

令和 3 年 4 月 19 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K00100

研究課題名（和文）再合成可能な非循環関係分割による複数シナリオに対応した振る舞いモデル自動合成

研究課題名（英文）Automatic Synthesis of Behavioral Model using Reconstructive Division of Acyclic Relation

研究代表者

宮本 俊幸（Miyamoto, Toshiyuki）

大阪大学・工学研究科・准教授

研究者番号：00294041

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：分散システムにおけるモデルベースのソフトウェア開発を対象として、シナリオ集合からモジュールの振る舞いモデルを自動合成するための理論構築およびアルゴリズム開発に取り組んだ。シナリオ集合をイベント構造により表現することを提案し、ソフトウェア実現可能となるための条件を示した。さらに、実現性を調べるためのアルゴリズムを提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

イベント構造は様々な分野に応用可能な基本的な数理システムであり、イベント構造に関する理論的研究は学術的に意義がある。また、ICTの発展により今後も分散システムやそのソフトウェア実現の高信頼化は安心・安全な社会を実現する上で必要であり、それに向けた基礎的な研究である本研究の実施は社会的にも意義がある。

研究成果の概要（英文）：For model-based software development in distributed systems, the research on the theory and algorithm for the automatic synthesis of module models from a set of scenarios was conducted. We proposed to express the scenario set by the event structure and showed the conditions for the realization. Furthermore, we developed an algorithm for checking the realizability.

研究分野：分散システム論

キーワード：ソフトウェア工学 分散システム アルゴリズム ソフトウェア開発効率化・安定化 情報システム

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

高信頼ソフトウェアの開発は、安心・安全な社会を実現する上で必要である。ソフトウェアの信頼性を高める方法の一つとして、プログラムの自動合成がある。良い仕様から仕様を満足するプログラムを自動合成することが出来れば、信頼性の高いソフトウェアが開発される。本研究では、分散システムにおけるモデルベースのソフトウェア開発を対象として、抽象的な要求仕様（シナリオ）から、分散システムを構成するモジュールの振る舞いモデル（状態機械）を自動合成するための理論構築およびアルゴリズム開発に取り組むことを目的としている。

シナリオから状態機械を自動合成する多くの研究では平面的な状態機械を用いている。しかし、平面的な状態機械はしばしば複雑になり、設計者にとって理解しやすいモデルとなっていない。研究代表者による先行課題（基盤(C) 23500045, 26330083）では、シナリオの「再合成可能」な分割に基づくペトリネットを用いた階層型状態機械の合成アルゴリズムを開発した。

## 2. 研究の目的

先行課題ではシナリオが一つだけの場合を対象としていた。シナリオとは、例えば正常なケースのように、システムのある一つの実行ケースに相当する。そのため、複数のシナリオ（例えば正常なケースと異常なケース）に対応する必要がある。

本課題では、複数のシナリオから状態機械を合成するための理論的研究を行うことを目的とした。

## 3. 研究の方法

本課題では、非循環関係を使ってシナリオを数理表現している。まず、複数のシナリオそれぞれに対する非循環関係を組み合わせる一つの非循環関係を構成し、そこから状態機械を合成するアプローチについて研究に取り組んだ。

次に、複数の非循環関係を組み合わせる一つのイベント構造を構成し、そこから状態機械を合成するアプローチについて研究に取り組んだ。

## 4. 研究成果

(1) 平成 29 年度では、二つのシナリオから非循環関係をつかって状態機械を合成するための理論的考察を行った。シナリオが二つで非循環関係を使う場合、シナリオの間に競合がある場合と競合が無い場合に場合分けしなければならないことが分かった。そして、両方の場合において、状態機械を合成することが出来るための必要十分条件を導出した。また、シナリオを完全に満足する状態機械が合成できない場合において、それぞれのシナリオの一部を満足するという概念（公平性）を導入し、公平な実現が可能となるための条件を導出した。それらの成果を学術雑誌に成果発表した。

平成 29 年度の研究により得られた条件は、現実の問題に適用するには条件が非常に厳しく、提案した手法を適用可能な場合が非常に限られていることが分かった。これは、二つのシナリオから非循環関係を使って状態機械を合成することは現実的ではないことを意味しており、非循環関係の代わりに別の数理システムを利用することの必要性が判明した。

(2) 平成30年度以降では、非循環関係の代わりにイベント構造とよばれる数理システムを利用することについて検討した。イベント構造とは非循環関係と競合関係を使った数理システムであり、非循環関係より広いクラスのモデル化が可能となる。

図1にシナリオ集合から状態機械集合を合成するまでのフローを示す。各シナリオは非循環関係で与えられており、ステップ①ではそれらを合成することにより一つのイベント構造を構成する。次に、イベント構造をモジュール毎に分割することにより、ステップ②ではモジュール毎のイベント構造を導出する。最後に、ステップ③ではモジュール毎にイベント構造から状態機械を合成する。本課題では、ステップ②におけるイベント構造の分割に関して理論的考察を行い、以下に示す成果を得た。

(2-1) ステップ②では、全体のイベント構造とモジュール毎のイベント構造の集合が互いに等価である必要がある。そこで、イベント構造における再合成可能性の概念を提案した。

(2-2) 再合成可能性の検査のためには不要な競合関係を削除する必要があることが分かった。そこで、イベント構造における競合簡約の概念を提案した。また、競合簡約可能であるための必要十分条件を導出し、その条件を使ったアルゴリズムを提案した。

(2-3) 競合簡約したイベント構造において再合成となるための十分条件を導出した。

(2-1)から(2-3)の成果をまとめて学術雑誌に成果発表した。

(2-4) 上記(2-2)で提案したアルゴリズムは計算量の点において改善の余地があった。令和2年度では擬似多項式アルゴリズムを提案した。図2に様々なイベント構造におけるサイズと競合簡約の計算時間の関係を示す。図において Lemma 4.4 は(2-4)で開発した擬似多項式アルゴリズムの結果であり、Lemma 4.2 は(2-2)で開発したアルゴリズムの結果である。図から明らかのように大幅な計算時間の短縮に成功した。

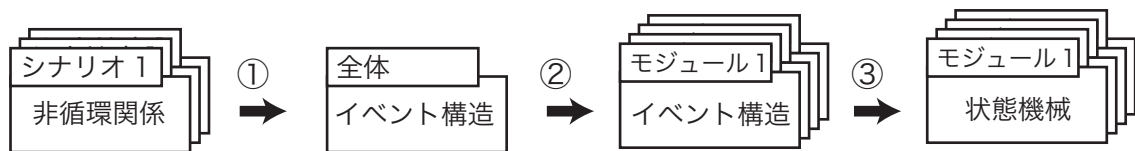


図1

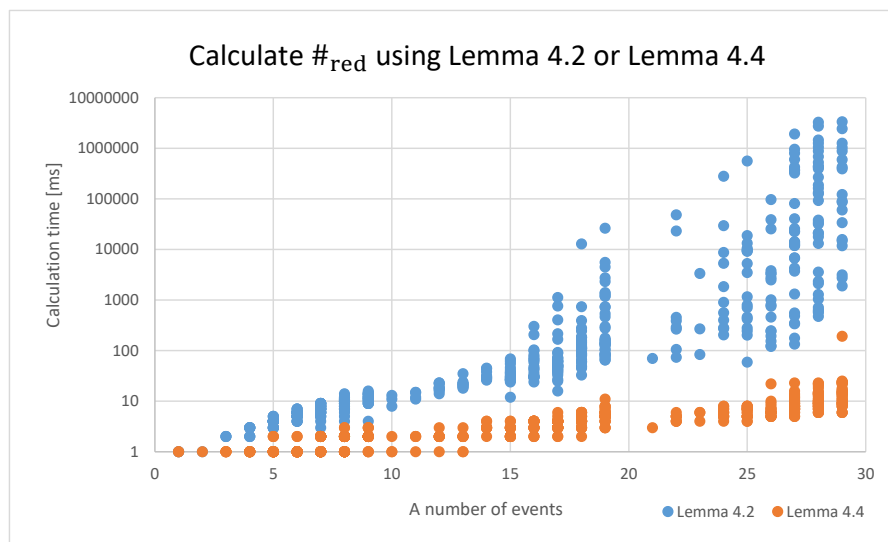


図2

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 IZAWA Marika, MIYAMOTO Toshiyuki	4. 巻 E103.D
2. 論文標題 A Study on Re-Constructibility of Event Structures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1810 ~ 1813
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2019FOL0002	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 KINOSHITA Toshiki, MIYAMOTO Toshiyuki	4. 巻 E101.A
2. 論文標題 Realizability of Choreography Given by Two Scenarios	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 345 ~ 356
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transfun.E101.A.345	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 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Marika IZAWA and Toshiyuki Miyamoto
2. 発表標題 A Case Study of Choreography Realizability Checking on Smart Home Application
3. 学会等名 IEEE International Conference on Consumer Electronics（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 M. Izawa, T. Miyamoto
2. 発表標題 On Reconstructibility of Event Structures for Choreography Realization Problem
3. 学会等名 ITC-CSCC（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊澤, 宮本
2. 発表標題 イベント構造の再合成可能性に関する一考察
3. 学会等名 電子情報通信学会MSS研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiyuki Miyamoto
2. 発表標題 CSCB Tools: Tool for Supporting Synthesizing Hierarchical State Machines from Two Scenarios
3. 学会等名 IEEE Intl. Conf. on Systems, Man, and Cybernetics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Kinoshita and T. Miyamoto
2. 発表標題 Synthesizing State Machines from Two Scenarios and a Case Study on Business Process Management
3. 学会等名 IEEE SMC 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 富永一矢, 宮本俊幸
2. 発表標題 CSCB Tools: 2つのシナリオからなるコレオグラフィ実現のための拡張
3. 学会等名 電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 富永一矢, 木下聖基, 宮本俊幸
2. 発表標題 2つのコミュニケーション図からの状態機械合成アルゴリズムの構築と実装
3. 学会等名 電子情報通信学会MSS 研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

CSCB Tools <a href="http://is.eei.eng.osaka-u.ac.jp/miyamoto/index.php?CSCB">http://is.eei.eng.osaka-u.ac.jp/miyamoto/index.php?CSCB</a>
---

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
---------	---------