

## 自己評価報告書

平成23年3月31日現在

機関番号：13102

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2011

課題番号：20710114

研究課題名 (和文)

繰返し実行型離散事象システムに対する頑健なスケジューラ

研究課題名 (英文)

Robust scheduler for repetitive discrete event systems

研究代表者

五島 洋行 (GOTO HIROYUKI)

長岡技術科学大学・工学部・准教授

研究者番号：00398950

研究分野：システム工学，オペレーションズリサーチ

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：離散事象システム，スケジューリング，状態空間表現，頑健性，Dioid 代数，繰返し型

## 1. 研究計画の概要

MIMO-FIFO 構造を有する繰返し実行型の離散事象システムに対するロバストなスケジューラの構築と実装を行う。システムの記述には、Dioid 代数系と呼ばれる離散数学系を用いる。この代数系を用いると、複数プロセスの並列実行，同期，非競合性などの制約関係が，現代制御理論の状態空間表現に類似した簡潔な線型方程式で記述できる。このため，制御理論分野におけるいくつかの研究結果，例えば，内部モデル制御，モデル予測制御，適応制御などのフレームワークを，Dioid 代数系に適用する試みが行われてきた。

しかし既存研究の大半は，通常の代数系でのフレームワークに極力手を加えずに応用することを基本方針としているため，(1)記述能力が低く，実システムへの適用範囲に限られている，(2)高速・効率的な計算方法についての検討がほとんどされておらず，大規模システムへの適用や，オンラインでの運用に難がある，(3)各プロセスの処理時間など，システムパラメータが確率的変動をする場合などの検討が不十分，などの問題があった。

そこで本研究では，上記課題に対して，(1)既存の状態空間表現を拡張し，より広いクラスのシステムに適用可能にする，(2)状態空間表現の高速な計算方法について，アルゴリズムなどの理論面，実機での実装面での両面で検討する，(3)各プロセスでの処理時間の不確実性が高い場合に，全体の処理時間を短縮しつつ，意図した値に近い出力が得られるような方法論を検討する，ことなどを目的として検討をすすめる。

## 2. 研究の進捗状況

2008 年度は，既存の状態空間表現に対して，容量・バッファサイズに関する制約条件を柔軟に設定できるような拡張を行い，仕掛在庫の偏在を検出，あるいはそれを防止できるような方法論の構築を行った。また，状態空間表現の計算では，遷移行列と呼ばれる事象の伝播時間を表す表現行列の計算負荷が高い。このため，この遷移行列の高速な計算方法について検討し，設備数を  $n$ ，先行制約数を  $m$  とした時に，従来は  $O(n^4)$ であった時間計算量が， $O(n^3)$ または  $O(n(n+m))$ にまで短縮された。

2009 年度は，状態空間表現に対して，(1)異なる二つのスケジューリングポリシーを混在させる方法と，それらを相互に変換する方法論，(2)タスクの実行時間に不確実性がある場合への対応，の二点について検討した。(1)では，各タスクを最早または最遅で開始するポリシーと，予め決められた時間をかけて実行する，時刻固定型ポリシーの，両ポリシーを混在させる方法と，それらの相互変換の方法について検討した。また(2)では，CCPM と呼ばれる，経営工学分野で用いられる手法を，Dioid 代数系での状態空間表現に適用することを試みた。CCPM 法では，タスクの実行時間に不確実性がある場合に，納期短縮と遅れの防止を両立させるために，時間バッファと呼ばれる余裕時間を数箇所挿入する。これらのバッファを挿入すべき位置と量の計算を，Dioid 代数系で行う方法を考案した。

2010 年度は，状態空間表現の高速な計算方法について，2008 年度での検討結果をさらに深掘りして検討した。主に，(1)CELL プロセッサや GPU ボードなどを用いた実機ベ

ースでの高速化と、(2)アルゴリズム論など理論面での高速化、の二つの観点で検討し、特に(2)では、システムの先行制約関係が計算済である場合には、状態方程式が  $O(n+m)$  の時間計算量で計算できるようになった。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

(理由)

個別の詳細検討項目については、当初計画どおりの順序で実施できなかったものもあるが、研究期間の4年間全体で見た場合には、おおむね順調か、予定より若干早いペースで進展している。

この理由として、当初は原則一人でやる予定であった本研究が、研究開始後に別分野を専門とする研究者と協働して研究を行うことが可能になり、研究の進捗を加速させられたことがある。

### 4. 今後の研究の推進方策

計画策定時に予定していた検討項目のうち、理論面での検討はおおむね終了し、一部について計算機での実装と数値実験を残すのみとなっている。これらが終了次第、すみやかに研究成果のとりまとめと総括を行う予定である。

### 5. 代表的な研究成果

(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 17 件)

[1] Hiroyuki GOTO, Acceleration of Computing the Kleene Star in Max-Plus Algebra using CUDA GPUs, IEICE Transactions on Information & Systems, Vol. E94-D, pp. 371-374, 2011, 査読有.

[2] Hiroyuki GOTO, High-speed Computation of the Kleene Star in Max-plus Algebraic System Using a Cell Broadband Engine, IEICE Transactions on Information & Systems, Vol. E93-D, pp. 1798-1806, 2010, 査読有.

[3] Hiroyuki GOTO, Hirotaka TAKAHASHI, Transferring Progress Control Policies in Scheduling Problems for a Class of Repetitive Discrete Event Systems, International Journal of Control, Vol. 83, pp. 421-431, 2010, 査読有.

[4] Hiroyuki GOTO, Robust MPL Scheduling Considering the Number of In-process Jobs, Engineering Applications of Artificial Intelligence, Vol. 22, pp. 603-607, 2009, 査読有.

[5] Hiroyuki GOTO, Dual Representation and Its Online Scheduling Method for

Event-Varying DESs with Capacity Constraints, International Journal of Control, Vol. 81, pp. 651-660, 2008, 査読有.

[学会発表] (計 18 件)

[1] Hiroyuki GOTO, A Fast Computation of the State Vector in a Class of DES System, The 9th WSEAS International Conference on Applications of Computer Engineering, In Penang, 2010/3/23.

[2] Hiroyuki GOTO, Takakazu TSUBOKAWA, Transferring the Progress Control Policy for a Class of Discrete Event Systems, The 9th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications, In Pisa, 2009/12/1.

[図書] (計 2 件)

[1] Hiroyuki GOTO (ほか計 16 名), SCIYO, Discrete Event Simulations, pp. 35-62, 2010.

[2] 五島洋行 (ほか計 31 名), 近代科学社, 挑戦こそが成功の鍵, pp. 58-65, 2010.

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: スケジュール作成方法, スケジュール作成装置及びコンピュータプログラム

発明者: 五島洋行, 高橋弘毅, 笠原統徳

権利者: 長岡技術科学大学

種類: 特許

番号: 特開 2010-198339

出願年月日: 2009 年 2 月 25 日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 1 件)

名称: プロセス行列作成方法, スケジュール生成方法, プロセス行列作成装置, スケジュール生成装置, コンピュータプログラム, 及び記録媒体

発明者: 五島洋行, 増田士朗

権利者: (株) 日本総合研究所

種類: 特許

番号: 特許第 4383063 号

取得年月日: 2009 年 10 月 2 日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ

<http://msdlab.nagaokaut.ac.jp>