

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 24 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350451

研究課題名(和文)生産 物流 販売環境が不確実な循環型サプライチェーンの数理解析と最適化

研究課題名(英文) Mathematical Analysis and Optimal Operation for Closed-Loop Supply Chain with Uncertain circumstance regarding Production, Distribution and Sales of Items

研究代表者

楠川 恵津子 (Kusukawa, Etsuko)

大阪府立大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：00336801

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、資材調達、製品生産、製品販売、使用済み製品の回収とその再資源化、市場での売れ残り製品や返品製品の再販売に至る循環型サプライチェーン(SC)を研究対象とした。複数業者からなる循環型サプライチェーン(SC)での生産-物流-販売環境では、使用済み製品の回収量、製品の需要量や生産量をはじめ、循環型SC関連業者の取り得る戦略行動等において様々な不確実な状況が想定される。本研究では、不確実な状況下での循環型SCの最適運用方策および循環型SC関連業者間の最適連携戦略を数理解析および数値検証により明らかにした。

研究成果の概要(英文)：This study focused on a closed-loop supply chain (CLSC) with material flows of procurement of parts, production and sale of products, collection and recycling of used products, resale of unsold products and returned products in a market. The circumstance of production, distribution and sales of items regarding CLSC with multiple members has various uncertain factors in terms of collection quantity of used products, demand and production quantity of product and strategy behaviors of CLSC members. This study proposed the optimal operation for a CLSC with uncertain circumstance regarding production, distribution and sales of items and the optimal supply chain coordination between CLSC members through mathematical analysis and numerical analysis.

研究分野：経営工学分野

キーワード：サプライチェーンマネジメント クローズド・ループ・サプライチェーン グリーンサプライチェーン
Eコマース サプライチェーン調整 リスク分析 協力-競争戦略 ゲーム理論

1. 研究開始当初の背景

近年、部品・製品等の物品の生産・物流・販売が国内外で展開され、上流から下流に至る生産・販売関連の複数業者に対する生産・物流・販売の最適運用方策が必要である。しかし、生産・物流・販売環境は物品に対して品質、納期、市場需要が不確実な状況にある。また、E コーマス環境を利用し、店頭・オンラインによる並行販売を行う際、顧客の不確実な購買嗜好を考慮して生産・物流・販売の最適運用方策を考える必要がある。さらに、物品の再資源化促進が可能となる効率的な仕組みの確立も急務となっている。上記の使用済み物品を含む生産・物流・販売環境を扱う循環型サプライチェーン(SC)に関する数理解析や最適運用方策は申請者[1]-[4]を含め、これまで国内外で有益な研究成果が報告されている。しかし、循環型 SC を考察する際、次の(i)~(vi)の特性：(i) 物品の回収、調達、生産、配送、販売等の状況、(ii) 物品の品質や品質検査エラーの状況、(iii) 物品の販促・販売価格による需要量への影響、(iv) 市場での製品ライフサイクル、(v) 顧客の購買嗜好、(vi) 循環型 SC 関連業者が取り得る戦略行動に焦点を当て、各特性に不確実な状況を考慮し、各特性がある確率分布で想定できる状況とできない状況の循環型 SC の数理解析と各状況での最適運用方策の比較検証はこれまで明らかにされていない。

2. 研究の目的

1. 研究開始当初の背景を踏まえ、循環型 SC の生産・物流・販売環境に対し、(i)~(vi)の特性に不確実な状況を考慮し

(1) 生産・物流・販売環境が不確実な循環型 SC に対する最適運用方策の数理解析

(2) 循環型 SC 関連業者の不確実な戦略行動に対する最適連携戦略の数理解析

に焦点を当て、循環型 SC の数理解析および数値検証を行い、物品の生産・物流・販売環境が不確実な循環型 SC に対する最適運用方策と最適連携戦略を明らかにした。

3. 研究の方法

これまでに申請者が研究成果で得た、(1) 環境対応問題を扱うロジスティクスに関する数理解析手法、(2) 確率・統計理論、(3) 工程管理に関する数理解析手法、(4) 最適化理論、(5) ゲーム理論、(6) リスク分析を行う平均分散分析等を適宜用いた。

4. 研究成果

(1) 生産・物流・販売環境が不確実な循環型 SC に対する最適運用方策の数理解析

使用済み製品の回収インセンティブと品質を考慮したグリーンサプライチェーンマネジメントでの最適運用方策

ここでは、使用済み製品に関する回収インセンティブと品質を考慮した、グリーンサプライチェーン(GSC)の最適運用方策につい

て考究した。具体的には、販売業者がインセンティブを支払い、使用済み製品を回収し、製造業者は回収製品を分解・点検後、再生可能部品の品質に応じて再利用の可否を決定し、販売業者に回収費用を補填する状況を想定した。ここに、インセンティブの回収量への影響と回収製品の多様な品質を考慮し、インセンティブ、再生品質レベルと製品生産量の最適決定を行い、両業者が分権型と統合型にある場合の最適決定を比較検討した。

需要情報、使用済み製品の回収インセンティブと品質を考慮したグリーンサプライチェーンマネジメント(GSC)での最適運用方策

ここでは、研究成果の拡張モデルを考え、製品需要量について、ある確率分布に従う状況、期待値と分散のみの統計量情報がわかる状況を考えた。製品需要量がの状況下では、製品需要量が従う最悪の分布状況下で期待利益を定式化し、最適運用方策を決定した。これより製品需要量が各状況で、両業者が分権型 GSC と統合型 GSC にある最適運用方策を比較検討した。また、再生産可能部品の品質が最適運用方策に与える影響の感度分析を行った。分権型 GSC から統合型 GSC 下での意思決定への移行の両業者の有益性を保証するため、SC 連携による利益分配法：利益分配法 I：各業者の利益比率に応じた利益分配、利益分配法 II：製品卸売価格と使用済み製品回収費用の補填額をナッシュ交渉解として調整、利益分配法 III：利益分配法 I と II の組合せの導入効果を比較検証した。

2 段階生産 発注方策における製品需要予測更新の有益性

ここでは、単一小売業者と単一製造業者からなるサプライチェーン(SC)において、製品発注および製品生産を 2 回行い、各発注時点で需要の分布情報の更新に基づき、最適生産

販売方策を見直す 2 段階生産 発注方策について考究した。最適生産 販売方策として、製品の生産量、広告費用と販売価格に着目した。また、両業者が分権型と統合型にある場合の最適生産 販売方策を考案した。ここで、製品の期待需要は製品の広告費用と販売価格に影響を受け、期待需要に対して加法変動する場合を考えた。さらに、分権型から統合型への意思決定の移行の有益性を提示するため、SC 連携契約を導入し、両業者間で製品卸売価格をナッシュ交渉解として調整した。

使用済み製品の品質分類にエラーが生じる場合を考慮したグリーンサプライチェーン(GSC)の最適運用方策

市場から回収した使用済み製品は品質が不確定であり、品質分類の際、設備や専門知識の不備等で正しく品質分類されない状況が考えられる。ここでは、単一回収業者と単一製造業者からなる GSC を対象に、使用済み製品の品質分類にエラーが生じる場合の最適

運用方を考究した。ここで、回収業者から買取った使用済み製品に品質分類エラーがある場合、製造業者は正しい品質に再分類した。GSCMの最適運用方策として、製造業者の期待利益が最大となる回収業者からの使用済み製品の買取品質レベルの下限と部品需要量を過不足なく生産するための再生産率を決定した。数値検証では品質分エラーが最適運用方策に与える影響を検証した。

顧客返品情報の共有がEコマース環境下でのサプライチェーン買戻方策に与える影響

ここでは、本研究では、製品販売後の顧客からの返品再販売と売れ残り製品の買戻しを考慮したEコマース環境下での単一小売業者と単一製造業者からなるサプライチェーンモデル(SCM)の最適販売方策を考究した。このとき両業者間に、(1)独立した分権型SCM、(2)統合した統合型SCM、(3)返品率の情報共有の有無を考えた。各状況が製造業者の卸売価格の決定や小売業者の発注量の決定に与える影響を検証した。製造業者は一般市場での売れ残り製品と返品再販売できない損傷製品を小売業者から買戻すこととした。買戻し製品の品質により買戻し価格を区別した。両業者間で卸売価格と買戻し価格を調整し、分権型よりも統合型の意思決定が両業者に有益であることを提示した。

複数物品調達チャンネルの供給乱れを考慮した最適運用方策とサプライチェーン連携

生産工程で生じる機械故障等に加え、地震や津波等の天災により製品等の物品調達が乱れる状況を考慮し、最適な発注方策を行う必要がある。ここでは、1社の小売業者と2社の製造業者からなるサプライチェーンモデル(SCM)を対象に、小売業者が各製造業者に製品発注する際、各調達に生産工程での機械故障と天災が生じる状況を考慮した。分権型SCMと統合型SCMでの最適製品発注方策について考究した。また、各業者に統合型SCMでの意思決定を促すため、SC連携として各製造業者の製品卸売価格をナッシュ交渉解で調整する利益分配法を考えた。数値検証では、各最適決定の比較と利益分配法導入による各業者への有益性を提示した。

値引き率と利益分配を考慮したサプライチェーンシステムの最適運用方策

ここでは、一般市場、値引き市場と処分市場をもち、製造業者と販売業者からなるサプライチェーンシステムを対象に、最適な製品発注量と製品の値引き率を求める最適運用方策を考究した。具体的には、販売業者が意思決定を行う分権型と両業者が統合し、システム全体で意思決定を行う統合型を考えた。統合型をとる場合、両業者の有益性を保障する利益分配の導入効果を提示した。

報酬 - 罰則契約導入がグリーンサプライチェーン(GSC)の最適運用方策に与える影響

ここでは、再資源化を促すGSCの確立を目指し、報酬 - 罰則契約を結ぶ政府等の外部機関と製造業者、また市場にインセンティブを支払い使用済み製品の回収と市場への製品販売を行う小売業者からなるGSCを考えた。報酬 - 罰則契約導入後の分権型と統合型を考え、製品需要の分布情報に応じて製品発注量、使用済み製品回収のために支払うべきインセンティブと使用済み製品分解後の再生すべき再生可能部品の品質レベルの下限の最適決定を行った。数値検証では、数値検証では、分布報酬 - 罰則契約の導入が分権型と統合型の最適運用方策に与える影響を再生産可能部品の品質分布に応じて比較検証した。また、サプライチェーン連携により統合下での最適決定移行の有益性を示した。

Eコマース環境下で返品取扱と値引きを考慮したサプライチェーン連携の分析

ここでは、Eコマース環境下で返品取扱いと値引きを考慮した単一小売業者と単一製造業者からなるサプライチェーン(SC)を考えた。一般市場での売れ残り製品と返品製品を値引き市場で販売し、値引き市場での売れ残り製品と再販売できなかった製品を処分市場で販売するSCの最適販売方策について考究した。値引き市場での製品の顧客需要量は値引き掛け率に応じて値引き市場での製品の顧客期待需要量が影響受け、かつ確率変動する状況を考え、加法変動する需要ケース1と乗法変動する需要ケース2を考えた。ここでの最適販売方策として、両業者が独立した分権型と両業者が統合した統合型を考えた。ISCでの意思決定が両業者に有益なることを保証し、分権型から統合型の意思決定への移行を促すSC連携による利益分配として、ISCでの最適決定のもと両業者間で製品の卸売価格と買戻し費用をナッシュ交渉解で調整を行い、両業者への有益性を提示した。

製品需要の分布情報に応じた複数の物品調達チャンネルに供給の乱れが生じる場合のサプライチェーン連携による最適発注方策

ここでは、複数の物品調達チャンネルに天災と機械故障による物品供給の乱れを考慮したサプライチェーン(SC)を考察対象に、製品需要量について、(i)ある確率分布に従う状況および(ii)期待値と分散のみがわかる状況を考え、製品需要の分布情報に応じたSCの最適発注方策について考究した。数値検証では、(1)製品需要の分布情報に応じた各業者の分権下と統合下での最適決定の比較、(2)天災と機械故障の発生確率の変化と機械故障発生時の製品生産可能割合の変化が最適決定に与える影響、(3)統合下での利益分配導入の有益性についての考察を行った。

再生産工程に乱れが生じる場合のグリーンサプライチェーン(GSC)での最適運用方策

使用済み製品を再資源化する生産工程には品質や機械故障等の不具合が発生する状況が考えられ、部品製品の再生産量への影響を考慮する必要がある。ここでは、1社の小売業者と再生産を行う2社の製造業者からなるGSCを考える。小売業者はインセンティブを支払い、使用済み製品を回収し、各製造業者に製品を配分する。各製造業者は再生可能部品の品質に応じて再生品質レベルを決定し、小売業者に回収費用を補填する。インセンティブ、回収製品の配分率と再生品質レベルの最適決定を分権型と統合型でそれぞれ行い、最適運用方策と期待利益を比較した。

使用済み製品の再資源化を考慮したグリーンサプライチェーンでの最適検査方策

使用済み製品の回収・再利用を考慮したグリーンサプライチェーン(GSC)が直面する使用済み製品の品質の不確かさへの対処の1つに検査がある。ただ、検査の費用と正確さにはトレードオフの関係がある。ここでは、単一製造業者からなるGSCに検査を組み込み、使用済み製品の最適調達量と最適検査方策を考究した。検査方式に、(1)全数検査、(2)抜取検査、(3)不合格ロット選別型抜取検査、(4)合格ロット選別型抜取検査(提案検査方式)、(5)無試験検査を挙げ、製造業者の期待利益を最大化する調達量と検査方策の最適決定法を提案した。数値検証では、再生産環境の変化が製造業者の最適決定と最大期待利益に与える影響を明らかにした。

製品需要量と使用済み製品回収量に不確かさを考慮した

グリーンサプライチェーンの最適運用方策

ここでは、製品販売と使用済み製品の回収促進を行う販売業者と使用済み製品の再資源化と製品生産を行う製造業者からなるGSCを扱った。小売業者と製造業者が独立した分権型GSCとシステム全体(S)の最適化を図る統合型GSCについて、製品需要と使用済み製品回収可能量の分布情報に応じて製品発注量、使用済み製品の最大回収量、回収インセンティブ、再生部品への再生品質レベルの最適運用方策を決定した。数値検証では、分布情報と再生産可能部品の品質が各GSCの最適決定に与える影響とSC調整による統合型GSCへの移行の有益性を提示した。

複数の再生産工程に報酬・罰則契約を導入した場合のグリーンサプライチェーンで(GSC)の最適運用方策

品質の不確かな使用済み製品の回収と再資源化の促進を行うGSCの確立には、(1)再資源化を行う複数の製造業者、(2)小売業者と各製造業者間の使用済み製品回収の補填契約、(3)外部機関と各製造業者間の再資源化の報酬・罰則契約の導入が有効と考えら

れる。本研究では、1社の小売業者、2社の製造業者と1つの外部機関からなるGSCにつき、小売業者はインセンティブを支払い、使用済み製品を回収し、各製造業者に配分した。各製造業者は外部機関の目標再生品質レベルに基づき再生品質レベルを決定した。インセンティブと再生品質レベルの最適決定を分権型・統合型GSCで行い、最適運用方策と各業者、システム全体の利益を比較した。

平均分散モデルを適用したグリーンサプライチェーン(GSC)最適運用のリスク分析

ここでは、使用済み製品の再資源化を考慮したGSCでの製品需要量の不確かさをリスクと捉え、平均分散モデルを適用することで、単一小売業者と単一製造業者からなるGSCの最適運用方策を決定した。利益の期待値と分散の影響を考慮し、分権型と統合型の製品発注量、回収インセンティブ、再生下限品質レベルの最適決定法を提案した。数値検証では、リスクの扱い方の違いがGSCの最適運用方策に与える影響を明らかにした。

不確実な製品需要量と顧客返品率を考慮したE-コマース環境下での最適運用のためのリスク分析とサプライチェーン調整

ここでは、製品需要量と製品販売後の顧客返品率が不確実な状況下で、返品製品の引取り・再販売と返品製品を含む売れ残り製品の買戻しを考慮したE-コマース環境下のサプライチェーン(SC)の最適運用のためのリスク分析とSC調整について考究した。単一小売業者と単一製造業者からなるSCを考えた。製品需要量は小売価格と返金率に、顧客返品率は返金率に応じ確率変動すると想定した。製造業者は一般市場の売れ残り製品と返品製品で再販売できない損傷製品を区別し小売業者から買戻すとした。分権型と統合型での最適発注量、小売価格と返金率の最適決定のリスク分析を行い、両業者間での卸売価格と買戻し価格のSC調整の有益性を提示した。

製品需要に製品ライフサイクルを考慮した最適販売戦略

ここでは、携帯電話やPC等の季節製品の販売の際、製品需要に成長期、成熟期と衰退期からなる製品ライフサイクルの影響を研究対象に、製品販売に市場での製品ライフサイクルと製品需要の衰退期に製品販売価格の値引きを考慮した最適販売方策を考究した。最適販売方策として製品販売価格、市場での製品販売終了時点と衰退期での値引き率に着目した。数値検証では、製品販売価格の値引きが最適製品販売方策と販売業者の利益に与える影響を考察した。

製品需要量と使用済み製品回収量の不確かさをもつクローズド・ループ・サプライチェーン(CLSC)にフレキシブル発注方策を適用した場合の最適運用

一般に、CLSC は製品需要量の不確実性だけでなく、使用済み製品回収量の不確実性および品質の多様性に直面する。ここでは、これらの不確実性に対応するため、フレキシブル発注方策(FOP)を小売業者、製造業者、リサイクル業者の3業者からなるCLSCに組み込んだ。FOPでは、再生部品量に応じて、実際の製品卸売量が、予め決められた最小製品発注量と最大製品発注量の間で変動する。FOPを組み込んだCLSCでの各業者とシステム全体の期待利益の定式化し、分権型CLSCおよび統合型CLSCでの、最小製品発注量、最大製品発注量、リサイクルインセンティブ、再生下限品質レベルの最適運用を数理解析および数値探索により決定した。さらに、分権型CLSCから統合型CLSCへの移行を実現するため、サプライチェーン調整として、(I)ナッシュ交渉解、(II)投資利益率に基づいた利益分配法を適用し、その有益性を検証した。

製品需要量と使用済み製品回収可能量の不確実性を持つクローズド・ループ・サプライチェーン(CLSC)の最適運用のリスク分析

製品需要量と使用済み製品回収可能量の不確実さのリスクがCLSCの最適運用方策に与える影響を考える必要がある。本研究[2]では、製品販売と使用済み製品の回収促進を行う販売業者と使用済み製品の再資源化と製品生産を行う製造業者からなるCLSCを扱う。両業者が独立した分権型CLSCとシステム全体の最適化を図る統合型CLSCにつき、平均分散モデルを適用し、最適運用方策のリスク分析を行い、SC調整による統合型CLSCの最適決定への移行の有益性を提示した。

顧客の購買嗜好を考慮した店頭販売-直販による並行販売での最適価格戦略

近年、製品販売形態として、小売業者による店頭販売と製造業者によるオンラインを利用した直販からなる店頭販売 直販による並行販売が広く普及している。ここでは、店頭販売 直販による並行販売モデルに着目し、製造業者と小売業者の協力戦略とシュタッケルベルグの複占モデルを適用した競合戦略により、店頭価格と直販価格の最適決定を提案した。併せて、数値検証では、(i)顧客の購買嗜好の不確実さ、(ii)店頭販売と直販での顧客の購買嗜好の曖昧度、(iii)製品価格による需要減少度が並行販売モデルでの店頭販売と直販の最適価格決定と両業者の期待利益に与える影響を明らかにし、両業者の利益面から最適価格戦略を提示した。(2) 循環型SC関連業者の不確実な戦略行動に対する最適連携戦略の数理解析

進化ゲーム理論を適用したグリーンサプライチェーン関連業者の行動戦略の考察

ここでは、単一製造業者と単一小売業者からなるグリーンサプライチェーン(GSC)を対象に、各業者の取る行動戦略が互いに事前に想定できない場合に各業者の取る行動戦略

を数理解析により明らかにした。小売業者の行動戦略を R_1 : 再資源化促進協力(インセンティブを支払って使用済み製品の回収促進と再生部品を利用した製品の販売促進)を行う、 R_2 : R_1 を行わないとし、製造業者の行動戦略を M_1 : 小売業者の再資源化促進協力の有無の調査を行う、 M_2 : M_1 を行わないとした。各業者の取る行動戦略は、考察期間に対し過渡的に変化するか、定常的で安定したものを進化ゲーム理論を適用し明らかにした。

グリーンサプライチェーンの再資源化促進活動の行動戦略の進化的安定性の分析

ここでは、単一小売業者と単一製造業者からなるグリーンサプライチェーン(GSC)を対象に、各業者の取る複数の行動戦略が互いに事前に想定できない場合に、各業者の取る行動戦略は、考察期間に対して過渡的に変化するか、定常的で安定したものを進化ゲーム理論[1]を適用し、数理解析と数値計算により明らかにした。小売業者の行動戦略を R_1 : 最大販売促進費用を投資し、使用済み製品の回収と再生部品を利用した製品の販売促進を行い、再資源化促進の協力を行う、 R_2 : 最小販売促進費用を投資し、協力を行う、 R_3 : 協力を行わないとした。また、製造業者の行動戦略を M_1 : 小売業者の再資源化促進協力の有無を調査する、 M_2 : 調査しないとした。

得られた成果の国内外における位置づけとして、上述した本研究の構想に沿って得られた、循環型SCの最適運用方策および循環型SC関連業者間での最適連携戦略の研究成果は、1. 研究開始当初の背景で述べた(i)~(vi)の特性が不確実な状況での循環型SCの数理解析モデルと最適な意思決定支援を提示でき、循環型SCに関して実用的で汎用性のある研究成果となるものと確信する。

本研究課題での研究成果のうち、以下の発表論文が国内外で受賞したので報告する。
〔雑誌論文〕 : 日本経営工学会 論文賞受賞(2014年5月18日)

〔学会発表〕 : APIEMS 2015 Best Paper Award 受賞(2015年12月10日)

本研究課題で得られた研究成果は、省資源化、CO₂やエネルギー排出量の低減に対応した製品の生産-物流-販売環境をもつ持続可能な環境対応型サプライチェーン(ECO-SC)の最適連携方策を研究対象にしていない。また、政府機関の助成や税金の有無に応じて、ECO-SC関連業者が競争、協力する際の各特性のリスク分析とその分析に応じたECO-SCの最適連携方策の比較検証を明らかにされていない。これらに関して、平成29年度~平成31年度 科学研究費補助金 基盤研究(C) 研究課題「持続可能な環境対応型サプライチェーン構築のためのリスク分析と最適連携方策」において、現在検討を行っている。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 11 件)

Naoki Watanabe and Etsuko Kusakawa :
“Optimal Ordering Policy in Dual-Sourcing Supply Chain considering Supply Disruptions and Demand Information”, *Industrial Engineering and Management Systems(IEMS)*, Vol.14, No.2, pp. 129-158 (2015) . (査読有)

Yuta Saito and Etsuko Kusakawa :
“Impact of Information Sharing regarding Customer Returns Ratio on Optimal Sales Strategy under E-commerce”, *IEMS*, Vol.14, No.2, pp. 111-121 (2015) . (査読有)

Daijiro Tomita and Etsuko Kusakawa :
“Analyzing the Evolutionary Stability for Behavior Strategies in Green Supply Chain”, *IEMS*, Vol.14, No.1, pp. 44-57 (2015) . (査読有)

Etsuko Kusakawa and Sho Akizawa :
“Optimal Operation for Green Supply Chain with Quality of Recyclable Parts and Contract for Recycling Activity”, *IEMS*, Vol.14, No.3, pp. 248-274 (2015) . (査読有)

Takeshi Watanabe and Etsuko Kusakawa :
“Optimal Operation for Green Supply Chain considering Demand Information, Collection Incentive and Quality of Recycling Parts”, *IEMS*, Vol.13, No.2, pp. 129-147 (2014) . (査読有)

Etsuko Kusakawa : “Supply Chain Coordination with Returns Handling and Clearance Sales”, *International Journal of E-Business Development*, Vol.4, No.3, pp. 85-101 (2014) . (査読有)

渡邊健史, 楠川恵津子, 有菌育生 : “使用済み製品の回収インセンティブと品質を考慮したグリーンサプライチェーンでの最適運用方策”, 日本経営工学会論文誌, 63 巻, 4 号, pp. 226-235 (2013) . (査読有)

〔学会発表〕(計 35 件)

Daijiro Tomita and Etsuko Kusakawa :
“Analysis of Evolutionary Stability for Behavior Strategies on Recycling Promotion Activity in Green Supply Chain”, 17th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems (APIEMS) Conference 2016, 2016 年 12 月 9 日, Taipei(Taiwan)

Masahiro Yamamoto and Etsuko Kusakawa :
“Optimal Sales Strategies for Dual Channel under Cooperation and Competition considering Customer Purchasing Preference”, 17th APIEMS Conference 2016, 2016 年 12 月 9 日, Taipei(Taiwan)

Shin Yamaguchi and Etsuko Kusakawa :
“Optimal Operation with Flexible Ordering Policy for Green Supply Chain Considering the Uncertainties in Product Demand and Collection Quantity of Used Products”, 17th APIEMS Conference 2016, 2016 年 12 月 9 日, Taipei(Taiwan)

Naoto Takahashi and Etsuko Kusakawa :
“Optimal Operation for Green Supply Chain with Uncertainties in Product Demand and Collection Quantity of Used Product”, 16th APIEMS Conference 2015, 2015 年 12 月 9 日, Ho Chi Minh City (Vietnam)

Naoki Watanabe and Etsuko Kusakawa :
“Optimal Operation for a Dual-Sourcing Green Supply Chain with Contracts of Collection and Recycling Activity”, 16th APIEMS Conference 2015, 2015 年 12 月 9 日, Ho Chi Minh City (Vietnam)

Naoki Watanabe and Etsuko Kusakawa :
“Optimal Operation for A Green Supply Chain with Supply Disruption in Remanufacturing Process”, 16th APIEMS Conference 2015, 2015 年 12 月 9 日, Ho Chi Minh City (Vietnam)

Yuta Saito and Etsuko Kusakawa : “Risk Analysis and Supply Chain Coordination for Optimal Operation in E-commerce Environment with Uncertainties in Demand and Customer Returns”, 16th APIEMS Conference 2015, 2015 年 12 月 9 日, Ho Chi Minh City (Vietnam)

〔図書〕(計 3 件)

渡邊直樹、楠川恵津子、和泉出版、経営科学とその実践的応用、2016、273(74-104)

Etsuko Kusakawa、Sho Akizawa、和泉出版、Applied Management Information Systems、2016、345(172-197)

楠川恵津子、朝倉書店、ものづくりに役立つ経営工学の事典 - 180 の知識 -、2014、383(346-347)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.eis.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・大学院工学研究科・准教授

研究者番号 : 00336801