

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 16 日現在

機関番号：32689

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23560489

研究課題名(和文)生産スケジューリング業務プロセスモデリングによるシステム化規範構築に関する研究

研究課題名(英文)A Reference Model for Development of Production Scheduling Systems based on Business Process Modeling

研究代表者

藤村 茂 (FUJIMURA, SHIGERU)

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：00367179

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円、(間接経費) 1,230,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題の目的は、生産スケジューリングの業務プロセスモデリングを行い、システム化規範を構築することである。具体的には業務プロセスモデルを明確にし、そのモデルに適合するシステム化モジュールの機能およびインタフェース仕様を定め、システム化モジュールを用いたシステム化規範を提案することである。本研究課題では、(1)現状のシステム構築の問題点を整理し、その問題点を克服するためのシステム化規範をまとめ、(2)スケジューリング業務と製造プロセスの改善作業を同期させ進化させるスパイラル進化型システム開発規範をまとめ、それに従った生産スケジューリングシステムを開発しその有効性を評価した。

研究成果の概要(英文)：The purposes of this research are to make a generalized business process model of production scheduling work and to build a systematization reference model based on it. To make such a business process clear, various kinds of production work are analyzed and a generalized business process model is created. According to it, specifications for implementation modules and interfaces are designed and a systematization reference model combining these is proposed. In this research, the following two items are achieved. 1) A systematization reference model is proposed that overcomes several problems while scheduling systems are implemented. 2) A novel concept of spiral evolutional systematization which synchronizes system development with an environment changed by kaizen of production process is proposed. A systemization reference model for small and medium-sized enterprises based on this concept is proposed and a production scheduling system based on the model is developed and evaluated.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・システム工学

キーワード：生産スケジューリング 業務プロセスモデリング システム化規範 システム構築方法論 意思決定
生産管理

1. 研究開始当初の背景

企業の業務系システムの開発、特にエンタプライズリソースプランニング(Enterprise Resource Planning: ERP)やサプライチェーンマネジメント (Supply Chain Management: SCM) システムの開発が多く行われている。しかしその中で、生産スケジューリングの機能は、重要な機能であるにも関わらず、その業務が非常に複雑な意思決定機能を含んでいるため、実際の業務の利用に耐えうる機能として提供されていない。この原因として、この意思決定機能が個々の対象によって差異が大きいこと、さらに、製品ライフサイクルの短縮化によって対象がダイナミックに変化することがあげられる。そこで、このような機能のシステム化のためには、柔軟な拡張性、ダイナミックな変化への対応性をもつ業務プロセスモデリングを行う必要がある。

学術的な側面からは、業務プロセスモデリングのためのいくつかの手法や記法が提案されており種々の業務系システムの開発に利用されつつある。また、生産スケジューリングの業務プロセスのモデリングに対する取り組みも行われており、モデルのダイナミックな変化に着目した研究も行われつつある。これらの基礎的なモデリングの研究をベースに、本研究では、上記の拡張性および対応性を視野に入れた実際の製造業で適用可能なモデリングを行い、そのモデルに適合するシステム化モジュールおよびそのインタフェース仕様を定めシステム化規範を構築することを目的としている。

2. 研究の目的

本研究では、生産スケジューリングの業務プロセスのモデリングを行い、システム化規範を構築することを目的としている。具体的には業務プロセスモデルを明確にし、そのモデルに適合するシステム化モジュールの機能およびインタフェース仕様を定め、システム化モジュールを用いたシステム化規範を提案することである。そこで、本研究では、以下のような2つの研究課題に取り組む。

(1) 2012年4月に、電気学会C部門システム技術委員会において「生産スケジューリング業務のシステム化規範に関する協同研究委員会(以下スケジューリング委員会と記す)」を設置し、本委員会のメンバーとシステム化規範について議論を行う。現状のシステム構築の問題点を整理し、その問題点を克服するためのシステム化規範をまとめる。

(2) 中小企業における生産スケジューリングシステムの導入をターゲットとしたスパイラル進化型生産スケジューリングシステムを提案する。企業環境では、製造プロセス、利用設備、利用処方、製品、業務などが常に変化している。このような変化に対して、システムは停止することなく継続的に運用しなければならない。そこで、本提案では、ス

ケジューリング業務と製造プロセスの改善作業を同期化させ、これらの業務をサポートするスパイラル進化型のシステム開発規範をまとめ、それに従った生産スケジューリングシステムを開発し評価を行う。

3. 研究の方法

本研究では、以下の手順に従って最終的な目的である生産スケジューリングシステム開発のためのシステム化規範を規定することを目指す。

(1) 業務プロセスモデリング手法の調査
BPMN(Business Process Modeling)などの業務プロセスモデリング手法について、スケジューリング委員会の大学メンバーが生産スケジューリング問題への適用性について検討を行い、他メンバーと議論を行う。また、このような汎用のモデリング手法と、研究代表者が提案しているオーダーライフサイクルマネジメント(Order Life-cycle Management: OLM)のオーダー推移モデルとを統合したモデリング手法の適用方法を検討する。

(2) 企業ヒアリングの実施

いくつかの企業に対して業務プロセスモデリングを行うためのヒアリングを実施する。具体的には、受注生産品を扱う組立加工業種の中小企業の工場と、製紙工場を対象として生産スケジューリング手順をヒアリングしその内容を整理する。

(3) 汎用業務プロセスモデル(第0版)の構築

企業ヒアリングの内容に従って個々の業務プロセスモデルを生成する。個別モデリングで生成されたモデルに基づいて、汎用的な業務プロセスモデル(第0版)を構築する。このモデルはOLMの仕組みを利用して視点の異なるスケジューリングロジックを組み合わせるフレームワークを提案し、そのフレームワークの上でモデルを検討する。本フレームワークおよびモデルの問題点を整理し課題とする。

(4) 汎用業務プロセスモデル(第0版)の検証・評価

(3)で構築した汎用業務プロセスモデル(第0版)についてヒアリングを実施した企業に報告を行い、他部門での適用が可能かどうか検証・評価作業を行う。検証・評価の結果については、スケジューリング委員会で報告し、モデルの有効性について議論を行う。

(5) 業務プロセスモデル(第1版)の構築とシステム化モジュールの設計・実装

(3)、(4)の検討のもとで、業務プロセスモデル(第1版)をまとめる。また、この業務プロセスモデルに従って、システム化を行う際に必要となるシステム化モジュールの機能・インタフェース仕様を明確にする。これらの仕様は、スケジューリング委員会の大学メンバーが中心となって決定し、スケジューリング委員会の他メンバーとの議論を

通じて詳細を明らかにする。そして、研究代表者が中心となって基本要素のプロトタイプを設計・実装する。プロトタイプの実装のためには、研究代表者が既に先行研究で開発している生産スケジューリングシステム SheMe や OLM のためのソフトウェア資産を利用する。これらのシステム化モジュールは基本的な要素のみの設計・実装になるが、システム化モジュールによる実現性を明確にする意味で、実装することは非常に重要である。業務プロセスモデルの汎用化が難しい場合は、業種別あるいは製造形態別の固有のモデルに対するシステム化モジュールの実現を行う。但し、このようなモデルの形態であっても、システム化モジュールの機能・インタフェース仕様は汎用的に扱えるものを指向する。これらのシステム化モジュールの設計・実装の後でヒアリングを実施した企業で再度評価を行う。

(6) システム化規範の構築および評価

システム化モジュールを利用したシステム化規範をまとめ、スケジューリング委員会の委員との議論を行う。システム化規範とシステム化モジュールの整合性を評価する。また、ヒアリングを行った企業でない他の企業の実際の製造過程で、本システム化規範に従ったシステム化モジュールによるシステム開発によって本研究で提案したシステム化規範の評価を行う。

(7) 中小企業向けスパイラル進化型生産スケジューリングシステムの提案

業務プロセスモデルとして、スパイラル進化利用できるモデルを提案する。また、この業務プロセスモデルに従って、システム化を行う際に必要となるシステム化モジュールの機能・インタフェース仕様を明確にし、プロトタイプシステムを開発する。

(8) プロトタイプシステムの評価

(7) で開発したスパイラル進化型生産スケジューリングシステムのプロトタイプシステムをいくつかの企業で利用してもらい、有効性の評価を行う。

(9) システム化規範、システム化モジュールの技術公開

本研究で構築したシステム化規範およびスパイラル進化型生産スケジューリングシステムの提案を学術論文として仕上げ技術公開を行う。また、スケジューリング委員会では、成果を技術図書としての出版を行う。また、Web 上での技術公開も行い、広く技術の普及・啓発活動を実施する。

4. 研究成果

本研究課題では、生産スケジューリングの業務プロセスモデルを明確にし、そのモデルに適合するシステム化モジュールの機能およびインタフェース仕様を定め、システム化モジュールを用いたシステム化規範を提案した。具体的な本研究課題の成果は以下の2点である。

(1) 2012年4月に、電気学会C部門システム技術委員会において「生産スケジューリング業務のシステム化規範に関する協同研究委員会」を設置し、本委員会のメンバーとシステム化規範について議論を行った。現状のシステム構築の問題点を整理し、その問題点を克服するためのシステム化規範を提案した。この成果は電気学会の技術報告書としてまとめた。

(2) 中小企業における生産スケジューリングシステムの導入をターゲットとしたスパイラル進化型生産スケジューリングシステムを提案した。企業環境では、製造プロセス、利用設備、利用処方、製品、業務などが常に変化している。このような変化に対して、システムは停止することなく継続的に運用しなければならない。そこで、本提案では、スケジューリング業務と製造プロセスの改善作業を同期化させ、これらの業務をサポートするスパイラル進化型のシステム開発規範をまとめ、それに従った生産スケジューリングシステムを開発し評価を行った。また、より多くの中小企業で利用可能とするために、在庫情報をもとにスパイラル進化過程としてシステム構築可能な拡張機能の設計・実装も行った。

システム化規範のシステム化モジュールの要素技術について、5件の雑誌論文および1件の国際学会発表論文としてその内容をまとめている。また、システム化規範およびスパイラル進化の概念全般については、5件の国内学会発表論文、3件の国際学会発表論文として内容を報告している。

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5件)

- (1) Wei Weng, Xin Wei, Shigeru Fujimura: "Dynamic routing strategies for JIT production in hybrid flow shops", *Computers and Operations Research*, 査読有, Vol.39, Issue 12, pp.3316-3324 (2012)
- (2) Wei Weng, Shigeru Fujimura: "Control methods for dynamic time-based manufacturing under customized product lead times", *European Journal of Operational Research*, 査読有, Vol.218, Issue 1, pp. 86-96 (2012)
- (3) Wenqiang Zhang, Shigeru Fujimura: "Multiobjective Process Planning and Scheduling Using Improved Vector Evaluated Genetic Algorithm with Archive", *IEEEJ Transaction On Electrical and Electronic Engineering*, 査読有, Vol.7, Issue 3, pp.258-267 (2012)
- (4) Xin Wei, Shigeru Fujimura:

- "Multiupdate Mode Quantum Evolutionary Algorithm and Its Applications to Combination and Permutation Problems", IEEJ Transaction On Electrical and Electronic Engineering, 査読有, Vol.7, Issue 2, pp.166-173 (2012)
- (5) Ikutaro Okada, Koji Takahashi, Wenqiang Zhang, Xiaofu Zhang, Hongyu Yang and Shigeru Fujimura: "A genetic algorithm with local search using activity list characteristics for solving resource-constrained project scheduling problem with multiple modes", IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering, 査読有, Vol.9, Issue 2, pp.190-199 (2014)
- [学会発表] (計 9 件)
- (1) Shigeru Fujimura: "Development Methodology for Production Scheduling Systems using Business Process Modeling", 21th International Conference on Production Research, July 31- August 4, 2011, Stuttgart, Germany
- (2) Shigeru Fujimura: "Cooperated Integration Framework of Production Planning and Scheduling based on Order Life-cycle Management", KEPS Workshop(Knowledge Engineering for Planning and Scheduling), 21st International Conference on Automated Planning and Scheduling, June 11- 16, 2011, Freiburg, Germany
- (3) 藤村 茂: "ビジネスプロセスモデリングに基づく生産スケジューリングシステムの開発方法論", 平成 23 年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2011 年 9 月 8 日, 富山
- (4) 藤村 茂: "スパイラル進化可能な中小企業向け生産スケジューリングシステム", 平成 24 年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2012 年 9 月 6 日, 弘前
- (5) 藤村 茂: "スパイラル進化型スケジューリングシステム構築手法の適用評価", 電気学会システム研究会, 2013 年 2 月 22 日, 東京
- (6) 藤村 茂: "生産スケジューリング業務のシステム化の現状と課題", 電気学会システム研究会, 2013 年 6 月 27 日, 東京
- (7) 藤村 茂: "生産スケジューリング業務のシステム化規範", 平成 25 年電気学会電子・情報・システム部門大会, 2012 年 9 月 5 日, 北見
- (8) Shigeru Fujimura: "Fuzzy-based Multi-Term Genetic Algorithm for Reentrant Flow Shop Scheduling Problem", The IEEE International

Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Dec. 10 - 13, 2013, Bangkok, Thai

- (9) Shigeru Fujimura: "A Reference Model for Development of Production Scheduling Systems", 4th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Jan. 7 - 9, 2014, Bali, Indonesia

[図書] (計 1 件)

- (1) 電気学会 技術報告書: "生産スケジューリングシステム導入ガイド～失敗しないシステム開発のために～", 生産スケジューリング業務のシステム化規範に関する協同研究委員会編 (2014 年 6 月発刊予定)

[その他]

ホームページ等

<http://www.fujimura-lab.org/>

<http://www.ieej-scheduling.scheduler.jp.net/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤村 茂, 早稲田大学, 理工学術院
大学院情報生産システム研究科, 教授,
研究者番号: 00367179