



S⁴ Simulation System

待ち行列研究部会

「第9回学生・初学者のための待ち行列チュートリアル」

S⁴ Simulation Systemで始めるお手軽待ち行列シミュレーション

2016年6月18日

s4-info@msi.co.jp

NTT Data

株式会社NTTデータ 数理システム

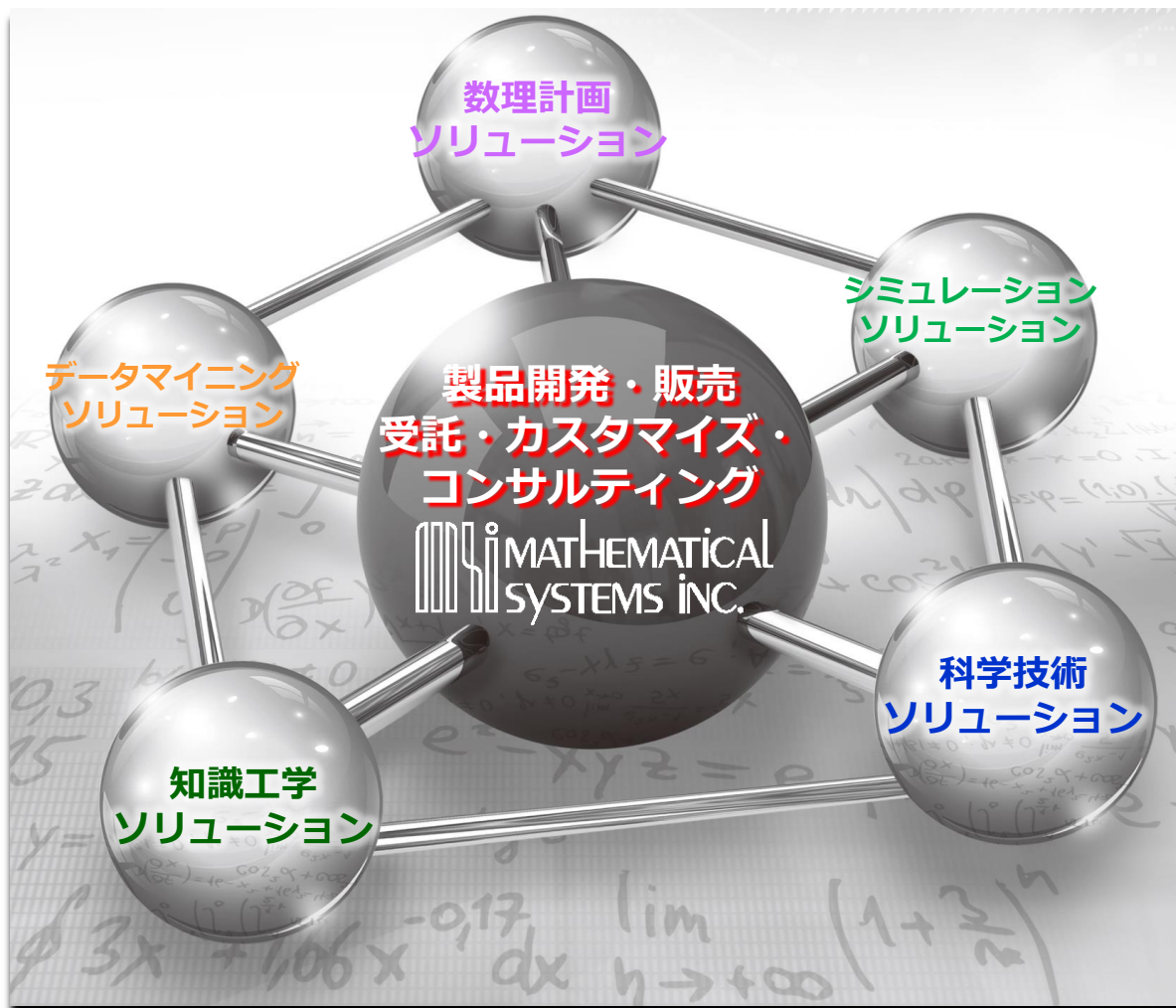
数理学とコンピュータサイエンスの融合

- 所在地 東京都新宿
 - 1982年4月 (株)数理システム設立
 - 2012年2月 NTTデータグループ入り
 - 2013年9月 (株)NTTデータ数理システムに社名変更
- 30年後

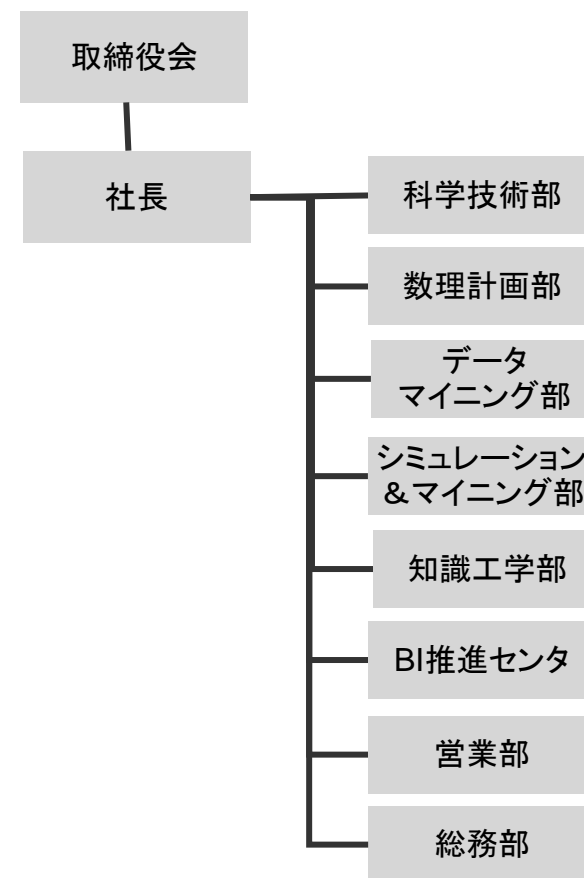
■ 主な業務

- パッケージ製品開発・販売（詳細は次ページ）
- 受託分析/開発、各種コンサルティング
- 最適化
- 統計解析とマイニング
- 知識データベース、言語処理、パターン認識
- シミュレーションなどの科学計算

各種
カスタマイズも
お受けして
おります。



数理科学とコンピューターサイエンス。
2つの接点で独創的な技術を育み、
科学技術の発達と産業の高度化に貢献しています。



- テキストマイニング Text Mining Studio (ポジネガ分析・特徴分析・話題分析)
- データマイニング Visual Mining Studio (需要予測・傾向分析・クラスタリング)
Big Data Module (大規模データ分析・Hadoop)
- ベイジアン BAYONET (医療・故障診断)
- 最適化 Numerical Optimizer(スケジューリング・組み合わせ最適化)
- シミュレーション S⁴ Simulation System (離散イベント・連続系・エージェント)
- 統計解析 S-PLUS ※ (回帰・検定・多変量解析)
- 統計解析 Visual R Platform (Rユーザー向け分析プラットフォーム)
- CRM分析 CRM Insight (購買傾向、ターゲティング)
- 特許分析 Patent Mining eXpress (特許情報分析)
- 超高速シミュレーション Monaco
- 半導体TCADシミュレータ Paradise World II
- 金融工学 Fiopt (ポートフォリオ最適化・シナリオ発生)

※以外はすべて自社開発です

- テキストマイニング Text Mining Studio (ポジネガ分析・特徴分析・話題分析)
- データマイニング Visual Mining Studio (需要予測・傾向分析・クラスタリング)
- Big Data Module (大規模データ分析・Hadoop)
- ベイジアン BAYONET (医療・故障診断)
- 最適化 Numerical Optimizer (スケジューリング・組み合わせ最適化)
- シミュレーション S⁴ Simulation System (シームレス連携) (分散イベント・エージェント)
- 統計解析 S-PLUS ※ (回帰・検定・多変量解析)
- 統計解析 Visual R Platform (Rユーザー向け分析プラットフォーム)
- CRM分析 CRM Insight (購買傾向・ターゲティング)
- 特許分析 Patent Mining eXpress (特許情報分析)
- 超高速シミュレーション Monaco
- 半導体TCADシミュレータ Paradise World II
- 金融工学 Fiopt (ポートフォリオ最適化・シナリオ発生)

※以外はすべて自社開発です

テキスト
マイニング

データ
マイニング

ベイジアン

統計解析

最適化

シミュレ
ーション

CRM

Text
Mining
Studio

Visual
Mining
Studio

BAYONET

Visual
R
Platform

S-PLUS

Numeri
cal
Optimiz
er

S⁴
Simulation
System

CRM
Insight

Patent
Mining
eXpress

Big Data
Module

数理科学とコンピュータサイエンスによる問題解決環境

Visual Analytics Platform

同一マシンに各種ツールをインストールすることで、
VAP上ですべてのツールをシームレスに利用することが可能

弊社ツールユーザー様による事例発表、講演を通じて、ユーザー様間で情報の共有、知識の向上をはかっていただくとともに、交流を深めていただく場です。本コンファレンスを通じ、微力ながらも国内の科学技術振興に寄与することが弊社の願いです。



<開催日>

2016年11月18日（金）

<開催場所>

東京コンファレンスセンター
（JR品川駅直結）

毎回、さまざまな分野での興味深い発表に、600名を超える参加者のみなさまからもご好評をいただいております。弊社製品をお使いの方はもちろん、弊社ツール、ソリューションにご興味をお持ちの方であれば、どなたでもご参加いただけます。

2014年

株式会社アサツー ディ・ケイ
田口 仁 様

消費者を“動かす”には？
～エージェントベースドモデルによる生活行動のシミュレーション～

2014年

株式会社 TMJ
辻 良紀 様

数理技術で会社の成長をサポート
～コールセンターにおけるシミュレーション&最適化技術の応用事例～

2015年

富士通研究所 知識情報処理研究所
早稲田大学 社会シミュレーション研究所
九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所
大堀 耕太郎様

社会システムデザインにおけるシミュレーション技術の役割
～「正しさ」を捨てることで見える新たな可能性～

コールセンター VOC/QFD

TOTO(株)様

YKKAP(株)様

SCSK(株)様

情報工房(株)様

(株)TMJ様

ヤンマー(株)様

シスメックス(株)様

横河電機(株)様

(株)ジャパンネット銀行様

(株)NTTデータ様

三菱食品(株)様(旧:(株)菱食様)

特許情報/論文分析

(株)日産テクノ様

東京エレクトロン(株)様

正林国際特許商標事務所様

科学技術振興機構(独)様

社内データ/製造過程データ

(株)本田技術研究所様

オムロン(株)様

スマートインサイト(株)様

詳細事例を当社HPからダウンロード可能

業界最多レベル

<http://www.msi.co.jp/tmstudio/usersCase.htm>

その他

(独)産業技術総合研究所様

(株)NTTアドバンステクノロジー様

富士ゼロックス(株)様

(財)流通経済研究所様

(財)道路交通情報通信システムセンター様

調査/アンケート

アイエックス・ナレッジ(株)様

有限責任監査法人トーマツ様

(株)ネクステージコンサルティング様

(独)日本スポーツ振興センター様

(株)日経BPコンサルティング様

みずほ情報総研(株)様

SNS/お客様の声分析

味の素(株)様

(株)ぐるなび様

(株)LIXIL様

- シミュレーションとは
- 待ち行列シミュレーションの必要性
～コールセンターシミュレーションを例にして～
- 待ち行列シミュレーションの活用事例
- S⁴ Simulation System 概要
- デモ. 銀行の窓口シミュレーション
- 発展的な話題
- 関連情報





シミュレーションとは

NTT Data

株式会社NTTデータ 数理システム

シミュレーションのイメージ



フライトシミュレーター



シミュレーションゲーム



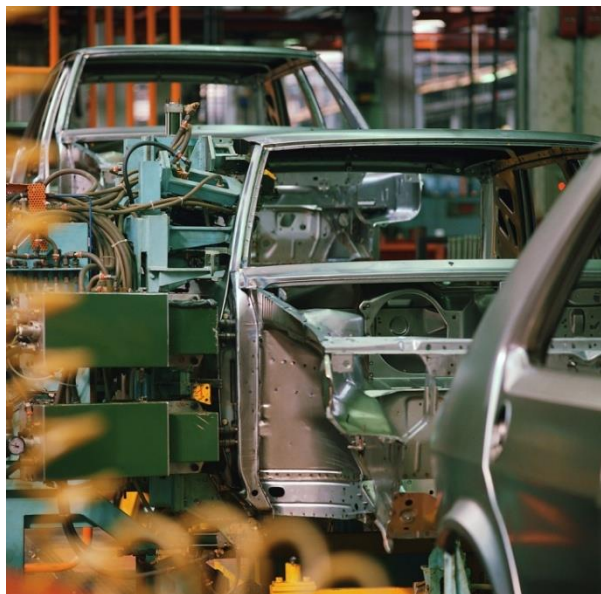
地球シミュレーター



耐震シミュレーション

現実のシステムをモデル化（模擬）して、
モデルを実行することで、
その振る舞いを分析・予測する問題解決手法

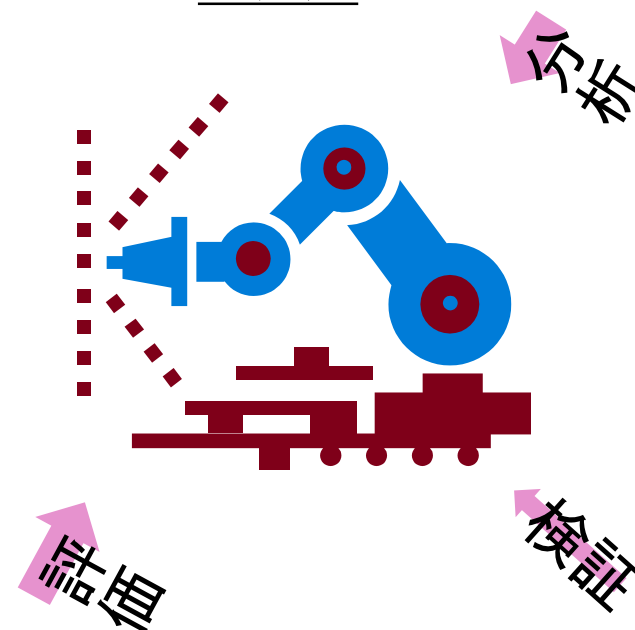
現実の複雑なシステム



目的により
特徴を抽出し
簡略化

モデル化

モデル



- **実際に試すには莫大なコストや時間、労力がかかる。**

- 渋滞回避政策
- 避難経路設計



- **計画を実行したときの効果や結果を検証したい。**

- 計画したスケジュールの検証
 - シフトスケジュール
 - 建設工程、修繕計画
 - 在庫管理
 - 生産計画
- 広告効果の検証
 - 広告時期の検討
 - インターネット広告施策



- **不確定要素がある事象の予測をしたい。**

- 需要予測
- 商品の購入者数予測
- インフルエンザ患者数の拡散と終焉



離散イベントシミュレーション

今日のテーマ

- 状態変化が離散的に発生するような現象をシミュレートする
 - 排他的なサービスを利用するために発生する待ち行列の時間変化シミュレーションなど

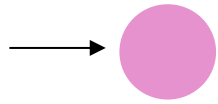
連続シミュレーション(システムダイナミクス)

- 状態量が連続的に変化するような現象をシミュレートする
 - 微分方程式であらわされたモデルにおける各状態量の時間変化シミュレーションなど

エージェントシミュレーション

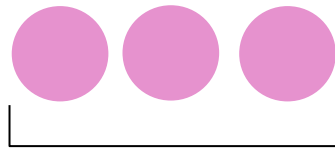
- 全体の挙動をエージェントの挙動からシミュレートする
 - 一定のルールに従い自律的に行動するエージェントが、相互に作用し合いながら行動する事によって生じる現象のシミュレーションなど
 - 多数のエージェントからなる仮想的な世の中を構築する

・待ち行列の混雑状況をシミュレーション



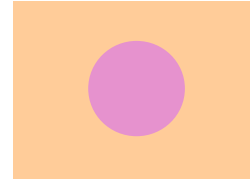
到着

人やモノがランダムに到着



順番待ち

順番待ち (Queue)



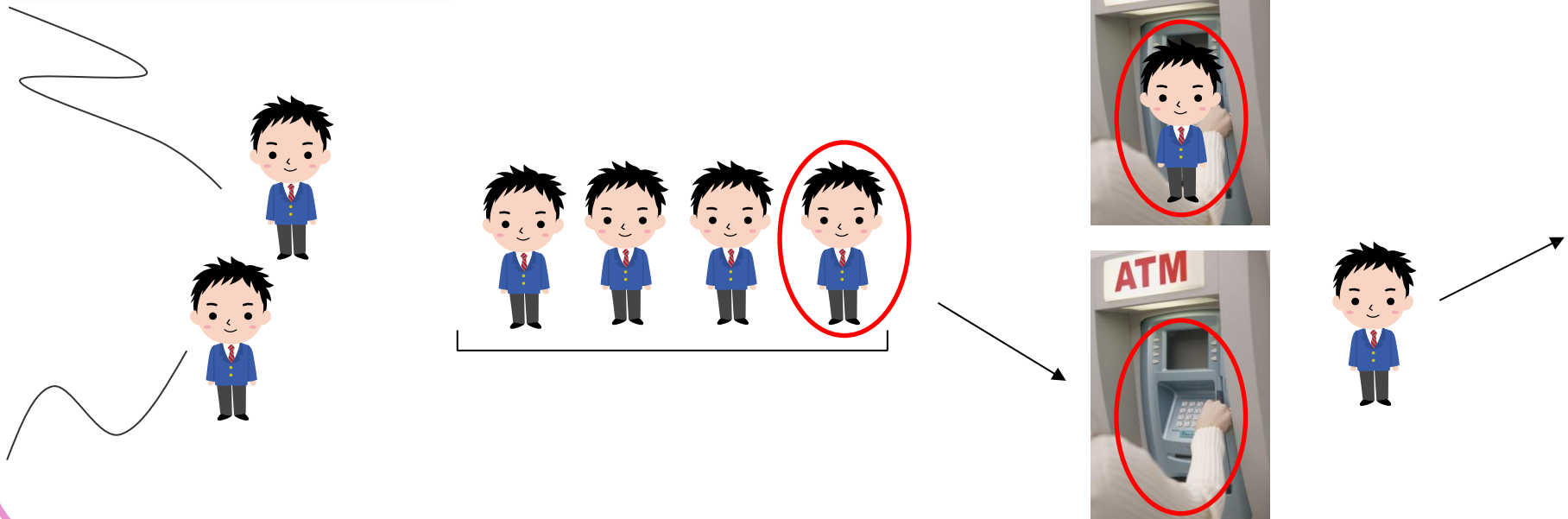
サービス

処理中は資源を占有

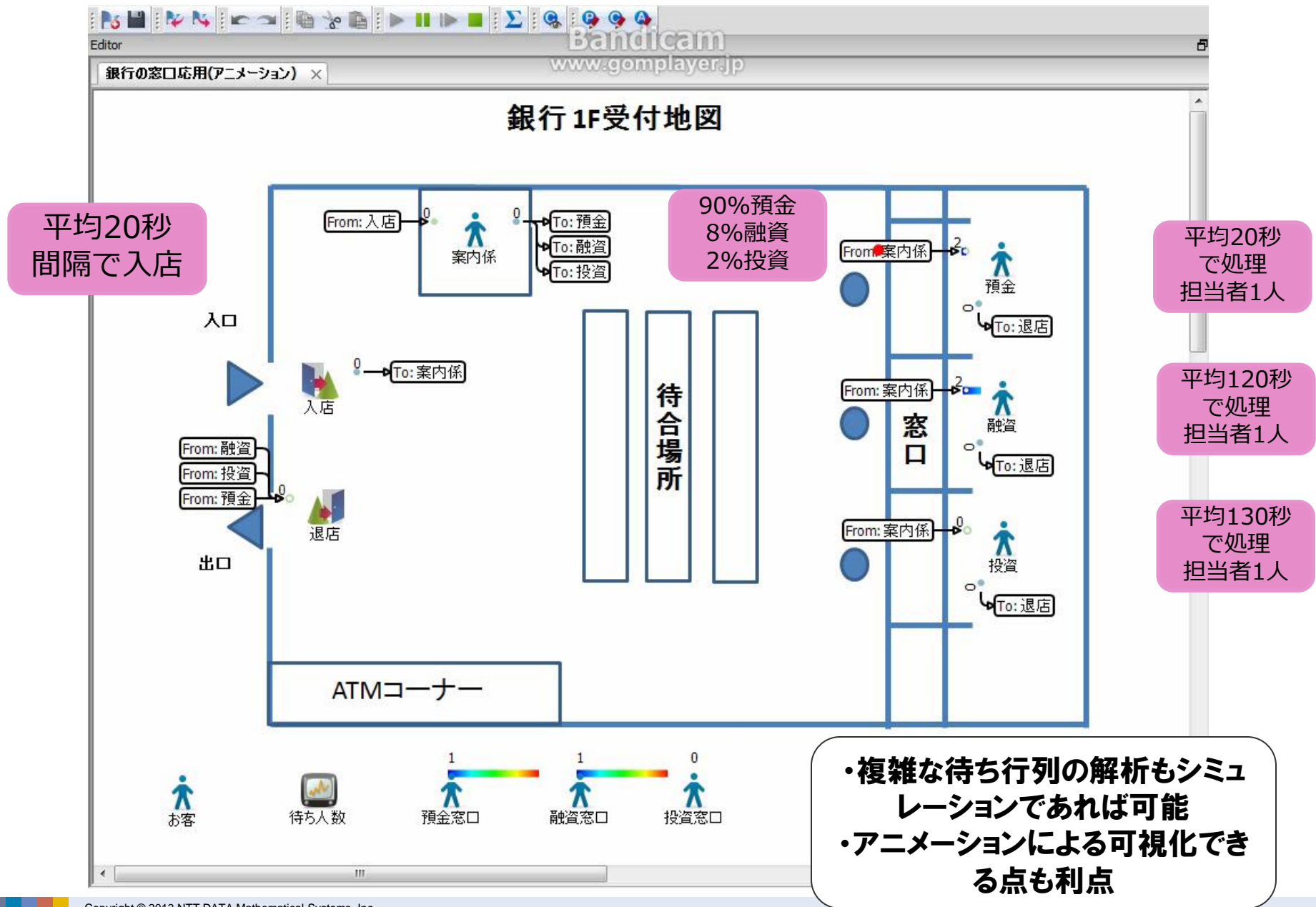


出発

(例)銀行のATM



例.銀行の窓口(デモンストレーション)



• 銀行の窓口、ATM

- 窓口に並ぶ平均人数
- ATM の稼働率
- 窓口担当者数と行列人数の関係

• 工場などの生産システム

- 機械数と生産個数、リードタイムの関係
- 作業時間のブレを考慮した生産計画の作成
- 欠陥品の発生率と生産個数の関係
- 受注前に納期遅れの可能性を検証

• サプライチェーンなど流通システム

- 在庫量最小化
- 発注タイミングの検討
- ロスと仕入れ数との関係

• 通信システム

- ネットワーク設計
- パケット通信量と速度の関係
- ルータ数検討

• コールセンター

- 放棄呼数とオペレータコストとの関係
- オペレータの稼働率

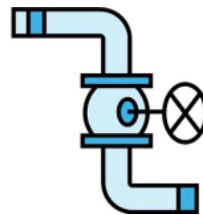
• 人間ドック

- 検査機器数と総受診時間の関係
- 受診コース計画検討

・ 複数の相互に関係しあう状態量の時間変化を分析

- 状態量の変化速度を常微分方程式の形でモデル化
- 数値シミュレーションによって解を求める
- 常微分方程式の形で記述できる問題ならばシミュレーション可能

(例)石油タンカーと石油タンクの量



液体を連続的に移動

x : 石油タンカーの石油量

, y : 石油タンクの石油量

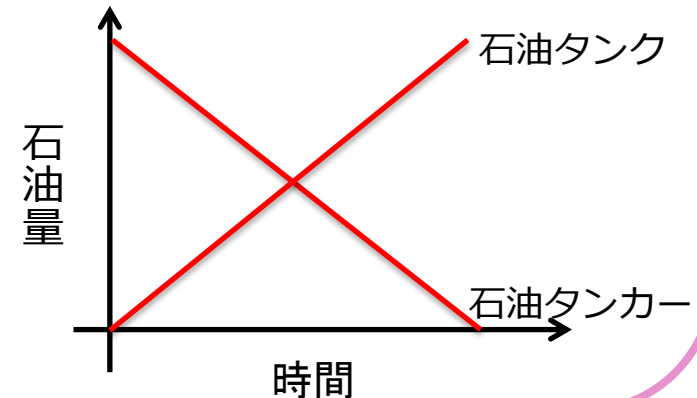
a : 石油を移し替える速度

, t : 時間

$$\frac{dx}{dt} = -a$$

$$\frac{dy}{dt} = a$$

シミュレーション
(求解)



・複数の種類を合わせたシミュレーション

離散イベントシミュレーション



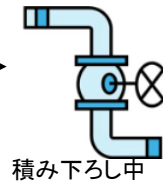
ランダムに到着し待ち行列が発生

タンカーが港で船着き場が空くの
を行列を作って待つ



積み下ろし中

連続シミュレーション



積み下ろし中

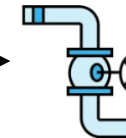
タンカーから石油タンクに石油を
移し替える



ハイブリッドシミュレーション



ランダムに到着し待ち行列が発生



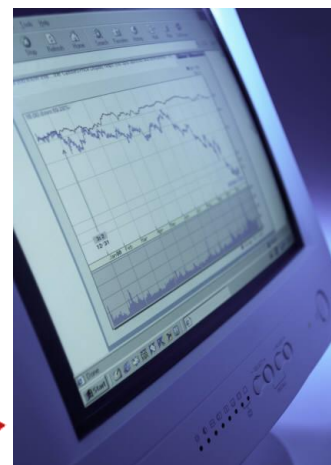
積み下ろし中



行列の長さと石油の量の変化を同
時にシミュレーション

・一定のルールに従い自律的に行動するエージェントの振る舞いをシミュレートする事で、エージェント同士の相互作用から現われる、複雑な社会現象を分析・予測する手法

エージェントシステム

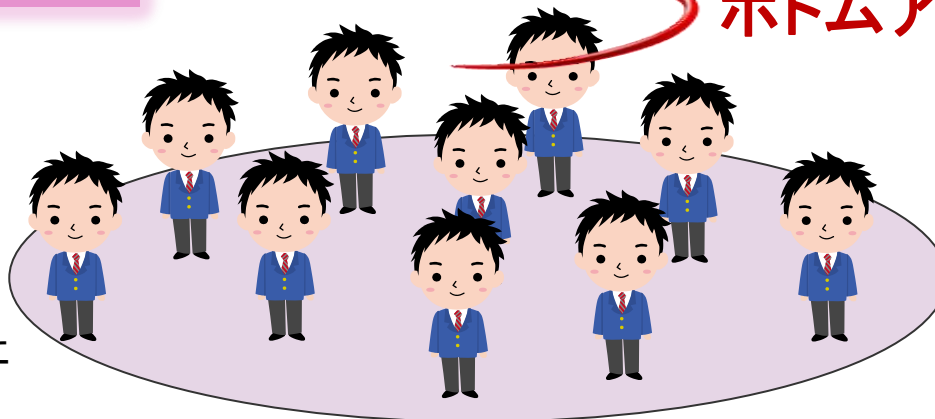


エージェント集合



エージェント

・一定のルールに従い自律的に行動
・エージェント同士、相互に作用し合いながら行動する事による現象をシミュレーション



ボトムアップ

(例. 株式投資)

エージェント

- 投資家

エージェント集合

- 株式市場

エージェントシステム

- 日経平均株価



待ち行列シミュレーションの必要性

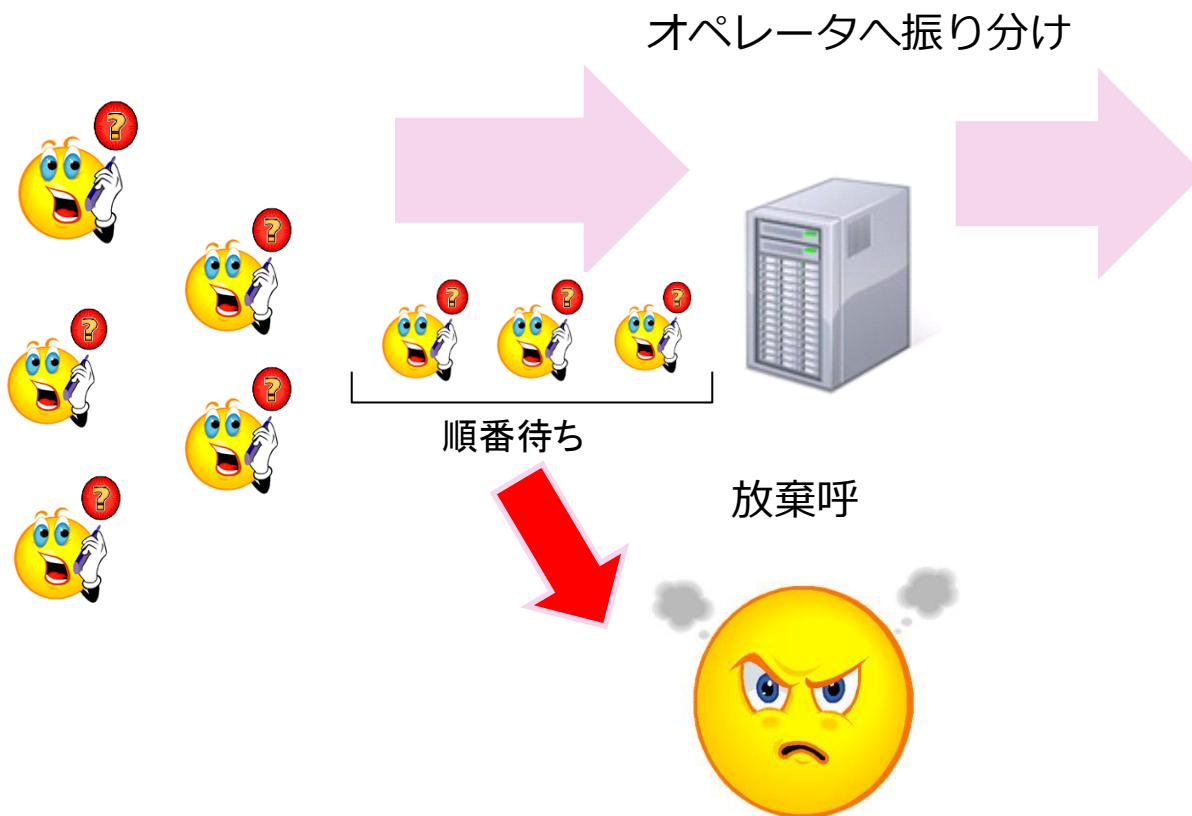
～コールセンターシミュレーションを例にして～

NTT Data

株式会社NTTデータ 数理システム

- ・ 放棄呼を減らして、応答率を目標値に達成したい

⇒オペレータの適正人数は？



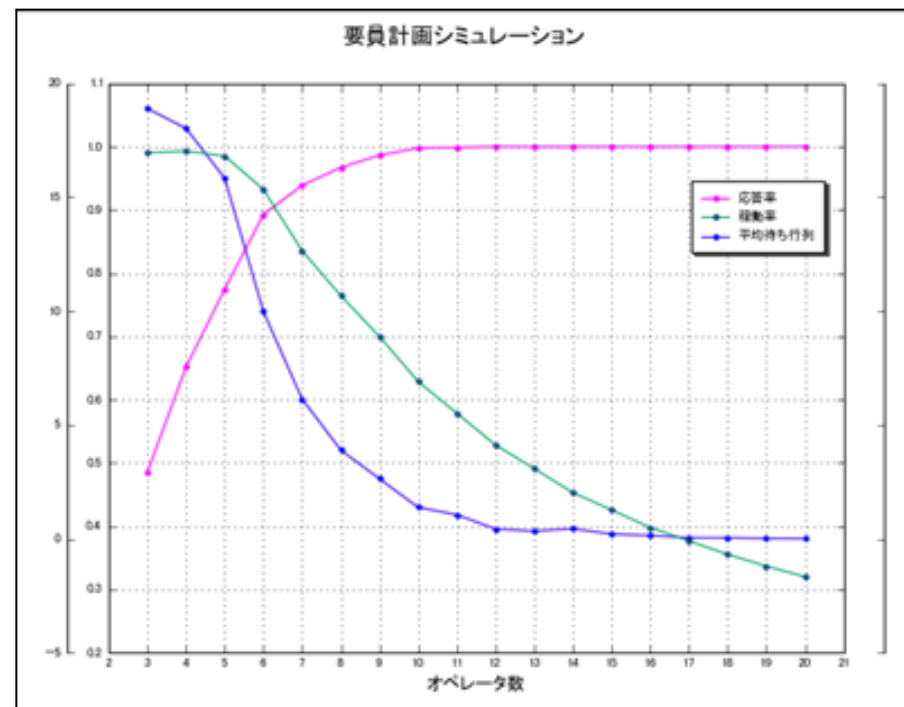
シミュレーションの目的

オペレータ数を変動させた場合の応答率、稼働率、平均待ち行列を調べる

・シミュレーションパラメータ

オペレータ数	3～20人		
稼働時間	10時～17時		
入電間隔 (本)/分	10時台		2
	11時台		4
	12時台		1
	13時台		4
	14時台		1
	15時台		5
	16時台		3
1本あたりのサービス時間	3		
最大積滞数	15(本)		

・シミュレーション結果



シミュレーションの流れ

1. 現場のコールセンターをモデル化し、シミュレーションプログラムを作成
2. シミュレーションのパラメータを設定
3. シミュレーションプログラムの実行
4. 結果の分析

- アーラン式とは

- コールセンターの人員配置問題などに適用される、待ち率や呼損率の計算式
- 待ち率や呼損率を、オペレータの人数や問い合わせの発生率で表したもの
- シンプルな設定ならば、明示的にアーラン式を書き下すことができる

（例）トラヒック量A、オペレータ数N、放棄呼なし、問い合わせ発生間隔および対応時間が指数分布の場合の待ち確率（問い合わせが少しでも待たされる確率）

$$P(> 0) = \frac{\frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}}{\sum_{x=0}^{N-1} \frac{A^x}{x!} + \frac{A^N}{N!} \frac{N}{N-A}}$$

シミュレーションとアーラン式による違い

	シミュレーション	アーラン式
利点	<ul style="list-style-type: none">オペレータのスキル、シフト編成、問い合わせの種類など、複雑な条件をモデルに込みこむことが可能柔軟かつ直感的にモデルを変更できる入電や対応記録などの過去データを活用する事で、より現実に近い結果を得る事が可能待ち行列理論に詳しくない現場の担当者レベルでも分析が可能	<ul style="list-style-type: none">シンプルな設定ならば、明示的な式により瞬時に、呼損率、待ち率などが計算できる
欠点	<ul style="list-style-type: none">1回のシミュレーションに時間がかかる場合には、さまざまな条件で試すには時間がかかる事がある	<ul style="list-style-type: none">シンプルな設定の場合でしか、明示的なアーラン式は知られていない

- **複雑な条件が多く、解析的には求められない事の方が多い**

- オペレータのスキル、シフト、問い合わせの種類までも考慮



シミュレーションによる分析が必要

- **結果を業務の効率化やコスト削減につなげる事が目的**

- オペレータ数の適正化によるコスト削減
- オペレータの稼働率向上
- 応答率を上げる事による、顧客満足度の向上



より現実に近い結果が求められる

- **オペレータの人員配置などは、現場の責任者（担当者）が行っている**

- 現場の分析担当者は必ずしも待ち行列理論に詳しいわけではない
- ITリテラシーが高いわけではない(Excel操作ができれば御の字)



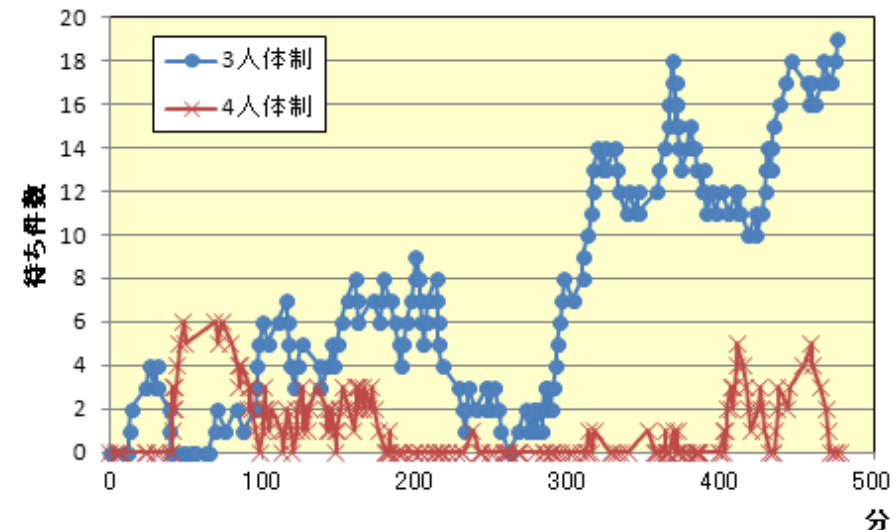
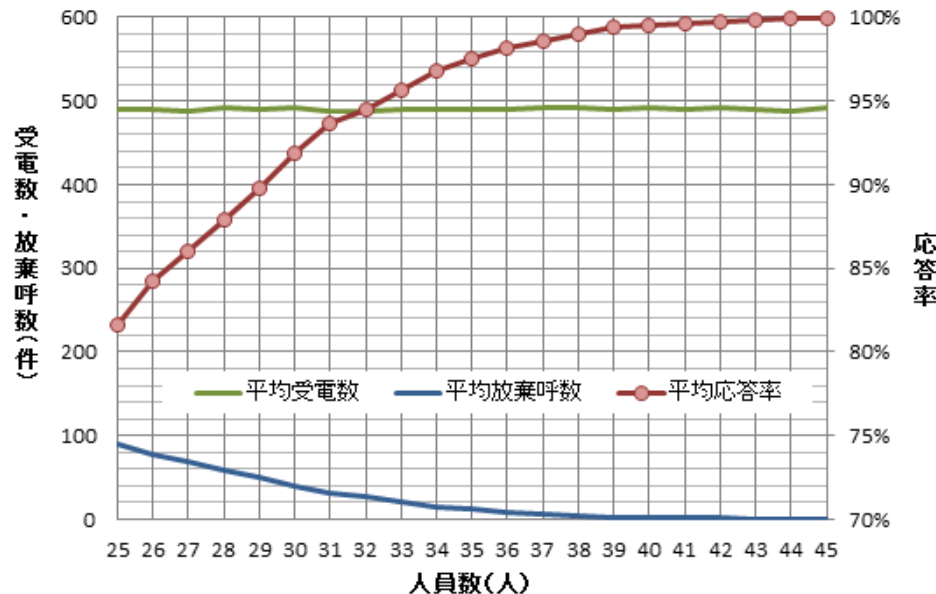
現場の担当者でも扱えるシミュレータが必要

・問い合わせ部門における応答率とオペレータ数のバランスを求めるのにS⁴ Simulation System を活用。

詳細はリーフレットをご覧ください

- TOTO では特約店や施工店からの専門的な問い合わせに対応する部門を事業部ごとに設けている
- オペレータの適正な人員配置を検討するための具体的なデータとしてシミュレーション結果を活用
- 現場からの要請でオペレータのスキルの違いも取り込んでいる

人員数と応答率の関係
(シミュレーション結果)



～オペレータのシフト決定システム～

オペレータの要員計画に様々なソリューションを組み合わせる活用。

コール数予測

図 コールセンターログデータ データとグラフビュー

問合せID	日付	時刻	問い合わせ内容
1	17364743	2011/04/01 09:00:00	117 E3-411S にトナー以外の消耗品はありますか。
2	17364745	2011/04/01 09:00:03	58 消耗品でお客様が交換するものはトナー以外に何かあるのでしょうか。
3	17364747	2011/04/01 09:00:16	29 C3-420P の印字が薄くなってきた。修理に出したいので、送り先などを教えてください。
4	17364752	2011/04/01 09:00:20	4 メモリーを増設したら立ち上がらなくなった。外すと起動に問題はない。初期不良の場合、訪問修理
5	17364755	2011/04/01 09:00:44	125 保守可能期間内で、交換部品が有償になると無償なのと同じによって異なるが教えてください。
6	17364757	2011/04/01 09:00:58	107 画面原稿を FAX で送る際の操作方法を知りたい。
7	17364760	2011/04/01 09:01:29	230 黒い汚れが出る。半年前にも同じ現象で修理をお願いした。内部の掃除をしたが直らない。再度
8	17364763	2011/04/01 09:01:31	96 住居が奥の印字方法を教えてください。修理は C3-420P です。
9	17364768	2011/04/01 09:01:37	68 電源が入らない。センターの修理サービスでマシナリ修理の場合とで費用は違うのか。機種は C3-42
10	17364771	2011/04/01 09:01:51	52 画像の印刷時に紙の上下に黒い斑点のようなものが印刷される。1 年前に修理依頼したが不具
11	17364772	2011/04/01 09:02:08	347 ドラムは消耗品に含まれるのでしょうか。教えてください。
12	17364773	2011/04/01 09:02:16	32 E3-410Y で手差しの場合に紙詰まり発生。修理をお願いします。
13	17364777	2011/04/01 09:02:45	24 E3-410Y の年間保守の内容と費用について教えてください。
14	17364778	2011/04/01 09:02:47	36 LAN の端子部分が欠けてしまって接続できなくなった。できれば両日中に訪問修理をお願いします
15	17364782	2011/04/01 09:03:02	17 トナー以外に想定する消耗品にはどのようなものがあるのでしょうか。
16	17364784	2011/04/01 09:03:09	57 機種名 E3-39X 上記のプリントを廃棄したいのですが、どうすればよいのでしょうか。
17	17364785	2011/04/01 09:03:20	69 E3-411S で紙詰まりの不具合が出ている。直した場合にはいくらかかるのか。
18	17364788	2011/04/01 09:03:23	68 本体がリサイクルしたい。貴社での有償引き取りの手続きを教えてください。
19	17364794	2011/04/01 09:03:25	113 廃棄トナーボトルの取扱店を知りたい。市内にないのか。
20	17364796	2011/04/01 09:03:26	34 黒い汚れが出る。半年前にも同じ現象で修理をお願いした。内部の掃除をしたが直らない。再度

コールセンター問い合わせログからどういう問い合わせが、どの時間帯に、どの位の量が発生するかを予測



テキストマイニング



データマイニング



コール量
予測データ

スケジューリング

勤務表作成

数あるシフトのパターンから最もよい組み合わせを探す

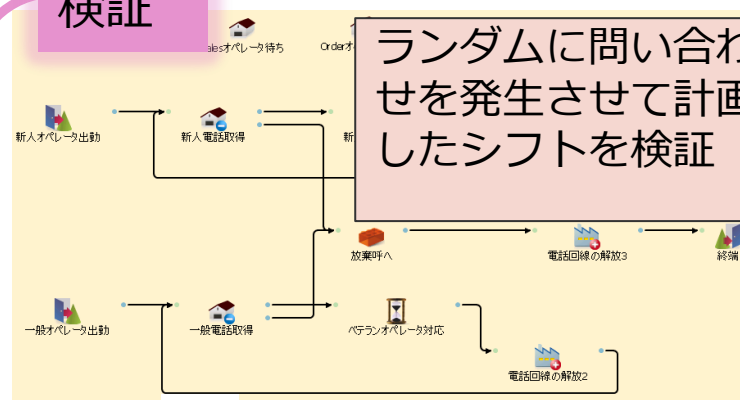
勤務表	1	2	3	4	5	6	7
1	深夜	準日	休日	深夜	日勤	日勤	休日
2	休日	深夜	休日	休日	日勤	休日	深夜
3	日勤	日勤	深夜	当直	休日	休日	深夜
4	休日	日勤	休日	日勤	日勤	日勤	休日
5	日勤	日勤	休日	日勤	深夜	日勤	深夜
6	準日	日勤	当直	日勤	当直	準日	日勤
7	深夜	休日	休日	深夜	深夜	準日	日勤
8	深夜	日勤	休日	準日	日勤	深夜	休日
9	準日	日勤	休日	深夜	深夜	休日	日勤
10	日勤	準日	当直	休日	準日	深夜	日勤
11	休日	日勤	休日	休日	深夜	日勤	当直
12	日勤	日勤	準日	休日	深夜	日勤	深夜
13	深夜	日勤	休日	深夜	深夜	休日	日勤
14	当直	深夜	深夜	当直	日勤	休日	深夜

最適化

シフト
計画

検証

ランダムに問い合わせを発生させて計画したシフトを検証



シミュレーション



待ち行列シミュレーションの活用事例

NTT Data

株式会社NTTデータ 数理システム

広告・マーケティング

事例

- Twitter による広告効果測定
- インターネット広告施策検討

製造業

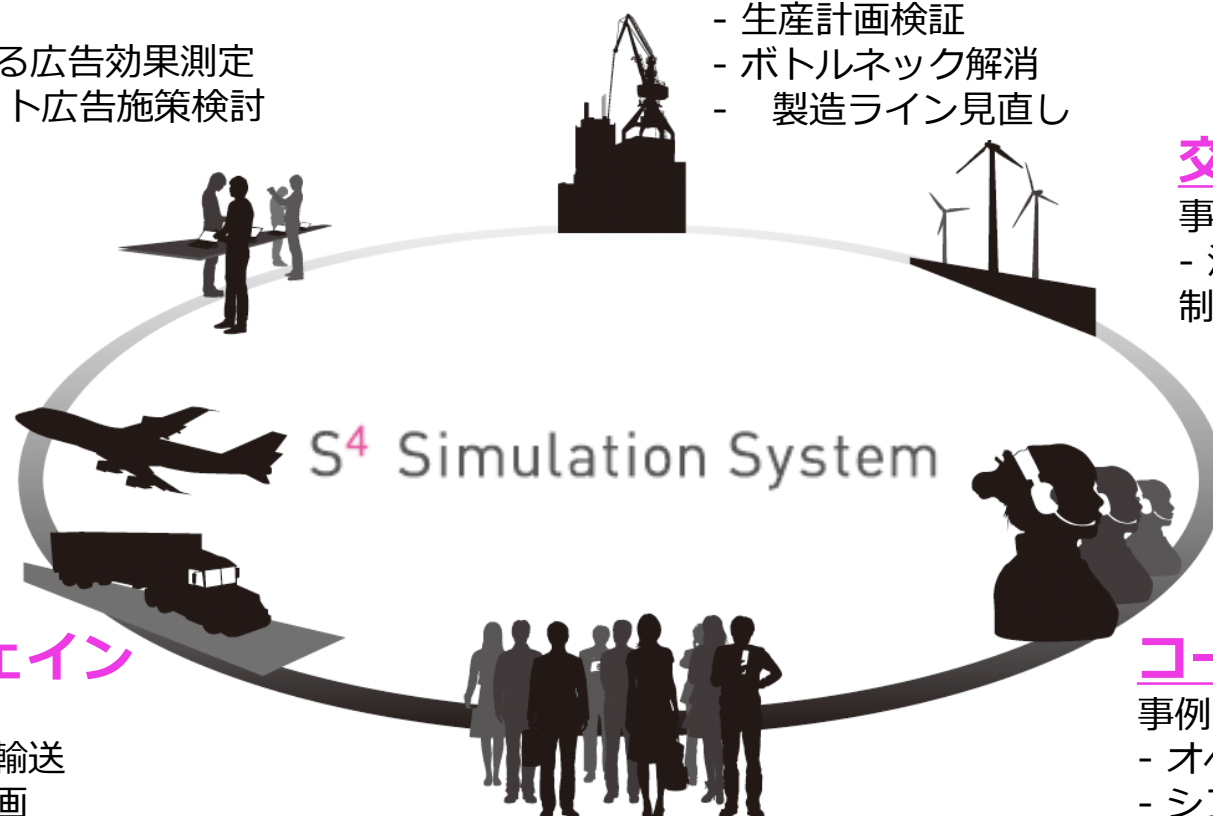
事例

- 生産計画検証
- ボトルネック解消
- 製造ライン見直し

交通システム

事例

- 渋滞緩和の為の信号制御方法検討



コールセンター

事例

- オペレータ要員計画
- シフト計画検証

教育・授業

事例

- シミュレーション実習授業
- オペレーションズ・リサーチ実習
- 研究指導
- 論文執筆

サプライチェーン

事例

- 災害時の物資輸送
- 商品の在庫計画

- 大規模な交通シミュレーションで、都市全体に影響する交通計画やオリンピック等のイベント時の影響を予測、緩和策を検討する為に、**S⁴ Simulation System** を活用。



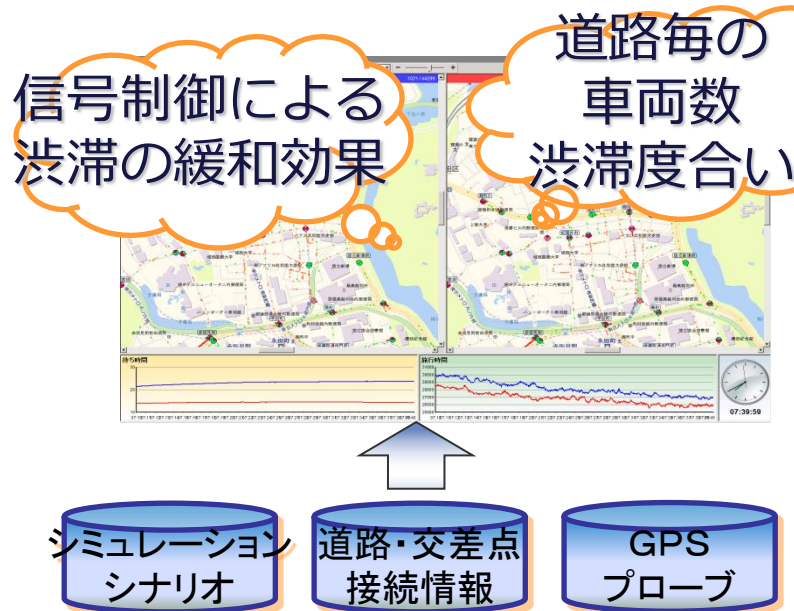
ITS世界会議にも出展。

参加国数60ヶ国以上

論文数1,000論文

セッション数250セッション

詳細はリーフレットをご覧ください



100万台規模の大規模処理

- HPCベースからIAベースの分散処理

低コストの渋滞予測

- 大量GPSを束ねることによる将来予測

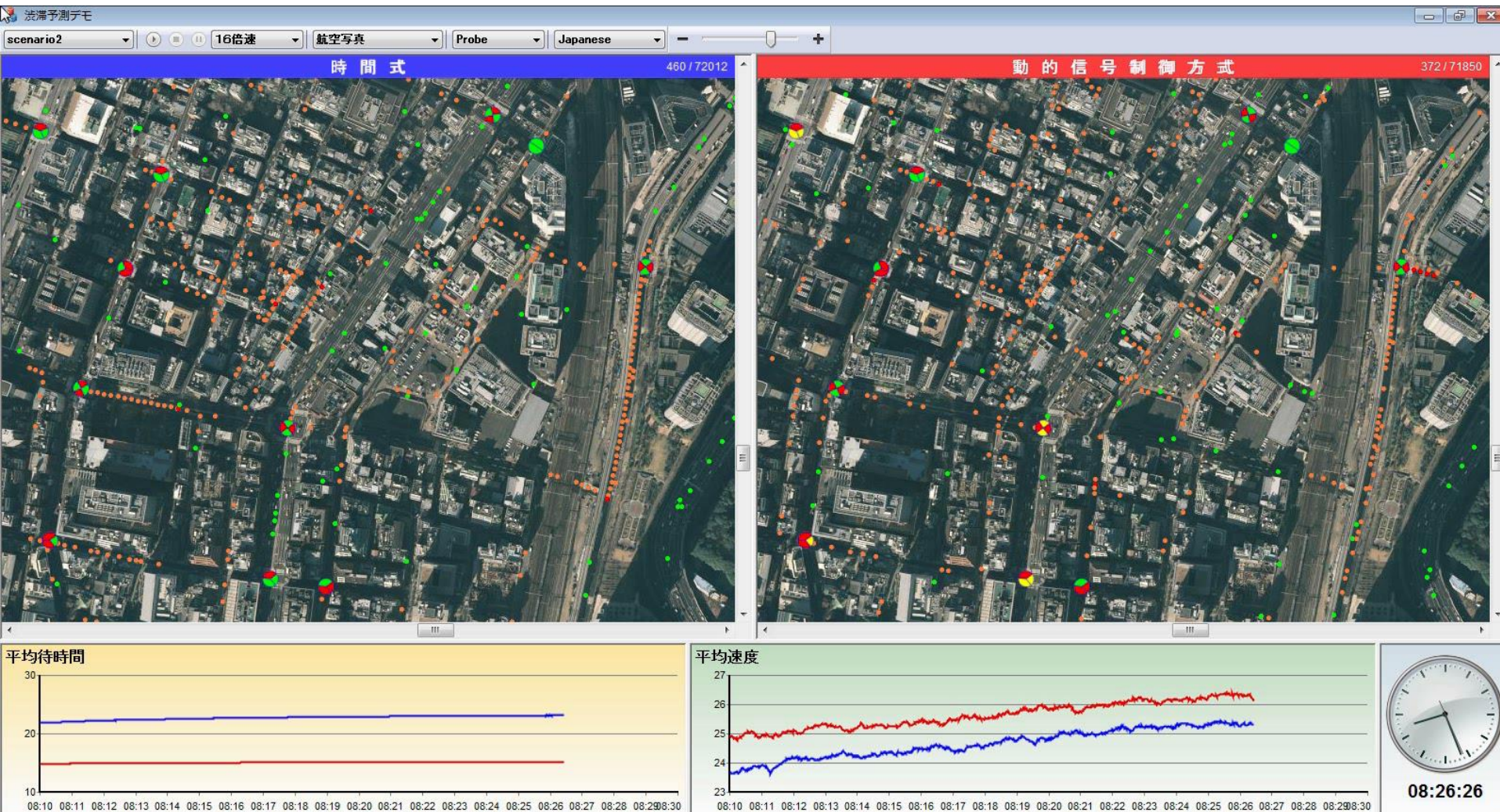
柔軟な信号制御

- 混雑状態やセンサ設置位置のバリエーションに対応した動的信号制御

S⁴ Simulation System を選ばれた理由

TBレベルのビッグデータ処理にはS⁴ Simulation System の分散処理の仕組みが不可欠！多彩なシミュレーションモデルを柔軟に組めるところが魅力。

航空写真上にシミュレーションの様子を可視化



社会で生きるシミュレーション手法を体験。

- 製造ラインや生産管理の方法を研究
- シミュレーションの基礎を身につけさせる為、S⁴ Simulation System を利用し、100人を超える学生様が実習授業を行っている

詳細はリーフレットをご覧ください

生産シミュレーション実習の大まかな流れ



実習を受けた学生様も全員問題なくシミュレーションモデルの作成、結果の分析を行えています！



S⁴ Simulation System 概要

NTT Data

株式会社NTTデータ 数理システム



S³ Simulation System



S⁴ Simulation System

2010
Ver1.0
離散系シミュレータとしてリリース

2011~2012
Ver2.0
パラメータ最適化機能
など分析機能強化

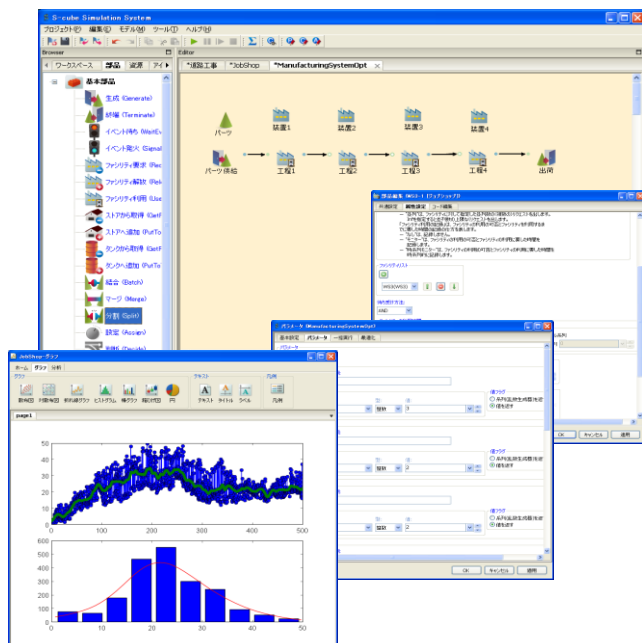
2013
Ver3.0
連続シミュレーション(システムダイナミクス)機能を追加

2014
Ver4.0
・エージェントシミュレーション機能を追加
・S⁴ Simulation System に名称変更

2015
Ver4.1
強化学習機能
アニメーション機能強化
2016~
Ver4.2
ソーシャルフォースモデル
状態空間モデル

現バージョン

2010年のリリースから毎年バージョンアップを重ねています。
2016年3月にはVer4.2をリリース!



S⁴ Simulation System



離散イベント
シミュレーション

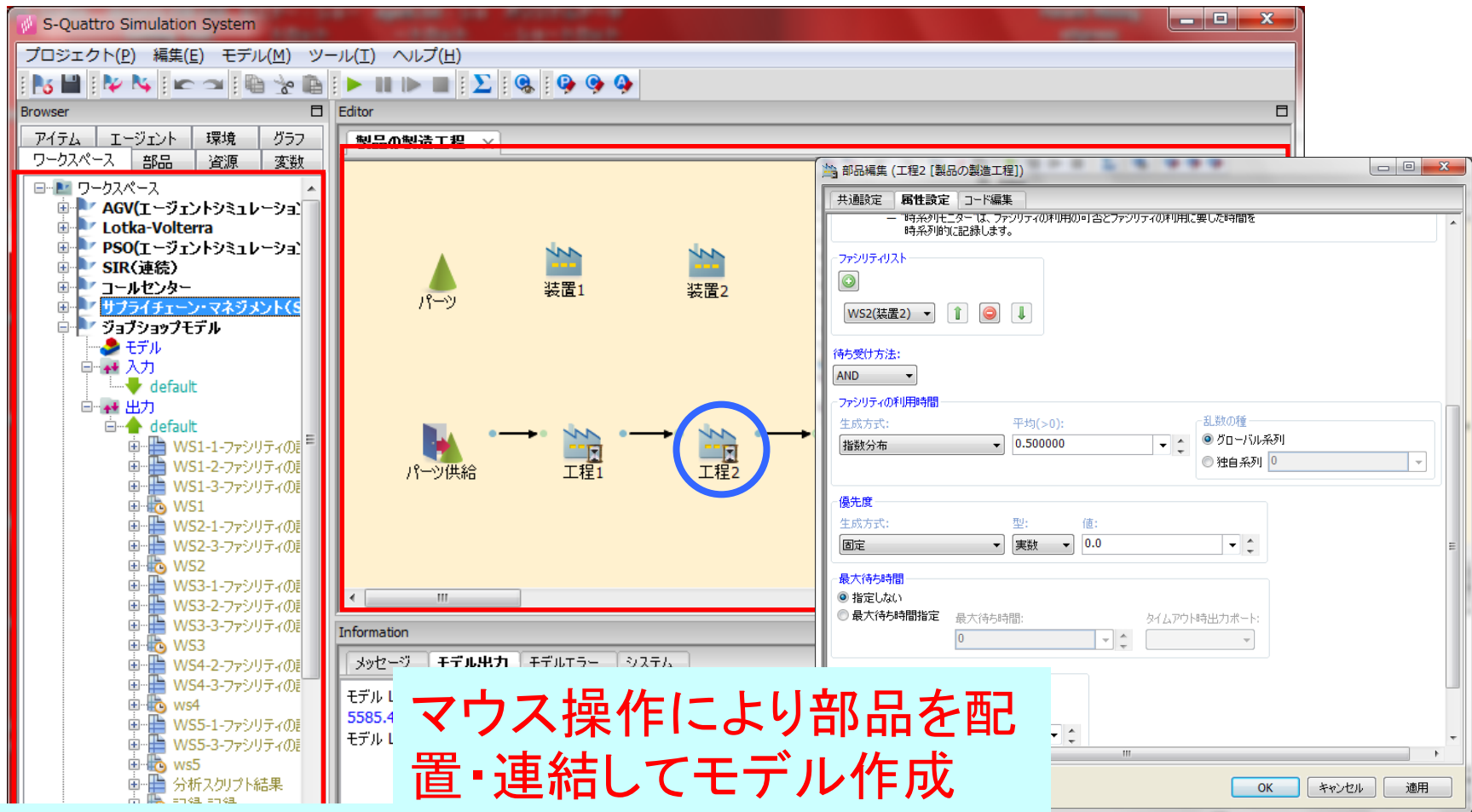


連続シミュレーション



エージェントシ
ミュレーション

- NTTデータ数理システムが独自に開発
- 純国産商用シミュレータ
- GUIによる直観的なモデリング
- 柔軟なカスタマイズ性能
- ハイブリッドシミュレーション
- グラフ・統計分析
- 最適化・感度分析・実験計画

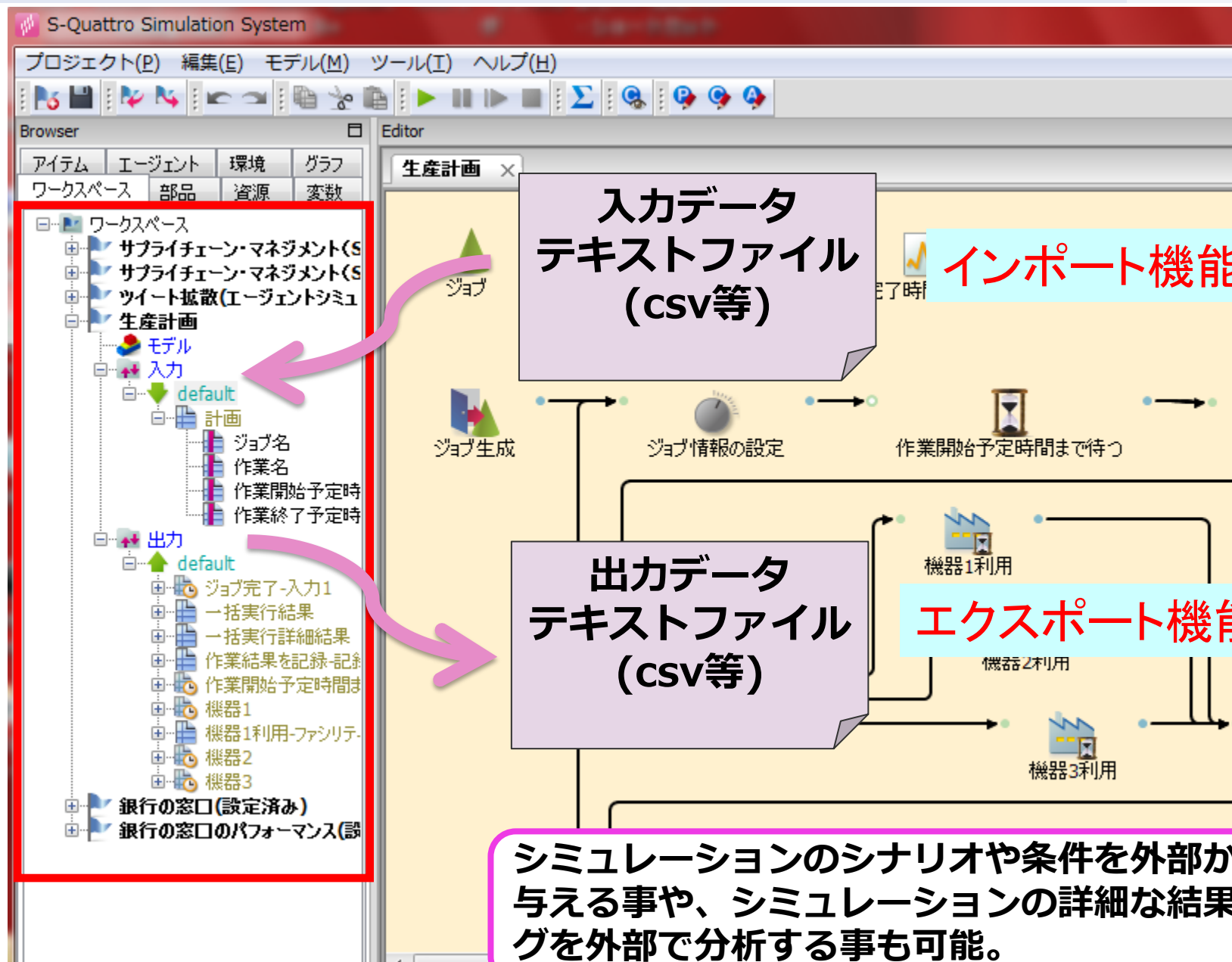


マウス操作により部品を配置・連結してモデル作成

モデルと入出力をあわせてプロジェクトとして管理

部品のパラメータ設定画面

従来のシミュレーションツールに比べて短期間でのモデリングが可能。プログラミング経験のない人でもシミュレーション出来てしまいます。



基本部品

- 生成 (Generate)
- 終端 (Terminate)
- イベント待ち (WaitEvent)
- イベント発火 (SignalEvent)
- ファシリティ要求 (RequestFacility)
- ファシリティ解放 (ReleaseFacility)
- ファシリティ利用 (UseFacility)
- ストアから取得 (GetFromStore)
- ストアへ追加 (PutToStore)
- タンクから取得 (GetFromTank)
- タンクへ追加 (PutToTank)
- 結合 (Batch)
- マージ (Merge)
- 分割 (Split)
- 設定 (Assign)
- 判断 (Decide)
- 遅延 (Delay)
- 複製 (Duplicate)
- 通過 (Pass)
- 記録 (Record)
- 連続 (Continuous)

部品

基本資源

- イベント (Event)
- ファシリティ (Facility)
- ストア (Store)
- タンク (Tank)

資源

変数

- 補助変数 (Expression)
- 連続変数 (Value)

変数

基本アイテム

- アイテム (Item)

アイテム

基本グラフ

- グラフ (Graph)
- リアルタイムグラフ (RealtimeGr)

グラフ

基本エージェント

- 非同期エージェント (AsynchronousAgentSet)
- 粒子フィルタエージェント (ParticleFilterAgentSet)
- SFMエージェント (SFMAgentSet)
- 同期エージェント (SynchronousAgentSet)

エージェント

基本環境

- BarabasiAlbertグラフ (BarabasiAlbertRandomGraph)
- 完全グラフ (CompleteGraph)
- カスタムグラフ (CustomGraph)
- 環境 (Environment)
- ユークリッド2D (Euclid2D)
- GEXFフォーマットグラフ (GEXFFormatGraph)
- GNMグラフ (GNMRandomGraph)
- GNPグラフ (GNPRandomGraph)
- GraphMLフォーマットグラフ (GraphMLFormatGraph)
- 格子グラフ (LatticeGraph)
- PowerlawClusterグラフ (PowerlawClusterRandomGraph)
- SFM環境 (SFMEnvironment)

環境

基本学習モデル

- エージェント用強化学習モデル (AgentRLModel)
- 離散イベント用強化学習モデル (DiscreteEventRLModel)

強化学習

コールセンター

- 放棄呼 (Abandon)
- 時間確認 (CheckTime)
- 対応終了 (EndOfOperation)
- 受電 (GetFromCallQueue)
- 入電 (GetPhoneCall)
- 対応 (Operate)
- 対応待ち (PutToCallQueue)
- 対応開始 (StartOfOperation)
- 出社 (StartWorking)
- 退社 (StopWorking)

コールセンター

- 対応待ちリスト (Store)

窓口

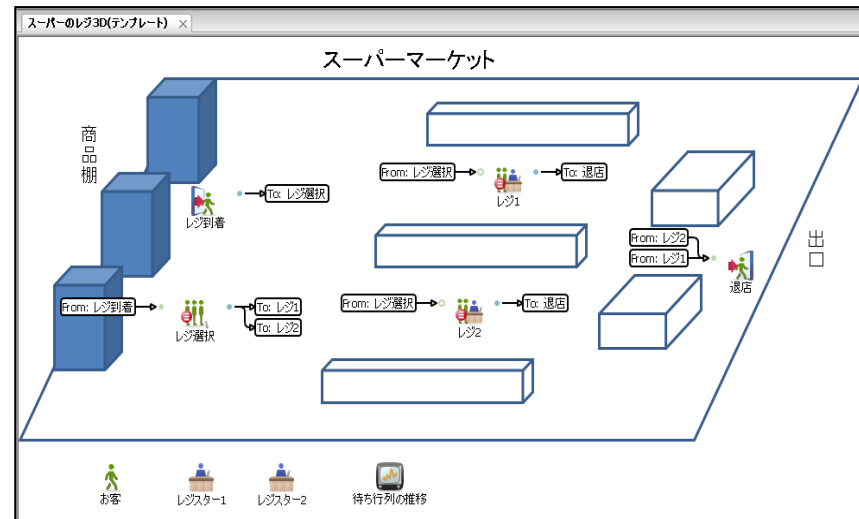
- 窓口到着 (EnterCounterService)
- 対応終了 (LeaveCounterService)
- 窓口選択部品: レジ (SelectCounterService_MultipleLines)
- 窓口選択部品: 切符購入窓口 (SelectCounterService_SingleLine)
- 窓口利用部品: レジ (UseCounterService_MultipleLines)
- 窓口利用部品: 切符購入窓口 (UseCounterService_SingleLine)

窓口

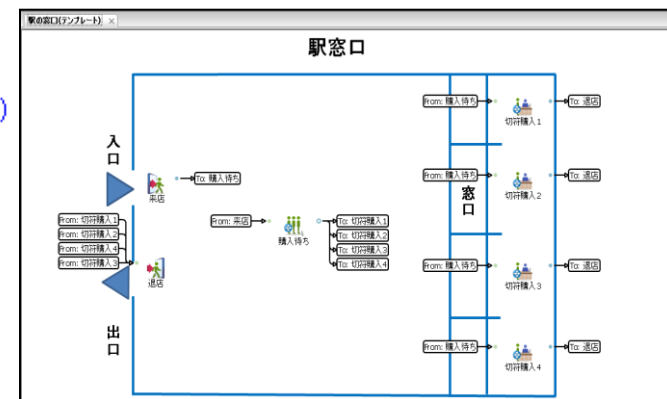
- 窓口 (Facility)

窓口

コールセンター

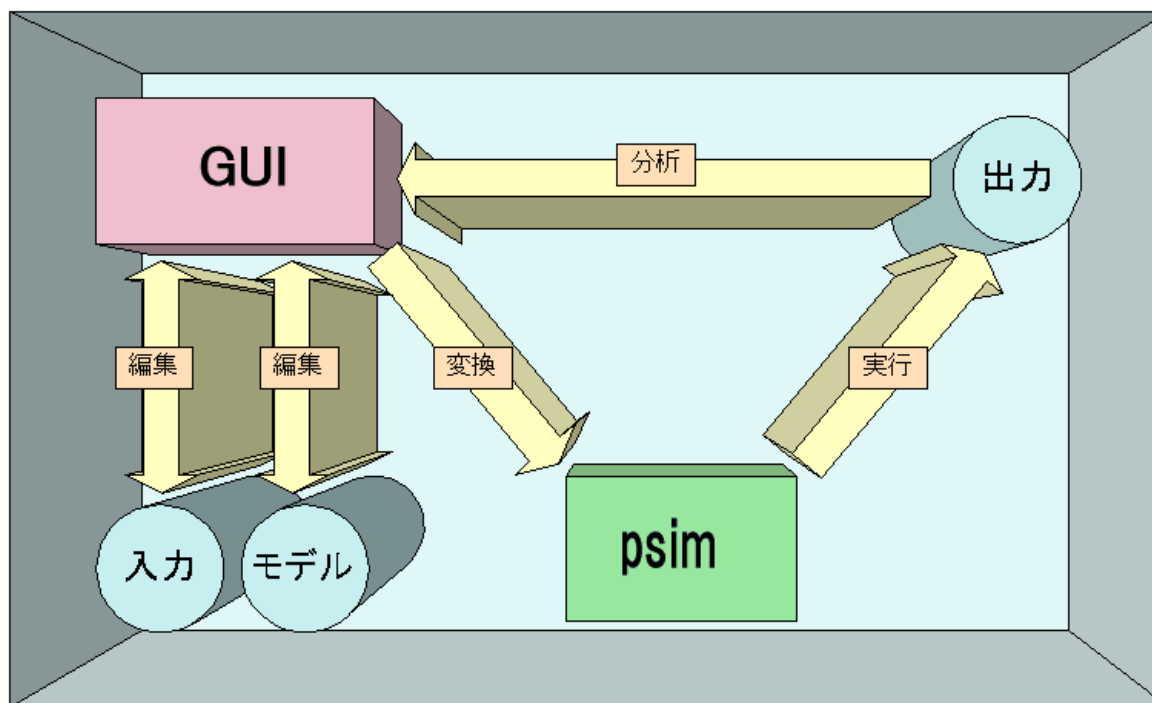


窓口部品使用例1



窓口部品使用例2

特定業務用部品はシミュレーションの設定がより簡単です



GUI

- ☆ wxPythonを用いて開発
- ☆ 入出力データの管理
- ☆ モデルの管理・編集・実行

psim

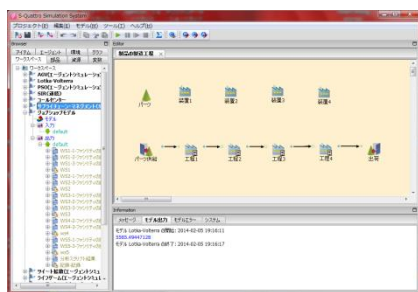
- ☆ Python言語上で動作するプロセス指向のシミュレーション記述言語
- ☆ イベント処理エンジン
- ☆ 乱数生成や分布推定などの分析機能も併せ持つPythonライブラリ集

モデリングからシミュレーションの実行・結果の分析まで全てGUIを通して行えます。

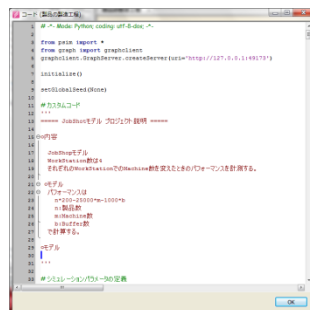
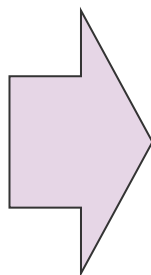
特長

- S⁴ Simulation System に搭載されているシミュレーション記述言語
- Python 言語上で動作するプロセスベースのシミュレーションライブラリ
- Co-routine(Python のGenerator機能)を用いたプロセス管理
- スケジューラの管理は不要
- GUIを使わずpsim 言語のみの開発も可能

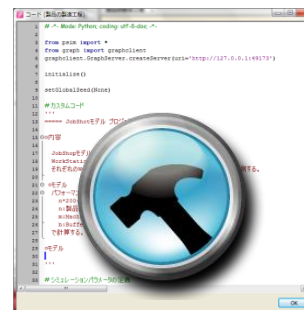
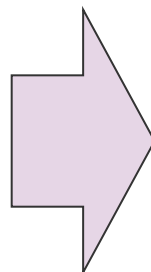
開発例



1. GUI を利用してプロトタイプを作成 (GUI部品もpsim 言語でカスタマイズが可能です)



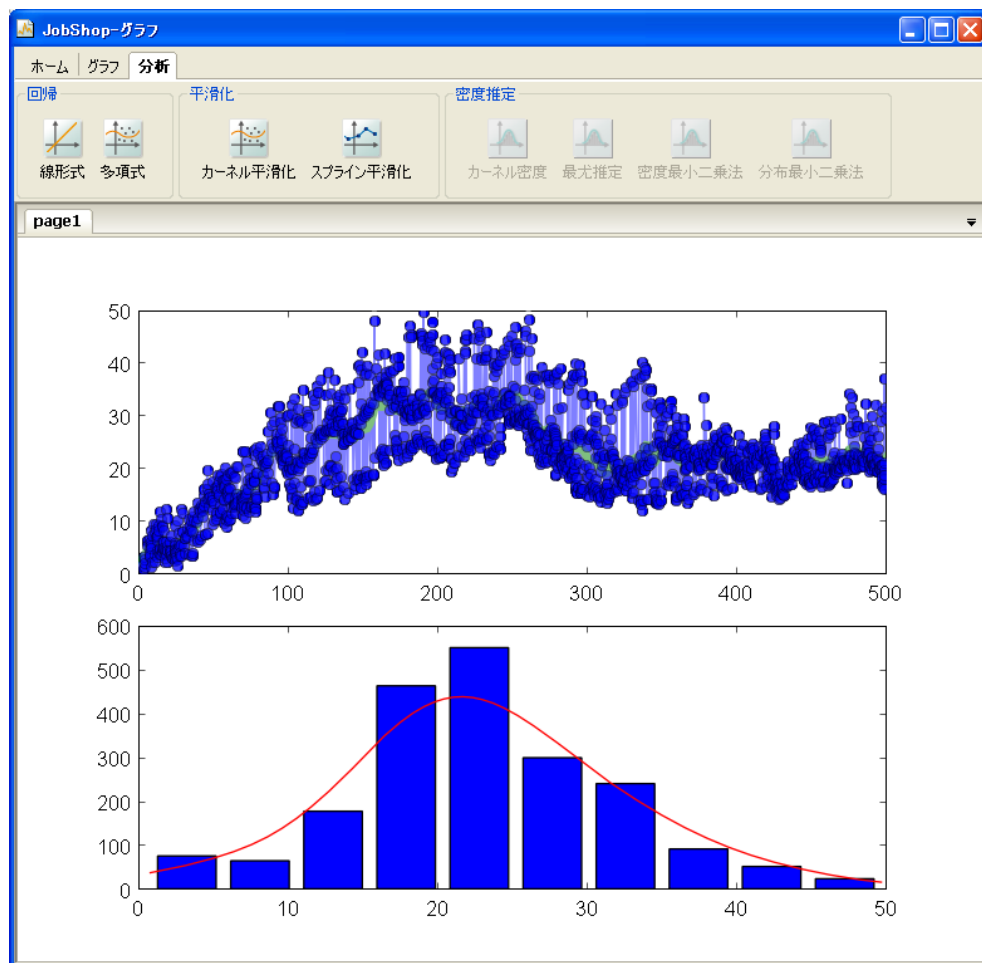
2. GUIからコードを自動生成



3. コード改修

スクラッチでの開発に比べ大幅なコストダウンを実現。

本格的なシミュレーションをされたい方にとっては、他のシミュレーション記述言語にはない、柔軟な言語設計であり自由度が非常に高い記述言語です。



グラフ作成から統計解析までをクリック操作のみで実現。
作成したグラフはpngやpdf形式でエクスポートが可能。

● グラフ種類

- 散布図
- 対散布図
- 折れ線グラフ
- ヒストグラム
- 棒グラフ
- 箱ひげ図
- 円グラフ

● 分析機能

- 回帰
 - 線形
 - 多項式
- 平滑化
 - カーネル平滑化
 - スプライン平滑化
- 密度推定
 - カーネル密度推定
 - 最尤推定
 - 密度最小二乗法
 - 分布最小二乗法

GUI

- ・GUIを用いてモデルを作成・編集する機能
- ・モデル、入力データ、出力(結果)データをまとめてプロジェクトとして管理
- ・モデル全体のパラメータの管理
- ・実行モードの管理
- ・モデルの拡大・縮小表示、画面キャプチャ
- ・ナビゲーションウィンドウによるモデル全体の把握
- ・シミュレーション背景画像の設定

プロセス管理

- ・コルーチン(Python のGenerator機能)を用いた軽量プロセス管理
- ・サブプロセスや状態遷移

グラフ表示

- ・入力・出力データのグラフ表示
- ・実行時のリアルタイムグラフ表示

統計解析機能

- ・平均・分散などの統計量算出機能
- ・入力・出力データの分布推定機能
- ・入力・出力データの補間・平滑化機能
- ・入力・出力データの回帰機能

乱数生成

- ・乱数の生成機能

最適化

- ・DFOを用いた最適化機能
- ・PSOを用いた最適化機能
- ・PSOを用いた多目的最適化機能

感度分析

- ・シミュレーションパラメータに対する感度分析機能
- ・トルネードグラフ、スパイダーチャートによる結果表示

実験計画

- ・D-最適計画作成・シミュレーション実行機能

指数分布
正規分布
対数正規分布
一様分布
ベータ分布
ガンマ分布
アーラン分布
パレート分布
ワイブル分布
カイ2乗分布
F分布
ロジスティック分布
非心カイ2乗分布
非心F分布
コーシー分布
t分布
三角分布

二項分布
幾何分布
超幾何分布
負の二項分布
ポアソン分布

経験分布
再生
ステップ

連続型シミュレーション

- ・ODEソルバー(Runge-Kutta 法, BDF 法, Adams 法)

エージェントシミュレーション

- ・同期型、非同期型シミュレーション
- ・可視化機能(グラフ、ユークリッド2D)
- ・歩行者用ソーシャルフォースモデル **New!**

並列実行

- ・複数のパラメータに対するシミュレーションの並列実行機能

外部連携

- ・Visual Analytics Platform 上での数理システム製品群(Visual Mining Studio、Numerical Optimizer 等)との連携機能

アニメーション

- ・混雑状況の表示
- ・シミュレーションフロー上の動作表示
- ・アニメーション表示速度の調整

強化学習機能

- ・離散イベント、エージェントシミュレーションでの強化学習モデルの作成
- ・行動価値関数、ActorCritic を用いた学習モデル
- ・モデルビューア

状態空間モデル

- ・粒子フィルタを用いたMulti Target Tracking **New!**

業務テンプレート

- ・コールセンター向け、窓口業務用特化部品、テンプレートプロジェクトの提供 **Update!**

毎年バージョンアップを行っており、機能拡張・機能追加されています。



デモ. 銀行の窓口シミュレーション

NTT Data

株式会社NTTデータ 数理システム

次のように銀行の窓口をモデル化

- お客の来店間隔は確率的で平均60秒に1人来店する
 - 来店間隔は平均60の指数分布に従う
- 銀行には窓口が1つある
- 来店したお客は窓口でサービスを受ける
- 窓口にいる銀行の担当者は1人である
- 来店したお客は待ち行列に並びサービスを受けるのを待つ
- 先に並んだ人から1人ずつ窓口呼び出されサービスを受ける
- お客が窓口でサービスを受ける時間は確率的で平均50秒間サービスを受ける
 - サービスを受ける時間は平均50の指数分布に従う
- サービスを受けたお客はそのまま退店する
- 行列に並べる人数は30人までで、30人いっぱい並んでいるときは、来店したお客は帰ってしまう



1. プロジェクトを作成する
2. シミュレーションモデルを作成する

- A) 各アイコンの配置
- B) アイコンパラメータの設定
- C) リンクの作成

3. モデルパラメータを設定する

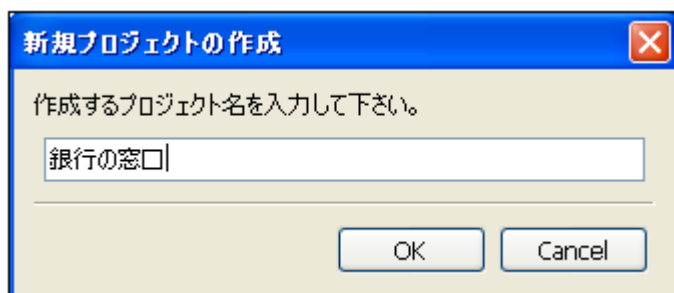
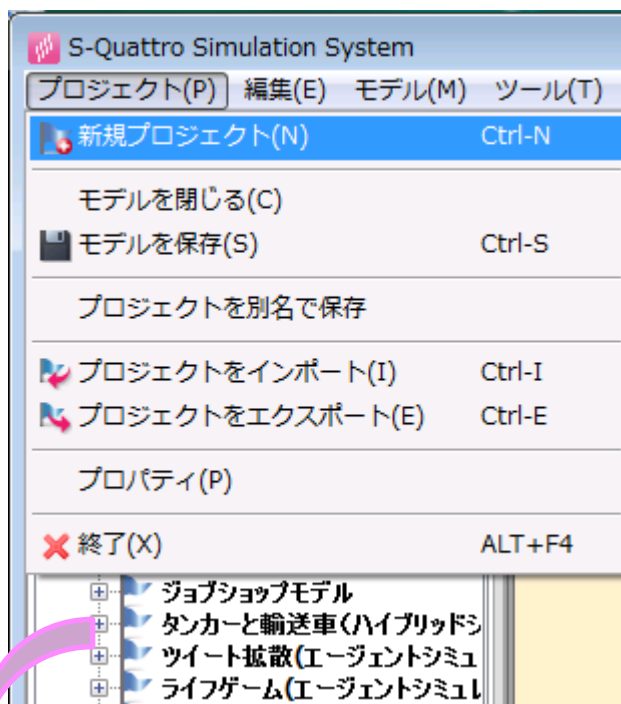
- A) シミュレーション時間設定
- B) 最適化
- C) 実験計画
- ...

4. モデルを実行する

5. 結果を見る・可視化する

- I. お客を作成する
- II. 来店を作成する
 - 来店間隔
- III. 窓口を作成する
 - 窓口の個数
- IV. 窓口利用を作成する
 - 窓口利用間隔
- V. 退店を作成する

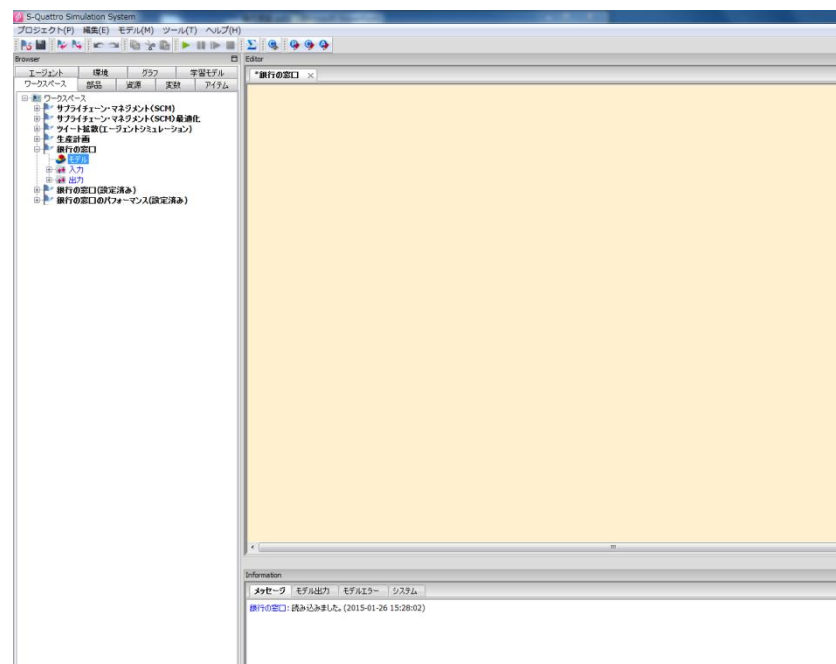
- VI. 結果サマリ
- VII. ヒストグラム
- VIII. 窓口のパフォーマンス可視化



プロジェクト名の入力

【手順】

1. プロジェクトメニューから「新規プロジェクト」を選択
2. 「新規プロジェクトの作成」ダイアログでプロジェクト名に「銀行の窓口」と入力
3. OK をクリック

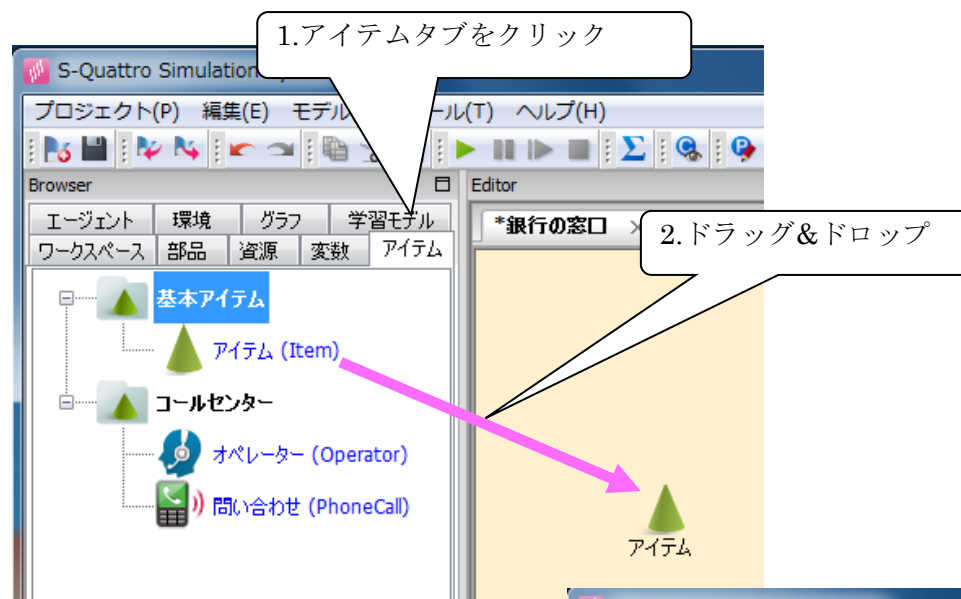


空のプロジェクト



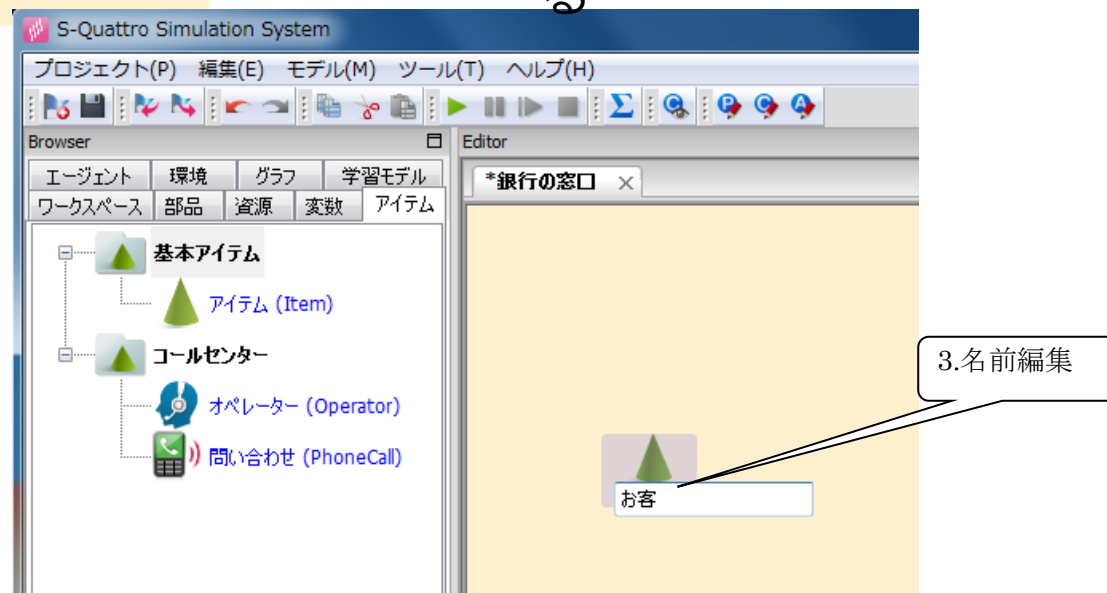
- 客は銀行に来店し、窓口を利用して、退店していく
- お客をどう表現するか？
 - S⁴ Simulation System は汎用シミュレーションシステムであり、お客そのものを表すものはない
 - シミュレーションモデル中を流れるものを「アイテム」で表現

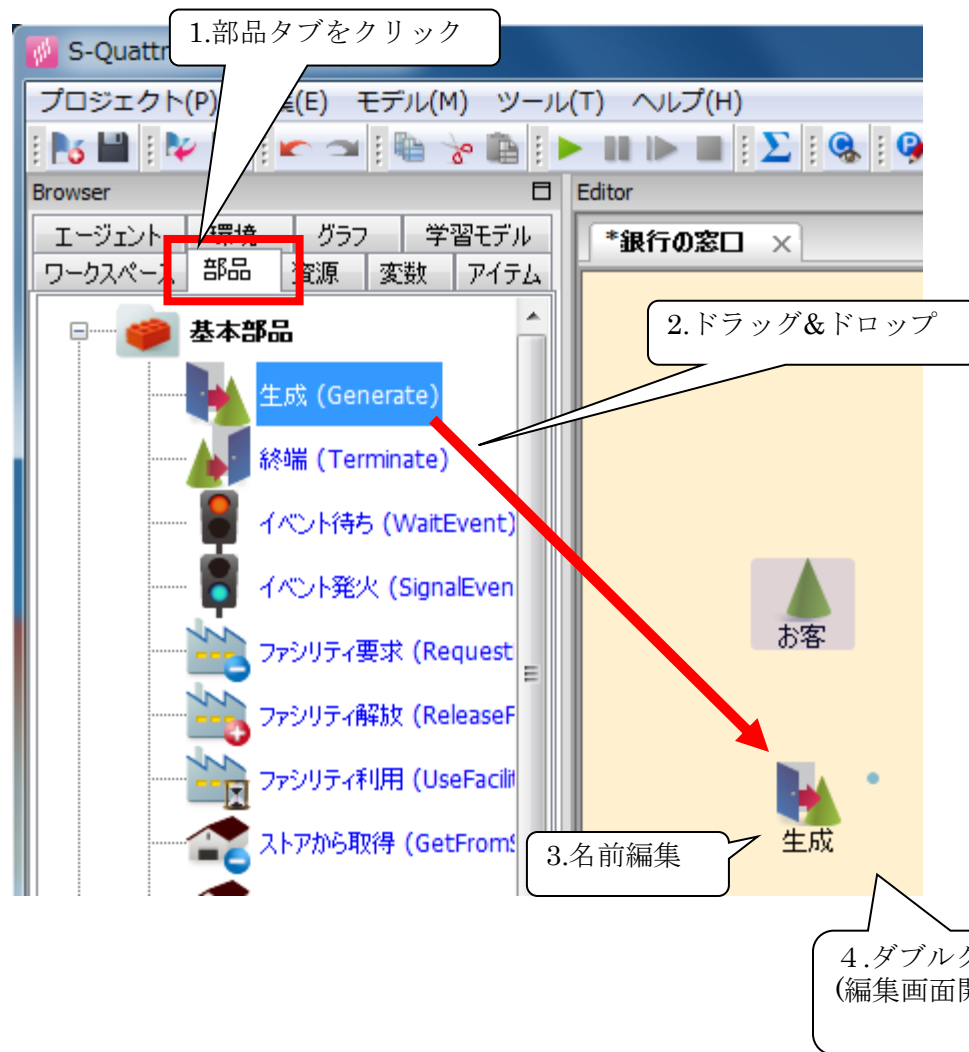
シミュレーションモデル	アイテム
銀行の窓口	お客
工場	製品
物流	注文
コンピュータCPU	ジョブ
コールセンター	問い合わせ



【手順】

1. Browserパネルで「アイテム」タブを選択する
2. アイテムタブの「アイテム」をモデル編集パネルにドラッグ&ドロップする
3. 配置されたアイテムの下の「アイテム」の文字をダブルクリックし、「アイテム」を「お客」に変更する





【手順】

1. Browserパネルで「部品」タブを選択する
2. 部品タブの「生成」をモデル編集パネルにドラッグ&ドロップする
3. 名前を「来店」に変更する
4. 「来店」部品をダブルクリックして編集画面を開く

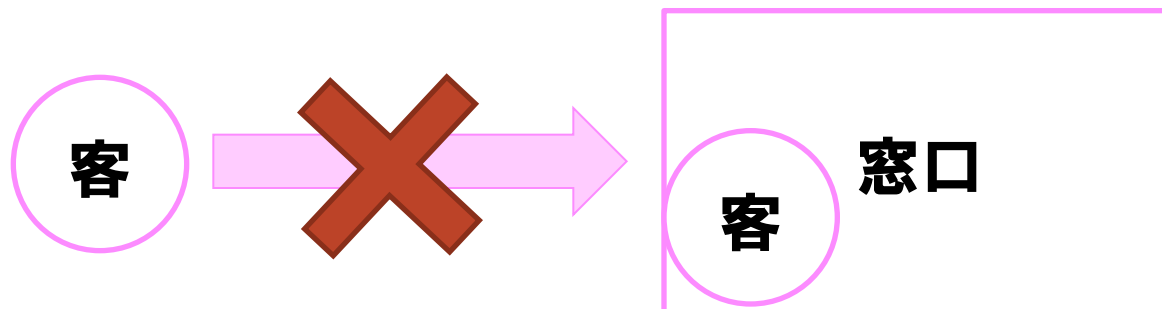
来店の作成手順(2/2)

The screenshot shows a software window titled '部品編集 (生成【銀行の窓口】)' with three tabs: '共通設定', '属性設定', and 'コード編集'. The '属性設定' tab is active. It contains several sections for configuring item generation:

- フローアイテム名:** A dropdown menu currently showing 'Item(お客)'. A callout box labeled '1. 「お客」を選択' points to this dropdown.
- 初期生成時間:** A section with '生成方式' set to '固定' and '実数' type with a value of '0'.
- 生成時間:** A section with '生成方式' set to '指数分布' and '平均(>0):' set to '60'. A callout box labeled '2. 「指数分布」を選択' points to the '指数分布' dropdown, and another callout box labeled '3. 「60」を入力' points to the '60' value.
- 乱数の種:** Radio buttons for 'グローバル系列' (selected) and '独自系列' with a value of '0'.
- 1回の生成数:** A section with '生成方式' set to '固定' and '実数' type with a value of '1'.
- 最大生成数:** A section with a radio button for '無限大'.

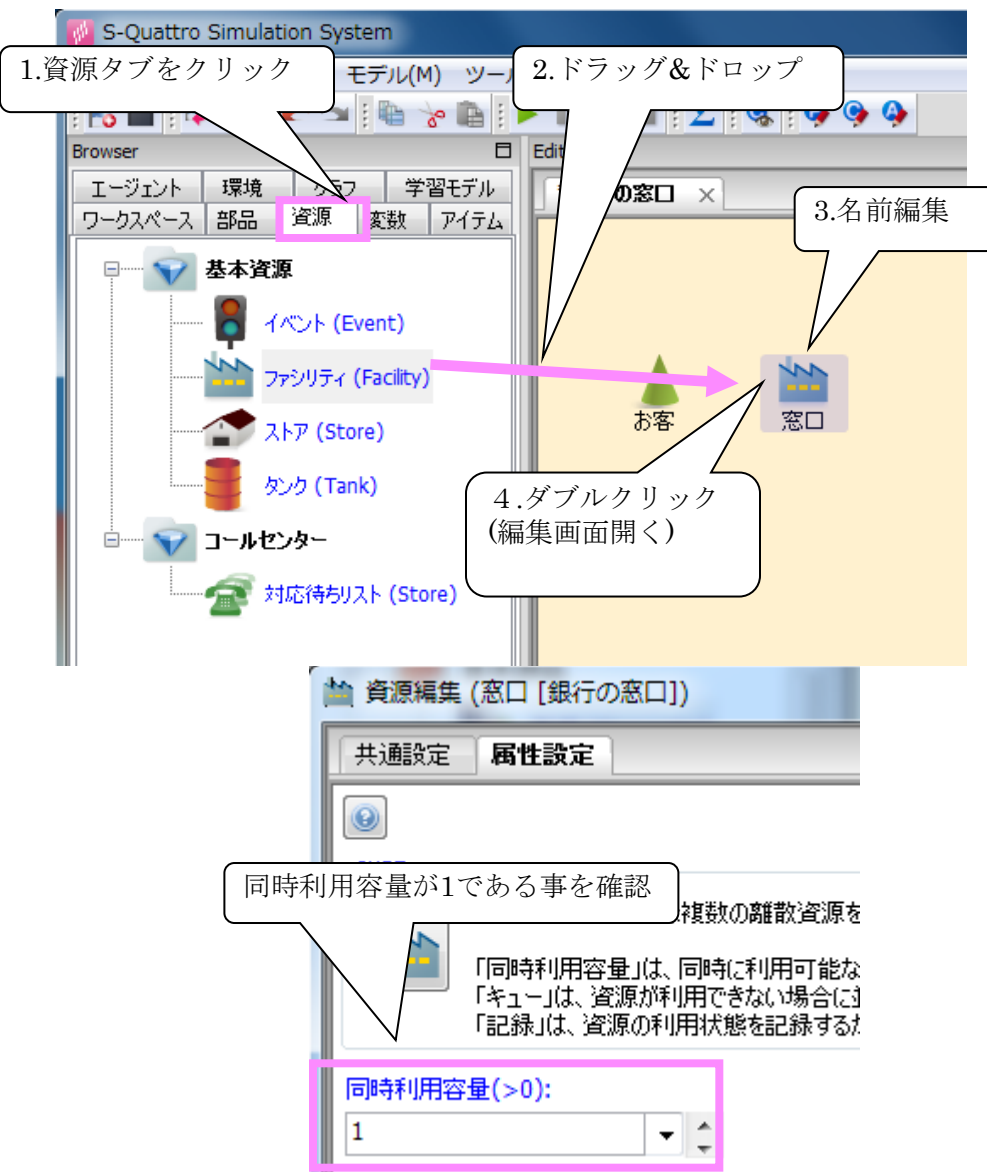
At the bottom of the window are buttons for 'OK', 'キャンセル', and '適用'. A pink rectangular box highlights the 'フローアイテム名', '初期生成時間', '生成時間', and '乱数の種' sections.

5. 「フローアイテム名」欄で「お客」を選択する
6. 「生成時間」欄で「生成方式」を「指数分布」に変更し、「平均」に60を入力する
7. 「OK」をクリックして編集画面を閉じる



- 窓口をどう表現するか？
 - S⁴ Simulation System は汎用シミュレーションシステムであり、窓口そのものを表すものはない
 - 窓口のように使用時に占有し、使用後は開放するようなものを「ファシリティ」部品で表す

シミュレーションモデル	ファシリティ
銀行の窓口	窓口
工場	製造機械
物流	配送拠点
コンピュータCPU	CPU
コールセンター	電話回線



【手順】

1. Browserパネルで「資源」タブを選択する
2. 「資源」タブの「ファシリティ」をモデル編集パネルにドラッグ&ドロップする
3. 名前を「ファシリティ」から「窓口」に変更する
4. 配置された「ファシリティ」をダブルクリックして資源編集画面を開く
5. 窓口にいる銀行の担当者は常に1人であるため同時利用容量は「1」である事を確認する
6. 「OK」をクリックして編集画面を閉じる



【手順】

1. Browserパネルで「部品タブ」を選択する
2. 部品タブの「ファシリティ利用」をモデル編集パネルにドラッグ&ドロップする
3. 名前を「窓口利用」に変更する
4. 「窓口利用」部品をダブルクリックして編集画面を開く

窓口利用の作成手順(2/3)

1. 「rFacility（窓口）」を選択

ファシリティリスト
+
rFacility(窓口) ↑ ↓

待ち受け方法:
AND

ファシリティの利用時間
生成方式: 指数分布 平均(>0): 50 乱数の種
指数分布 50 グローバル系列 独自系列 0

優先度
生成方式: 固定 型: 実数 値: 0.0

最大待ち時間
☒ 指定しない
☐ 最大待ち時間指定 最大待ち時間: 0 タイムアウト時出力ポート:

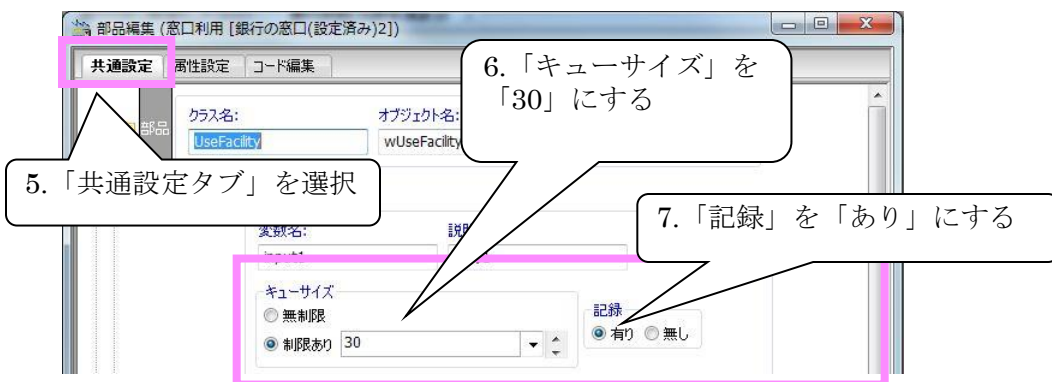
並列処理
☐ 逐次処理
☒ 並列処理 並列数(>0): 1

4. 「1」を入力

ファシリティ利用の記録:
モニター

5. 「モニター」を選択

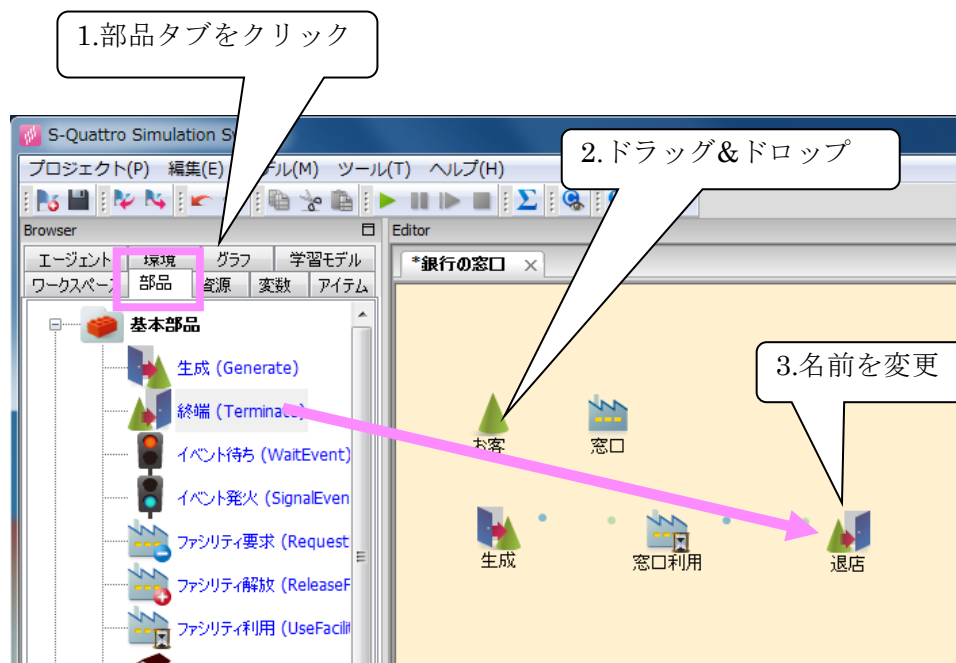
1. 「ファシリティリスト」欄で「窓口」を選択する
2. 「ファシリティの利用時間」欄で「生成方式」を「指数分布」に変更し、「平均」に50を入力する
3. 窓口に呼び出されるお客の数は1人ずつなので、「並列処理」欄で「並列処理」を選択し並列数に1を入力する
4. 窓口に並んでいる時間を記録するために、「ファシリティ利用の記録」欄で「モニター」を選択する

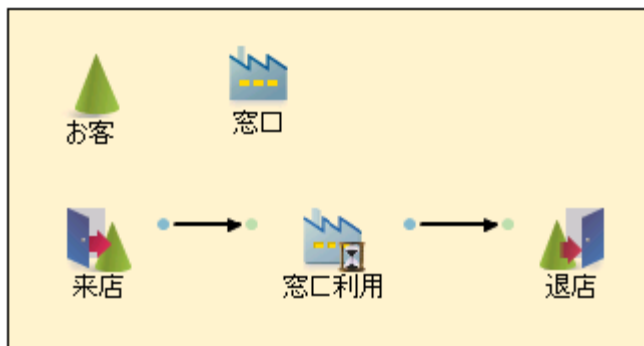
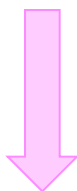
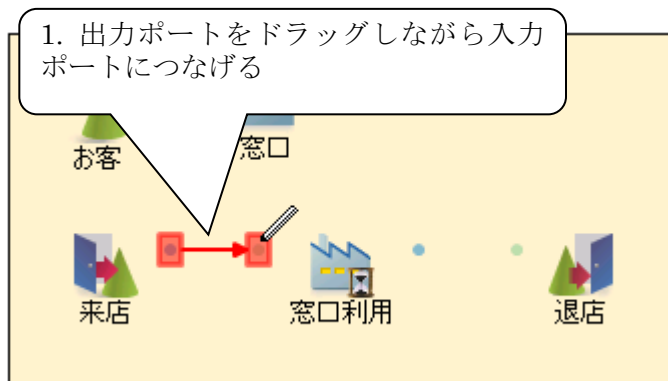


5. 「共通設定」タブを選択する
6. 行列に並べる人数は30人までのので「入力ポート」の「キューサイズ」欄に30を入力する
7. 「入力ポート」の「記録」を「有り」にする
8. 「OK」をクリックして編集画面を閉じる

【手順】

1. Browserパネルで「部品タブ」を選択する
2. 部品タブの「終端」をモデル編集パネルにドラッグ&ドロップする
3. 名前を「退店」に変更する





【手順】

1. 「来店」部品の右側の丸（出力ポート）で、マウスの左ボタンを押しながら、「窓口利用」部品の左側の丸（入力ポート）に移動し左ボタンを離す
2. 同様に、「窓口利用」部品の出力ポートから「退店」部品の左側の丸にもリンクを作成する

【手順】

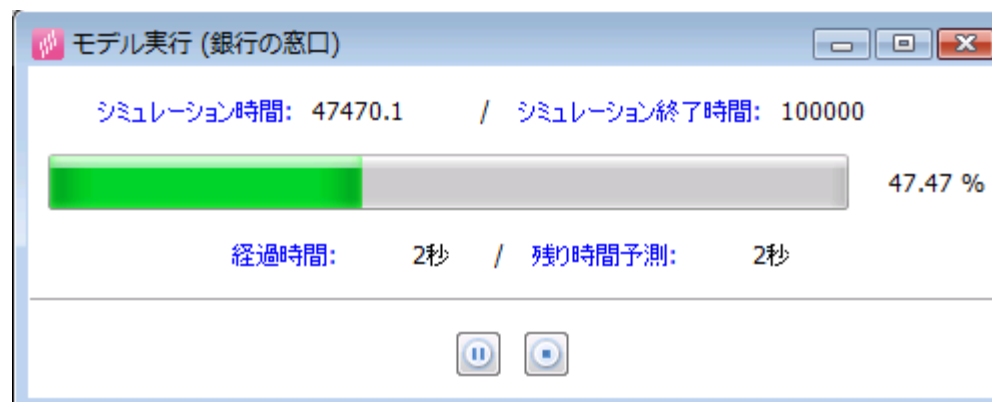
1. 「モデル」メニューから「パラメータを編集する」を選択しパラメータダイアログを表示する
2. シミュレーション終了時間を100000に設定する
3. 「乱数の種」の「設定する」をクリックし値を0にする
4. 「OK」をクリックする





[手順]

1. 「モデル」メニューから「モデルを開始する」を実行する





[手順]

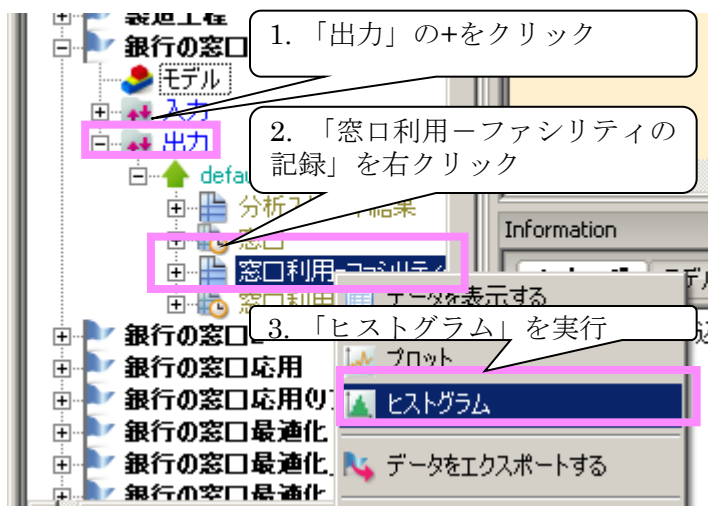
1. 「モデル」メニューから「サマリを表示する」を実行する

サマリ (default [銀行の窓口])

名前	観測数	平均	標準偏差	95%信...	95%信...	変動係数	最小値
-root							
default							
分析スクリプト結果							
objective	1.000	0.0					0.000
窓口							
要求待ち	1866.000	0.0					0.000
バッファ	1866.000	0.865		0.850	0.881	0.395	0.000
容量	1866.000	1.000	0.000	1.000	1.000	0.000	1.000
停止中	1866.000	0	0.000	0.000	0.000		0.000
窓口利用-ファシリティの記録							
待ち受け	1651.000						
待ち時間	1651.000	252.570	227.502	241.588	263.552	0.901	0.000
窓口利用-入力1							
追加待ち	3301.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
追加待ち合計	3301.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000
取得待ち	3301.000	0.135	0.342	0.123	0.147	2.534	0.000
取得待ち合計	3301.000	0.135	0.342	0.123	0.147	2.534	0.000
バッファ	3301.000	4.172	4.158	4.030	4.314	0.997	0.000
容量	3301.000	30.000	0.000	30.000	30.000	0.000	30.000

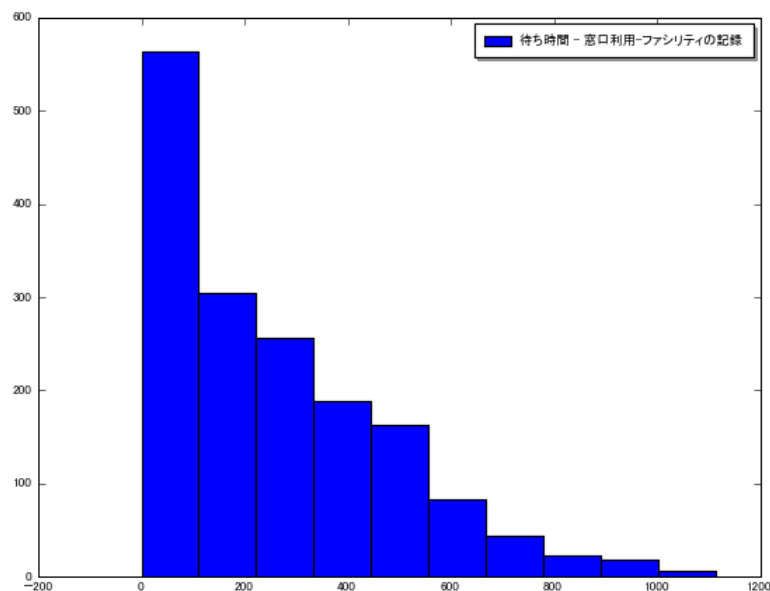
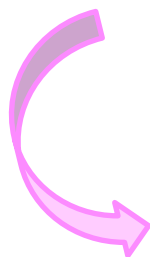
窓口に並んでいる人数

窓口で並んでいる時間



[手順]

1. Browserパネルの「ワークスペース」タブにある「銀行の窓口」の「出力」を開く
2. 「窓口利用-ファシリティの記録」を右クリックし「ヒストグラム」を実行する

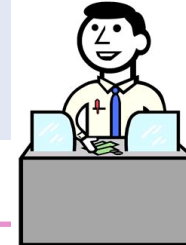




発展的な話題

NTT Data

株式会社NTTデータ 数理システム



人件費

- 窓口到人を一人配置する毎に「預金」20 万円, 「融資申し込み」30 万円, 「投資相談」50 万円のコストがかかる

利益

- お客にサービスを提供するとお客一人あたり「預金」2万円, 「融資申し込み」3 万円, 「投資相談」10 万円の利益が得られる

条件

- 各窓口は 5人まで配置が可能
- 配置する人数は 3 つの窓口をあわせて 10 人までにしたい

利益が最大となる各担当者的人数をシミュレーションによって求めよ??

パラメータ(担当者
者の人数)の決定

シミュレーショ
ンによって得ら
れる利益の算出

条件のチェック

※ 条件に合わない場合
パラメータの決定に戻
る



全てのパラメータの組合せについてシ
ミュレーションし、最大となる利益の
組合せを求めればよい

預金 (人)	融資 (人)	投資 (人)	利益 (万円)
1	1	1	160
1	1	2	210
1	1	3	
1	2	1	
1	2	2	
...			

条件：
各窓口の担当人数は 10人
まで配置が可能



預金	融資	投資	利益
1	1	1	1
1	1	1	2
1	1	1	3
1	1	1	4
1	1	1	5
1	1	1	6

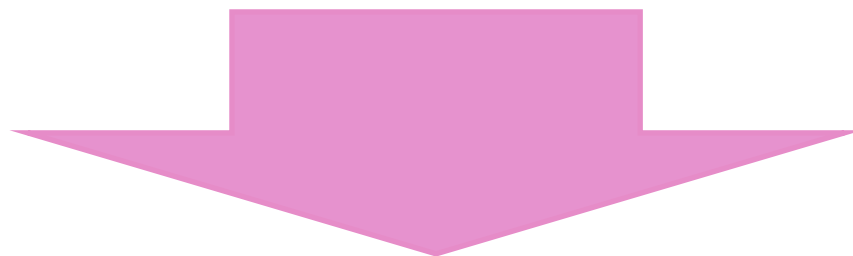
■ ■ ■

10	10	10
----	----	----

調べるべき
組合せは
1000通り

20人までなら8000通り
30人までなら27000通り!!

- 組合せの数が膨大
- 1回のシミュレーションに時間がかかる
- 現実的な時間で答えが得られない

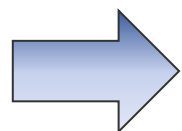


- **最適化アルゴリズム**を利用
- 全ての組合せを探索しなくてもよい
- 現実的な時間で答えが得られる

$$\begin{array}{ll} \text{Minimize} & F(x) = E[Y(\vec{x})] \\ \text{subject to} & g(\vec{x}) \geq 0 \end{array}$$

目的関数はSimulationのレスポンス Y の期待値で計算される

- シミュレーション特有の問題
 - 解析的に記述できない
 - 微分を厳密に（解析的に）取り扱えない
 - 結果が確率的である
 - 目的関数は期待値で計算される
 - 微分（差分）の計算が難しい
 - 評価コストが高い
 - 目的関数（期待値）を計算する為のreplication数を増やせない



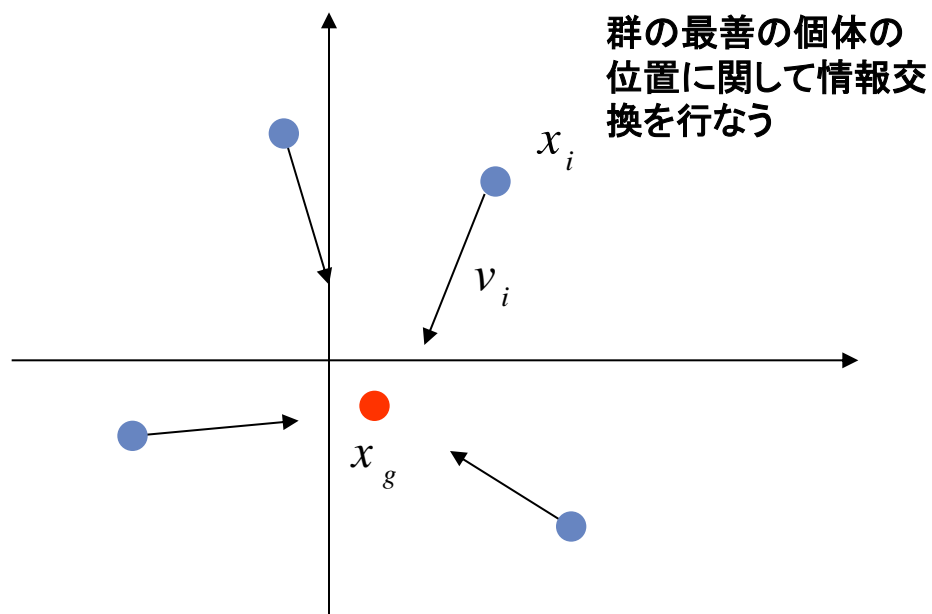
シミュレーション最適化手法を利用

※ 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2011年春季研究発表会
S³ Simulation System の開発3
～シミュレーション最適化～

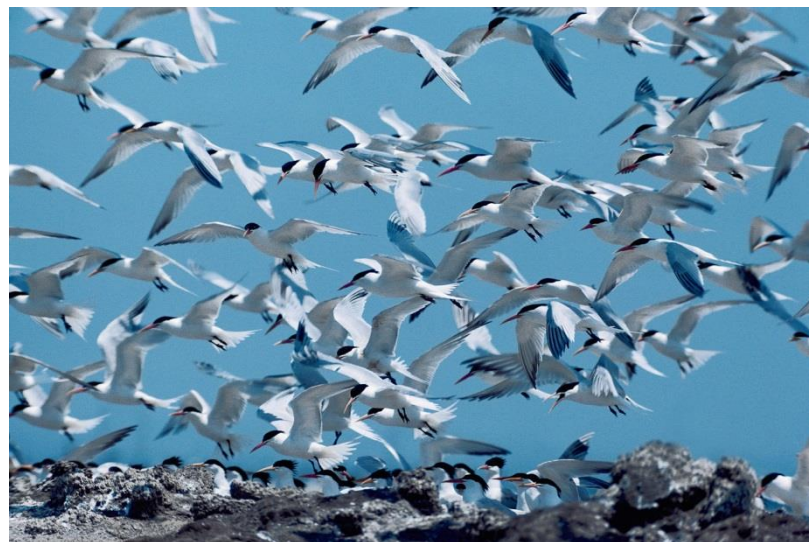
- 群知能を用いたメタヒューリスティックな最適化手法

$$x(t+1) = x(t) + v(t+1)$$

$$v(t+1) = wv(t) + c_1 r_1 (x(t) - x_g(t)) + c_2 r_2 (x(t) - x_p(t))$$



非常にシンプルなアルゴリズムなので
亜種が多く存在する



データ (最適化実行結果 [銀行の窓口最適化])

	depo	loan	invest	1. 目的関数期待値 ▼
1	2	2	2	1083.333
2	3	4	1	1050.667
3	5	3	2	1038.333
4	4	1	3	1038.000
5	2	4	2	1021.000
6	2	4	2	1021.000
7	2	5	3	1018.000
8	3	2	5	906.667
9	1	3	3	821.000
10	1	3	4	755.667

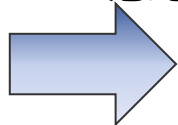
最適な人員配置
 預金: 2人
 融資: 2人
 投資相談: 2人
 利益: 1083万

数十秒程で答えを算出

- システムを最適化するには、意思決定のルールを最適化する必要がある

モデル	目的	意思決定ルール
コールセンター	<ul style="list-style-type: none">スループットの最大化行列長の最小化呼損数の最小化…など	現在の状況（オペレータ数、待ち行列長、…）で呼をどう振り分けるか
信号制御	<ul style="list-style-type: none">交通流量の最大化交差点での待機時間の最小化…など	交差点の状況によって信号の切替タイミングを制御する
…	…	…

- 最適化方法に対する条件
 - シミュレーションモデルの情報は未知のまま扱いたい
 - 意思決定直後の状況だけでなく、その後に与える影響も考慮したい



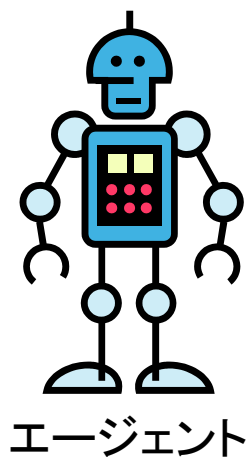
強化学習による最適化

日本オペレーションズ・リサーチ学会 2015年春季研究発表会
S⁴ Simulation System の開発5
～意思決定を含むモデルの強化学習による最適化～

強化学習とは「エージェント」が「環境」と相互作用を繰り返した結果：

- 状態 (s_t) : エージェントが環境の状態を観測した結果 (t は時刻)
- 行動 (a_t) : エージェントが取った行動
- 即時報酬値 (r_t) : 環境の状態などの良し悪しに対応する値

の時系列データから、即時報酬値の割引和 ($r_1 + 0.8r_2 + 0.8^2r_3 + \dots$) を報酬 (or 価値) として、報酬を最大化するような行動の仕方を学習する機械学習手法の一種である



① 環境を観測して状態 (s_1) を得る

② 行動(a_1)を起こす

③ 次の状態 (s_2) と
即時報酬値 (r_1) を得る

④ 行動(a_2)を起こす

⋮

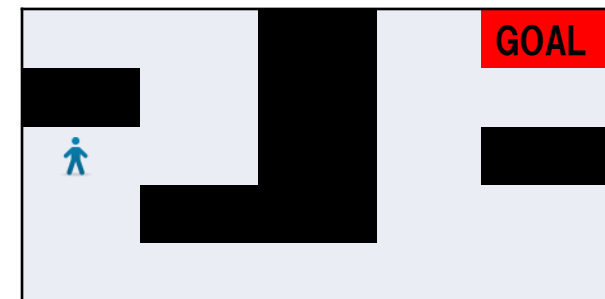
※環境の状態遷移や即時報酬値は確率的とする



環境(or 制御対象)

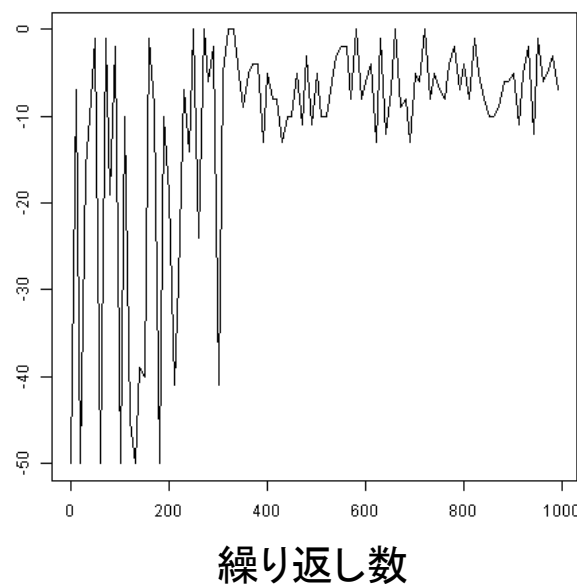
・状況設定

- 5x5の迷路をエージェントが行動しながら解かせる
- 以下を繰り返し行動を学習
 - ・ スタート地点はランダムに定める
 - ・ 最大50回の移動(行動)を繰り返す
 - ・ ゴール地点に付くか、50回行動したら終了
 - ・ 報酬値 = $-1 \times$ ゴールに到達するか50回行動するまでにかかった行動の回数) \rightarrow 何回移動したか



・結果

-1 × 行動回数



400回程度繰り返し学習していくと10回程度の移動でGOALに到着できるようになる



関連情報

NTT Data

株式会社NTTデータ 数理システム

平成26年度データ解析コンペティションにて、
NTTデータ数理システムのチームが【健闘賞】を受賞！

データ解析コンペティションは経営科学系研究部会連合協議会（JASMAC : Joint Association Study group of Management sScience）が主催する、国内最大のデータ解析コンペティションの場です。

平成27年度は、2種類の課題データから1つを選択し、参加者自ら課題を設定するというもので、その分析技術やプレゼンテーション内容が競われました。

NTTデータ数理システムの社員からなる、
チーム【Team.Orrietty】は板橋区役所のPOSデータを選択。

S4 Simulation Systemを使用し、
待ち時間短縮の為に人員配置を求める方法を提案、
OR部会で「敢闘賞」を受賞しました。



コンペティション詳細 : <http://jasmac-j.jimdo.com/>

- 毎月無料の体験セミナーを開催中
 - 待ち行列やシステムダイナミクス、エージェントシミュレーションとそれらのハイブリッド等、様々なシミュレーションモデルの入門的なところから、その適用事例までを分かりやすく解説
 - **S⁴ Simulation System** の操作を通して、モデル化や実際の分析事例が体験できます。
- 開催日時

【東京】

~~2016年 6 月 16 日(木)~~
2016年 7 月 20 日(水)
2016年 8 月 25 日(木)

【大阪】

2016 年 6 月 21 日(火)

※ 時間はいずれも 13:30~16:30 です

※当日のスケジュール

13 : 30 開始 シミュレーション入門 (25分)
13 : 55 ご活用事例紹介(コールセンター、交通・航空、修繕計画、授業利用例 など) (15分)
14 : 10 S⁴ Simulation System 概要紹介(10分)
14 : 20 操作演習① S⁴ Simulation Systemを使用したモデル化 (30分)
15 : 10 休憩 (10分)
15 : 20 操作演習②事例、分析方法紹介 (3事例、各20分)
16 : 20 演習終了、ライセンス形態紹介 (10分)
16 : 30 個別相談会

途中入退場自由、ご相談ください

**お申込みは弊社
Webページから！**



教育向け無償貸与制度のご案内

S⁴ Simulation System教育向け無償貸与制度は、学生の学術研究の支援・啓蒙を目的とした制度です。

お申込み頂いた方には、**1年間 S⁴ Simulation System を無償でお貸出しいたします。**

本格的なシミュレータを利用できるチャンスです。皆様からの多数のご応募をお待ちしております！

応募条件（必須）

- ・ご利用期間中に学生（大学院生・社会人学生も含む）であること。
- ・研究成果(報告書とS⁴ Simulation Systemのモデルプログラム)を当社に提出すること。
※辞退は原則出来ません
 - 報告書は電子媒体（MS-Word・MS-PowerPoint・PDFのいずれか）であること
 - 提出物だけで研究内容がわかるものであること
 - 報告書とモデルプログラムは当社HPで公開させていただきます。
 - 優秀な研究成果を提出された方には、S⁴ Simulation Systemアカデミック向け特別セミナー(1月開催予定)でご発表頂きます（当社よりご連絡させていただきます）。
 - 本申し込みをもちまして、S⁴ Simulation System 学生研究奨励賞にも自動エントリーされます。10月31日までに研究成果を提出された方には、奨励賞授与の他、数理システムユーザコンファレンスで展示させていただきます。
- ・下記記載の使用条件の下で利用すること

注意点

研究にデータを利用される方は、結果が**公開可能であるものをご利用下さい**。特に企業からの提供を受ける場合、NTTデータ数理システムのS⁴ Simulation System教育向け無償貸与制度に応募する旨の確認を必ず取ってください。

提出された研究内容に関して、原稿を複製配布し、また弊社 Web 上での掲載を行う以外に、数理システムが権利を主張することはありません。



(株) NTTデータ数理システム 2015年度

学生研究奨励賞のご案内



学生研究奨励賞は、弊社のツール(※)を用いた、学生の学術研究の支援・啓蒙および発表の場の提供を目的とした制度です。受賞研究は、毎年行われる「数理システムユーザーコンファレンス」にて、ポスターセッション形式で発表されます。毎年多くの応募をいただき、ご指導いただく先生方からも、「学生が研究に取り組むきっかけとなった」「就職活動で有利になったようだ」など、お言葉をいただいております。

今年も、皆様からの多数のご応募をお待ちしております！

学生研究奨励賞内容

- ◆奨励賞①: (※)ツールはVisual Mining Studio / Text Mining Studio
いずれか、もしくは両方を利用
- ◆奨励賞②: (※)ツールはS-PLUS / Visual R Platform を利用
- ◆奨励賞③: (※)ツールはS⁴ Simulation System を利用

- ①、②ともにそれぞれ
- ・最優秀賞 1名：賞金10万円
 - ・優秀賞1～2名：賞金5万円
 - ・佳作 数名：賞金1万円

- ③
- ・奨励賞（論文提出者全員）：賞金1万円

**1ヶ月無料のテスト
利用制度もご
ざいます**