

機関番号：13903

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20510134

研究課題名 (和文) 環境適応型バイパスライン生産システムの最適化に関する研究

研究課題名 (英文) Optimization of environmental adaptive bypass-line production system

研究代表者

小島 貢利 (KOJIMA MITSUTOSHI)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：20273310

研究成果の概要(和文):ライン全体の設備投資額の最小化および稼働率向上の両立を目指した、バイパスライン生産システムの設計および投入順序付けの最適化を、作業時間、ライン長、バッファなどを考慮して、シミュレーション技法等を用いて検討した。また、環境を考慮した循環型生産システムに関して数理モデルによる解析を行い、再生産も考慮した生産ラインの最適化に関しての研究を行った。

研究成果の概要(英文): This study aimed at coexisting of minimization of capital investment and the improvement of utilization rates in the entire line, The design of the bypass line production system and the optimization of sequencing order were examined by using the simulation technique etc. in consideration of working hours, the line length, and the buffer, etc. Moreover, the loop type manufacturing system that considered the environment was analyzed according to the mathematical model, and the optimization of the production line that considered reproducing was researched.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	900000	270000	1170000
2009年度	300000	90000	390000
2010年度	500000	150000	650000
総計	1700000	510000	2210000

研究分野：経営工学

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、バイパスライン、JIT

1. 研究開始当初の背景

多品種少量生産が加速するなかで、品種ごとに専用ラインを保持する、あるいは、ロット生産による頻繁なライン変更が発生する生産は、設備投資やラインの稼働率の観点から著しく非効率な状況に陥っている。それを打開するために、国内の自動車メーカー等では、同一のラインで異なる品種を混ぜて同時に流す、多品種混流生産が導入されている。しかし、単一のラインによる多品種混流生産では、各工程における品種間の加工時間や作業負荷のばらつきが大きく、ライン停止や遊

休が多発し、ライン全体の稼働率を低下させることに繋がる。

そこで、メインの生産ラインと組み合わせられ、効率的な多品種混流生産を実現するために考案されたのがバイパスラインである。従来の研究では、混流生産する品種比率や需要量が常に一定であることが前提であり、時事刻々と変化する需要環境の変化に対する考慮が乏しい。製品ライフサイクルに従い、各品種の需要量が変動したり、季節変動や地震、工場事故などの災害発生による急変など、環境変化に柔軟に適応できる、高稼働率なバイ

パスラインの設計や運用アルゴリズムは未だ国内外で開発されていない。これらの問題点が、設備投資の観点で通常の生産ラインと比較して、潜在的に効率性が高いにもかかわらず、バイパスライン生産システムの導入が進まない大きな原因となっている。

2. 研究の目的

本研究では、ライン全体の設備投資額の最小化および稼働率向上の両立を目指した、バイパスライン生産システムの設計、各品種のバイパスラインへの作業時間配分および投入順序付けの最適化アルゴリズムを、シミュレーション技法等を用いて考案する。

また、混流生産する製品比率や需要量に変化が発生しても、その時系列的変化の影響を自動的に判別し、ライン管理者に対して、ラインの修正や投入順序の指示を柔軟に行う、環境適応型の生産システムに関する解析を行う。また、環境を考慮した循環型の生産システムの最適化に関しての基礎的研究を行う。

3. 研究の方法

(1) 生産システムの現地調査

バイパスライン生産システムを実際に稼働している工場を調査し、その生産環境に関する情報収集を行う。特に、バイパスラインにおける、品種数、需要量、作業時間等の実データ等を収集する。また、バイパスラインの費用項目、ライン設計およびラインへの投入順序の決定方法の現状を現地調査により把握する。加えてリサイクル工場などの現地調査も行う。

(2) 生産システムの数理モデル化

現地調査の結果を解析し、品種間での作業時間の差異の特徴等を抽出する。バイパスラインの設計を、ライン長、バイパスライン投入品種、バイパスラインへの割当て作業時間等を決定変数とし、ライン長やライン稼働率などを評価関数とした数理問題として定式化する。また、循環型生産システムの理論的解析も行う。

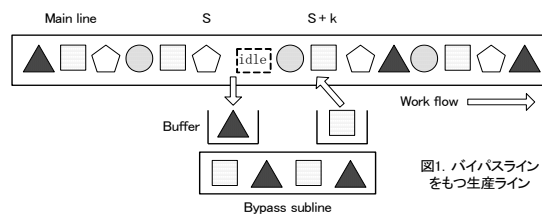
(3) 最適化の性能評価

経験的に培われた現場のノウハウによるライン設計や製品順序投入ルールによる数値結果と、本研究が提案する最適化アルゴリズムの結果の比較を行う。様々な数値例において、計算の効率性や最適化の精度に関する比較検討を、主にシミュレーション実験で行う。

4. 研究成果

(1) 生産ラインの現地調査

バイパスライン(図1)の導入されている、実際の自動車生産ラインに赴き、需要変動に応じた生産ラインの変更やそれに伴う、労働者のシフト変更などがどのように行なわれているか、現地で詳細な聞き取り調査を行な



った。また、自動車リサイクル工場等において、多種多様な使用済み自動車を対象に、環境を考慮した分解作業がどのように行なわれているか現地調査した。その結果、従来よりも、需要変動が大きいため、生産計画や工程管理をすることがより困難になっていることが確認された。特に、リーマンショックによる世界不況や、東日本大震災によるサプライチェーンの破綻など、製造業の置かれた生産環境はますます苛酷になりつつある。

(2) SCM環境下のJIT生産システムの最適化

SCM環境下における、JITの在庫量や生産量をマルコフ連鎖として定式化し、各工程が遠隔地で搬送リードタイムを考慮すべき場合に、変動需要下でのシステムの挙動を、厳密解を求めて明らかにした。加えて、各工程での在庫保管費用や品切れ費用を考慮した場合の最適な在庫量も算出した。

(3) バイパスラインの最適化

作業時間、ライン長、バッファ等のライン環境がラインの稼働率に与える影響を調査し、各種条件を変化させた上でラインの最適化を行った。実験結果より、作業時間の変動が大きくなると、メインライン、バイパスライン共にラインストップ時間が増加する傾向をシミュレーションにより明らかにした。しかしながら、作業時間のラインストップ時間の削減を企図して、ラインを長くすると、逆に作業終了時間が上昇し始めるため、それらの最適化が重要であることを明示した(図2)。また、複数のラインを連動しつつ制御するため、投入順序の最適化が重要であることも示した。これらの結果は、バイパスラインの設計及び運用において有効な示唆を与

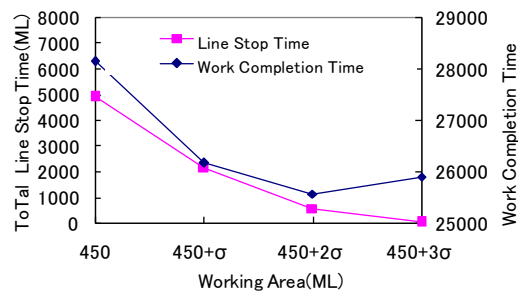


図2 ライン長に対するラインストップと作業終了時間の関係

えるものと期待される。

(4) Jコストの考慮

「Jコスト」と呼ばれる概念について調査し、棚卸資産など流動的でない資金を一定期間保持することによる機会損失を適切に評価するための問題点の検討を行なった。

(5) J I Tの社会的影響に対する考察

バイパスラインに代表されるJ I Tは、ものづくりの分野に限らず、先端技術を応用した製品、サービスや社会システムなど、様々な分野に応用可能であることを明らかにしつつ、一方で、社会や企業に与える影響についても考察し、安直な導入が引き起こす問題点についても指摘した。

(6) ループ構造の生産ラインの最適化

環境を考慮したループ構造の生産ラインについても研究を行い、厳密解を得られる最適化手法であるマルコフ決定過程を応用し、再生産も考慮した生産ラインの最適化についての研究も行った。

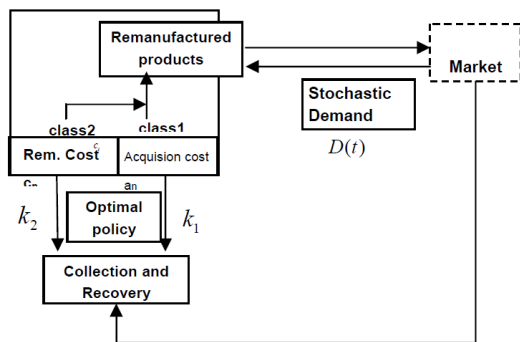


図3. ループ構造の生産ライン

(7) J I Tの信頼性

グローバル生産で各所に分散するジャストインタイムシステムの信頼性に関して、基本的なシステム特性を明らかにし、コストのみを重視し徒に生産箇所を分散することが、生産システム全体の稼働率に対して大きな負の影響を与えることを明らかにした。この予見は、東日本大震災により国内外のサプライチェーンの破綻を通じて、現実に正しいことが証明された。

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6件)

- ① Mitsutoshi KOJIMA, Kenichi NAKASHIMA, Katsuhisa OHNO, Performance evaluation of SCM in JIT environment, International Journal of Production Economics, 査読有, Vol.115, 2008,

pp. 439-443

- ② Kenichi NAKASHIMA, Mitsutoshi KOJIMA, Optimal control of an environment conscious manufacturing system with stochastic demand, 査読有, Proc. of International Conference on Production Research 2009
- ③ Mitsutoshi KOJIMA, Kenichi NAKASHIMA, Performance Evaluation of a Multi-Part JIT Production System, Biomedical Soft Computing and Human Sciences, 査読有, Vol.15, 2010, pp.39-43
- ④ Mitsutoshi KOJIMA, Kenichi NAKASHIMA, Performance Evaluation of a Mixed-model Assembly Line with a Bypass Subline Under Line Stop Condition, Proc. of IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 査読有, 2010

[学会発表] (計9件)

- ① 小島貢利、田村隆善、ジャストインタイムの社会的影響に対する一考察、日本経営診断学会全国大会、2008年11月24日、東京
- ② Mitsutoshi KOJIMA, Kenichi NAKASHIMA, Just-In-Time service management based on the kanban system, INFORMS International Conference on Service Science, 2009年8月6日、香港
- ③ Mitsutoshi KOJIMA, Kenichi NAKASHIMA, A Study on the Risk Management of Multi-Kanban System in a Closed Loop Supply Chain, International Workshop on Institutional Supply Chain Management, 2009年8月9日、西安

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0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0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〕
なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小島 貢利 (KOJIMA MITSUTOSHI)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：20273310

(2) 研究分担者

なし ()

研究者番号：

(3) 連携研究者

なし ()

研究者番号：