

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：32641

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K03897

研究課題名(和文) 自律分散型ビジネスネットワークの構築：オントロジーとブロックチェーン技術の補完

研究課題名(英文) Development of Autonomous Decentralized Business Network with combining Business Ontology and Blockchain Technology

研究代表者

堀内 恵 (Horiuchi, Satoshi)

中央大学・商学部・教授

研究者番号：20338651

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)：第1の成果は、「売手の視点」、「買手の視点」および「独立の視点」という3つの視点を一つの取引モデルで同時に支援できる取引モデルの開発に成功したことである。第2の成果は、これは本研究プロジェクトで最も重要な貢献といえるが、実行可能な有限状態マシンとしてのREA公理を人間とコンピュータが理解できるレベルで形式化させたことである。第3の成果は、事前定義された取引に従って取引が展開される際に、取引の進捗状況を適宜取引の当事者に伝える「ビジネス取引のステートマシン」の既存研究の限界(取引完了に必要なビジネス事象の網羅性の把握問題)を解決する人間とコンピュータが理解できるレベルで形式化させたことである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

第1に、将来的には、これらの成果がこれまでの経済と共有経済の両方における財務とロジスティクスの両方の領域で、汎用の意味論BC技術の信頼性に貢献すると期待できる。このモデルを利用することで、SCにおけるトレーサビリティとアカウントビリティの両方を促進させることが期待できる。

第2に、「事象の二段階認識方式」のあり方が、本質的な要素と状況に応じて変化する要素との区別に利用できることから、社会関係のレベルで認識すべきプログラムを定義するときには、そのプログラムの構成の定義において大いに役立つことが期待される。つまり、IoTをはじめ顧客を満足させるためのプログラムの定義に貢献することが期待できる。

研究成果の概要(英文)：Currently, BC technology not only serves as technical infrastructure for business payments through virtual currencies but is also expected to serve as a foundation for the radical improvement of current business transaction systems through the shift from conventional centralized-type organizations towards autonomous, decentralized organization.

In the project, we try to produce a generic semantic model for blockchain based value networks that can simultaneously support the views of suppliers, customers and third parties, while using the Resource-Event-Agent ontology. Our final goal is to clear the path for the implementation of open value networks in and from which even SME members, regardless of their number, can autonomously participate and withdraw with agility and in a context-adaptive manner. As a first step toward producing such an open value networks in the future, we successfully produced a first version of fully REA-compliant Java code with the MERODE methodology.

研究分野：経営学

キーワード：自律分散型の取引処理システム、ブロックチェーン、REA ontology、MERODE、DEMO、ビジネス取引のステートマシン、ISO15944-4、デザインサイエンス研究

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究課題に対する問題意識

多くの日本の企業は、不測の事態に対し状況適応的な対応が可能なサプライチェーン(SC)の構築が迫られている。これまでの効率性の向上一辺倒ともいえる SC から、不測の事態に対応して柔軟な組み換えが可能な SC、あるいはグローバル資源を状況的に適宜活用する適応性のある SC に向けて、いかに構築するかが重要な課題になってきている。

分散型台帳技術 Blockchain(BC)を SC の技術基盤として用いる場合には、大企業による管理がなくとも、相互に信頼関係のない不特定多数の参加者の間でも主体的な情報の保存、転送、交換が可能になるので、自律分散型取引の展開が可能になる(IBM Institute for Business Value, 2015)。しかしながら、我々の知る限り、概念的にその重要性が示された自律分散型の取引環境の構築に向けて、ビジネス取引のオントロジー(REA ontology)の研究成果がいかに役立ち得るのかの本格的な研究は行われていない。

(2) 自律分散型の取引環境の構築に向けての取引処理システムの研究成果

BC(ブロックチェーン)技術は、大企業による信頼性の保証がなくても改竄も消去もできない特徴を備えていることから、BC に記録される取引データの信頼性は確保できる。コンソーシアム型等の BC ネットワークを利用すれば特定メンバーのみに取引データを制限して公開できるので、参加するメンバーは、特定メンバーに公開されるデータをそのメンバー間の信頼できる「共有データ」として利用できる。ただし、これまでの取引処理システムは、売手や買手といった「取引当事者の視点」から、同一取引をそれぞれ記録するという特徴を持っている。

したがって、この視点から BC に取引データを記録する場合には、同一取引を重複して記録することになる。BC に記録されるデータは改竄も消去もできないことからデータの信頼性は保証される。ただし、双方が BC に記録するタイミングは必ずしも一致するとはいえず、一致しない場合にはいずれが正しいのかについて確認・調整作業が常に必要になる問題が生じる。このため、「取引当事者の視点」から取引データを BC に記録する場合には、SC のメンバー間の「共通データ」として BC を用いる意義は低い。

この問題に対して、BC 技術が登場する前から、Geerts & McCarthy(2002)は同一取引を SC のメンバー間で「共通データ」として一元的に認識できる「独立の視点」から取引を記録する新たな取引処理システムの研究(Resource-Event-Agent ontology: REA ontology)を展開しており、その成果の一部は ISO として規格化されている。

2. 研究の目的

SC のメンバーが「共通データ」として取引データを BC に記録する仕組みの研究は、検討が始まったに過ぎず、誰もがその成果を利用できるレベルに至っていないという課題がある。また、ISO の規格においては、取引の安全性や信頼性を高める仕組みとして、取引の開始から完了に向けての進展情報を伝える仕組みである「ビジネス取引のステートマシン」の重要性が概念的に示されているに過ぎないという課題がある。

本研究では、これらの課題を解決すべく、第 1 に、SC のメンバーが「共通データ」として取引を記録できる取引モデルをコンピュータ上で稼働するプロトタイプの構築と評価を行う。第 2 に、取引の安全性や信頼性を高めることが期待される「ビジネス取引のステートマシン」のこれまでの研究の限界を明らかにしつつ、その限界を解決するモデルを提言する。

3. 研究の方法

本研究は、当該研究領域での伝統のつとより Hever & Chatterjee(2010)で示されるデザイン・サイエンスの研究(DSR)のフレームワークに沿って、上記の 1 と 2 の目的を達成するために、SC のメンバー間の「共通データ」として取引データを記録管理できる REA オントロジーを用いる取引モデルの構築と評価および「ビジネス取引ステートマシン」の構築と評価を行う。

DSR は「複雑な現実世界の問題を詳細に理解し、その結果を適切な対象者へ適切なかたちでフィードバックする為の革新的人工物(成果物)の構築と評価を含む「問題解決パラダイム」(Hevner & Chatterjee, 2010)である。人工物の利用実践に対する適合性を高めるだけでなく、問題領域に関する科学的知識の獲得や理解及び技術の向上を最終目標とする。DSR は実践への適合性を高める「レリバンス・サイクル」、理論的精緻化を図る「リガー・サイクル」、人工物の構築と評価過程を通じて 2 つのサイクルの整合性を図る「デザイン・サイクル」から構成される。「レリバンス・サイクル」から導かれる研究課題や「リガー・サイクル」で構築される仮説を検証する為に、新たな人工物を構築・評価する「デザイン・サイクル」が開始される。次に「デザイン・サイクル」における人工物の構築と評価を通じて獲得される「経験的知識」と「レリバンス・サイクル」における人工物の利用実践を通じて獲得される「経験的知識」とを一般化する「リガー・サイクル」が連携をとって展開される。更に、これらの知識を獲得する中で新たに抽出される研究課題を受けて「デザイン・サイクル」が再度展開される。このように、DSR における学術的厳格性と実践適合性の同時追求は反復的に繰り返される。

本研究においては、当該分野の専門家を招聘して、我々の取引モデルとビジネス取引のステートマシンを評価してもらうことから、システム化の要件を検討している。その成果は、適宜下記の研究成果として報告している。また、上記の一つの目的に対しては、定期的にベルギーの当該分野の専門家である Laurier 教授(ベルギー・サンルイ大学)とともに、「売手の視点」、「買手

の視点」および「独立の視点」という3つの視点を一つの取引モデルで同時に支援できる取引モデルの在り方の議論およびその議論に基づくモデル化を繰り返している。モデル化においては、Snoek(2014)の MERODE(Model driven, Existence dependency Relation, Object oriented DEvelopment)と呼ばれる CASE(Computer Aided Software Engineering)ツールを用いて構築するとともに、そのモデルの一貫性(UML クラス図とステートマシン)のテストおよび評価を繰り返している。

一方、上記の2つ目の目的については、「言語行為パースペクティブ(LAP: Language Action Perspective)」(Winograd, 1986; Medina-Mora, et al., 1992)という観点から取引の本質的な事項を認識する Dietz(2003)の DEMO(Design & Engineering Methodology for Organizations)の考えを取り入れつつ、その成果を研究分担者の清水教授(山梨学院大学)と一緒に CPN(Colored Petri nets) Tools というモデル化ツールを用いつつ、ビジネス取引のステートマシンのモデル化の構築と評価を繰り返している。

4. 研究成果

(1)メンバー間の「共有データ」としての取引モデル

研究目的の一つ目である、「SCのメンバーが共通データとして取引を記録できる取引モデルをコンピュータ上で稼働するプロトタイプの構築と評価」の第1の成果は、MERODEの「存在依存性」と「イベント伝播」を使用することによって、REA ontologyの「増加」と「減少」を、「経済資源」、「経済事象」、「経済主体」、およびそれらの間の「ストックフロー」、「参加」、「二重性」の性質に同時に影響する基本的な独立な概念としてモデル化を提示することができたことである。これは、「売手の視点」、「買手の視点」および「独立の視点」という3つの視点を一つの取引モデルで同時に支援できる取引モデルの開発に成功したことを意味する。

第2の成果は、これは本研究プロジェクトで最も重要な貢献といえるが、実行可能な有限状態マシンとしての REA 公理を人間とコンピュータが理解できるレベルで形式化させたことである。

将来的には、これらの成果が、これまでの経済と共有経済の両方における財務とロジスティクスの両方の領域で、汎用の意味論 BC 技術の信頼性に貢献すると期待できる。このモデルを利用することで、SCにおけるトレーサビリティとアカウントビリティの両方を促進させることが期待できる。

(2)「ビジネス取引のステートマシン」

学術的な貢献としては、第1に、既存研究では明らかにできなかったビジネス取引を完了させるために必要となるビジネス事象を網羅的に認識できない限界を取り上げる。DEMOの「取引パターン」による取引の捉え方に従って、第1に社会関係として本質的な側面から事象を認識し、第2に表現や意味レベルで事象を認識する「事象認識の2段階方式」によって一定の理論的な答えが得られることを明らかにしている。

第2に、Hunka and Zacek(2015)の「ビジネス取引のステートマシン」の理論基盤となる DME0 を、Dietz(2003)に従いつつ DEMOの組織のビジネス・プロセスを捉えるための基本三要素(「調整行為」、「取引」および「ビジネス・プロセス」)から DEMOを特徴づける。そのうえで、DEMOの取引 model(E-model)と比較することによってオントロジカル model(O-model)の限界を明らかにする。その限界とは、E-modelとしての DEMOの「取引パターン」を厳格に当てはめる場合には「販売提案」から始まるビジネス取引のシナリオや、「逆提案」が適切に表現できない点である。

第3に、第2で限界として示す「販売提案」から始まるビジネス取引のシナリオを適切に表現できる拡張 DME0 を考案している。これまでの DEMOでは取引単位で固定化されていた「開始者」と「実行者」を、新たなモデルは、局面(提案、実施・結果)単位で入れ替えることを可能にしたモデルである。これによって提案局面において「開始者」であった主体が、続く生産・結果局面では「開始者」にも「受入者」にもなることができる。また、このモデルでは、「販売提案」から始まる取引シナリオだけではなくこれまでの「購買要求」から始まる取引シナリオを適切に表現できることを明らかにしている。

第4に、第2の限界として示す「逆提案」の取引過程を適切に表現するためには、これまでのように取引をそれぞれ独立したものとして認識するのではなく「購買要求」と「販売提案」の取引シナリオを一連の取引として認識するによって、適切に表現できることを明らかにしている。

第5に、第2の限界がなぜ生じるのかについて考察する。そして、その原因は DEMOの取引認識が社会関係のレベルでの認識にあることを明らかにする。すなわち、DEMOでは取引を社会関係のレベル(プラグマティズム)で捉えるために、義務が生じない失敗に至る取引は、それぞれの取引過程において失敗を認識することはあっても、その取引を起点として新たな取引が始まるというような2つ以上の取引間の関連を必ずしも十分には捉えられないからである。加えて、その原因として言語行為論が「複数の発話行為などの複合的な現象を扱うことが困難である」(中山(2002, p.66))ということを用いて明らかにしている。

一方、本研究の実務的な貢献としては、「事象の二段階認識方式」のあり方が、ビジネス事象の捉え方に対してだけでなく、IoTをはじめ顧客を満足させるためのプログラムの定義に対しても貢献し得ることを指摘できる。なぜならば、この事象認識のあり方は、本質的な要素と状況に応じて変化する要素との区別に利用できることから、社会関係のレベルで認識すべきプログラムを定義するときには、そのプログラムの構成を考える際に大いに役立つことが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 堀内 恵, 清水 智	4. 巻 61(1)
2. 論文標題 ビジネス取引のステートマシンの構築 - CPNモデルを用いて	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 経済学論纂	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 堀内 恵	4. 巻 38(4)
2. 論文標題 ブロックチェーンにおける交換の考察	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本情報経営学会誌	6. 最初と最後の頁 57-70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 堀内 恵	4. 巻 -
2. 論文標題 ブロックチェーン技術を用いるオープンバリューネットワーク構築に向けて	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本情報経営学会 第79回全国大会予稿集 (IEEE SITIM2019共催)	6. 最初と最後の頁 38-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 安積 淳	4. 巻 -
2. 論文標題 デジタルトランスフォーメーションの現状認識	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本情報経営学会 第79回全国大会予稿集 (於 松山大学)	6. 最初と最後の頁 143-146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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6件（うち招待講演 1件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 堀内 恵
2. 発表標題 ブロックチェーン技術を用いるオープンバリューネットワーク構築に向けて
3. 学会等名 日本情報経営学会 第79回全国大会 基調講演・パネルディスカッション(IEEE SITIM2019共催(Blockchain and Innovation)) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安積 淳
2. 発表標題 デジタルトランスフォーメーションの現状認識
3. 学会等名 日本情報経営学会 第79回全国大会（於 松山大学）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Wim Laurier and Satoshi Horiuchi
2. 発表標題 Building An Executable Axiomatisation of the REA2 Ontology
3. 学会等名 The 13th Value Modeling Business Ontology (VMBO) Workshop 2019, Stockholm Sweden (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 堀内 恵、清水 智
2. 発表標題 ブロックチェーン環境における取引システムの設計について
3. 学会等名 日本情報経営学会 第77回全国大会（於 西南学院大学）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Satoshi HORIUCHI, Satoshi SHIMIZU, Jun AZUMI
2. 発表標題 Rethinking of Exchanges on Blockchain
3. 学会等名 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PARADIGM SHIFT OF THE MANUFACTURING BUSINESS IN IOT/INDUSTRY 4.0 ENVIRONMENT IN EAST ASIA (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀内 恵, 清水 智, 安積 淳
2. 発表標題 ブロックチェーンにおける交換の ” 二重性 ” の考察
3. 学会等名 日本情報経営学会 第74回全国大会 (於 東京理科大学)
4. 発表年 2017年

〔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
研究 分担者	清水 智 (Shimizu Satoshi) (90162700)	山梨学院大学・経営学部・教授 (33402)	
研究 分担者	安積 淳 (Azumi Jun) (10348302)	拓殖大学・商学部・准教授 (32638)	