

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 1 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23510175

研究課題名(和文)アジア・太平洋地域におけるハイブリッド生産/再生産システムに関する研究

研究課題名(英文)Study on Hybrid Manufacturing / Remanufacturing System on Asia Pacific Region

研究代表者

開沼 泰隆(Kainuma, Yasutaka)

首都大学東京・システムデザイン学部・准教授

研究者番号：90204312

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：アジア・太平洋地域におけるハイブリッド生産/再生産システムを研究テーマに、クローズド・ループ・サプライ・チェーンの設計と評価方法を目的として本研究を実施した。まず、グローバル・クローズド・ループ・サプライ・チェーン(GCLSC)の設計に関する研究を行い、部品サプライヤー、組み立て工場、販売拠点、再生加工拠点を持つ多国籍企業が多国間にわたりCLSCを展開する、GCLSCNモデルの提案を行なった。次に、GCLSCにおける製品のグレードの低下を考慮したハイブリッド生産/再生産システムを開発し、システムの評価を行った。その結果、提案したシステムの有効性と回収率と循環率の重要性を確認することができた。

研究成果の概要(英文)：Nowadays, the Closed-Loop Supply Chain (CLSC) attracts attention as one way to construct the Recycling-Based Society. Because of the rapid internationalization of business environment, the CLSC becomes to require the introduction of a global viewpoint. So, we develop a Global CLSC Network (GCLSCN) model by multinational firm which has 4 kinds of subsidiaries: supplier, assembly factory, retailer, and remanufacturing factory and deploys the CLSCN through some countries. On the developing the GCLSCN for multinational firm, it is the essential problem how many products should be manufactured or remanufactured in each country, and how much profit should be share between each country. In this research, we consider corporation tax and define sum of the net income after tax of each subsidiary as the objective function. We attempt to optimize the traffic volume between each subsidiary, the transportation cost allocation, and the transfer price for maximization of the objective function.

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会システム工学・安全システム

キーワード：ロジスティックス クローズド・ループ・サプライ・チェーン グローバル・サプライ・チェーン カスケード・リユース 生産/再生産システム

## 1. 研究開始当初の背景

わが国において、循環サプライ・チェーン・モデルが開発され、新部品・リユース部品の両者を用いたハイブリッド生産システムが開発されて来た。しかしながら、生産/再生産システムにおける新部品・リユース部品の発注量の決定方法についての理論的な研究は少なく、担当者の勘と経験による発注方法が実施されている。CLSC に関しする研究としては、リバース・ロジスティクス、ハイブリッド生産/再生産などの研究が行われてきている。特にハイブリッドシステムにおいては、生産量と再生産量を決定する研究、リユースされる部品をグレード分けし使用する研究、また部品の耐久力と製品寿命を考慮し、経済的に再生産するための戦略的なモデルを定量化する研究などが行われているが、新部品とリユース部品の両方を使用するハイブリッド生産において、それぞれの発注量を決定する研究の成果はまだ少ない。

米国において Daniel Guide et al. は、再生産システムをクローズド・ループ・サプライ・チェーンとして捉え、その効率的かつ効果的な運用アプローチを検討している。例えば携帯電話の例を取り上げ、利益最大化を目的とした需要と供給のマッチング問題を検討している。また、クローズド・ループ・サプライ・チェーンを構築するためには、製品回収マネジメント、再生産運用、再生産品のマーケット開発の要素が互いに関わっており、これらを効率的かつ効果的に運用しビジネスとして成り立たせることが重要であるとしている。

さらに、EU ではサプライ・チェーン研究の中にリバース・ロジスティクスという研究分野を確立し、10 年程前から EU 諸国の大学(院)を中心にこれらの研究に取り組んでいる。この中では回収・物流管理モデルを中心に、再生産・在庫管理モデル及びクローズド・ループ・サプライ・チェーン・モデルの調査・研究が行われている。

開沼による解説では、アジア地域も含めた循環型サプライ・チェーンについての必要性を述べている。アジア諸国への生産拠点の移動ともなっており、日本がアジア諸国から輸入する新製品の量も増加傾向にある。このようにフォワード・サプライ・チェーン、リバース・サプライ・チェーンともにアジアとの関連が密接な状況において、アジア地域も視野に入れて国際的な視野でクローズド・ループ・サプライ・チェーンを考え、これを実現するモデルの構築必要がある。さらに、これまでの予備調査より、アジア・日本間の関係だけではなく、アジア・オセアニアとの関連も強くなっていることが明らかになってきた。アジア・日本だけではなく、オセアニアも含めたアジア・太平洋の領域のモデルに拡張することが必要であると考えられる。図 1 に示すようにアジア・太平洋地域も視野に入れたクローズド・ループ・サプライ・チェーンにおけるグレードの低下を考慮したハイブリッド生産

/再生産システムの構築を行う。

## 2. 研究の目的

現状の再生産システムは、回収率や回収製品の品質などの問題から、リユース部品だけを用いて生産することはできない。リユース部品と同時に、新部品も必要であり、この場合どちらをどれだけ使用するかという問題が発生する。さらに、上記の問題は、国内だけではなく、グローバルに存在する問題である。そこで、本研究では、それらも問題を解決するための方法を提案するものである。

本研究の目的は以下の通りである。

(1) CLSC を構成する生産拠点で、グレードの異なる製品を生産する場合に、総コストが最小となる新部品とリユース部品の最適発注量を求めるハイブリッド生産/再生産システムを開発する。

(2) アジア・太平洋との関連が密接な状況になりつつある中で、この研究によりアジア・太平洋地域における循環型社会形成のためのハイブリッド生産/再生産システムの開発及び解析を行う。

## 3. 研究の方法

本研究では以下の手順で研究を進める。

(1) ハイブリッド生産/再生産モデルの開発

アジア・日本間を中心に回収した製品から再利用可能な製品/部品の再利用するハイブリッド生産/再生産モデル開発を行う。主に、回収製品のから取り出した再使用部品と新規部品の発注政策において、最適発注計画についての検討を行う。このために、シミュレーションによるモデルの妥当性の検討を行う。

(2) アジア・太平洋におけるハイブリッド生産/再生産モデルの開発

アジアとオセアニア間のクローズド・ループ・サプライ・チェーンにおけるハイブリッド生産/再生産モデル・モデル開発を行う。さらに、グレードの低下を考慮したハイブリッド生産/再生産モデルの検討も行う。

(3) グローバル・クローズド・ループ・サプライ・チェーンにおけるグレードの低下を考慮したハイブリッド生産/再生産システムの解析及び評価

クローズド・ループ・サプライ・チェーンにおけるグレードの低下を考慮したハイブリッド・生産/再生産システムの解析、並びにシミュレーションによるシステムの評価を行う。

## 4. 研究成果

本研究で得られた成果は以下の通りである。

(1)

はじめにアジア・日本間を中心に回収した製品から再利用可能な製品/部品の再利用するハイブリッド生産/再生産モデル開発を行った。モデルの概要を図 1 に示す。グレードの低下を考慮したハイブリッド生産/再生産モデルを、本研究ではカスケード・リユース・

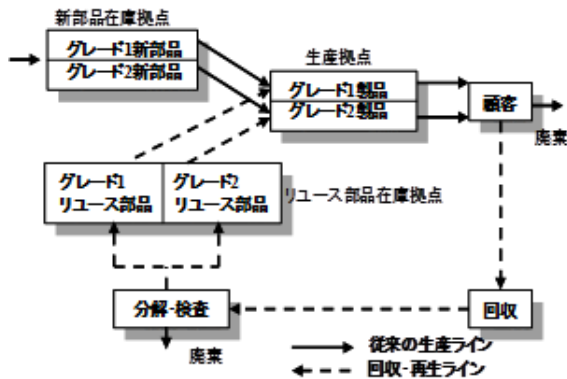


図1 カスケード・リユース・ハイブリッド・モデルの概要

ハイブリッドモデルと呼ぶ。部品の発注コスト，製品の在庫保管コスト，機会損失コストを用いて，1期当たりの総コストを最小化する新部品発注量とリユース部品発注量を求める。提案した総コストを最小化する新部品・リユース部品の最適発注方策モデルの有効性の検討のためにシミュレーションを行い，提案方法の有効性を確認することができた。

(2)

次に，アジア太平洋間のグローバル・ハイブリッド生産/再生産モデルの開発を行った。本研究におけるモデルを図2に示す。ここでは，4種類の拠点で構成され，経済力および経営環境が異なる多国間に渡って展開されるGCLSCNモデルを提案し，各拠点での税引き後利益を最大化する最適化問題を解いた。また，感度分析を行い，各パラメータが税引き後利益の合計に与える影響を明らかにした。この感度分析の結果は，GCLSCNを設計，管理しようと望む企業にとって，良い指標となると考えられる。感度分析の結果の1例を図3に示す。図3より，生産コストと販売価格の設定によりGCLSCNの総利益を最大化することが可能であることがわかる。

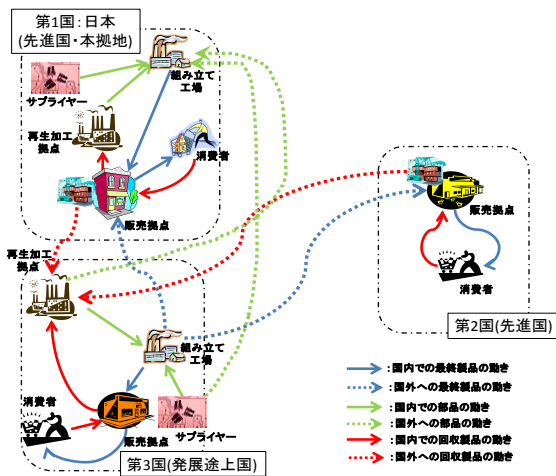


図2 グローバル・ハイブリッド生産/再生産モデル

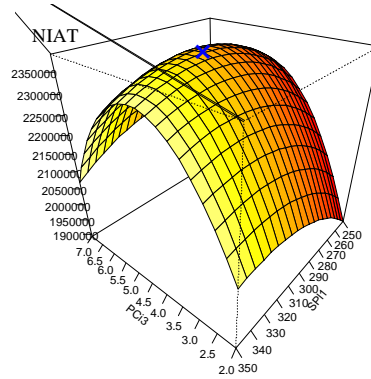


図3 生産コストと販売価格の影響

(3)

さらに，グローバル・クローズド・ループ・サプライ・チェーンにおけるグレードの低下を考慮したカスケード・リユース・ハイブリッド生産/再生産システムの解析，並びにシミュレーションによるシステムの評価を行った。図4に示すような2国間で構成される，カスケード・リユース・ハイブリッド・システムを考慮したモデルを提案し，2国間の税引き後の総利益への循環率の影響について考察した。

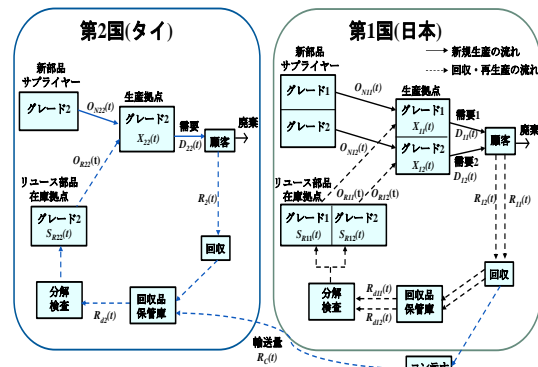


図4 グローバル・カスケード・リユース・ハイブリッド生産/再生産システム

数値実験結果を図5に示す。図5より，循環率と回収率の組み合わせにより，税引き後利益に影響を与えていることがわかる。回収

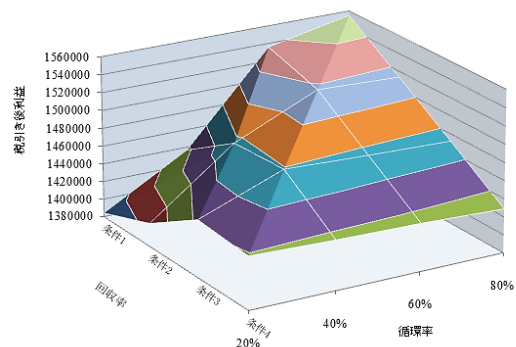


図5 利益と回収率，循環率との関係

率が高くなると、より価格の低いリユース部品を生産で多く使用でき、費用を抑えることが可能となり、利益を高めることができる。しかし、循環率の値によっては、使用できるリユース部品が需要量を超えてしまい、在庫費用の圧迫により利益を抑えてしまうので、回収率・回収量と需要量のバランスを考えた循環率の決定が重要であると判断される。

(4)

3年間の研究により、本研究のテーマであるカスケード・リユース・ハイブリッド生産／再生産システムは、日本国内ではもとよりアジア太平洋地域においても有効であることが明らかになった。特に、グローバルにビジネスを展開する企業においては、生産する製品の量、場所の意思決定を実施するうえで、有益な指針を与えるものとなると考えられる。本研究の成果は、今後のアジア太平洋地域におけるカスケード・リユース・ハイブリッド生産／再生産システムの進展に貢献できることを確信している。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 開沼泰隆, クローズド・ループ・サプライ・チェーンにおけるリマニュファクチュアリング, 日本情報経営学会誌, Vol. 32, No. 4, 2012, pp. 17-22
- ② Yasutaka Kainuma, Sustainable Operations and Closed-Loop Supply Chain, Journal of Japan Industrial Management Association, Vol. 64, No. 2E, 2013, pp. 348-355
- ③ Karakama, T., Kainuma, Y., Design of a Global Closed-Loop Supply Chain Model, Journal of Japan Industrial Management Association, Vol. 64, No. 2E, 2013, pp. 366-375

[学会発表] (計 11 件)

- ① Yasutaka Kainuma, Cascade Reuse Hybrid Manufacturing/Remanufacturing System, Abstracts of POMS Annual Meeting 2011, 2011
- ② 唐鎌考寛, 開沼泰隆, グローバル・クローズド・ループ・サプライ・チェーンの設計と管理に関する研究, 日本経営工学会平成 23 年度秋期研究大会, 2011
- ③ Kainuma, Y., Ahsan, K., Tawara, N., Development of the Cascade Reuse Hybrid Manufacturing/Remanufacturing System, Proceedings of the 21st International Conference on Production Research, 2011
- ④ Karakama, T., Kainuma, Y. Design and Management of Global Closed-Loop Supply Chain, Proceedings of 2011 Asian Conference on Management Science & Applications, 2011

- ⑤ Yasutaka Kainuma, Development of Closed-Loop Supply Chain Model Between Japan and South-East Asian Countries, Abstracts of the POMS 2012 Annual Meeting, 2012
- ⑥ Takahiro Karakama, Yasutaka Kainuma, DESIGN OF A GLOBAL CLOSED-LOOP SUPPLY CHAIN NETWORK, Proceeding of the 2nd International Symposium on Operations Management & Strategy, 2012
- ⑦ 唐鎌考寛, 開沼泰隆, グローバル・クローズド・ループ・サプライ・チェーン・ネットワーク・モデルの設計と評価, 日本経営工学会平成 24 年度秋季研究大会, 2012
- ⑧ 唐鎌考寛, ヤコブ・ホジャステ, 開沼泰隆, グローバル・クローズド・ループ・サプライ・チェーン・モデル— 移転価格と輸送費配分—, 平成 25 年度 日本経営工学会春季大会, 2013
- ⑨ Yasutaka Kainuma, Optimal policy in hybrid manufacturing/remanufacturing system, the 3rd International Symposium on Operations Management & Strategy, 2013
- ⑩ Kainuma, Y., Disney, S., Stochastic design of a global closed loop supply chain: Planning and managing the reverse network at Fuji Xerox, The 22nd International Conference on Production Research, 2013
- ⑪ Yasutaka Kainuma, Design of Global Closed-loop Supply Chain, the 17th International Conference on Industrial Engineering Theory, Applications and Practice, 2013

[図書] (計 1 件)

日本経営工学会編, ものづくりに役立つ経営工学の事典 —180の知識—, 第6章 「リマニュファクチュアリング」, pp. 174-175 朝倉書店, 2014

[その他]

ホームページ等

<http://www.sd.tmu.ac.jp/RDstaff/data/ka/641.html>

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

開沼 泰隆 (KAINUMA, Yasutaka)

首都大学東京・システムデザイン学部・  
准教授

研究者番号：90204312