

2025年7月27日 10:00-

中小企業診断士 思想・哲学研究会

モデルの哲学

水田孝信

mizutata[at]gmail.com
@takanobu_mizuta (twitter)
<https://mizutatakanobu.com>

この資料はこちらにあります: <https://mizutatakanobu.com/2025IP.pdf>

2025年5月15日

2025年度 金融レジリエンス情報学 第5回

人工市場による市場制度の設計



スパークス・アセット・マネジメント株式会社
運用調査本部 ファンドマネージャー 兼 上席研究員
水田孝信

mizutata[at]gmail.com
@takanobu_mizuta (twitter)
<https://mizutakanobu.com>

本発表資料はスパークス・アセット・マネジメント株式会社の公式見解を表すものではありません。
すべては個人的見解であります。

この資料はこちらにあります: <https://mizutakanobu.com/2025r.pdf>

いろいろな大学で講義をすることがある

現在定期的には東京大学大学院工学系研究科の1つのみ

この講義では私の学術研究を講義するが、当然、巻き込まれた哲学的議論も紹介している
研究するうえで、(コンピュータシミュレーション)モデルを構築するわけだが、
哲学的議論が分かってないとモデルの構築方針が定まらない

以前より学術研究を行ってきた

- ・人工市場というモデルを用いて、コンピュータシミュレーションを行いルールや制度の良し悪しを議論する

- ・そのモデルでよいのか？

現実にもっと近づけるべきでは？

-> 誤った議論・提案が多くなされた

- ・モデルは何のためにあるのか？

そのような哲学的議論に巻き込まれた

- ✓ というわけで、前半ではこの講義資料のうち関係する部分の抜粋を説明します
- ✓ 前後と矛盾してたりとかはご了承ください
- ✓ 後半では紹介した哲学書を引用して補足します
この哲学分野の歴史的な位置づけや
私の研究分野以外のモデルの種類を紹介します
(研究分野以外の紹介は少々困難でした：本の内容忘れた)

前半：講義資料の抜粋紹介

2025年5月15日

2025年度 金融レジリエンス情報学 第5回

人工市場による市場制度の設計



スパークス・アセット・マネジメント株式会社
運用調査本部 ファンドマネージャー 兼 上席研究員

水田孝信

mizutata[at]gmail.com
@takanobu_mizuta (twitter)
<https://mizutakanobu.com>

本発表資料はスパークス・アセット・マネジメント株式会社の公式見解を表すものではありません。
すべては個人的見解であります。

この資料はこちらにあります: <https://mizutakanobu.com/2025r.pdf>

フルバージョン: <https://mizutakanobu.com/2025r.pdf>

自己紹介

2000年 気象大学卒業

2002年 東京大学大学院理学系研究科地球惑星科学専攻修士課程修了

研究内容：宇宙空間プラズマのコンピュータシミュレーション

2004年 同専攻博士課程を中退

同年 スパークス・アセット・マネジメントに入社

2006年 クオンツ・アナリスト → 2010年より ファンド・マネージャー

2009年 人工知能学会などで研究発表を始める

2011年 東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻博士課程 社会人をしながら在籍

指導教官：和泉潔先生 研究内容：人工市場を用いた金融規制のシミュレーション

2014年9月修了：博士（工学）

2017年度より 上席研究員兼務

現在：上記の学術研究、資産運用業界全般の調査・レポート、ファンドの管理的なマネージャー、株式市場やポートフォリの定量的分析(のためのシステム開発・運用)

2007年 日本証券アナリスト協会検定会員

2014年度-2022年度 東京大学公共政策大学院 非常勤講師

2016年度-2024年度 人工知能学会 金融情報学研究会(SIG-FIN)幹事 2022・2023年度は主査

2019年より IEEE CIS Computational Finance and Economics Technical Committee メンバー

2024・2025年 Chair

人工市場を用いて金融の規制やルールの検証を行った研究のまとめの英文書籍を書きました。
私共のこれまでの研究の集大成的な書籍です。
Springer Natureより、出版

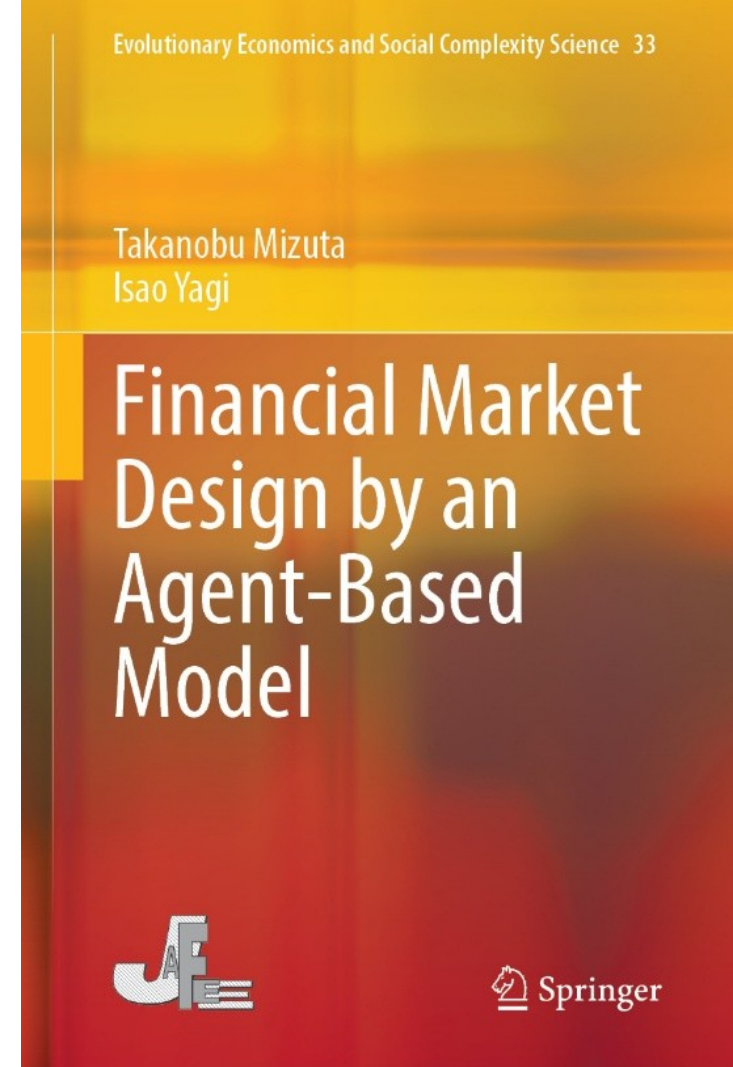
本日お話する内容 + 具体事例が載っています

立ち読みや日本語かつ無料の関連文献だけでもぜひ！

(立ち読み) <https://www.amazon.co.jp/dp/B0DWSRM4QV/?asin=B0DWSRM4QV&revisionId=f90ac54d&format=3&depth=1>

(日本語で近いことを書いた文献リスト) <https://mizutakanobu.com/jbook1.htm>

Mizuta, T. and Yagi, I. (2025),
“Financial Market Design by an Agent-Based Model”, Springer Nature
<https://doi.org/10.1007/978-981-96-1713-5>



その他の著作物や資料：もしご興味あれば

本業の調査：AIや高速取引や資産運用業界についてのレポート

<https://mizutakanobu.com/jindex.htm#spe>



(主なレポート)

- 2025/1/21 世界的な株式の決済期間短縮化：T+1への世界統一と即時決済の導入
- 2024/12/3 インデックス運用の難しさ -インデックスへの過度な追従による弊害-
- 2024/7/11 コメ市場と電力市場の問題点-価格安定化で失ったこと
- 2023/10/23 株式投資で気候変動を考慮することに賛否があるのはなぜか？ [概要編]
- 2023/8/3 投資の世界における生成AI
- 2023/6/6 関東大震災から100年～今同じことが起きたら株式取引は継続されるか？
- 2022/12/15 新技術の悪い影響とそれを乗り越えてきた金融市場
- 2022/10/7 学術研究力に直結する大学の資産運用
- 2022/6/28 ROEと資本コスト：その企業の価値はいくらか
- 2022/4/7 世界的な株式の決済期間短縮化：T+1への統一が進むか？
- 2021/11/15 金融市場の制度設計に使われ始めた人工市場**
- 2021/9/8 金融市場で使われている人工知能
- 2021/8/16 続・市場は効率的なのか？実験市場や人工市場での検討
- 2021/4/12 "フラッシュ・クラッシュ・トレーダー"と呼ばれた男はフラッシュ・クラッシュとはあまり関係なかった：高頻度取引との知られざる戦い
- 2020/12/22 市場は効率的なのか？検証できない仮説の検証に費やした50年
- 2020/9/15 なぜそれらは不公正取引として禁止されたのか？
- 2020/8/4 人工知能が不公正取引を行ったら誰の責任か？
- 2020/7/3 お金とは何か？-古代の石貨から暗号資産まで-
- 2020/1/24 国際資本の舵を取ってしまったグローバルインデックス算出会社
- 2019/9/18 アセット・オーナーが行っている投資："悪環境期に耐える"と"ユニバーサル・オーナー"
- 2019/7/8 社会の役にたっている"空売り"
- 2019/4/3 高頻度取引（3回シリーズ第1回）：高頻度取引とは何か？
- 2018/5/21 なぜ株式市場は存在するのか？
- 2018/3/2 パッシブファンドの新たなる論点「水平株式保有」
- 2018/2/16 アクティブファンドが超えてはいけない規模
- 2016/12/2 良いアクティブ運用とは？ -対ベンチマーク運用の衰退とハイリーアクティブ運用の再起-

学術研究：人工市場による市場制度の設計

一般向け記事など

SBI金融経済研究所への寄稿

人工市場：金融市場のコンピュータ・シミュレーション

https://sbiferi.co.jp/review/review_vol05_202403.html

.pdf https://sbiferi.co.jp/assets/pdf/review/review_vol05_05_202403.pdf



SPECIAL REPORT

2021年11月15日

金融市場の制度設計に使われ始めた人工市場

著者：水田 孝信
スパークス・アセット・マネジメント(株)
ファンドマネージャー兼上席研究員

スペシャルレポート 金融市場の制度設計に使われ始めた人工市場

<https://www.sparx.co.jp/report/detail/305.html>

私がよくお話を依頼されるテーマの包括的な資料

金融業界における人工知能、高速取引、人工市場による市場制度の設計

説明資料 <https://mizutakanobu.com/2024.pdf>

Youtube <https://youtu.be/iw35IKAMicQ>



人工市場による市場制度の設計：学術的に詳細なもの

博士論文(モデル構築の詳細などが書かれています)

水田孝信 (2014) 人工市場シミュレーションを用いた金融市場の規制・制度の分析,
東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻
2014年9月26日 博士(工学) (博工 第8404号)

<https://mizutakanobu.com/jphd.htm>

教科書的な本

高安美佐子ほか, マルチエージェントによる金融市場のシミュレーション, コロナ社, 2020,
和泉潔, 水田孝信, 第5章「エージェントモデルによる金融市場の制度設計」

<https://www.coronasha.co.jp/np/isbn/9784339028225/>

人工知能学会誌の特集記事

水田孝信, 八木勲「人工市場による金融市場の設計と広がる活用分野」
人工知能学会誌 人工知能 2021年5月号

https://doi.org/10.11517/jjsai.36.3_262

先行研究をひたすら紹介した英文レビュー論文

Mizuta (2016) A Brief Review of Recent Artificial Market Simulation Studies
for Financial Market Regulations And/Or Rules, SSRN Working Paper Series

<https://doi.org/10.2139/ssrn.2710495>

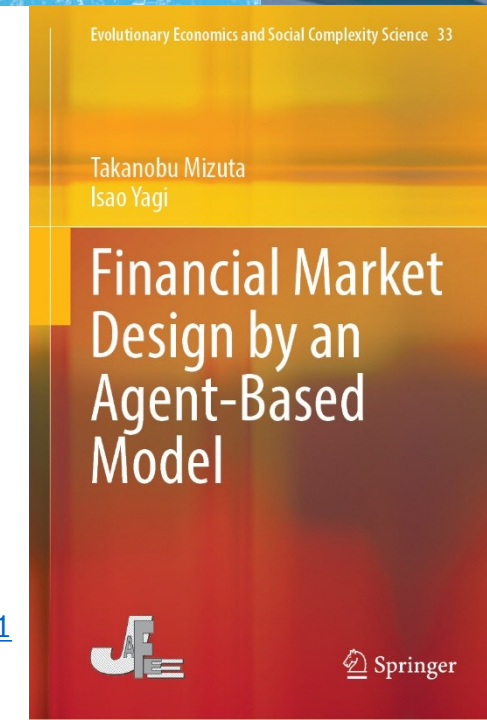
集大成的な英文書籍！！

Mizuta, T. and Yagi, I. (2025),
“Financial Market Design by an Agent-Based Model”, Springer Nature

<https://doi.org/10.1007/978-981-96-1713-5>

(立ち読み) <https://www.amazon.co.jp/dp/B0DWSRM4QV/?asin=B0DWSRM4QV&revisionId=f90ac54d&format=3&depth=1>

(日本語で近いことを書いた文献リスト) <https://mizutakanobu.com/jbook1.htm>



SIG-FIN
JSAI Special Interest Group on
Financial Informatics

<https://sigfin.org>

年2回（10月ごろと3月ごろ）東京都内&オンラインで開催
誰でも聴講可 ← 人工知能学会の会員でなくてもよい
参加費：1,000円

聴講：学者よりも実務家が多い

メーリングリスト登録ページ

<https://groups.google.com/g/jsai-fin/about>

- ✓ 機械学習やテキストマイニングの技術を金融実務に応用する研究多い
- ✓ 人工市場シミュレーションの研究もよく発表されている

人工知能学会 金融情報学研究会(SIG-FIN)の歴史 - AIと金融の技術史の一部として議論 -
https://doi.org/10.11517/jsaisigtwo.2025.FIN-034_63
<https://mizutakanobu.com/2025SIGFIN1.pdf>

和泉先生のブックマーク(人工知能学会誌)：人工知能の金融応用に関する研究会、国際的な学会、ツール類やデータなど
https://www.ai-gakkai.or.jp/resource/my-bookmark/my-bookmark_vol37-no1/



2008年の金融危機以降、伝統的な経済学では複雑系であったこの金融危機を分析できていないと批判し、金融・経済分野におけるエージェントシミュレーションである人工市場や人工経済などの複雑系科学をもっと活用すべきだという主張があらわれた。人工市場をもっと活用し伝統的な経済学の弱点を補完すべきであることは確かだと思われる。

今回は、人工市場研究を簡単にレビューしたあと、人工市場による市場制度の設計の研究を呼値変更という実際に行われた制度変更の事例を交えながら紹介する。金融市場は人類の発展に必要な不可欠な道具である。McMillan[2002]が述べたように、「物理学者や生物学者が研究してきたシステムと同じくらい複雑で高度なもの」であるうえに、「うまく設計されたときのみ、うまく機能する」、まさに複雑系である。人工市場は、これまでにない制度によってどういうことが“起こりえるか”を調べ“あり得る”メカニズムを見つけておく、“あり得る”副作用を見つけておく、という貢献ができる。特に、喫緊の課題として規制やルールを議論している実務家からの注目が高い。

人工市場の貢献はまだ始まったばかりで、研究者が全然足りていない。この分野は社会への重要な貢献ができることは間違いないので、啓蒙活動を続けていきたい。今後、もっと多くの金融市場の規制やルールが人工市場や人工社会で扱えるようになり、うまく金融市場を設計することに貢献し、社会の発展につながっていけばと願っています。

(1) エージェントシミュレーションとは？

(2) 金融・経済におけるエージェントシミュレーション：人工市場

(2-1) 金融市場の基本性質の分析

(2-2) 金融市場の制度設計

(2-3) 自動取引の実験場

(2-4) 社会経済全体のシミュレーション

(3) 人工市場による市場制度の設計事例：呼値の縮小

(4) 市場制度設計における適切な人工市場モデル

(1) エージェントシミュレーションとは？

(2) 金融・経済におけるエージェントシミュレーション：人工市場

(2-1) 金融市場の基本性質の分析

(2-2) 金融市場の制度設計

(2-3) 自動取引の実験場

(2-4) 社会経済全体のシミュレーション

(3) 人工市場による市場制度の設計事例：呼値の縮小

(4) 市場制度設計における適切な人工市場モデル

既存の経済学は金融危機を取り扱えなかった！

金融市場は数式だけできれいに表されるような単純なシステムではない
バタフライ効果：蝶が羽ばたくという小さい動きがどのような影響を与えるかを正確に述べることは難しく、
台風を生み出すことさえ完全には否定できない：複雑系

それにも関わらず、既存の経済学は金融市場の動きをきれいな数式だけで表現しようとした。
その結果、2008年の金融危機では何が起きているか表現できなかったと多くの批判を浴びた。

人工市場(エージェント・ベースド・モデルによる金融市場のコンピュータ・シミュレーション) に大きな期待！！：複雑系システムを複雑なまま取り扱える

NATUREやSCIENCEに、人工市場に期待をかける記事

これまでの経済学ではリーマンショックを分析・対応できなかったという批判
→ 人工市場（エージェント・ベースド・モデル）ならできるとある・期待

Farmer and Foley (2009), Nature <https://www.nature.com/articles/460685a>

Battiston et al. (2016), Science <https://science.sciencemag.org/content/351/6275/818>

標準的な経済学を否定し、
人工市場を絶賛

ECB総裁講演でも取り上げられる

金融危機は人工市場でしか扱えない！
という勢いだが、ちょっと言いすぎ

ヨーロッパ中央銀行(ECB)総裁だったトリシェが効率的市場仮説に基づく
金融理論が、金融危機中の政策決定に関してほとんど役に立たなかったと述べ、
エージェントシミュレーション(広い意味で人工市場)などが金融政策に
貢献することを期待していると述べた講演

リチャード・ブックステーバー
投資銀行や大手ヘッジファンドでリスク管理の責任
者を務めたのち、米国財務省を経て、現在はカリ
フォルニア大学で教鞭をとっている。『市場リスク
——暴落は必然か』の著者。



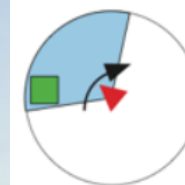
<https://www.ecb.europa.eu/press/key/date/2010/html/sp101118.en.html>

経済理論の終焉 金融危機はこうして起こる, 2019/1
<https://www.panrolling.com/books/wb/wb273.html>

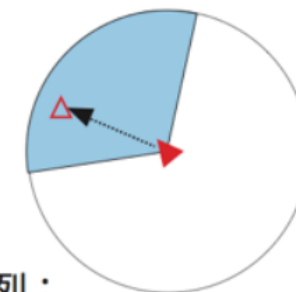
鳥の集団行動を解き明かしたエージェント・ベースド・モデル



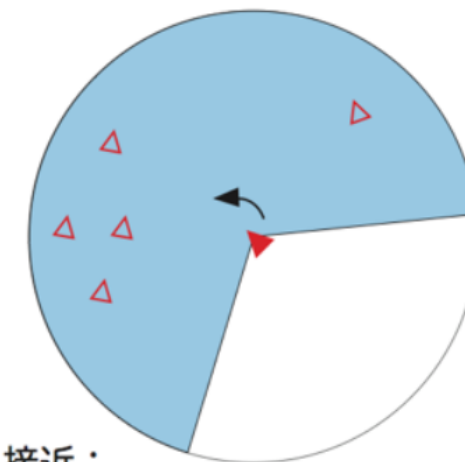
1匹 1匹は単純な行動ルール



衝突回避：
障害物や他の鳥から離れる



整列：
近くの鳥と動きを同じにする



接近：
周囲の群れに近づくようにする

<https://mas.kke.co.jp/model/boid-model/>

1匹 1匹は単純な行動ルールだが、全体としては複雑できれいな模様

以前は個々の鳥が高度な行動をしていると考えられていたようだが、エージェント・ベースド・モデルを用いることにより、そうではないことが解明

この模様は複雑系による産物、1匹の行動ルールの単純な足し合わせでは決して説明できない

創発

Complex System(複雑系)とJust Complicated(単に複雑であること)の違い

Complex System(複雑系)

創発：ミクロの単純な足し合わせがマクロにならない

バタフライ効果：少しの初期値の違いで予想できない結果を生み出す

ミクロ・マクロ相互作用：マクロの結果がミクロの入力となり、その結果またマクロの結果を変えてしまう

ポジティブ・フィードバック：

ミクロの結果がマクロの結果を増幅させそれがミクロに入力され、さらに増幅するループが作られること

Just Complicated(単に複雑であること)

例えばエンジンのように、複雑ではあるが各 부품の動きから全体が予想できるもの：設計できる

エンジンの各 부품の役割は明確であり、ひとつつけた場合の全体の動きも予想できる

エンジンは確かに複雑ではあるが、複雑系ではない

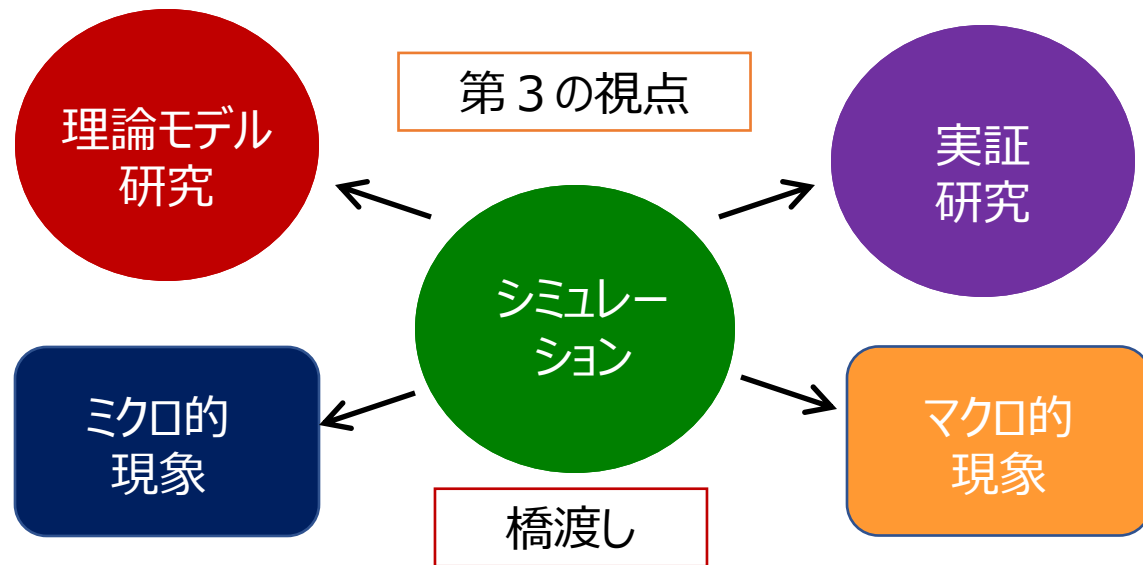


Sabzian et. al., A review of agent-based modeling (ABM) concepts and some of its main applications in management science <https://doi.org/10.22059/ijms.2018.261178.673190>

Fig. 1. A car engine² as a complicated system

さまざまな分野で活躍するエージェント・シミュレーション

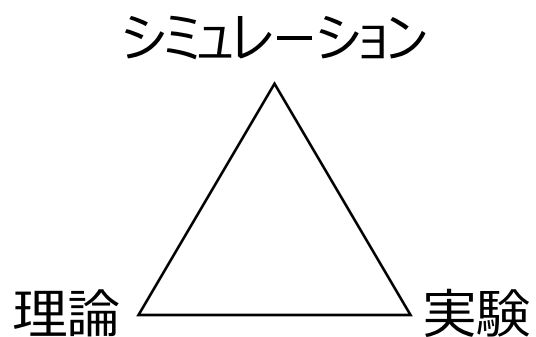
コンピュータの中に仮想の社会を構築。マイクロなエージェント（人間）を多数投入。
エージェントは比較的シンプルなモデルでお互いに相互作用する。それらが集積して複雑なマクロの挙動がみれる。



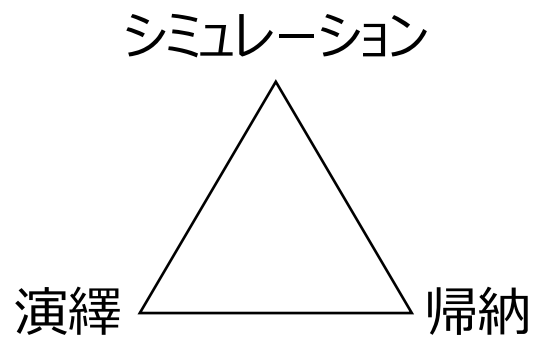
- 複雑系である社会において、制度・規制の変更が与える副作用や想定外の効果を
コロンブスのたまご的に発見
- 理論や実証で調べるべきテーマの発見、メカニズムの知識発見
- 既存の手法を補完する手法として他分野では定着

自動車道の整備が交通渋滞へ与える影響分析、
テロや火災・伝染病が発生した場合の避難の方法、など

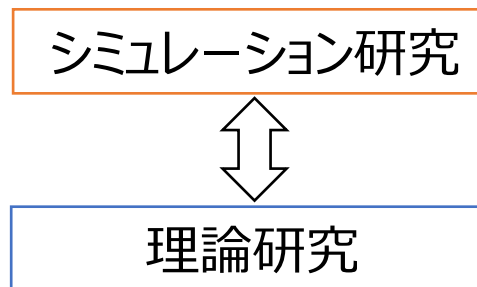
エージェント・シミュレーション(社会シミュレーション)の種類



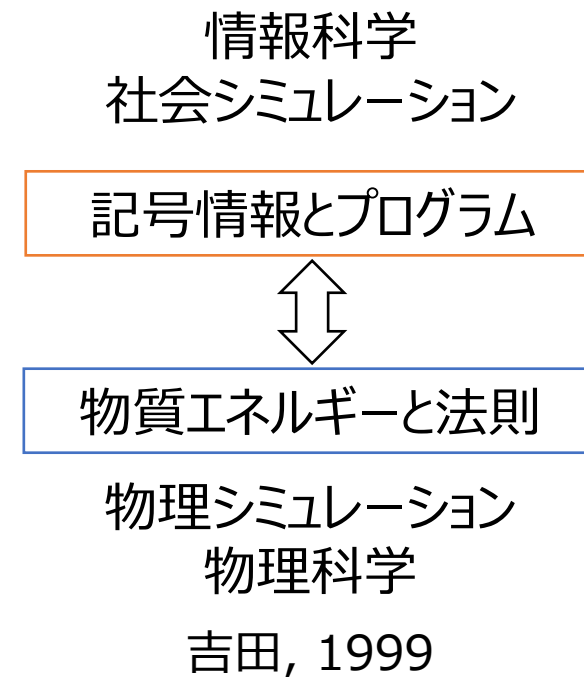
塩沢, 2006



Axelrod, 1997



Axtell, 2000



寺野隆雄, 「社会シミュレーションの種類」, 数理社会学事典, 2022

https://www.maruzen-publishing.co.jp/item/?book_no=304405

寺野隆雄, 「なぜ社会システム分析にエージェント・ベース・モデリングが必要か」, 2010

https://doi.org/10.11487/trafst.4.2_56

エージェント・シミュレーションの種類、位置づけはいろいろ提案されている

学生(#)と教授(@)が参加する立食パーティー

解説記事「多角形のたとえ話」
<https://ncase.me/polygons-ja/>

#	#	@	#	@		
#	#	#	@	@	#	@
#	@		#	@	#	
@	#	@	#	@	#	@
@	@	@	#	@	@	@
#		#	#	#		@
#	@	#	@	#	@	
@		@			#	

ルール：

- ・自分の周り(8マス)に自分の同類が1/3より多ければよい
 - ・他方に囲まれた場合 どこかに移動
- 繰り返していくと、...

#	#	@	#	#			
#	#	#	@	@	@	#	#
#	#	@	@			@	#
#	@		@		@	@	@
@	@	@	#	@	@	@	
	@	#	#	#	@	@	@
		#	#	#	#		
@	@						#

分離されてしまう

創発

この分離は、学生・教授の行動ルールの単純な足し合わせでは決して説明できない

修正ルール：

- # : 要求同類の人数 1 人増
- @ : 1 人減、繰り返していくと、...

#	#	#	#	@		@
#	#	#	#	@	@	@
#	#	#	#			@
	@	#	@	@	@	@
@	@	@	#	@	@	@
			#	#	@	
	@	#	#	#	@	
@		@	#	#	#	

「自分があまりにも少数派になりたくない」だけで分離が起きる。積極的に「嫌い」なわけじゃない

この理由が分かることがシミュレーションの目的
現実の会場の最終配置を予測することは目的でない

配膳テーブルの位置とか、個々人の食べる量の違いとか、准教授は？とか、現実にこんな会場ないとか、こんな単純な人いないとか、「この調査目的において」はいつでもよい。むしろ「理由の理解」には邪魔になるだけ。

#の場所が狭くなる

「知りたいこと」に応じてモデルを簡略化・複雑化することが大事

活躍するエージェントシミュレーション

役所の意思決定にも使われている



J R岡山駅東口広場に電停を 路面電車乗り入れに着手 環状化も ...

毎日新聞 - 2018/04/01

岡山市は今年度、J R岡山駅東口広場への路面電車乗り入れ事業に着手する。... だが、東京大に依頼した交通シミュレーションで車の信号待ちの回数は大きく変わらないとの結果が出たため、「著しい渋滞は生じない」と事業の着手に踏み切る ...

<https://yamaneforest.livedoor.blog/archives/528753.html>

<https://www.city.okayama.jp/0000006104.html>

国土交通省

第4回地下街安心避難対策検討委員会(平成26年1月17日)

議事次第(PDFファイル)

資料1 実地調査の報告(PDFファイル)

資料2-1 避難シミュレーション報告(PDFファイル)

動画 避難シミュレーション Case A 階段閉塞なし(8倍速)(WMVファイル)

動画 避難シミュレーション Case A 階段閉塞なし(1倍速)(WMVファイル)

動画 避難シミュレーション Case B 階段閉塞あり(8倍速)(WMVファイル)

動画 避難シミュレーション Case B 階段閉塞あり(1倍速)(WMVファイル)

資料2-2 対策の検討と実施(案)(PDFファイル)

資料3 安心避難対策ガイドラインの骨子(素案)(PDFファイル)

http://www.mlit.go.jp/toshi/toshi_gairo tk_000052.html



核戦争危機から50年
ケネディ、ニクソンが自ら核戦争等に仕掛けたテロ分析を駆使し、
実際に起こった現実だけでなく、起こらなかった(はず)の現実を
も説明できる新モデルを開発。
歴史の「if」に教えてくれる。

https://jww.iss.u-tokyo.ac.jp/publications/books/2012/hoshiro_2012_03.html

キューバ危機時の米政府の会議をシミュレーション
出欠状況次第で結論が変わりえたことを示す

COVID-19対応でも

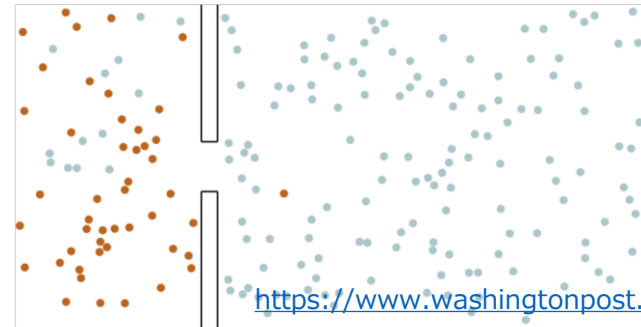
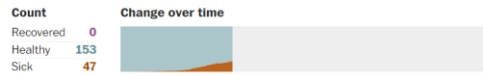


<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20200220/k10012294081000.html>

<https://archive.md/uUuwa>

(和文速報論文) <https://doi.org/10.1527/tjsai.D-K28>

NHKにも取り上げられる注目度(筑波大 倉橋先生)



<https://www.washingtonpost.com/graphics/2020/world/corona-simulator/>

(日本語版) <https://www.washingtonpost.com/graphics/2020/health/corona-simulation-japanese/>

注: COVID-19ではエージェントではないシミュレーションのほうが多い
例) 西浦モデル、東京大学藤井・仲田モデル

(内閣官房新型コロナウイルス感染症等対策推進室の資料↓に詳しい)

<https://www.caicm.go.jp/action/survey/covid19-ai.jp/ja-jp/index.html>

想定された津波からの避難：シミュレーションを見て議論、避難をあきらめていた人をやる気に



<https://news.yahoo.co.jp/articles/07955a2e9dbae92849c8c43b9f1b56e0bd10c529>

(論文) <http://id.nii.ac.jp/1001/00101155/>



予測精度を追求するのではなく、プロセスを見せて議論を提供する

第2章に住民たちとシミュレーションを使った議論の推移などが書かれています

<https://www.nhk-book.co.jp/detail/000000885122017.html>

シミュレーションのプロセスを見ることにより議論が深まり、新たな助かる方法を生み出す

高知県黒潮町は予想される南海トラフの地震で最も高い津波が想定されている (34.4m)
これが発表された2012年当時、多くのメディアが殺到
当時の住民のアンケートからシミュレーションした結果、多くの人が助からないことが分かった
しかし、ある交差点で地震発生から10分経っていなければ山へ、経っていればタワーに逃げると多くの人が助かることが分かった → 住民はあきらめなくなった
山に行く途中の道が危険であるという発見
(今では避難タワーが増えたようなのもっと良い避難計画になっていると思います)

(2017年完成のタワー) <http://yama-ken.jp/日本一の津波避難タワー完成!/>

(1) エージェントシミュレーションとは？

(2) 金融・経済におけるエージェントシミュレーション：人工市場

(2-1) 金融市場の基本性質の分析

(2-2) 金融市場の制度設計

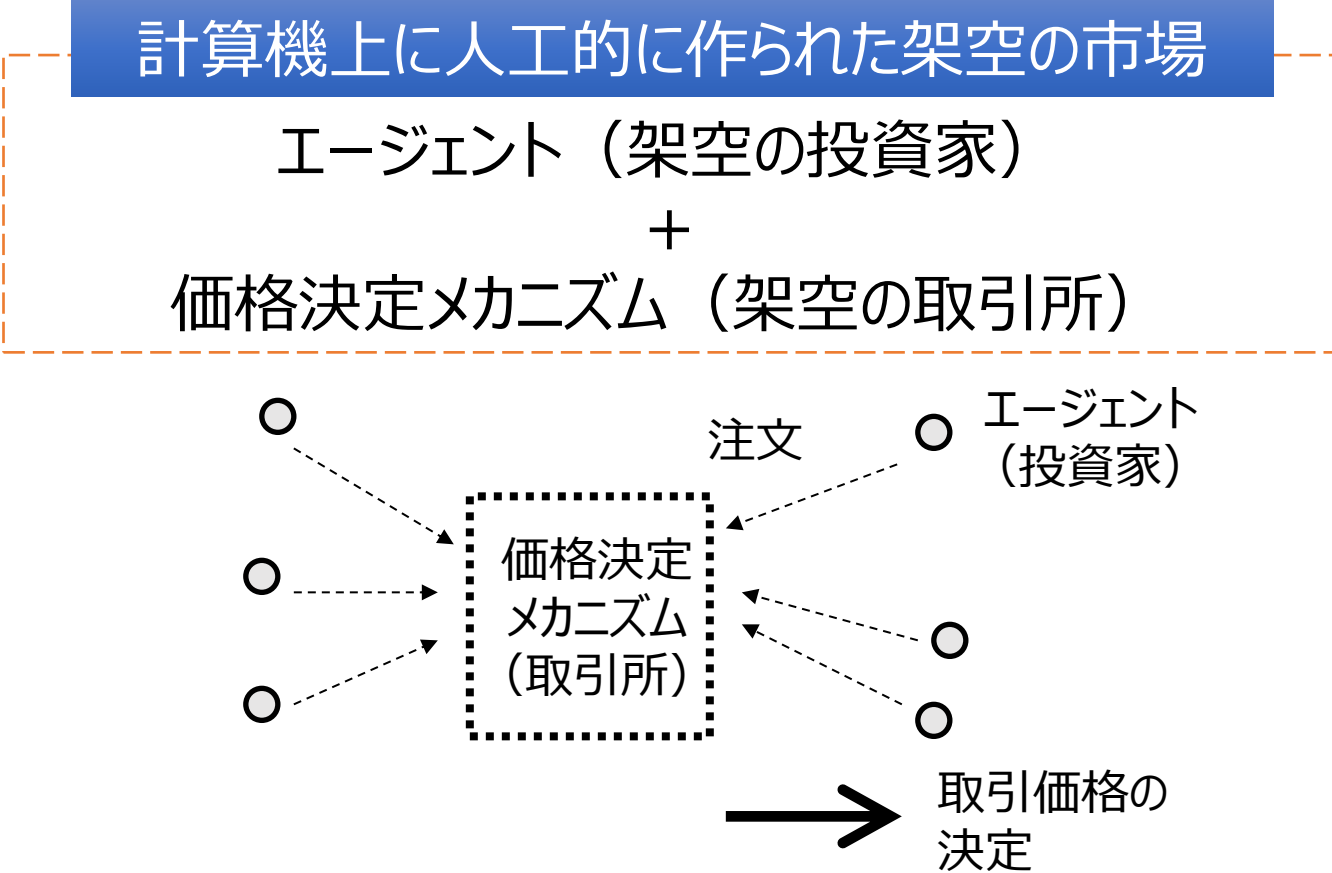
(2-3) 自動取引の実験場

(2-4) 社会経済全体のシミュレーション

(3) 人工市場による市場制度の設計事例：呼値の縮小

(4) 市場制度設計における適切な人工市場モデル

人工市場モデルを用いたシミュレーションとは？ (金融市場のエージェントシミュレーション)



実データが全く必要ない完全なコンピュータシミュレーション

これまでに導入されたことがない金融市場の制度やルールも議論できる
その純粋な影響を抽出できる

各種言葉が表す領域（人によってけっこう使い方が違うが、）

Agent-Based Model, Multi-Agent Simulation, Artificial Market

Agent-Based Model (エージェント・ベースド・モデル)

⇒ Agentが数個程度でhomogeneousの場合も含む

→ 英語論文を探するときはこの単語が一番よさそう

Multi-Agent Simulation (マルチ・エージェント・シミュレーション)

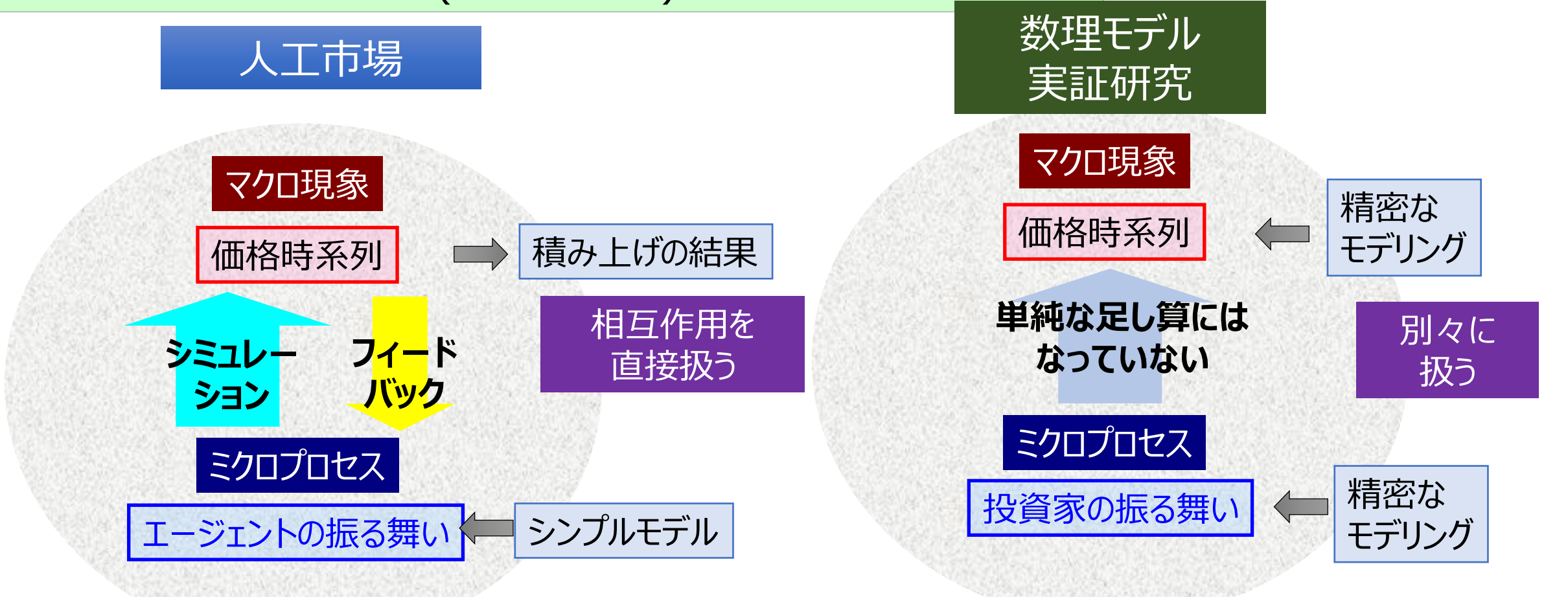
⇒ Agentがとても多くheterogeneous

Artificial Market: 人工市場

⇒ Agent-Based Modelで金融市場をシミュレーション

複雑系を扱える強み

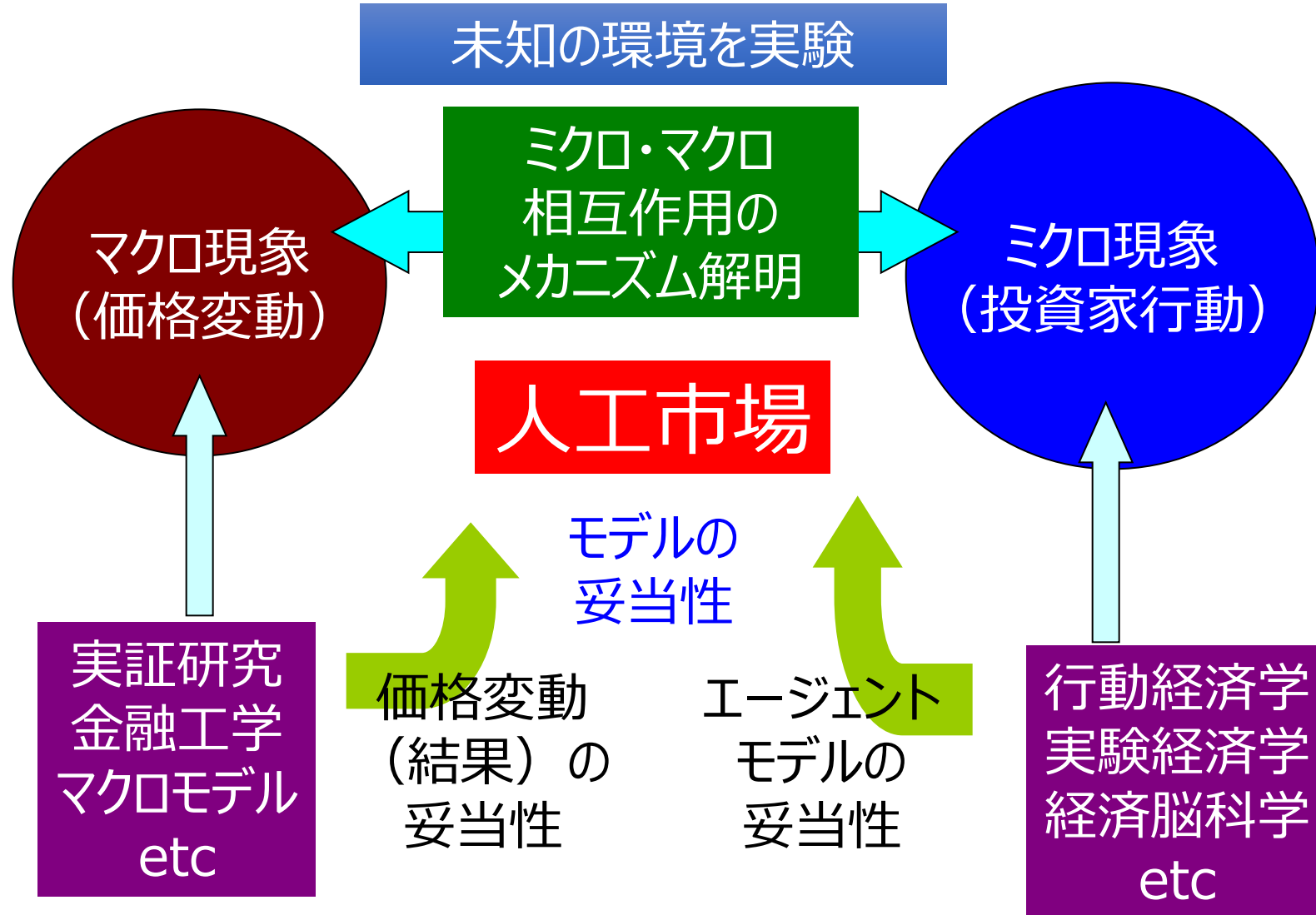
金融市場は非常に複雑系のため、ミクロプロセス(投資家の行動)の単純な足し算がマクロ現象(価格時系列)にならない



相互作用を扱える！
相互作用を分析できる！

マクロとミクロの相互作用があるため、マクロ現象とミクロプロセスをそれぞれ調べても複雑系を理解できない。

人工市場の得意とすること： ミクロ・マクロ相互作用



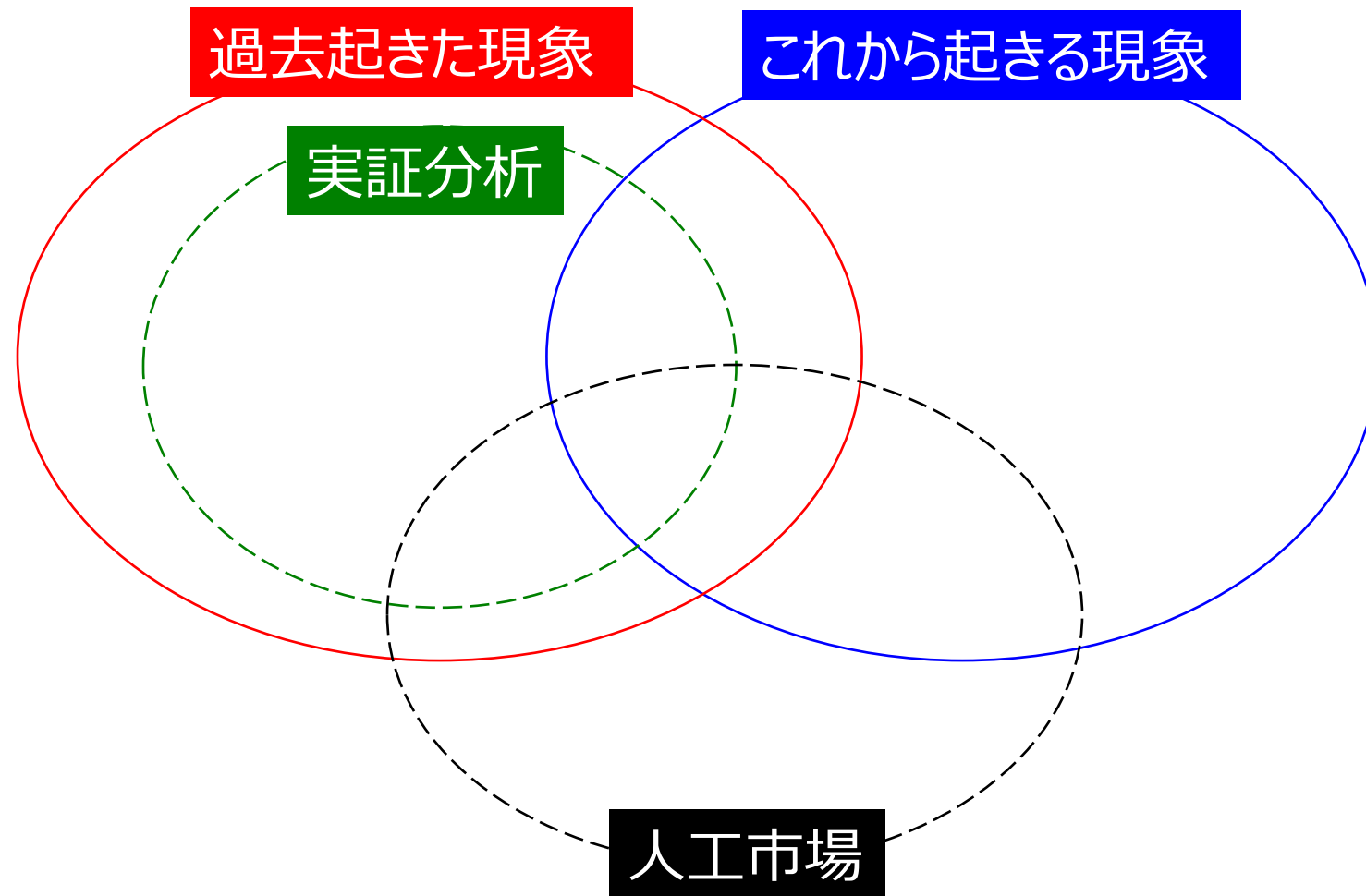


数理モデルを用いた既存の手法と、人工市場には、長所・短所ある両方を使って、よりよい市場設計、よりよい金融・財政政策、よりよい金融危機への対応を行うべき！！

数理モデル(既存の経済学)

人工市場(エージェント・ベースド・モデル)

	数理モデル(既存の経済学)	人工市場(エージェント・ベースド・モデル)
複雑系	扱えない	扱える
モデル	きれいで複雑な数式	シンプルな行動モデル
仮定	合理的な投資家、最適化など非現実的	メカニズムの理解に重点を置くため行動を簡素化
精度	複雑系が重要でない範囲内では高い ただし複雑系が重要な危機時は何も説明できない	複雑系が重要な危機時でも本質を説明できる ただし定量的な精度は高くない
正しい使い方	強い仮定のもとに作られたモデルであることを理解し その仮定が成立する範囲内のみで用いる 目的に応じてモデルを使い分ける	過度な現実の再現を目指さずメカニズムの理解に使用し、 あり得る副作用、あり得るメカニズムを議論する 目的に応じてモデルを使い分ける
誤った使い方	全ての経済現象を説明できると誤解して使用 複雑系が重要となる危機時の説明に使用	定量的に高い精度があると誤解して予測に使用 過度な現実との対応付け



これから起きる現象を取り扱えるのが長所だが、
これからも起こらない現象を取り扱ってしまう可能性があるのが短所

(1) エージェントシミュレーションとは？

(2) 金融・経済におけるエージェントシミュレーション：人工市場

(2-1) 金融市場の基本性質の分析

(2-2) 金融市場の制度設計

(2-3) 自動取引の実験場

(2-4) 社会経済全体のシミュレーション

(3) 人工市場による市場制度の設計事例：呼値の縮小

(4) 市場制度設計における適切な人工市場モデル

Gilber(2008)によるエージェント・モデルに必要な複雑さの分類

Abstract Model

複雑な社会現象の原理的な理解を目指す

(例) シェリングモデル、ここで紹介した人工市場

→ シンプルなモデル、だが、メカニズムの理解、知識獲得

KISS(Keep It Simple Stupid)の原理(Axelrod, 1997)

Facsimile Model

特定の状況に限定された特定の現象を限りなく忠実に表現

(例) ある特定のビルの避難経路の検討、アルゴリズムの実験場としての人工市場？

→ 複雑で予測精度がある、具体的な施策検討できる、
普遍性はなく、メカニズム理解や知識獲得は不得意

Middle Range Model

上記 2 つの間

調査対象に応じたモデルに必要な要素の特定
⇒ 調査内容によって良いモデルは異なる
(不要な要素の実装は知識獲得の妨げ)
実際に議論されている規制・ルールを分析・設計

規制・制度の議論に実務的に使える
知識の獲得を目指す

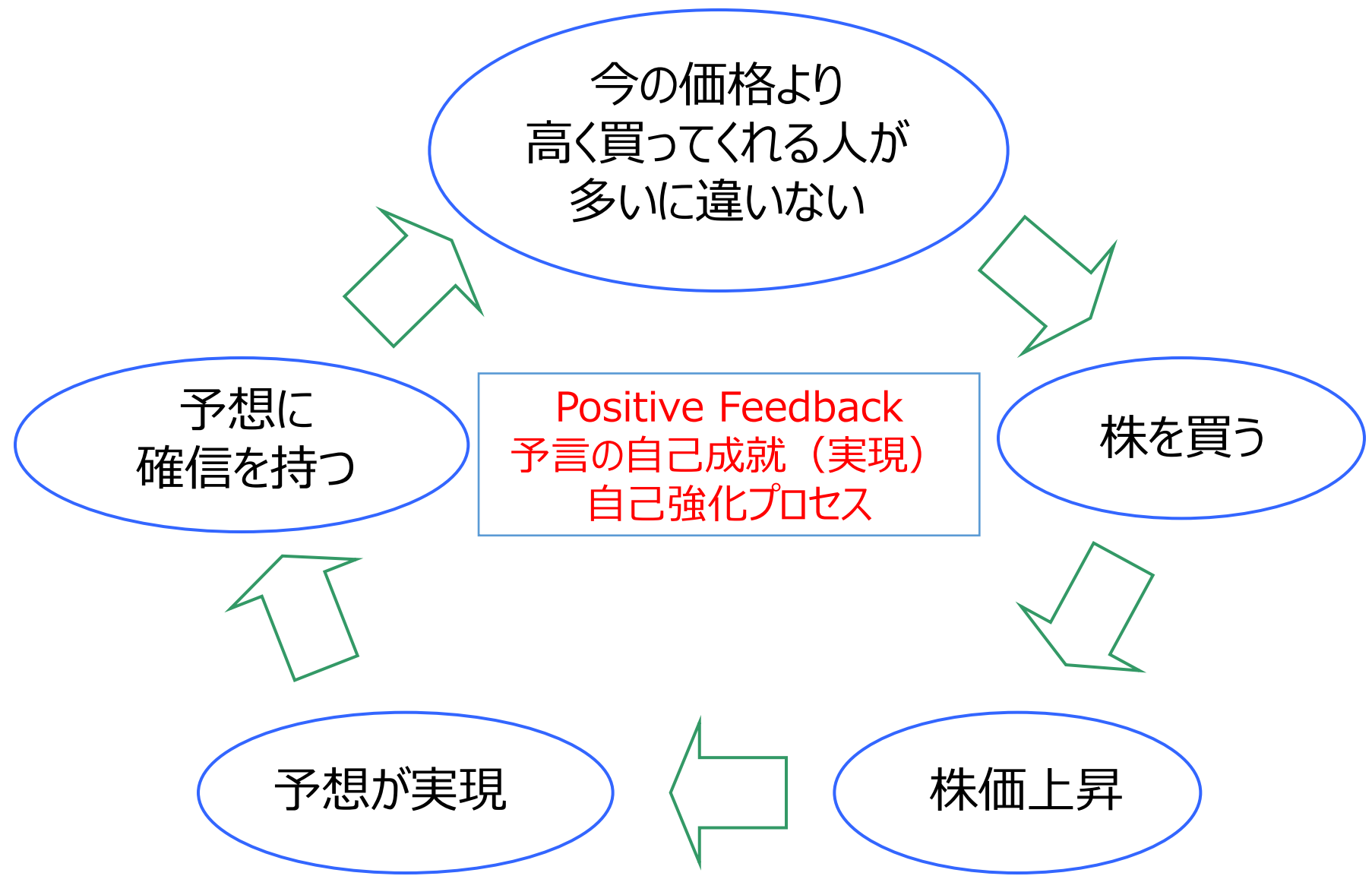
過去の特定制象の再現は目的でない

定量的に正確な議論は目指していない

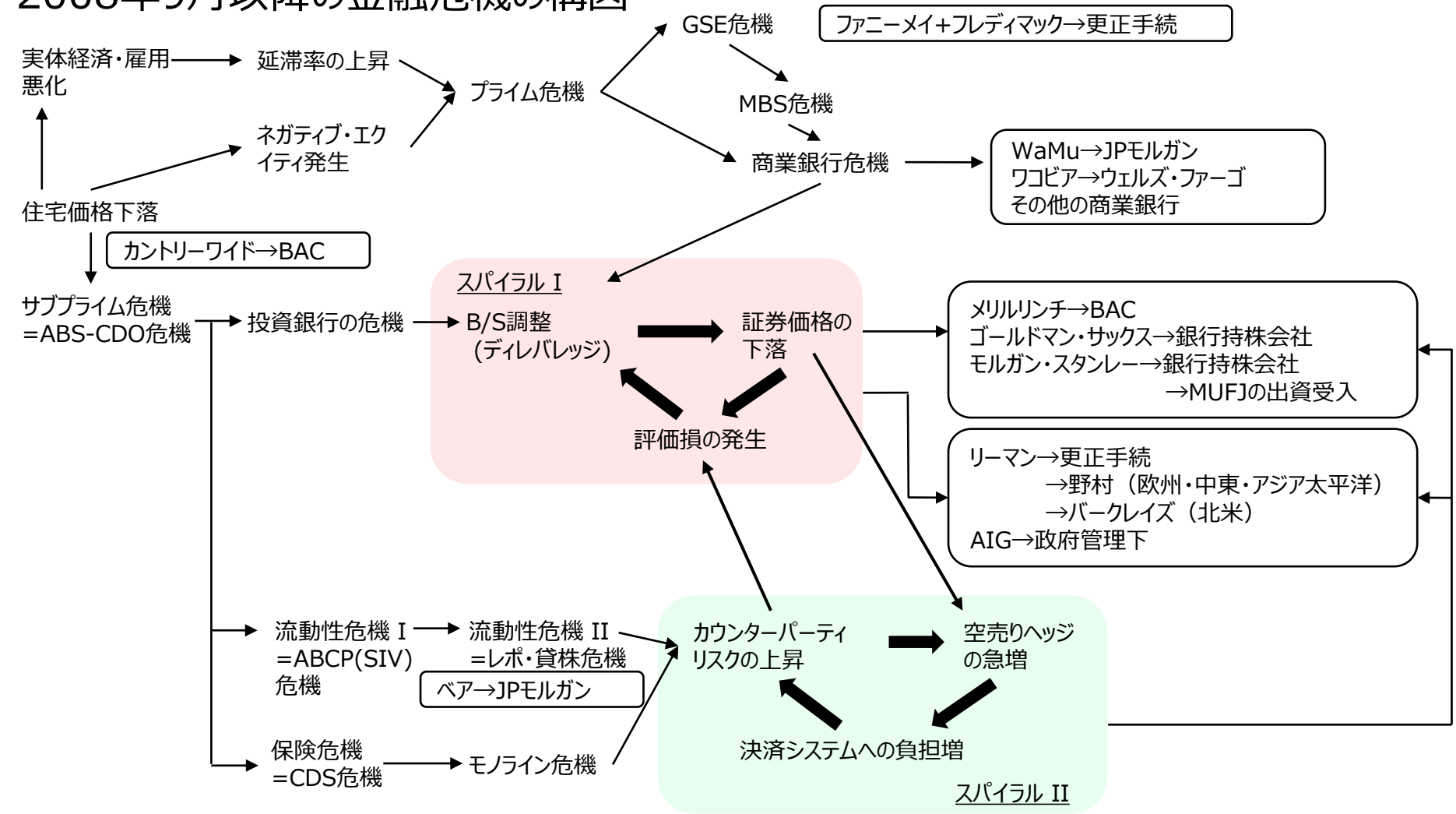
実際の議論で参考にされることを目指す

他の手法と協力して、「市場をうまく設計する」という目的を果たす

コロンブスの
たまご的な
気づき



2008年9月以降の金融危機の構図



(出所) 各種資料より野村資本市場研究所作成

野村資本市場研究所：サブプライム問題に端を発する金融危機の全貌，資本市場クォーターリー秋号付属資料（2008）

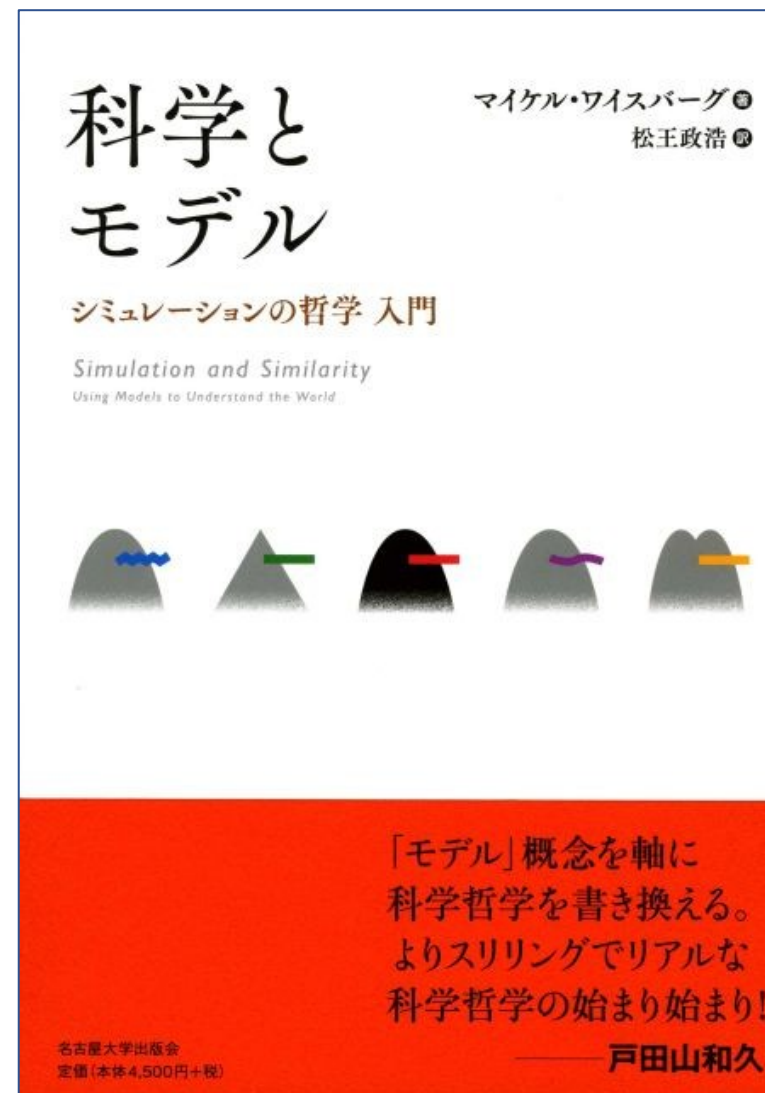
右の本は、“モデル”に関わっているすべての人に読んでほしいと思う。

そもそも“モデル”とは何なのか
どういう役割があるのかを考察

この理解が不足しているため、
不毛な議論が陥ることがしばしば

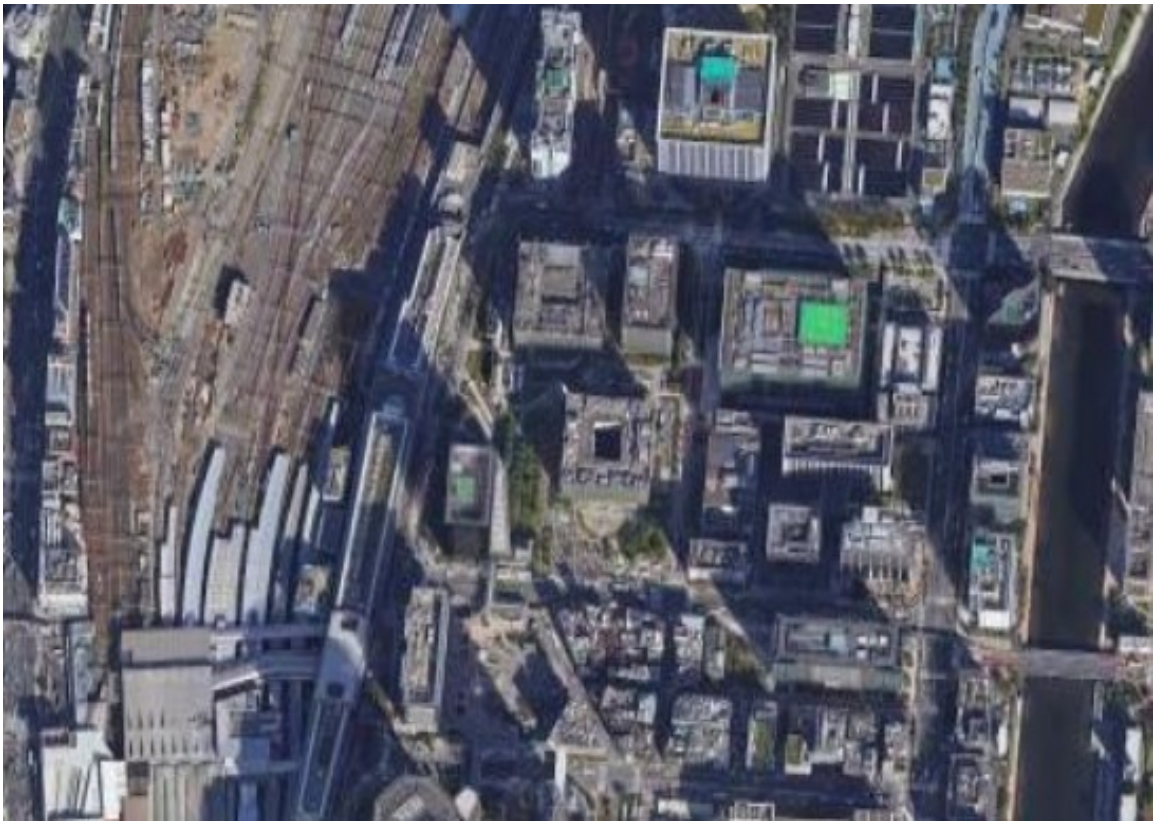
特に経済学の世界で、
「シミュレーションモデルと
数理モデルの役割の違い」
に関する理解の欠如が顕著

シミュレーションモデルがどう役に
立つのかほとんど理解されていない



科学とモデル シミュレーションの哲学 入門, 2017年
<https://www.unp.or.jp/ISBN/ISBN978-4-8158-0872-3.html>

どちらの地図が分かりやすいか？



(左)品川シーズンテラス公式ホームページ(<https://shinjuku-st.jp/access/train.html>)より,
(右)Google mapより(画像 © 2020, CNES/Airbus, Digital Earth Technology, Maxar Technologies, Planet.com, The Geoinformation Group, 地図データ © 2020 Google)

現実とは大きく異なるが、理解しやすい
迷子にならない

理解したいことの本質以外は削り落としてモデル化
理解したいことが異なれば削り落とす部分も異なる

現実に近いが分かりにくい
迷子になる

すべての目的に対して完璧なモデルなどない！

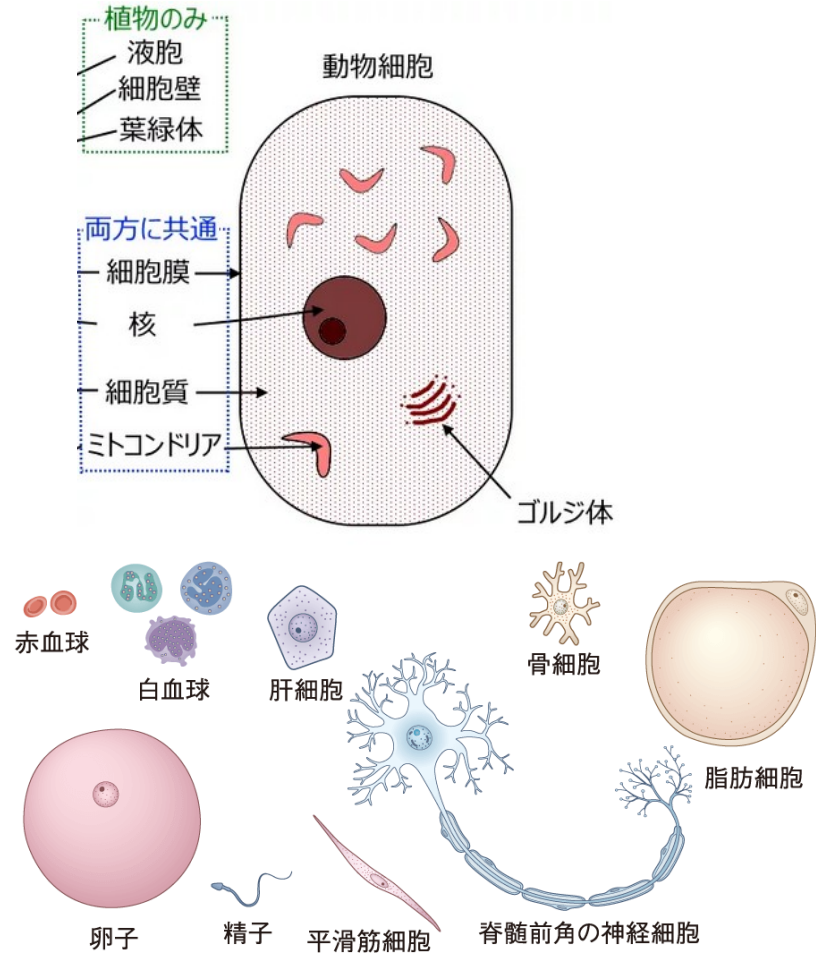
あるみたいなこと言われたら気を付けて、...

マイケル・ワイスバーグ「科学とモデル シミュレーションの哲学入門」, 2017年
<http://www.unp.or.jp/ISBN/ISBN978-4-8158-0872-3.html>

現実の再現が目的ではない：細胞の教科書モデル

中学理科まとめ https://rikamoto.com/2017/11/28/2_20/

細胞の本質（核、細胞質、細胞膜等で構成）を学ぶためのモデル。この細胞は実際には1つも無い



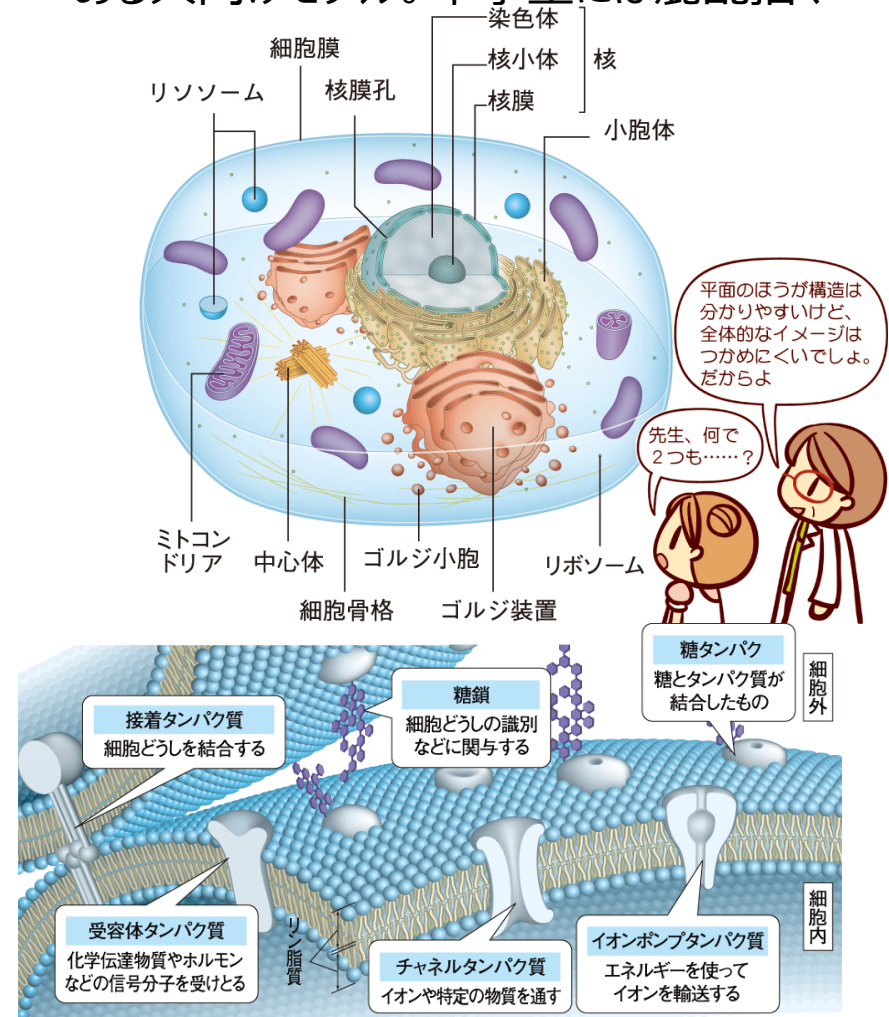
いろいろな種類の細胞モデル

上のモデルを見た後なら、違いを理解しやすい
(例：核の大きさ、位置で分類できる)

解剖生理をおもしろく学ぶ, 2015年

<https://www.kango-roo.com/sn/k/view/1554>

看護師試験レベル←もっと深く知る必要がある人向けモデル。中学生には混乱招く



細胞膜詳細←上のモデルにこれを書かれるとかえて分かりにくい

投資家
Aさん

投資家
Bさん

投資家
Cさん

注目している現象に対して、
本質的な性質（行動・手続き）のみ継承

注目している現象が違えば、
本質的な性質も異なり
モデルも異なる

投資家
モデル

投資家を理解するための
世界に一人もない投資家

例：ファッションモデル：服を理解
モデルルーム：部屋を理解

本質的な性質（行動・手続き）が、注目している現象に対して、
どのような役割を果たし、どのようにマクロに影響を与えているか理解する

投資家Aさん、Bさん、、、の再現が目的ではない、
投資家の本質を理解することが目的

注目している現象ごとに良いモデルは異なる

ファッションモデル

服を見せ、服を理解させるために存在
モデルウォークは非日常的だが、服は良く見える
日常的な歩き方はいろいろな種類があり、その種類の違いがノイズとなる
(自分が着た時を想像しずらくなる)
→ ファッションモデルは非現実的だが、服を理解するのに良いモデルである

モデルルーム

家や部屋がどのようなものか理解させるために存在
家具や装飾品は非日常的だが、部屋がどのような機能を提供しているか理解しやすい
日常的な家具や装飾品は人によりさまざま、個人的な趣向がノイズとなる
(自分が住んだ時を想像しずらくなる)
→ モデルルームは非日常的だが、部屋を理解するのに良いモデルである

投資家モデル

現実の投資家と比べると異常だがモデルとして優秀

学生(#)と教授(@)が参加する立食パーティー

解説記事「多角形のたとえ話」
<https://ncase.me/polygons-ja/>

#	#	@	#	@		
#	#	#	@	@	#	@
#	@		#	@	#	
@	#	@	#	@	#	@
@	@	@	#	@	@	@
#		#	#	#		@
#	@	#	@	#	@	
@		@			#	

ルール：

- 自分の周り(8マス)に自分の同類が1/3より多ければよい
- 他方に囲まれた場合 どこかに移動

繰り返していくと、...

#	#	@	#	#			
#	#	#	@	@	@	#	#
#	#	@	@			@	#
#	@		@		@	@	@
@	@	@	#	@	@	@	
	@	#	#	#	@	@	@
		#	#	#	#		
@	@						#

分離されてしまう

創発

この分離は、学生・教授の行動ルールの単純な足し合わせでは決して説明できない

修正ルール：

: 要求同類の人数 1 人増

@ : 1 人減、繰り返していくと、...

#	#	#	#	@		@
#	#	#	#	@	@	@
#	#	#	#			@
	@	#	@	@	@	@
@	@	@	#	@	@	@
			#	#	@	
	@	#	#	#	@	
@		@	#	#	#	

「自分があまりにも少数派になりたくない」だけで分離が起きる。積極的に「嫌い」なわけじゃない

この理由が分かることがシミュレーションの目的
現実の会場の最終配置を予測することは目的でない

配膳テーブルの位置とか、個々人の食べる量の違いとか、准教授は？とか、現実にこんな会場ないとか、こんな単純な人いないとか、「この調査目的において」はどうでもよい。むしろ「理由の理解」には邪魔になるだけ。

#の場所が狭くなる

「知りたいこと」に応じてモデルを簡略化・複雑化することが大事

シミュレーションモデルの役割

ミクロプロセス：投資行動、取引所ルール
マクロ現象：価格形成
の関係が知りたい

数理モデル
マクロモデル
このみ扱える



A国
株式市場

A国
債券市場

B国
株式市場



価格形成
(シミュレーション結果)

投資家
モデル

投資行動
(アルゴリズム)

取引所
モデル

ルール
変更

注文突合せ
(アルゴリズムの集積)

これらの
関係が
知りたい！



投資家
Aさん

投資家
Bさん

投資家
Cさん

後半：哲学分野と哲学書

- ✓後半では紹介した哲学書を引用して補足します
この哲学分野の歴史的な位置づけや
私の研究分野以外のモデルの種類を紹介します

30th
筑摩書房創業 80 周年記念出版

ちくま新書 新シリーズ、堂々完結

世界哲学史

知の根源はここにある——

EAA 東京大学東アジア藝文書院
連続シンポジウム
「世界哲学・世界哲学史を再考する」
詳細はこちら

責任編集 /
伊藤邦武・山内志朗・
中島隆博・納富信留

2年前の前回発表資料もご参考にしてください

[https://mizutakanobu.com/2023IP.pdf](https://mizutatakanobu.com/2023IP.pdf)

古代ギリシャ時代：科学、哲学、宗教が同一

古代・中世キリスト教時代：科学・哲学と宗教が分離

科学・哲学：ひたすらアリストテレスに注釈

宗教：ひたすら聖書を分析

->相互に矛盾する内容だが、大学では初めにアリストテレスを学び、
その後、聖書を勉強するというのがエリートコースだった

近世(ルネッサンス)：ギリシャへ戻ろう（というより中世の考え方を考え直す）

科学と哲学の分離、ギリシャ哲学の見直し

なお現代でも、近代的な考え方を否定する場合は、ギリシャまで戻らざるを得ない

近代：帝国主義、啓蒙主義、家主義

現代：近代の反省・否定：民族自決、独自文化尊重、個人主義

(私見)現代哲学以外はおおむね否定されつくされた

現代哲学は難解 or 細分化

細分化された現代哲学は、専門分野を突き詰めると意外に必要な場面がある

哲学 -> まじの哲学

政治哲学：そもそも政治とは何か：なぜ人権が重要だとみんなが考える？(後追い考察)

法哲学：？

言語哲学：言葉とは何か、言葉なしに意識はあり得るのか

科学哲学：そもそも科学とは何か：検証可能性、パラダイムシフト、進化論は科学か？

-> 確率の哲学：確率とは何か？

-> 蓋然性の哲学：裁判なのでもっともらしいとはどこからなのか？

(全然読み進んでない)

-> モデルの哲学：モデル(模型)とは何か？何のために存在するのか？

「蓋然性」 の探求

古代の推論術から
確率論の誕生まで
ジェームズ・フランクリン
南條郁子 訳

みすず書房

全然読めてない
一瞬で寝てしまう

<https://www.msz.co.jp/book/detail/09646/>

科学と モデル

マイケル・ワイスバーグ◎
松王政浩◎

シミュレーションの哲学 入門

Simulation and Similarity
Using Models to Understand the World



「モデル」概念を軸に
科学哲学を書き換える。
よりスリリングでリアルな
科学哲学の始まり始まり!

名古屋大学出版会
定価(本体4,500円+税)

——— 戸田山和久

科学とモデル シミュレーションの哲学 入門, 2017年

<https://www.unp.or.jp/ISBN/ISBN978-4-8158-0872-3.html>

目次や前書きより前にこれだけが書いてある：激熱 地図はモデル(模型)のひとつ

Borges, J. L. (1954). *Historia universal de la infamia*. Emece. (ホルヘ・ルイス・ボルヘス
『汚辱の世界史』中村健二訳 岩波書店 2012年)

しばらくするとこの膨大な地図でもまだ不完全だと考えられ、地図学院は帝国と同じ大きさで、一点が正確に照応し合う帝国地図を作り上げた。……西部の砂漠では、ぼろぼろになって獣や乞食の飯のねぐらと化した地図の断片がいつでも見つかることがある。……

ホルヘ・ルイス・ボルヘス「学問の厳密さについて」〔中村健二訳『汚辱の世界史』〕

3種類のモデル

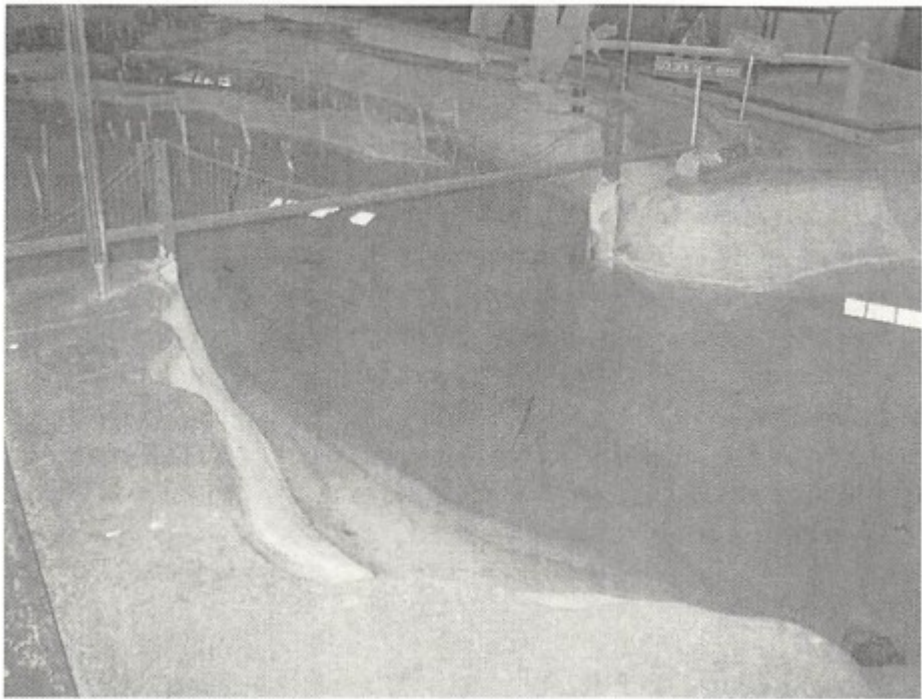


図 3.3 サンフランシスコ・ベイモデルの一部分。ゴールデンゲートブリッジを表現したものが示されている

1. 物理的な模型

2. 数理モデル(数式)

$$\frac{dV}{dt} = [\text{被食者出生率}] - [\text{捕食者当たりの被食者被捕獲率}]$$

$$\frac{dP}{dt} = [\text{捕獲当たりの捕食者出生率}] - [\text{捕食者死亡率}]$$

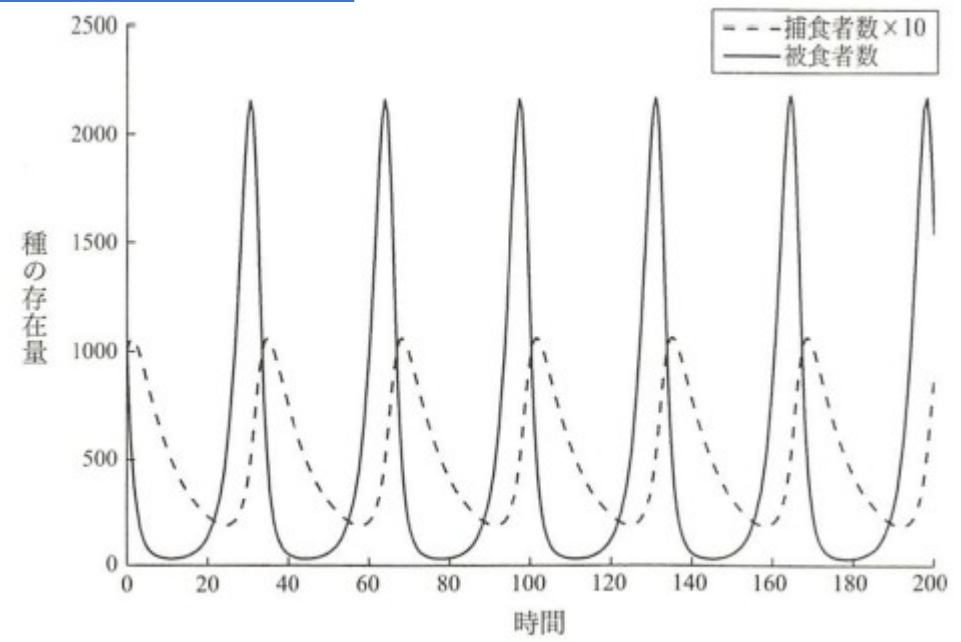


図 2.1 ロトカー-ヴォルテラモデルの振動

3. 数値計算モデル(シミュレーション)

前述のシェリングモデル
私の専門分野

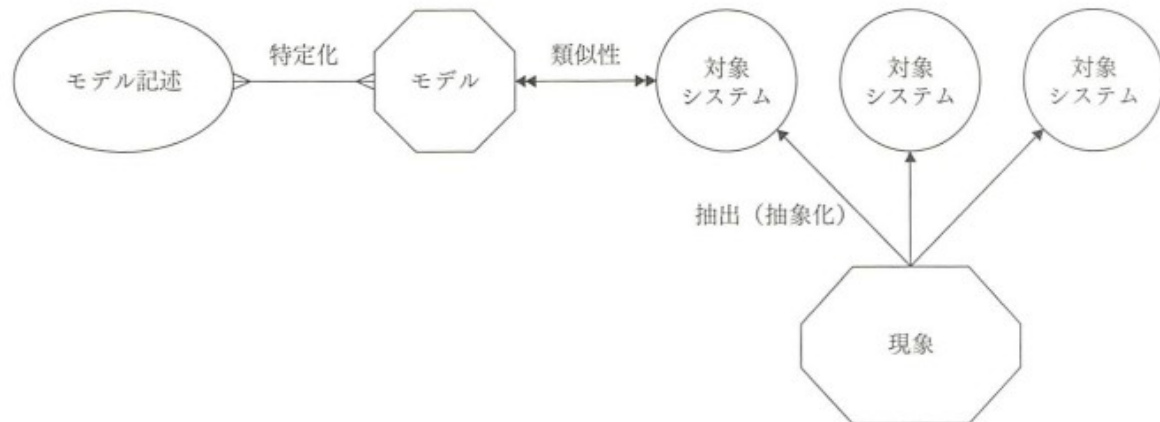


図 5.3 具象モデルにおける，現象，対象，モデルの関係

現実とモデルの類似性を比較するのではない
 現実を抽象化したもの、現実で知りたい部分
 のシステムと、モデルを比較するのである

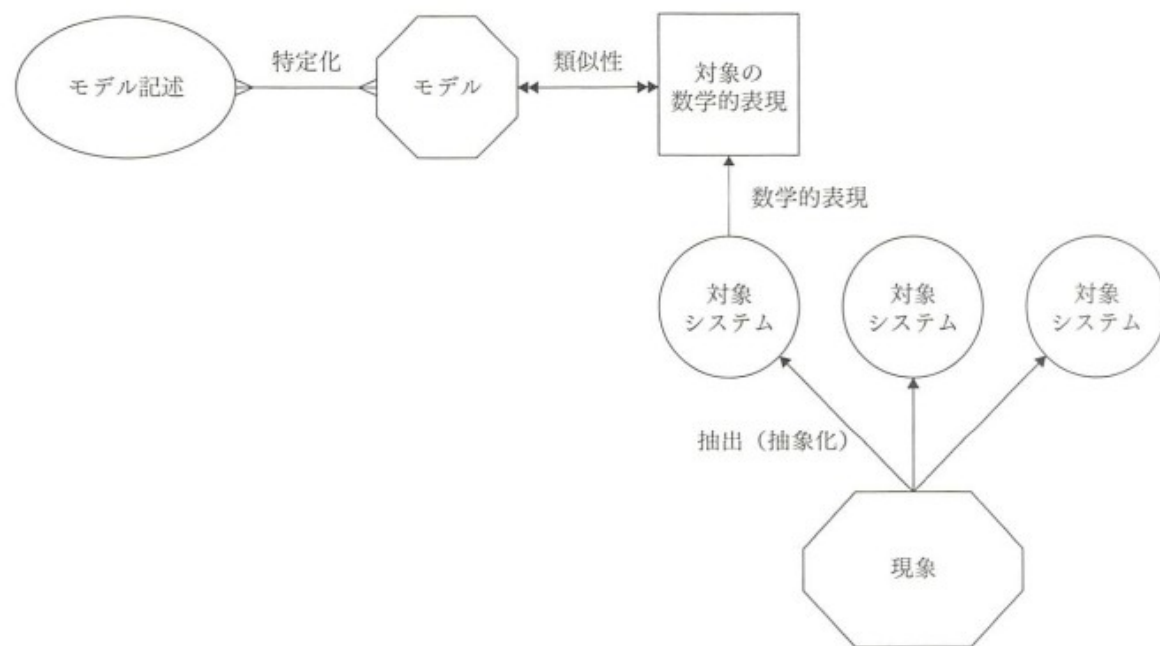


図 5.4 数理モデルにおける，現象，対象，対象の数学的表現，モデルの関係

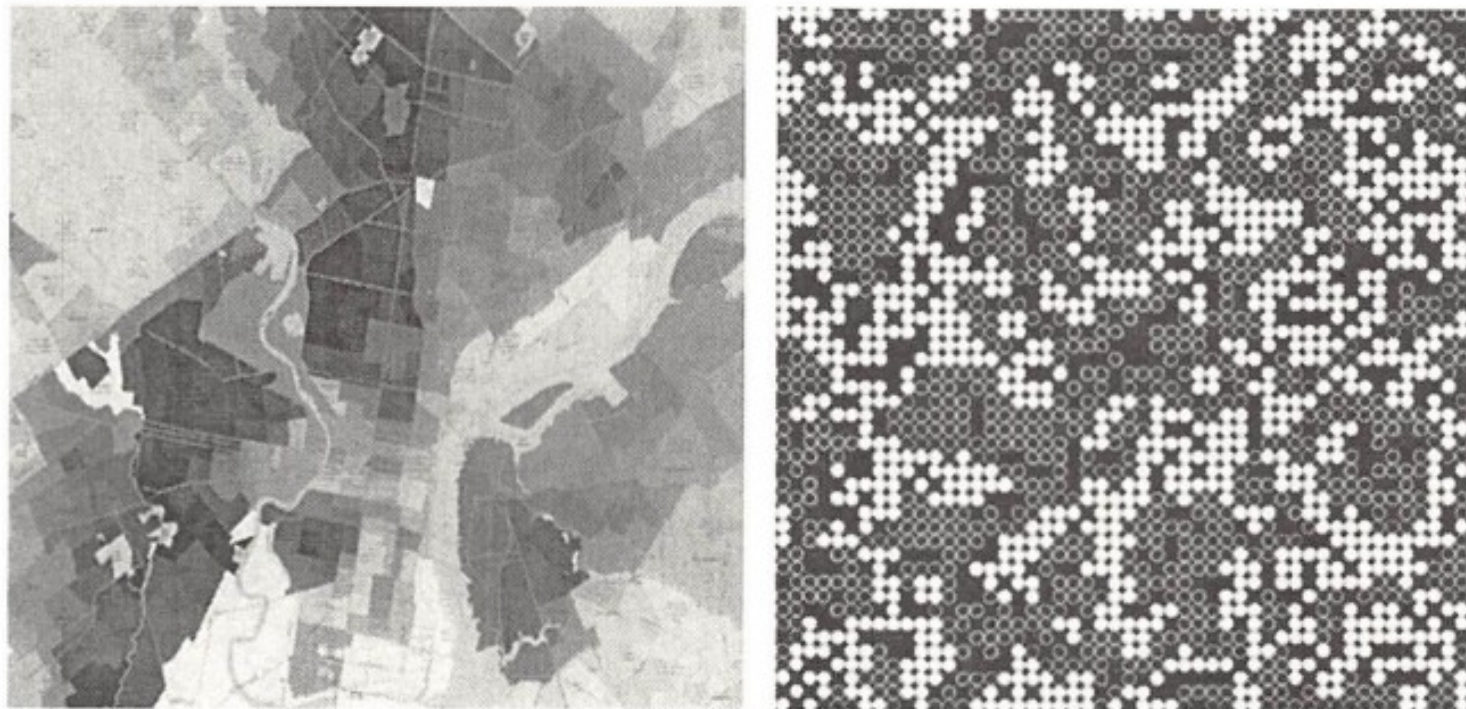


図 7.1 左：2010 年の人口調査によるフィラデルフィアにおける人種分離のパターン。濃い領域がアフリカ系アメリカ人の割合が高いことを表している。右：51 × 51 マス，二種類の行為者（グレーと白）を使ってシェリングモデルを典型的な形で用いた出力例。すべての行為者に，同じ色の隣人を少なくとも 30 % 持つことを望む選好を与えている

実際の街を再現することを目的としていない
人種が分離する理由が知りたい

- 良いモデルは目的による、いかなる場合にも最高のモデルというのは存在しない
- 現実に近い結果を出せるモデルが良いとは限らない
- シミュレーション研究をするうえで、良いモデルとは何か論争に巻き込まれ、哲学的な知見が必要になった
- 専門的な仕事をしていると、どのような分野でも、専門分化された現代哲学を強いられる場合がある
- ただし、自分の専門分野以外の専門分化された現代哲学を理解するのは不可能
実際、モデルの哲学では現代物理学や数式を読めないと読み進められない
- 政治哲学は例外的に楽しめるかも：ジョン・ロールズ、マイケル・サンデル
- 皆様も専門分野で哲学論争に巻き込まれることあると思う
- 近代以前の哲学は現代では否定されているものも多いため、歴史として学ぶべき
(世界哲学史面白かったよ：すごい覚悟必要だけど)
- 近代哲学がおかしい場合、ギリシャに戻れ、という手法がよく用いられる
マイケルサンデルのフルートの目的論：アリストテレスに戻れ