

令和 5 年 6 月 4 日現在

機関番号：32702

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K11249

研究課題名（和文）複数活動間の相乗効果を促進するためのシステム要求変更手法とツールの開発

研究課題名（英文）Methods and tools for requirements evolution encouraging mutual contribution among several activities

研究代表者

海谷 治彦（Kaiya, Haruhiko）

神奈川大学・理学部・教授

研究者番号：30262596

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：現実世界の業務や活動は、異なる複数の業務や活動が密接に関係している場合が多い。よって、単一業務だけに着目しては業務改善の促進に限界がある。そこで、異なる業務間の相乗効果に着目し、それぞれの業務を改善するためのシステム要求を獲得するための手法とツールの開発を行った。まず、それぞれの業務とその支援システムを多様なモデリング言語でモデリングを行う。次に、モデル要素の共通化や流用を行いそれぞれの業務改善案を構築する。共通化や流用をする機能や特性の発見にはモデル間の類似要素とモデル毎の構造的な特徴を利用する。開発した手法とツールを用いて現実に成功している業務間の相乗効果を説明することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来、業務やその支援システムの要求獲得や仕様化の研究では、その業務のみに着目している場合が多かった。システムをシステムの群像を見る研究もあるが、全く異なる業務間の連携まで視野を広げる研究が見られなかった。現実世界では、多数の業務群が相互に連携し、ある作業者が複数の業務に関与していることが当たり前である。この当たりの点を前提とした要求獲得や仕様化の研究は学術的にも新規であるだけでなく、現実社会で行われている業務の改善やシステム化に大きく貢献するものと期待される。加えて、単なる方法論の提供だけでなく、それを半自動的に実施するツールの開発を行ったため、研究結果の利用促進を期待することができる。

研究成果の概要（英文）：In the real world, most business and life activities are mutually related to each other. We thus cannot improve each activity if we focus on the activity alone. In this research, we focused on the mutual effects among several different business and life activities. We then developed methods and tools to define system and business requirements according to such mutual effects. We first develop a model of each activity and its supporting systems by using any kinds of modeling languages. We next update each model according to the shareable elements in several models and exportable elements to other models. The updated model of each activity becomes new system and business requirements. The shareable and exportable elements in models are found by using the similarity among different elements and topology of each model. We could explain the success of positive mutual effects among different activities in the real world by using our methods and tools.

研究分野：Requirements engineering

キーワード：要求工学 モデリング CASEツール

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

(1) 現実世界で実施されている近年の業務や活動は情報システム無しでは実施することが困難となっている。よって、それぞれの情報システムは対象とする業務や活動を注視して開発されなければならない。一方、ある業務や活動は他の業務や活動と密接に関係している場合が多い。例えば、業務を実施するある作業者が多数の業務に参加していることは珍しくない。

(2) 現代では業務や活動を飛躍的に改善し、より多くの利益、効果、効率を得ることが強く期待される。従来は、ある業務や活動のみに着目し、それらに参加するステークホルダーのみから要望を獲得することが多かった。しかし、より多くの利益、効果、効率を得るための革新的な改善方法を発見するためには、この従来型の手法では限界がある。かといって、革新的な改善を促すためのヒントを得るための具体的な施策はいまだ明確にされていない。

2. 研究の目的

(1) 革新的な改善を発見するヒントの一つとして、複数の業務間での相互効果を分析する手法を確立する。それぞれの業務はそれを支援する情報システムを含めて多様なモデリング言語でモデリングする。

(2) 相互効果を分析するためにそれぞれのモデリング言語を記述拡張し、その分析手法を確立する。

(3) 分析を可能な限り自動化するための分析ツールを実現する。

3. 研究の方法

(1) 文献等の調査を通して、現実世界で実際に実施され、成功を収めた業務連携の事例を収集する。

(2) 収集した事例を説明するのに適したモデリング言語を選択し、成功例を説明するための拡張や手順を明確にする。

(3) 前述の拡張や手順が多く事例に適用可能かを事例記述によって確認する。

(4) 事例記述を効率的に行うための手順やツールを同時に開発する。

4. 研究成果

(1) 異なる業務間の構成要素を比較することで、構成要素の共有や代替を模索するための手法の提案とその例示を行った[文献①]。業務はその支援システムを含め、既存のモデリング言語群を用いて分析を行う手法となっている。この成果では、ユースケース図、アクティビティ図、そしてデータフロー図をそれぞれ用いた。扱った事例は以下の3種類である。ホテル等の予約と航空機の座席予約業務の連携についてユースケース図を用いて分析、個人のドライブとタクシー業務の併合に関してアクティビティ図を用いて（これはUberで実現されている相互効果の事例）、路上で移動する自動車のワイパー動作情報のビッグデータ収集を、局所的な天気予測業務に利用する相乗効果をデータフロー図によって分析。以下にワイパー動作と天気予測の連携前のモデル（図1）と連携後のモデル（図2）を示す。連携前には、単に天気（Weather）という共通事象をそれぞれに観測しているに過ぎない。これは、例えば、局所的な天気予測のためのセンサー群を路上に設置する等のコストが発生する。しかし、連携後には、ワイパーの観測事象を利活用して天気予測を行うため、センサーの設置コストを低減することが可能となる。

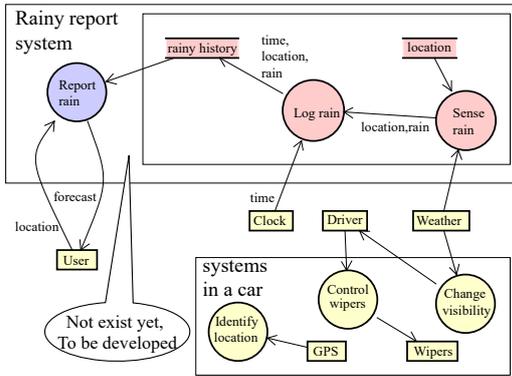


図1 連携前のデータフロー図(天気予測とワイパー)

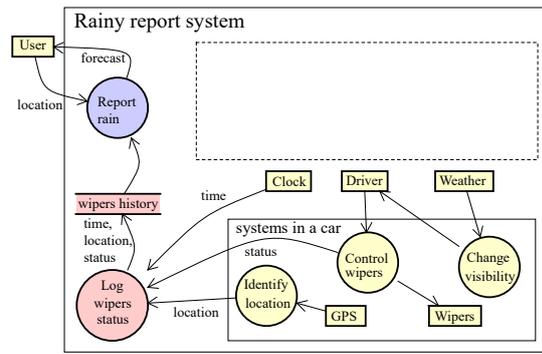


図2 連携後のデータフロー図(天気予測とワイパー)

(2) ソフトウェアエコシステムの調査を通して、個々のシステム導入の引き金となった要求ではなく、そもそも何故システムを導入するのかに関わるメタ要求を以下の4つに整理した[文献②]. 1. 人の労力を減らす. 2. 利益を得て向上させる. 3. 業務を持続可能とする. 4. 業務への人の参入を活性化する.

そして、われわれが提案するモデリング言語 GDMA がこれら进行分析する能力があるかどうかを検討し、不足がある部分の明確化と、それを補うための拡張指針をまとめた. 以下が具体的な拡張指針となる. 1. 依存関係に関する多重度の導入. 2. 利益や労力を反映する指標に関して業務に関わる人の間のばらつきを計算するための指標の導入. 3. モデル境界の変更指針の導入.

(3) 異なるシステム間で、そのシステムの機能や特性を相互に提供しあい、それぞれのシステムを改善させる具体的な手法の提案と例示を行った[文献③]. 手法の概要は以下である. 1. 異なるシステムをそれぞれモデル化する、モデリング言語は同一でも異なっても良い. 2. モデル間の共通要素を発見する. 発見にはモデルのラベルを含めた語句の情報の一緻度を用いる. 3. それぞれのモデル中の共通要素の近傍にある別の要素に着目する. これら近傍要素を相互に提供可能な要素の候補とする. 周辺要素の特定にはモデルにおけるトポロジーの近さを用いる. それぞれのモデリング言語によって、モデル要素間の関係の意味は異なる. よって、特に異なるモデリング言語間で、この手法を適用した場合、通常では発見しにくい提供可能要素を発見し易くなる. 図3に手法の適用例を示す. この例では、旅行雑誌における話題の構造をクラス図で示し、旅行等の予約サイトにおける具体的な予約手順をアクティビティ図で示している. 共通要素としての「ホテル」という要素に着目し、その周辺情報を用いることで、雑誌においてリゾートに行く航空会社の特集を追加でき、予約サイトでは流行りの水着の販売も追加することができる.

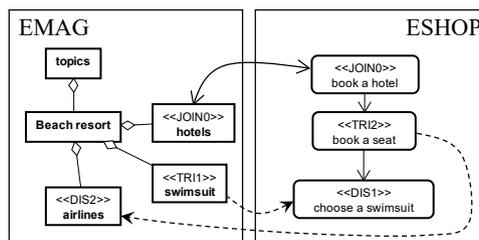


図3 旅行雑誌発行と予約サイト運営の相互改善

(4) 研究成果(3)において他の業務に提供可能なモデル要素の候補を見つけるためには、モデル上の関連を追跡する必要がある. しかし、複雑なモデリング言語、特に推移的閉包を含む言語におけるモデル要素間の関係の追跡は人間にとって不得手である. 本研究ではゴール指向モデリング言語 GDMA における追跡を自動的に行うツールとその評価実験の結果を示した[文献④]. 結果として、人間が手作業で追跡を行う場合に見落とす追跡をツールによって網羅できることを定量的に示すことができた.

(5) 研究成果(4)では単一のモデリング言語内での追跡可能性を網羅的に行うための支援を実現した. しかし、本研究全体では異なるモデリング言語で記述されたモデル間における相互追跡関係を扱う必要がある. そこで、異なるモデリング言語で記述された複数のモデル間での関係を記録し、その関係を追跡することを可能とするツールを開発した[文献⑤]. このツールによって、あるシステムが他のシステムに提供できる機能や特性の候補を、単一モデリング言語で記述さ

れたモデル間だけでなく、異なるモデリング言語で記述されたモデル間でも発見すること可能となった。

(6) 従来は相互に貢献可能なシステムの発見において、システムのモデルにおける静的な構造にのみ着目していた。本成果では、それぞれのシステムにおける動作履歴に着目し、その振る舞いの一致性に着目し、相互に貢献可能なシステムを発見する手法を提案した[文献⑥]。また、提案手法を、実際に相互貢献が成立している事例に適用することで、その有効性を確認することができた。動作履歴の一致性を判定するために、プロセスマイニング分野の技術であるコンFORMANCEチェックイングのアルゴリズムを利用した。

<引用文献>

- ① Haruhiko Kaiya, Kazuhiko Adachi, Yoshihide Chubachi: Requirements Exploration by Comparing and Combining Models of Different Information Systems. JCKBSE 2018: 64-74
- ② Haruhiko Kaiya: Meta-Requirements for Information System Requirements: Lesson Learned from Software Ecosystem Researches. KES 2018: 1243-1252
- ③ Haruhiko Kaiya, Ryoya Muto, Kaito Nagano, Mizuki Yoshida: Mutual requirements evolution by combining different information systems. PCI 2019: 159-162
- ④ Haruhiko Kaiya, Wataru Fujita, Ryotaro Yamada, Atsuo Hazeyama, Shinpei Ogata, Takao Okubo, Nobukazu Yoshioka, Hironori Washizaki: Experimental Evaluation of Traceability Checking Tool for Goal Dependency Modeling. JCKBSE 2020: 70-83
- ⑤ Haruhiko Kaiya, Shogo Tatsui, Atsuo Hazeyama, Shinpei Ogata, Takao Okubo, Nobukazu Yoshioka, Hironori Washizaki: A Tool to Manage Traceability on Several Models and Its Use Case. KES 2020: 1449-1458
- ⑥ Haruhiko Kaiya, Tomoya Misawa, Shinpei Ogata, Shinobu Saito, Hiroyuki Nakagawa, Hironori Takeuchi: A Proposal to Find Mutually Contributable Business or Life Activities Using Conformance Checking. KES 2022: 542-551

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Kaiya Haruhiko, Hayashi Kouta, Sato Yu	4. 巻 192
2. 論文標題 Tools for logging and analyzing goal dependency modeling	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 1639 ~ 1648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procs.2021.08.168	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Washizaki Hironori, Xia Tian, Kamata Natsumi, Fukazawa Yoshiaki, Kanuka Hideyuki, Kato Takehisa, Yoshino Masayuki, Okubo Takao, Ogata Shinpei, Kaiya Haruhiko, Hazeyama Atsuo, Tanaka Takafumi, Yoshioka Nobukazu, Priyalakshmi G.	4. 巻 12
2. 論文標題 Systematic Literature Review of Security Pattern Research	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Information	6. 最初と最後の頁 36 ~ 36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/info12010036	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kaiya Haruhiko, Tatsui Shogo, Hazeyama Atsuo, Ogata Shinpei, Okubo Takao, Yoshioka Nobukazu, Washizaki Hironori	4. 巻 176
2. 論文標題 A Tool to Manage Traceability on Several Models and Its Use Case	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 1449 ~ 1458
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procs.2020.09.155	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kaiya Haruhiko	4. 巻 176
2. 論文標題 Evaluating Mutual Requirements Evolution of Several Information Systems	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 1251 ~ 1260
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procs.2020.09.134	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Kaiya Haruhiko	4. 巻 19
2. 論文標題 Quantitative Analysis of Goal Oriented Requirements Models	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Learning and Analytics in Intelligent Systems	6. 最初と最後の頁 1~6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-53949-8_1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kaiya Haruhiko, Fujita Wataru, Yamada Ryotaro, Hazeyama Atsuo, Ogata Shinpei, Okubo Takao, Yoshioka Nobukazu, Washizaki Hironori	4. 巻 19
2. 論文標題 Experimental Evaluation of Traceability Checking Tool for Goal Dependency Modeling	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Learning and Analytics in Intelligent Systems	6. 最初と最後の頁 70~83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-53949-8_7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Washizaki Hironori, Xia Tian, Kamata Natsumi, Fukazawa Yoshiaki, Kanuka Hideyuki, Kato Takehisa, Yoshino Masayuki, Okubo Takao, Ogata Shinpei, Kaiya Haruhiko, Hazeyama Atsuo, Tanaka Takafumi, Yoshioka Nobukazu, Priyalakshmi G.	4. 巻 12
2. 論文標題 Systematic Literature Review of Security Pattern Research	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Information	6. 最初と最後の頁 36~36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/info12010036	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Haruhiko Kaiya, Kaito Nagano, Ryoya Muto, Mizuki Yoshida	4. 巻 23
2. 論文標題 Mutual Requirements Evolution by Combining Different Information Systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 23rd Pan-Hellenic Conference on Informatics	6. 最初と最後の頁 159-162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3368640.3368662	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Atsuo Hazeyama, Hikaru Miyahara, Takafumi Tanaka, Hironori Washizaki, Haruhiko Kaiya, Takao Okubo and Nobukazu Yoshioka	4. 巻 27
2. 論文標題 A System for Seamless Support from Security Requirements Analysis to Security Design using a Software Security Knowledge Base	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Requirements Engineering Conference Workshops	6. 最初と最後の頁 134-140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/REW.2019.00029	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Haruhiko Kaiya, Atsuo Hazeyama, Shinpei Ogata, Takao Okubo, Nobukazu Yoshioka, Hironori Washizaki	4. 巻 159
2. 論文標題 Towards A Knowledge Base for Software Developers to Choose Suitable Traceability Techniques	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 1075-1084
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procs.2019.09.276	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hironori Washizaki, Nobukazu Yoshioka, Atsuo Hazeyama, Takehisa Kato, Haruhiko Kaiya, Shinpei Ogata, Takao Okubo, Eduardo B. Fernandez	4. 巻 41
2. 論文標題 Landscape of IoT patterns	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SERP4IoT at ICSE 2019	6. 最初と最後の頁 57-60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SERP4IoT.2019.00017	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hironori Washizaki, Tian Xia, Natsumi Kamata, Yoshiaki Fukazawa, Hideyuki Kanuka, Dan Yamamoto, Masayuki Yoshino, Takao Okubo, Shinpei Ogata, Haruhiko Kaiya, Takehisa Kato, Takafumi Tanaka, Atsuo Hazeyama, Nobukazu Yoshioka, G Priyalakshmi.	4. 巻 1
2. 論文標題 Taxonomy and Literature Survey of Security Pattern Research	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Conference on Applications, Information and Network Security.	6. 最初と最後の頁 87-92
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/AINS.2018.8631465	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Haruhiko Kaiya	4. 巻 126
2. 論文標題 Meta-Requirements for Information System Requirements: Lesson Learned from Software Ecosystem Researches	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 1243-1252
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procs.2018.08.066	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Haruhiko Kaiya, Kazuhiko Adachi, Yoshihide Chubachi.	4. 巻 108
2. 論文標題 Requirements Exploration by Comparing and Combining Models of Different Information Systems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Smart Innovation, Systems and Technologies	6. 最初と最後の頁 64-74
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-97679-2_7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yukiya Yazawa, Shinpei Ogata, Kozo Okano, Haruhiko Kaiya, Hironori Washizaki.	4. 巻 108
2. 論文標題 Tool to Automatically Generate a Screen Transition Model Based on a Conceptual Model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Smart Innovation, Systems and Technologies	6. 最初と最後の頁 158-167
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-97679-2_16	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Atsuo Hazeyama, Shunichi Tanaka, Takafumi Tanaka, Hiroaki Hashiura, Seiji Munetoh, Takao Okubo, Haruhiko Kaiya, Hironori Washizaki, Nobukazu Yoshioka.	4. 巻 42
2. 論文標題 Security Requirement Modeling Support System using Software Security Knowledge Base	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 COMPSAC 2018 workshops	6. 最初と最後の頁 234-239
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/COMPSAC.2018.10235	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------