

装置の振舞いモデルを含む e-カタログを用いた消費電力シミュレーションのための 仮想プリント基板ユニット製造ラインの構成

神奈川工科大学 ○野山尚明, 松本壮太, 須藤康裕, ◎松田三知子

要旨

装置の振舞いモデルを含む e-カタログを利用して, シミュレーション実行の場となる仮想製造ラインを構築する手法を提案する. 本研究では, プリント基板ユニット製造ラインに提案手法を適用し, 消費電力シミュレーションの場を構築した. 各装置の e-カタログから対応する装置エージェントを自動生成して, マルチエージェントシステムとして仮想製造ラインを構成した. これにより提案手法の有効性を示す.

1. はじめに

生産技術者は工場と製造ラインにおいて起こりうる様々な問題を事前に解決して手戻りを減らし, 生産性と環境影響を考慮した最適な生産ラインを決定する必要がある. 現在, 生産性と同時に環境影響を考慮した製造ラインの運用計画を立てることを支援する ICT ツールが要求されている¹⁾²⁾. その要求を満たすソリューションのひとつとしてデジタルエコファクトリを提唱している. デジタルエコファクトリは, 環境影響や生産性という観点から各製造のシミュレーションする場を提供する. 本研究では, 装置の振舞いモデルを含む e-カタログを利用して, シミュレーション実行の場となる仮想製造ラインを構築する手法を示す. 仮想プリント基板ユニット製造ラインの構成に適用し, 手法の有用性を示す.

2. e-カタログを用いたデジタルエコファクトリの構成

生産システムの構成要素をエージェントとしたマルチエージェントシステムとしてデジタルエコファクトリを構成する. 本研究では, ㈱構造計画研究所が提供するマルチエージェントシミュレーション環境 *artiso*³⁾を利用して, プリント基板ユニット製造ライン向けデジタルエコファクトリを構成するシステムを作る. システムの全体構成を図1に示す.

装置の仕様や振舞いを記述している e-カタログのファイル名, 製造ライン上の装置関係を記述した構成データ, シミュレーションを実行するための製造計画データを入力する. 製造計画データはオペレーションデータとスケジュールデータ, 製品データの3つに分けることができる. 装置のカタログ中でも, それぞれにデータを区別するために, オペレーションデータには「o. », スケジュールデータには「s. », 製品データには「p. », をパラメータ変数の頭につけている. システムは変換部において, e-カタログとオペレーションデータから装置エージェント, 製造ライン構成データとスケジュールデータから製造ラインエージェント, 製造計画データとスケジュールデータから基板エージェントについて *artiso* プログラム (モデル) として記述を自動生成する. シミュレーション時には, 各エージェントは自律的に行動し, 目的の製品を仮想ライン上で加工することで製品が完成する. シミュレーション時には, *artiso* のモニタ機能により, 各装置とライン全体の消費電力を時系列で確認できるようにする.

3. 生成した各エージェントの動作

エージェントは製造ラインエージェント, 装置エージェント, 基板エージェントの3種類がある.

3.1. 製造ラインエージェント

製造ラインエージェントは製造ライン構成データにしたがい, ライン生成部において, ラインの生成と各装置エージェントの設置, スケジュールに合わせた各基板エージェントの製造ラインへの投入を行う. 製造ラインエージェントは, ライン上のエージェント群を統括している.

3.2. 基板エージェント

基板エージェントが装置エージェントに問い合わせを行い, 基板エージェントが行う作業があれば装置エージェントから仕事を貰う. 作業が終了すると基板エージェントが装置エージェントに工程データを送る. この工程データは基板エージェントの仕事における現在の工程を表すデータである. 基板エージェントの仕事が終わると作業完了となり, 装置エージェントは次の基板エージェントとのやりとりに移る. 図2に仮想プリント基板ユニット製造ラインによる, 基板エージェントと各装置エージェントとのシミュレーション時のやりとりの流れを示す.

3.3. 装置エージェント

装置エージェントは振舞い毎の消費電力を計算する. 基板エージェントを加工したときの消費電力を求める消費電力計算部と状態毎に基板エージェントがどのような状態に遷移するかを記述し

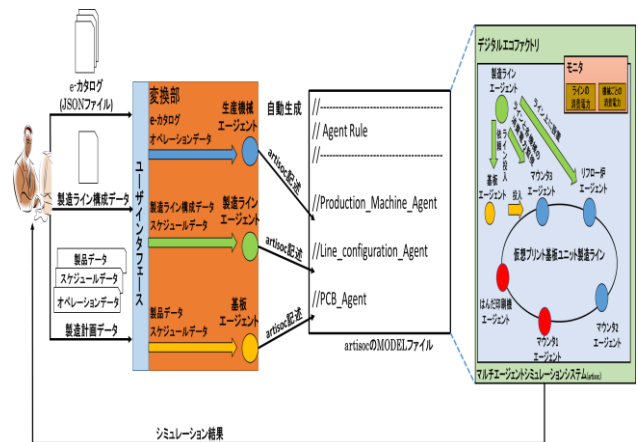


図1. デジタルエコファクトリ構成システムの全体構成

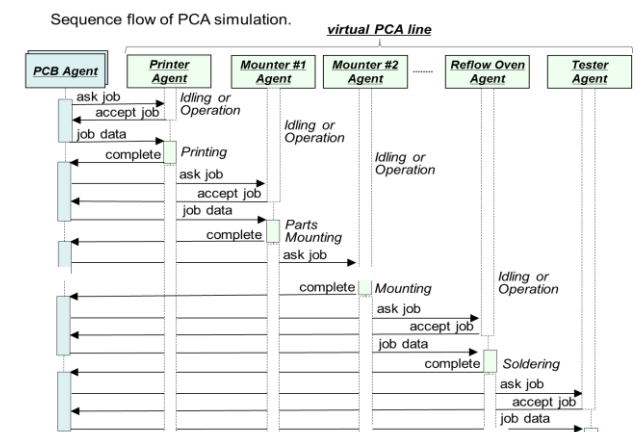


図2. 基板エージェントと装置エージェント

た複数の関数からなる基板状態遷移部から構成する。装置エージェントは基板エージェントから、基板エージェント自身が行う仕事の有無について問い合わせるので応答する。基板エージェントに仕事がある場合、装置エージェントは仕事を基板エージェントに渡す。基板エージェントが仕事を終えたとき、基板エージェントは装置エージェントに工程データを送る。基板エージェントの仕事が終わると作業完了となり、装置エージェントは次の基板エージェントとのやりとりに移る。

4. e-カタログからの装置エージェント生成プログラム

デジタルエコファクトリを構成するシステムの中心部にあたるエージェント生成プログラムは、まず *artiso*c モデル上に環境やエージェントがなにも記述されていないテキストファイルを読み込む。次に各装置の e-カタログ (JSON ファイル) を読み込み、これを利用して、*artiso*c モデルの UNIVERSE (全体定義部分) に装置エージェントの変数宣言の記述を生成する。図 3 にリフロー炉エージェントの変数宣言の記述生成部分を示す。さらに、その装置のエージェントルールの記述を生成し、*artiso*c の MODEL ファイルとして出力する。図 4 にリフロー炉エージェントについて、生成したルール記述部分を示す。

5. 仮想プリント基板ユニット製造ライン構成への適用

デジタルエコファクトリを構成するシステムをプリント基板ユニット製造ラインに適用して、仮想プリント基板ユニット製造ラインを *artiso*c モデルとして構成した。以下に適用結果を示す。

はんだ印刷機、マウンタ 3 台、リフロー炉の順で接続した 2 ラインのプリント基板ユニット製造ラインにおけるシミュレーション結果を図 5 に示す。この例では、ライン 1 の各装置とライン 1 全体の消費電力は、はんだ印刷機が 24,704kw、マウンタ 1 は 6,863.2kw、マウンタ 2 は 6,125.4kw、マウンタ 3 は 7,189.8kw、リフロー炉が 333,562.232kw、ライン 1 合計消費電力が 378,471.632kw、ライン 2 の各装置とライン 2 全体の消費電力は、印刷機が 22,636kw、マウンタ 1 は 6,863.2kw、マウンタ 2 は 6,125.4kw、マウンタ 3 は 7,189.8kw、リフロー炉が 333,562.232kw、ライン 2 合計消費電力が 376,403.632kw となった。図 5 より、各装置エージェントの消費電力計算部において、状態毎の消費電力を算出できることを確認した。また、基板エージェントが各装置エージェントにおいて、作業を行ったことを確認した。最後にモニタ機能より、各装置と各ライン全体の消費電力を時系列で計測し、線グラフと棒グラフとして表示した。

6. おわりに

装置の振舞いモデルを含む e-カタログを利用して、シミュレーション実行の場となる仮想製造ラインを構築する手法を提案した。提案手法を仮想プリント基板ユニット製造ラインの構成に適用した。e-カタログライブラリから選択した装置カタログから、仮想製造ラインが構成できることを確認した。この仮想製造ラインを用いて消費電力シミュレーションを実行し、提案手法の有効性を示した。これにより将来的に、クラウド上に e-カタログライブラリを構築し、その e-カタログを用いてユーザがシミュレーションの場を構成し、シミュレーションを行うことが可能となる。

参考文献

- (1) Matsuda M., Kimura F. Usage of a digital eco-factory for sustainable manufacturing, CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, Elsevier. 2015. vol. 9, p.97-106.
- (2) Matsuda M., Sudo Y., Kimura F. A multi-agent based construction of the digital eco-factory for a printed-circuit assembly line, Procedia CIRP 48th Conference on Manufacturing Systems, Elsevier, 2015.
- (3) Mas コミュニティ-ようこそ複雑系とマルチエージェントの素晴らしい世界へ!-, [http://mas.kke.co.jp\(2016.2.1\)](http://mas.kke.co.jp(2016.2.1))

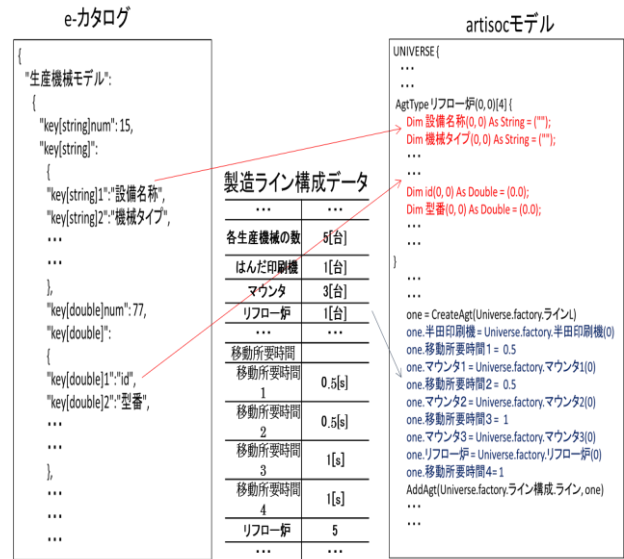


図 3.リフロー炉エージェントの変数宣言における記述生成部分

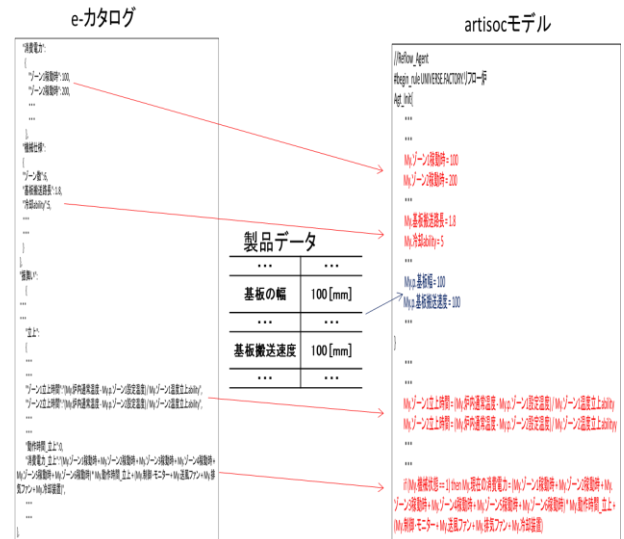


図 4.リフロー炉エージェントのルール記述生成部分

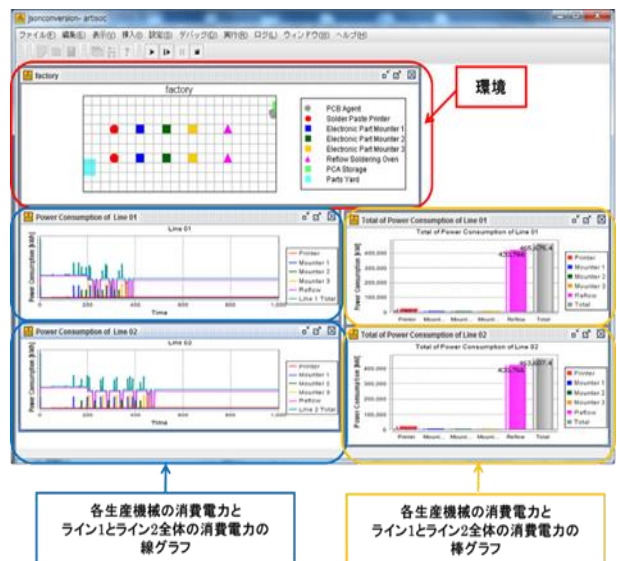


図 5.シミュレーションの結果