred **regardless of** analysis effort.

多くの組織とビジョンの変更が、分析作業にかかわらず発生する一方で、ソリューションと仕様書の変更の高い割合は、代替的なアプローチと技術の利用によって、早期に発見され得ると感じられた。

TABLE 9 EXTENT OF MANAGEMENT CONTROL OVER CHANGES PER DOMAIN

	Project Management Control					Total
	Very Low	Low	Med.	High	Very High	
Organisation	7	4	16	0	0	27
Vision	2	3	18	1	0	24
Specification	3	13	126	31	9	182
Solution	1	1	5	18	11	36
Total	13 (5%)	21 (8%)	165 (61%)	50 (19%)	20 (7%)	269

IV. DISCUSSION

A. Results of Analysis

The analysis of this case study data has allowed us to assess whether there is any correlation between the change taxonomy groups and change attributes reflecting change size, value, stakeholder involvement, and project management control.

このケーススタディのデータの分析は、我々に

変更分類のグループと、

変更のサイズ、値、ステークホルダの関与、そしてプロジェクトマネジメントコントロールに反映する変更の属性の間に相互関係があるかどうかを評価することを許す。

Results indicate that there is distinction between changes **falling into** the classifications in this taxonomy.

結果は、この分類における分類に該当する変更間に区別があることを示す。

Not only do changes arising due to customer *organisation* changes cost more on average and accrue more value but it was also felt that they are more difficult to uncover, and generally involve the agreement of a higher number of stakeholder roles.

多くの値を獲得し、平均して多くの顧客の組織の変更コストに起因して生じる変更があるだけでな

く,

変更は、明らかにすることがより困難であり,

一般的に、ステークホルダの役割の大きい数の合意に影響を与えらる。

This is **in stark contrast to** *solution* changes which are in the main controllable and **less costly** than changes from other sources.

これは、その他のソースからの変更よりも**低コスト**であり、主な制御が可能であるソリューションの変更と**全く対照的**である。

This implies that the management approach and assessment of risk to project schedule, cost or quality should be reflective of different type of changes, and that change measurement and monitoring would be more informative if classified in this way.

これは、プロジェクトのスケジュール、コスト、または品質が

変更と変更の測定と監視がこの方法で分類された場合、より有益となりうるという、

異なるタイプを反映すべきことに対するリスクの評価とマネジメントのアプローチというニュアンスを持つ。

For example to reduce the uncertainty associated with higher risk of customer organisational change, it would be necessary for project analysts to broaden the scope of application analysis to wider organisational concerns.

顧客の組織の変更のリスクが高いことに関連付けられた不確実性を低減するための例として、

より広範な組織の関心事のためのアプリケーションの分析の範囲を広げるために、

プロジェクトアナリストが必要であろう。

As well as differences in cost and value, there are also differences of management considerations between changes due to *vision* changes and those coming from *specification*.

コストと価値の違いと同様に、ビジョンの変更と、仕様書から来る変更が原因となる変更の間の、管理上の考慮事項の違いもある。

While it was possible to uncover changes from *specification* issues during Build and Test, any vision changes not already discovered were not found at this stage and remained until User Acceptance Testing.

実装とテストの間に仕様書の問題から変更を明らかにすることが出来る一方で、

すでに発見されていないビジョンの変更は、ユーザ受け入れテストまでに残っており、この段階で発見されなかった。

Maintaining change data in this way across multiple projects would allow software providers to assess the efficacy of analysis techniques and guide future process selection decisions. 複数のプロジェクトを通して、この方法における変更データを観測することは、ソフトウェアプロバイダに、分析技術の有効性を評価し、将来のプロセスの選択決定を導くことが出来る。

For example, the high number of *vision* changes discovered during hands-on system usage during User Acceptance Testing may provide **empirical** support for the use of more agile techniques such as early prototyping or iterative delivery.

例えば、ビジョンの変更の多くの数は、ユーザ受け入れテストが、反復配信、もしくは早期のプロトタイピングのようなアジャイル手法の利用に対する**実証的な**サポートを提供する間に、現場のシステム利用の間で発見された。

Indeed, while it may be the case that agile techniques **assuage** late vision change, the observation that many *specification* changes were discovered during build and test may imply that the onus is upon analysis techniques as well as process procedures to reduce the types of changes that arise from *specification* issues.

確かに、アジャイル手法は、末期のビジョンの変更を**緩和させる**場合がある可能性がある一方、多くの仕様書の変更の観測は、実装とテストは、責任が、分析技術および、仕様書の問題から生じる変更のタイプを削減するための処理手順に対してあるということの意味する可能性がある間に発見された。

Since a higher proportion of *organisation* and *vision* changes represent an opportunity to enhance **previously agreed** functionality as opposed to the correction of defects, the taxonomy also captures the notion that some change should be encouraged, and some types of change avoided.

組織とビジョンの変更の高い割合は、欠陥の修正とは対照的に、**前もって同意した**機能を強化するための機会を意味するため、分類は、いくつかの変更が促されるべき意見と、回避された変更のいくつかのタイプも獲得する。

Despite the concerning fact that this project increased in size by over 50% due to requirement changes, over 70% of these changes represented a opportunity to enhance

previously agreed functionality rather than correct errors.

このプロジェクトが、要求変更が原因で 50%以上のサイズが増加したことに
関する事実にもかかわらず、

それらの変更の 70%以上は、エラーを修正するよりもむしろ以前に合意された機能性を強化する
ための機会を意味した。

※Figure 4. Requirements Change Ontology.

The results are summarized in figure 4.

結果は、図 4 にまとめた。

The arrow indicates the tendency for increasing cost, value and opportunity change from the
solution domain through the *specification, vision* to the *organisation* domain.

矢印は、仕様書、ビジョンから組織の領域を介して、

ソリューション領域からの増加したコスト、値、機会の変更に対する傾向を示す。

At the same the level of project management control is decreasing.

同時に、プロジェクトマネジメントコントロールのレベルは、減少する。

While this study did not investigate changes arising from the domain of market, it has been
included here for completeness in lighter shading.

この研究は、市場の領域から生じる変化を調査しなかったが、

市場の領域から生じる変化は、わずかの相違点における完全性のためにここに含まれている。

There is no direct mapping between a requirement and an element in this taxonomy.

この分類における要素と要求の間に、直接的なマッピング(写像)は存在しない。

A single requirement can be thought to comprise a slice consisting of elements of all 5
domains in differing proportions depending upon the developmental phase and position
within the requirements **hierarchy**.

単一の要求は、要求階層内の開発の段階と状況に応じて、

異なる割合における5つ全ての領域の要素からなるスライスを構成すると考えることが出来る。

While the means of taxonomy **derivation** in this study has been empirical rather than the
theoretical approach taken by Perry [22], it is possible to draw **sensible** comparison between
Perry's 'real world' and our '*market*' and '*organisation*', his 'model of the real world' with our

'vision', his 'system requirements' with our 'requirements specification' and his 'technical theory' with our 'solution'.

本研究における分類の導出手段は、ペリーによってとられた理論的なアプローチよりも実験に基づいていると同時に、

ペリーの「現実の世界」と我々の「市場」と「組織」、我々の「ビジョン」と同意見の彼の「現実世界のモデル」、我々の「要求仕様書」と同意見の彼の「システム要求」、我々の「ソリューション」と同意見の彼の「技術的理論」の間の、

理にかなっている比較をすることが可能である。

B. Limitations of Study Validity

Since the data was specified during focus group sessions, there is a shared understanding of the meaning of the data items and therefore little threat to construct validity.

データは、フォーカス・グループ・セッション中に特定されたので、

データ項目の共有された意味の理解が存在し、それゆえに、妥当性を築くための脅威がほとんどない。

No claims to external validity can be made, and ideally this study should be replicated firstly within a similar context to attend to the possibility that the particular environmental or architectural characteristics in the project under study were responsible for the results.

外的妥当性へのいかなる要求は、行うことが出来ない、

そして、理想的にこの研究は、

研究中に、プロジェクトにおいてアーキテクチャの特徴または特定の環境は、結果に対する責任があったという

可能性に関心を向けるための似たようなコンテキストの中で最初に再現されるべきである。

Subsequently widening software development context reflects Sjoberg's recommendation [15] to 'formulate scope relatively narrowly to begin with and then extend it gradually'.

その次に、ソフトウェア開発のコンテキストを拡大することは、

「徐々に拡張する時、始めるための比較的狭い範囲のスコープを策定する」ために、

シヨバーリの勧告[15]を反映する。

V. CONCLUSIONS AND FURTHER WORKS

While a number of requirements change classifications have been presented, there has been no attempt to evaluate their practical informative value.

要求変更の分類数が提示されてきたが、それらの実用的な価値を評価する試みが行われていない。

Informally, the question asked here is “How does this classification help me understand the **consequences** of change and why and when it is happening, so that I may be able to monitor and manage better” The classification considered here is the software requirements change source taxonomy[1] comprising the change domains of *market*, *organisation*, *vision*, *requirements specification* and *solution*.

非公式に、

ここで聞かれる質問は、

「どのようにこの分類は、よりよく管理と監視をすることができるように、

私に変更がいつ、なぜ生じるのか、変更の**重要性**を理解させることを助けるのか」

ここで考慮された分類は、市場、組織、ビジョン、要求仕様書、ソリューションの変更領域からなるソフトウェア要求変更のソース分類[1]である。

Researchers worked closely with an industrial partner to identify, collect and validate suitable data to facilitate this investigation.

研究者は、この調査を容易にするために、適切なデータを識別し、収集し、検証するために、産業パートナーと綿密に協力した。

While no results are available for the domain of market, findings indicate the following:

結果は、市場の領域に対して有効ではないが、次の状態を示す。

- There are significant differences in cost, value, control and stakeholder involvement between changes arising from each of the non-market sources.
それぞれの非市場のソースから生じる変更の間に、コスト、価値、制御、ステークホルダにおいて、重要な差異がある。
- Generally changes from the *organisation* domain are more costly, have a higher value, more often represent an opportunity rather than a defect, but also have increased stakeholder role involvement and are considered less easy to control.
大抵、組織の領域からの変更は効果であり、より高い価値を持つ。
欠陥よりも機会をより表現するが、ステークホルダの役割の関与が増加しており、制御することが簡単ではないと考えられている。
- Through the domains of *vision*, *specification* and *solution*, costs are falling, stakeholder role involvement is decreasing, and there is an increasing level of control.
ビジョン、仕様書、ソリューションのドメインを通して、コストは減少する。

ステークホルダの役割の関与は減少し、制御のレベルは増加する。

- There is also some evidence that different activities are **more likely to** uncover change from particular domains.

異なるアクティビティは、特定のドメインからの変更を明らかに**する可能性が高い**といういくつかの証拠もある。

The implication is that the assessment of risk and management of changes should be tailored according to the characteristics of these change domains.

含意は、

変更の管理とリスクの測定が、それらの変更領域の特定に従い、適合させなければならないということである。

As a means of monitoring and measurement, use of this taxonomy is feasibly practical and will aid understanding of software evolution during development as well as providing opportunities for retrospective project analysis to aid future process and technique tailoring.

監視と測定的手段として、

この分類の利用は、都合よく実用的であり、

開発および

技術の調整と将来のプロセスを助けるためのレトロスペクティブプロジェクト分析に対する機会を提供する

間のソフトウェア進化の理解を助けるだろう。

In line with our ultimate goal of requirements change anticipation, planned empirical studies include the investigation of the attributes of requirements that may render them more **susceptible to** changes in certain change domains, and an exploration of software change causality.

要求変更の予想の我々の究極の目標に沿って、

計画的な実証研究では、そしてソフトウェア変更の因果関係の調査と

特定の変更領域における変更の**影響をより受け易い**ことを示す可能性がある、要求の属性の探求を含む。

However, this work also opens other possibilities in terms of alternative lifecycle models, and software maintenance research.

しかしながら、この研究は、別のライフサイクルモデル、そしてソフトウェア保守の研究の面で他の可能性も有効である。

VI. ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank the project manager and analysts who gave their valuable time to data specification and the collection for the purposes of this investigation.

我々は、この調査の目的のための収集物、データ仕様に貴重な時間を与えてくれたプロジェクトマネージャとアナリストに感謝したいと思う。