IF－2

サステナブル生産を目指した実仮想融合型生産管理手法の提案とその有効性評価

神戸大学 大学院システム情報学研究科
貝原俊也

MSTC
Manufacturing Science and Technology Center

背景と目的

- 背景
  - グローバルで持続可能な地球環境を実現するためには,サステナビリティへの取組みが重要
  - システムシミュレーション技術や最適化技術などを駆使した適切な生産管理手法に関する新しい方法論を実現することが，サステナビリティに対する重要な課題
- 目的
  - 大規模・グローバルな生産環境下にて無駄の徹底排除によるサステナブル生産を目指した実仮想融合型生産管理手法の提案とその有効性の検証

MSTC
Manufacturing Science and Technology Center

実施体制

- 実施体制
  - リーダー
    - 貝原 俊也　（神戸大学）
    - 藤井 進　（上智大学）
  - 参加者
    - 倉橋 正志　（オムロン）
    - 梅田 豊裕　（神戸製鋼所）
    - 堀 栄一　（コマツ）
    - 大石 重雄　（ジェイテクト）
    - 谷岡 雄一　（清水建設）
    - 二宮 和之　（IHI）
    - 村木 俊之　（ヤマザキマザック）

MSTC
Manufacturing Science and Technology Center

実施内容の概要

- 概要
  - 実仮想融合型生産管理手法の実現に向けた産業界からのニーズ調査や仕様の検討
  - 実生産ラインに利用されているハードウエアやソフトウエアの調査

- 会議開催
  - 第一回：2010年10月27日　真福寺 キックオフ会議
  - 第二回：2010年12月 2日　神戸製鋼所　高砂機械センター
  - 第三回：2011年 1月27日　コマツ　小山工場
  - 第四回：2011年 3月28日　清水建設 技術研究所
    （↑東日本大震災により延期）

MSTC
Manufacturing Science and Technology Center

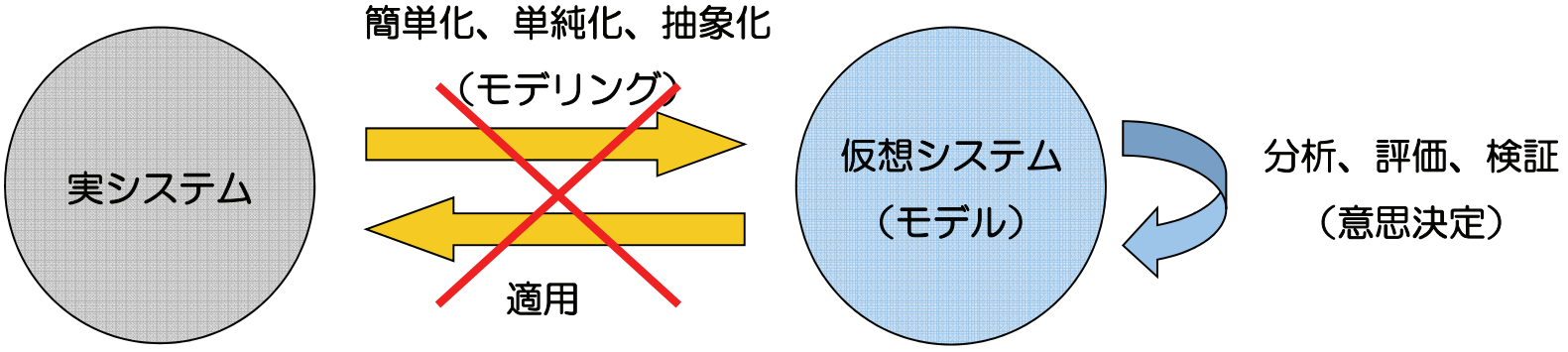
実仮想融合型生産システムに関する コンセプトメイキングと 基礎的な検討

平成23年度アイデアファクトリー総会　平成23年6月9日

神戸大学　大学院システム情報学研究科　貝原俊也

MSTC
Manufacturing Science and Technology Center

研究背景



仮想システムによる意思決定は、実際の生産現場においても計画・設計の段階で、実システムの評価や改善に有効と認められている。

運用段階での利用はまだ限られている（問題点）

- 現実システムには様々な不確定要素があり、仮想システムのみでは表現が困難な部分も存在
- 仮想システムでは事前に単純化した変動しか表現できず、実システムの動的な変化（需要変動や機械故障など）に対する適応性は有していないため、時間の経過とともに仮想モデルが利用されなくなり、実システムを正確に反映できなくなる。
- 対象問題の大規模化、複雑性化にともない、仮想モデル構築あるいは修正に膨大な時間が必要

↓

仮想システムと実システムの間に乖離が生じる

↓

運用段階において、実システムと仮想システムとの連携の可能性を追究する.

MSTC
Manufacturing Science and Technology Center

研究目的

実生産システムと仮想システムを融合させ、生産現場を取り巻く様々な変動要素に対し即応性と効率性を有する実仮想融合型生産システムの構築を目指す。

実現手段

仮想システムのモデリング技術として、マルチエージェントシステムの概念を取り入れる

神戸大学　大学院システム情報学研究科　貝原俊也

MSTC
Manufacturing Science and Technology Center

実仮想融合型生産システム

- 仮想システムの動的生成
  - 時間的決定：生成のタイミング
  - 空間的決定：生成の範囲

  情報伝播による仮想システムの動的生成
    - （現状）エージェント間の情報のやりとりによる予測
    - （将来）超分散シミュレーションによる予測

- 仮想システムにおける意思決定
  - 最適性と適応性のバランスをとる組合せオークション手法

神戸大学　大学院システム情報学研究科　貝原俊也

MSTC
Manufacturing Science and Technology Center

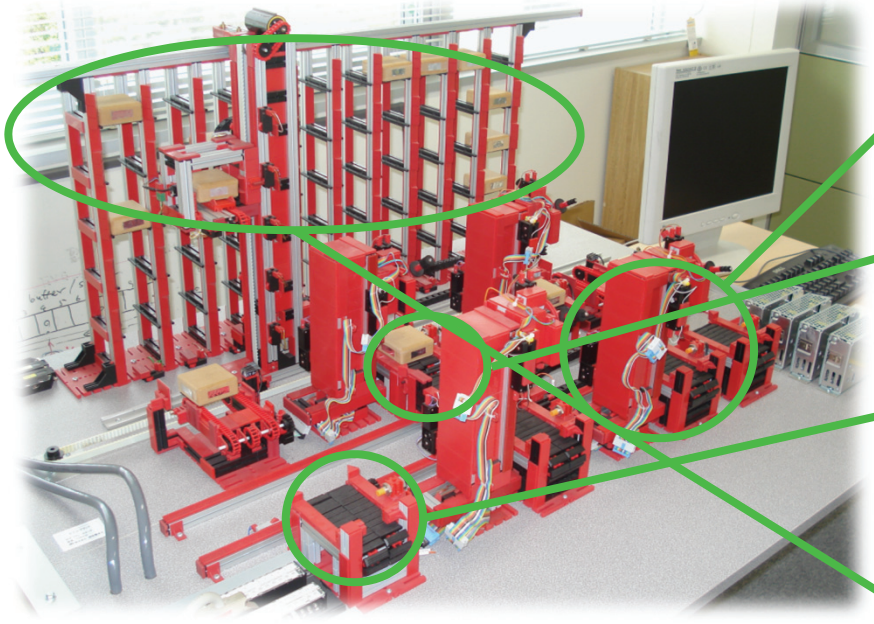
仮想システムの動的生成

- 計画段階（最適性）
  - システム全要素を考慮する
    - ブロードキャスト通信によりシステムの全要素が仮想システムを生成
- 運用段階（最適性と適応性）
  - システム一部のみを考慮する
    - 情報伝播による影響範囲の決定
      - 情報伝播により，加工遅延による納期遅れの予測や機械故障情報が生産システム要素の間に伝播
      - 必要性
        - » 既に決められたスケジュールの変更を行う際に，各作業間に先行関係が存在するため，他の機械が行う作業の処理時刻との整合性を保証することが必要
        - » 変更を行う際に，機械独自の判断に基づくのではシステム全体の状態を常に改善できるとは限らないため，各機械はそれぞれ自分が行った変更によりシステム全体のスケジュールに生じる影響を定量的に評価することが必要

MSTC
Manufacturing Science and Technology Center

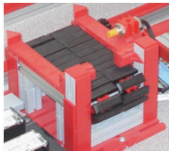
モデルプラントシステム

- 実工場とほぼ同等のセンサ・アクチュエータ・制御系を有する.
- モデルプラントを用いることで、生産進捗状況が見えるようになるだけでなく,
  よりリアルに物理空間の変動要素を表現可能



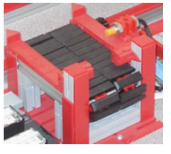
加工ミリングマシン　４台

(いずれも３つの加工用ツールを保有)



移動コンベア　１台

(加工物を搬送)



バッファコンベア　２台

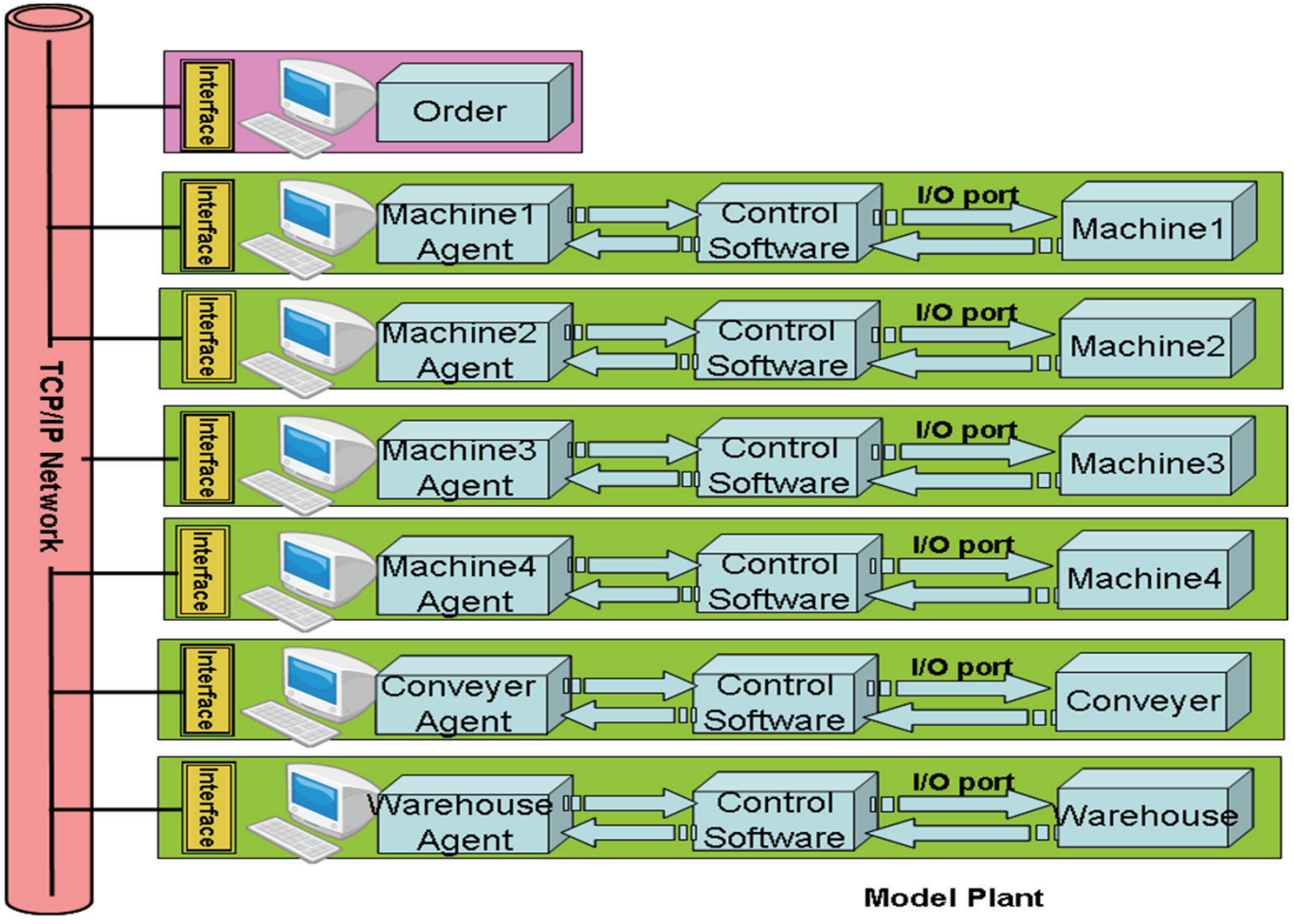
自動倉庫１台

(格納箇所５０、出庫及び入庫ステーションを保有)

神戸大学　大学院システム情報学研究科　貝原俊也

MSTC
Manufacturing Science and Technology Center

モデルプラントを用いた実仮想融合生産システムの構成



神戸大学　大学院システム情報学研究科　貝原俊也

MSTC
Manufacturing Science and Technology Center

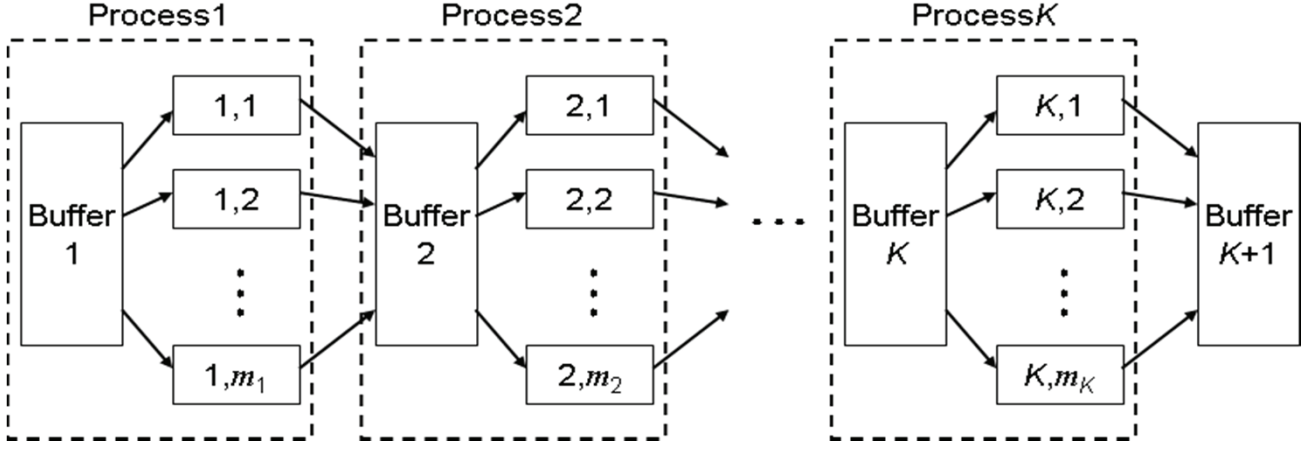
仮想システムにおける意思決定

- 組合せオークション手法※の適用
  - 組合せオークションでは、人間のやりとりを模倣する社会的交渉手法の一つであり、複数の財を一度に競売にかけられる。入札者は個々の財に対して入札するだけではなく、任意の財の組合せに入札することも可能
  - 組合せオークションは財の組合せに対して入札を行うことができるため、依存関係のある財の扱いが可能となる。さらに、補完性、代替性をもつ財を一度のオークションで効率的に配分することができるため、精度の高い解を求めることが期待
  - 組合せオークションは一般的に計画段階で使用されることが多いが、運用段階においても適切にパラメータ（入札個数、効用の閾値）を調整することによって、迅速性と最適性のバランスを取ることが可能

※ 貝原俊也，藤井進，三浦克仁，生産スケジューリング問題に対する組合せオークションを用いた最適化手法に関する一提案，日本機械学会論文誌(C編)，75巻，752号，pp.1143-1150, 2009.4.

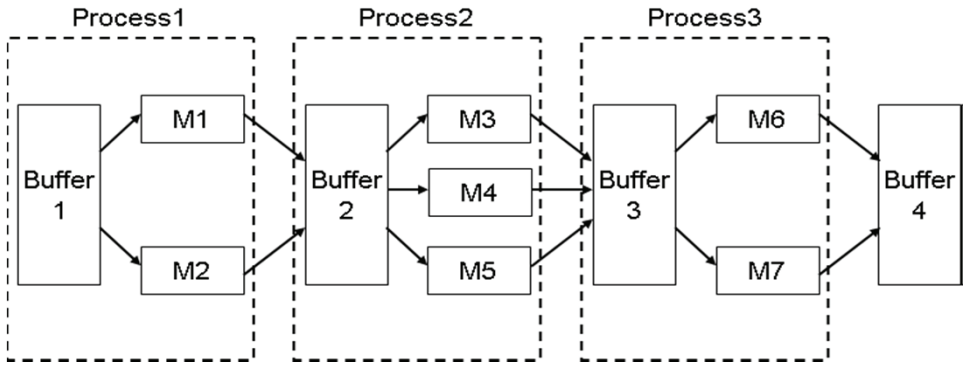
K工程のフレキシブルフローショップ問題

- 並列機械問題を含むK工程のフレキシブルフローショップ問題
  - 第k工程は加工設備がm_k台（同じスペック）あり、加工物の品種によって加工時間が異なる
  - 各工程間のバッファは無限大
  - ジョブ数I，生産品種数W，ジョブiの工程kの納期をdt_{ik}とする
  - 異なる品種を生産する場合、段取り時間を考慮しない
  - 工程間の搬送は考慮しない



神戸大学　大学院システム情報学研究科　貝原俊也

計算機実験



実験パラメータ

Job \ Time(*sec.*)	Process1	Process2	Process3
A	100	50	100
B	50	100	50
C	50	50	50
D	100	100	100
	M1, M2	M3, M4, M5	M6, M7

- 3工程のフレキシブルフローショップ問題
- 4種類のジョブ（A～D）をそれぞれ2個処理する
- 入札個数$N_{k,m}$=240
- 実行可能解が得られない時、各工程の閾値U_kを50ずつ上げることとする

MSTC
Manufacturing Science and Technology Center

実験結果の一例

- 納期設定
  - Pattern1はジョブの納期を総加工時間の2倍に設定(Table1)
  - Pattern2はジョブの納期を総加工時間の1.5倍に設定(Table2)
- 比較手法
  - 全入札による入札決定手法（All-Bids）
  - EDDルールを用いて勝者を決定するオークション手法（EDD-A）
- 評価指標
  - 総納期遅れ、スケジュール作成時間、入札決定の時間BD、勝者決定の時間WD

Table 1. the result of Pattern1 (sec.)

Estimation Method	Tardi-ness	Schedul-ing time	BD.	WD.
All-Bids	0	4.3	0.1	0.3
Proposal	0	6.9	0.1	0.4
EDD-A	100	29.5	0	0

Table 2. the result of Pattern2 (sec.)

Estimation Method	Tardi-ness	Schedul-ing time	BD.	WD.
All-Bids	100	4.2	0.1	0.3
Proposal	125	12.0	0.4	0.5
EDD-A	375	28.9	0	0

Table 3. Average times of BD for each process

Process Pattern	Process1	Process2	Process3
Pattern1	3.0	1.8	1.0
Pattern2	6.2	2.9	3.0

神戸大学　大学院システム情報学研究科　貝原俊也

MSTC
Manufacturing Science and Technology Center

研究内容の成果

まとめ

- 実仮想融合型生産システム内に実装される計画段階の生産スケジューリング機能実現の方法論を提案
- K工程のフレキシブルプローショップ問題を対象として，組合せオークション手法を適用し，定式化を行った．さらに，計算機実験により提案手法の有効性を確認

今後の課題

- 計画・運用段階のスケジューリングに関する実験
- 新しい機械の導入や機械故障に関する情報伝播手法
  （仮想システムの範囲限定手法）
- 複雑・大規模問題への適用（段取り、搬送など）

神戸大学　大学院システム情報学研究科　貝原俊也

MSTC
Manufacturing Science and Technology Center

今後の展開予定

1. 共同研究への展開

- 一年目は，主に今回示した大学側で従来より進めてきた研究テーマに対して企業側がニーズを探りながら協力していく形で推進した．今後は，その成果として共同研究へと発展させることが考えられている．また，公的資金への共同提案などを通じて実仮想融合型生産システムの実装を考慮に入れたフィージビリティスタディへと発展させることも期待される．
- これらの研究成果は，今後国内外での学会で発表を行い，MSTCの活動を広報するとともに今回の参加企業以外への適用可能性を探る．また，国際会議での発表などを通じて国際プロジェクトへの展開も追求したい．

2.　メンバー企業内での展開

- 上記のようにメンバー企業によって成果に対する取り組みに差はあるが，その成果に対しては一定の評価が得られている．二年目は，企業内での検討が進みここでの成果のメンバー企業内における実用化の可能性が見えてくることを期待したい．

神戸大学　大学院システム情報学研究科　貝原俊也