

シミュレーションによる 未来社会設計

ポストAIとしてのMAS

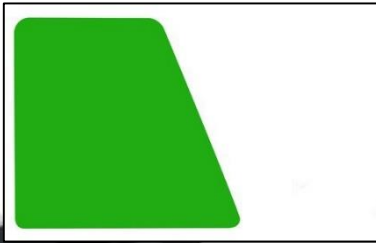
和泉 潔

東京大学大学院 工学系研究科

`izumi@sys.t.u-tokyo.ac.jp`

共通点は？

交通系ICカード



国際秩序のためのルール作り



システム再生による
社会基盤の設計の例



システム再生

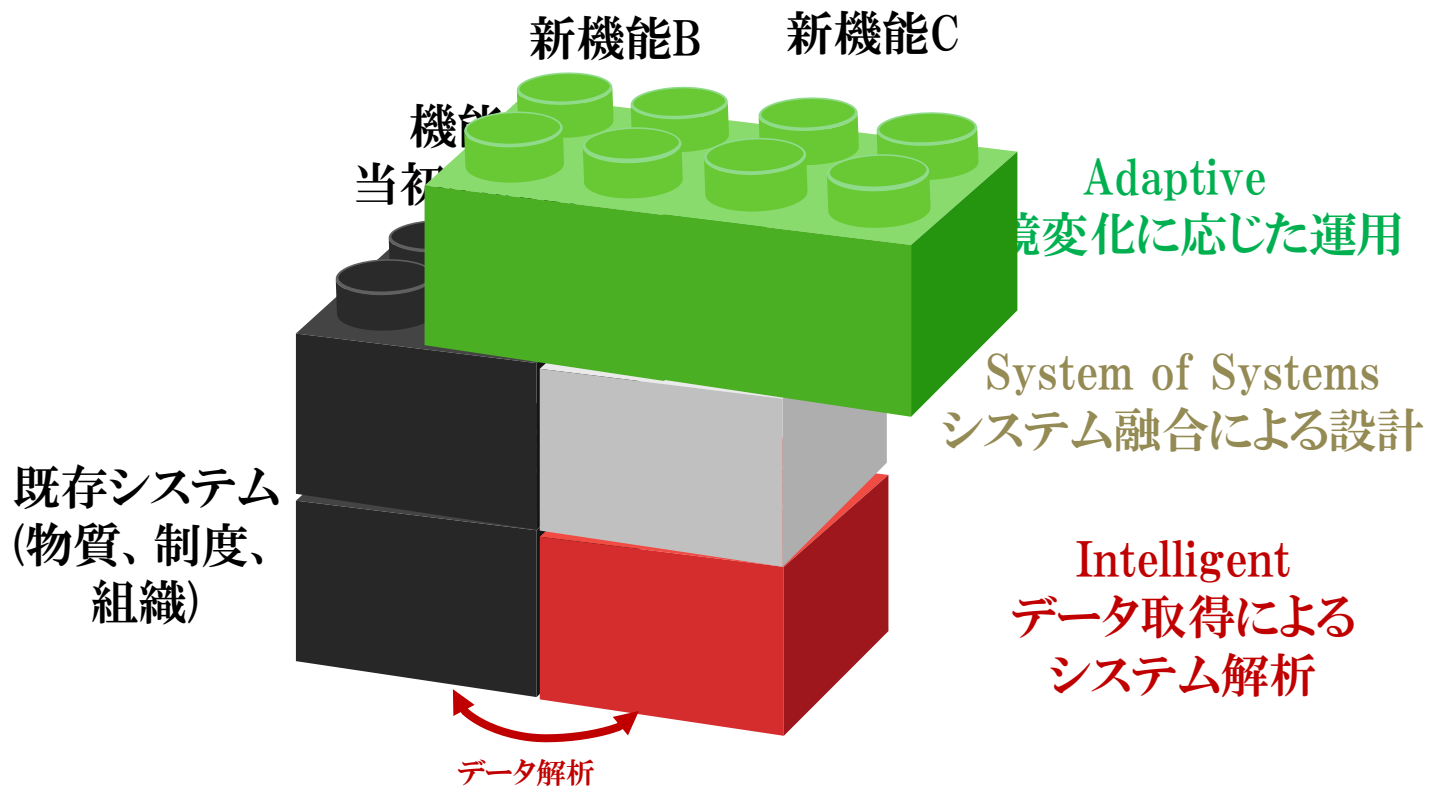
SYSTEMS RENOVATION

システム再生

Systems Renovation

既存システムに新たな制度、人工物を付加して、新たな機能を満たすように設計する。

Intelligent Adaptive System of Systems

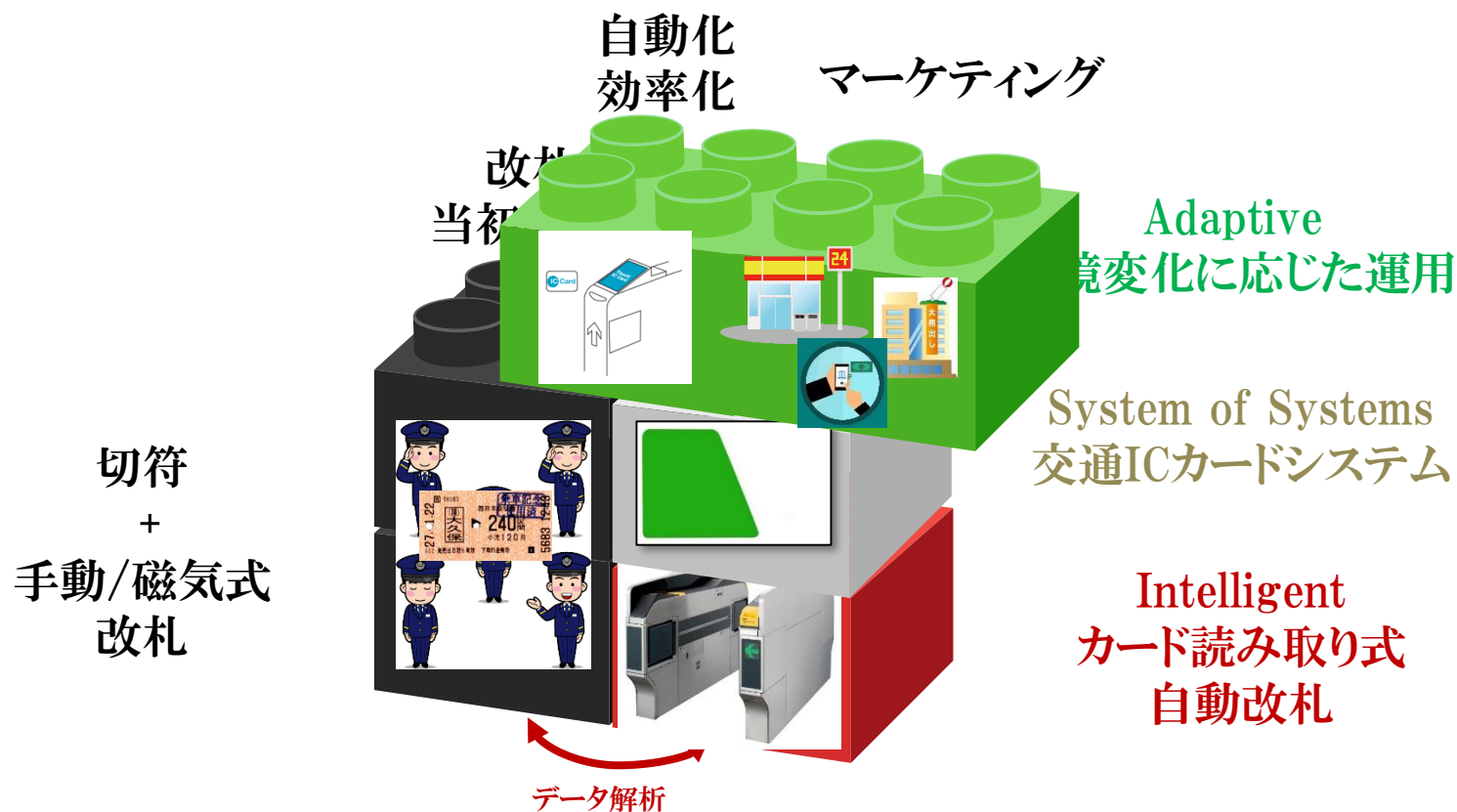


システム再生

Systems Renovation

既存システムに新たな制度、人工物を付加して、新たな機能を満たすように設計する。

Intelligent Adaptive System of Systems

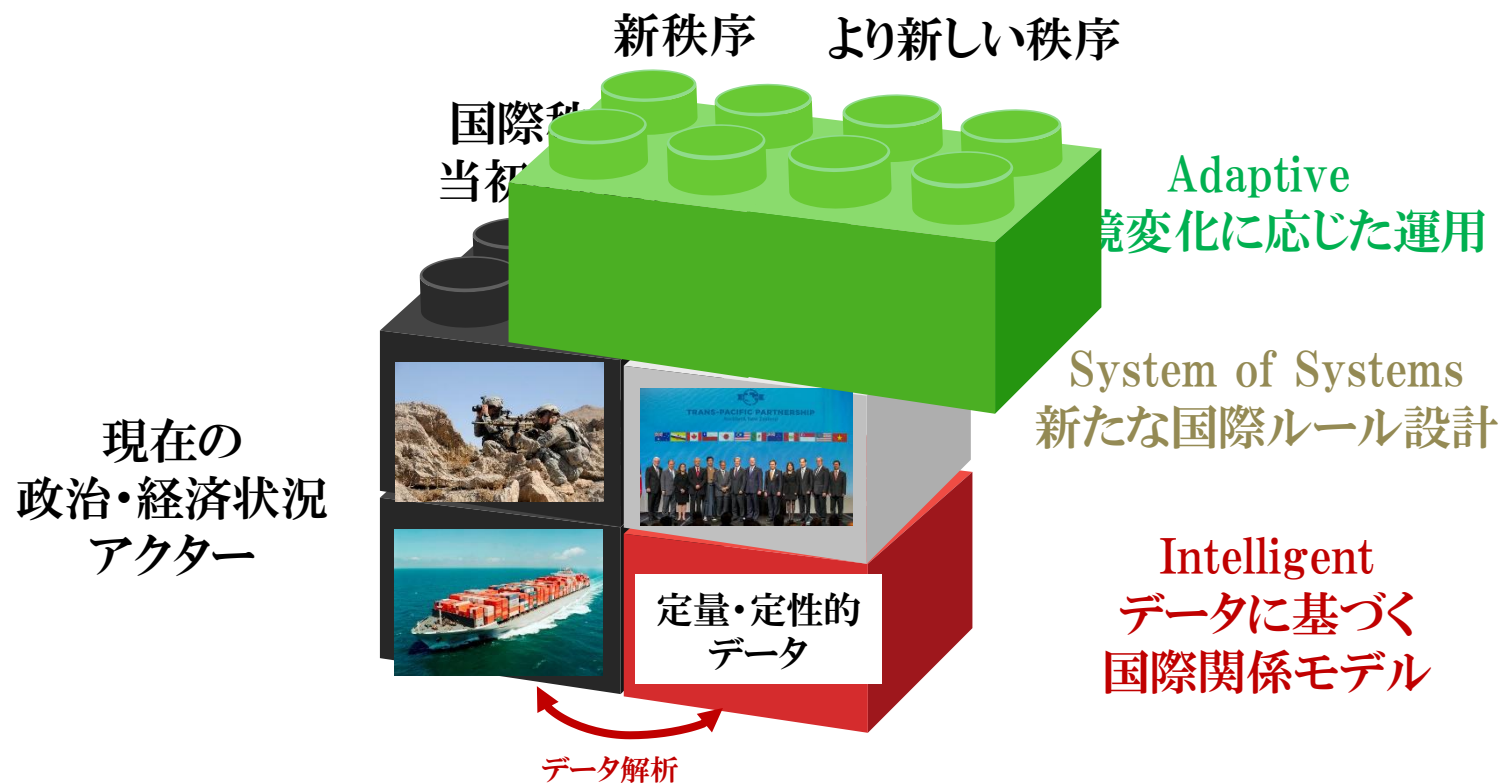


システム再生

Systems Renovation

既存システムに新たな制度、人工物を付加して、新たな機能を満たすように設計する。

Intelligent Adaptive System of Systems



持続可能な開発目標(SDGs)

2030アジェンダ





単一のテクノロジーが高度に発達さえすれば、人類は自然環境や社会環境の未来を設計することができるのだろうか。





システム再生による 社会基盤の設計

例) 水不足の問題

- 国際経済 農産物・畜産物の輸出入
- 工業 工業生産による水消費
- 地球科学 天候変化、水循環

：

データ解析＋モデリング による システム再生

人工知能(AI)の第3次ブーム

- A) Google自動走行車
- B) Facebook人の顔の認識
- C) IBM Watson
- D) コンピュータ将棋

【背景にある技術】

- ビッグデータ
- Deep learning (深層学習)
- 大規模並列計算技術

From gizmodo

A)



B)



From CNET

C)



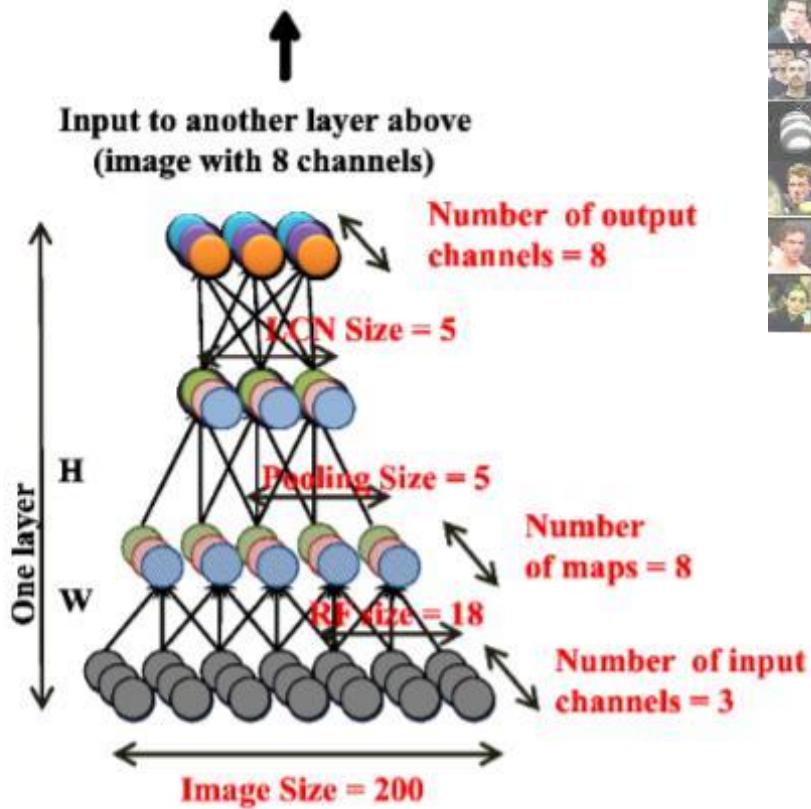
From IBM

D)

From shogi.or.jp



深層學習(deep learning)



人の顔や猫に対応するユニットが得られる

似ているものの認識や抽出が可能

入力:YouTubeの 画像1000万枚

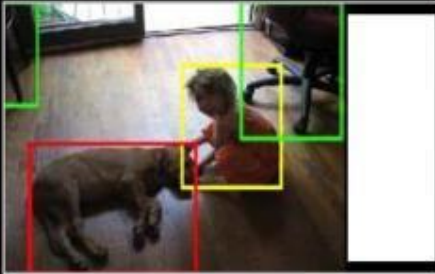


http://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/ja/archive/unsupervised_icml2012.pdf

深層学習(deep learning)

画像・音声・センサなどのビッグデータから認識・分析・予測

画像クラス分け・オブジェクト検出



顔認識・セキュリティ



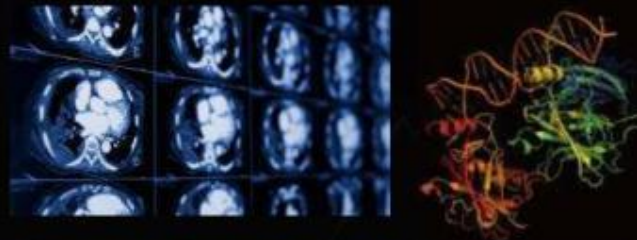
音声認識・自然言語処理



自動運転



メディカルイメージング・バイオ



ロボット・ドローン



大規模データで社会を設計できる？

映画の興行収入

(Asur, et al. 2010)

インフルエンザの流行

(Ginsberg et al. 2009)

雇用状況

(M. Ettredge, et al. 2005)



選挙結果

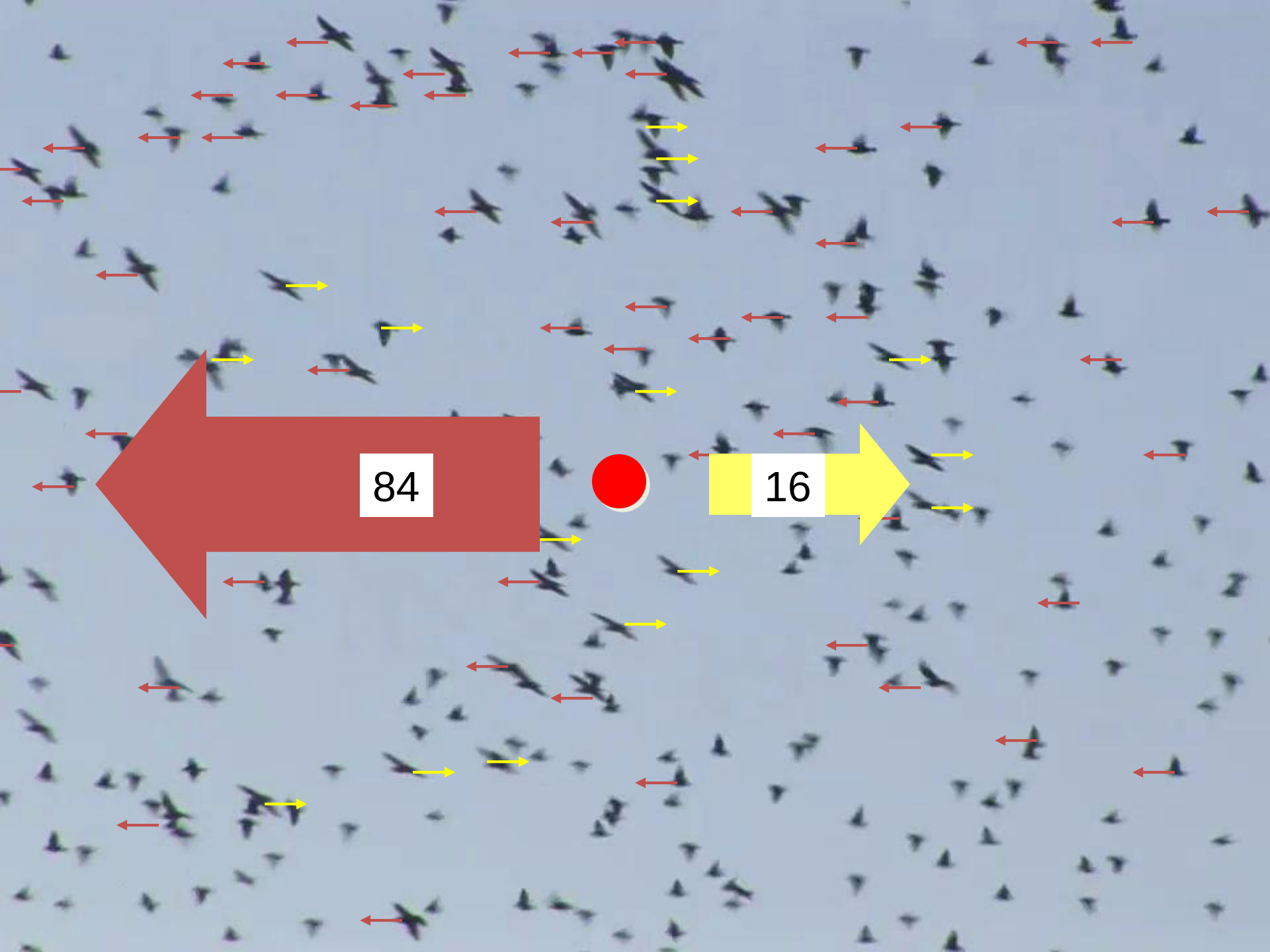
(Tumasjan, et al. 2010)

2009年独選挙で
ツイート数による得票数予測が
世論調査と同等の精度

株式市場

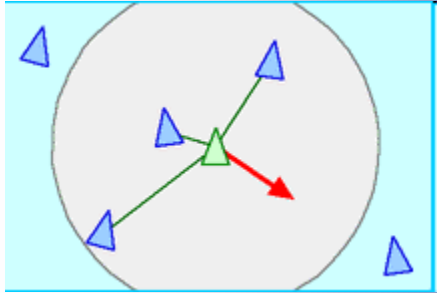
(Bollen, et al. 2010)

「平穏」さの度合いが
ダウ平均株価の騰落を
86.7%の精度で予測

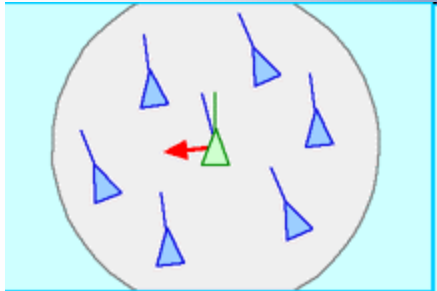


Boids by Craig Reynolds

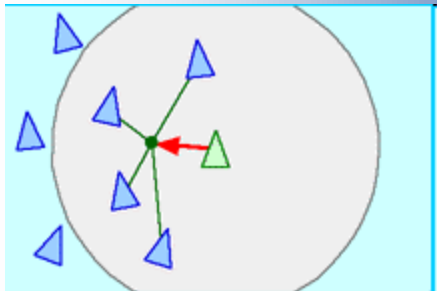
Separation: steer to avoid crowding local flockmates



Alignment: steer towards the average heading of local flockmates



Cohesion: steer to move toward the average position of local flockmates



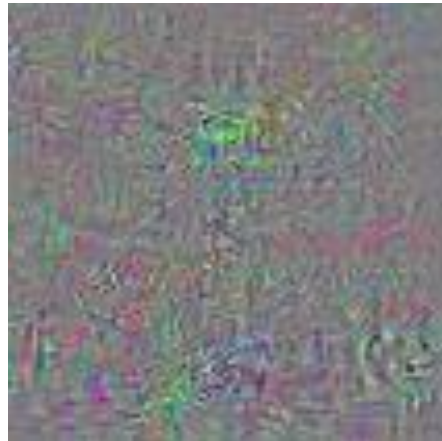
根拠の分からない判断は使えない

Black-box rules can be used for decision-making

Adversarial examples



+



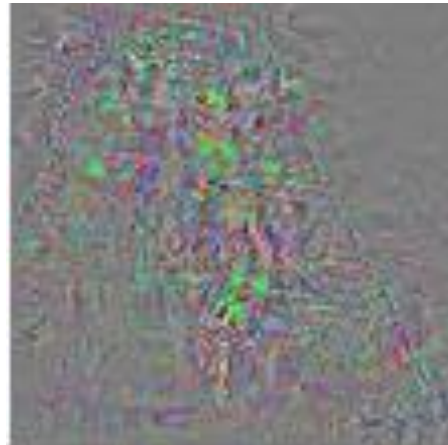
=



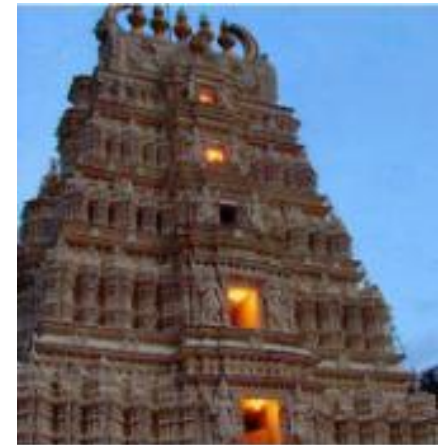
ダチョウ
ostrich



+



=



ダチョウ
ostrich

ポストAIとしての MAS

よく受ける質問

このまま行くと、100%人工知能だけで
人間の専門家は必要なくなるのでしょうか？

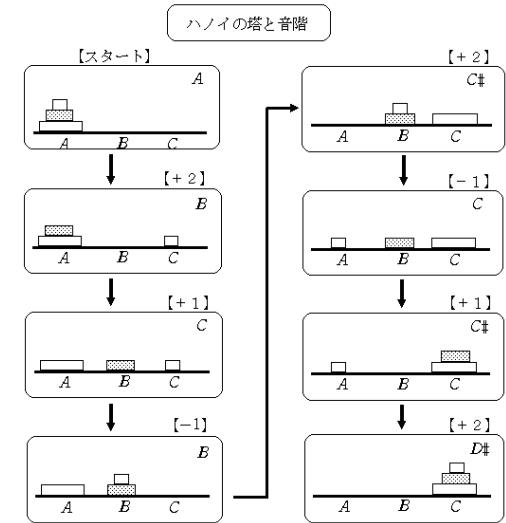


- ルーチンワークだけの専門家は淘汰される
- 人間の専門家の方が優れている点
 - **コモンセンス** 言語化しにくい常識を駆使する
 - **ソーシャルスキル** 他人の行動を理解する
 - **クリエイティビティ** 過去にない状況のストーリーを創造する

人工知能の苦手なこと： 問題設定、社会的な状況判断

• 問題設定 コモンセンス

- どうなりたいかというゴール
- 状況の価値や判断の基準
- 最終的なイメージやビジョン

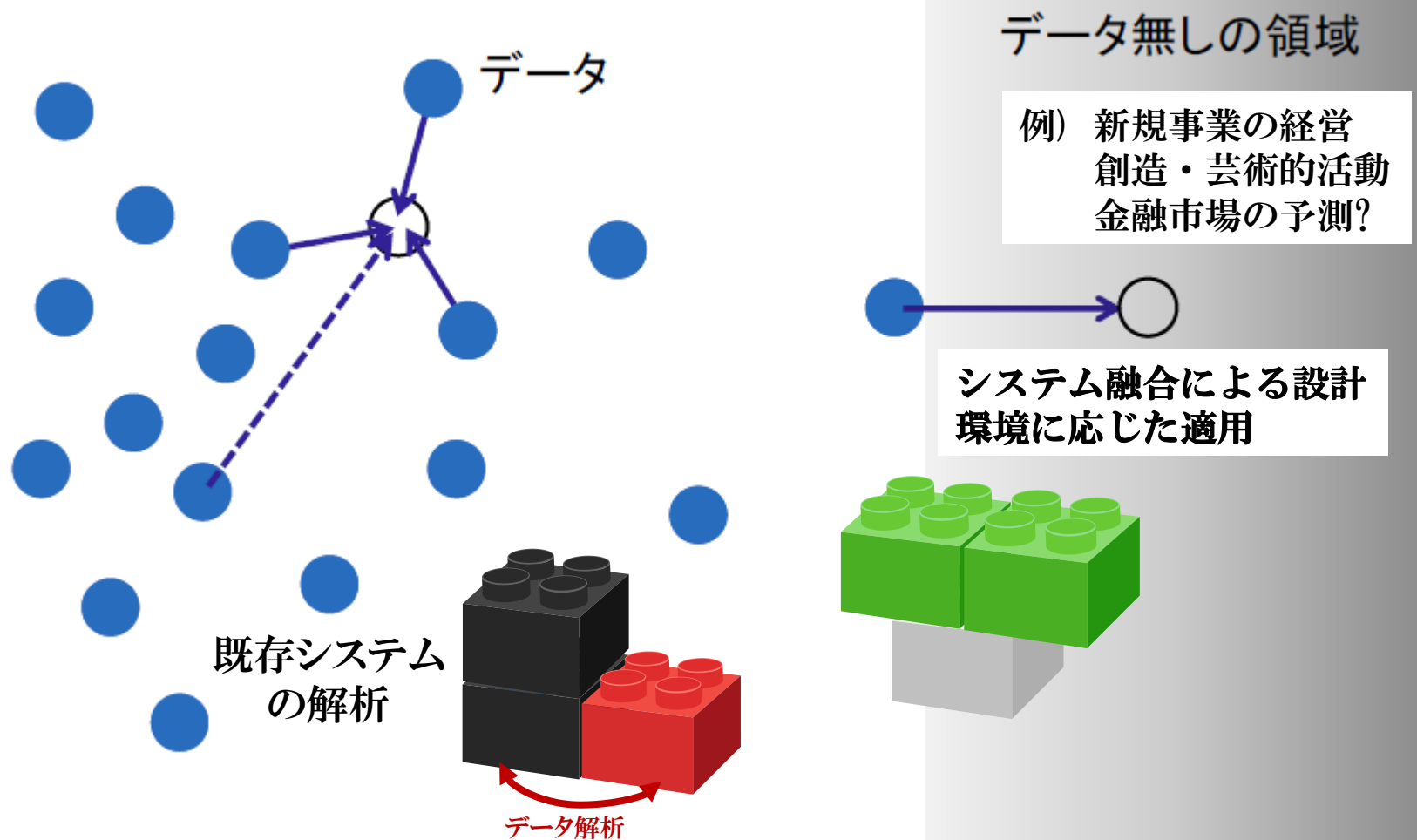


<http://www5b.biglobe.ne.jp/~simomac/hanoi/hanoisc2.htm>

• 社会的な状況判断 ソーシャルスキル

- 問題に他人が存在する場合の判断
- 自分の行動が他人にどう影響を与えるか
- 対話、人に伝える力

人工知能の苦手なこと： 「過去のデータが役に立たない」分野



樋口 知之「ビッグデータ活用における落とし穴」より

人工知能をめぐる動向:

個の知能 と 集団の知能 の繰り返し

- 第1次AIブーム(1956～1960年代)：探索・推論の時代

- ダートマスワークショップ (1956)
- 数学の定理証明、チェスを指す人工知能等

オーガナイズされた
複数ルールの集合

…冬の時代

協調問題解決の研究開発(70-80年代)

- 第2次AIブーム (1980年代)：知識の時代

- エキスパートシステム
- 医療診断、有機化合物の特定、…

単純なルール間の相互作用による
複雑な問題への取り組み

…冬の時代

エージェント/進化的計算(90-00年代)

- 第3次AIブーム (2013年～)：機械学習・ディープ
ラーニングの時代

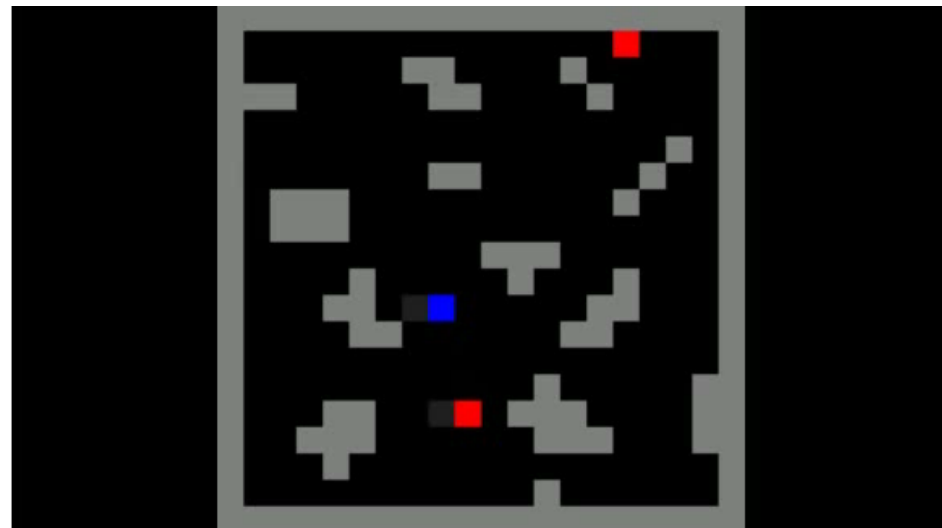
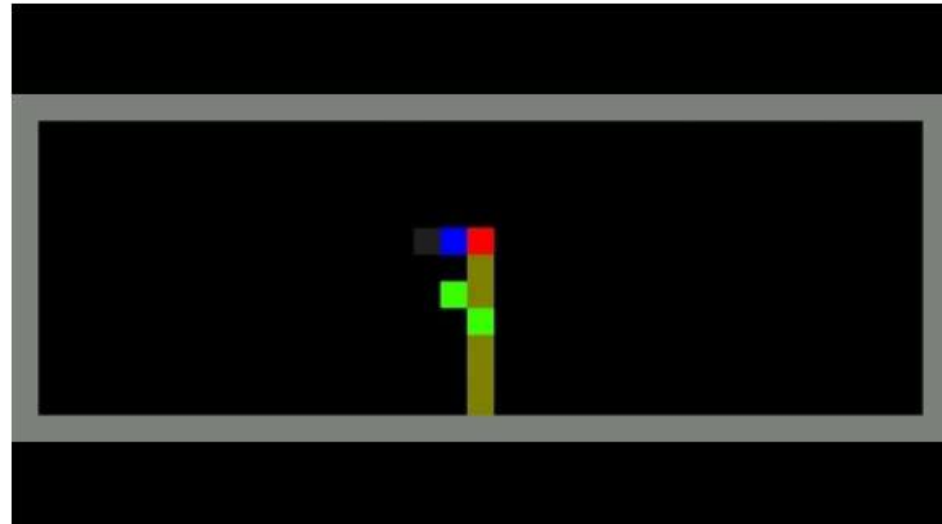
- ウェブとビッグデータの発展
- 計算機能力の向上

高度なAI同士の相互作用による
より複雑な問題への取り組み

集団的AIの研究? (??年代)

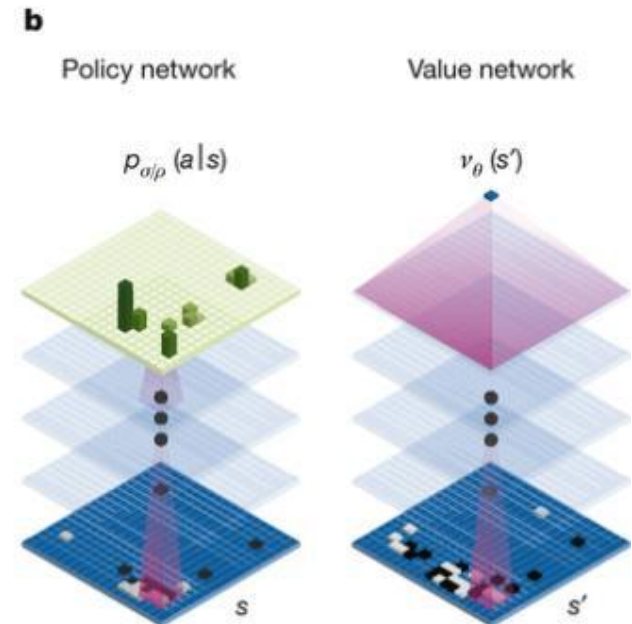
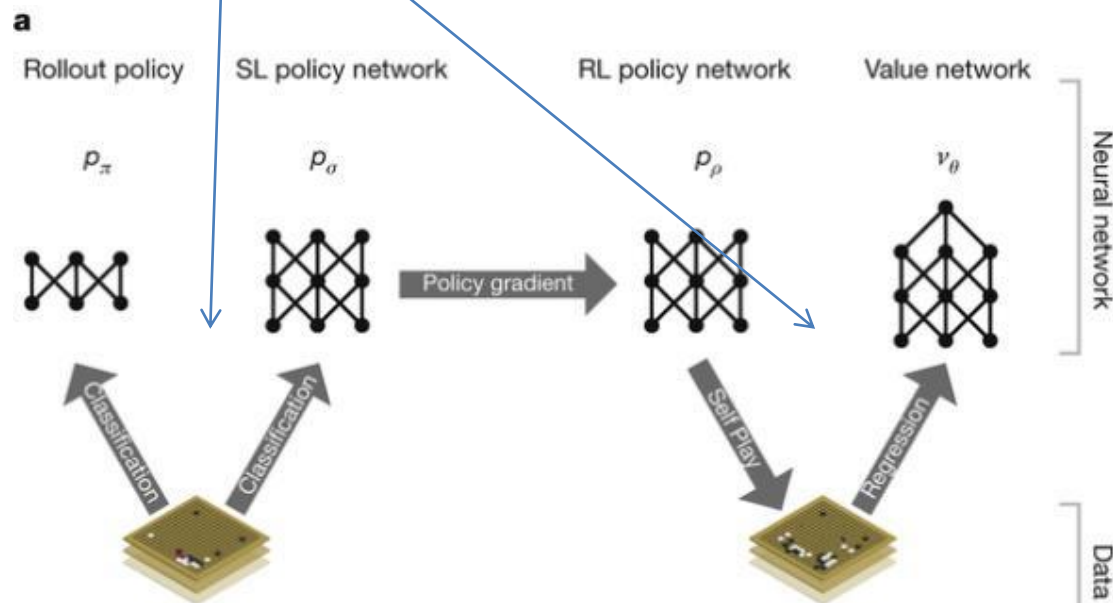
社会的状況におけるAIの振る舞いへ

- 果物採取ゲーム『Gathering』をプレイ
 - 貧しい環境下ではどん欲で攻撃的になるA I
 - 豊かな環境下では、攻撃性の低い戦略へ
- 狩猟ゲーム『Wolfpack』をプレイ
 - AI同士は協力戦略を学習
 - お互いを探して獲物を狩るか、1匹で獲物を追い詰めてから仲間の到着を待つという戦略



囲碁の機械学習 AlphaGo

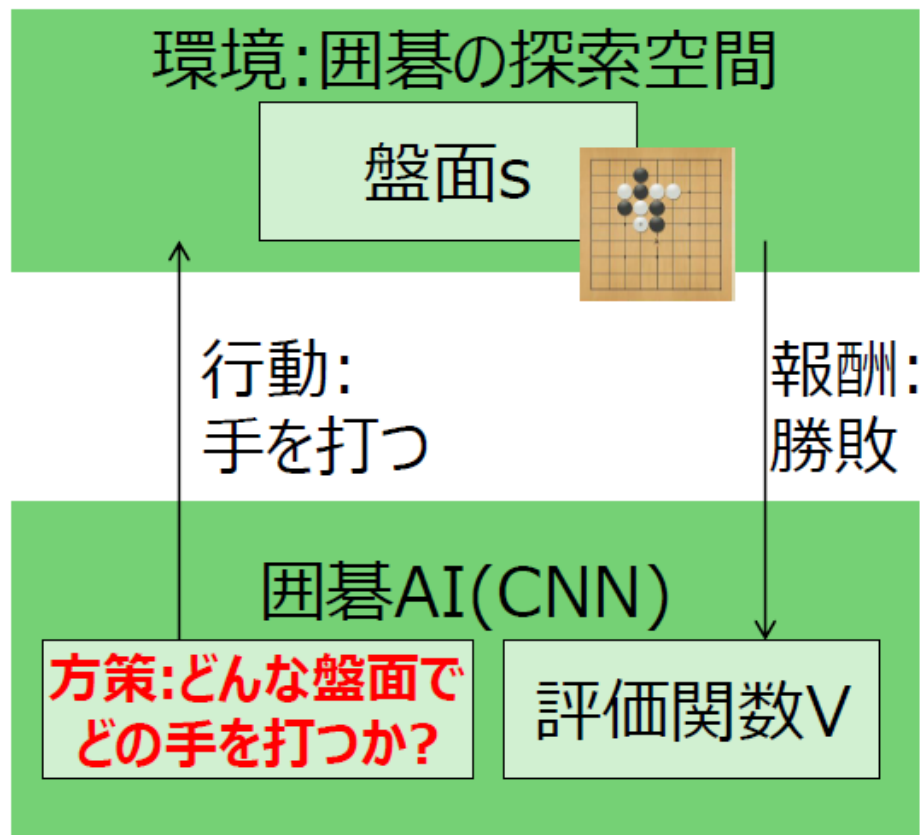
1. 過去の人間の棋譜データから深層学習
2. 自己対戦で (深層) 強化学習



Silver D. et al. Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. Nature, vol. 529, no.7587, pp.484-489, 2016

社会現象のモデルにはMASが必要

- 囲碁の場合は、自己対戦しながら、パラメータをチューニング



データ解析だけでは
バックテストだけで、
自己対戦できない

相手の戦略を読む
ソーシャルスキル

AIによる社会設計支援の方向性

- ・ ヒューマノイド型でなくパワードスーツ型
 - AIは状況変化が少ない目先の予測は得意
 - マクロ・長期的な環境・状況の分析は人間が予想
 - 「人間とAIの混合」



人間 vs AI



Ann Ronan Pictures /
Print Collector / Getty
Images



人間 vs 人間&AI



From <http://homepage3.nifty.com/tompei/>

MASによる未来社会設計 の現状

Complexity Research Initiative for Systemic Instabilities



Complexity Research Initiative for Systemic Instabilities

<http://www.crisis-economics.eu>



Home About News Deliverables Publications Blog Simulation Library

- EUの国際共同研究プロジェクト
 - FP7-ICT-2011-7-5.6
- 2011年11月開始 (3年間)
- 予算: 4,368,689 ユーロ (約5.8億円)
- 参加機関
 - 12学術機関 + 金融機関、中央銀行 等
- 10個の作業部会

The CRISIS project will seek to address these limitations by building a next generation macroeconomic and financial system policymaking model. The CRISIS model will be a bottom-up 'agent-based' simulation that fully accounts for the heterogeneity of households, firms, and government actors. The model will incorporate the latest evidence from behavioral economics in portraying agent behavior, and the CRISIS team will also collect new data on agent decision making using experimental economics techniques. While any model must make simplifying assumptions about human behavior, the CRISIS model will be significantly more realistic in its portrayal of relevant agent behavior than the current generation of policymaking models.

CRISIS at Work: Explaining and Managing Financial-Real Interlinkages



Complexity Research Initiative for Systemic Instabilities

- 参加機関
 - 12学術機関 + 金融機関、中央銀行 等

Participating Institutions

Acronym	Name
UCSC	Universita Cattolica del Sacro Cuore, Italy
PIK	Potsdam Institute for Climate Impact Research, Germany
UvA	Universiteit van Amsterdam, the Netherlands
CREI	Centre de Recerca en Economia Internacional, Spain
MUV	Medical University of Vienna, Austria
CITY	City University London, UK
LSE	London School of Economics and Political Science, UK
AITIA	International Informatikai Zrt Koruen Mukodo, Hungary
UNIPA	Universita degli Studi di Palermo, Italy
CEA	Commisariat a l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives, France
UPM	Universita Politecnica delle Marche, Italy
SNS	Scuola Normale Superiore di Pisa, Italy

天候

経済

公共政策

エネルギー

FuturICT project

<http://futurict.inn.ac/>



- EU研究資金獲得プロジェクト
- D. Helbing教授が主導 (ETH Zurich)
- 第8期プロジェクト (EU Framework Program; HORIZON2020) の最終候補の一つとなった
 - Human Brain Projectに負けた...

The ultimate goal of the FuturICT project is to understand and manage complex, global, socially interactive systems, with a focus on sustainability and resilience.

FuturICT will build a Living Earth Platform, a simulation, visualization and participation platform to support decision-making of policy-makers, business

FuturICT – Integrating ICT, Complexity Science and the Social Sciences will create a paradigm shift, facilitating a symbiotic co-evolution of ICT and society.

Complex-Project

OTHER FUTURICT PAGES

[Visit us on Facebook](#)

[Visit us on LinkedIn](#)

[Visit the FuturICT Blog](#)

FuturICT 2.0 project



FLAG-ERA

Joint Transnational Call 2016

FuturICT 2.0

Large scale experiments and simulations for the second
generation of FuturICT

- 欧州連合 (EU) のフラグシップ研究プロジェクト
- 7カ国 (IT, CH, EE, FR, BE, LV, RO) の国際体制
- 予算: 2,614,527 ユーロ (約3.3億円)

Experiments

Duration: 36 months

Total project funding: € 2.614.527



FuturICT 2.0 project Challenges



Bridge ICT & Social Sciences:

Creating and reinforcing synergies between ICT and the Social Sciences: this is the first challenge of the FuturICT 2.0 project. In an era of grand social challenges, the integration of...



Simulations & Experiments:

To provide an operational, effective example of how the mixed ICT/Social Simulation approach could radically transform research on society, FuturICT 2.0 will launch a new, ICT-based way of doing research...



Finance 4.0:

FuturICT 2.0 will pursue disruptive innovation by addressing the main social problems at their root: lack of sustainability. To this aim, we propose a model called Finance 4.0: a circular...

COMPLEX SYSTEMS

Complexity theory and financial regulation

Economic policy needs interdisciplinary network analysis and behavioral modeling

Bu Stefano Battiston.^{1*} J. Dovne Farmer.^{2,3} | Recent research has revealed generic em- | a whole. Despite on-going efforts, these ef-

銀行間ネットワークやエージェント・ベースド・モデル（人工市場の広い意味）の研究を複雑系モデルとして紹介。金融の応用研究の分野では、複雑系モデルを使った研究は、まだ初期段階だがとても期待される分野。

エージェント・ベースド・モデルは、金融の複雑系に潜む正のフィードバック現象を弱くし金融システムの安定化させるような、政策や規制はどのようなものかの知見を得られる。

世界の金融システム全体をリアルタイムに監視する技術へつなげたいと、抱負。

potential for better monitoring and management of highly interconnected economic and financial systems and, thus, may help anticipate and manage future crises.

of local nodes and have shown how these depend on the topology of the network and the strengths of interactions (3). Epidemiologists have tools to gauge the potential for events to propagate in systems of interacting

number of large, closely interconnected banks that are not very diverse in terms of business and risk models. This implies that core banks' defaults tend to be highly correlated. That, in turn, can generate a col-

日本での先駆的な取り組み

- テキスト・データ分析新手法と結合したシミュレーション・システムの開発
 - 科研費プロジェクト 1998-2000年
 - 研究代表者 山影 進
 - 研究分担者 服部 正太 他
- テキストデータ分析新手法と連結が可能なようなシミュレーション技法を開発する
 - ABS上で国際社会の動態をシミュレートするソフトウェア
 - テキストファイル形式のデータベースとしては、今世紀の紛争過程を約1万件網羅
 - シミュレーション結果を「物語」としてテキスト・データ化する

MASの研究と実務への広がり

MAS コミュニティ

コミュニティ内検索

検索

高度な検索

コンテンツ

- ▶ トップページ
- ▶ ニュース
- ▶ 身の回りの複雑系
- ▶ MASとは
- ▶ MASのモデル

MASツール

- ▶ artisoc 4.2
- ▶ 試用版のダウンロード
- ▶ GIS DataConverter
- ▶ CAD DataConverter
- ▶ よくある質問と回答
- ▶ 質問掲示板

artisocモデル

- サンプルモデル
- モデルの作り方
- 研究報告
- MASコンペ
- MASの教材

その他

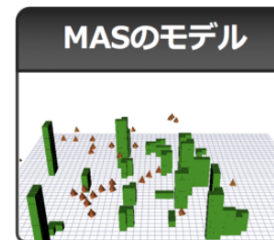
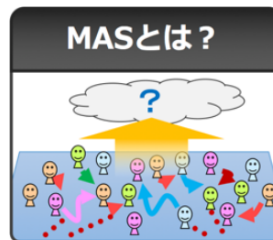
リンク集

手始めに

MASコミュニティとは

社会などの複雑系を分析できる手法である「マルチエージェント・シミュレーション(MAS)」について紹介し、artisocでシミュレーションを体験できるサイトです。

ぜひ複雑系の素晴らしい世界を体験し、自分の手で構築してみてください。



[Download artisoc here \(academic users can download for free\).](#)

*academic users: students or faculties of universities or schools

最新ニュース

- サーバメンテナンスによるサービス停止のお知らせ (2019/2/23) (2019-2-19)
- 第19回MASコンペティションの発表リストを公開しました (2019-2-19)
- 「身の回りの複雑系」に「シンク口の秘密」を、「MASのモデル」に「ホタルの光モデル」を追加しました (2019-1-18)
- 第19回MASコンペティションの発表者・見学者募集を開始しました。(2018-12-17)
- 「身の回りの複雑系」の「自然渋滞の発生」と「MASのモデル」の「自然渋滞発生モデル」を加筆修正しました (2018-12-17)
- 「MASのモデル」に「ライフゲームモデル」を追加しました (2018-11-29)
- 第19回MASコンペティションの開催要項を公開しました。(2018-11-14)
- Twitterアカウントを公開しました (2018-11-7)
- artisocによるエスカレータのシミュレーションがNHKで紹介されました (2018-11-7)
- artisoc認証システム切替え完了のお知らせ (2018-10-22)

エージェントシミュレーションの現状と将来

(出典 京都大学 石田研)



レスキュー



環境

社会ネットワーク

マーケット

電力消費



(出典 東京大学 橋本康弘)

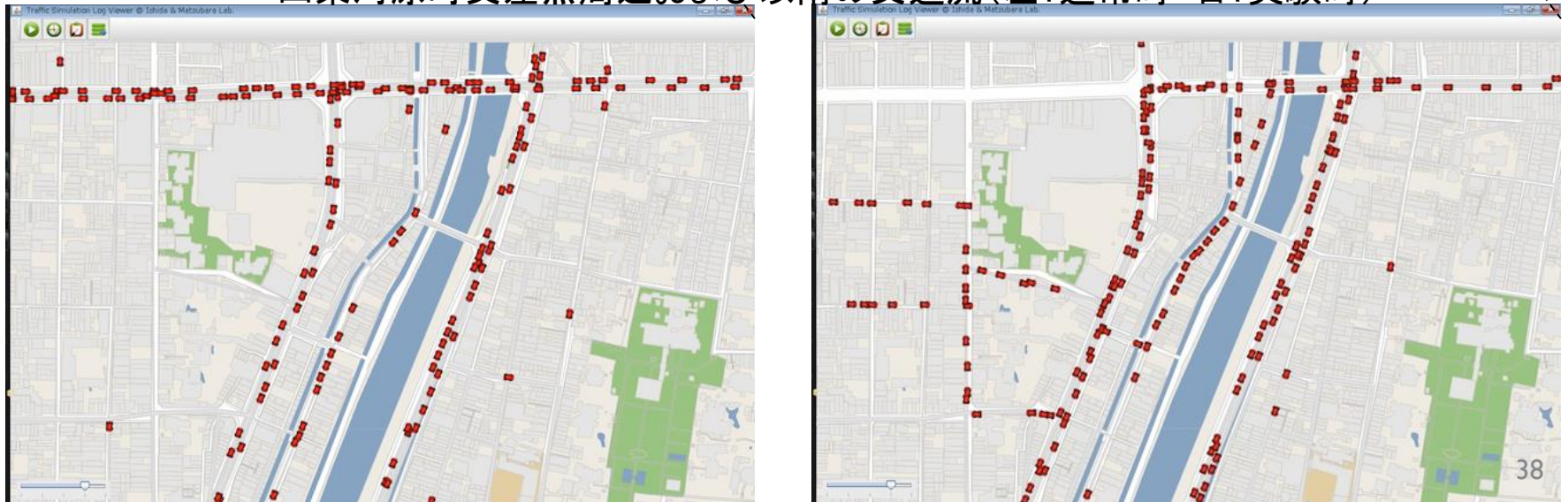
交通行動と交通シミュレーション

(出典 京都大学 石田研)

京都市中心部の交通流(左:通常時・右:実験時)



四条河原町交差点周辺および以南の交通流(左:通常時・右:実験時)



電力市場シミュレーション

・ パケット電力取引

パケット電力取引に基づく革新的配電システムを提案し、上記の課題を解決するような市場制度と電力系統の構成を設計し、シミュレーションによってその動作を評価する。

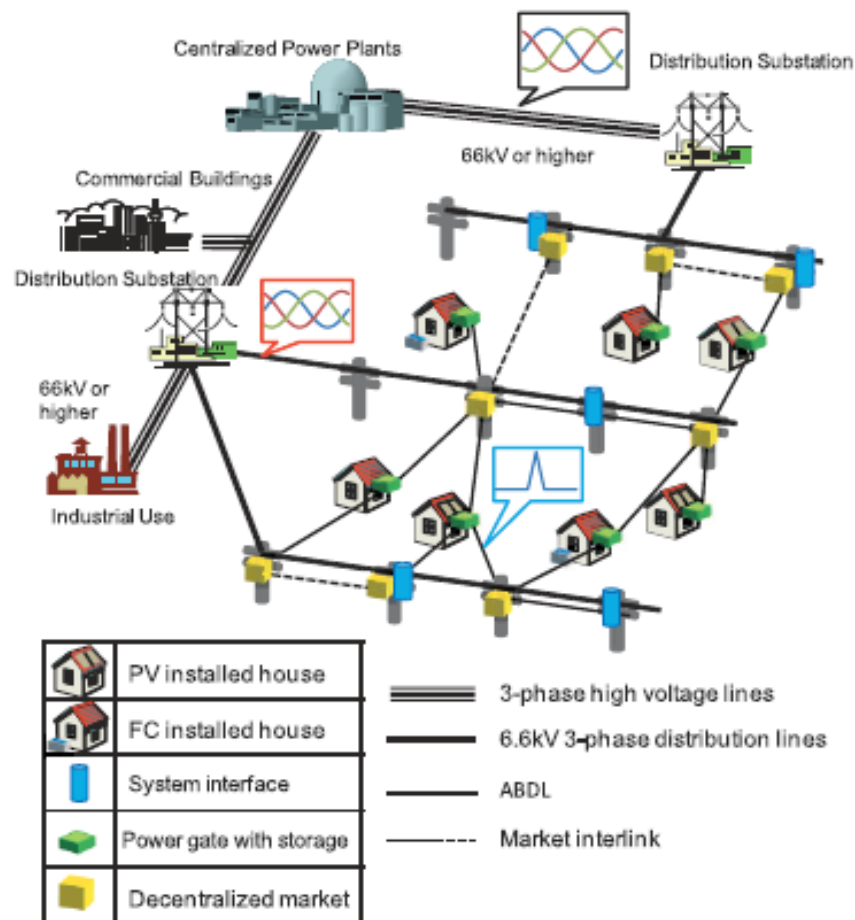


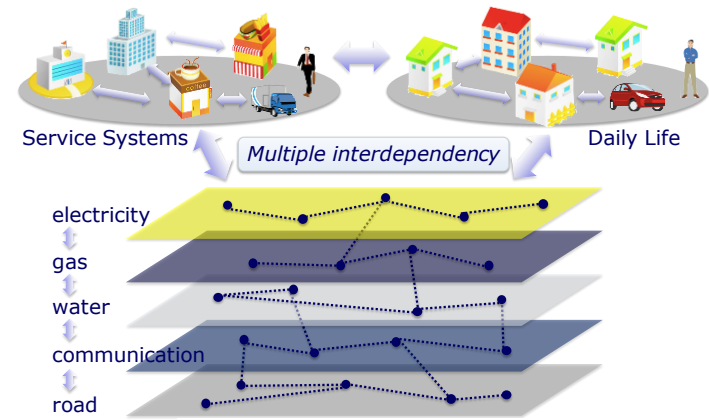
図2 分散市場型電力流通システム

パケット電力取引に基づく革新的配電システムの提案

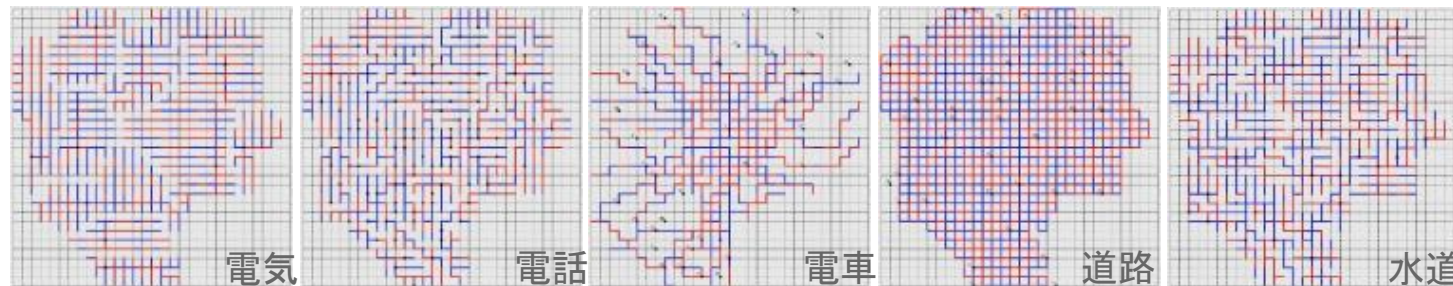
リアルなモデルの構築例：複合インフラシステム

科学技術イノベーション政策のための科学研究開発プログラム (代表 東大 古田一雄)

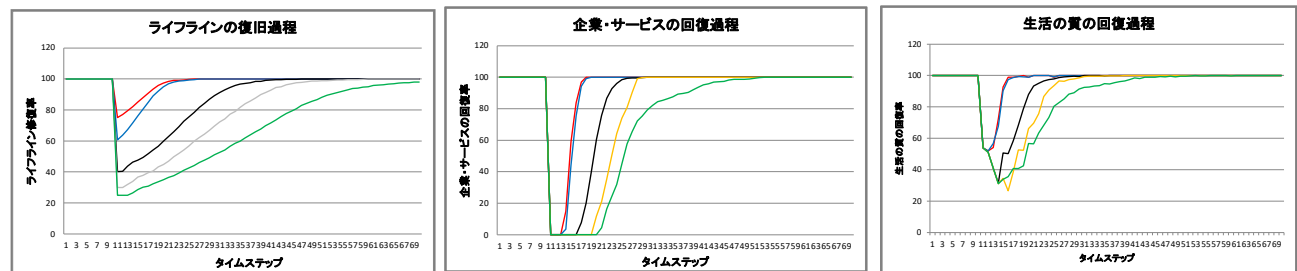
- 複合インフラモデル
 - 市民生活×企業活動×修復活動
 - ×ライフラインの相互依存性
- 復旧過程シミュレーション
 - 東京23区モデルの実装
 - 様々な想定による都市のレジリエンス評価



複合インフラモデル



東京23区モデル



レジリエンス評価

京コンピュータと X10 を用いた 大規模シミュレーション・テスト

TOKYO
STOCK EXCHANGE



+



最終目標：東証丸ごとシミュレーション(数千銘柄＋オプション市場)

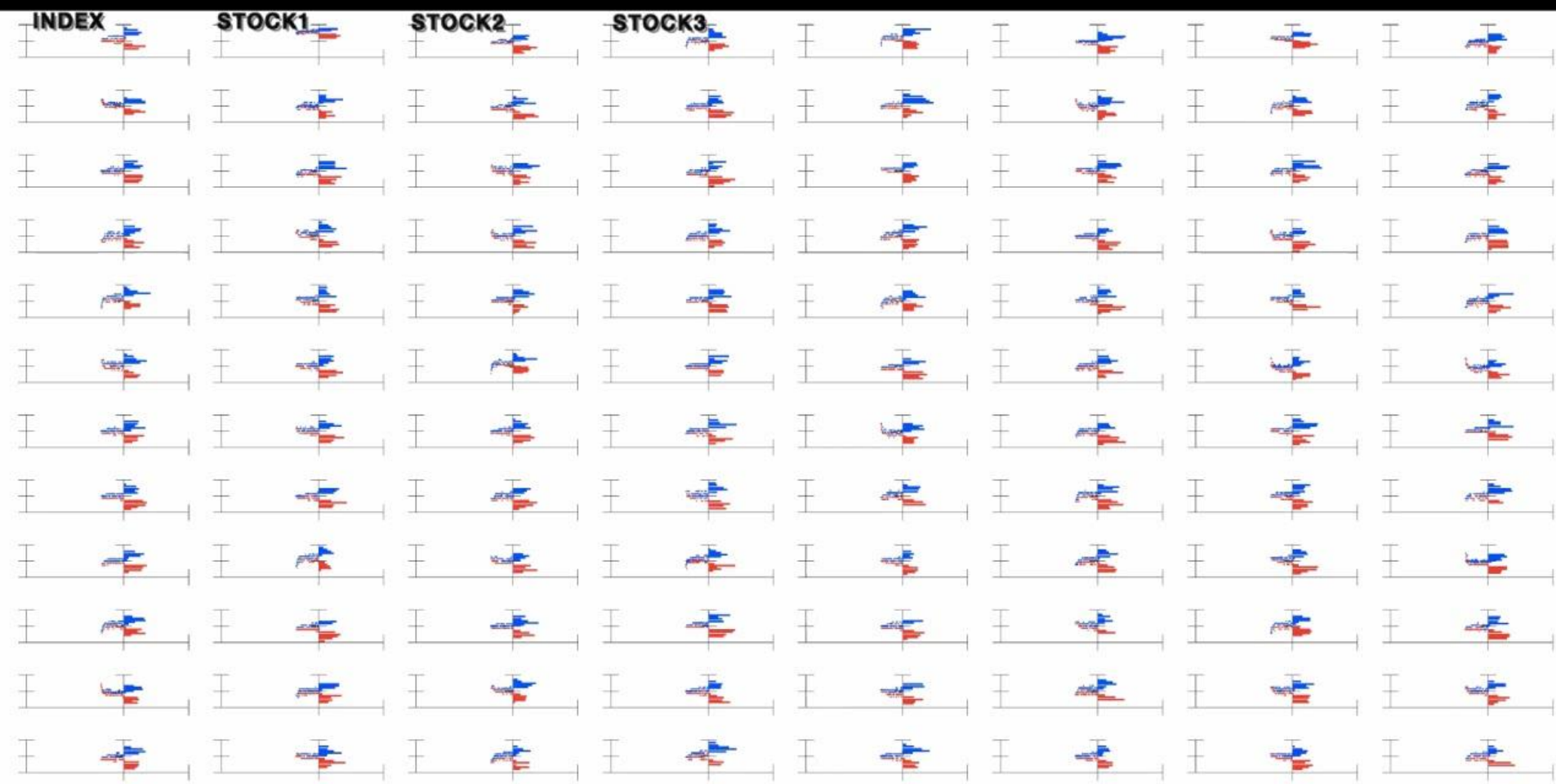
APPLICATION FOR MARKET DESIGN

- Markets show complex dependency
 - Hard to do experiments in real markets
- *Computer simulation approach*

REAL EXAMPLES

- NASDAQ: new ticksize (Darley & Outkin 2007)
- Tokyo SE: new ticksize

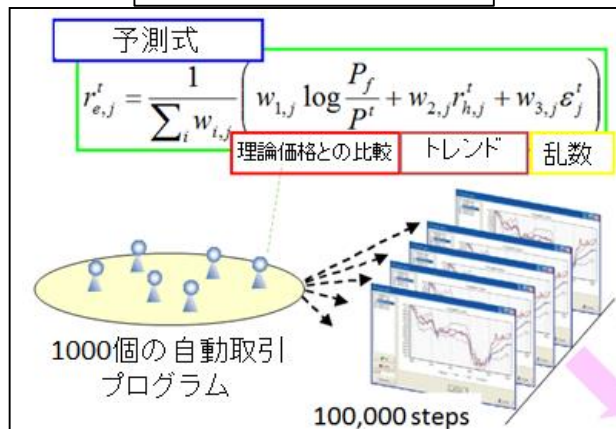
瞬間大暴落の再現(100銘柄・5万エージェントの市場シミュレーション)



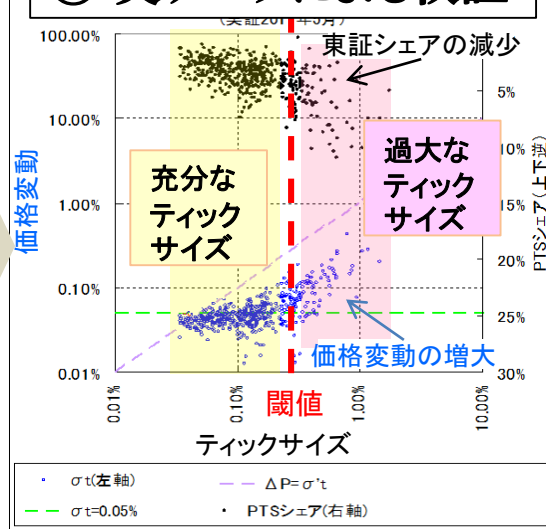
人工市場シミュレーションを用いた市場制度の検証： ティックサイズ変更

東京証券取引所との共同研究で、シミュレーションと実データ分析により、ティックサイズ(注文価格の最小単位)の閾値を新たに発見した

① エージェント シミュレーション



② 実データによる検証



③ 実社会の制度設計



研究結果が実際の金融市場の仕組みを変革した
エージェントシミュレーションの成果例

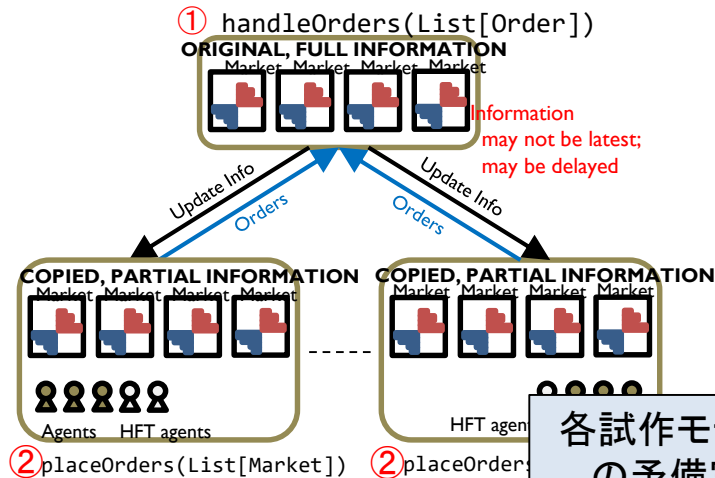
人工市場と銀行間信用ネットワークの統合モデル構築

システミックリスクの関連制度の事前評価手法構築

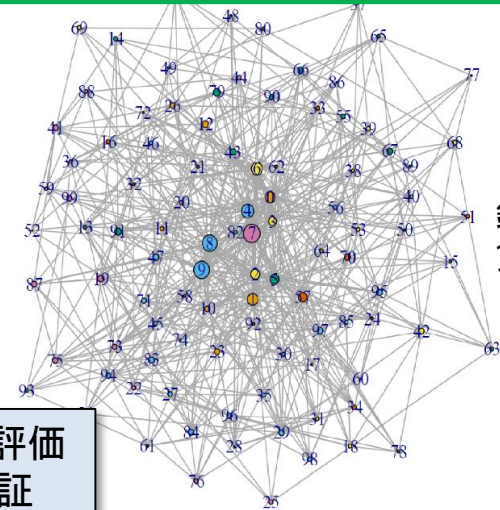
人工市場シミュレーション
(銘柄数5, エージェント数 約5,000)

並列処理言語X10を用いて構築

銀行間ネットワーク
(銀行100行, 大銀行10行、小銀行90行)



統合モデル
の設計

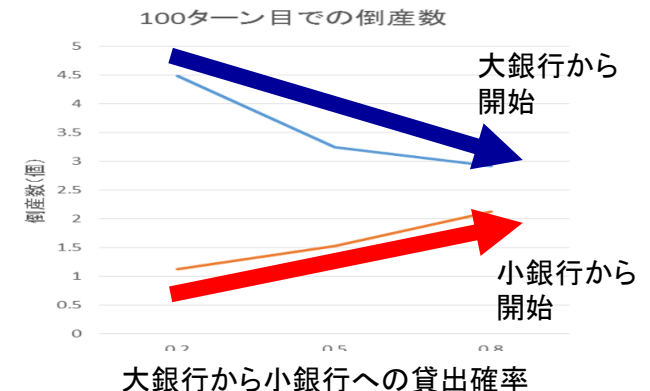
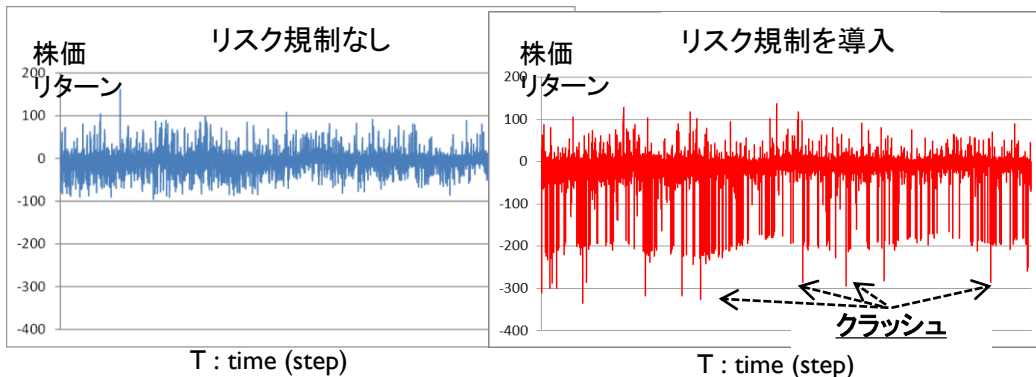


銀行間の
貸借関係

各試作モデルによる金融制度評価
の予備実験 およびモデル検証

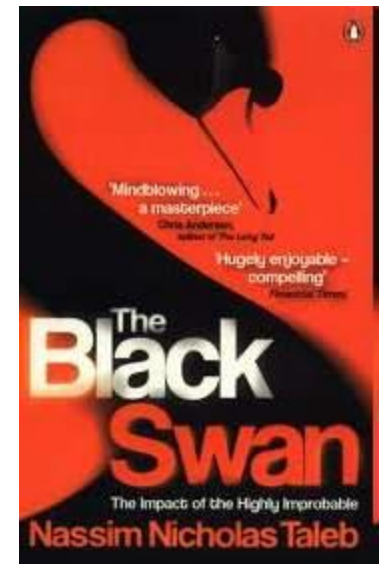
結果1: リスク規制を導入すると市場が不安定化することをシミュレーションで再現 (東証との共同研究)

結果2: 倒産開始の銀行規模と、規模の異なる銀行間の貸借確率で倒産数が変化



シミュレーションによるdependabilityの実現

- シミュレーション結果の平均や中央値を比較するだけでは足りない
 - 想定外のリスク
- 「ブラックスワン」が起きる状況を見る
 - 非常にまれで予測不可能だが甚大な影響をもたらす事態
 - 後付けの原因究明は可能だが、大概間違っている
 - シミュレーションでブラックスワンを事前に見る必要性
- ブラックスワンに対応するデザイン
 - ブラックスワンの原因を取り除く
 - ブラックスワンが起きたときの対処
 - 「事前の」失敗学



N・タレブ

デリバティブトレーダーから
認識論の研究者へ

まとめ

- システム再生による社会基盤の設計
- データ解析＋モデリングによるシステム再生
- ポストAIとしてのMAS
- MASによる未来社会設計の現状