

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月4日現在

機関番号：13302

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500034

研究課題名（和文） 法令実働化情報システムのアカウントビリティ機能と進化モデルの定義と実現

研究課題名（英文） Definition and Realization of Software Accountability Functions of Law-Enforcing Information Systems

研究代表者

落水 浩一郎 (OCHIMIZU KOICHIRO)

北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：10022310

研究成果の概要（和文）：

社会規則（法律や条例など）の適用を支援することを目的とした法令実働化情報システム（LEIS）を対象として、ソフトウェアアカウントビリティ機能を LEIS に保持させ、また、社会規則の改定に応じてアカウントビリティ機能を進化させ得るための基礎理論、機構、開発プロセスを、ソフトウェア工学の最新の研究成果と法理論を適用することにより開発した。ここで、ソフトウェアアカウントビリティ機能とは、システムによってなされた計算や判断に対して利用者が疑問を持ったとき、システム自体がどの規則をどのように適用して得られた結果であるのかを説明できる機能である。

研究成果の概要（英文）：

We have formulated and realized the new concept “Software Accountability (SA)” for information systems (Law Enforcing Information System, LEIS) that enforce laws or rules. We formalize the concept of SA mathematically and defined the realization mechanism and evolution-support mechanism based on the research results on Software Engineering and Theory of Law. In this report, we summarize the research results on SA with respect to basic theory, mechanisms, development process of LEIS.

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：ソフトウェア工学

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：情報システム、安心性要件、説明責任、ソフトウェア進化、法令工学

1. 研究開始当初の背景

今日、われわれの生活は電子社会システムに強く依存している。その意味で電子社会システムは安全（dependable）でかつ安心（trustworthy）でなければならない。本報告では法律、条例、組織の規則などの総称を社会規則と呼ぶ。また、社会規則を仕様とし、

ある特定の社会規則の適用を支援し、社会規則を完全に満たすように構築され、社会規則に従って電子社会システムが正しく構築されていることを保証かつ確認でき、社会規則の改定に応じて迅速にかつ低いコストで進化させるシステムを法令実働化情報システム（Law-Enforcing Information System,

以後 LEIS と略記する) と呼ぶ。

LEIS は、社会規則の制定目的にそって適切に作られ、論理的矛盾や文書の問題がなく(正当性)、社会規則の改定にあたっては矛盾なく変更や追加削除が行え(進化性)、利用者にとって親切なシステム(アカウントビリティ)などの安心性要件を満たさねばならない。

本報告では、安心性要件のうち、ソフトウェアアカウントビリティとアカウントビリティ機能の進化容易性についての研究成果をまとめる。LEIS は、例えば課税システムのように、利用者の収入などの状況に応じた課税規則の適用結果を利用者に通知するものであるが、ソフトウェアアカウントビリティを、「利用者が LEIS の処理結果や判断に疑問をもったとき、どの社会規則をどのように適用して処理結果を得たのかを LEIS 自体が説明できる機能である」と定義する。

本研究の目的は、ソフトウェアアカウントビリティ機能を LEIS に保持させ、また、社会規則の改定に応じてアカウントビリティ機能を進化させ得るための基礎理論、機構、開発プロセスを、ソフトウェア工学の最新の研究成果と法理論を適用することにより開発することにある。

本研究の学術的価値は以下の通りである。電子社会と人間の関わり、社会システムとしての電子社会の在り方、それを支えるデータベース技術やセキュリティなどの情報技術の適用に関する研究は現在世界的レベルで進行中である。たとえば USA においては NSF が Digital Government Research Project を推進しており、法律系から情報系にいたるまで 100 校近くの大学が研究を進めている。また、国内では、情報システムの安心性・安全性の実現は u-Japan 計画における重要な達成目標の一つである。本研究に関しては、法改定にともない変更内容をもとの規則に組み込む、いわゆる「溶かし込み」の技術開発が推進されている。本研究では、このような内外の研究動向を踏まえつつ、とくに LEIS 利用者の立場にたち、安心性実現のひとつの要件であるソフトウェアアカウントビリティの実現を世界に先駆けて実現することを試みたものである。

本研究を遂行するにあたってのこれまでの成果は以下の通りである。LEIS にソフトウェアアカウントビリティ機能をもたせるためには、システム内部にどのような情報を保持させるべきかという課題を解決する必要がある。報告者はすでに、21 世紀 COE プログラム「検証進化可能電子社会」(平成 16 年

～20 年)において、アカウントビリティ木の概念を提案し、大学の履修規則を事例としてその有効性を確認済みである。アカウントビリティ木とは、社会規則制定の理由をノードで表現し、葉には法理論に基づき型付けされた社会規則の条文を保持し、その間を法理論独自の関連で構造化した情報構造である。

過年度の研究により実現した成果は以下の通りである。

- システムの実行履歴をもとに、社会規則とアカウントビリティ木の対応を利用して、適用された条文を特定し、その条文の適用過程を部分的に再現できるような機能を持つアカウントビリティモジュールの構成法を提案した。
- さらにアカウントビリティモジュールを既存の情報システムに低コストで装着するための参照アーキテクチャを提案した。
- これらの機能の有用性と実現可能性は、大学の履修管理システムの開発事例を通して事例研究により確認済みである。

また、進化容易性については、情報システム内部の進化容易性を対象にして、平成 7 年度から平成 17 年度にわたる科学研究費(基盤研究、特定領域研究)を通じて、インパクト解析、変更支援プロセスと支援環境について成果と知見を集積している。

本研究においては、それらの成果をふまえて、社会規則とシステム内部構造の対応関係に着目して、アカウントビリティ機能の進化モデルを検討する。

本研究成果の学術的な特色、重要性・妥当性、独創性および革新性は以下の通りである。ソフトウェア工学は巨大オペレーティングシステムや業務アプリケーションを開発するための技術として発展してきた。一方、インターネット技術や Web 技術の発展を受け計算機の応用分野は大きく変化してきている。時代の要請を受けた新しい技術開拓を試みるによりソフトウェア工学の新たな応用分野を開拓する。

また、本研究成果の社会的意義は以下の通りである。現在、法令実働化情報システムは多大の労力を払って開発・保守されている。そのような開発者の作業を支援することができる。また、遠隔地からのネットワークを介した行政サービスの利用にあたって、利用者の質問に答えられるようなサービスの提供が可能になる。

2. 研究の目的

ソフトウェアアカウントビリティ機能を

LEIS に保持させ、また、社会規則の改定に応じてアカウントビリティ機能を進化させるための基礎理論、機構、開発プロセスを、ソフトウェア工学の最新の研究成果と法理論を適用することにより開発する

3. 研究の方法

平成 21 年度から平成 23 年度にわたる各年度の研究目的を以下のように設定した。

- (1) 平成 21 年度はアカウントビリティ木を形式化するとともに、アカウントビリティ木の作成法を形式化する。また、アカウントビリティモジュールの説明機能を形式化する。
- (2) 平成 22 年度はアカウントビリティ木の進化モデルを開発する。
- (3) 平成 23 年度は、上記の機能を有する LEIS の開発方法論および開発支援ツールを開発する。

4. 研究成果

平成 21 年度から平成 23 年度にわたる 3 年間の研究成果を、各年度毎の目標に対応させてまとめる。

平成 21 年度

(1) 平成 21 年度の目標

ソフトウェアアカウントビリティに関する理論体系を整備する。

①アカウントビリティ木の形式化

- アカウントビリティ木のノードの型の NFR フレームワークによる形式化

アカウントビリティ木のルートは、社会規則制定の最も高いレベルの目標（理由）を表現する。以下、ノードにはその目標を達成するためのサブゴールを置き AND-OR 木として編成される。サブゴールは「肯定的な証拠が十分にあり、否定的な証拠は殆どないときサブゴールが充足される」という特徴を持つ。これをソフトゴールと呼ぶ。このように構造化されたアカウントビリティ木は社会規則制定の理由を保持しており、説明機能の実現や社会規則の改定（進化）を制御するための重要な情報源となる。過年度の研究においては、大学の履修規則に対するアカウントビリティ木の事例を作成したが、これを、Mylopoulos J. 等が提案したゴール指向要求分析法における NFR フレームワークに従って一般化する。NFR フレームワーク自体は、ソフトウェアシステムの非機能要求を階層的に展開するためのモデルである。これをもとに、社会規則制定理由を階層的に展開するた

めのモデルを作成し、アカウントビリティ木作成の理論モデルとする。

- 法理論に基づく条文の型の整理

Torstein Eckoff は法システムを規範と行為で表現する法理論の体系化を行っている。ここで、規範は、指令、性質決定、授権の 3 つのサブ規範に大別される。アカウントビリティ木の葉に保持される条文を、主体と規範の型で形式化する手段を開発する。

- 関連する条文間のクロスリンクの整理

社会規則の条文間にはさまざまな関連が存在する。代表的な関連として、カップリング関連がある。カップリング関連とは、ある条文で親族の概念を定義し、別の条文で親族殺人に対する罰則を定めたときに 2 つの条文間に成立する関連である。アカウントビリティ木の葉には条文が保持されているが、対応する 2 つの葉の間にカップリング関連の型をもつクロスリンクを設定する手段を検討する。

②アカウントビリティモジュールにおける説明機能の形式化

アカウントビリティモジュールの主要な機能は、質問に関連する社会規則の条文を特定する機能と、特定された条文がどのように適用されたのかを説明する機能の 2 つである。後者を説明機能とよぶことにする。過年度の研究により、システムの実行履歴をもとに、条文が適用される際の利用者の状況を特定する技術と、質問に関連する社会規則を特定する技術を開発した。これらを組み合わせ利用者が理解できる説明文を生成する機能はまだ、実現されていない。

上記の成果をもとに説明機能を形式化する。Torstein Eckoff の法理論における動的関連のうち、規範関連を用いて形式化する。規範関連とは、「A が盗みをした」という状況と「懲役の判決を受ける」という状況を、「A が盗みをしたために刑法何条により懲役の判決を受ける」のように規範によって結びつけるものである。すなわち、質問者がある状況にある時、その状況に規範を適用した結果が得られ、得られた結果（出力）に質問者が疑問を持った場合、どのような状況でどのような規則が適用された結果、出力が得られたかを説明する機能を実現する。

③大学履修管理システムを題材とした評価実験

本学履修管理システムを題材として、上記成果に関する評価実験を行う。被験者（学生）の出身分野や適用する規則の違いなどを考慮に入れつつ、本学の履修規則の適用を受け際に生じる様々な質問を収集し整理し、開

発したシステムが、それらに対してどの程度の回答が可能であるかを確認する。

(2) 平成 21 年度の成果

①アカウントビリティ木の形式化

- アカウントビリティ木のノードの型の NFR フレームワークによる形式化
実際の情報システム（旅行予約システム）を対象にしてシステムの品質目標とその実現手段の関係を明示できるゴール指向木の構成法を検討し、NFR タイプカタログを定義した。これにより、アカウントビリティ木の形式的記述法に関する基礎知識を整備した。
- 法理論に基づく条文の型の整理
エクホッフの法理論に基づいて、アカウントビリティ木の葉の型と属性を定義した。この結果を2010年3月に東京大学で実施された、法律学者も参加した、法令工学セミナー で発表した。

②アカウントビリティモジュールにおける説明機能の形式化

説明責任についての5種類のオントロジーを調査し定義した。これにより、説明の主体、説明の内容、説明の対象、説明の背景、説明のタイミングを考慮した、説明文の構成法を整備した。また、エクホッフの法理論における規範関連を基に、「2段階説明モデル」を定義し、対応する説明機能を実現した。規範関連とは、質問者のある状況と規則適用後の状況を結びつける関連であるが、規則適用前後の状況の定義法と、状況の具体的な値をシステム実行履歴から取り出す機能を実現した。

③大学履修管理システムを題材とした評価実験

評価実験の前提となる、学生のさまざまなタイプをペルソナモデルに基づいて分類すること、および、学生の学習プロセスと大学の教育サービス提供プロセスについて劇場モデルにより形式化するための基礎データを整備した。

平成 22 年度

(3) 平成 22 年度の目標

社会規則は必要に応じて改定されるため、LEIS は社会規則の進化に応じて進化する必要がある。このことを可能にする理論と技術を開発する。以下の課題を遂行する。

①アカウントビリティ機能の進化モデルの定義

LEIS の進化とは、われわれの定義によれば、社会規則の条文、アカウントビリティ木、システム構成要素を連動させて進化させることに他ならない。以下のような手順によりアカウントビリティ機能の進化モデルを定義する。

- 社会規則、アカウントビリティ木、システム構成要素のそれぞれに版管理モデルを定義する。
- それぞれの版管理モデルを進化させるためのプリミティブな機能を定義する。
- 上記三つのモデル間に存在する関係を統合的に管理する機構を開発する。アカウントビリティモジュールはアカウントビリティ木に加えて、社会規則の条文（アカウントビリティ木の葉）と LEIS のシステム構成要素（オブジェクト指向技術におけるクラス）間の対応表を保持している。この対応表の構成を記述するための言語を開発し、また、対応表の生成・変更法を確立する。

上記のモデルの定義により、規則が改定されたとき、規則に対応する LEIS 構成要素を特定し、すみやかに必要な変更を行うことが可能になる。このとき、ある特定の規則や LEIS 構成要素の変更にともなう波及効果を解析する必要があるが、これは、過年度の研究において得られた変更波及解析に関する理論と技術を適用して解決する。

(4) 平成 22 年度の成果

①アカウントビリティ木に対する NFR タイプカタログの定義

アカウントビリティ木のカテゴリに関する調査を実施し、主体的（誰が）、質的（何を）、量的（誰に）、時期的（いつ）、機能的（なぜ）の5分類が妥当であると判断した。この中で、アカウントビリティ木的设计において重要な役割を果たすと思われるものは、①時期的分類のサブ概念である、自律的説明（計算後自動的に説明する）、他動的説明（質問されたら説明する）であり、②また、質的分類における説明内容の十分性、完全性、相対性、簡潔性などのサブ概念間の重要度の設定法が重要であると判断した。現在、これらの概念体系を表現するオントロジーの開発に取り組んでいる。

②アカウントビリティ機能の進化モデルの定義

LEIS の進化とは、社会規則の条文、アカウントビリティ木、システム構成要素を連動させて変更することである。以下の3つの成果を得た。①社会規則、アカウントビリティ木、

システム構成要素のそれぞれの構成要素間の関係を表現する数学モデルを開発した。すなわち、アカウントビリティ木の葉として表現される社会規則の条文とLEISのシステム構成要素（オブジェクト指向技術におけるクラスのメソッド間）の対応関係を関係または、関数として表現した。（②社会規則やシステムの変更前後において生じる矛盾を抽出し、変更の妥当性を検査する方式を開発した。すなわち、規則が改訂されたとき、規則に対応するLEIS構成要素を特定し、必要な変更を実施するために必要となる依存関係の設定法を開発した。③規則の変更にもなうシステム各部への影響を制御する方式として、アスペクト指向技術を援用し、社会規則の進化と連動させて、システムを進化させるための実装方式を設計した。

平成 23 年度

(5) 平成 23 年度の目標

最終年度は、平成 21 年度および 22 年度の研究により得られた個別の知見（理論）および開発された機構を統合的に利用するための開発方法論（法令エンジニアリングプロセス）を定義する。

①法令エンジニアリングプロセスの整備による実用化への準備

- LEIS アーキテクチャの定義：LEIS は、通常、利用者インタフェース層、プロセス管理層、データベースアクセス層の 3 層からなるシステム構造を持つ。これに、アカウントビリティモジュールと利用フレームワーク、アカウントビリティ木と生成フレームワークを付加した参照アーキテクチャと実現アーキテクチャを定義する。
- (a) 進化フレームワークの整備：版管理モデルへのアクセスを支援する進化フレームワークを開発する。
- (b) 法令エンジニアリングプロセスの整備：以下の手順からなる、法令エンジニアリングプロセスを開発する
 - ソフトウェアアカウントビリティ木的设计法
 - ソフトウェアアカウントビリティモジュール的设计法
 - ソフトウェアアカウントビリティモジュールの装着法

②評価実験

進化の形態が異なるいくつかの情報システムを選び、既存の電子社会システムに本研究で開発された方法論および機構を適用することにより、本研究の成果の有用性とさらなる改

良点を確認する。

具体的には、本学ですでに稼働中の学務管理システム、ある企業で稼働中の社内規則管理システム、さらには、地方自治体の条例に基づくシステムなどを計画している。

(6) 平成 23 年度の成果

最終年度は、過年度の研究により得られた個別の知見（理論）および開発された機構を統合的に利用するための法令エンジニアリングプロセスについて成果を得た。

①法令エンジニアリングプロセスの整備による実用化への準備

- (a) LEIS アーキテクチャの定義：利用者インタフェース層、プロセス管理層、データベースアクセス層の 3 層からなる LEIS に、アカウントビリティモジュールと利用フレームワーク、アカウントビリティ木と生成フレームワークを付加した参照アーキテクチャと実現アーキテクチャを定義した。成果を国際会議で発表した。
- (b) 進化フレームワークの整備：裁判所における判例データをもとに、判例文の抽象文書モデルを定義し、抽象文書モデルは様々な形式の判例文構造に対応できる文法構造と版管理機構を有しており、文書形式の進化に対応できる。さらに、標準ライブラリとパーサー（進化フレームワーク）を開発した。成果を国際会議で発表した。
- (c) 法令エンジニアリングプロセスの整備：アカウントビリティ機能における説明機能に対する数学的モデルを開発し、ソフトウェアアカウントビリティモジュールの設計法と装着法に対する理論的基盤を与えた。成果を国際会議で発表した。

②評価実験

大学の履修支援システム、裁判所の判例システムを対象にして、説明機能と進化支援機能に対して、それぞれ評価実験を行った。前者に対しては説明機能の再現率が90%をこえ、実用に供せることが明らかになった。後者に対しては、総計24,487個の要素からなる245の実際の判例をもとに評価実験を行った結果、適合率75%、再現率73%の実用に値する成果が得られた。

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 2 件)

1. 矢嶋健一、落水浩一郎，“データ連携におけるサービス運用要求の把握によるインタオペラビリティの達成”，

情報処理学会論文誌、査読あり、
Vol.52 No.9, 2011年9月、
pp.2799-2811.

2. 矢嶋健一, 落水浩一郎, "NFRフレームワークにおけるシステム連携向けNFR型カタログの提案", 日本ソフトウェア科学会 FOSE'2009 論文集、査読あり, 2009, pp.289-296.

[学会発表] (計 4 件)

1. Hirokazu Igari, Akira Shimazu and Koichiro Ochimizu, "Document Structure Analysis with Syntactic Model and Parsers: Application to Legal Judgments", JURISIN2011, 2011年12月1日, Takamatsu.
2. Ryo Hayasaka and Koichiro Ochimizu, "The Concept and Definition of Software Accountability in Legal Engineering", JURISIN2011, 2011年12月1日 Takamatsu.
3. Nguyen Thi Hong Nhung, Koichiro Ochimizu, "Modeling the educational system using Service-Oriented Modeling and Aspect-Oriented approach", 情報処理学会第171回ソフトウェア工学研究会、2011年7月22日、岡山.
4. Kenichi Yajima and Koichiro Ochimizu, "Reconciling misunderstandings of Requirements: An Experience using NFR Framework in Service Coupling", APSEC2010, Dec. 1 2010, Sydney Australia.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

落水 浩一郎 (OCHIMIZU KOICHIRO)

北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・教授

研究者番号: 10022310

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし