

**研究目的**

本欄には、研究の全体構想及びその中で本研究の具体的な目的について、冒頭にその概要を簡潔にまとめて記述した上で、適宜文献を引用しつつ記述し、特に次の点については、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください（記述に当たっては、「科学研究費助成事業における審査及び評価に関する規程」（公募要領70頁参照）を参考にしてください）。

- ① 研究の学術的背景（本研究に関連する国内・国外の研究動向及び位置づけ、応募者のこれまでの研究成果を踏まえ着想に至った経緯、これまでの研究成果を進展させる場合にはその内容等）
- ② 研究期間内に何をどこまで明らかにしようとするのか
- ③ 当該分野における本研究の学術的な特色・独創的な点及び予想される結果と意義

**研究目的（概要）※ 当該研究計画の目的について、簡潔にまとめて記述してください。**

情報システムに関する要求獲得支援手法の構築が本研究の目的である。手法の実施と評価を行うため支援システムの構築と適用実験も行う。ある業務や生活へのシステム導入により、人物や組織等のステークホルダの満足度や負担は変化する。この変化を予測し可視化することによって、システムへの要求の獲得と検討を促進することが本手法の特徴である。研究の具体的な目的は以下の通りである。(A) 各ステークホルダが達成したいゴール、達成を請け負わなければならないゴールの依存関係をモデル化する。(B) 各ステークホルダの満足度および負担を示すメトリクスをモデルの構造的特徴から計算する。(C) モデル上への情報システム導入によるメトリクスの変化を可視化する。(D) メトリクスの改善を促進するシステム導入パターンを整備する。

**① 研究の学術的背景**

情報システムへの要求仕様を明確化した後の開発手法は充実しつつある[文献1]。一方、サイバーフィジカルシステム[文献2]のように、実世界の情報にアクセスし、実世界に対して影響を及ぼすシステム群が実用化されつつある(例えばスマートシティ等)。これらを利活用するためには、ステークホルダから要求を引き出す従来型の要求獲得技法に加えて、業務や生活(以降、活動と呼ぶ)の中でのシステムの役割や価値を見出し要求を提案する技法が必要となる。しかし、現状の情報システム開発において、そのような試みは少ない。

情報システムが導入される活動をモデル化する手法としてEric Yuが提唱したi\*(アイスターと読む)があり[文献3]、既に多くのバリエーションが存在する[文献4]。i\*では、ある活動に能動的に関与する人物、組織、機械、システム等をアクターとしてモデル化する。アクターのうち、人間や組織等がステークホルダに相当する。そして、アクターが達成したいゴールと、そのゴールを達成するアクターの双方に着目し、アクター間の依存関係もモデル化する。例えば「会議を開催したい」という「部長」のゴールを「秘書」が達成するような関係である。「会議室の手配」や「部員の予定調整」というサブゴールを達成することで、この「会議を開催したい」というゴールは達成できる。「秘書」の代わりにサブゴールを達成する「情報システム」を導入すれば、「秘書」の負担軽減や、会議開催準備の短期化が期待できる。しかし、システム運用のために「部員」が予定をシステムに随時入力しなければならない等の負担増も予想される。このようにi\*を用いることで、システム導入前後におけるステークホルダへの良い影響、悪い影響を分析することができる。しかし、i\*やそのバリエーションには以下の問題点がある。

**問題点(1) ある活動を改善するためのシステムを模索する手段が無い。**

上記の会議開催の例に示すように、人間が達成していたゴールをシステムが達成するように変更するような一定のパターンがある。このようなパターンを整備することで、機械的に、活動の局的な改善につながるシステム導入箇所の候補を列挙できる。しかし、i\*では、システム導入箇所に関するヒントや指針は与えられない。

**問題点(2) システム導入前後の比較を大局的に行う手段が無い。**

i\*のモデルは定量化に向いているにもかかわらず、システム導入前後のモデルを比較し、導入が活動全体に有用であるか否かの判断は分析者の主観に委ねられている。また、問題点(1)が解決されたとしても、活動全体が改善されるとは限らない。すなわち、システム導入が活動全体から見て大局的に有用であることを確認する術が無い。

**問題点(3) システム導入によるステークホルダ間の不平等感を客観的に予測できない。**

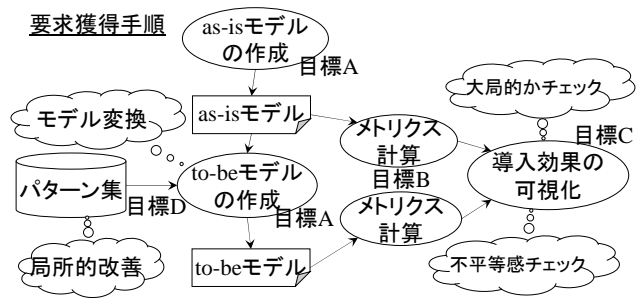
システム導入は、活動に関わる一部のステークホルダにのみに恩恵を与え、他にとっては悪影響を与える場合もある。ステークホルダ間の、このような不平等感によって、システムは利用されず開発が無駄になる恐れがある。そこで、不平等感を明確化し、不平等を解消するか、なんらかの措置を行う(例えば賃金増額等)必要がある。しかし、このような不平等の可視化と原因の追跡法が与えられていない。

研究目的(つづき)

② 具体的に明らかにする事項

本研究における要求獲得の手順の概要を右に図示する。また、本研究で用いる活動のモデル(ゴール依存モデル)の例を右下に図示する。これらの図を用いて、具体的な研究目標を述べる。

手順の図において楕円は作業に相当する。as-is モデルはシステム導入前の活動のモデルであり、to-be モデルはシステム導入後のモデルである。双方のモデルは右下の図に例示したゴール依存モデルで表現される。モデル中の丸はアクターに相当し、角の丸い矩形がゴールに相当する。アクター毎にゴールを持ち、ゴールはサブゴールに分解される場合もある。ゴールはアクター自身で達成する場合もある。例えば、図中のG2は部長のゴールだが、達成は秘書に委譲されている。ゴールは機能要求に相当し、機能を修飾する品質特性を複数持つことができる。例えば、下図中のG5は「(秘書が)部員の予定を知る」という機能に相当し、「早く(知りたい)」と「正確に(知りたい)」の二品質特性が付記されている。



**目標 A** モデル化言語の改造(問題点(1),(2),(3)): 後述の目標達成に適した形に i\*モデル化言語を改造する。改造されたモデル化言語は **ゴール依存モデル**と呼ぶ。

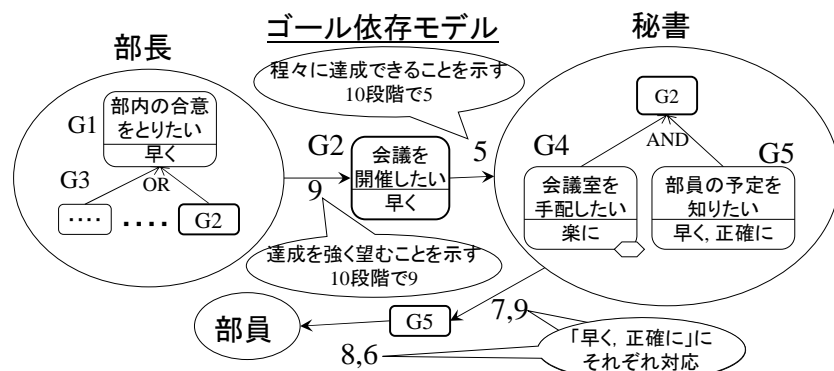
**目標 B** モデル化された活動の評価マトリクスの定義(問題点(2),(3)): ゴール依存モデルの構造的特徴に基づき、モデル化された活動の良さを定量化するマトリクスを提案する。特に、**ステークホルダの満足度と負担のバランス**を定量化できるような数値情報を付記する。具体的には、**ゴール達成願望とゴール達成能力を数値化**し、その比率によって、アクターの満足度を示す。例えば図中の G2 においては、「早く」の達成願望は強い(10段階で9)が達成能力は中程度(10段階で5)に過ぎず、部長の満足度は低いことがモデル化されている。G5においては、「早く」と「正確に」という2個の品質特性があるため、願望と能力を示す2個毎の数値がふられている。

**目標 C** システム導入効果の可視化(問題点(1)): システム導入による目標 B で得られるマトリクスの変化をステークホルダに提示する方法を考案する。また、特定の変化(例えば部員の負担が増加した等)の原因を追跡した結果の提示法も考案する。

**目標 D** モデル変換パターンの定義と整備(問題点(2)): ゴール依存モデルを形式的に変換することで、情報システム導入法の候補を示す変換パターン群を整備する。ここでのモデル変換は、単にシステムを導入するだけでなく、局所的にステークホルダの満足度を上げるか、負担を軽減するかのどちらかの効果を有するものとする。

③ 特色, 独創性, 予想される結果と意義

情報システムの要求定義において、単にシステム周辺のみならず、システムが導入される活動全体に注目する点が独創的な点である。本提案でのモデルは i\*と比べ簡素な表現形式であることに加え、系統的なモデルの評価・変換法を提供する。よって、経験が豊かでない要求分析者でも効果的な要求獲得が可能となる。



文献・リンク

[1] D. Rosenberg: Use Case Driven Object Modeling With UML. Apress, 2007.  
 [2] 中島 達夫 他. サイバーフィジカルシステム 情報処理, 55(9), 2014.  
 [3] Eric S. K. Yu: Towards Modeling and Reasoning Support for Early-Phase Requirements Engineering. RE 1997: 226-235.  
 [4] Eric Yu, et al. Social Modeling for Requirements Engineering. MIT Press, 2010.

**研究計画・方法**

本欄には、研究目的を達成するための具体的な研究計画・方法について、冒頭にその概要を簡潔にまとめて記述した上で、平成27年度の計画と平成28年度以降の計画に分けて、適宜文献を引用しつつ、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください。ここでは、研究が当初計画どおりに進まない時の対応など、多方面からの検討状況について述べるとともに、研究計画を遂行するための研究体制について、研究分担者とともに研究計画である場合は、研究代表者、研究分担者の具体的な役割（図表を用いる等）、学術的観点からの研究組織の必要性・妥当性及び研究目的との関連性についても述べてください。

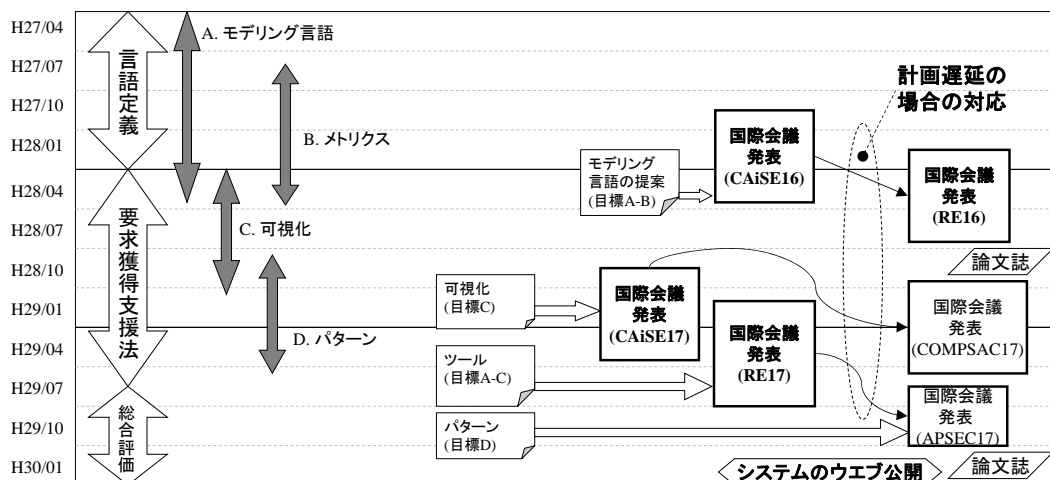
また、研究体制の全体像を明らかにするため、連携研究者及び研究協力者（海外共同研究者、科研費への応募資格を有しない企業の研究者、その他技術者や知財専門家等の研究支援を行う者、大学院生等（氏名、員数を記入することも可））の役割についても記述してください。

なお、研究期間の途中で異動や退職等により研究環境が大きく変わる場合は、研究実施場所の確保や研究実施方法等についても記述してください。

**研究計画・方法（概要）※ 研究目的を達成するための研究計画・方法について、簡潔にまとめて記述してください。**

研究計画は大きく分けて、モデリング言語の定義（前頁の目標 A, B）、要求獲得の支援法考案（目標 C, D）、ツールの開発、評価の四種類の作業で構成される。言語定義、支援法考案、ツール開発は逐次的に行う。目標 A-C のツールは目標 D の評価を効率的に行うことに役立つ。よって、モデリング言語に影響する部分を除き目標 D は目標 A-C のツール完成後に行う。目的冒頭の問題点(1)～(3)がそれぞれ解決されたか否かの評価も並行して行う。評価のためのデータとして、現実に行われた情報システム導入の報告書や報道等（例えば医療や農業分野[文献 5, 6]）を用いる。具体的には、報告されている情報システム導入を机上で追試することによって、実際に発生した良い影響、悪い影響を正しく予測できるか否かに基づき、言語と支援法を評価する。研究遂行は主に代表者が行うが、ツールの開発部分については、研究室所属の学生と行う。

以下に計画表を示す。下記表は上から下に時系列で記されており、左から右に、研究作業の概要、作業の小項目（A から D）、予想される成果、成果発表先（国際会議等）の順に計画を俯瞰している。国際会議を示す箱は上部がメーカ、下部が会議開催時期に相当する。学会論文誌は国際会議論文を改善し投稿する。計画遅延した場合、三ヶ月程度を上限に作業小項目を延長するが、各目標達成に利用できる技術やノウハウを既に有しているため、遅延の危険は少ない。



表中の国際会議について以下に概要説明を行なう。

- RE: IEEE International Conference on Requirements Engineering. (IEEE 要求工学国際会議) 要求工学分野での世界最高峰の会議であり、ここでの発表は世界的に認知される。
- APSEC: Asia Pacific Software Engineering Conference. 日本がリードしているアジア太平洋地域のソフトウェア工学国際会議である。
- CAiSE: Conference on Advanced Information System Engineering. 主にヨーロッパ勢が中心となって行なっている情報システムに関する国際会議。RE とは双壁を成す。
- COMPSAC: IEEE Computer Software and Applications Conference. 2015 年で 39 回目となる伝統ある国際会議。

**平成 27 年度**

初年度は、上記のスケジュール表に示すように、モデリング言語の確立が中心となる。言語定義は B. メトリクスと密接に関係するため、これらも並行して行う。次頁に個々の作業項目についての計画・方法の詳細を述べる。

**研究計画・方法 (つづき)**

**A. モデリング言語の定義:** 研究目的で述べた目標 A および図に示したように、i\*の表記をもとに、目的で挙げた問題点を解決するように表記法を改造する。言語定義は、**メタモデリング技術**を用いて実現する。メタモデルはモデルの文法に相当し、図式言語の定義に広く利用されている。例えば、UML 自身を用いて UML のメタモデルは記述されている。本研究におけるゴール依存モデルも図式言語であるため、同様の方法を用いる。メタモデリング技術を用いた図式言語定義は情報システムの脆弱性分析の研究[研究業績 7]において既に利用実績がある。

**B. メトリクス:** モデル化された活動の良し悪しを定量化するためにメトリクスを導入するが、活動の良し悪しの判断は活動に関与するステークホルダによって異なる。また、注目する品質特性(例えば、効率性に関しては良いが、ユーザビリティは悪い等)によっても異なる。目的で述べたゴール達成願望とゴール達成能力のバランス値をもとにすることで、ステークホルダ毎、もしくは品質特性毎のメトリクスが計算できる。例えば、目的の頁に例示したゴール依存モデルにおいて、「秘書」にとっての良し悪しは G2 のバランス値と G5 のバランス値に依存する。一方、正確性は G5 の「早く」に関するバランス値(7 と 8 のバランス)に依存する。個々のバランス値の点数化は容易でないが、ソフトウェア品質特性に関するスペクトル分析[研究業績 21, 28]の定量化技法を応用することができる。

モデル化された活動の大局的な良し悪しは、ステークホルダ毎の良し悪しの**平均値**で評価する。加えてステークホルダ毎もしくは品質特性毎の**分散値**にも着目する。この分散値は活動中における、ステークホルダ間における不平等感や、品質特性のアンバランス(例えばセキュリティに比べ過度にユーザビリティを重視している等)を示す。

メトリクスおよび後述のパターン適用を含めたモデリング言語の妥当性評価は、計画概要に述べたように、情報システム導入の報告書[文献 5, 6]等を追試することで確認する。この評価のために、モデリングツールを試作する。ツール試作には Eclipse 上でモデリングツール開発を効率的に行うフレームワークである EMF, GEF, GMF を用いる。これらフレームワークは[研究業績 7]の手法実現に利用した実績があり、成果物は Web に公開している[文献 7]。

**平成 28 年度以降**

**C. システム導入効果の可視化:** 目標 B によってシステム導入によるステークホルダ毎もしくは品質特性毎の影響変化を示す数値は得られる。しかし、ステークホルダがその数値を直接に理解し活用することは期待できない。また本研究におけるゴール依存モデル自体も複雑で理解が難しいと感じるステークホルダがいる。そこで、棒グラフ等の広く利用されている表現を用いてステークホルダ毎および品質特性毎に満足度や負担がどのように増減したかを提示する可視化ツールを開発する。このグラフを通して、増減の理由(例えば導入されたシステムがゴール達成を引き受けた等)を検索できるツールを開発する。本項目の遂行にはソフトウェア品質特性に関するスペクトル分析[研究業績 21, 28]における可視化手法を一部再利用することが可能である。

**D. パターンによる情報システム導入候補の自動列挙:** 初年度に定義したモデリング言語に基づき、情報システム導入パターンをモデル変換言語 ATL で定義し、モデル変換を行い情報システム導入後のモデルを自動生成する支援システムを構築する。モデル変換を行うために、必要な付加的情報(例えばアクターが人間等のステークホルダであるか否か等)があれば、モデリング言語にそれらを追加する。パターン適用判定にもゴール達成願望と達成能力のバランス値を用いる。個々のパターンは既存ステークホルダより高い達成能力のシステムを導入するように設計する。例えば、目的の頁のゴール依存モデルでは、G2「会議を開催したい」の「早く」という品質特性について 9 の願望に対して秘書は 5 の達成能力を有している。この場合、5 を超える達成能力を有するシステムがあれば導入を促進するようなモデル変換をパターンとして記述する。

目標 C の成果は目標 D に関する評価の効率化に貢献するが、手作業でも評価は可能である。パターン設計は[研究実績 1, 8, 19, 23]での成果とノウハウを参考にできる。

**文献・リンク**

[5] 情報システムを用いた高齢者見守り支援 <http://www.nss-med.co.jp/mimamori/>

[6] 情報システムを用いた農業支援

[https://www.jstage.jst.go.jp/article/air/22/1/22\\_24/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/air/22/1/22_24/_article/-char/ja/)

[7] <http://www0.info.kanagawa-u.ac.jp/~kaiya/COVA/>