

博士論文 平成 15 年度 (2003)

社会・経済シミュレーションの基盤構築  
— 複雑系と進化の理論に向けて —

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科  
井庭 崇



# 博士論文要旨 平成15年度 (2003)

## 社会・経済シミュレーションの基盤構築

### — 複雑系と進化の理論に向けて —

本論文では、複雑系のシステム観に基づく社会・経済シミュレーションを作成するためのモデル・フレームワークとシミュレーション・プラットフォームを提案する。複雑系とは、広義には「内部状態をもつ多数の構成要素が相互作用し、それぞれの内部状態を変化させていくシステム」であり、狭義には、これに加えて「構成要素の振舞いのルールが変化し得る」という定義が加わる。近年、社会科学においてこのような捉え方が重要視されているが、現状では、複雑系のモデルを記述し操作するための有効な手段は存在しない。

本論文では、複雑系の社会・経済モデルを記述・操作するために、オブジェクト指向計算モデルを導入する。そして、基本となるモデル要素を定義し、モデル化からシミュレーションまでの一貫した支援を行うためのモデル・フレームワーク「Boxed Economy Foundation Model」を提案する。さらに、提案モデル・フレームワークに基づくモデルのシミュレーションの作成・実行・分析を支援するために、コンポーネントベースのソフトウェア「Boxed Economy Simulation Platform」を提案する。また、動的な振舞いの構成方法を、モデル・パターンとして記述することを提案し、具体的なモデル・パターンを提示する。

本論文では、提案モデル・フレームワークと提案ソフトウェアの有効性を明らかにするため、これらを既存モデルおよび独自モデルに適用する。既存モデルでは、成長するネットワークモデル、繰り返し囚人のジレンマモデル、貨幣の自生と自壊モデル、Sugarscape モデル、人工株式市場モデルという5つの代表的なモデルを取り上げる。独自モデルとしては、家庭用VCRの規格競争シミュレーションを取り上げる。これらの事例への適用により、本論文の提案の有効性が実証された。

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科  
井庭 崇



Abstract of Ph.D Thesis Academic Year 2003

A Study on Simulating Economies and Societies  
as Evolutionary Complex Systems

This dissertation presents a model framework and a simulation platform for simulating economies and societies as complex systems. In a broad sense, the complex system means that the system has the components where each component changes the internal states by mutually interacting with the other components. In addition, in a strict sense, the complex system means that the rules of each component behavior are changed dynamically during the simulation. There is no satisfactory scheme for modeling and simulating the complex systems, although the complex system model has been highly demanded in social sciences.

We introduce an object-oriented computational modeling for social sciences in order to model and simulate the complex system where the model framework, “Boxed Economy Foundation Model,” is proposed. Moreover, the component-based software system “Boxed Economy Simulation Platform” is proposed for building/simulating a model and analyzing the system. In addition, the model pattern is proposed to describe examples on how to build the dynamic behavior.

In this dissertation, we apply the proposed framework and software system to existing models and an original model. The existing models include the followings: the model of evolving networks, the model of iterated prisoner’s dilemma, the model of emergence and collapse of money, Sugarscape model, and the model of artificial stock markets. Then, the original model is examined and used for video cassette format competition. The performance of the proposed framework and the software system are justified in the application.

Takashi Iba  
Graduate School of Media and Governance  
Keio University



# 目次

第1章	本論文の目的と概要	1
1.1	新しい思考の道具をつくる	1
1.2	モデル・フレームワークの提案	3
1.3	シミュレーション・プラットフォームの提案	4
1.4	モデル・パターンの提案	6
1.5	提案システムの適用事例	8
1.5.1	既存モデルの再現	8
	成長するネットワークモデル: 関係とエージェントの動的生成	8
	繰り返し囚人のジレンマゲーム: 行動変更による振舞いの変化	8
	貨幣の自生と自壊モデル: 段階的なモデル拡張	8
	SugarScape モデル: 環境のエージェント化	9
	人工株式市場モデル: 情報変化による振舞いの変化	9
1.5.2	独自モデルによる分析	9
第2章	社会・経済のモデル化とその分析方法	11
2.1	メタファーとしてのモデル	11
2.2	いまどのようなメタファーが求められているのか	12
2.2.1	広義の複雑系: 内部状態をもつ構成要素からなるシステム	14
2.2.2	狭義の複雑系: 構成要素の振舞いのルールが動的に変化するシステム	15
2.2.3	進化: 変異を伴う複製	16
2.3	複雑系と進化のメタファーに期待されていること	16
2.3.1	戦略とルーティンの進化	17
2.3.2	意味と解釈を扱う社会モデルの構築	17
2.3.3	制度と行動の関係の探究	18
2.4	複雑系の記述と分析に関する課題	19
2.5	シミュレーションによる計算と分析	20
2.5.1	シミュレーションと計算科学	20
2.5.2	科学的研究におけるシミュレーション利用	20
2.6	シミュレーションの作成に関する課題	22

<b>第 3 章</b>	<b>オブジェクト指向計算モデルの導入</b>	<b>27</b>
3.1	どのように写し取るのか: 計算モデルの導入	27
3.2	オブジェクト指向計算モデルの考え方	28
3.3	クラスによるモデル設計	29
3.3.1	概念とクラス	29
3.3.2	クラス間の関連	30
3.4	UML(統一モデル化言語)	32
<b>第 4 章</b>	<b>モデル・フレームワークの提案</b>	<b>35</b>
4.1	モデル・フレームワークとは	35
4.1.1	概念モデル・フレームワーク	35
4.1.2	シミュレーションモデル・フレームワーク	37
4.2	提案モデル・フレームワーク: Boxed Economy Foundation Model (BEFM)	39
4.2.1	BEFM 概念モデル・フレームワーク	39
	World, Space, Clock	39
	Entity, Agent, Goods	39
	Information	40
	Behavior	40
	Relation, Channel	41
4.2.2	BEFM シミュレーションモデル・フレームワーク	41
	Agent	42
	Behavior	43
	Event	43
	Type	44
	World	44
	Goods	46
	Entity	46
	Information	46
	Relation と Channel	46
4.3	提案モデル・フレームワークを用いたモデル作成のプロセス	47
4.3.1	分析フェーズ	47
4.3.2	設計フェーズ	47
4.3.3	実装フェーズ	48
4.3.4	実行・評価フェーズ	48
4.4	先行研究との比較	48

<b>第 5 章</b>	<b>シミュレーション・プラットフォームの提案</b>	<b>51</b>
5.1	シミュレーション・プラットフォームとは . . . . .	51
5.1.1	研究プロセスを一貫して支援する統合環境の提供 . . . . .	51
5.1.2	モデル部品の再利用と並行開発を支援する仕組みの提供 . . . . .	52
5.1.3	シミュレーション環境の再利用と拡張を支援する仕組みの提供 . . . . .	52
5.2	提案シミュレーション・プラットフォーム: Boxed Economy Simulation Platform (BESP) . . . . .	54
5.2.1	基本アーキテクチャ . . . . .	54
	モデルコンポーネント . . . . .	55
	プレゼンテーションコンポーネント . . . . .	56
	モデルコンテナ . . . . .	56
	プレゼンテーションコンテナ . . . . .	56
	BESP コンテナ . . . . .	57
5.2.2	提供されるプレゼンテーションコンポーネント . . . . .	57
	Control Panel . . . . .	57
	World Initializer . . . . .	58
	Data Collector . . . . .	58
	Data Collector . . . . .	59
	Relation Viewer . . . . .	59
	Status Viewer . . . . .	60
	Board . . . . .	60
5.3	提案シミュレーション・プラットフォームにおける設計と実装の支援 . . . . .	61
5.3.1	プログラミングの軽減の仕組み . . . . .	61
5.3.2	支援ツール: Component Builder . . . . .	62
	Behavior の作成 . . . . .	62
	World の作成 . . . . .	68
	Model の作成 . . . . .	68
5.4	先行研究との比較 . . . . .	69
<b>第 6 章</b>	<b>モデル・パターンの提案</b>	<b>73</b>
6.1	モデル・パターンとは . . . . .	73
6.2	パターンによる記述 . . . . .	73
6.2.1	パターンとは何か . . . . .	73
6.2.2	パターンの基本構造 . . . . .	74
6.2.3	パターンの役割 . . . . .	74
6.2.4	これまで提案されてきたパターン . . . . .	75
	建築におけるパターン . . . . .	75

	ソフトウェア開発におけるパターン . . . . .	75
	プロジェクトマネジメントのパターン . . . . .	76
6.3	提案モデル・パターン . . . . .	77
6.3.1	エレメンタリーなモデル・パターン . . . . .	78
6.3.2	コミュニケーションのモデル・パターン . . . . .	78
6.3.3	行動変化のモデル・パターン . . . . .	78
6.3.4	アクティベーションのモデル・パターン . . . . .	78
6.4	発展のための覚書 . . . . .	78
<b>第 7 章</b>	<b>提案システムによる既存モデルの再現</b>	<b>81</b>
7.1	成長するネットワークのモデル . . . . .	81
7.1.1	ランダムリンクモデル . . . . .	81
7.1.2	ランダム選択成長モデル . . . . .	86
7.1.3	優先的選択成長モデル (スケールフリー・モデル) . . . . .	89
7.2	繰り返し囚人のジレンマモデル . . . . .	93
7.2.1	コンテスト・シミュレーション . . . . .	93
7.2.2	戦略模倣シミュレーション . . . . .	103
7.3	貨幣の自生と自壊モデル . . . . .	110
7.3.1	物々交換モデル . . . . .	110
7.3.2	貨幣的交換モデル . . . . .	117
7.3.3	進化的モデル . . . . .	123
7.4	SugarScape モデル . . . . .	127
7.4.1	Sugarscape モデル . . . . .	127
7.5	人工株式市場モデル . . . . .	132
7.5.1	人工株式市場モデル . . . . .	132
<b>第 8 章</b>	<b>提案システムによる事例研究</b>	<b>139</b>
8.1	家庭用 VCR における規格競争 . . . . .	139
8.1.1	規格競争におけるネットワーク外部性の特徴 . . . . .	139
8.1.2	取り上げる事例の概要と特徴 . . . . .	140
8.2	概念モデル . . . . .	141
8.2.1	全体像 . . . . .	141
8.2.2	エージェント . . . . .	142
	欲求認識フェーズ . . . . .	142
	情報探索フェーズ . . . . .	144
	購買前代替案評価フェーズ . . . . .	145
	購買フェーズ . . . . .	145

	消費フェーズ	146
	購買後代替案評価フェーズ	147
	処分フェーズ	147
8.3	シミュレーションモデル	147
8.4	シミュレーション結果	153
8.4.1	設定	153
8.4.2	基本的な振舞いの確認	154
	近傍範囲とマーケットシェアの関係	154
	耐久性の有無とマーケットシェアの関係	154
8.4.3	マーケットシェアの推移と市場の状態遷移	155
8.4.4	局所的影響によるマーケットシェア抑制効果	156
8.4.5	現実のデータへの適合	164
8.4.6	マーケットシェアの逆転現象	166
8.5	考察	170
<b>第9章</b>	<b>結言</b>	<b>173</b>
	謝辞	175
	注	177
	参考文献	206
付録A	UML(統一モデル化言語)の表記について	219
A.1	クラス図の記法	219
A.2	オブジェクト図の記法	221
A.3	ステートチャート図の記法	222
A.4	シーケンス図の記法	223
付録B	BEFMシミュレーションモデル・フレームワークの詳細	225
B.1	World クラス	225
B.1.1	シミュレーション時計・空間の設定/取得	225
B.1.2	財の生成/明示的な消費	225
B.1.3	エージェントの生成/参照/削除	226
B.1.4	タイプとプライオリティの設定	226
B.1.5	乱数ジェネレータの追加/取得	227
B.2	Agent クラス	227
B.2.1	行動の追加/取得	227
B.2.2	所有財の追加/取得	228

B.2.3	情報の追加/取得	229
B.2.4	関係の追加/取得	229
B.3	Behavior クラス	230
B.3.1	エージェント/世界の参照	230
B.3.2	財の送信	230
B.3.3	情報の送信	231
B.3.4	財/情報の受信	231
<b>付録 C</b>	<b>モデル・パターン カタログ</b>	<b>233</b>
C.1	モデル・パターンの分類	233
C.2	パターンにおけるクラス名・オブジェクト名について	234
C.3	設計におけるオブジェクト図について	234
C.4	サンプルコードについて	234
C.5	バリエーションについて	235
	エレメンタリーなモデル・パターン	235
	Agent Creation	236
	Relation Creation	238
	Related Agent Creation	240
	Agent Destruction	242
	Goods Creation	244
	Information Creation	246
	コミュニケーションのモデル・パターン	247
	Information Sending	248
	Blank Information Sending	252
	Internal Information Sending	256
	Immediate Reply	260
	Collect Immediate Replies	264
	Appointed Destination Reply	268
	Super BehaviorType Calling	272
	行動変化のモデル・パターン	276
	Behavior Creation	276
	Behavior Destruction	278
	Behavior Switching	280
	Temporary Behavior Creation	282
	Requested Behavior Attachment	284
	Forced Behavior Attachment	288
	アクティベーションのモデル・パターン	289

TimeEvent Distributer Agent . . . . .	290
TimeEvent Filtering . . . . .	294
TimeEvent Distributer Behavior . . . . .	296
Time-Consuming Behavior . . . . .	298



# 目次

1.1	複雑系のシステム観 (第2章より)	2
1.2	物理学、広義の複雑系、および狭義の複雑系における構成要素の特徴 (第2章より)	2
1.3	BEFM 概念モデル・フレームワークのクラス図 (第4章より)	3
1.4	Boxed Economy Simulation Platform (BESP) の画面 (第5章より)	5
1.5	BESP の内部構造 (第5章より)	5
1.6	カタログ形式で記述されたモデル・パターンの例 (第6章より)	7
2.1	モデルによる思考	12
2.2	社会・経済システム論の変遷の大まかな流れ	13
2.3	複雑系のシステム観	14
2.4	物理学、広義の複雑系、および狭義の複雑系における構成要素の特徴	15
2.5	マクロからミクロへの影響	18
2.6	シミュレーション研究の典型的なフロー	22
3.1	モデルの種類	28
3.2	オブジェクト指向のイメージ	29
3.3	現実認識における概念	30
3.4	人間認知における「概念」とオブジェクト指向における「クラス」	30
3.5	クラスとオブジェクト	31
3.6	クラス間関係とオブジェクト間関係	31
3.7	概念の特化/汎化	32
3.8	概念の集約	32
4.1	2つのモデル・フレームワークとモデル作成の流れ	36
4.2	モデル作成における概念モデル・フレームワークの役割	37
4.3	シミュレーション作成におけるシミュレーションモデル・フレームワークの役割	38
4.4	BEFM 概念モデル・フレームワークのクラス図	40
4.5	Type とその関連クラス	45
4.6	Type の継承の例	45

4.7	BEFM を用いたモデル作成プロセス	47
4.8	一般的なエージェントの設計 (Bruun, 2002)	49
4.9	提案モデル・フレームワークにおけるエージェントの設計	49
5.1	シミュレーション・プラットフォームの基本構造	52
5.2	探索的モデルビルディング (Iba et al., 2000)	53
5.3	コンポーネントによる実装と設定の分離	54
5.4	Boxed Economy Simulation Platform (BESP)	55
5.5	BESP の内部構造	55
5.6	Control Panel プレゼンテーションコンポーネント	57
5.7	Control Panel プレゼンテーションコンポーネント (一定時間実行設定)	58
5.8	WorldInitializer プレゼンテーションコンポーネント	58
5.9	DataCollector プレゼンテーションコンポーネント	59
5.10	Graph プレゼンテーションコンポーネント	59
5.11	RelationViewer プレゼンテーションコンポーネント	60
5.12	StatusViewer プレゼンテーションコンポーネント	60
5.13	Board プレゼンテーションコンポーネント	61
5.14	Component Builder	62
5.15	BESP の支援ツールを用いたシミュレーションの作成の流れ	63
5.16	Component Builder を用いた行動の作成	64
5.17	Component Builder 上で作成した状態遷移図	64
5.18	Component Builder によって自動生成された AbstractBehavior のコード (1)	65
5.19	Component Builder によって自動生成された AbstractBehavior のコード (2)	66
5.20	Component Builder によって自動生成された Behavior のコード、およびそこに追加したコード (網掛け部分)	67
5.21	BESP Component Builder の World 生成ウィンドウ	68
5.22	Component Builder を用いた世界の作成	68
5.23	BESP Component Builder の Model 設定生成ウィンドウ	69
5.24	Component Builder を用いたモデル設定の作成	69
5.25	既存シミュレーションシステムとの比較 (North(2002) を元に改変)	70
6.1	カタログ形式で記述されたモデル・パターンの例	77
6.2	パターン間の関連	80
7.1	ランダムリンクモデルのイメージ	82
7.2	ランダムネットワークモデルの全体像	82

7.3	ランダムリンクモデルのシーケンス図 . . . . .	83
7.4	ランダムリンクモデル: RandomNetworkBehavior . . . . .	83
7.5	ランダムリンクモデルのシミュレーション結果 (1) . . . . .	84
7.6	ランダムリンクモデルのシミュレーション結果 (2) . . . . .	85
7.7	ランダムリンクモデルにおける最大クラスターのノード数の推移 . . . . .	85
7.8	ランダム選択成長モデルのイメージ . . . . .	86
7.9	ランダム選択成長モデルの全体像 . . . . .	87
7.10	ランダム選択成長モデルのシーケンス図 . . . . .	87
7.11	ランダム選択成長モデル: RandomAttachBehavior . . . . .	87
7.12	ランダム選択成長モデル: 形成されたネットワーク . . . . .	88
7.13	ランダム選択成長モデル: リンク数と順位の関係 (両対数グラフ) . . . . .	88
7.14	線形グラフと両対数グラフにおけるべき乗分布 . . . . .	88
7.15	優先的選択成長モデルのイメージ . . . . .	89
7.16	優先的選択成長モデルの全体像 . . . . .	90
7.17	優先的選択成長モデルのシーケンス図 . . . . .	91
7.18	優先的選択成長モデル: PreferentialAttachBehavior . . . . .	91
7.19	優先的選択成長モデル: 形成されたネットワーク . . . . .	92
7.20	優先的選択成長モデル: リンク数と順位の関係 (両対数グラフ) . . . . .	92
7.21	コンテスト・シミュレーションのイメージ . . . . .	94
7.22	コンテストと試合と対戦の関係 . . . . .	94
7.23	戦略を行動として表現する . . . . .	95
7.24	コンテスト・シミュレーションの全体像 . . . . .	96
7.25	戦略行動: ALLCStrategyBehavior . . . . .	97
7.26	戦略行動: ALLDStrategyBehavior . . . . .	97
7.27	戦略行動: RandomStrategyBehavior . . . . .	98
7.28	戦略行動: TFTStrategyBehavior . . . . .	98
7.29	戦略行動: TF2TStrategyBehavior . . . . .	98
7.30	戦略行動: FRIEDMANStrategyBehavior . . . . .	98
7.31	戦略行動: JOSSStrategyBehavior . . . . .	99
7.32	戦略行動: PER-CDStrategyBehavior . . . . .	99
7.33	戦略行動: PER-CCDStrategyBehavior . . . . .	99
7.34	コンテスト・シミュレーションのシーケンス図 . . . . .	100
7.35	コンテスト・シミュレーション: ManageContestBehavior . . . . .	101
7.36	コンテスト・シミュレーション: ConductMatchBehavior . . . . .	101
7.37	コンテスト・シミュレーション: PlayBehavior . . . . .	101
7.38	戦略模倣シミュレーションのシーケンス図 . . . . .	104
7.39	戦略模倣シミュレーション: ChangeStrategyBehavior . . . . .	105

7.40 戦略模倣シミュレーション: 各戦略を採用しているプレイヤー数の推移 (試合結果による戦略変更) . . . . .	105
7.41 戦略模倣シミュレーション: 各プレイヤーの得点と平均得点の推移 (試 合結果による戦略変更) . . . . .	105
7.42 戦略模倣シミュレーション: プレイヤーの戦略の変化 (試合結果による 戦略変更) . . . . .	106
7.43 戦略模倣シミュレーション: 各戦略を採用しているプレイヤー数の推移 (コンテスト結果による戦略変更) . . . . .	107
7.44 戦略模倣シミュレーション: 各プレイヤーの得点と平均得点の推移 (コ ンテスト結果による戦略変更) . . . . .	107
7.45 戦略模倣シミュレーション: プレイヤーの戦略の変化 (コンテスト結果 による戦略変更) . . . . .	108
7.46 戦略模倣シミュレーション: 各戦略を採用しているプレイヤー数の推移 (コンテスト結果による戦略変更) . . . . .	109
7.47 戦略模倣シミュレーション: 各プレイヤーの得点と平均得点の推移 (コ ンテスト結果による戦略変更) . . . . .	109
7.48 物々交換モデルの全体像 . . . . .	112
7.49 物々交換モデル: TimeEvent(奇数) のときのシーケンス図 . . . . .	113
7.50 物々交換モデル: TimeEvent(偶数) のときのシーケンス図 . . . . .	114
7.51 物々交換モデル: SearchBehavior . . . . .	114
7.52 物々交換モデル: RespondToSearchBehavior . . . . .	114
7.53 物々交換モデル: DecideTradeBehavior . . . . .	115
7.54 物々交換モデル: RespondToDecideBehavior . . . . .	115
7.55 物々交換モデル: ExchangeBehavior . . . . .	115
7.56 物々交換モデル: RespondToExchangeBehavior . . . . .	115
7.57 物々交換モデル: ConsumeProductBehavior . . . . .	115
7.58 物々交換モデル: ResetUtilityBehavior . . . . .	115
7.59 物々交換モデル: 各ターンごとの得点の推移 (N=50, Threshold=0.078)	116
7.60 物々交換モデルで起こっていることのイメージ (欲望の二重の一致の困 難) . . . . .	116
7.61 貨幣的交換モデルのイメージ (人気のある商品の需要) . . . . .	117
7.62 貨幣的交換モデルの全体像 . . . . .	118
7.63 貨幣的交換モデル: TimeEvent(奇数) のときのシーケンス図の一部 . .	119
7.64 貨幣的交換モデル: ChangeKnowledgeBehavior . . . . .	120
7.65 貨幣的交換モデル: RespondToChangeKnowledgeBehavior . . . . .	120
7.66 貨幣的交換モデル: 交換のために保有されている商品の単位数の推移 (N=50, Threshold=0.078) . . . . .	121

7.67 貨幣的交換モデル: 最も市場性の高い商品の市場性の推移 (N=50, Threshold=0.078)	121
7.68 貨幣的交換モデル: 各ターンごとの得点の推移 (N=50, Threshold=0.078)	122
7.69 進化的モデルの全体像	124
7.70 進化的モデル: TimeEvent(奇数) のときのシーケンス図の一部	125
7.71 進化的モデル: ChangeThresholdBehavior	125
7.72 進化的モデル: RespondToChangeThresholdBehavior	126
7.73 進化的モデル: 貨幣の市場性の推移	126
7.74 進化的モデル: 閾値の平均値の推移	126
7.75 Sugarscape モデルの全体像	128
7.76 Sugarscape モデルのための CellSpace クラス	128
7.77 Sugarscape モデルのシーケンス図	129
7.78 Sugarscape モデル: AddSugarBehavior	129
7.79 Sugarscape モデル: MoveAndEatBehavior	130
7.80 Sugarscape モデル: SearchBehavior	130
7.81 Sugarscape モデル: SendSugarBehavior	130
7.82 Sugarscape モデル: シミュレーション結果	131
7.83 人工株式市場モデルの全体像	133
7.84 人工株式市場モデルのシーケンス図	135
7.85 人工株式市場モデル: StockExchangeBehavior	136
7.86 人工株式市場モデル: TraderBehavior	136
7.87 人工株式市場モデル: RiskFreeSecuritySupplierBehavior	136
7.88 人工株式市場モデル: CompanyBehavior	137
7.89 人工株式市場モデル: シミュレーションの実行画面	137
8.1 日本における VHS 方式と Beta 方式のマーケットシェアの推移	140
8.2 Rogers によるイノベーションの採用時期の採用者分布 (Rogers, 1982)	143
8.3 日本における家庭用 VCR の普及と Rogers の普及曲線の比較	143
8.4 レンタルビデオ店舗数の推移とそれに近似する Rogers 普及曲線	146
8.5 規格競争モデルにおける AgentType と Behavior	147
8.6 規格競争モデルにおける GoodsType	147
8.7 規格競争モデルにおける RelationType	148
8.8 規格競争モデルにおける InformationType	148
8.9 SurveyCompany エージェントの SurveyBehavior	149
8.10 Consumer エージェントの ReplyFormatBehavior	149
8.11 Consumer エージェントの RecognizeVCRNeedsBehavior	149
8.12 DiffusionControlFunction エージェントの PermitVCRNeedsBehavior	150

8.13	Consumer エージェントの PurchaseVCRBehavior . . . . .	150
8.14	Shop エージェントの SellVCRBehavior . . . . .	151
8.15	Consumer エージェントの UseVCRBehavior . . . . .	151
8.16	規格競争モデルにおける Behavior の動的な生成と消滅 . . . . .	152
8.17	BESP 上での規格競争モデルのシミュレーション実行画面 . . . . .	153
8.18	近傍範囲 $r$ を変化させた場合のマーケットシェア推移の比較 [ シグモイド型大域影響度, 多項ロジット選択, 無限耐久性, $l = 10, g' = 10$ の場合 ] . . . . .	154
8.19	耐久性の有無によるマーケットシェアの推移の変化 [ シグモイド型大域影響度, 多項ロジット選択, $r = 10, l = 0, g' = 5$ の場合 ] . . . . .	155
8.20	個人の選好のみに基づいて方式選択する場合のマーケットシェアの推移と市場のヒストリカルマップ [ シグモイド型大域影響度, 多項ロジット選択, 無限耐久性, $r = 10, l = 0, g' = 0$ の場合 ] . . . . .	158
8.21	個人の選好および局所的なシェアに基づいて方式選択する場合のマーケットシェアの推移と市場のヒストリカルマップ [ シグモイド型大域影響度, 多項ロジット選択, 無限耐久性, $r = 10, l = 5, g' = 0$ の場合 ] . . . . .	159
8.22	個人の選好および大域的なマーケットシェアに基づいて方式選択する場合のマーケットシェアの推移と市場のヒストリカルマップ [ シグモイド型大域影響度, 多項ロジット選択, 無限耐久性, $r = 10, l = 0, g' = 5$ の場合 ] . . . . .	160
8.23	個人の選好、局所的なシェア、および大域的なマーケットシェアに基づいて方式選択する場合のマーケットシェアの推移と市場のヒストリカルマップ [ シグモイド型大域影響度, 多項ロジット選択, 無限耐久性, $r = 10, l = 5, g' = 5$ の場合 ] . . . . .	161
8.24	最終シェア・ランドスケープ：局所的影響度 $l$ と大域的影響度 $g'$ のそれぞれの組み合わせにおける優位方式の最終シェア [ シグモイド型大域影響度, 多項ロジット選択, 無限耐久性, $r = 20$ の場合 ] . . . . .	162
8.25	最終シェア・ランドスケープ：局所的影響度 $l$ と大域的影響度 $g'$ のそれぞれの組み合わせにおける優位方式の最終シェア [ シグモイド型大域影響度, 多項ロジット選択, 有限耐久性, $r = 20$ の場合 ] . . . . .	162
8.26	大域的影響度に関するモデルの違いによる優位方式の最終シェア・ランドスケープの比較 [ 多項ロジット選択, 有限耐久性, $r = 20$ の場合 ] . . . . .	163
8.27	現実のデータとの適合度が高い設定におけるマーケットシェア推移例 [ シグモイド型大域影響度, 多項ロジット選択, 有限耐久性, $r = 20, l = 10, g' = 49$ の場合 ] . . . . .	164

8.28	フィットネス・ランドスケープ：局所的影響度 $l$ と大域的影響度 $g'$ のそれぞれの組み合わせにおけるシミュレーション結果の現実への適合度 (シミュレーション結果の 95%信頼区間内に存在する現実の推移点の数) [シグモイド型大域影響度, 多項ロジット選択, 有限耐久性, $r = 20$ の場合] . . . . .	165
8.29	「シグモイド型大域的影響度」と「多項ロジット選択」の組み合わせにおける逆転現象の頻度 [シグモイド型大域影響度, 多項ロジット選択, 有限耐久性, $r = 20$ の場合] . . . . .	166
8.30	「定数型大域的影響度」と「効用最大化選択」の組み合わせにおけるフィットネス・ランドスケープと逆転現象の頻度 [定数型大域的影響度, 効用最大化選択, 有限耐久性, $r = 20$ の場合] . . . . .	167
8.31	「シグモイド型大域的影響度」と「効用最大化選択」の組み合わせにおけるフィットネス・ランドスケープと逆転現象の頻度ランドスケープ [シグモイド型大域影響度, 効用最大化選択, 有限耐久性, $r = 20$ の場合] . . . . .	168
8.32	「定数型大域的影響度」と「多項ロジット選択」の組み合わせにおけるフィットネス・ランドスケープと逆転現象の頻度ランドスケープ [定数型大域的影響度, 多項ロジット選択, 有限耐久性, $r = 20$ の場合] . . . . .	169
8.33	逆転シミュレーションのみのフィットネス・ランドスケープ：局所的影響度 $l$ と大域的影響度 $g'$ のそれぞれの組み合わせにおけるシミュレーション結果の現実への適合度 (シミュレーション結果の 95%信頼区間内に存在する現実の推移点の数) [シグモイド型大域影響度, 多項ロジット選択, 有限耐久性, $r = 20$ の場合] . . . . .	170



# 表目次

1.1	本論文で提案するモデル・パターン (第6章より)	6
2.1	先行研究のモデルにおけるエージェント (1)	24
2.2	先行研究のモデルにおけるエージェント (2)	25
2.3	先行研究のモデルにおけるエージェント (3)	26
4.1	各モデル要素の作成方法	42
6.1	本論文で提案するモデル・パターンの一覧	79
7.1	コンテスト・シミュレーションの結果	102
8.1	日本における VHS 方式と Beta 方式の累積マーケットシェアの推移 (Cusumano et al., 1992)	165

