

シミュレーション、最適化、マイニングの融合

株式会社 数理システム 雪島正敏

s3-info@msi.co.jp

1. 概要

S³ Simulation System(以下 S-cube)は、株式会社 数理システムにより独自に開発された離散イベントシミュレーションツールです。離散イベントシミュレーションとは、システムの状態変化を起こす事象が離散的に起こるシステムを対象としたシミュレーションです。工場などの生産システム、サプライチェーンなどの流通システム、銀行の窓口やATM、通信システム、コールセンターなど、確率的な振る舞いをする、待ち行列型の様々な領域のシミュレーションを行なうことができます。S-cube はこれらのシミュレーションが簡単に出来る操作性と、他に類をみない自由度を併せ持つシミュレーションシステムです。

シミュレーションを行なうには、現実世界を詳らかに観察し、現象を単純化したモデルを用いて行ないます。モデルに含まれるそれぞれの要素の関連性やその振る舞いなどの情報は、シミュレーションに先立ち、統計的な分析を行う必要があります。また、出来上がったモデルを用いて実際にシミュレーションを行い、その結果を分析することで、どこがボトルネックになっているか、どこで無駄なコストを発生しているかなど、実際の問題解決に役立てることが出来ます。更に、モデルにおいてコントロール可能なパラメータを調整することで、システムの挙動がどのように変わるか、所望の動作を得るか、と言ったことも調べることが可能となります。これらの評価は、通常「what if」形式で行なわれます。しかし、この方法では、余り多くの可能性を探索することが出来ません。そこでシステムを最適化することも必要になります。

このように、シミュレーション単体ではなく、統計解析・データマイニングや最適化などの手法と融合してシミュレーションを行なうことで、より複雑な問題解決に役立てることが出来ます。S-cube の最新版(Ver.2.1)では、新たに汎用データマイニングツール Visual Mining Studio との連携機能と、最適化機能として、粒子群最適化機能・多目的粒子群最適化機能が追加されました。本紹介では S-cube の最新版(Ver.2.1)に含まれる機能について紹介します。

2. 特徴

S-cube は離散イベントシミュレーションツールです。離散イベントシミュレーションとは、システムの状態変化を起こす事象が離散的に起こるシステムを対象としたシミュレーションで、所謂、待ち行列型の現象を分析・評価します。ジョブ・ショップとはジョブにより機械の処理順序が異なる多数のジョブを扱う生産形態ですが、このモデルにおいては、ジョブの到着事象が離散的に発生します。そして、それぞれのジョブに従い機械で処理されますが、機械の数は有限である為にここに「待ち」が発生します。この待ちにより、実際に処理される時間がさまざまに変化します。ジョブの到着間隔や、機械の数、処理時間を設定し、シミュレーションを走らせることで、それぞれの機械での待ちの発生状況や製品のスループットなどを分析します。

S-cube でのシミュレーションモデルの構築は、基本部品をマウス操作によりモデル編集パネルに配置し、それらを線で結ぶことで簡単に行ないます。各部品は様々なパラメータを持ち、それらを設定することで個々の部品の動作を決定します。

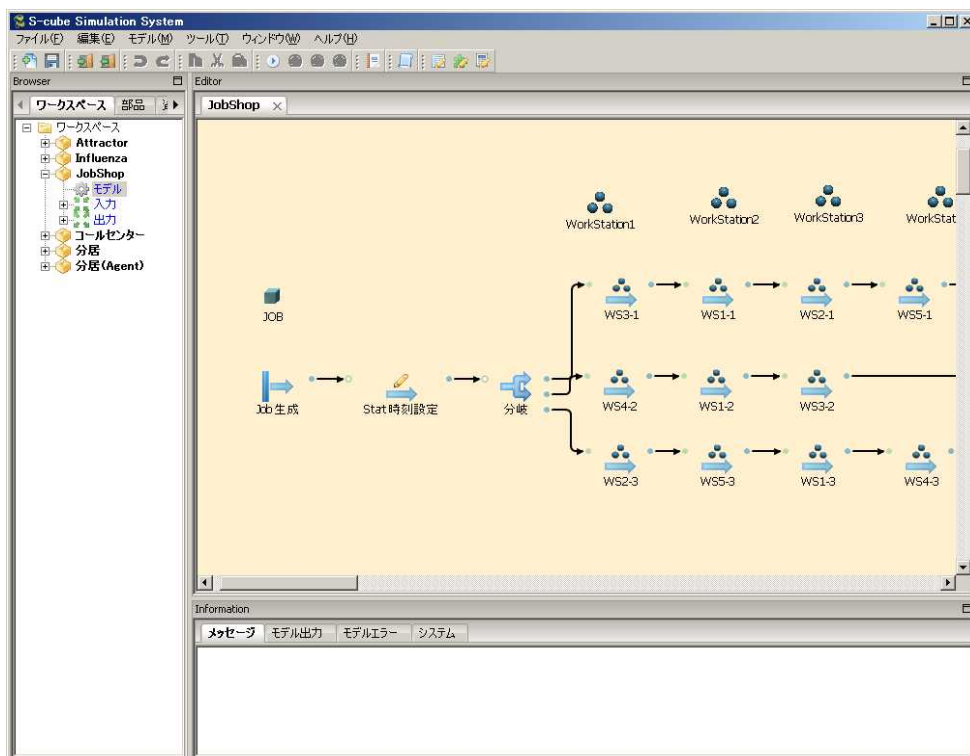


図 S-cube 画面

これらシミュレーションモデルとその入出力をまとめたものをプロジェクトとして管

理します。プロジェクトは同時に複数編集可能で、作成したモデルまたはその一部は、別なプロジェクトへコピーし利用することも可能です。

全ての部品は psim 言語とよばれる Python 言語上に実装されたシミュレーション言語を用いて動作が記述されています。パラメータ設定による変更以上に、部品の動作をより柔軟に変更したい場合には、これらを直接、修正することでより柔軟に部品の動作を設定することが可能となります。

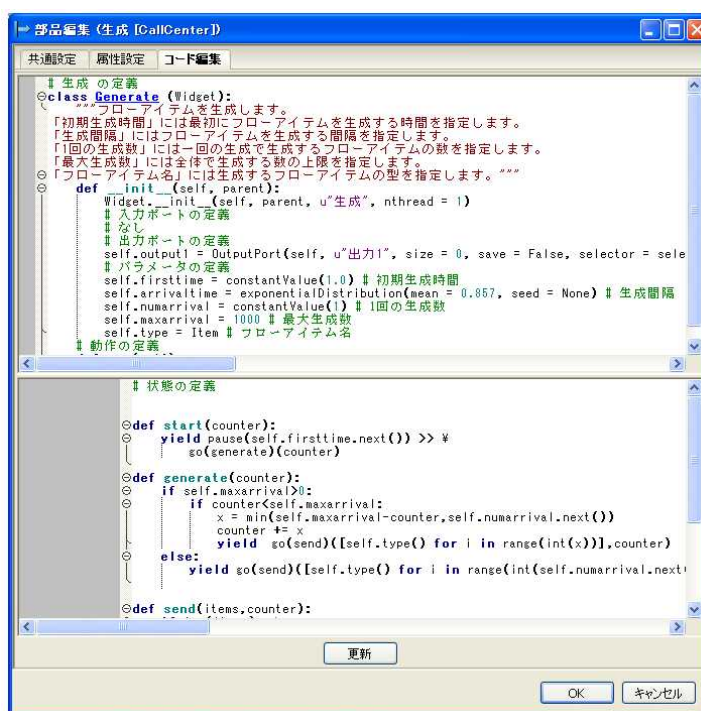


図 コード編集画面

また、ユーザ独自の分析スクリプトやカスタムコードを定義することが可能で、Pythonの標準ライブラリなどを import し、独自の理論分布や経験分布に従う乱数発生器を定義したり、独自の統計処理関数を定義し、シミュレーション実行中に呼び出すことが可能です。

3. 粒子群最適化・多目的粒子群最適化を用いたシミュレーション最適化

シミュレーションでは、様々な条件を変えながらシステムの振る舞いを分析・評価します。これらの評価は、通常「what if」形式で行なわれます。しかし、この方法では、余り多くの可能性を探索することが出来ませんし、システムを最適化するには十分ではありません。シミュレーションにおける最適化とは、システムの振る舞いを決

めるパラメータの最適値を求める問題となります。例えば、前述のジョブショップモデルの例において、生産される製品が多いほど利益が出ますが、その為には多くの機械・装置を用意する必要があります。ある装置で加工した途中製品をバッファしておく場所が無ければ、その装置では次の製品の加工が出来なくなるなど、機械での処理待ちによる生産停止を防ぐには、加工された部品をバッファすることも必要になります。これらをコストとして考え、機械・装置の数やバッファの数をパラメータとして、全体として利益が最大化するような機械・装置の数やバッファの数を求める問題が最適化問題となります。

シミュレーションの最適化の難しい点は、一つは、通常最適化問題と異なり、シミュレーションの結果は確率的に変動するために、厳密なシステムの評価(目的関数の評価)が行えないということです。もう一つは、システムの評価をする為に必要な1回のシミュレーションに多くの時間が掛かることです。システムの挙動が確率的であるために、それを評価するには単純にシミュレーションの結果を用いることが出来ません。その為、期待値を取るなど何かしらの推定を行なう必要があります。しかし、システムの評価に時間が掛かるために、システムを評価するために余りに多くの試行を行なうわけには行きません。また、システムの評価に時間が掛かるために、なるべくシステムの評価(目的関数の評価)を行なう回数を減らした最適化手法が求められます。

S-cube では、新たにメタヒューリスティクス的手法である粒子群最適化法、多目的粒子群最適化法を用いたシミュレーション最適化機能を追加しました¹。粒子群最適化(Particle Swarm Optimization)法とは、群知能の一種です。この手法ではパラメータの探索点を粒子と見做し、位置と速度を用いて粒子を表現します。そして、その粒子を運動させることで探索を行います。その際、粒子の群れと言うのを考え、それらの群の中の個体の情報を群全体で共有しながら最適化を行う手法です。

多目的粒子群最適化とは、一般にトレードオフの関係にある、複数の目的関数を同時に最適化するようなパレート解を求める最適化法です。得られる解(パレート解)はそれぞれ、ある目的関数の高い解や別な目的関数の小さい解など、様々な解が得られます。それらの解の性質を調べることで、どのようなパラメータセットにすれば目的の解を得ることができるか、等を調べることも可能となります。先の例では、収益やコストから利益と言う一つの目的関数を定義しましたが、多目的最適化では、収益とコストを別な目的関数として、それぞれ最大化、最小化を行ないます。収益を上げるためには装置を増やす必要がありますが、そうすることでコストが上がってしまいます。逆にコストを抑える為には装置を減らしますがそうすると出来上がる製品数が少なくな

¹ Ver2.0で最適化機能として、NUOPTのアドオン機能として提供されているDFO(Derivative Free Optimization)と呼ばれる手法を用いた最適化機能が実装されています。

り収益が少なくなります。

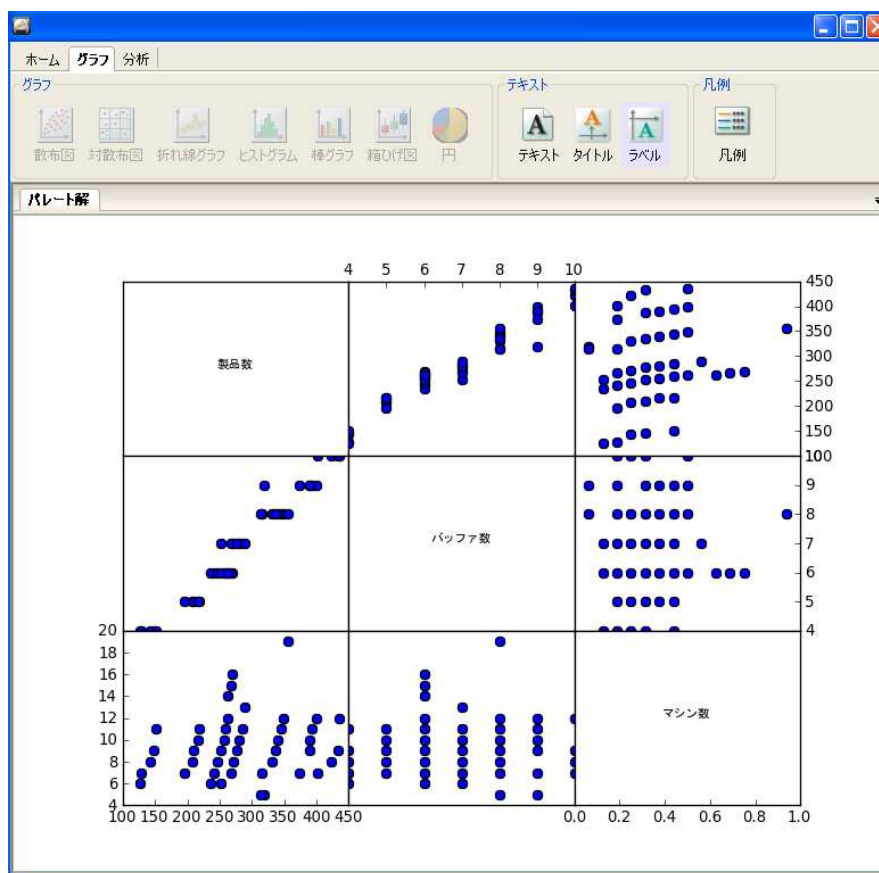


図 多目的最適化のパレート解

4 . Visual Mining Studio との連携機能

シミュレーションを行なうために、モデルを構成している構成要素の関係やその振る舞いを決める必要があります。構成要素の振る舞いとは、例えば、ジョブ・ショップの例では、ジョブの到達間隔や到達するジョブの種類、それぞれのジョブの処理時間などとなります。これらの値は、実際のシステムをシミュレートする場合には、実際のシステムを計測し、それらの情報を抽出する必要があります。

Visual Mining Studio(以下 VMS)との連携機能では、S-cube を VMS のアドオンとして使用することができるようになりました。これにより、VMS で計算したシミュレーションパラメータを利用して S-cube でシミュレーションを行ない、その結果を VMS で分析するという一連の動作をシームレスに行うことができるようになりました。

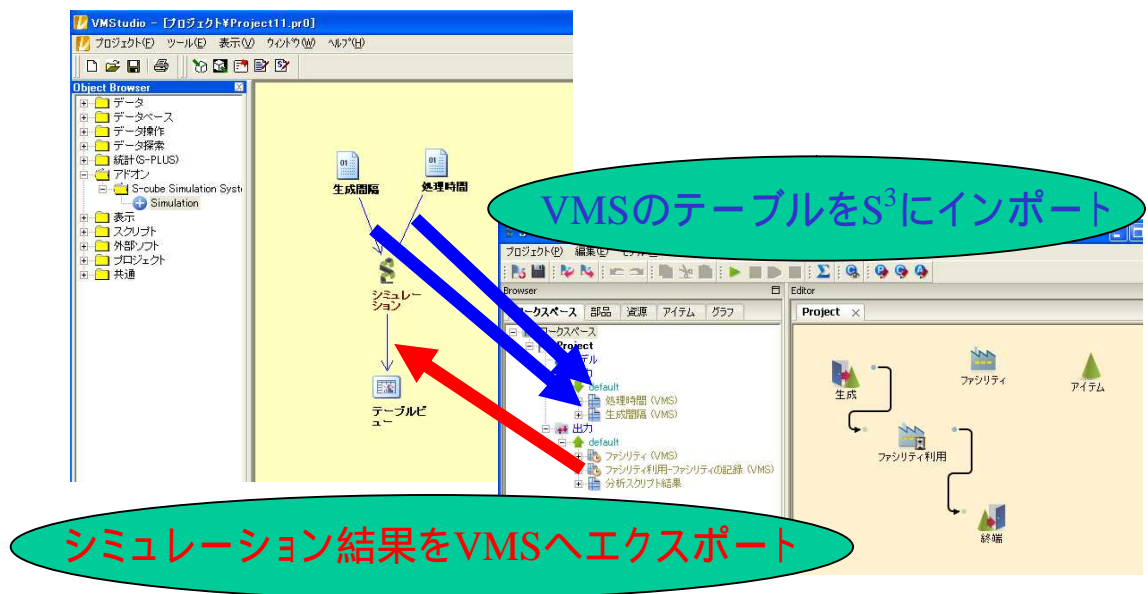


図 Visual Mining Studio との連携

5 . まとめ

S-cube は部品を配置することで簡単にモデルを構築しシミュレーションを行なうことが出来る離散イベントシミュレーションツールです。また、簡単な操作性のみならず、独自の psim 言語により、他に類を見ない非常に高い自由度をあわせ持ちます。Ver.2.1 では、メタヒューリスティクスである粒子群最適化法を用いた最適化機能、多目的粒子群最適化を用いた多目的最適化機能も搭載され、システムの最適なパラメータを求めることもできるようになりました。また、Visual Mining Studio との連携機能も追加され、Visual Mining Studio で計算した結果を用いてシミュレーションを行なったり、シミュレーションの結果を分析したりなどがシームレスに行えるようになりました。

今後は、System Dynamics ・連続系や Agent シミュレーションなど、離散イベント以外のモデリング手法や、製造業や通信業、流通業に特化したモジュール・テンプレートの開発を予定しています。