

科学研究費補助金研究成果報告書

平成 22 年 6 月 7 日現在

研究種目：若手研究 (B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19710132
 研究課題名 (和文) エコマース環境下での循環ネットワーク・システムの構築とその最適運用管理方策
 研究課題名 (英文) Design and Optimal Decision-Making of Closed-Loop Network System under E-Commerce Environment
 研究代表者
 楠川 恵津子 (KUSUKAWA ETSUKO)
 大阪府立大学・工学研究科・助教
 研究者番号：00336801

研究成果の概要(和文):本研究課題では、E コマース環境下で生産管理と在庫管理の面から、以下の3つの主要な状況:

- (1) 顧客の返品・売れ残り製品を再利用
- (2) 使用済製品と不良部品・不良製品の再利用
- (3) 使用済製品の再資源化・不適合品の検査・不適合品の再利用・在庫の劣化・物価の変動を総合的に取り扱うことに焦点を当てた E コマース環境下での循環ネットワーク・システム構築のための統計理論解析と最適統合運用管理方策に関する研究開発を行った。

研究成果の概要(英文): In my research challenges under an E-commerce environment, I focused on the following three issues from viewpoint of both production management and inventory management:

- (I) Situations in consideration of reuse of both returns from customer and unsold products
- (II) Situations in priority to reuse and recycle of both used products and defective items
- (III) Situation in consideration of recycle and reuse of used products, inspection and reuse of defective items, inventory of deteriorating items and fluctuations in price.

I had conducted researches and developments to obtain optimal decision-makings for above three of my challenges comprehensively, by developing mathematical models based on probabilistic logic.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	900,000	0	900,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
総計	2,400,000	450,000	2,850,000

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

キーワード：循環ネットワーク、Eコマース環境、廃棄物再資源化、在庫の劣化、物価の変動、生産-在庫管理、ビジネスモデル構築、統計数学

1. 研究開始当初の背景

- (1) 近年、資源の有限性や環境問題への認識の高まりから、使用済製品は生産物流過程で不適合品となった部品、半製品、製品(以下、不良資材と呼ぶ)とともに再利用可能な資材として製造業で有効活用され、資材補充のための重要な資源となってきた。それに伴い、製造業では従来の新規資材調達から部品、半製品、製品を生産する新規生産拠点だけでなく、使用済製品や不良資材を回収・分解後、再利用可能な資材を再利用し、部品、半製品、製品を再生産する再生産拠点を新たに生産物流システムに導入した循環ネットワーク・システムの構築とその確立が必要となっている。
- (2) ここ数年間でインターネット利用による部品、半製品等の資材部品や製品の販売取扱量は法人・消費者向けを問わず急速に増えており、最近のEコマース普及の動向を勘案すると、この傾向は今後も続くと思込まれる。ただ、インターネットを利用したEコマース環境下での資材部品や製品販売では、従来の店頭での販売方法と比べて、調達・購入時に直接現物を確かめることができないため、一般に店頭販売よりも返品率が高くなる傾向にあり、返品処理方策として主に、再販売、製造業者への返却、セカンドマーケット等を利用した処分が挙げられると報告されている。
- (2) Eコマース環境下での製造業者の自社の循環ネットワーク・システムの再構築や外部委託業者利用による循環ネットワーク・システムの再構築により、外部・内部回収品の積極的な再利用・再生産活動の実現が可能となり、製造業者を含む企業の再生産活動推進の取り組みに対する経済的効果として、顧客から企業へのグリーンイメージ効果を勘案すると、企業への顧客需要増加が見込まれ循環ネットワーク・システム全体の運用利益の向上が期待できる。

2. 研究の目的

本研究課題では、環境問題に対応したロジスティックスに関する研究の中でも、Eコマース環境下での循環ネットワーク・システムに焦点を当てた。本研究課題ではEコマース環境下での循環ネットワーク・システムの構築に、以下の3つの場合を考慮した。

- (1) 顧客の返品・売れ残り製品を再利用
- (2) 使用済製品と不適合品の再利用

- (3) 使用済製品の再資源化・不適合品の再利用・在庫の劣化・物価の変動

本研究課題では、生産管理と在庫管理の両面から、上記(1)～(3)のシステム構築のための統計理論解析を行い、システム全体の運用利益が最大となる最適な発注方策や生産方策について考究していくことを目的とした。

3. 研究の方法

【平成19年度】における研究の方法

●【I】(A) Impact of E-Commerce Environment on Selection of Sales Methods Considering Delivery Lead Time of Goods(販売配送リードタイムを考慮した場合のEコマース環境が製品の販売方法選択に与える影響)

今日の製品ライフサイクルの短い製品を扱う場合、製品に販売期限を考慮しなければならず、製造業者にとって配送リードタイムの短縮は重要な課題である。本研究課題では、店頭販売とオンライン販売の返品率および配送リードタイムの差による販売期間内に顧客に配送できる製品の割合と製品の返品率に焦点を当て、店頭販売へのオンライン販売を導入した並行販売の有益性を製造業者の利益面から考究した。

●【I】(B) Optimal Selling Policy for a Sales Network System under an E-Commerce Environment with Return Handling (返品取扱を考慮したEコマース環境下での販売ネットワークシステムの構築とその最適販売方策)

一般的にオンライン販売では店頭販売に比べて製品の返品率が高い傾向にあるため、返品取扱が課題となっている。本研究課題では、返品取扱を考慮したEコマース環境下での販売業者と製造業者からなる販売ネットワークシステムを考え、その最適販売方策を提案する。具体的には、一般市場での返品を含む売れ残り製品を処分する場合と一般市場への返品再販売後の売れ残り製品を処分する場合を考える。両業者が独立企業または同一企業の場合での販売方策を考究する。

●【III】(G) A Synthetic CS_{CO₂}-r Chart for Monitoring Previous Runs of The Defect Rate in High-Yield Processes (欠点数に連ルールを導入した高品質工程用統合管理図)

製造工程における製品の検査対象として不適合品率以外に、ムラなどの欠点数がある。今日の製造工程では欠点数の生起率（以下、欠点率）は、PPMレベルの高品質工程である。そのため、欠点率が工程管理状態から微小に変化した場合でも、その検出特性に優れる高品質管理図の設計が必要である。本研究課題では、欠点率の変化に対するさらなる検出特性向上を目的とし、高品質工程用管理図 CS_{CQ-r} 管理図と $CQ-r$ 管理図を統合した高品質工程用統合管理図に連ルールを導入した新たな高品質工程用管理図を提案する。

【平成 20 年度】における研究の方法

● 【III】(H) A Synthetic Exponentially Weighted Moving Average Chart for High-Yield Processes (高品質工程用統合EWMA管理図)

今日の部品製造ラインの不適合品率は PPM レベルを要求されている。そのため、不適合品率率が工程管理状態から微小に変化した場合でも、その検出特性に優れる高品質管理図の設計が必要である。そこで、本研究課題では、高品質工程での不適合品率の悪化あるいは良化いずれの方向への変化に対する検出特性向上を目的として、高品質工程用管理図 $EWMA_{CCC-r}$ 管理図と $CCC-r$ 管理図とを統合させた高品質工程用統合 EWMA 管理図(以下、統合 EWMA 管理図)を提案する。

● 【II】(E) Optimal Production Policy in Reverse Supply Chain System under Consideration of Green Image Factor (グリーンイメージ効果を考慮したリバースサプライチェーンシステムでの最適生産方策)

使用済製品の再資源化が急務の中、回収された使用済製品には複数の品質レベルがあり、個々の再生費用は異なるため、資源の再生とリユースの高費用の問題が再生産活動の展開のネックとなっている。本研究課題では、企業の再生産活動への取組みの市場効果を考究するため、リバースサプライチェーンシステムの最適生産方策を提案する。具体的に、製品販売価格と販売量、使用済製品回収価格と回収量の影響、再生可能な部品に複数の品質レベルを考慮した再生産方策への影響と再生産率と環境促進遵守率を考慮した再生産活動の取組みがもたらすグリーンイメージ効果の販売量への影響について考究する。

● 【I】(C) Impact of Selection Rates in Traditional Sales Channel and Online Sales Channel under an E-Commerce Environment on Inventory

Policy (Eコマース環境下での店頭販売チャネルとオンライン販売チャネルの選択比率が在庫方策に与える影響)

オンライン販売の導入により製造業者の製品配送リードタイムの短縮が期待できるが、一般的にオンライン販売では顧客からの製品の返品率は高く、返品処理の取扱いは製造業者にとって重要な課題である。本研究課題では、一般市場への返品再販売を新たに導入した店頭販売とオンライン販売とからなる並行販売を提案する。顧客の各販売方法選択比率の変化による製品販売期間内の製造業者の製品と返品の販売可能処理率に焦点を当て、製造業者の利益面から一般市場への返品再販売の導入の有益性を考究する。さらに製造業者の利益が最大となる並行販売システムとその際の顧客の各販売方法の最適選択比率について検証する。

● 【I】(D) Supply Chain Coordination in a Sales Network System under an E-Commerce Environment with Partial Buy-Back Contract (部分的買戻し契約を考慮した場合のEコマース環境下での販売ネットワークシステムにおけるサプライチェーンコーディネーション)

ここに、平成 20 年度に研究開発をした 【I】(B) のモデルでは、製造業者と販売業者が統合した協調方策をとると、販売業者が単独で意思決定を行う独立方策と比べ、販売業者のみの利益が減少した。そこで本研究課題では、【I】(B) のモデルをもとに、両業者が協調方策を採る場合、サプライチェーン全体と両業者の利益が向上する Win-Win 関係の獲得を目指し、部分的買戻し契約を考慮した E-コマース環境下での販売業者および製造業者からなる B2B を対象にした販売ネットワーク・システムを考え、その最適販売方策を考究する。

【平成 21 年度】における研究の方法

● 【I】(B) Eコマース環境下で返品取扱を考慮した販売ネットワークシステムの構築とその最適販売方策)

平成 21 年度は、【I】(B) で研究開発した提案モデルに対して、(社)日本経営工学会論文誌 Vol.60, No.1, pp. pp. 48-57 (2009) への論文掲載に向け、論文誌査読者からの指摘にもとづき、論文の修正および校正を行う。

● 【III】(I) Optimal Production Policy in Reverse Supply Chain Model with Weibull Distribution Deterioration under Inflation (在庫の劣化およびインフレ状況を考慮したリバースサプライチェーンシステムにおける最適運用方策)

在庫の劣化問題は、製造業者と小売業者

にとって考慮すべき重要な課題の1つとして挙げられる。近年深刻化している環境・省資源化問題を鑑みるに、不適合品の再加工と使用済製品の再資源化は急務となっている。そこで、本研究課題では、使用済製品の取扱いとその再資源化、資材部品と最終製品在庫の劣化、不適合品の取扱いとインフレ状況を考慮したリバースサプライチェーンシステムを考案し、その最適運用方策について提案する。具体的には、製造業者、小売業者とリサイクル業者からなるリバースサプライチェーンシステムを考案する。また、製造業者が行うリサイクル活動の市場への影響を考慮する。ここでは資材部品のリユース率に着目し、製品需要への影響をシステムに反映させる。製造業者、小売業者とリサイクル業者間で意思決定する最適運用方策を資材部品のリユース率と製造業者とリサイクル業者から小売業者への物品の配送回数とする。このとき、意思決定を製造業者と小売業者が独立で行う場合と統合して行う場合を考える。数値実験では数値計算を用いてインフレ状況下で各業者が独立あるいは統合して意思決定する場合の最適運用方策を利益面から比較検証し、統合した意思決定がシステム全体の総利益の現在価値を最も向上させることを示す。

● **【II】(F) Optimal Production Policy in Reverse Supply Chain System with Promotion Factor of Remanufacturing Activity(再生産活動促進要因を考慮したリバースサプライチェーンシステムでの最適生産方策)**

本研究課題では、平成20年度に研究開発をした【II】(E)のモデルで扱わなかった以下の事項を考慮したリバースサプライチェーンシステムの数量化モデルを提案する。(1) 販売店から製造業者への製品発注量、(2) 製品の実需要及び使用済製品の実回収量が持つ不確実性を考慮した確率論的価格型モデル、(3) 外部機関による評価を環境促進要因として捉え、報酬と罰則費用を考慮したモデル。本研究課題では、期待システム利益を最大にする再生すべき品質レベルの下限、製品販売価格および発注量を考慮した最適生産方策を開発するを目的とする。また、数値実験では、最適生産方策と環境促進要因の影響を検証する。

4. 研究成果

平成19年度の研究実績を以下に挙げる。

(1) Impact of E-Commerce Environment on Selection of Sales Methods Considering Delivery Lead Time of Goods (販売配送リー

ドタイムを考慮した場合のEコマース環境が製品の販売方法選択に与える影響)

本研究では店頭を介した既存販売とオンライン販売での製造業者の配送リードタイムの差による販売期間内に顧客に販売・配送できる製品の割合(製品販売可能処理率)と製品の返品率に焦点を当て、製造業者の利益面からオンライン販売導入の有益性を考究した。

(2) Optimal Selling Policy for a Sales Network System under an E-Commerce Environment with Return Handling (返品取扱を考慮したEコマース環境下での販売ネットワークシステムの構築とその最適販売方策)

返品取扱を考慮したEコマース環境下での販売業者と製造業者からなる販売ネットワークシステムを対象に、一般市場での返品を含む売れ残り製品を全て処分する場合と一般市場への返品再販売後の売れ残り製品を処分する場合を考えた。また、両業者が独立企業または同一企業である場合での販売方策を考究した。数値検証によりサプライチェーン全体の期待利益を比較し返品再販売の有益性を検証した。

(3) A Synthetic CS_{CO₂} Chart for Monitoring Previous Runs of The Defect Rate in High-Yield Processes (欠点数を管理対象とした連ルールを導入した高品質工程用統合管理図)

本研究では高品質化環境下での生産後の部品あるいは最終製品の品質管理・検査を対象とした工程管理に着目した。提案の工程管理技法では、連ルールを導入しているため欠点率の微小な変化に対するさらなる検出特性向上が実現できた。

平成20年度の研究実績を以下に挙げる。

(4) A Synthetic Exponentially Weighted Moving Average Chart for High-Yield Processes (高品質工程用統合EWMA管理図)

本研究では高品質化環境下での生産後の最終製品あるいは加工品に対する不適合率に着目し、微小な変化に対するさらなる検出特性向上を実現する工程管理技法について提案した。

(5) Optimal Production Policy in Reverse Supply Chain System under Consideration of Green Image Factor (グリーンイメージ効果を考慮したリバースサプライチェーンシステムでの最適生産方策)

本研究では企業の再生産活動への取り組みの市場効果を考究するため、使用済製品の再資源化と物品取引の際の価格変動を考慮した、新たなリバースサプライチェーンモデルを考案した。再生すべき再生可能部品の品質レベル、製品販売価格および使用済製品回収価格を生産方策とし、システム利益を最大にする最適生産方策を決定した。

(6) Impact of Selection Rates in Traditional Sales Channel and Online Sales Channel under an E-Commerce Environment on Inventory Policy (Eコマース環境下での店頭販売チャネルとオンライン販売チャネルの選択比率が在庫方策に与える影響)

本研究では従来の店頭販売にオンライン販売を導入した並行販売システムを考案した。各販売方法での製品の返品率、配送リードタイムの差による販売期間内に顧客に販売・配送できる製品の割合（製品販売可能処理率）と返品再販売に焦点を当て、製造業者の利益面からオンライン販売導入および返品再販売の有益性を考究した。

(7) Supply Chain Coordination in a Sales Network System under an E-Commerce Environment with Partial Buy-Back Contract (部分的買戻し契約を考慮した場合のEコマース環境下での販売ネットワークシステムにおけるサプライチェーンコーディネーション)

本研究では、製造業者と販売業者との間のサプライチェーンコーディネーションとして、返品取扱いと部分的買戻し契約を考慮した E-コマース環境下での販売ネットワークシステムを考えた。両業者が独立に意思決定を行う場合には、売れ残り製品の製造業者による全買戻し契約を、協調して意思決定を行う場合には部分的買戻し契約を結ぶこととした。数値検証により、サプライチェーン全体の期待利益が最大となる最適部分買戻し比率を決定することにより、返品取扱いと部分的買戻し契約の有益性を検証した。

平成 21 年度の研究実績を以下に挙げる。

(8) Eコマース環境下での返品取扱を考慮した販売ネットワークシステムの構築とその最適販売方策

本研究では販売業者と製造業者からなる Eコマース環境下でのサプライチェーンシステムを対象に、一般市場への返品製品再販売、一般市場での売れ残り製品を旧型製品として第二次市場へ再販売、第二次市場

での売れ残り製品を処分市場で売却するシステムを対象に、販売業者が決定する最適販売方策と販売業者と製造業者が協調して決定する最適販売方策を比較検証し、協調方策の有益性を示した。

(9) Optimal Production Policy in Reverse Supply Chain Model with Weibull Distribution Deterioration under Inflation (在庫の劣化およびインフレ状況を考慮したリバースサプライチェーンシステムにおける最適運用方策)

本研究では、使用済製品の取扱い、資材部品のリユース、在庫の劣化、再生産活動の市場効果とインフレ状況を考慮したシステムを対象に、資材部品リユース率と製造業者・リサイクル業者から小売業者への最終製品配送回数の最適決定方策について考究した。製造業者と小売業者が協調しない場合とする場合を比較検証し、協調方策の有益性を示した。

(10) Optimal Production Policy in Reverse Supply Chain System with Promotion Factor of Remanufacturing Activity (再生産活動促進要因を考慮したリバースサプライチェーンシステムでの最適生産方策)

本研究では、製品需要量・使用済製品回収量のもつ不確実性を確率論的価格志向型モデルとして、外部機関による評価を環境促進要因として捉え、報酬と罰則費用を組み込んだモデルを考案し、再生すべき品質レベルの下限、製品販売価格と発注量の最適値を決定した。

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 10 件、下記主要雑誌論文)

- ① Etsuko Kusukawa, Ikuo Arizon, Optimal Production Policy in Reverse Supply Chain Model with Weibull Distribution Deterioration under Inflation (在庫の劣化およびインフレ状況を考慮したリバースサプライチェーンシステムにおける最適運用方策)、Proc. of 10th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference、査読有、CD-ROM出版、2009、pp. 2453-2464
- ② Etsushi Katahira, Etsuko Kusukawa, Ikuo Arizon, Optimal Production Policy in Reverse Supply Chain System with Promotion Factor of Remanufacturing Activity (再生産活動促進要因を考慮したリバースサプライチェーンシステムでの最適生産方策に関する考察)、Proc. of

- 10th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference、査読有、CD-ROM出版、2009、pp. 954-965
- ③ 楠川恵津子、新見勇氣、有蘭育生、Eコマース環境下での返品取扱を考慮した販売ネットワークシステムの構築とその最適販売方策、日本経営工学会論文誌、査読有、Vol. 60、No. 1、2009、pp. 48-57
- ④ Yuuki Niimi、Etsuko Kusukawa、Ikuo Arizono、Supply Chain Coordination in a Sales Network System under an E-Commerce Environment with Partial Buy-Back Contract (部分的買戻し契約を考慮した場合のEコマース環境下での販売ネットワークシステムにおけるサプライチェーンコーディネーション)、Proc. of 9th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference、査読有、CD-ROM出版、2008、pp. 278-286
- ⑤ Etsuko Kusukawa、Youji Yamamoto、Ikuo Arizono、Impact of Selection Rates in Traditional Sales Channel and Online Sales Channel under an E-Commerce Environment on Inventory Policy (Eコマース環境下での店頭販売チャンネルとオンライン販売チャンネルの選択比率が在庫方策に与える影響)、Proc. of 9th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference、査読有、CD-ROM出版、2008、pp. 1175-1185
- ⑥ Etsushi Katahira、Etsuko Kusukawa、Ikuo Arizono、Optimal Selling Policy for a Sales Network System under an E-Commerce Environment with Return Handling(グリーンイメージ効果を考慮したリバースサプライチェーンシステムでの最適生産方策)、Proc. of 9th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference、査読有、CD-ROM出版、2008、pp. 1962-1971

[学会発表] (計13件、下記主要研究発表)

- ① Etsuko Kusukawa、Ikuo Arizono、Optimal Production Policy in Reverse Supply Chain Model with Weibull Distribution Deterioration under Inflation(在庫の劣化およびインフレ状況を考慮したリバースサプライチェーンシステムにおける最適運用方策)、10th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference、2009年12月15日、Kitakyushu、Fukuoka、Japan
- ② Etsushi Katahira、Etsuko Kusukawa、Ikuo Arizono、Optimal Production Policy in Reverse Supply Chain System with Promotion Factor of Remanufacturing Activity(再生産活動促進要因を考慮したリ

リバースサプライチェーンシステムでの最適生産方策に関する考察)、10th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference、2009年12月15日、Kitakyushu、Fukuoka、Japan

- ③ Etsuko Kusukawa、Youji Yamamoto、Ikuo Arizono、Impact of Selection Rates in Traditional Sales Channel and Online Sales Channel under an E-Commerce Environment on Inventory Policy (Eコマース環境下での店頭販売チャンネルとオンライン販売チャンネルの選択比率が在庫方策に与える影響)、9th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference (APIEMS 2008)、2008年12月4日、Bali、Indonesia
- ④ Etsushi Katahira、Etsuko Kusukawa、Ikuo Arizono、Optimal Production Policy in Reverse Supply Chain System under Consideration of Green Image Factor(グリーンイメージ効果を考慮したリバースサプライチェーンシステムでの最適生産方策)、9th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference(APIEMS 2008)、2008年12月3日、Bali、Indonesia

[図書] (計2件)

- ① Etsuko Kusukawa、Yuuki Niimi、Ikuo Arizono、Chapter 12 “Optimal Selling Policy for a Supply Chain System under an E-Commerce Environment with Return Handling” in MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM AND ITS APPLICATIONS (edited by Kazuhiro Takeyasu and Hiroshi Tsuji)、Osaka Municipal Universities Press、2009、pp. 180-201
- ② Etsuko Kusukawa、Shinji Masui、Ikuo Arizono、Human Interface Part II of HCII 2007 Proceedings (edited by M. J. Smith and G. Salvendy)、Springer-Verlag、2007、pp. 929 - 938

[その他]

ホームページ等

<http://www.ie.osakafu-u.ac.jp/~kusukawa/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

楠川 恵津子 (KUSUKAWA ETSUKO)
大阪府立大学・工学研究科・助教
研究者番号：00336801