

令和 4 年 6 月 21 日現在

機関番号：34415

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K01824

研究課題名（和文）サプライチェーンレジリエンス向上に向けたシステムアーキテクチャ構築の国際実証研究

研究課題名（英文）International Experimental Study on System Architecture for Supply Chain Resilience Improvement

研究代表者

崔 宇 (CUI, YU)

追手門学院大学・経営学部・准教授

研究者番号：60445004

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、デジタル技術の発達とその積極的な応用への取組により、サプライチェーン全体の効率性、知能化、ネットワーク効果がますます増大している一方、人的・自然災害によるサプライチェーンの寸断は世界的規模で経済状況を悪化させる深刻な問題拡大に対して、システム・アーキテクチャの視点から、新たに合意形成メカニズムを導入し、サプライチェーンシステムの再構築に関する具体的なメソドロジーを提案した。さらに、そのシステム再構築の具体策として、ブロックチェーン・プラットフォームによる解決策を提示し、その効果とするサプライチェーンレジリエンスの向上について検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、サプライチェーンレジリエンスの向上を実現するために、既存のサプライチェーンシステムにおいて、新たな合意形成メカニズムを補完的に取り入れ、サプライチェーン全体の複雑性および脆弱性を軽減・回避するレジリエンス向上の解決策となる新たなシステムアーキテクチャ構築のメソドロジーを提言することで、社会的意義を果たした。また、アジア・オセアニア地域における各国のサプライチェーンの先進企業の調査および文献レビュー・分析を通じて、新たなシステムアーキテクチャの実用性と有効性について検証し、その学術的意義を果たした。

研究成果の概要（英文）：In this study, we introduced a new consensus mechanism from the viewpoint of system architecture and proposed a specific methodology for the reconstruction of supply chain systems, in response to the serious problem that the disruption of supply chains due to human and natural disasters deteriorates the economic situation on a global scale, while the efficiency, intelligence, and network effects of the entire supply chain are increasing due to the development of digital technology and the active application of digital technologies. In addition, as a concrete measure for the system reconstruction, the solution by the blockchain platform was presented, and the improvement of supply chain resilience by the effect was verified.

研究分野：経営情報システム・オペレーションズ・マネジメント

キーワード：サプライチェーンレジリエンス システム・アーキテクチャ 合意形成メカニズム

1. 研究開始当初の背景

サプライチェーン・マネジメント (SCM) における AI (Artificial Intelligence)、Big Data や Cloud Computing といったデジタル関連技術の適用と応用が着々と進められることによって、サプライチェーン全体の規模が、効率性、知能化、ネットワーク効果と共に増大する一方、その複雑性と脆弱性も益々顕著となっている。他方、自然災害やシステム障害によるサプライチェーンの寸断は、一国の企業だけの問題ではなく、世界的規模での経済状況を悪化させる。そのため、サプライチェーンの脆弱性とそれを補強するためのサプライチェーン・レジリエンス (SCR) 向上に関する研究が注目されつつある。例えば、T. Omitola and G. Wills (2018) [1]では、今日の IoT (Internet of Things) ベースのサプライチェーンによって莫大な複雑性とセキュリティ上の甚大な脆弱性がもたらされると主張し、IoT デバイスを活用したサプライチェーン運営の具体例を挙げ、サプライチェーン全体における脆弱性と潜在的な脅威を検証するためのシステム・マップの構築が提案された。また、Y. Cui (2016) [2]では、製造業における生産システムのデジタル化を前提とした上で、SC 企業のレジリエンスを高めるために、業務管理の視点から製品アーキテクチャマトリックスを活用し、インテグラルとモジュラーという製品設計情報のつなぎ方と、オープンとクローズドという標準インターフェースの範囲を最適にマッチングさせる業務戦略が提案された。即ち、製品設計の段階から SCR 改善を可能にする要素の取り入れ、サプライチェーンの脆弱性と複雑性を最小限に抑える方策の必要性が正当化された。

一方、IoT 環境整備と関連技術が推進・発展している中、自律分散型指向のアーキテクチャによる新しい情報システムが金融業界をはじめ、多くの分野において登場し、注目されつつある。P2P ネットワーク、コンセンサスアルゴリズムやスマートコントラクトといった自律分散型指向のアーキテクチャの特徴は従来のサーバー/クライアント型のサプライチェーン・システムに対する補完的な役割発揮に有用である。Nir Kshetri (2018) [3]では、SC の最適な資源配置を実行するには、企業間の信頼メカニズムの欠如による情報の非対称性といった問題の解決を優先すべきと主張されており、既存の中央集権型サプライチェーン・アーキテクチャのまま、ソリューションを模索するよりも自律分散型指向のブロックチェーン技術の活用が必要と論証されている。

しかし、現段階では、既存のサプライチェーン・システムにおいて、自律分散型指向のアーキテクチャ、あるいは、新たな合意形成メカニズムを導入するような研究はまだ稀であり、とりわけ、日本では SCR におけるブロックチェーン技術の応用に関する研究は殆ど見当たらない。ただ日本のみならず、アジア・オセアニア地域において、実務界での実験的な応用と実施は既に始まっており、今後、これらの実践的な試みと同時に、学術的な分析・革新による研究活動の推進はますます重要になっていくことが予想される。

2. 研究の目的

本研究の目的は、上述の背景のもと、SCR の向上を実現するために、既存のサプライチェーン・システムにおいて、新たな合意形成メカニズムを補完的に取り入れ、サプライチェーン全体の複雑性および脆弱性を軽減・回避するレジリエンス向上の解決策となる新たなシステムアーキテクチャを提言することである。そのためには、現在その方向に向けて取り組んでいるサプライチェーンの先進企業を調査しながら、文献レビューや研究協力者たちとのブレインストーミングを通じ、これらのデジタル技術の導入可能性および応用分野を確認する。その上で、どのようにシステムアーキテクチャが構築されれば、サプライチェーンの複雑性と脆弱性を軽減・回避できるかを検証する。

3. 研究の方法

1) サプライチェーンの先進企業の実態調査を通じ、デジタル関連技術導入によるサプライチェーン全体の効率性と生産性の向上を目指す現段階の達成度合いについて測定する。また、サプライチェーン上の企業の効率性と生産性が達成される一方で、サプライチェーン全体の複雑性と脆弱性が拡大していることが予想されることから、その度合いについて調査し、SCR の視点からそれらに対する施策と取組状況を明らかにする。

2) 上述の調査や文献レビューなどに続き、さらに、自律分散型システムを既存のサプライチェーン・システムに導入するように積極的に取り組んでいる企業を調査し、その成果と課題を明らかにする。また、SCR の向上を妨げる既存のサプライチェーン・システムの核心的な問題点を検証し、SCR の向上に必要な新しいコンポーネントやそのシステム構築に関する新たな仮説構築を試みる。

3) 分析の結果に基づき、既存のサプライチェーン・システムのデジタル化を新たに評価し、新たな合意形成メカニズムを補完的に取り入れ、両者の融合による相乗効果を検証し、SCR の向上に向けた革新的なサプライチェーン・システム構築のメソッドロジーを明らかにする。

4. 研究成果

研究代表者はこれまでシステム障害や地震・洪水などの自然災害および金融危機やテロ・地政学リスクなどの人的災害による突発的イベントの発生から、いち早くサプライチェーン全体の機能回復に、最も効果的なメソッドロジーについて、長年 SCR を中心的な研究テーマとして継続的に取り組んできた。その研究成果に基づき、上述の新たな取り組みを通じて、本研究では、さらに以下の研究成果を収めることができた。

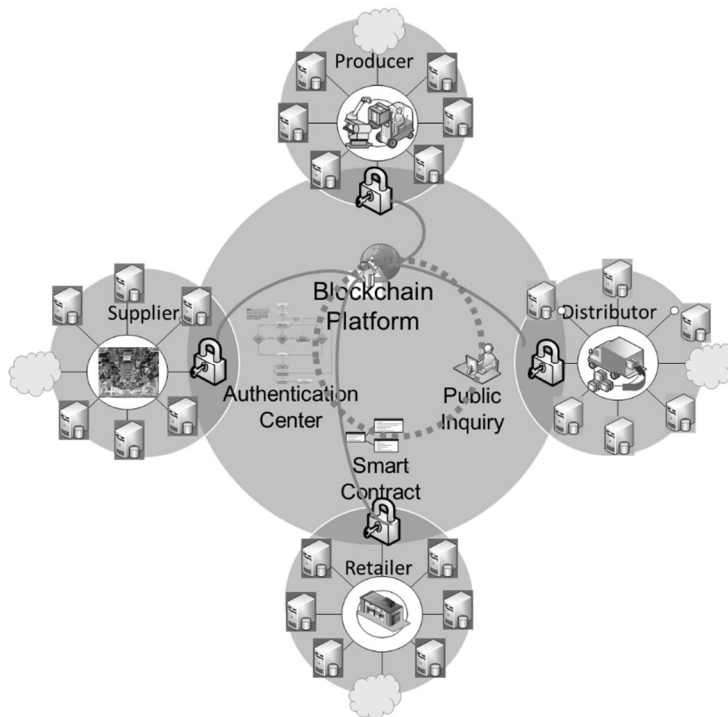
1) サプライチェーンの寸断に至る要因分析から、サプライチェーンへの打撃の程度を規模の度合い、時間的長さ、および深刻度という三つの尺度から検討・分析し、2020 年以降、世界に恐ろしい衝撃を与えてきた新型コロナウイルス感染症パンデミックのような最も深刻な状況に対して、伝統的なリスクマネジメントの手法で解決する難しさを検証した。

2) SCR の研究軌跡に沿って、文献レビューや研究調査事例をオリジナルに分類し、多くの先行の研究成果をもとに、システムティックな分析を通して、SCR の発展・形成のメカニズムの図式化を行った。

3) 従来の中央集権型システムアーキテクチャにおいて、AI、Big Data や Cloud Computing といったデジタル関連技術による情報共有メカニズムの限界を明らかにし、ブロックチェーン技術に基づく合意形成メカニズムへのトランジションを行う必要性について例証した。

4) サプライチェーン・システムを再設計し、ブロックチェーン・プラットフォームを構築する解決案を提示した(下図を参照)。このブロックチェーン・プラットフォームにおいては、参加者の協力によって合意形成メカニズムが発揮され、自律分散型の情報収集・伝達、データの安定性・セキュリティ・信頼性の保証、スマート・コントラクトによるシステムの公平性の確保、情報共有の徹底化による情報の非対称性の排除、および P2P 伝送技術によるパフォーマンスの向上といった特徴が反映されている。

5) ブロックチェーン・プラットフォームの構築によるサプライチェーン・システムのトランジションを実行することで、SCR の性能の向上と資源投入率の低下をもたらし、SCR の最も効果的な実現に貢献できることが論証された。



6) 国際研究の一環として、アジア・オセアニア地域の研究協力者と共同で上記のブロックチェーン・プラットフォームの構築による合意形成メカニズムの導入に対して、各国・地域のサプライチェーン企業における実用性と有効性について検証し、その期待できる効果と課題を明確にした。

以上の一連の研究成果から、これまでサプライチェーン・システムのデジタル化推進において、その効果的なアプローチと従来のシステムアーキテクチャの極限性からもたらされる新たな課題が明確になった。また、SCR の観点から、従来のサプライチェーン・システムを革新的に再構築するために、ブロックチェーン技術に基づく合意形成メカニズムの導入とそのブレンディング効果による SCR の向上が期待される。

<引用文献>

- [1] T. Omitola and G. Wills (2018), "Towards Mapping the Security Challenges of the Internet of Things (IoT) Supply Chain", *Procedia Computer Science*, Volume 126, pp.441-450
- [2] Y. Cui (2016), "Operational Strategies for Improving Supply Chain Resilience by Innovative Production Architecture", *Proceedings of First World Congress and 2016 ASIA Pacific DSI Conference*, July 2016, pp.245-255.
- [3] Nir Kshetri (2018), "Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives", *International Journal of Information Management*, Volume 39, April 2018, Pages 80-89.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 10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 崔 宇 | 4. 巻 43 |
| 2. 論文標題 サプライチェーン・レジリエンスの再考 | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Nextcom | 6. 最初と最後の頁 32-43 |
| 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 オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------|
| 1. 著者名 Cui Y., Ota M., Idota H. | 4. 巻 5 |
| 2. 論文標題 A New Design and Structure of Supply Chain System for Improving the Resilience | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of Asia Pacific Conference on Information Management | 6. 最初と最後の頁 1-4 |
| 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 Cui Y., Idota H., Ota M. | 4. 巻 7 |
| 2. 論文標題 Rebuilding Food Supply Chain with Introducing Decentralized Credit Mechanism | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of Multidisciplinary Social Networks Research | 6. 最初と最後の頁 1-5 |
| 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 井戸田 博樹 | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Empirical Study on Consumer Innovation by Using Social Media in Japan | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of UK Academy for Information Systems Conference 2019 | 6. 最初と最後の頁 1-19 |
| 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 滋野 英憲, 井戸田 博樹, 松崎 太亮, 植木 靖, 辻 正次 | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 How Does Regional Industrial Policy Affect Innovation Upgrading of Local SMEs in the Hansin Area, Japan? | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of INEKA2019 | 6. 最初と最後の頁 1-34 |
| 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 井戸田博樹, 中谷常二, 辻正次 | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Why Consumers Commit Voluntarily to Collaborative Innovation with Firms by Using Social Media?: Case of Japanese consumers | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 30th ITS European conference | 6. 最初と最後の頁 1-24 |
| 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 Cui, Y | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Improving Green Supply Chain with Building Decentralized Cloud Platform | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of The Global Interdisciplinary Conference Green & Digital Cities 2019 | 6. 最初と最後の頁 1-11 |
| 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 文能 照之, 滋野 英憲, 井戸田 博樹, 辻 正次 | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Panel Data Analysis of Factors Promoting Product Innovation | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 2019 ITS Asia-Pacific Conference | 6. 最初と最後の頁 1-10 |
| 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 井戸田 博樹,辻 正次 | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Factors Promoting Collaborative Innovation Using Social Media with Consumers at the Heterogeneous Knowledge Levels | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 2019 ITS Asia-Pacific Conference | 6. 最初と最後の頁 1-15 |
| 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 Cui Y., Idota H., Ota M. | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Improving Supply Chain Resilience with Implementation of New System Architecture | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of IEEE Conference of SITIM, IEEE Xplore | 6. 最初と最後の頁 7-13 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SITIM.2019.8910226 | 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 井戸田 博樹,中谷 常二,辻 正次 | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Empirical Study on Upgrading the Knowledge Level of Consumer-oriented Innovation by Using Network Community | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of 2019 IEEE Social Implications of Technology and Information Management | 6. 最初と最後の頁 13-20 |
| 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 井戸田 博樹, Taher Sheikh Abu., 文能 照之, 辻 正次 | 4. 巻 4(2) |
| 2. 論文標題 Conducting Product Innovation by Using Social Media among Japanese Firms | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of STI Policy and Management | 6. 最初と最後の頁 153-166 |
| 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5件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 2件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 Cui Y., Ota M. Idota H. |
| 2. 発表標題 A New Architecture of Supply Chain System Adapted to Digital Transformation |
| 3. 学会等名 The 10th International Symposium on Operations Management and Strategy (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Cui, Y. |
| 2. 発表標題 Improving Supply Chain Resilience with Implementation of New System Architecture |
| 3. 学会等名 Regular Seminar in the department of Management and Marketing (University of Melbourne) (招待講演) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--------------------------------|
| 1. 発表者名 崔 宇 |
| 2. 発表標題 サプライチェーン・レジリエンスの再検討 |
| 3. 学会等名 日本経営工学会関西支部 (招待講演) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Cui Y., Ota M., Idota H. |
| 2. 発表標題 Building A Consensus Formation Mechanism for Improving Supply Chain Resilience |
| 3. 学会等名 The 9th International Symposium on Operations Management and Strategy (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Cui, Y. |
| 2. 発表標題 Toward the Implementation of Innovation Management |
| 3. 学会等名 The 7th Foundation for Australian Studies Conference in China (招待講演) |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計1件

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Cui Y., Idota H., Ota M. | 4. 発行年 2019年 |
| 2. 出版社 Springer | 5. 総ページ数 181 |
| 3. 書名 Multidisciplinary Social Networks Research | |

〔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 | 井戸田 博樹 (Idota Hiroki) (10352957) | 近畿大学・経済学部・教授 (34419) | |
| 研究分担者 | 太田 雅晴 (Ota Masaharu) (00168949) | 大阪学院大学・経営学部・教授 (34403) | |

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 |
|---------|---------|