

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25年 6月 1日現在

機関番号：33903

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510146

研究課題名（和文） SCMにおける平準化生産計画・統制システムの開発とその性能評価に関する研究

研究課題名（英文） Development and performance evaluation of “heijunka” production and inventory control system in supply chain management

研究代表者

田村 隆善（TAMURA TAKAYOSHI）

愛知工業大学・経営学部・教授

研究者番号：70093101

研究成果の概要（和文）：ジャストインタイム（JIT）を実現するツールとしてかんばん方式があり、その基礎は平準化にある。平準化は、大規模な製造サプライチェーンを効果的にマネジメントする重要な概念であるとの認識に立ち、SCMにおける平準化の有効性をシミュレーション実験によって検証した。研究ではまず、多様な平準化モデルについて整理したのち、指数平滑法を利用した平準化生産・在庫システムを構築し、システム・パラメータの最適決定アルゴリズムを提案し、シミュレーション実験によって平準化がSCMとして優れた性能を有することを示した。

研究成果の概要（英文）：Kanban system has been known to be a superior tool to control complex production and inventory systems based on “heijunka”. The heijunka means smoothing the production order and part replenishment quantities. In this research, heijunka methods to control a complex multi-stage multi-product production and inventory system are investigated. This research reviews past researches of production planning and control systems concerned with production smoothing. Next the research develops a heijunka production and inventory control system, presents an efficient algorithm to optimize the system, and then evaluates the performance of the production order system based on heijunka in a supply chain as compared to the original kanban and MRP systems. It is concluded that the locally optimized production smoothing order system is quite effective as production and inventory control system in the supply chain.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 2011年度 | 200,000 | 60,000 | 260,000 |
| 2012年度 | 400,000 | 120,000 | 520,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 1,100,000 | 330,000 | 1,430,000 |

研究分野：経営工学、生産管理

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、生産管理、JIT、SCM、シミュレーション

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）の概念は、1980年代に始まり、SCMの定義

は、必ずしも統一されたものではないが、①原材料の調達から最終ユーザーに至るまでの品物の流れと製造過程、およびそれに関わ

る情報の流れに関与した一連の活動であること、②継続した競争力の保持を目的として、SCMに関わる諸活動を統合化し、全体最適を目指すこと、などが謳われている。その概念形成に大きな影響を及ぼしたベストプラクティスにジャストインタイム (JIT) 方式がある(黒田編著、「サプライチェーン・マネジメント」, pp. 2-7, 朝倉書店, 2004)。

JITの基礎は平準化であり、平準化生産計画とそれに続く最終組立ラインにおける製品投入順序計画の最適立案が実務において重要である(門田著、「トヨタプロダクションシステム: その理論と体系」, pp. 93-108, ダイヤモンド社, 2006)。とくに最終組立ラインにおける製品投入順序計画の最適化は、内外の多くの研究者によって取り生まれ、多様なモデルと解法が提案されてきた(田村, 「組立ラインへの製品投入順序計画の最適化」: 「ジャストインタイム生産システム」第4章, ジャストインタイム生産システム研究会編, 日刊工業新聞社, 2004)。

JIT開発の場となった自動車生産においては、車型やエンジンなど主要な仕様の違いだけで数千種にも及ぶ多様化した製品を生産しなければならないことがある。その場合、最終組立ラインにおける生産平準化は、SCMにおけるマーケットインを実現する重要な方策の一つといえる。また、平準化を基礎としたメーカーとサプライヤーの間のSCMにおいては、サプライヤー側での需要変動が抑制され、SCM全体の大幅な在庫縮減、その結果として大幅な製造費低減が期待できる。しかし、メーカーとサプライヤーの間のSCMにおいて、平準化を基礎とした生産計画、生産指示、資材発注の統合的システムの提案、ならびにその性能評価は、重要な課題であるにもかかわらず、ほとんど研究されることなく今日に至っている。

2. 研究の目的

本研究では、メーカーとサプライヤーの間のSCMを対象に、平準化をベースとした生産計画、生産指示、資材発注のシステムを開発し、数値実験によってその性能を従来のMRPシステムやかんばん方式と比較し評価することを研究目的としている。また同時に、いつかのサプライヤーを訪問し、顧客側メーカーが出す部品納入計画ないし納入指示の平準化の実態、ならびにサプライヤー側の対応状況について調査し、平準化の有効性に対する傍証とする。

研究の具体的目標は以下の通りである。

(1) メーカーとサプライヤーの間のSCMとして

機能し得る平準化を基礎とした生産計画・生産指示方式を開発する。この研究には、生産計画・生産指示方式と生産・在庫システムに依存した在庫水準などのパラメータを最適決定するアルゴリズムの開発が含まれる。

- (2) 開発した生産計画・生産指示方式を、需要変動と故障など内部変動を有するサプライチェーンに適用し、提案方式の性能をシミュレーション実験によって評価することで、平準化の有効性を検証する。
- (3) いくつかのサプライヤーを訪問調査し、顧客側メーカーが出す部品納入計画ないし納入指示に対する平準化の実態、ならびにサプライヤー側の対応状況について調査する。この調査結果から、サプライヤー側にとっての平準化の有効性を検証する。

3. 研究の方法

上述した3つの研究目的を達成するため、以下の課題を実施する。

- (1) 生産計画・生産指示の平準化に関する従来研究を整理する。
- (2) 多段階・多品種の生産・在庫システムにおける平準化生産計画・指示方式を提案し、システムの最適化アルゴリズムを開発する。
- (3) 多段階・多品種の生産・在庫システムのシミュレーションモデルを構築する。
- (4) シミュレーションモデルを使って、数値実験を行い、従来のかんばん方式やMRP方式と比較し、平準化の効果を評価する。とくにSCMにおける全体最適化と部分最適化の違いを明らかにする。
- (5) 愛知県内の中堅企業(従業員数100名前後)を訪問調査し、顧客側メーカーが出す部品納入計画ないし納入指示の平準化の実態、ならびにサプライヤー側の対応状況について調査し、平準化の有効性を検証する。

4. 研究成果

主な研究成果は以下の通りに要約される。ただし、(2)項以降の結果は、主として日本機械学会論文誌(主な発表論文等の中の雑誌論文①)で議論した結果である。

- (1) 平準化に関する従来研究の整理を含め、平準化の概要を成本として朝倉書店より出版した(主な発表論文等の中の図書①)。平準化に関連した生産計画や生産指示等には、①JIT、②平準化生産計画、③平準

化車両投入計画等があり、また、④実務における平準化の方法論も紹介した。さらに、⑤従来のMRP方式における平準化、さらにメーカーとサプライヤーが情報をキャッチボールすることで、生産計画を調整する方法の限界についても論究している。

- (2) 愛知県内にある中堅製造業について調査し、顧客メーカーの平準化の実態を調査した。その結果、①一部自動車メーカーとその一次外注からの受注は平準化されており、その場合、サプライヤー側の対応は容易で納期遅れは少ない、②家具メーカーなど顧客メーカーの規模が比較的小さい場合、受注量の変動が大きだけでなく、受注変更も大きく、結果として納期遅れが頻発するといったサプライヤーがみられる。サプライヤーの多くは、これらの中間に位置し、容易に予想されるように、サプライヤーは平準化された納入指示量を希望している。一方、顧客側メーカーは、製品の多様化と需要変動のため、平準化が難しい、あるいは難しくなっているという声が聞かれた。
- (3) 多段階・多品種の生産・在庫システムを構築し、効率的近似最適化アルゴリズムを開発した。この多段階生産・在庫システムでは、生産能力の各品種への配分は、期末在庫量を使ったディスプレイングルールで行い、在庫水準は、シミュレーションによって得られた在庫量の分布を使って在庫量を調整することで最適化をはかっている。この在庫水準最適化アルゴリズムは、局所的最適条件：

$$\theta(r) \leq \frac{h}{h+c} \quad \text{ただし,} \quad \theta(r) = \sum_{x=-\infty}^{r-1} f(x)$$

を利用して在庫水準を調整することをベースに作られている。ただし、記号 r は、現在の在庫水準からの調整量、 $f(x)$ は在庫量の分布関数、 h は単位保管費用、 c は単位品切れ費用であり、最適在庫調整量は、上式を満たす最大の r として求められる。 $f(x)$ はシミュレーションによって求める。このアルゴリズムは汎用性を有し、かんばん方式での在庫水準、MRP方式での安全在庫水準などの(近似)最適化に利用できる。

- (4) 本研究で開発したアルゴリズムを利用して、多段階・多品目の生産・在庫システムについて数値実験を行い、かんばん方式と性能比較を行った。結果として、平準化した生産指示方式は、通常のかんばん方式よりかなり優れていることが確認された(費用低減率は問題に依存する)。まだ公表されてはいないが、

CONWIP(constant work in process)、基本在庫方式、MRPより優れていることも確認されている。

- (5) 上記(4)の数値実験で取り上げた生産・在庫システムに関して、全体最適化と部分最適化の違いをSCMの視点から議論した。そこで得られた重要な成果は、以下の通りである。
- ① 通常、MRP計算におけるように、生産計画は最下流工程(SCMにおいてはメーカーの組立ライン)での生産計画立案から始まり、順に上流工程へ遡って計画が立案されて行く。その場合、各工程で生産計画を立案する際、上流工程の都合はほとんど考慮されない。このため、最下流に位置するメーカーで立案される生産計画は、メーカーにとって、その計画立案方式で達成される最良の計画である。
 - ② MRP方式など、従来の計画立案方式をベースにメーカーとサプライヤーが計画を調整する場合、システム全体のコストは調整によって改善される。しかし、メーカーはコスト増、サプライヤーはコスト減の結果となる。このため、計画の調整には、調整によって節減された費用を按分する取り決めが必要となるが、実務で実施するのは難しい。
 - ③ 平準化ベースの生産指示方式においては、SCMを構成するメーカーとサプライヤーは、従来の計画立案プロセスと同様、自社の費用が最小化されるように平準化すればよい。最下流工程での平準化は、システム全体の費用低減に効果があるため、平準化をベースとした最下流工程からの工程ごとの部分最適化は、システム全体の費用節減と同時に、各工程(すなわちメーカーとサプライヤー)での費用節減を可能にする。
 - ④ JITが主張するような平準化の合理性は、MRPに代表される有限期間の数理計画モデルからは出てこない。
 - ⑤ 先行情報がある需要に関して、その需要量の割合が直前でなければ分からない需要量に比べて十分大きければ、MRP方式がかんばん方式などより優れている。また、そのような場合であっても、平準化の効果は高く、MRP方式より高い性能を示す。

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 6 件)

- ① 田村隆善、大野勝久、SCM における平準化生産・発注の最適化とその効果に関する研究、日本機械学会論文誌(C 編)、査読有、79 巻 798 号、2013、12-27.
- ② 田村隆善、小島貢利、生産管理システムの診断と改善、日本経営診断学会論集、査読有、No.11、2011、76-82.
- ③ T. Tamura, T. Okumura, T. Dhakar, and K. Ohno、Optimal production sequencing problem to minimize line stoppage time in a mixed-model assembly line、International Journal of Production Research、査読有、Vol.49 (14)、4299-4315.

[学会発表] (計 10 件)

- ① T. Tamura, T.S. Dhakar, K. Ohno、Effectiveness of an exponentially smoothed ordering policy in supply chain management、Proceedings of APIEMS 2012 (Thailand)、2012年12月4日、767-778.
- ② 田村隆善、小島貢利、平準化を考慮したMRP計算とSCMにおけるその有効性、日本経営診断学会全国大会予稿集、2012年9月30日、29-32.
- ③ T. Tamura, T. Okumura, T. Dhakar, and K. Ohno、Meta heuristics to minimize line stoppage time in mixed-model sequencing problem、POMS 21th (Canada)、2010年5月10日、1-32 (No. 015-0215).

[図書] (計 3 件)

- ① 田村隆善、生産・発注の平準化-SCM を成功に導く理論的背景-、朝倉書店、2011、135 頁.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田村 隆善 (TAMURA TAKAYOSHI)
愛知工業大学・経営学部・教授
研究者番号：70093101

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者 ()

研究者番号：