

『企業と市場のシミュレーション』

第4回：シミュレーション作成プロセスとUML

いば たかし

井庭 崇

慶應義塾大学総合政策学部 専任講師

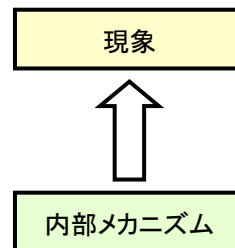
iba@sfc.keio.ac.jp

<http://www.sfc.keio.ac.jp/~iba/lecture/>

シミュレーション



- 模擬実験
- 「試しにやってみる」
- 「模擬する」「真似る」
- シミュレーションとは、内部メカニズムから現象を生成すること。

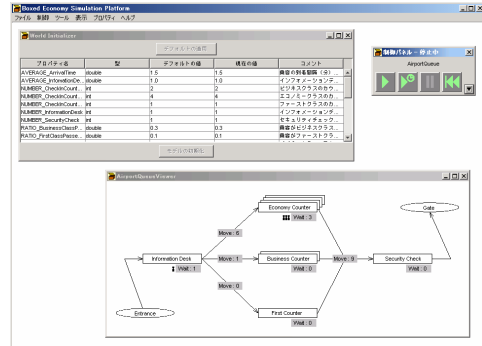


- Virtual = 「事実上の」
- 語源は、ラテン語「virtus」(力, エネルギー)
 - あるものをそうたらしめる潜在能力という意味

演習:シミュレーションの実行と分析



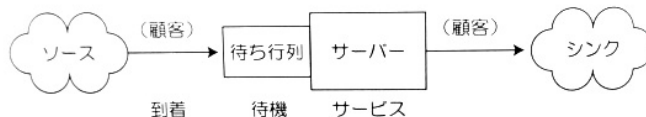
- 各自のパソコン上で、シミュレーション実行演習
- Boxed Economy Simulation Platform (BESP)
 - SFCで開発されたシミュレーションソフトウェア
 - <http://www.boxed-economy.org/>



待ち行列モデル(Queuing Model)



- 確率的な分布を与える
 - 顧客が到着する間隔
 - サーバーが顧客にサービスを提供する時間
- 乗客の到着確率:指数分布
 - 不特定多数のものが到着する間隔は、「指数分布」に従うことが経験的にわかっている。
- シミュレーション分析の目的
 - 顧客の平均待ち時間とサーバーの平均空き時間を最小化したい



スケジュール

- 第1回 (4/ 9 金) インタロダクション
 - 第2回 (4/16 金) 複雑系と進化の社会システム論

 - 第3回 (4/30 金) シミュレーションによる分析
 - 第4回 (5/ 7 金) シミュレーション作成プロセスとUML
 - 第5回 (5/14 金) 概念モデリングとシミュレーションデザイン
 - 第6回 (5/21 金) シミュレーション作成演習①
 - 第7回 (5/22 土) シミュレーション作成演習② ※補講日(土曜)
 - 第8回 (5/22 土) シミュレーション作成演習③ ※補講日(土曜)
- ※5/29の授業は休講
- 第9回 (6/ 4 金) 成長するネットワークモデル
 - 第10回 (6/11 金) 繰り返し囚人のジレンマモデル
 - 第11回 (6/18 金) 遺伝的アルゴリズムによる進化のモデル
 - 第12回 (6/25 金) 企業競争の進化的シミュレーションモデル①
 - 第13回 (7/ 2 金) 企業競争の進化的シミュレーションモデル②

Keio University SFC 2004

『企業と市場のシミュレーション』

第4回: シミュレーション作成プロセスとUML

いば たかし

井庭 崇

慶應義塾大学総合政策学部 専任講師

iba@sfc.keio.ac.jp

<http://www.sfc.keio.ac.jp/~iba/lecture/>

ソフトウェア工学の分野から学ぶ

- 1968年に提唱された分野
- 大規模で複雑なシステム(ソフトウェア)をどのように作成・操作するのかということを考え、実践してきている

- この考え方を、社会システムのデザインに活かさないだろうか？
 - どのように複雑な社会システムをつくるのか？
 - どのように複数の作成者が共同作業するのか？
 - どのように熟練者のノウハウを伝えるのか？
 - どのようにすれば、迅速かつ低コストでつくれるのか？

企業と市場のシミュレーション(第4回)

1 シミュレーション作成プロセス

2 オブジェクト指向

3 UML(統一モデリング言語)

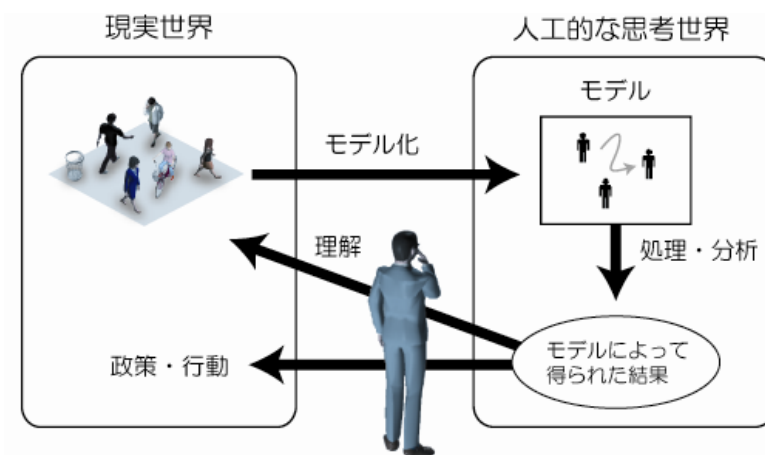
企業と市場のシミュレーション(第4回)

1 シミュレーション作成プロセス

2 オブジェクト指向

3 UML(統一モデリング言語)

モデル化 (Modeling)

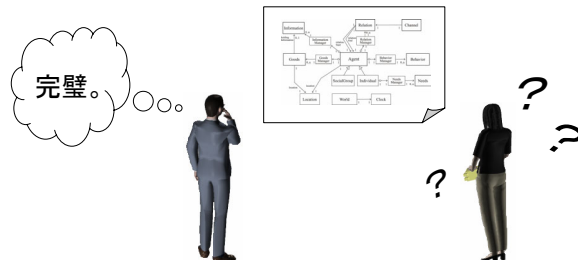


モデルとは

- 「“モデル”とは、ある人間にとっての、ある状況、あるいは状況についての概念 (idea) の明示的な解釈 (explicit interpretation) である。モデルは、数式、記号、あるいは言葉で表すことができるが、本質的には、実体、プロセス、属性、およびそれらの関係についての記述 (description) である。」(B. Wilson, 1996)
- 「分析者が行うことは、“存在するもの”を記述しようとするのではなく、“存在するもの”の見方をモデル化することである。」(B. Wilson, 1996)
- 「モデルとはある視点から見た仕様、設計、あるいはシステムの抽象的表現です。これは、1つ以上の図によって視覚的に表現されます。私たちが行っていることのある側面について、不必要な詳細を省き、本質的要素で表現することを通して、開発に関わる人々が、問題と解決策について考え、横道にそれることなく議論できるようにするのが目的です。」(Stevens and Pooley, 2000)

モデルのための言語が必要

- モデルについて試行錯誤する
- モデルを記録しておく
- 他の形式のモデルに変換する
- 他のメンバーに、考えていることを伝える

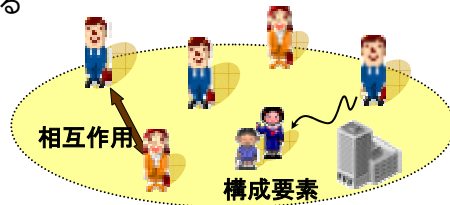


モデル化の言語

- 「問題状況を記述する方法(モデル化言語)は、扱っている問題の本質にあったものでなければならない。」(B. Wilson, 1996)

■ 社会システム

- 構成要素は内部状態や振舞いのルールをもっている
- それらの構成要素が相互作用する



UML (統一モデリング言語)

オブジェクト指向のモデル(システム)を記述するための言語

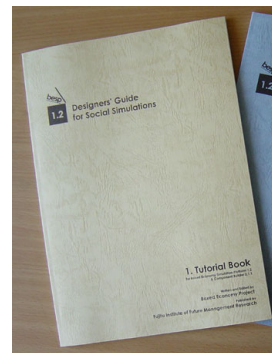
社会シミュレーションデザイナーズガイド(第2版)

■ 第II部 シミュレーションをつくる前に

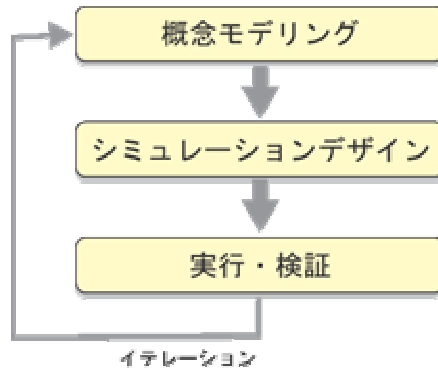
p. 21

■ 第3章 シミュレーションの作成プロセス

- 3.1 全体的な流れ
- 3.2 概念モデリングフェーズ
- 3.3 シミュレーションデザインフェーズ
- 3.4 実行・検証フェーズ

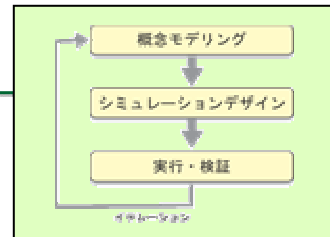


シミュレーション作成プロセス



「社会シミュレーションデザイナーズガイド」(第2版) p.23

シミュレーション作成プロセス



■ 概念モデリング フェーズ

- どのような問題領域のシミュレーションを行うのかを明らかにするフェーズ

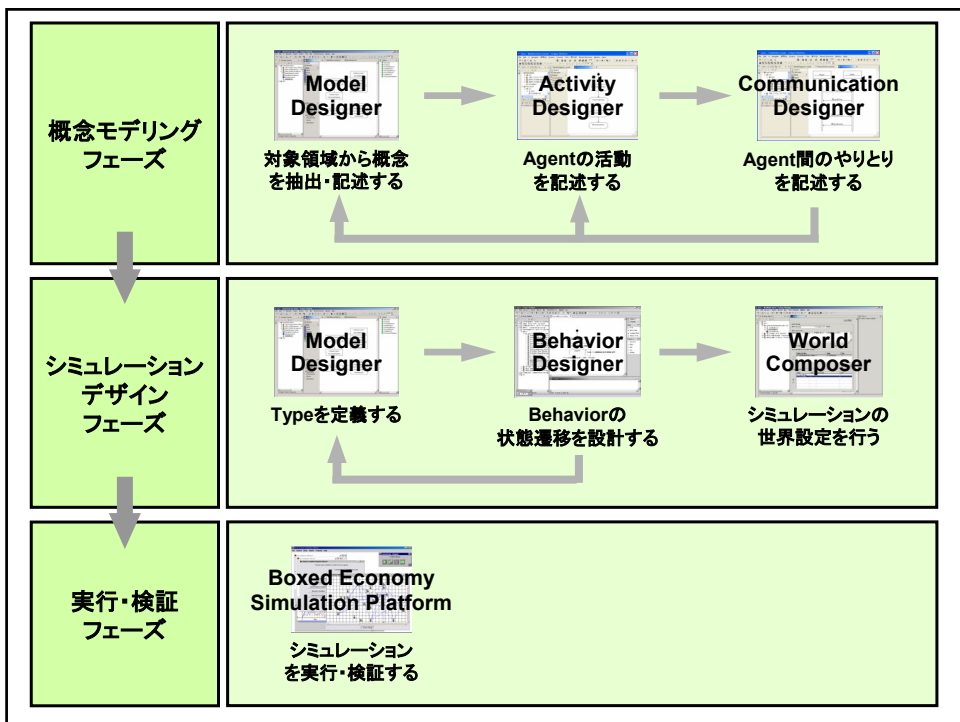
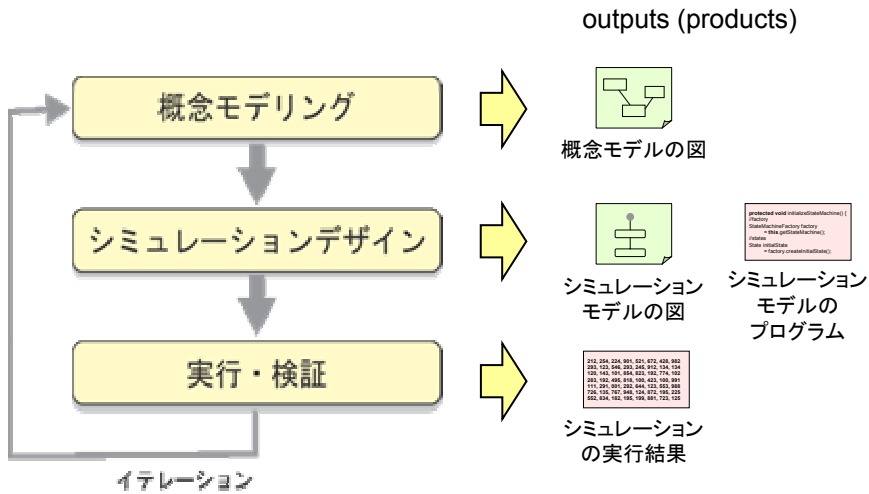
■ シミュレーションデザイン フェーズ

- 作成された概念モデルをもとに、コンピュータ上で実行できるシミュレーションを作成するフェーズ

■ 実行・検証 フェーズ

- 作成したシミュレーションモデルを、BESPを使って実行するフェーズです。また、意図した通りに動作するかを検証します。

シミュレーション作成プロセスとアウトプット



ペア・モデリングのすすめ

- シミュレーション作成を二人で行う。
- ひとりでは見過ごしてしまうような「当たり前のこと」を明示化したり、議論したりすることができる。

■ 組み方のバリエーション

- 同じ興味・関心の人同士で組む
- 社会学者と技術者が組む
- 熟練者と初心者が組む など。



Cf. ペア・プログラミング
(エクストリーム・プログラミング技法のひとつ)

企業と市場のシミュレーション(第4回)

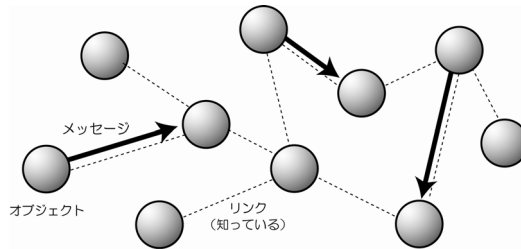
1 シミュレーション作成プロセス

2 オブジェクト指向

3 UML(統一モデリング言語)

オブジェクト指向の本質

- オブジェクト指向では、世界の構成要素を「オブジェクト」という基本単位で捉え、その状態変化や関係変化によって現象を表現する。



振舞い(機能)と内部状態を保持している「オブジェクト」がたくさん存在し、それらが相互作用しているという点が、オブジェクト指向のポイント。

つまり、「システム」として記述すること！

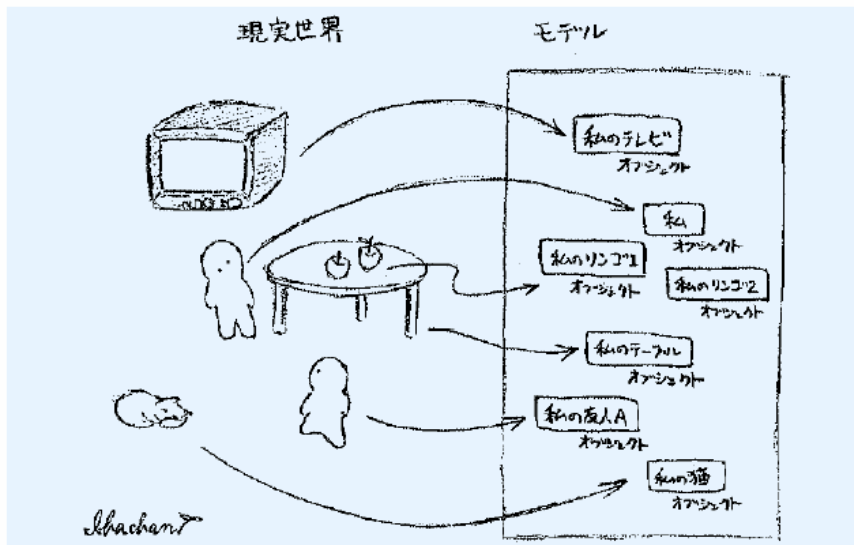
オブジェクト指向とシミュレーションの関係

- オブジェクト指向の考え方の起源
 - シミュレーション用プログラミング言語 SIMULA
 - ノルウェーのO.J.ダールとK.ニガードが開発
- 何千もの構成要素からなるような複雑なシステムのモデルを作成してコンピュータ上で動かすことを目的に設計された。
- そのため、動的で複雑な現実世界をそのまま取り込むための工夫がなされた。

「オブジェクト指向」の広がり

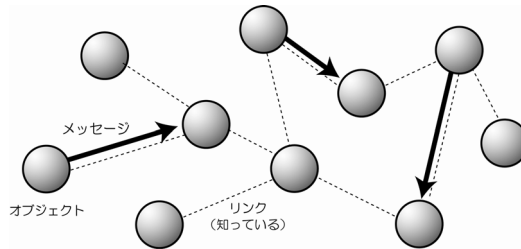
- 実装のための考え方から、設計の考え方へ。
- そして現実の分析のための考え方へ。
 - ビジネスモデルの記述への適用なども模索されている。
- オブジェクト指向の記法は、近年、UML (Unified Modeling Language: 統一モデリング言語) として標準化されている。
- プログラミング言語に置き換えて、コンピュータ・シミュレーションを行うことができる。

現実世界の構成要素をオブジェクトとして写し取る



オブジェクト指向の本質

- オブジェクト指向では、世界の構成要素を「オブジェクト」という基本単位で捉え、その状態変化や関係変化によって現象を表現する。



振舞い(機能)と内部状態を保持している「オブジェクト」がたくさん存在し、それらが相互作用しているという点が、オブジェクト指向のポイント。

つまり、
「システム」として
記述すること！

オブジェクト指向における
「クラス」(タイプ)

クラス(タイプ)

- 「クラス」(タイプともいう)とは、共通の性質(属性の種類と振舞い)をもつオブジェクトを分類したものである。

クラス / タイプ →

椅子

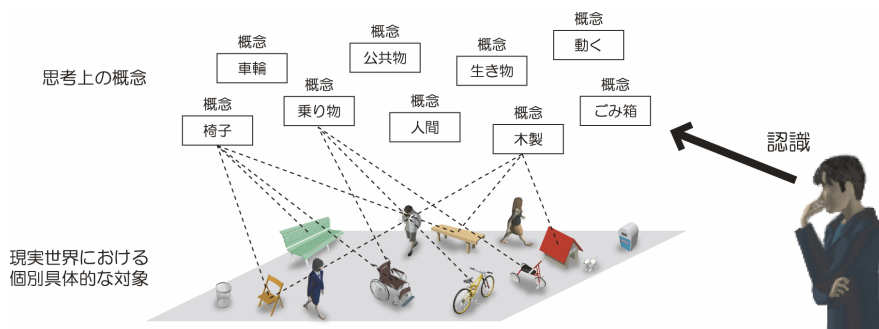
オブジェクト →



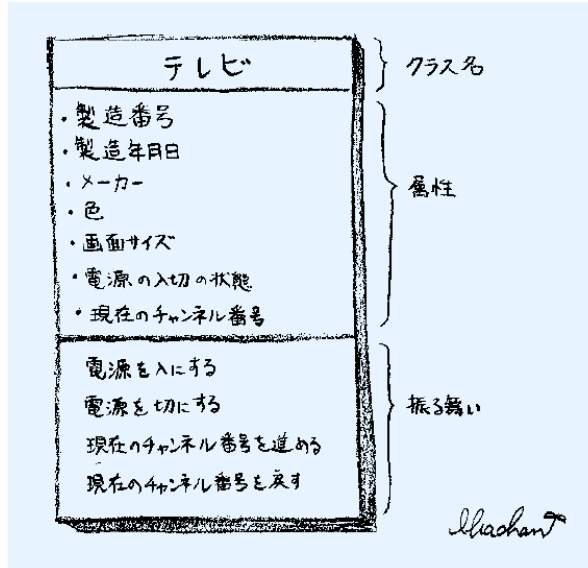
※概念モデルの段階では、クラスのことをタイプ(型)と呼ぶことがある。
タイプとは、種類のこと。

モデル化におけるクラス／タイプの利点

- オブジェクトをクラス／タイプで分類するということは、世界の複雑さに対処するためのひとつの方法。
- 人間の認知プロセスにおける「概念化」と同じメカニズム。

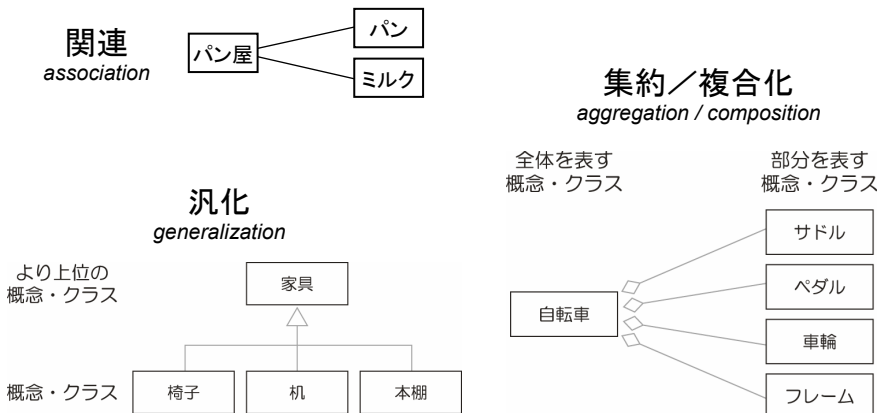


例:テレビクラス

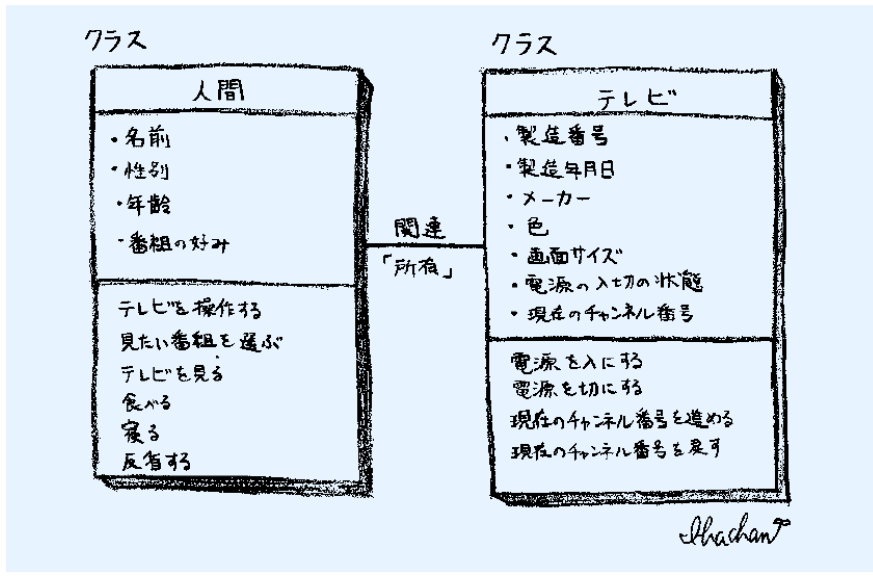


モデル化におけるクラス／タイプの利点

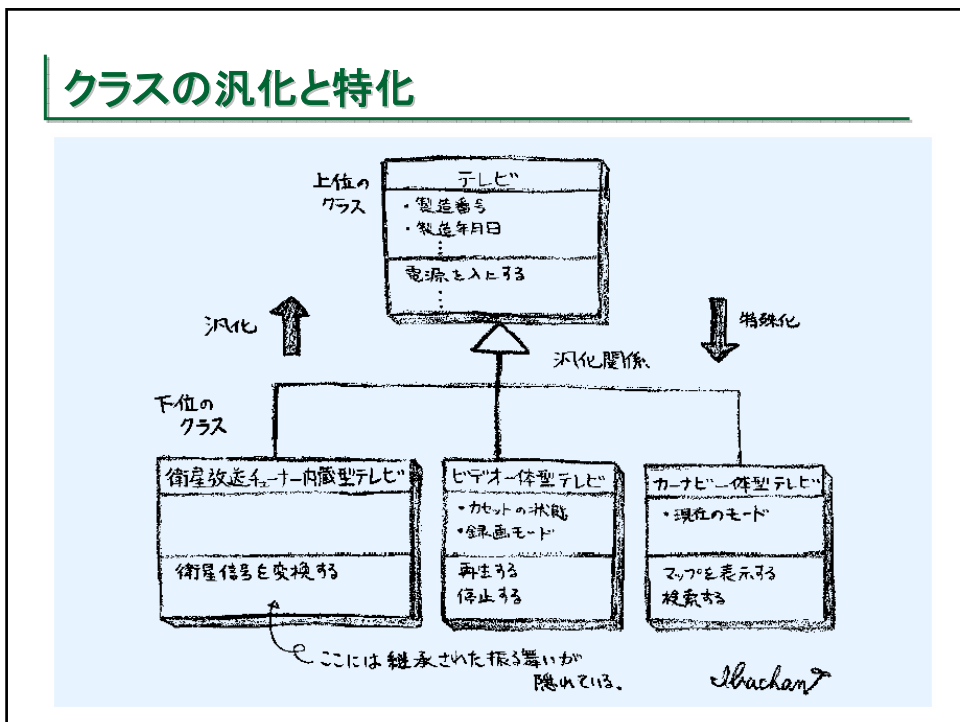
- 人間の認知と同様に、クラスのレベルで関係性を定義することで、複雑性に対処することができる。



例: クラス間の関連

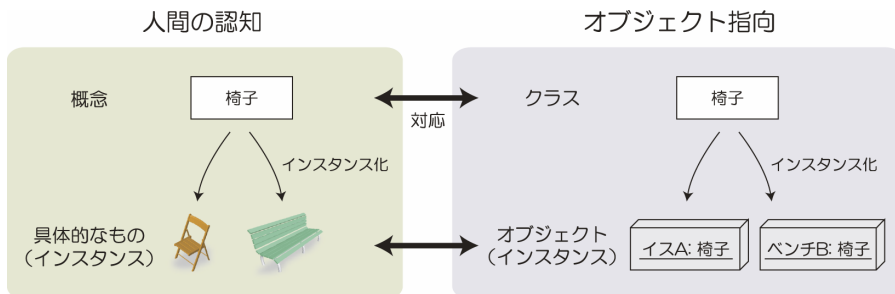


クラスの汎化と特化

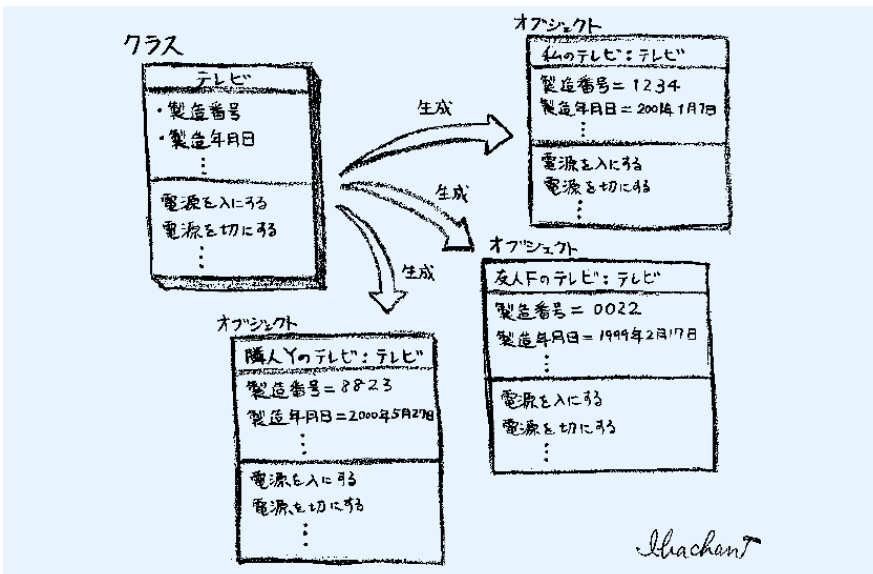


シミュレーション作成におけるクラスの利点

- クラスを用いることによって、共通項を一括して表現できるようになるため、オブジェクトの体系的な整理が可能となる上、効率的な記述が可能となる。

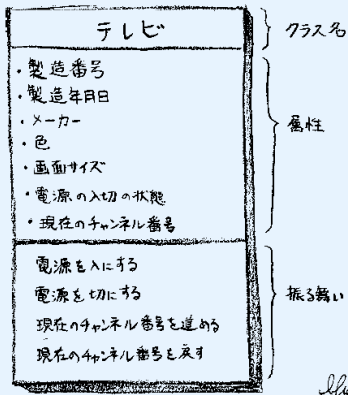


例: クラスから、複数のオブジェクトの生成



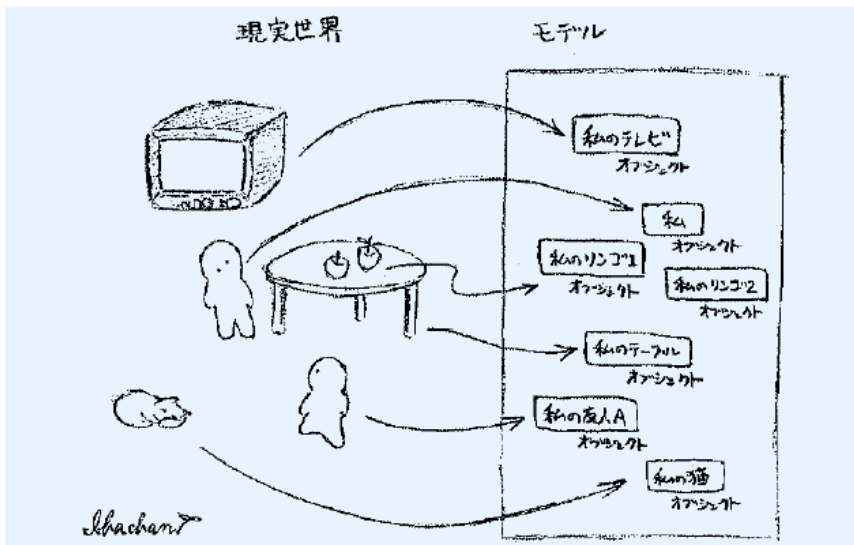
プログラムへの変換

■ Java言語で表現すると...

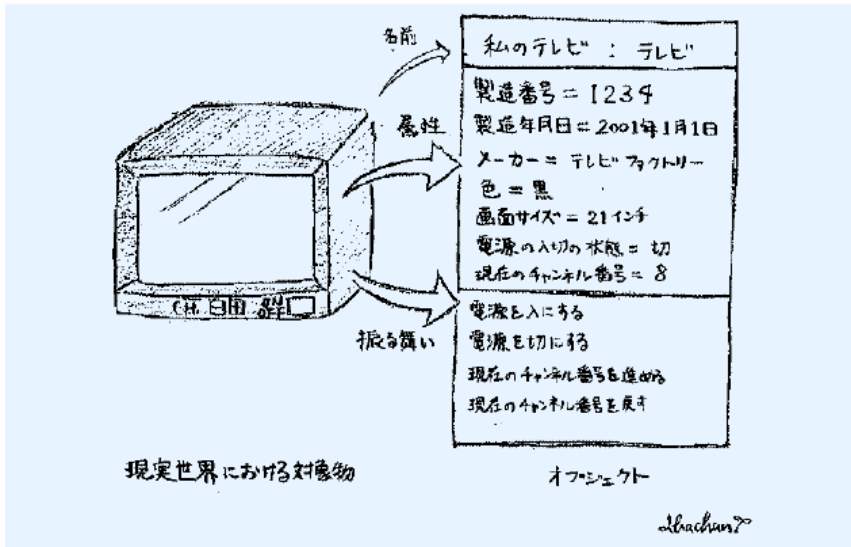


```
public class テレビ {  
  
    // 『テレビ』クラスの属性  
  
    int 製造番号;  
    String 製造年月日;  
    String メーカー;  
    String 色;  
    int 画面サイズ;  
    boolean 電源の入切の状態;  
    int 現在のチャンネル番号;  
  
    // 『テレビ』クラスの振る舞い  
  
    void 電源を入にする() {  
        電源の入切の状態 = true;  
        System.out.println("テレビがつきました");  
        System.out.println("いま、 "+現在のチャンネル番号);  
    }  
}
```

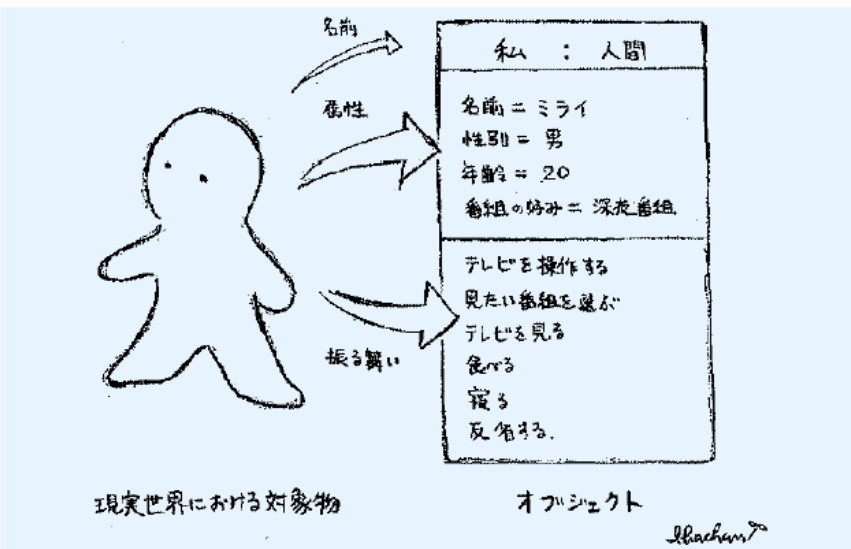
例:オブジェクト指向で世界を表現する



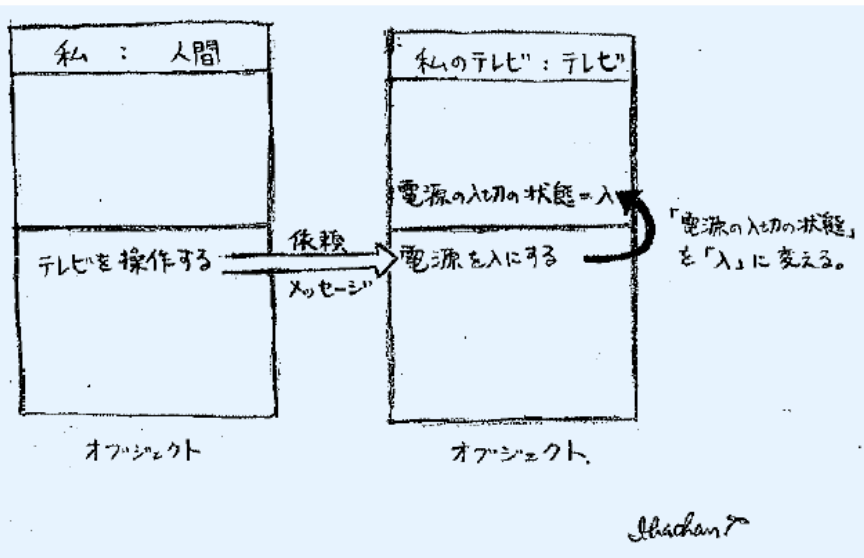
「私のテレビ」をオブジェクトとして表現すると・・・



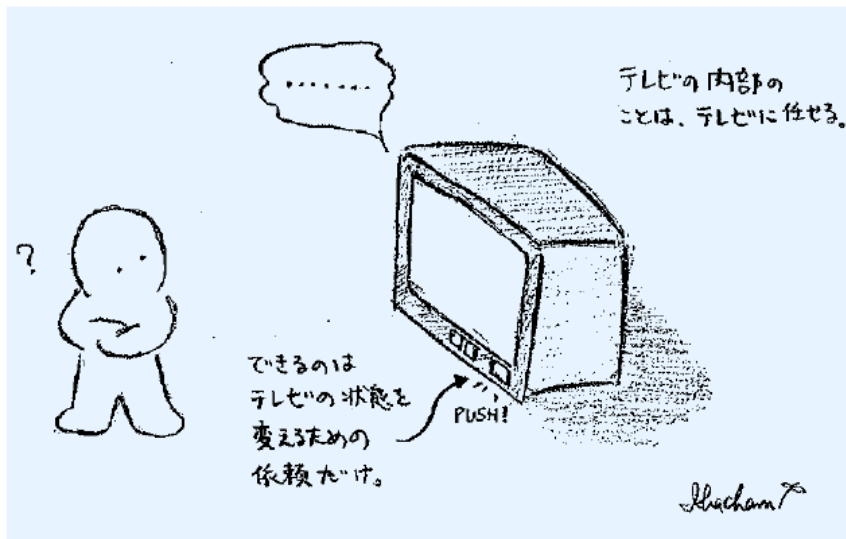
「私」をオブジェクトとして表現すると・・・



オブジェクトからオブジェクトへのメッセージ

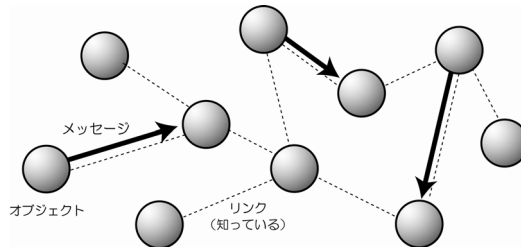


オブジェクトは情報隠蔽して自己管理する



オブジェクト指向の本質

- オブジェクト指向では、世界の構成要素を「オブジェクト」という基本単位で捉え、その状態変化や関係変化によって現象を表現する。

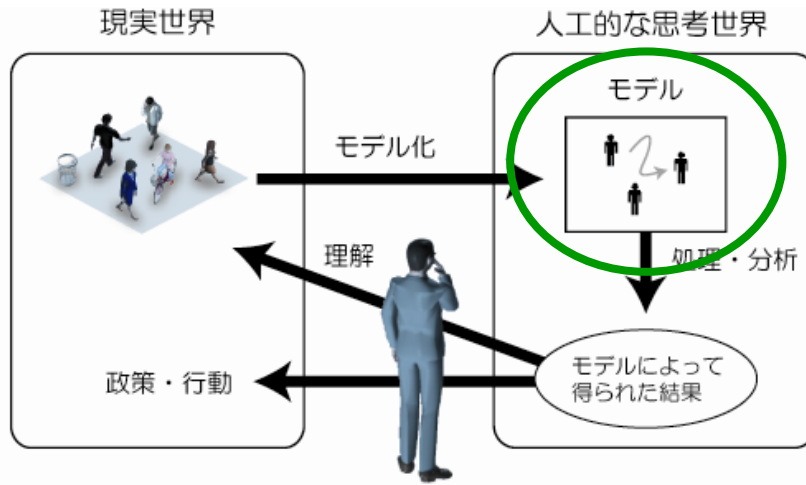


振舞い(機能)と内部状態を保持している「オブジェクト」がたくさん存在し、それらが相互作用しているという点が、オブジェクト指向のポイント。

つまり、「システム」として記述すること！

オブジェクト指向モデル の位置

モデルを記述する形式の種類



モデルの種類

- 社会科学に、「計算モデル」(computational model) の表現形式を導入することを試みたい。

モデル

言語モデル

図式モデル

数学モデル

計算モデル

社会科学の理論の形式化において、 数学的モデルより計算的モデルが適している理由

N.Gilbert and K.G.Troitsch (1998)

- 現実との対応関係の把握が容易
- 並列的なプロセスや、順序が決まっていないプロセスの扱いが容易
- モジュール性をもたせることが容易
- 異質で多様な主体を組み込んだモデルの構築が容易

N・ギルバート、K・G・トロイツシュ、『社会シミュレーションの技法』、日本評論社、2003

D.E. Knuth (1985)

- 数学には2つの思考型が欠如
 - ①「複雑度」＝「操作の節約」の概念
 - ②過程の状態に関する動的な概念
- コンピュータサイエンスでは
 - ①同時に実行される諸過程間の相互作用を研究するときにも、状態の概念が重要
 - ②異なる多様な場合を扱おうという傾向があり、本質的に均質でない諸概念に柔軟に対処できる

Donald E. Knuth, Algorithmic Thinking and Mathematical Thinking, American Mathematical Monthly, March 1985, pp.170-181 有澤誠(編),『クヌース先生のプログラム論』、共立出版, 1991 所収「算法的思考と数学的思考」

計算的モデル(Computational Model)

- 近年の計算的モデルの発展は、「命令から宣言へ、手続きからオブジェクトへ、逐次集中から並列分散へ」という方向性にある。この流れにあるパラダイムの一つが「オブジェクト指向」。

■ 「命令から宣言へ」

- 「これはそれとこのような関係にある」というような、計算の意味を宣言的に記述するスタイルへ。

■ 「手続きからオブジェクトへ」

- 計算手順とデータをひとまとまりとして扱うようなスタイルへ。

■ 「逐次集中から並列分散へ」

- 分散して存在する複数の実行部が、協調して計算を行うというスタイルへ。

青木淳, オブジェクト指向システム分析設計入門, ソフト・リサーチ・センター, 1993
青木淳, 『例題による!! オブジェクト指向分析設計テクニック』, ソフト・リサーチ・センター, 1994

企業と市場のシミュレーション(第4回)

1 シミュレーション作成プロセス

2 オブジェクト指向

3 UML(統一モデリング言語)

UML (Unified Modeling Language)

- 50以上のオブジェクト指向方法論による方法論戦争の末、3人の代表的なメソドロジストが、Rational Software社に集まり、統一モデリング言語としてまとめる流れをつくった。

Booch法

Grady Booch

OMT法

(Object Modeling Technique)

James Rumbaugh

OOSE法

(Object-Oriented Software Engineering)

Ivar Jacobson

「スリーアミーゴ (Three Amigos)」

UMLの目標

- 「UMLの開発の背後には、さまざまな目標がありました、第1の最も重要な目標は、UMLがすべてのモデル作成者が利用することのできる汎用のモデリング言語となることです。UMLは所有権の設定されたものではないと同時に、コンピュータ業界の大多数による共通の合意の基づいたものです。」
- 「UMLの最終目標は、できるだけシンプルでありながら、それでいて構築しなければならない広範な実用システムをモデリングできるようにすることでした。」

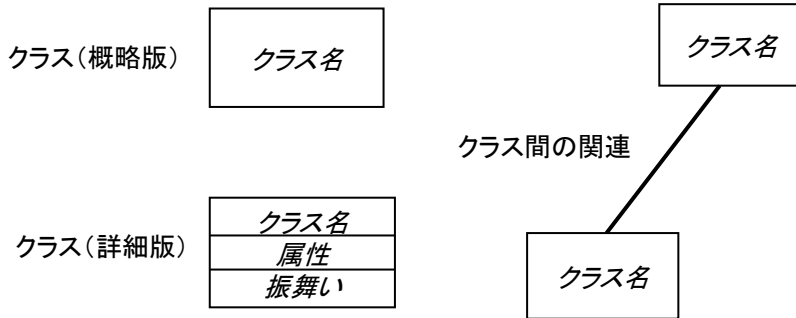
ジェームズ・ランボーン、イヴァー・ヤコブソン、グラディ・ブーチ、『UMLリファレンスマニュアル』, 2002

UMLにおけるいくつかのビュー

- 静的モデリング
 - クラス図
 - ユースケース図
 - コンポーネント図
 - 配置図
- 動的モデリング
 - アクティビティ図
 - シーケンス図
 - ステートチャート図
 - コラボレーション図
- モデル管理
 - クラス図

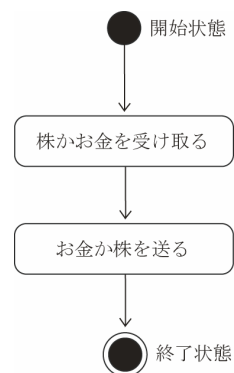
クラス図

- クラス図は、モデルの静的・構造的な側面を表現するための図。



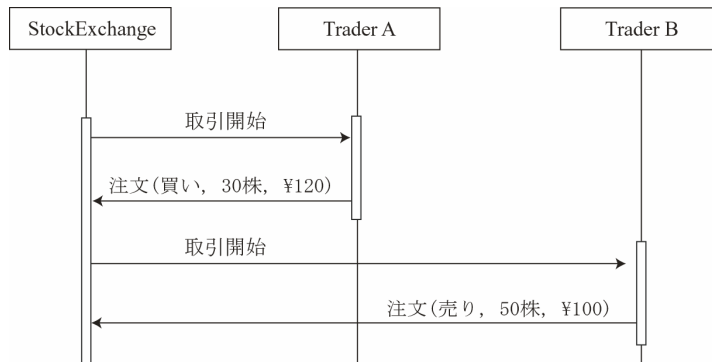
アクティビティ図

- アクティビティ図は、システムやオブジェクトの振舞いを記述するための図。
- フローチャートだと思ってよい。



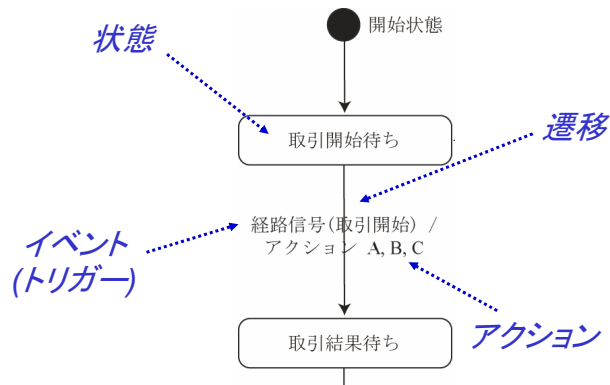
シーケンス図

- オブジェクト間の相互作用を、時系列で記述したもの。



状態チャート図

- 状態チャート図は、システムやオブジェクトの状態の変化(状態遷移)を記述するための図。
- 外界のイベント(オブジェクトに影響を及ぼすさまざまな出来事)が発生すると、オブジェクトの状態が変わる。



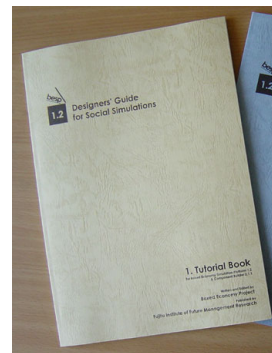
UMLにおけるいくつかのビュー

- 静的モデリング
 - クラス図
 - ユースケース図
 - コンポーネント図
 - 配置図
- 動的モデリング
 - アクティビティ図
 - シーケンス図
 - ステートチャート図
 - コラボレーション図
- モデル管理
 - クラス図

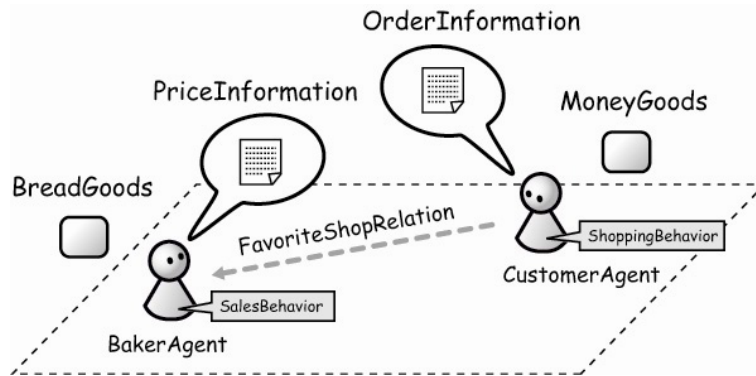
社会シミュレーションデザイナーズガイド(第2版)

- 第IV部 シミュレーションをつくってみよう【拡張編】 p. 111

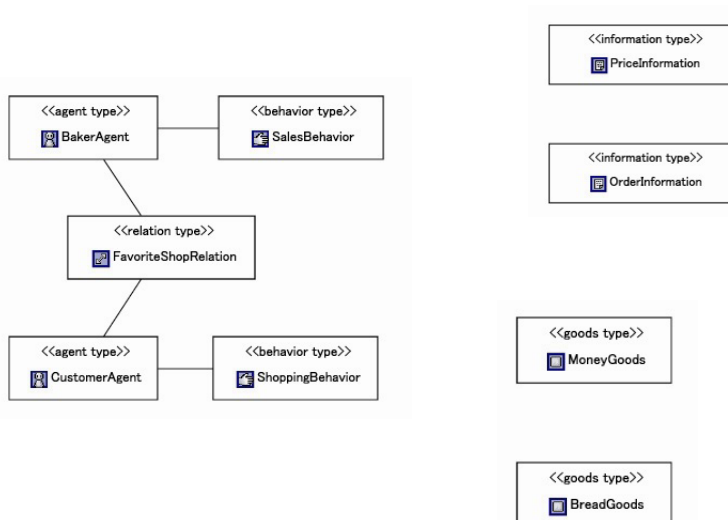
- 第12章 まいどあり!
 - 12.1 つくりたい世界
 - 12.2 概念モデリング フェーズ
 - 12.3 シミュレーションデザイン フェーズ
 - 12.4 実行・検証フェーズ



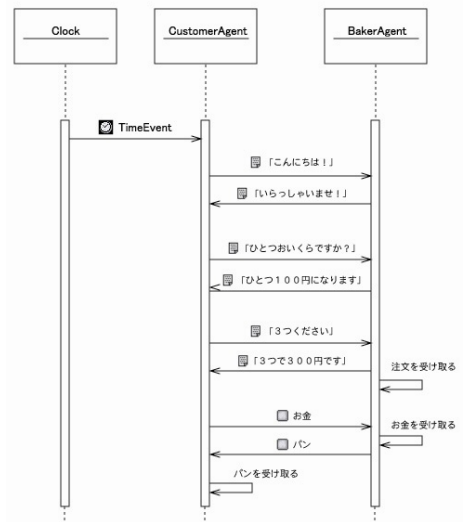
パン屋の例: 作りた世界



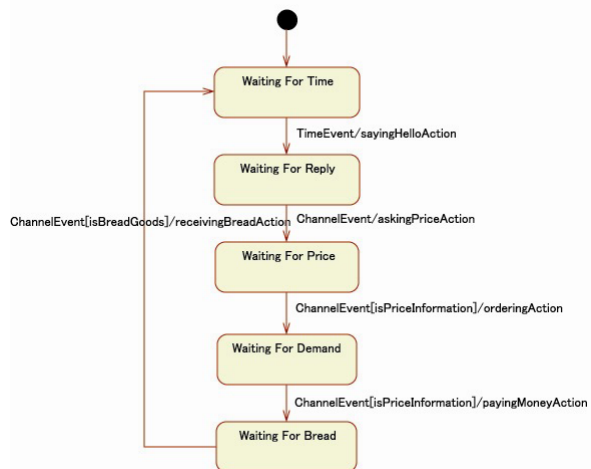
パン屋の例: モデルクラス図



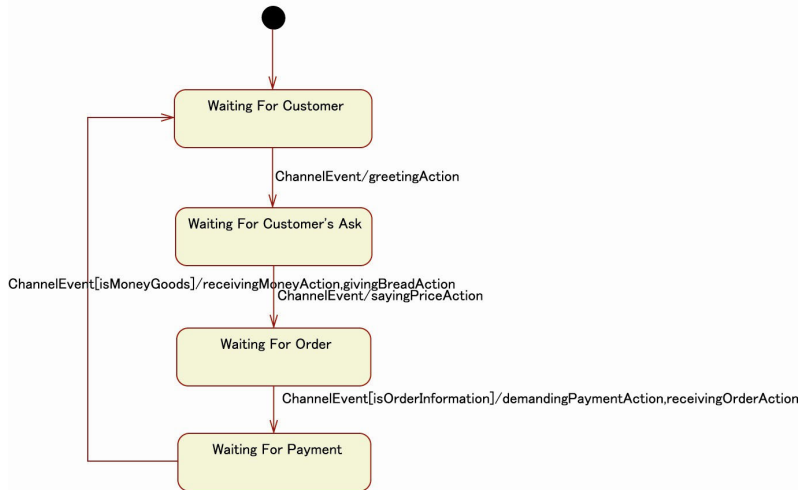
パン屋の例:コミュニケーション・シーケンス図



パン屋の例:状態遷移図

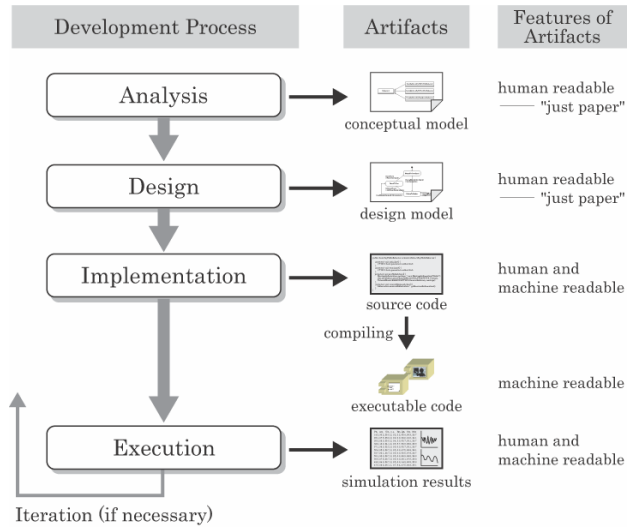


パン屋の例:状態遷移図



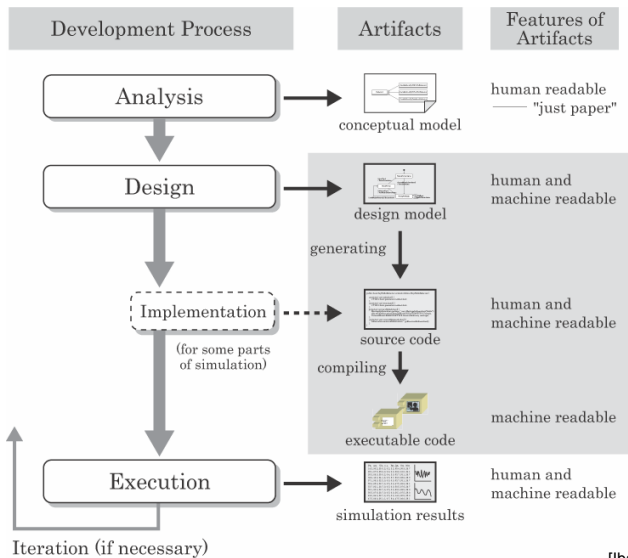
モデリング言語にまつわる最近の動向

従来のシステム(ソフトウェア)開発プロセス



[Iba, et al., WEHIA, 2004]

新しいシステム(ソフトウェア)開発プロセス



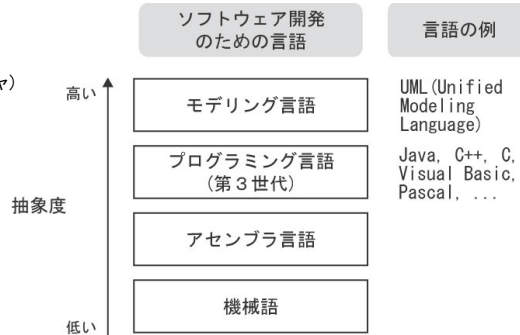
[Iba, et al., WEHIA, 2004]

抽象化のレベルは上がってきている

- コンピュータの歴史とともに、システム(ソフトウェア)開発の抽象度が上がっている。
- 自分が扱うレベルの言語より下のレベルについては、知らなくても済む。

■ 最近の動き

- MDA (モデル駆動アーキテクチャ)
- Executable UML



企業と市場のシミュレーション(第4回)

1 シミュレーション作成プロセス

2 オブジェクト指向

3 UML(統一モデリング言語)

文献案内:さらに知りたい人へ

■ シミュレーションとオブジェクト指向

- 「新しい思考の道具をつくる:オブジェクト指向による社会・経済のモデル化とシミュレーション」(井庭崇,『総合政策学の最先端IV:新世代研究者による挑戦』,慶應義塾大学出版会,2003)

■ オブジェクト指向によるモデリング

- 「オブジェクト指向で世界を写し取る」(井庭崇,連載 思考のおもちや箱,『季刊 未来経営』,2001) ※ 授業ホームページからダウンロード可

■ システムのモデリング

- 『システム仕様の分析学:ソフトシステム方法論』(B. Wilson, 共立出版, 1996)

■ UMLについて

- 『UMLモデリングのエッセンス:標準オブジェクトモデリング言語入門』(マーチン ファウラー, ケンドール スコット, 第2版, 翔泳社, 2000)
- 『UMLリファレンスマニュアル』(ジェームズ・ランボー, グラディ・ブーチ, イヴァー・ヤコブソン, ピアソン・エデュケーション, 2002) ※専門的だが詳しい

■ UMLによるビジネスモデリング

- 『ビジネスマンのためのUML入門:ビジネスモデリングによるアプローチ』(竹政 昭利, 左川 聡, 毎日コミュニケーションズ, 2004) ※初心者向け
- 『UMLによるビジネスモデリング』(ハンス=エリク・エリクソン, マグヌス・ペンカー, ソフトバンクパブリッシング, 2002) ※特に第1章
- 『企業情報システムの一般モデル: UMLによるビジネス分析と情報システムの設計』(クリス・マーシャル, ピアソンエデュケーション, 2001)

来週からの演習では

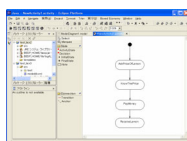
スケジュール

- 第 1 回 (4/ 9 金) インTRODakシヨン
 - 第 2 回 (4/16 金) 複雑系と進化の社会システム論

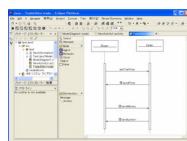
 - 第 3 回 (4/30 金) シミュレーションによる分析
 - 第 4 回 (5/ 7 金) シミュレーション作成プロセスとUML
 - 第 5 回 (5/14 金) 概念モデリングとシミュレーションデザイン
 - 第 6 回 (5/21 金) シミュレーション作成演習①
 - 第 7 回 (5/22 土) シミュレーション作成演習② ※補講日(土曜)
 - 第 8 回 (5/22 土) シミュレーション作成演習③ ※補講日(土曜)
- ※5/29の授業は休講
- 第 9 回 (6/ 4 金) 成長するネットワークモデル
 - 第10回 (6/11 金) 繰り返し囚人のジレンマモデル
 - 第11回 (6/18 金) 遺伝的アルゴリズムによる進化のモデル
 - 第12回 (6/25 金) 企業競争の進化的シミュレーションモデル①
 - 第13回 (7/ 2 金) 企業競争の進化的シミュレーションモデル②

Component Builder (CB)

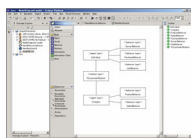
- Component Builderは、4つのデザイナーと、1つのコンポーザーで構成されている。



Activity Designer



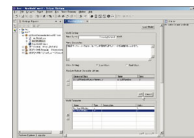
Communication Designer



Model Designer



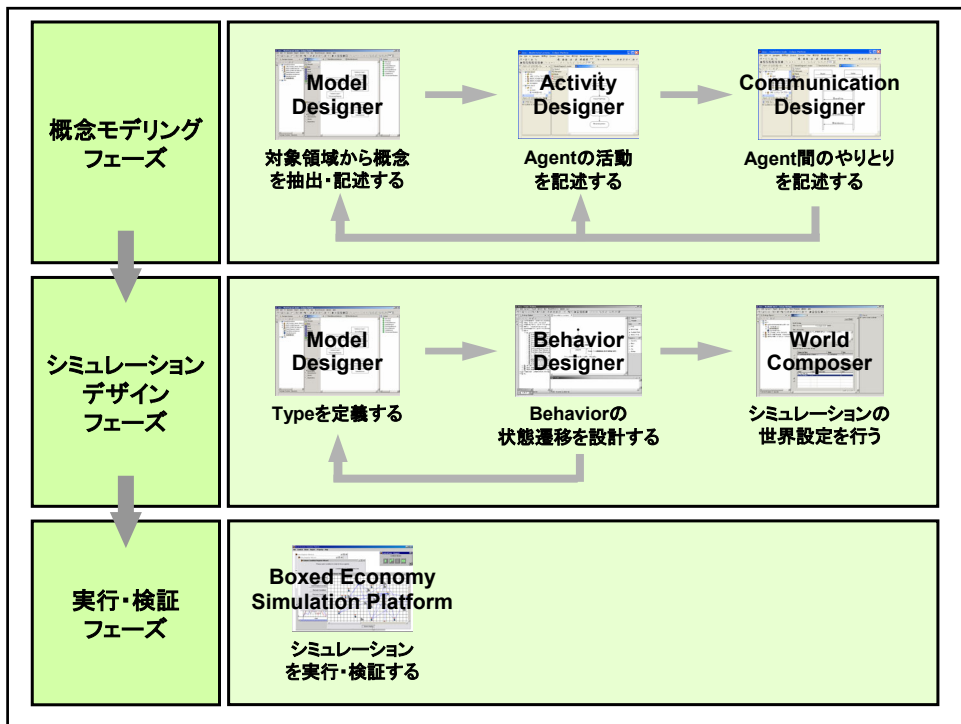
Behavior Designer



World Composer



Component Builderは、オープンソースの統合開発環境 eclipseのプラグインとして開発されている。



Keio University SFC 2004

『企業と市場のシミュレーション』

第4回：シミュレーション作成プロセスとUML

いば たかし

井庭 崇

慶應義塾大学総合政策学部 専任講師

iba@sfc.keio.ac.jp

<http://www.sfc.keio.ac.jp/~iba/lecture/>

文献案内:さらに知りたい人へ

■ シミュレーションとオブジェクト指向

- 「新しい思考の道具をつくる:オブジェクト指向による社会・経済のモデル化とシミュレーション」(井庭崇,『総合政策学の最先端IV:新世代研究者による挑戦』,慶應義塾大学出版会,2003)

■ オブジェクト指向によるモデリング

- 「オブジェクト指向で世界を写し取る」(井庭崇,連載 思考のおもちや箱,『季刊 未来経営』,2001) ※ 授業ホームページからダウンロード可

■ システムのモデリング

- 『システム仕様の分析学:ソフトシステム方法論』(B. Wilson, 共立出版, 1996)

■ UMLについて

- 『UMLモデリングのエッセンス:標準オブジェクトモデリング言語入門』(マーチン ファウラー, ケンドール スコット, 第2版, 翔泳社, 2000)
- 『UMLリファレンスマニュアル』(ジェームズ・ランボー, グラディ・ブーチ, イヴァー・ヤコブソン, ピアソン・エデュケーション, 2002) ※専門的だが詳しい

■ UMLによるビジネスモデリング

- 『ビジネスマンのためのUML入門:ビジネスモデリングによるアプローチ』(竹政 昭利, 左川 聡, 毎日コミュニケーションズ, 2004) ※初心者向け
- 『UMLによるビジネスモデリング』(ハンス=エリク・エリクソン, マグヌス・ペンカー, ソフトバンクパブリッシング, 2002) ※特に第1章
- 『企業情報システムの一般モデル: UMLによるビジネス分析と情報システムの設計』(クリス・マーシャル, ピアソンエデュケーション, 2001)