

機関番号：33903

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20510148

研究課題名(和文) 一般化かんばん方式とニューロDPによるSCMの最適化に関する研究

研究課題名(英文) Studies on optimization of SCM by the generalized kanban system and neuro-dynamic programming

研究代表者

大野 勝久(OHNO KATUHI SA)

愛知工業大学・経営学部・教授

研究者番号：50026118

研究成果の概要(和文): 本研究は、現実の不確実環境下における多拠点 JIT サプライチェーンの最適運用を目指して開発を進めてきた、ニューロ DP アルゴリズム SBMPIM のさらなる性能向上のため、その基準政策として当初一般化かんばん方式を採用していた。しかし相性が悪く、基準政策を最適設定したかんばん方式に変更した結果、計算時間を 1/100 に短縮して所要メモリも減少した、所期の性能を持つ SBMPIM アルゴリズムを開発することができた。

研究成果の概要(英文): This research intends to improve the neuro-dynamic programming algorithm SBMPIM (simulation-based modified policy iteration method) which has been developed by the researcher for solving an optimal stochastic control problem of a practical just-in-time supply chain. A combination of the SBMPIM and the optimized kanban system has yielded an improved SBMPIM with centesimal computation time.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：経営工学・OR

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：サプライチェーンの最適制御，かんばん方式の最適設定，ニューロ DP アルゴリズム，強化学習，近似 DP，シミュレーション，マルコフ決定過程，確率最適制御

1. 研究開始当初の背景

(1) サプライチェーン (supply chain, SC) は、最終消費者の需要変動をはじめ、生産における原材料・部品の供給遅延、設備故障、作業者の欠勤、物流における交通渋滞、機器故障等々、あらゆる局面で様々な確率的に変動する不確実性に直面している。このような不確実性のもとでは、将来の時点における発注・生産・配送量を、現在の情報だけに基

いて予め決定することは合理的ではない。むしろ、将来のその時点における SC の状態を観測し、それに応じた発注・生産・配送量を決めるべきであり、この決め方を発注・生産・配送政策と呼ぶことにする。

(2) 本研究の対象とする、不確実環境下における SC の最適運用問題は、この意味で基本的にマルコフ決定過程 (Markov decision process, MDP) の問題である。確率数理計画あ

るいはシミュレーションによる取り組みも可能ではあるが、MDP を解いて得られる最適発注・生産・配送政策には遠く及ばない。すなわち、需要の変動はもとより、製造・物流拠点の故障や配送路の不通に臨機応変に対応した最適な発注・生産・配送指示を得ることができるからである。しかしながら、MDP はベルマン (R. Bellman) によって 1950 年代に提案された動的計画法 (dynamic programming, DP) の 1 分野であり、DP の持つ弱点である「次元の呪い」を引き継いでいる。すなわち、次元 (拠点) が増えるにつれ状態数が指数的に増大し、実行時間内に解くことが不可能になるからである。実際 1987 年、研究代表者は 3000 状態を持つ 3 工程生産ラインの最適制御問題を、MDP の厳密アルゴリズムである修正政策反復法 (modified policy iteration method, MPIM) を用いて解いているが (Ohno, K. and Ichiki, K.: "Computing optimal policies for controlled tandem queueing systems", *Operations Research*, Vol. 35, No. 1, pp.121-126 (1987)), これ以上の工程への拡張は不可能なことを当時実感した。

(3) ところが近年、大規模な MDP 問題に対する近似最適政策を計算する強化学習アルゴリズムが国内外で活発に開発され、不確実環境下における多方面の最適制御問題へ適用されている。しかし、これら既存の強化学習アルゴリズムを最も簡単な単一工程ジャストインタイム (just in time, JIT) 生産システムの総平均費用を最小化する最適運用問題へ適用した結果、かんばん方式にも劣る制御政策しか生成できなかった。

(4) そこで、研究代表者らは、MPIM にシミュレーションを併用するニューロ DP アルゴリズム SBMPIM (simulation-based modified policy iteration method) を開発し、最適制御政策が得られることを確認した (大野, 八嶋, 伊藤: "ニューロ・ダイナミックプログラミングによる生産ラインの最適制御に関する研究", *日本経営工学会論文誌*, Vol. 54, No. 5, pp. 316-325 (2003))。さらに、SBMPIM アルゴリズムを 26 万状態を持つ 3 工程 JIT 生産システムへ適用できるように改良し、シミュレーションによりプル方式を最適に設定した性能と比較して、かんばん方式、基点在庫方式、CONWIP、ハイブリッド方式の 4 プル方式が SBMPIM により計算された準最適政策にどれだけ近いかを調べている (大野, 伊藤: "ニューロ・ダイナミックプログラミングによる生産・物流システムの最適制御とプル方式の比較", *日本経営工学会論文誌*, Vol.55, No.4, pp.174-188 (2004))。

2. 研究の目的

本研究は上に述べたニューロ DP アルゴリ

ム SBMPIM をさらに改良し、現実の不確実環境下におけるプル方式を採用した JITSC へ適用できる、きめ細かな最適発注・生産・配送政策を求めんとするものである。そのために、SBMPIM の基準政策として、最適化された一般化かんばん方式から得られる発注・生産・配送政策を採用し、そのシミュレーションから得られる平均費用と相対値の情報をを用いて、SBMPIM を高速化を目指すものである。

3. 研究の方法

(1) 一般化かんばん方式を最適に設定するために、全ての設定値の組み合わせに対してシミュレーションを行うのは不可能である。まず、プル方式一般にたいするかんばん枚数等のパラメータを最適に設定するアルゴリズムを開発しなければならない。

(2) このようにして得られた、最適化された一般化かんばん方式を SBMPIM の基準政策として採用する。すなわち、その発注・生産・配送政策をシミュレーションし、SBMPIM の初期情報として有機的に活用して、SBMPIM の高速化を図る。

(3) しかし実際に、一般化かんばん方式を基準政策として採用して高速化を目指してみると、JITSC にたいする SBMPIM と相性が悪く、無駄な情報が発生した。

(4) そこで、最適設定したかんばん方式を基準政策として採用することに変更した。このかんばん方式をシミュレーションすることで必要な情報を推定し、その情報を用いて SBMPIM を飛躍的に高速化し、かつ必要メモリーも大幅に減らすことができることが判明した。

4. 研究成果

(1) 下記論文 において、プル方式として、かんばん方式、基点在庫方式、CONWIP、ハイブリッド方式、一般化かんばん方式を対象に、プル方式のパラメータを最適設定するアルゴリズム SBOS (Simulation-based optimal setting) を提案している。さらに SBMPIM を改良し、4200 万状態を持つ 3 拠点 JITSC にたいして、SBMPIM から計算された最小費用を基準に、上記 5 プル方式間の性能比較を行っている。研究代表者が知る限り、この規模の状態数を持つ MDP を解きうるアルゴリズムは他に存在しない。不確実環境下におけるシステムの最適運用問題は、すべて MDP として定式化できるので、広範な応用が期待される。

(2) 下記論文 において、上記 3 の (4) の結果を一部発表している。そこでは論文の SBMPIM と比較して、計算時間を 1/100 に短縮して所要メモリーも 1/5 に減少できたことが報告されている。なお、正式な論文は現在投稿中である。

(3) 下記論文において、不確実環境下における多工程 JIT 生産システムにたいする平均費用等の厳密な値を計算するアルゴリズムを提案している。今後このアルゴリズムを用いて、本研究で多用しているシミュレーションの精度を検証する予定である。

(4) 下記論文 , , において, JITSC における混合品種組立ラインの最適投入順序を決定するアルゴリズムを開発している。

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13件)

M. Iwase and K. Ohno, "The Performance Evaluation of a Multi-stage JIT Production System with Stochastic Demand and Production Capacities", European Journal of Operational Research, 査読有, 掲載予定, 2011.

T. Tamura, T. Okumura, T.S. 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, 掲載予定, 2011.

K. Ohno, "The Optimal Control of Just-in-time-based Production and Distribution Systems and Performance Comparisons with Optimized Pull Systems", European Journal of Operational Research, 査読有, Vol.213, pp.124-133, 2011.

大野勝久, 坊敏隆, 荒川雅裕, 「最適かんばん方式とニューロ DP による SCM の最適化に関する研究」, 数理解析研究所考究録, 査読無, Vol.1734 「不確実性下における意思決定問題」, pp.148-155, 2011.

T. Tamura, T. Okumura, T.S. Dhakar and K. Ohno, "Meta Heuristics to Minimize Line Stoppage Time in

Mixed-Model Sequencing Problem", Proceedings of POMS 21th Annual conference, 査読有, pp.1-32, 2010.

T. Tamura, S. Nishikawa, T.S. Dhakar and K. Ohno, "Computational efficiencies of goal chasing, SA, TS and GA algorithms to optimize production sequence in a free flow assembly line", Proceedings of International Conference of APIEMS, 査読有, pp.2145-2156, 2009.

T. Tamura, T. Okumura, T.S. Dhakar and K. Ohno, "Optimal Production Sequencing Problem to Minimize Line Stoppage Time in a Mixed-Model Assembly Line", Proc. 20th International Conference on Production Research, 査読有, pp.1-6(No.77), 2009.

T. Tamura, S. Nishikawa, T.S. Dhakar and K. Ohno, "Comparison of Computational Efficiencies between Goal Chasing, SA, TS and GA Algorithms to Optimize Production Sequence in a Free Flow Assembly Line", Proceedings of APIEMS2008, 査読有, pp. 2145-2156, 2008.

M. Kojima, K. Nakashima and K. Ohno, "Performance evaluation of SCM in JIT environment", International Journal of Production Economics, 査読有, Vol. 115, No.2, pp. 439 ~ 443, 2008.

T. Tamura, M. Yamazaki, T.S. Dhakar and K. Ohno, "Formulation of an Optimal Production Sequencing Problem in a Complex Free flow Assembly Line", 日本経営工学会論文誌, 査読有, Vol. 59, NO.3, pp. 205-213, 2008.

T. Tamura, T.S. Dhakar and K. Ohno, "Effectiveness of an Exponentially

Smoothed Ordering Policy as Compared with Kanban System”, Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, 査読有, Vol. 34, No. 1, pp.1-12, 2008.

M. Hiraiwa and K. Nakade, “Analysis of a Single Stage Production/Inventory System with Advance Demand Information”, 日本経営工学会論文誌, 査読有, Vol.59, pp.477-486, 2008.

K. Nakade and K. Nishiwaki, “Optimal Allocation of Heterogeneous Workers in a U-shaped Production Line”, Computers & Industrial Engineering, 査読有, Vol.54, pp.432-440, 2008.

〔学会発表〕(計6件)

大野勝久, 坊敏隆, 荒川雅裕, 「最適かんばん方式とニューロ DP による確率的サプライチェーンの最適制御」, 日本経営工学会平成 23 年度春季大会, 2011 年 5 月 29 日, 愛知学院大学.

大野勝久, 「ニューロ DP による生産システムの最適制御」, 日本機械学会東海支部 第 60 期総会・講演会, 2011 年 3 月 14 日, 豊橋技術科学大学.

坊敏隆, 大野勝久, 荒川雅裕, 「一般化かんばん方式とニューロ DP による SCM の最適化に関する研究」, 日本経営工学会平成 22 年度秋季研究大会, 2010 年 10 月 24 日, 福岡工業大学.

K. Ohno, “A New Neuro-Dynamic Programming Algorithm to Determine an Optimal Control of Just-in-time-based Production and Distribution Systems”, Asia Pacific Industrial Engineering & Management Systems Conference 2009, 2009 年 12 月 15 日, Kitakyusyu.

大野勝久, 「不確実な需要に対する各種プル方式による生産・物流システムの比較」, スケジューリング・シンポジウム 2009, 2009 年 9 月 17 日, 岡山大学.

大野勝久, 「生産・物流システムの最適制御」, 日本機械学会東海支部第 58 期総会講演会, 2009 年 3 月 18 日, 岐阜大学.

〔図書〕(計3件)

大野勝久, 朝倉書店, 「Excelによる生産管理 - 需要予測、在庫管理からJITまで - 」, 2011年, 196頁.

片井 修, 玄 光男, 大野 勝久 他編集, 近代科学社, 「進化技術ハンドブッ

ク 第 巻 基礎編」2010年, 256頁.
黒田充, 大野勝久監訳, 朝倉書店, 「サプライチェーンハンドブック」, 2008年, 719頁.

6. 研究組織

(1)研究代表者

大野 勝久 (OHNO KATUHISA)
愛知工業大学・経営学部・教授
研究者番号: 5 0 0 2 6 1 1 8

(2)研究分担者

田村 隆善 (TAMURA TAKAYOSHI)
名古屋工業大学・工学研究科・教授
研究者番号: 7 0 0 9 3 1 0 1
中出 康一 (NAKADE KOICHI)
名古屋工業大学・工学研究科・教授
研究者番号: 5 0 2 0 7 8 2 5
岩瀬 雅治 (IWASE MASAHARU)
文京学院大学・経営学部・非常勤講師
研究者番号: 7 0 2 1 3 2 8 8
鈴木 達夫 (SUZUKI TATUO)
愛知工業大学・経営学部・教授
研究者番号: 0 0 0 6 4 9 4 9
近藤 高司 (KONDO TAKASHI)
愛知工業大学・経営学部・教授
研究者番号: 6 0 1 2 1 3 5 7

(3)連携研究者

()

研究者番号: