

社会シミュレーション デザイナーズガイド

with Boxed Economy Simulation Platform 1.2
(第2版)

Boxed Economy Project 編著

フジタ未来経営研究所 発行

第1版 執筆・編集者

井庭 崇

津屋 隆之介

山田 悠

岡部 明子

松澤 芳昭

青山 希

第2版 執筆・編集者

井庭 崇

松澤 芳昭

青山 希

武田 林太郎

なお、本ガイドブックの内容は、Boxed Economy Simulation Platform (ver. 1.2)、および Component Builder (ver. 2.1.1) に対応しています。

目次

第 I 部	シミュレーションを実行してみよう	7
第 1 章	BESP を使ってみよう	1
1.1	BESP の起動	1
1.2	シミュレーションの読み込みと実行	2
1.3	プレゼンテーションの設定	5
第 2 章	BESP を使いこなす	13
2.1	空港の待ち行列モデル	13
2.2	プラグインをインストールする	14
2.3	空港の待ち行列モデルを実行する	16
2.4	初期パラメータを変えて実行する	18
第 II 部	シミュレーションをつくる前に	21
第 3 章	シミュレーションの作成プロセス	23
3.1	全体的な流れ	23
3.2	概念モデリング フェーズ	24
3.3	シミュレーションデザイン フェーズ	29
3.4	実行・検証 フェーズ	32
第 4 章	シミュレーションの作成支援ツール	33
4.1	BESP と Component Builder	33
4.2	概念モデリング フェーズを支援するツール	34
4.3	シミュレーションデザイン フェーズを支援するツール	35
第 III 部	シミュレーションをつくってみよう【基本編】	37
第 5 章	BoxTown のパン屋さん	43
5.1	つくりたい世界	43
5.2	概念モデリング フェーズ	43

5.3	シミュレーションデザイン フェーズ	44
5.4	実行・検証フェーズ	48
第6章	いねむりご主人	51
6.1	つくりたい世界	51
6.2	概念モデリング フェーズ	51
6.3	シミュレーションデザイン フェーズ	52
6.4	実行・検証フェーズ	57
第7章	お客さんのお気に入り	59
7.1	つくりたい世界	59
7.2	概念モデリング フェーズ	59
7.3	シミュレーションデザイン フェーズ	60
7.4	実行・検証フェーズ	64
第8章	こんにちは！	67
8.1	つくりたい世界	67
8.2	概念モデリング フェーズ	67
8.3	シミュレーションデザイン フェーズ	69
8.4	実行・検証フェーズ	77
第IV部	シミュレーションをつくってみよう【拡張編】	81
第9章	いらっしゃいませ！	85
9.1	つくりたい世界	85
9.2	概念モデリング フェーズ	85
9.3	シミュレーションデザイン フェーズ	87
9.4	実行・検証フェーズ	89
第10章	ひとつ100円になります	91
10.1	つくりたい世界	91
10.2	概念モデリング フェーズ	91
10.3	シミュレーションデザイン フェーズ	93
10.4	実行・検証フェーズ	98
第11章	3つで合計300円になります	101
11.1	つくりたい世界	101
11.2	概念モデリング フェーズ	101
11.3	シミュレーションデザイン フェーズ	103

11.4	実行・検証フェーズ	107
第 12 章	まいどあり!	111
12.1	つくりたい世界	111
12.2	概念モデリング フェーズ	111
12.3	シミュレーションデザイン フェーズ	113
12.4	実行・検証フェーズ	119
第 V 部	シミュレーションをつくってみよう【お楽しみ編】	121
第 13 章	商売繁盛	123
13.1	つくりたい世界	123
13.2	概念モデリング フェーズ	123
13.3	シミュレーションデザイン フェーズ	124
13.4	実行・検証フェーズ	125
第 14 章	注文個数は人それぞれ	127
14.1	つくりたい世界	127
14.2	概念モデリング フェーズ	127
14.3	シミュレーションデザイン フェーズ	127
14.4	実行・検証フェーズ	128

本書で用いる記号

本書で用いる記号は、以下のような意味になっています。



概念演習 概念モデリングなどの考える部分です。



操作演習 実際にみなさんが手を動かして作成・操作する部分です。



注意事項 重要な説明ですので、必ず読んでください。



参照 ガイドブックの他の箇所への道しるべです。必要があれば参照してください。



補足事項 補足的な情報を紹介します。



技術情報 技術的な側面に興味がある人のための解説です。



ヘルプ うまく動かない場合や表示されない場合のアドバイスです。

第1部


シミュレーションを実行してみよう

第 1 章

BESP を使ってみよう

第 I 部では、「Boxed Economy Simulation Platform」(長いので、私たちは BESP (ベspb) と呼んでいます) を利用したシミュレーションの実行方法を解説します。

第 1 章では、BESP を初めて使用するユーザーを対象に、「人工市場モデル」を題材に、BESP の基本的な使い方を解説します。

 BESP は、http://www.boxed_economy.org/ から入手できます。ダウンロードおよびインストールについては、Web サイトの情報をご覧ください。

1.1 BESP の起動

まずはじめに、BESP の起動方法を解説します。

Windows 版では、「スタート」メニューを「プログラム」へとたどり、「BESP」メニューをクリックします。あるいはデスクトップにある「BESP へのショートカット」をダブルクリックすることでも BESP を起動できます。起動すると、タイトルが表示され、しばらくするとメインウィンドウが出現します。

Mac 版、Linux 版では、付属するシェルスクリプトを利用して起動します。



図 1.1: メインウィンドウ

1.2 シミュレーションの読み込みと実行

1.2.1 シミュレーションの読み込み

BESP では、プラグインされているシミュレーションを読み込み、実行することができます。ここでは、BESP 配布版に含まれている、「人工市場モデル」を読み込んでみることにしましょう。

BESP では、実行できる形態で配布されているシミュレーションを読み込むことを「世界をインポートする」といいます。人工市場モデルをインポートするには、まず、「ファイル」メニューから「インポート」「世界クラス」を選択します。



図 1.2: インポートメニュー

インポートする世界を選択する画面から、「org.boxed_economy.artificialmarket.model.ArtificialMarketWorld」を選択し、「了解」をクリックします。

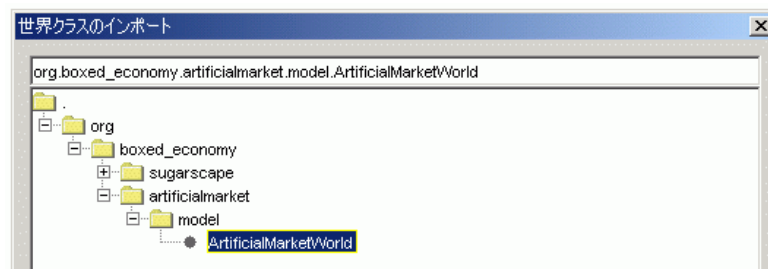


図 1.3: インポート画面

正常にインポートできれば、制御パネルに「ArtificialMarket」(人工市場)と表示されます。これで、世界のインポートは完了です。



図 1.4: 人工市場インポート後の制御パネル

1.2.2 シミュレーションの実行

世界をインポートできたら、シミュレーションを実行できます。シミュレーションの実行や停止などの制御は、制御パネルを使って行います。

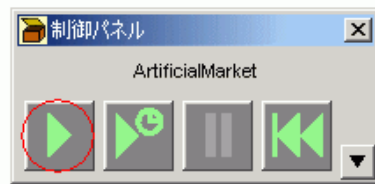


図 1.5: 制御パネル

シミュレーションを実行するには、制御パネルにある、実行ボタン(一番左のボタン)をクリックします。しかし、ここでシミュレーションを実行しても何も起こりません(実際には、シミュレーションを行っているのですが、まだ、プレゼンテーションの設定をしていないので、何も表示されないのです)。

とりあえず、動いているかどうかを確認するには、制御パネル右下のボタンをクリックして展開し、ステップ時計を表示します。



図 1.6: 下に展開した制御パネル

ここで、制御パネルの各ボタンについて説明します。

まず、一番左が実行ボタンです。これはシミュレーションを実行するためのボタンです。実行すると、停止するまで実行し続けます。

二番目がステップ実行ボタンです。これもシミュレーションを実行するためのボタンですが、指定されたステップだけ実行して自動的に停止します。何ステップ実行するかは、設定が可能です。初期値は1ステップです。

三番目が停止ボタンです。シミュレーションが実行しているときに、停止するためのボタンです。

四番目が巻き戻しボタンです。巻き戻しをすると、いままで行っていたシミュレーションの結果を破棄して、一番初めの状態（インポートした直後の状態）にシミュレーションを戻します。少し実行してみて、巻き戻しをすると、ステップ時計のステップ数が0にもどるのが分かります。

1.3 プレゼンテーションの設定

これまでのシミュレーションは、ただステップ数が増えていくだけの、味気ないものでした。プレゼンテーションの設定をすることで、中で何が起きているのかを観察することができます。

1.3.1 板寄せ表を表示する

この人工市場モデルでは、板寄せと呼ばれる仕組みによって商品の価格が決められて、売買が行われています。この板寄せの表を表示するには、「表示」メニューの「ArtificialMarket Viewer」から「Board Viewer」を選択します。



図 1.7: BoardViewer メニュー

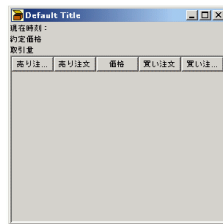


図 1.8: 板表示ウインドウ

このウインドウを表示したまま、シミュレーションを実行すれば、板の状況が変化する様子が観察できます。

 A screenshot of the 'Board Viewer' window during simulation. The window title is 'Default Title'. It shows the current step as 665 and the order book size as 82. The table contains the following data:

売り注文	売り注文	価格	買い注文	買い注文
594	0	88	156	156
594	21	87	35	191
573	87	86	31	222
476	26	85	76	300
447	0	84	72	372
447	5	83	0	372
442	108	82	10	382
334	0	81	0	382
334	47	80	162	564
287	139	79	80	644
149	0	78	30	674
148	39	77	11	685
109	52	76	119	804

図 1.9: 板表示ウインドウ実行中

1.3.2 取引の詳細を観察する

データコレクタを使えば、取引の詳細を観察したり、集計してグラフに表示することができます。データコレクタを使うには、「ツール」メニューから「DataCollection Manager」を選択して、データコレクタ管理画面を表示させます。



図 1.10: DataCollection Manager メニュー

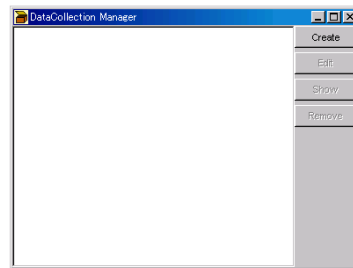


図 1.11: データコレクタ管理画面

データコレクタを一つ作るには、まず管理画面の「Create」ボタンを押します。すると、データコレクタ作成画面が表示されます。名前欄に適切な名前を入力し、CollectorType に「取引」を選びます。

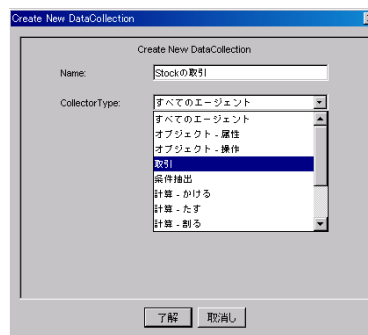


図 1.12: データコレクタ作成画面

次に、どのような財の取引データを収集するかを選びます。財の種類を選ぶには、「Select」ボタンを押して、財の種類選択画面を出します。

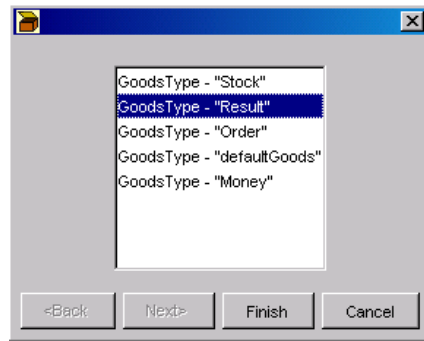


図 1.13: 財の種類選択画面

ここでは、収集したい取引の財の種類を選択して「Finish」ボタンを押します。ここでは、「Result」と「Stock」の取引状況を観察したいので、Measure GoodsTypeに「Result」を、Target GoodsTypeに「Stock」を選びます。

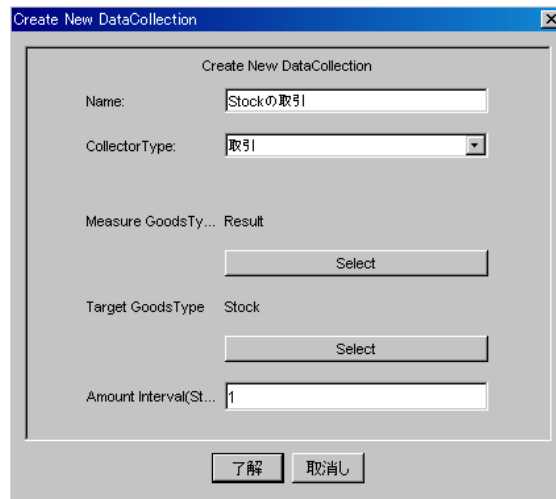


図 1.14: データコレクタ作成画面 (設定後)

一番下の Amount Interval 欄は、何ステップごとにデータを更新するかを入力します。ここでは、初期設定どおり「1」にしておいてください。すべて入力し終わったら、「了解」ボタンを押します。これで、データコレクタ作成は終了です。

「了解」ボタンを押して、管理画面に戻ってくると、先ほど作成したデータコレクタがリストに追加されています。

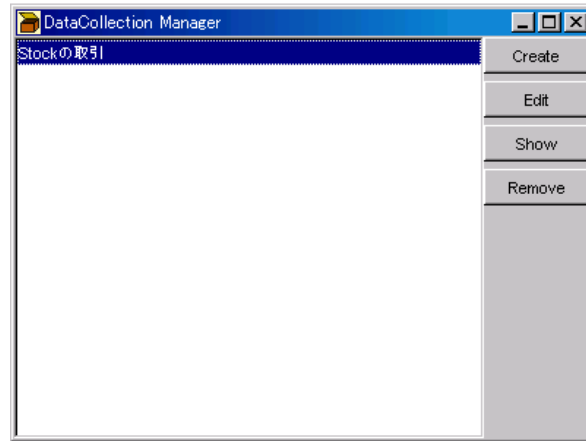
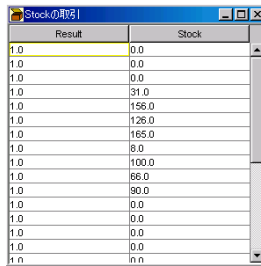


図 1.15: リストに追加されたデータコレクタ

追加されたデータコレクタを選択し、「Show」ボタンを押すと、データを閲覧することができます。この画面も、シミュレーションの実行に従って自動的に書き換わります。



Result	Stock
1.0	0.0
1.0	0.0
1.0	0.0
1.0	31.0
1.0	156.0
1.0	126.0
1.0	165.0
1.0	8.0
1.0	100.0
1.0	86.0
1.0	90.0
1.0	0.0
1.0	0.0
1.0	0.0
1.0	0.0
1.0	0.0

図 1.16: 収集されたデータを表示する

1.3.3 データを集計する

次に、先に集めた取引データを集計し、各ステップ毎の株の取引の総量としてまとめてみたいと思います。取引データを集計するには、新しいデータコレクタを作ります。先ほどと同じように、管理画面から「Create」ボタンをおして、データコレクタ新規作成画面を出してください。集計データを作るには、CollectorType に「集計 - 値の合計」を選びます。

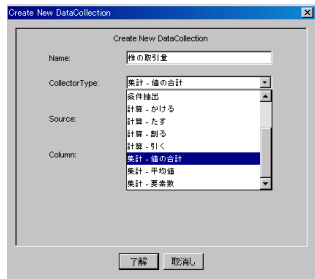


図 1.17: コレクタ種類の選択

Source には、集計する元データを選びます。この場合は、先ほど作った「Stock の取引」というデータコレクタが既に選択されているので、変更する必要はありません。

Column には、元データ中、集計するデータがある列を選びます。この場合は、Stock 列を集計したいので、Stock に変更します。

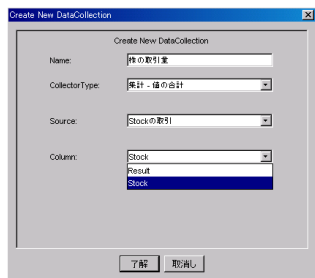


図 1.18: 列の選択

設定は以上です。先ほどと同じように、「了解」ボタンを押して確定し、管理画面から「Show」ボタンで表示させることができます。

先ほどの「Board Viewer」の株の取引量と比較してみて、値が同じように推移していれば成功です。

1.3.4 グラフを作成する

グラフビューアを使えば、先ほど集計した「株の取引量」のデータをグラフ化して、時系列の変化を観察することができます。グラフビューアを作成するには、まず、「ツール」メニューの「GraphComponent Manager」を選択して、グラフ管理画面を出します。



図 1.19: GraphComponent Manager メニュー

先ほどのデータコレクタ管理画面と同様の見た目なので、間違わないように気をつけてください。

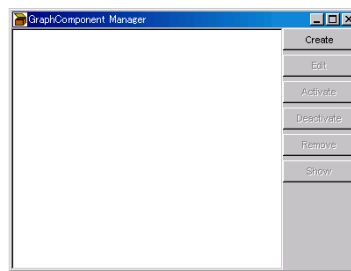


図 1.20: Graph 管理画面

見た目だけでなく、使い方も同様です。新しいグラフを作成するには、「Create」ボタンを押して、グラフ作成画面を出します。

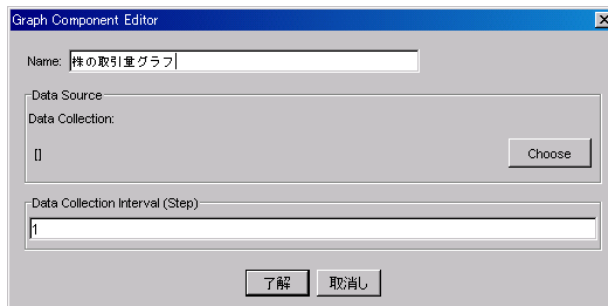


図 1.21: Graph 作成画面

名前は任意のものを入力し、データコレクタを選択します。データコレク

タを選択するには、DataSource 枠の中にある「Select」ボタンを押します。すると、データコレクタ選択画面が出現します。

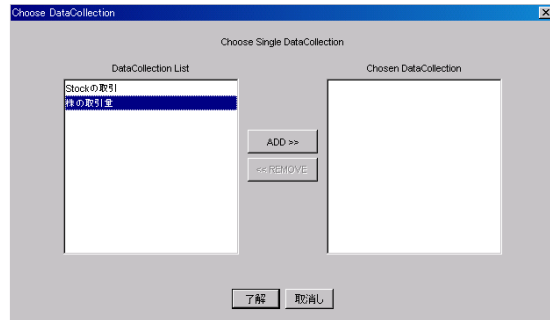


図 1.22: データコレクタ選択画面

ここでは、左側にあるデータコレクタのリストから、グラフに出したいデータコレクタを選択して、「Add」ボタンを押します。ここでは、「株の取引量」を選んでみます。選択されたデータコレクタが右側に移り、これでデータコレクタが選択されたこととなります。選択したら、「了解」ボタンを押して決定します。

さきほどのデータコレクタの作成の時と同様、Interval はそのままにしておいてかまいません。データコレクタの選択が終了したら、「了解」ボタンを押して、グラフの作成は完了です。

閲覧の方法もデータコレクタと同様です。管理画面に戻ったら、作成されたグラフを選択して「Show」ボタンを押します。グラフが表示されます。

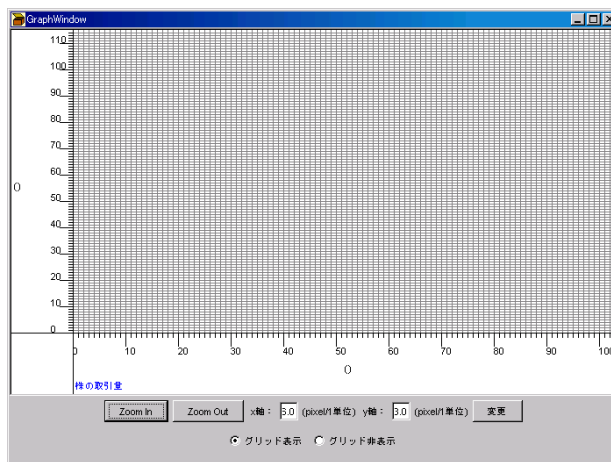


図 1.23: グラフウインドウ

シミュレーションを実行すると、グラフが描画されていきます。

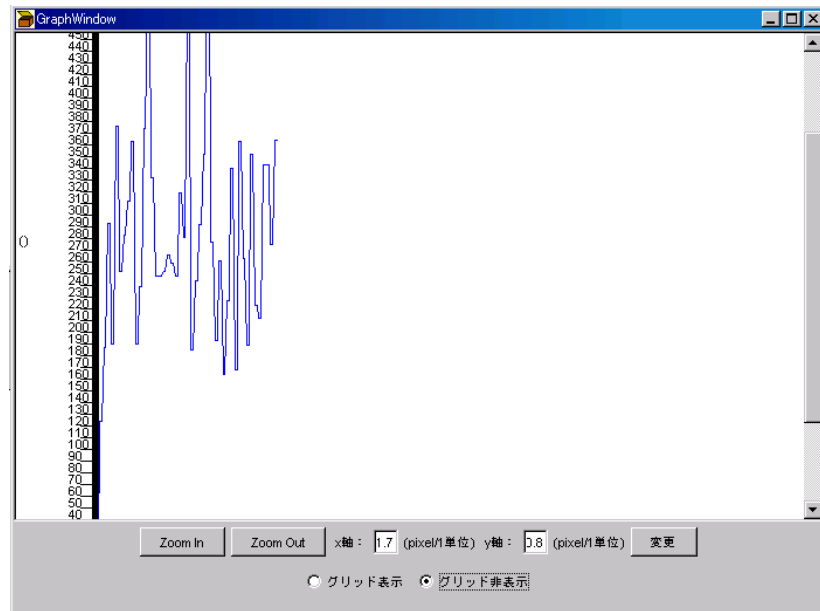


図 1.24: 完成した株の取引量推移グラフ

道案内

いかがでしたか？ 次章では、他の例を取り上げて、グラフ以外の BESP の機能について紹介します。

第2章

BESP を使いこなす


第2章では、「空港の待ち行列モデル」を題材に、BESP を使いこなしてシミュレーション分析を行う方法を解説します。

2.1 空港の待ち行列モデル


待ち行列モデルとは、人の行列や業務フローのボトルネックを発見・分析するために用いられるモデルです。ここで取り上げる「空港の待ち行列モデル」は、で紹介されている待ち行列モデルを、BESP 上で実行可能なマルチエージェントモデルとして作成したものです。

モデルの概観：混雑する空港が舞台

空港の待ち行列モデルの舞台は、搭乗手続きを行う乗客で混雑している空港です。乗客は、はっきりなしに入り口から空港に入ってきます。入り口にはインフォメーションデスク (Information Desk) があり、空港に到着した乗客は、まずインフォメーションデスク (Information Desk) に立ち寄って、該当するチェックインカウンター (Check-in Counter) の場所に向かいます。チェックインカウンター (Check-in Counter) で搭乗券を受けとった乗客は、搭乗口 (Security Check) で検査を受けた後、飛行機に乗り込みます。

 ここで取り上げるモデルの詳細については、『社会シミュレーションの技法』(N. ギルパート, K.G. トロイチュ, 日本評論社, 2003) の「第5章 待ち行列モデル」を参照してください。


2.2 プラグインをインストールする

 プラグインとは、BESP に新しいモデルや機能を追加できる仕組みです。

前章で取り上げた人工市場のモデルは、サンプルとして BESP に同梱されていたので、プラグインを新たにインストールせずに実行することができました。しかし、ここで取り上げている空港の待ち行列モデルを始め、多くのモデルは、あらかじめ BESP に組み込まれているわけではないので、プラグインを新たにインストールする必要があります。

Boxed Economy Project の Web サイトには、多くのプラグインが用意されています。それらをインストールするには、圧縮されているプラグインをダウンロードし、解凍して、指定のフォルダに配置します。

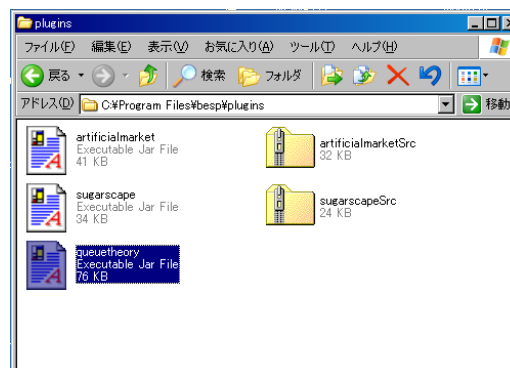
2.2.1 プラグインをダウンロードする

 詳しいダウンロード方法等は、Web サイトを参照してください

Boxed Economy Project の Web サイト (<http://www.boxed-economy.org/>) にアクセスして、「BESP プラグイン」のページにある、空港の待ち行列モデルのプラグインをダウンロードしてください。「queuetheory-(日付).zip」という名前の圧縮ファイルが手に入ります(日付部分は、8 ケタの数字です)。その圧縮ファイルを、解凍ツールを用いて解凍すると、「queuetheory.jar」という名前のファイルが展開されます。


2.2.2 プラグインをインストールする

手に入れた「queuetheory.jar」を、BESP がインストールされているフォルダ内の「plugins」フォルダの中に配置します(通常、BESP は“C:\Program Files\besp\plugins”にインストールされています)。配置するだけで、プラグインのインストールは完了です。



2.2.3 正しくインストールされていることを確認する

BESP を起動して、「ファイル」「インポート」「世界クラス」をクリックし、ツリーの中に、「org.boxed_economy.queuetheory.model.AirportWorld」があることを確認してください(図 2.1)。

 BESP が起動している場合には、いったん終了して再起動してください。

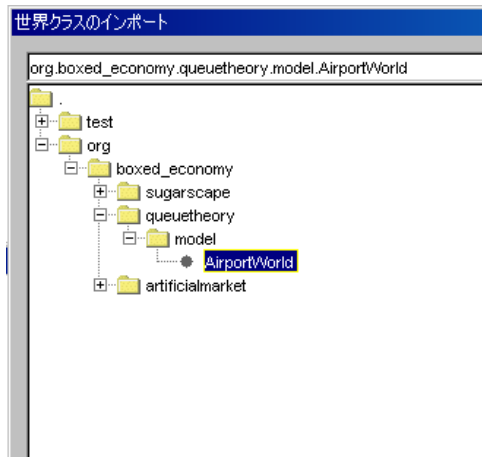


図 2.1: 空港の待ち行列モデルが読み込み可能になっている

2.3 空港の待ち行列モデルを実行する

2.3.1 Airport Queue Viewer の設定をする

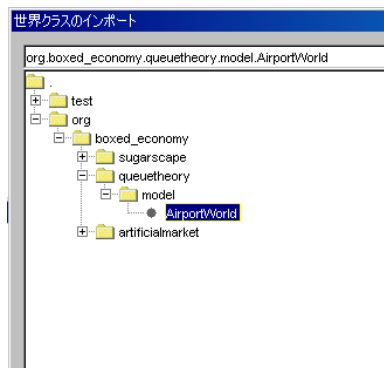
プラグインが正しくインストールされたら、空港の待ち行列モデルを実行することができます。空港の待ち行列モデルには、待ち行列の状況を観察できる Airport Queue Viewer というウィンドウ(プレゼンテーションコンポーネント)が備わっています。ここでは、その Airport Queue Viewer を用いて、モデルの実行結果を観察しながら実行することにします。

「表示」 「Airport Queue Viewer」をクリックすると、待ち行列の状況を観察できるウィンドウが表示されます。今は、BESP にモデルが読み込まれていないので、何も表示されていません。

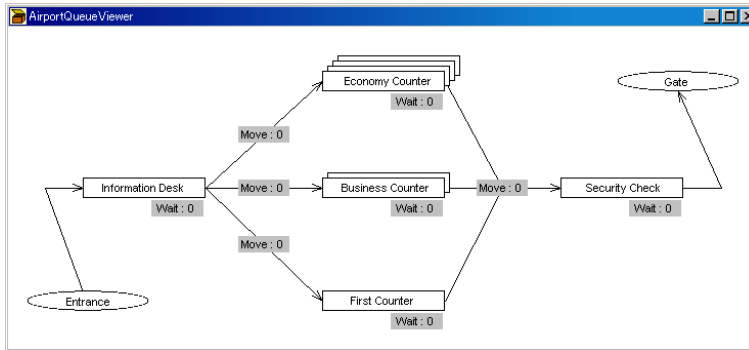


2.3.2 シミュレーションを読み込む

シミュレーションを読み込むと、空港の待ち行列モデルの状況を Airport Queue Viewer に表示させることができます。「org.boxed_economy.queuetheory.model.AirportWorld」をインポートしてください。

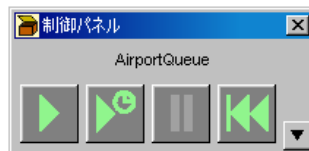


正しいモデルが読み込まれた場合、Airport Queue Viewer は、次のように表示されます。

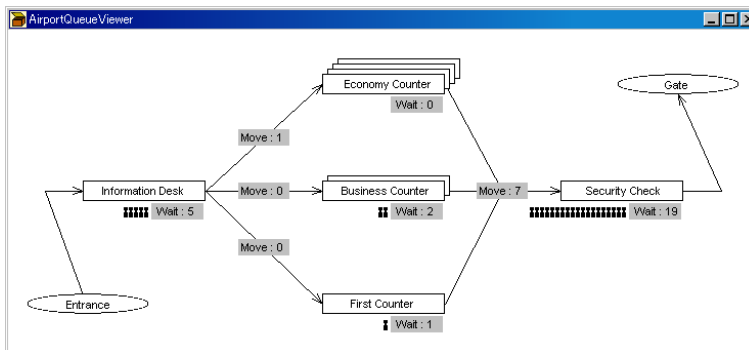


2.3.3 モデルを実行して結果を観察する

以上で、モデルを実行する準備は整いました。それでは、実際に実行してみましょう。制御パネルの実行ボタン（一番左のボタン）をクリックします。



しばらく実行していると、とくに搭乗口（SecurityCheck）の手続きを待つ乗客の行列が長くなるのがわかります。制御パネルの停止ボタン（左から3番目）をクリックして、モデルの実行を止めてください。



2.4 初期パラメータを変えて実行する

ここまでで、空港の待ち行列モデルにおけるボトルネックが、搭乗口 (SecurityCheck) ということがわかりました。ここでは、そのボトルネックを解消するために、モデルのパラメータを変更するためのウィンドウを表示して、パラメータを実際に変更し、再度実行してみます。BESP で、シミュレーションの初期パラメータを変更するには、「World Initializer」というツールを使います。

2.4.1 World Initializer を表示する

「ツール」 「WorldInitializer」メニューを選びます。World Initializer というウィンドウが新しく表示されます。この World Initializer の、各項目に注目してください。例えば、「NUMBER_SecurityCheck」の値が「1」となっています。これは、空港の待ち行列モデルにおいて、搭乗口 (SecurityCheck) が1つだけある、ということです。



プロパティ名	型	デフォルトの値	現在の値	コメント
AVERAGE_ArrivalTime	double	1.5	1.5	乗客の到着間隔 (分) の平均値
AVERAGE_InformationDeskServiceTime	double	1.0	1.0	インフォメーションデスクの乗客1人あた...
NUMBER_CheckInCounter_BusinessClass	int	2	2	ビジネスクラスのカウンターの数
NUMBER_CheckInCounter_EconomyClass	int	4	4	エコノミークラスのカウンターの数
NUMBER_CheckInCounter_FirstClass	int	1	1	ファーストクラスのカウンターの数
NUMBER_InformationDesk	int	1	1	インフォメーションデスクの数
NUMBER_SecurityCheck	int	1	1	セキュリティチェックの数
RATIO_BusinessClassPassenger	double	0.3	0.3	乗客がビジネスクラスである確率

前節で表示させた Airport Queue Viewer と対比してください。Airport Queue Viewer でも搭乗口 (SecurityCheck) は1つだけあるということがわかります。

2.4.2 World Initializer で初期パラメータを変更する

モデルで確認されたボトルネックを解消するために、搭乗口 (SecurityCheck) の数を1つから2つへ増やすことにします。搭乗口 (SecurityCheck) の数を増やすためには、World Initializer の値を変えます。「NUMBER_SecurityCheck」の「現在の値」をダブルクリックして、新しい値「2」を入力し、リターンキーを押してください。すると、ウィンドウ下部の「モデルの初期化」ボタンが選択できるようになります。このボタンを押すと、さきほどのパラメータ変更が反映され、シミュレーションのステップ数が0に戻ります。

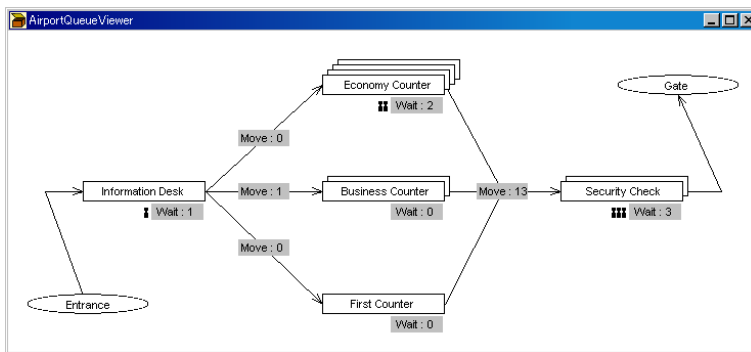
World Initializer				
デフォルトの適用				
プロパティ名	型	デフォルトの値	現在の値	コメント
AVERAGE_ArrivalTime	double	1.5	1.5	乗客の到着間隔(分)の平均値
AVERAGE_InformationDeskServiceTime	double	1.0	1.0	インフォメーションデスクの乗客1人あた...
NUMBER_CheckInCounter_BusinessClass	int	2	2	ビジネスクラスのカウンターの数
NUMBER_CheckInCounter_EconomyClass	int	4	4	エコノミークラスのカウンターの数
NUMBER_CheckInCounter_FirstClass	int	1	1	ファーストクラスのカウンターの数
NUMBER_InformationDesk	int	1	1	インフォメーションデスクの数
NUMBER_SecurityCheck	int	1	2	セキュリティチェックの数
RATIO_BusinessClassPassenger	double	0.3	0.3	乗客がビジネスクラスである確率

モデルの初期化

Airport Queue Viewer を確認すると、搭乗口 (SecurityCheck) の数が、2つにふえていることがわかります。

2.4.3 パラメータを変更したモデルを実行する

それでは、さきほどと同じように、制御パネルの実行 (一番左のボタン) をクリックして、モデルを再度実行してください。今度のモデルでは、搭乗口 (SecurityCheck) を増やしたため、ボトルネックが解消されていることがわかります。



道案内 前章と本章では、シミュレーションの実行を行いました。以降のチュートリアルでは、このようなシミュレーションを作成する方法について取り上げていきます。

