

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5月31日現在

機関番号：25406

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21710156

研究課題名（和文）サプライ・チェーンにおける品質問題の連鎖的影響とその対策

研究課題名（英文）Ripple effect of quality issues on supply chain and its solutions

研究代表者

竹本 康彦（TAKEMOTO YASUHIKO）

県立広島大学・経営情報学部・准教授

研究者番号：70382257

研究成果の概要（和文）：本研究では、製品品質とサービス品質のサプライ・チェーンに及ぼす影響について検討した。特に、サプライ・チェーン上では1カ所での問題が引き起こす影響が拡大し伝播されることを示した。この影響を最小限にとどめることを目的に、契約手法の導入を検討した。これによりリスクヘッジが可能であることを示し、契約手法の有用性について証明した。同時に、契約手法による最適化の問題についてアプローチを提案した。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have discussed an impact of product and service quality on supply chains. Especially, we have shown an aspect of ripple effects of quality issues on the supply chain. For the purpose of preventing the issues, the contract techniques have been introduced. The contract has realized a risk hedge and provided the good performance. At the same time, we have proposed an approach to optimization of contracts.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学・安全システム

キーワード：経営工学

1. 研究開始当初の背景

- (1) 1980年中頃から生産・物流管理分野の研究に品質問題を取り上げた論文が見られるようになった。その先駆的論文の1つでは、製造工程での経時的劣化や故障による不完全な生産状態での製造品質の低下を想定し、その製造工程の保全政策について議論している。また、同時期の別の論文では、生産業者

での製造・検査の不備、輸送中のトラブル等によって納入製品中に不適合品が混入する状況を想定し、この状況下での小売業者での定量発注方式に基づく在庫政策の最適化について考察している。生産業者が製品品質に関して十分配慮し、生産活動に従事していることはいうまでもない。ただし、何らかの原因によって不適合品が混入した場

合に、それがどのような影響を与えるのかを検討することは重要な意味を有する。これら以降においても品質問題については継続的に取り扱われる研究テーマであった。申請者においてもこの種の問題に取り組み、不適合品の混入による小売業者での在庫政策への影響について、いくつかの研究を発表してきた。この分野に関する研究は、直近の論文報告だけでなく、産地偽装や賞味期限あるいは消費期限切れ等の問題を背景に、各企業の品質問題への取り組みからも、その重要度の高さが確認できるものであった。

- (2) 近年では、ビジネス・プロセスの全体最適のために複数企業の連携によってサプライ・チェーンが構築されることは至極一般的である。通常、サプライ・チェーンを構成するメンバー間で生産・物流計画の同期・最適化が図られる。ただし、需要は不確実性をもつ場合が多く、必要量だけを供給することは現実的には不可能に近い。特に、需要情報が構築されるサプライ・チェーン上で伝達されるとき、各段階での意志決定の方法、需要予測の方法、リードタイムの存在など様々な要因の影響を受けて歪められ、サプライ・チェーンの上流において需要の不確実性の増大を引き起こすことが知られている。この現象はブルウィップ効果と呼ばれ、これに関して理論研究や P&G 社やヒューレット・パカード社の実証的事例が報告されている。また、ブルウィップ効果を解消するための方法が種々考案されている。
- (3) サプライ・チェーンに関する研究が多数報告される中、品質問題、特に不適合品の混入を想定した研究が最近において見受けられるようになった。当時の最新の研究報告では、納入製品中に不適合品の混入が想定される場合での生産業者と小売業者の生産・在庫政策による全体最適化が考察されていた。ただし、構築されるサプライ・チェーンでの生産・在庫政策が考察されるだけで、品質問題がメンバー間をどのように伝播するのかといった連鎖的影響について十分に考察されているわけではなかった。特に、製品やサービスの品質が所定の水準にあることを保証する『品質保証』の観点から、下流のメンバーに対してどのような影響が伝播されるのか、またこれを解消するための方法はないのか、対策を講じることでどの程度伝播される影響を解消すること

ができるのか、といった点に目を向けて議論する必要があった。

2. 研究の目的

- (1) 需要の情報での不確実性は、構築されるサプライ・チェーンの下流からの不確実性であるといえる。これに対して、品質問題はサプライ・チェーンの上流からの不確実性といえる。品質問題は、不適合品の産出・混入だけではない。製品には寿命・劣化が想定される場合がある。また、グレードが存在する場合がある。さらに、製造工程の故障や原材料の不備は製造・製品品質だけでなく、納期までに予定の数量を確保することを妨げたり、納品数を確保するための製造リードタイムを長期化させる。これらの影響は一段階に留まるものではない。本研究課題では、まずサプライ・チェーン環境での品質に関する問題を文献調査・ヒアリング等を通じて収集・整理する。さらに、先の調査結果を受けて、品質問題が構築されるサプライ・チェーンの各メンバーにどのような影響を与えるのか、その影響がサプライ・チェーン上をどのように伝播するのかを考察する。その際、影響の伝播の様子をモデル化し、この影響の伝播のメカニズムを明確化する。これをもとに、品質問題の影響を解消するための戦略的方法について検討する。
- (2) 『品質』は非常に広範な概念を含む用語になり、一概に定義づけることは難しい。一般に、提供される製品が有する製品品質がまず取り上げられる。JIS・ISO では、品質は本来備わっている特性の集まりが、要求事項を満たす程度、と定義されている。また、要求事項とは、明示されている、通常、暗黙のうちに了解されている、もしくは義務として要求されている、ニーズまたは期待、のことを指す。この意味では、製品が有するものだけではなく、サービスにおける『品質』も定義できる。結局は、製品やサービスについて、買手である消費者が求める特性との適合度と考えられる。本研究課題で考察の対象とする『品質』では、不適合品や製品の寿命・劣化といった製品が有する品質だけでなく、価格、納期などの買手が要求するサービスが有する品質をも考察の対象として取り上げる。このとき、製造工程における検査戦略や保全計画といった側面での品質保証の対策に加えて、製品供給における品質の保証を実現する SCM 契約による対策も検討の対象とする。

3. 研究の方法

- (1) 平成 21 年度では、文献調査およびヒアリング等によるサプライ・チェーン環境での品質問題の調査を実施した。生産・物流管理分野の先行研究において、品質問題を考察した文献が多数見られる。品質問題がどのようなメカニズムにより、どのように影響しているのか、先行研究において数理モデルを再構築し、再検証した。さらに、工場視察や実務家との意見交換等を通じて、現状での問題点についての知識の収集を図った。このとき、新聞やメディアを通じた最新の情報やさまざまな業種での特殊な事情等にも目を向け、知識の拡充を目指した。
- (2) これまでのサプライ・チェーンに関する研究では、ブルウィップ効果等の独立な意思決定に起因する問題を集中的な意思決定や情報の共有によって解消する方法が検討されてきた。実証的事例として、ウォルマート社では売上情報を納品業者の P&G 社と共有し、緻密な生産、納入、在庫計画を実現し、大幅な在庫削減を実現したことが報告されている。ただし、フランチャイズ型サプライ・チェーンのような形式でない限り、異なる組織間では共有できる情報は限られている。当然、自社にとっての最適な行動は、他社にとってもそうである保証はない。この中で協調していく上で、契約による協調が論議されるようになった。本研究課題では、『品質保証』の観点から品質問題の連鎖的影響を解消するための方法を考察するにあたって、製造工程における検査戦略や保全計画といった側面での品質保証の対策に加えて、製品供給における品質の保証を実現する SCM 契約による対策も検討の対象とした。サプライ・チェーン環境での品質問題の調査と併せて、SCM 契約に関する文献調査およびヒアリング等を実施した。
- (3) 供給業者での生産や検査の不備、また輸送中の破損等から、小売業者に納入される補充品に不適合品が含まれることは必ずしも否定できない。これまでに不適合品の混入を想定した在庫問題に関していくつかの研究が考察されていた。本研究課題では、供給業者—小売業者の 2 者間で構築されるサプライ・チェーンにおいて、不適合品の混入により小売業者が被る損失と小売業者での在庫政策への影響について整理した。さらに、不適合品の混入による損失に関する考察とあわせて、契約手法に基づく損失に対する補償にまで考察の対象を広げた。この

とき、契約方法あるいは契約条件の最適化を試みた。

- (4) ここ数年、書籍における返品が多さが問題視されるようになった。書籍の 4 割が読者の手に届かずに返品されるのが現状である。出版業界では、出版社が価格を拘束する再販制度が存在する代わりに、書店に返品を認める委託取引が一般的である。しかし、返品が自由なため、ずさんな購買計画が横行していたものと考えられる。最近、委託取引に代わって、高い利益率を保証する反面、買い戻し価格を値引きする責任販売制を導入する動きが新聞等において報道されている。書店—出版社間において構築される買い戻しの契約において、買い戻し価格は出版社のサービスを表す重要なパラメータである。平成 22 年度の研究では、買い戻し契約におけるパラメータの設定方法について考察した。
- (5) 現在多くの企業で採用されている在庫管理方式の 1 つに、発注点方式がある。発注点方式は、在庫が前もって定められた発注点より少なくなると発注する方式である。発注間隔は一定ではないが、在庫量に応じて発注のタイミングを変えるので柔軟な対応が可能となる。発注点方式においては、発注点を何かしらの基準に基づき決定する必要がある。その 1 つの基準として許容欠品率がある。一般に、発注点の決定においては需要の分布として正規分布を想定する。ただし、複数商品や複数店舗での需要を合算した場合、比較的正規分布に近い形で与えられる場合もあるが、サイズ別やデザイン別など SKU (Stock Keeping Unit) 単位や単一店舗では間欠需要も想定され、正規分布とは言い難い場合も見受けられる。また、アパレル業界や家電業界などの移り変わりが早い商品では十分な実績データが存在せず、分布形を検討することすらままならない場合もある。平成 23 年度の研究では、従来より慣習とされてきた、需要の独立かつ同一、および正規性の仮定について、その仮定を緩和し、分布形を規定せず、限られた需要情報に基づき発注点を決定することを考えた。このとき、顧客に対するサービス品質として重要な指標となる品切率を設計基準として採用し、平均や標準偏差といった限られた需要情報のもとで指定される許容欠品率を保証する発注点の設計方法を提案した。さらに、サプライヤーにおけるリードタイムの不確実性を考慮した発注点の策定方法につ

いて検討した。また、各期の需要が独立でない場合が存在する。これに関して、自己回帰モデル等を通じて、需要が独立でない場合に限られた需要情報のもとで指定される許容欠品率を保証する発注点の設計方法を提案した。同時に、需要における相関性の存在による発注点への影響について検討した。

4. 研究成果

- (1) 近年では、ビジネス・プロセスの全体最適のために複数企業の連携によってサプライ・チェーンが構築されることは至極一般的である。通常、サプライ・チェーンを構成するメンバ間で生産・物流計画の同期・最適化が図られる。同期・最適化が図られた生産・物流計画の実施段階において、チェーン・メンバに「品質」に関する問題が発生した場合、その問題の影響はそのメンバ自身のみならず、より下流のメンバにその影響を伝播する恐れが考えられる。この流れはブルウィップ効果とは逆の流れであるが、ブルウィップ効果と同じく、メンバ間での危機管理のあり方、対処の方法等の意思決定の違いがその影響の拡散を引き起こす可能性は否定できない。平成 21 年度では、シンプルな在庫管理方式である発注点方式と補充点方式による在庫モデルにおいて、不適合品の混入問題について考察し、そのサプライ・チェーン全体に与える影響について考察した。特に、数理モデルを通じて、不適合品の混入がメンバ間に与える影響を解析的に示すことができた。
- (2) 近年書籍における返品が多さが問題視されるようになった。書籍の 4 割が読者の手に届かずに返品されるのが現状である。出版業界では、出版社が価格を拘束する再販制度が存在する代わりに、書店に返品を認める委託取引が一般的である。しかし、返品が自由なため、ずさんな購買計画が横行していたものと考えられる。返品不可の買い切りにする代わりに高い利益率を保証する買切取引の試みが一部施行されたが、普及には至っていない。小学館は 2008 年 11 月発売の一部書籍に書店が委託取引と買切取引を併用する新しい取引方式を導入し、返品率の改善をねらっている。平成 21 年度では、委託取引と買切取引による併用取引方式における書籍の購入計画問題について検討し、その運用方法について提案した。
- (3) 供給業者での生産や検査の不備、また輸

送中の破損等から、小売業者に納入される補充品に不適合品が含まれることは必ずしも否定できない。これまでに不適合品の混入を想定した在庫問題に関していくつかの研究が考察されている。本研究課題では、平成 21 年度の成果をふまえ、供給業者—小売業者の 2 者間で構築されるサプライ・チェーンにおいて、不適合品の混入により小売業者が被る損失と小売業者での在庫政策への影響について考察した。このとき、不適合品の混入による損失に関する考察とあわせて、契約手法に基づく損失に対する補償にまで考察を展開した。この結果として、契約条件を適正に定めるプロセスをゲーム理論に基づき与える方法を提案した。

- (4) ここ数年、書籍における返品が多さが問題視されるようになった。書籍の 4 割が読者の手に届かずに返品されるのが現状である。出版業界では、出版社が価格を拘束する再販制度が存在する代わりに、書店に返品を認める委託販売制度が一般的である。しかし、返品が自由なため、ずさんな購買計画が横行していたものと考えられる。最近、委託販売制度に代わって、高い利益率を保証する反面、買い戻し価格を値引きする責任販売制を導入する動きが新聞等において報道された。書店—出版社間において構築される買い戻しの契約において、買い戻し価格は出版社のサービスを表す重要なパラメータである。平成 22 年度の研究では、買い戻し契約におけるパラメータの設定方法について考察した。この結果として、現状の委託販売制度から責任販売制度に移行する際に、両者がそのインセンティブを失わない契約パラメータの設定方法を提案した。
- (5) 現在多くの企業で採用されている在庫管理方式の一つに、発注点方式がある。発注点方式は、在庫が前もって定められた発注点より少なくなると発注する方式である。従来の発注点の決定においては、需要あるいは予測誤差の分布として正規分布を仮定している。ただし、いずれの場合においてもこれが適切であるとは限らない。特に、需要予測の精度が悪い場合には、その予測誤差が正規分布に従うかどうかは疑わしい面がある。本研究では、正規分布の仮定を定めることなく、指定される品切確率を保証する発注点について考察した。具体的に、平均や標準偏差等の限られた需要情報の制約の下で品切確率の上限値を保証する

発注点の決定方法を提案した。

- (6) 近年書籍の返品率は4割前後にも及び、返品が多さが問題視されるようになった。出版業界では、出版社が価格を拘束する再販制度と書店に卸売価格に基づく返品を認める委託販売制度による取引が一般的である。一方、書店に高い利益率を保証するが書店が返品する場合に卸売価格の数割程度でしか買い戻さない責任販売制度による取引が最近取り入れられている。書店の利益率は書店での販売価格と卸売価格との差により決定され、また出版社の利益率は卸売価格と返品に対する買い戻し価格に依存する。従って、書店での販売価格に対する卸売価格率と買い戻し価格率はこの取引において重要なパラメータを意味する。本研究では、書店・出版社の2者間での取引を契約問題として定式化し、卸売価格率と買い戻し価格率の決定方法について考察した。結果として、ゲーム理論における均衡の概念を用いることで、現状の委託販売制度から責任販売制度に移行可能である、合理的でかつ協調的な意思決定に基づく卸売価格率と買い戻し価格率の組合せを一意に示すことができた。

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5件)

- (1) 竹本康彦, 佐藤元紀, 有菌育生, 書籍流通システムにおける契約手法に関する研究, 日本経営工学会論文誌, 有, 63, 2012, 印刷中
- (2) 竹本康彦, 岩本史恵, 有菌育生, 限定された需要情報のもとで許容欠品率を保証する発注点の決定方法に関する一考察, 日本経営工学会論文誌, 有, 62, 2011, 21-24
- (3) 竹本康彦, 矢後諒智, 有菌育生, 在庫管理における不適合品混入の損失とその補償, システム制御情報学会論文誌, 有, 23, 2010, 274-276
- (4) 竹本康彦, 有菌育生, 不適合品による不確実性の在庫システムへの影響, 日本経営工学会論文誌, 有, 60, 2009, 249-258
- (5) 竹本康彦, 有菌育生, 複数の取引方式の併用による書籍流通システムへの影響, システム制御情報学会論文誌, 有, 22, 2009, 311-313

[学会発表] (計5件)

- (1) Takemoto, Y. and Arizono, I.,

Proposal of Reorder Point Satisfying Allowable Shortage Rate under Limited Demand Information, 21th International Conference on Production Research August 1 - 4 2011, Stuttgart, Germany

- (2) 矢後諒智, 竹本康彦, 有菌育生, 在庫管理における不適合品の混入の損失とその補償, 日本経営工学会秋季研究発表大会, Oct 23-24, 2010, 福岡工業大学
- (3) 佐藤元紀, 竹本康彦, 有菌育生, 書籍流通システムにおける契約手法の導入の効果, 日本経営工学会秋季研究発表大会, Oct 23-24, 2010, 福岡工業大学
- (4) 竹本康彦, 書籍流通システムの課題へのIE的アプローチ, 日本経営工学会秋季研究発表大会, Oct 23-24, 2010, 福岡工業大学
- (5) 竹本康彦, 有菌育生, 複数の取引方式の併用による書籍流通システムへの影響, 日本経営工学会春季研究発表大会, May 16-17, 2009, 城西大学

[図書] (計 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 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◇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

竹本 康彦 (TAKEMOTO YASUHIKO)

研究者番号：70382257

(2) 研究分担者
()

研究者番号：

(3) 連携研究者
()

研究者番号：