慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	自己説明機能を備えた情報システム : 相互理解のためのゲームと物語の生成
Sub Title	Information systems with self-explanation facilities
Author	飯島, 正(Iijima, Tadashi)
Publisher	
Publication year	2014
Jtitle	科学研究費補助金研究成果報告書 (2013.)
JaLC DOI	
Abstract	既に社会基盤として広く活用されている情報システムのトラブルは、社会的に大きな混乱を引き起こしかねない。しかし、企業や自治体で長く運用されている情報システムも大規模化し、トラブルを未然に防いだり、トラブル発生後の復旧が難しくなってきている。利用者を取り巻く環境の変化から、次第に使い勝手が悪くなることもある。 そこで、利用者と開発者、異なる立場の利用者間や開発者間で、相互理解を深めるための共通の土台が必要である。本研究は、情報システムに、それ自身の挙動を説明するための説明文や深い理解をもたらすゲームなどを生成する機能を与える基礎技術を構築したものである。 Information systems spread among the society deeply. Troubles of such information systems may cause socially big confusion. It's difficult to prevent troubles for big and complex information systems, and quick recovery is also difficult. From an environmental change to surround a user, it may become gradually inconvenient. Therefore, a common platform is necessary to deepen mutual understanding about the information systems among users and developers. This study built technological foundation which gave information systems a facility to generate narratives and/or games to explain behavior of its own.
Notes	研究種目 : 挑戦的萌芽研究 研究期間 : 2012 ~ 2013 課題番号 : 24650041 研究分野 : 総合領域 科研費の分科・細目 : 情報学
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KAKEN_24650041seika

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

平成　２６　年　　６　月　１２　日現在

機関番号：３２６１２
研究種目：挑戦的萌芽研究
研究期間：2012～2013
課題番号：２４６５００４１

研究課題名（和文）自己説明機能を備えた情報システム～相互理解のためのゲームと物語の生成～

研究課題名（英文）Information Systems with Self-explanation Facilities

研究代表者
飯島　正（Iijima, Tadashi）

慶應義塾大学・理工学部・講師

研究者番号：２０２４５６０８

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　2,000,000円、（間接経費）　　600,000円

研究成果の概要（和文）：既に社会基盤として広く活用されている情報システムのトラブルは，社会的に大きな混乱を引き起こしかねない．しかし，企業や自治体で長く運用されている情報システムも大規模化し，トラブルを未然に防いだり，トラブル発生後の復旧が難しくなってきている．利用者を取り巻く環境の変化から，次第に使い勝手が悪くなることもある．
そこで，利用者と開発者，異なる立場の利用者間や開発者間で，相互理解を深めるための共通の土台が必要である．本研究は，情報システムに，それ自身の挙動を説明するための説明文や深い理解をもたらすゲームなどを生成する機能を与える基礎技術を構築したものである．

研究成果の概要（英文）：Information systems spread among the society deeply. Troubles of such information systems may cause socially big confusion. It's difficult to prevent troubles for big and complex information systems, and quick recovery is also difficult. From an environmental change to surround a user, it may become gradually inconvenient.
Therefore, a common platform is necessary to deepen mutual understanding about the information systems among users and developers.
This study built technological foundation which gave information systems a facility to generate narratives and/or games to explain behavior of its own.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学

キーワード：情報システム　説明シナリオ　オブジェクト指向ペトリネット　ゲーミング・シミュレーション

１．研究開始当初の背景

(1) 情報ステムの SOA による再編

研究開始当初の状況は，企業や自治体の情報システムに対し SOA(Service Oriented Architecture)の考え方が定着して数年を経過し，情報システムを構成する部品（コンポーネント）としてのサービスの共有が一段落した時期といえる．従来から求められ続けてきた部品再利用の考え方が，情報通信ネットワーク上で展開される基盤が，まず，第一ステップとして整備されたことの意義は大きく，さらなる展開につながるものといえる．これにより，部品の独立性を高めるとともに，MDA(Model Driven Architecture)の考えに基づき，分散した部品のモデル化を重視するだけでなく，部品のモデルと分離して，部品間の相互連携をモデル化することで，理解容易性の向上と改善迅速化とつながりうる（しい言えば，前者をコレオグラフィ，後者をオーケストレーションと区別することもできるが，大規模システムでは，部品とその相互連携は，階層的に入れ子を構成するので，相対的な識別にすぎない)．

(2) 外部要因の変化への追従性向上の期待

これらを踏まえ，部品共有によって開発コストを下げ，外部要因の変化への追従性を高めることに期待が集まっていた．これによって，情報システムの開発期間中ならびに開発後の長期にわたる運用において， 利用者のもつ変化し続ける要求と 開発されたシステムの間で次第にひろがっていくズレを解消することが期待されていたといえる．

しかし，新たな基盤の上での共有・再利用可能な部品が整備されていった一方で，期待されていた（サービス検索等に基づく）動的な情報システムの再構成や，その再構成の自動化に基づいて，外部要因の変化に柔軟かつ迅速に対応するという目標の達成は決して容易ではなかった．その後，SOA 基盤へは，（リクエスト/リプライ型の業務プロセス記述に対し）イベント駆動性の導入といった大きな動向・潮流の変化もあって，業務プロセ処理の迅速化には貢献はあったが（業務プロセス記述言語 BPMN2.0 の方向性にも大きく影響していると考えられる)，外部要因の変化への追従という観点からは決して十分とはいえなかった．

(3) 情報システムの構造と挙動への深い理解の必要性

こうした状況を引き起こしている原因の一つには，SOA の考え方の定着に依って，インタフェースの明確化が一層進み，かつネットワークワイドな再構成が可能になったとしても，結局のところ，大規模化・肥大化した情報システムの全体像は必ずしも捉えやすくなったわけではないということがある．

部品の独立性を高め，部品と部品間の相互連携とを分離してモデル化する発想に有効性は認められるが，その理想を現実化するところに困難がある．現場では性能要求を重視せざるをえない．性能要求を重視すると，結局のところ，部品粒度が大きくなるか，部品間での暗黙の前提事項が増えてしまい，部品の独立性が低減し，再構成の自由度が低くなってしまいがちである．その結果，全体として利用者に違和感を与え，大きなトラブルにつながる予兆が仮に利用者から得られたとしても，その原因が，複数の個々の部品の中，及び，その意図せぬ組み合わせに分散し埋没してしまい，問題点の所在の識別を困難にしてしまうことが考えられる．さらには，そうした違和感・トラブルの予兆を早期に捉えられるようなシステムの構築方法論を整えることも重要であると考えられる．

２．研究の目的

(1) 問題の所在

前節で，研究開発当初の背景的な状況として，SOA の考え方の定着に伴い，基盤と部品の整備が進められたにもかかわらず，当初期待された「外部要因の変化への追従」といった目標の達成は依然として困難であり，情報システムが長期運用されるに従い，次第に利用者との間でズレを広げ，いつかトラブルにつながりうる点については，抜本的な解決とはなっていないことについて述べた．また，その原因の一つは，大規模化・肥大化した情報システムの構造と挙動に関しての理解が，利用者ばかりではなく，開発者にとってすら容易になっていない点にある（むしろ困難になっている面もある）と考えられる．

(2) 利用者と開発者の間での相互理解

情報システムの理解は，利用者/開発者のそれぞれの立場から共通の枠組みの下でなされることで，相互理解が達成されてこそ，意思の疎通につながるといえる．そこで，専門家/非専門家の垣根を越えた共通の土台を提供することが必要といえる．

(3) 解決に向けたアプローチ

そこで，問題の解決に向けての第一歩として，情報システムの構造（部品構成）に加えて，その動的な挙動を可視化し，利用者と開発者の双方に対して理解を深めさせるための機能（自己説明機能）を，その情報システム自体に埋め込むことを考える．実際に動いている情報システムの構成要素である部品と，そこに関与する関与者（ヒューマンアクティビティ）と共にモデル化し，その連携して動作する挙動を記録し，利用者ならびに開発者に理解しやすい形で提示することで，この問題の解決に結びつける可能性を探ることが，本研究の目的である．

３．研究の方法

(1) 情報システムと利用者のモデリング

開発者は，情報システムを開発する際に，MDA の考え方に基づき，モデルを記述し，そこから実装を構築し，継続的にモデルの保守を行っていることを前提とする．ここでは，情報システムだけではなく，さらに利用者の挙動も合わせてモデリングするモデル記述言語を構築する．基本的に状態遷移にもとづき，さらに並行性とモジュール性を扱うことができることから，階層性を備えたオブジェクト指向ペトリネットを採用した．Nets-within-nets 意味論に基づいたオブジェクト指向ペトリネットの実装として，RENEW(The Reference Net Workshop, http://www.renew.de/)が既に存在していたが，ビジネスルールなどを統合したビジネスプロセスの研究基盤として自由に拡張を施すために新たに，OPeN (Object-Oriented Petri Net)言語ならびに環境（エディタ及びワークフローエンジン，動作シミュレータ）を構築することを試みた．

OPeN では，情報システムの構成要素と，その複数の利用者のいずれも，オブジェクトとして認識し，それぞれの振る舞いをペトリネットに基づいて記述する．ペトリネットは，トランジションとプレースという二種類のノードを持つ有向二部グラフであり，プレースには，そのシステムの状態の一部を表すトークンが記述される．ペトリネットの動作においては，プレース上のトークンがアーク上に記述された条件を満たすことで，関連するトランジションの発火というイベントが繰り返され，それによって状態が変化していく．Nets-within-nets 意味論では，トランジションの発火の際に，他のオブジェクト（ペトリネット）のトランジションの発火と同期させることができ，これによってオブジェクト間の相互作用を定義することができる．このトランジションの発火系列を記録することで，システムの各構成要素，ならびに利用者の挙動を，それぞれの相互作用とともにある種の実行トレースとして，時系列的にロギングできる．

システムを構成する全構成要素と関与者（各種利用者）の全てのトランジションの発火系列を記録すると膨大な量となり，むしろ，そこから必要な情報を抽出する必要が生じる．そこで，記録する条件等を決めるとそれに基づいてペトリネットを変換し，ロギング機能をプラガブルに追加（アタッチ）するようなアスペクト指向ワークフロー変換という概念を（ロギングに限らずより広い概念として）導入する．

(2) 関与者同士のコミュニケーションのモデル化

情報システムに関与する関与者（各種の利用者と情報システムの構成要素であるコンポーネント/サービス）が，情報システムを介して行うコミュニケーションをモデル化するために，オブジェクト指向ペトリネットによってモデル化する際に，発話行為理論に基づくコミュニケーション理論である LAP(Language/Action Perspective)を適用することで，関与者間の相互作用を，単なる同期動作としてだけではなく，コミュニケーションとして意味付けを行うことを試みる．その結果，実行トレースには，そうした意味付けが一種のアノテーションとして付記されることになる．それによって，ビジネスロジックとビジネスプロセスとを結びつけ，システムの挙動を説明するテキストや，アニメーションを生成することに役立てる．

(3) モデルと実行トレースからの説明機能の構築

オブジェクト指向ペトリネットによる情報システムの各構成要素と関与者のモデル，ならびに，それらが実際に動作した結果である実行トレースから，XML 形式の動作シナリオを生成する．動作シナリオにおけるアクター（出演者）は，情報システムを構成する各構成要素(コンポーネントとサービス)，および，関与者である．さらに，そこから，実際のシステムの挙動を非専門家である利用者に向けて説明することのできる文書ならびにアニメーションを生成する．加えて，理解を深めるためにゲーミフィケーションの考え方をとりいれる．利用者が一種のロールプレイング・ゲームに参加し体験することで理解を深める事を目的としている．実際のシステムの動作は基本的に実行トレースを元に作成することができるが，実行トレースの残されていない実行系列に関しては，ゲーム参加者以外のアクターの振る舞いは，モデルとして与えられたペトリネットの動作シミュレーション（ゲーミングシミュレーションと呼ぶ）で行う．

４．研究成果

(1) ビジネスプロセス記述のための OPeN 言語ならびに環境

情報システムと利用者のモデル化と，その振る舞いの実行トレースを残すための基盤として，OPeN 言語とその環境を構築した．この言語は，オブジェクト指向ペトリネットの図的表現であるが，個々のペトリネット（クラス）を，一般的なオブジェクト指向プログラミング言語である Java のクラスと対応付けている．これは，単なるモデリング言語としてだけでなく，実際にモデルと情報システムの実装とを結びつけるために必要であった．それによって，個々のペトリネットは，

プレース上に記載されるトークン以外に，属性（インスタンス変数，フィールド変数）や操作（メソッド）といったメンバをも持つ．動的に生成されたインスタンスでは，対応するペトリネットのトランジションが発火する度に，そのトランジッションと同名のメソッドを起動し，内部の属性情報を変化させる．属性情報は，アーク上に記載するゲート条件でも参照できるが，そうした条件を記載するためにもメソッドを定義することができる．ごく小規模な事例にとどまっているが，GUIを備えた，情報システムの構築実験も行って，ある程度の記述力を備えていることを確かめた（実際のところ，Javaのクラスと対応付けることができるので，Javaで直接記述する部分との兼ね合いが重要である．今回は，まず，実際に機能する情報システムを記述することが目標であったので，まず，それを実現して，そこから，Java言語で直接記述する比率(依存度)を減らしていく方策をとっている．

OPeN言語の環境としては，現在，完全には統合できていないが，エディタと実行シミュレータ（ゲーミングシミュレータ）およびエンジンがある．本研究計画以前には，最初はJava言語，次にActionScript言語を使って開発してきたが，本研究計画に際し，再び，Java言語による実装に切り替えて，再構築を行った．研究期間終了後も継続して改良を繰り返しているが，将来的には適切なライセンスの下でオープンソース・ソフトウェアとして公開し，広く利用してもらうことを目指している．

(2) OPeN 言語/環境へのアスペクト指向変換の概念の導入

プラガブルにロギング機能をアタッチするためだけにとどまらず，一般にビジネスプロセスの構成要素において，特定の条件を満たす部分を一括して変換するようなアスペクト指向ワークフロー変換という概念をOPeN 言語/環境に導入した．ベースとなった発想はアスペクト指向プログラミング(Aspect Oriented Programming, AOP)であり，クラス間を横切る関心事を分離して扱うものである．

しかし，アスペクト指向ワークフロー変換を用いたロギング機能の追加は小規模な実験には大掛かり過ぎる．その後のOPeN言語/環境の整備が進むにつれて，小規模な実験には，より簡単で汎用的な方法（(3)で述べる）で十分となったため，この目的では使用していない．

(3) OPeN 言語/環境へのシナリオ，ゲーム生成と可視化

OPeN 言語/環境には，発火系列の一部を実行トレースとして出力し，簡単なシナリオを生成する機能を与えている．本報告時点では，アスペクト指向ワークフロー変換個々のオブジェクト・ペトリネット（インスタンス）は何らかの Java クラスのインスタンスと対応づけられている．そのような Java クラスは，NetObject というクラスのサブクラスとして定義することを義務付けている．このクラスに，ログ出力用のメソッドを幾つか定義しており，トランジションに対応するメソッド中でそれを呼び出すことで，実行トレースとして発火を記録することができる．

各オブジェクト・ペトリネットの実行トレースには時刻（実行シミュレーションではステップが対応する）が合わせて記録されており，それに基づいて実行トレースを結合したものがシナリオである．シナリオの記述には，シナリオ 記述言語(ISML; Interactive Scenario Modeling Language)を定義した．

各オブジェクト・ペトリネットが LAP (Language/ Action Perspective)に基づいてモデル化されていれば，そこで示された範囲で他者への働きかけの目標や意図を注釈として含めることが可能であり，可視化の際に活用することができる．LAP に基づく相互作用の意味付け（会話モデル）は，当初の計画では，カタログ化してエンジンに組み込む予定であったが，実際には，オブジェクト指向ペトリネットで会話パターンを記述し，発話行為ラベルを実行ログに残すという簡易的な方法で，実現することとした．本研究計画の遂行を通して，カタログを充実化することに期待していたが，本報告時点では，実施した事例に偏っているため，幅広い収集が必要である．

こうして得られたシナリオから生成される説明文(narrative)は，未だ，「物語」と呼ぶに足りるほど魅力的で理解しやすいものとはなっていない．現状では，説明文の理解しやすさは結局のところ，どの観点から，どのようなログを残すかに大きく依存している．

実行シミュレーション（ゲーミングシミュレーション）は，エディタ上に複数のオブジェクト・ペトリネットを同時に表示し，発火可能トランジッションを指定することで，シミュレーションをステップ実行することができる．その経過は画面上でアニメーション表示される．本報告時点では，複数のゲーム参加者がいても１台のユーザインタフェースでナイス（画面，マウス，キーボード）を共有して参加しなければならないため，情報システムの開発者や利用者に参加してもらうためには，ユーザインタフェースの改善が急務である．本研究計画では，本プロジェクトメンバ以外に依頼して実施する評価実験は，研究期間終了後を予定していたが，このユーザインタフェースの改善は，実験に先立ち必要な急務であるといえる．

(4) ビジネスルールの統合と文脈に基づくセキュリティモデル

この二点は，当初の研究計画に含めていなかったものであるが，本研究を通して必要性を感じ，また着想を得た派生的な研究成果である．

当初の研究計画においては，実行トレースと対応付けて挙動をモデル化するために，「状態遷移に基づいて，情報システムの構成要素と，関与者（各種の利用者）をモデル化する」と規定し，そのための記述言語として，オブジェクト指向ペトリネットを採用することとした．しかし，情報システムを実際に記述するに際して，記述を簡潔にし，理解性を向上させるためには，（ビジネス）プロセス表現だけではなく，（ビジネス）ルール表現を併用することが有効であることがわかった．現在，Java 言語と混在して使用できる Scala 言語の内部 DSL(Domain Specific Language)として一部のビジネスルールを，OPeN 言語から利用できるようにしている．Scala 言語を採用した理由は，ビジネスルールを扱うにあたり，推論エンジンとして，hammurabi(http://code.google.com/p/hammurabi/)というオープンソース実装を一部活用しているためである．本研究計画最終年度において，ルール表現の日本語化を試みた．これは利用者の理解性を向上させることを目指したものであるが，ルール表現日本語化の本格的な推進は計画期間終了後に行う．

「文脈に基づくセキュリティモデル」は本計画遂行中に，本研究計画と強く関連するものとして着想を得て研究を進めているサブプロジェクトである．本研究計画において，情報システムの利用者と情報システムの構成要素の両面をオブジェクト指向ペトリネットでモデル化している．その目的は，実行トレースを残し，情報システムの「挙動を理解しやすい形で説明する」ことにあったが，こうした実行トレース（アクセスログ情報）は，一般に不正アクセスの検出にも使われるものと言える．そこで，後からログを解析するのではなく，実行時にトレースを取りながら，その情報をモニタリングしてアクセス制御を行う着想（文脈に基づくアクセス制御;Context-Aware Access Control; CxAC）を得た．状態遷移に基づくアクセス制御は Security Automata などがあり決して新しいものではないが，既に情報システムのモデリングにオブジェクト指向ペトリネットを使っており，オブジェクト間の同期指定に使っているトランジションの発火系列を使うことで，モニタリングすべきエベントを事前に絞り込める点，さらに情報システムの構成要素，システムの利用者（アクセス者），アクセス対象である資源(データやサービス)のそれぞれをモデリングして，それらの間の相互作用を統一的に扱うことができる点に有効性があると期待している．

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 0 件）

〔学会発表〕（計 7 件）

① 飯島 正，秦 良平，金子良太，オブジェクト指向論理ペトリネットとルールに基づく業務プロセスの理解支援，査読無し，第 9 回全国大会・研究発表大会，2013 年 11 月 30 日，新潟県(新潟県国際情報大学)，情報システム学会．

② 飯島 正，城戸 聡，文脈に基づくセキュリティモデルの強制系の実現と評価，査読無し，第 9 回全国大会･研究発表大会，2013 年 11 月 30 日，新潟県(新潟県国際情報大学)，情報システム学会．

③ 金子 良太，秦 良平，飯島 正，オブジェクト指向ペトリネットに基づきイベント駆動性を取り入れた業務プロセスエンジンのアーキテクチャ，査読無し，電子情報通信学会技術研究報告(知能ソフトウェア工学研究会； KBSE-Vol.(215)，pp.25--30，2013 年 09 月 12 日．

④ 飯島 正，セキュリティモデルのための文脈の表現とその利用，査読無し，電子情報通信学会技術研究報告(ソフトウェアサイエンス； SS-Vol.113(159)，pp.85--90，2013 年 07-25.電子情報通信学会技術研究報告(知能ソフトウェア工学研究会； KBSE-Vol.113 (160)，pp.85--90，2013 年 07 月 25 日．

⑤ 飯島 正，片山 輝彦，金子良太，高橋 貴大，オブジェクト指向論理ペトリネットを使った業務プロセス/業務ルール管理，第 8 回全国大会・研究発表大会，2012 年 12 月 01 日，神奈川県(文教大学湘南校舎)，情報システム学会．

⑥ 飯島 正，アスペクト指向ワークフロー変換～ オブジェクト指向ペトリネットによるワークフロー表現への適用 ～，査読無し，電子情報通信学会技術研究報告(ソフトウェアサイエンス； SS-Vol.112 (164)， pp.1--6，2012-07-20，電子情報通信学会技術研究報告(知能ソフトウェア工学研究会； KBSE-Vol.112 (165)，pp.1--6，2012 年 07 月 20 日．

⑦ 金子 良太，片山 輝彦，飯島 正，オブジェクト指向ペトリネットによるビジネスプロセスの記述と同期，査読無し，電子情報通信学会技術研究報告(知能ソフトウェア工学研究会； KBSE-Vol.112 (64)，

pp. 19--23, 2012 年 05 月 18 日.

〔図書〕（計 0 件）
〔産業財産権〕
○出願状況（計 0 件）
○取得状況（計 0 件）
〔その他〕

６．研究組織
(1)研究代表者
飯島　正（IIJIMA, Tadashi）
慶應義塾大学・理工学部・講師
研究者番号：20245608