

S4 Simulation System セミナー

エージェントベース・モデルによる 相対取引市場の分析

慶應義塾大学大学院 経営管理研究科

李晟陽 菅愛子

指導教員 高橋大志

サマリー

背景

ICT技術の発展とともに、豊富な情報がより易しく手に入れられる。しかしながら、人の教育水準、所在地域など諸要因の影響で、情報獲得能力の格差は相変わらず広く存在している。この格差により個人や社会に影響を与える可能性があると考えられる。

目的

情報獲得能力による影響をエージェントベースモデルにて分析

2種類の資産を取引するモデルで分析： Sugerscape (Epstein Axtell [1996]) を拡張

結果

情報獲得能力が向上することで、（1）市場参加者の生存確率が高くなる、（2）市場参加者が最適な位置を見つけられる、（3）市場参加者の繋がりがより強くなる、（4）資産価格評価のばらつきが小さくなる、などを観察した。

目次

- 背景
- 目的
- モデル
- 分析結果
- まとめ
- 今後の課題

目次

- 背景
- 目的
- モデル
- 分析結果
- まとめ
- 今後の課題

背景：理論

情報格差とは

- 情報処理能力 [Kvasny 2002]

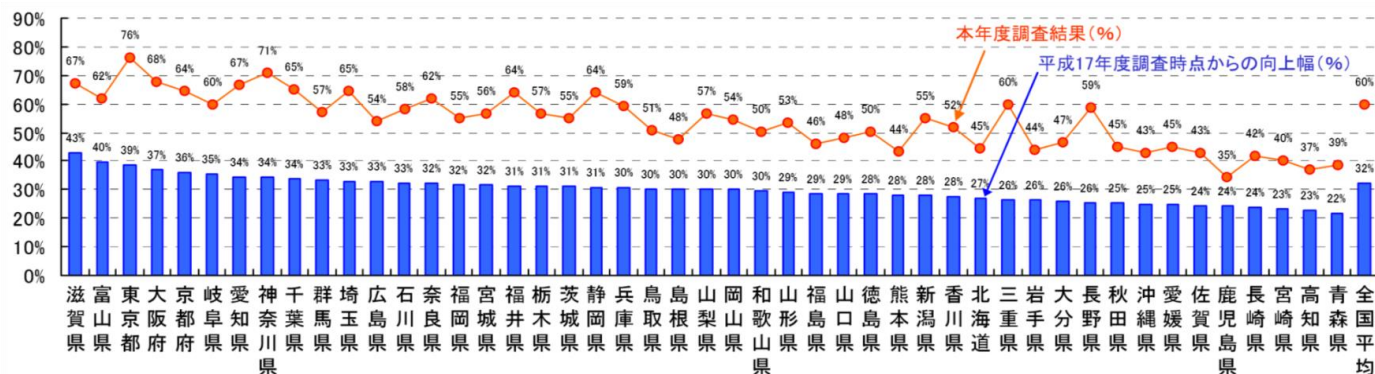
“情報格差とは獲得した情報をうまく利用する能力と情報の価値を意識する能力である。”

- 情報獲得能力 [Don Fallis 2004]

“情報格差とは情報を獲得する能力の不平等性である。”

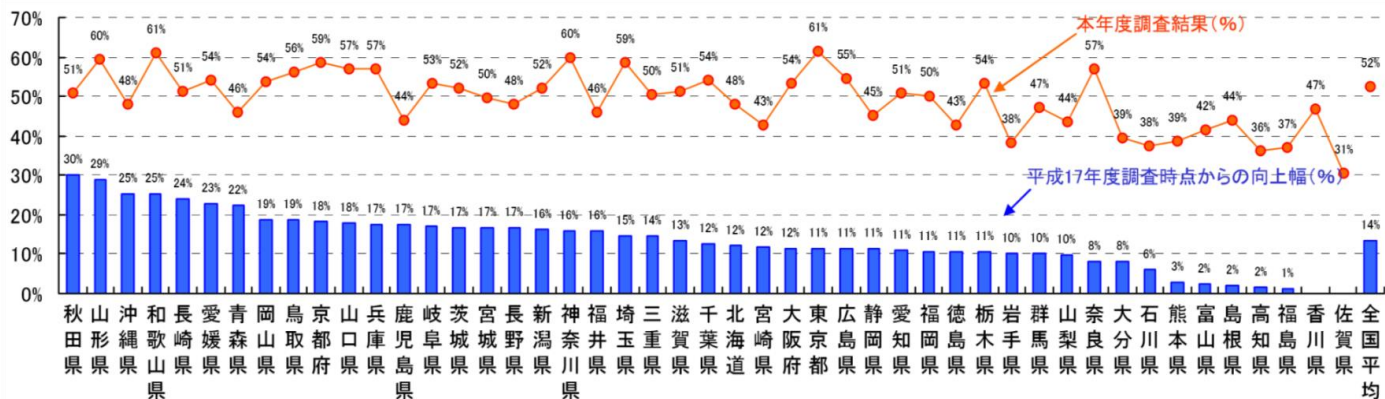
背景：現実

- 日本のICT基盤は世界的に見ても高い水準にあり、先進国の中でも先行しているが、依然として一部の地域、あるいは年齢層に限られている等、情報獲得能力の違いが存在している



2015年都道府県別ブロードバンド普及率:

60%



2015年都道府県別携帯インターネット普及率:

52%

目次

- 背景
- **目的**
- モデル
- 分析結果
- まとめ
- 今後の課題

目的

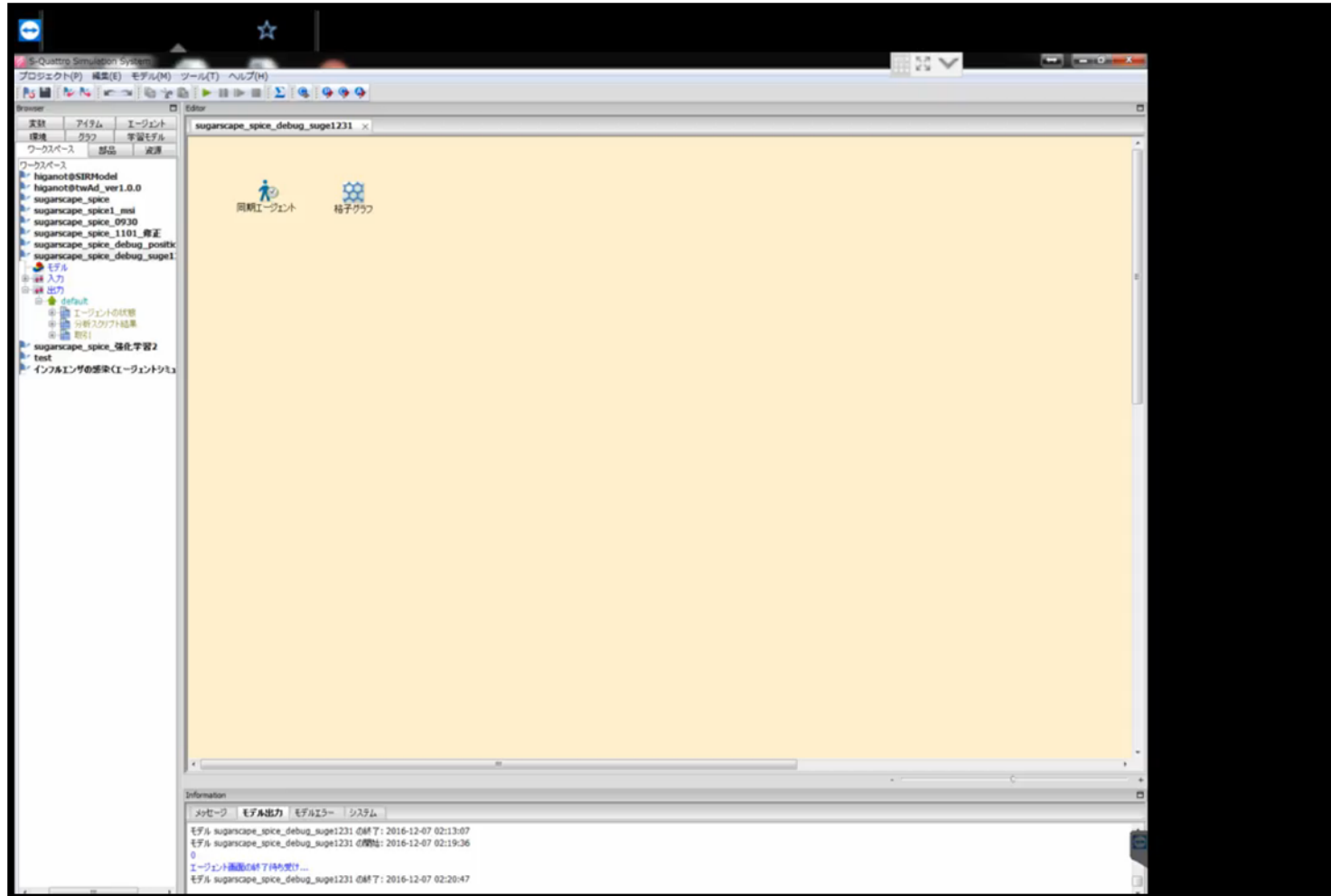
- 経済活動における取引において、情報は重要な役割を果たす。市場参加者の**情報獲得能力の違い**により、個人及び社会の利得にもたらす影響に焦点を当て分析。
- 取引場取引と比較し、取引価格が共有されない**相対取引**市場において情報格差の影響がより著しくなる可能性を考慮する。
- **エージェントベース・シミュレーション**を用いて要因を抽出し、モデルを構築する。情報格差がエージェントのミクロ行動から市場全体のマクロ行動までの影響経路を分析する。

目次

- 背景
- 目的
- **モデル**
- 分析結果
- まとめ
- 今後の課題

DEMO

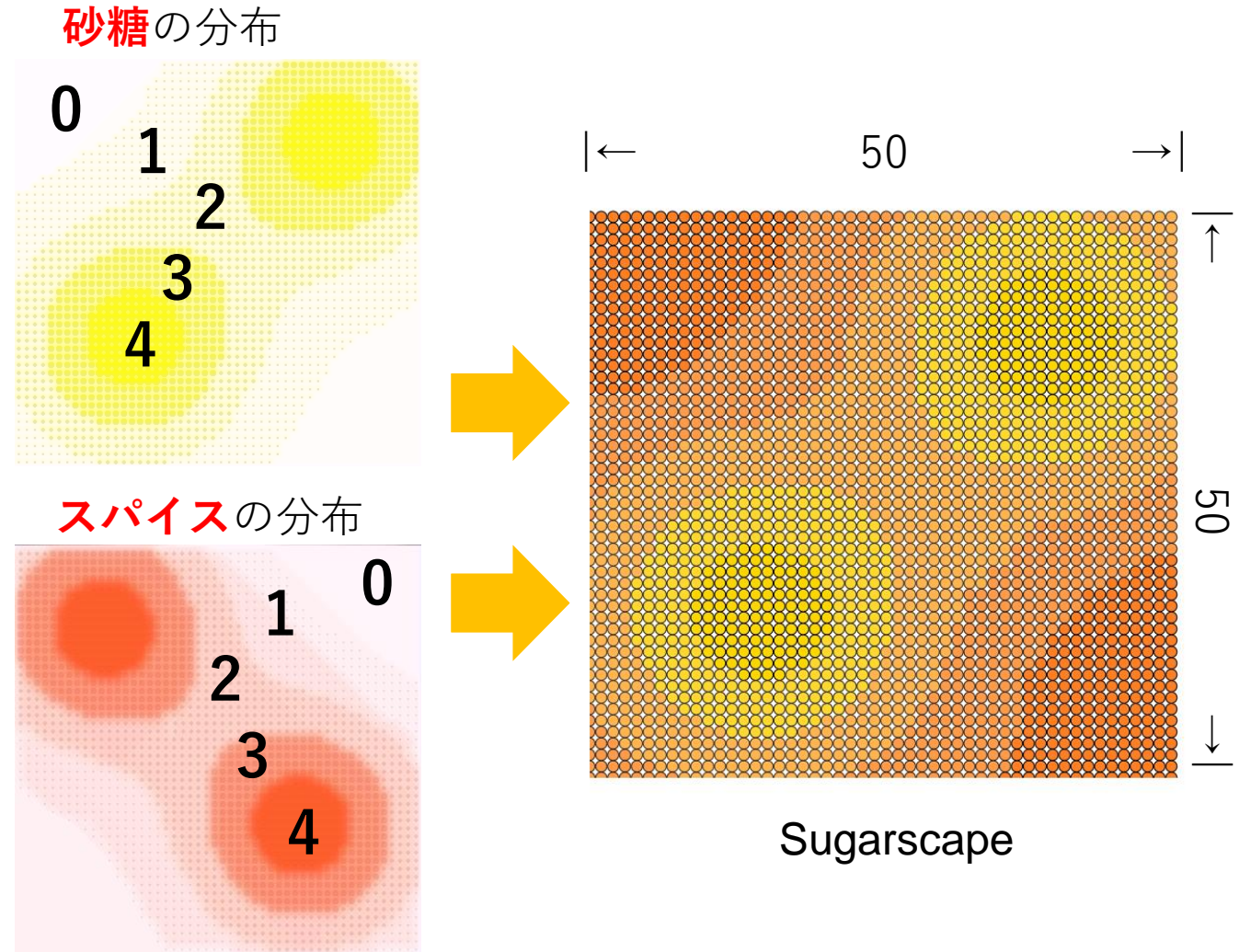
S4 Simulation System



モデル： Sugarscape

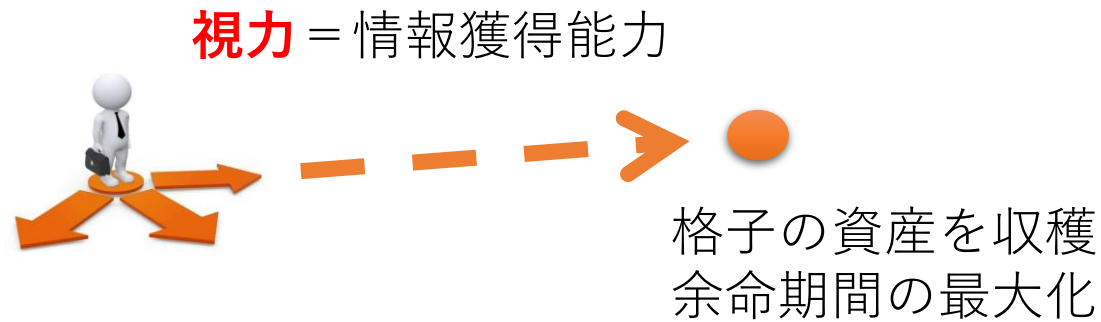
Epstein Axtell [1996]

- Sugarscape という 50×50 の空間を構築。エージェントが生きるために摂取しなければならない資源に砂糖とスパイスを設定。
- エージェントが自分がいる格子の砂糖とスパイスを収穫し、場の資源はゼロになる。一定期間を経つと、資源はその場の分布に応じて再生する。

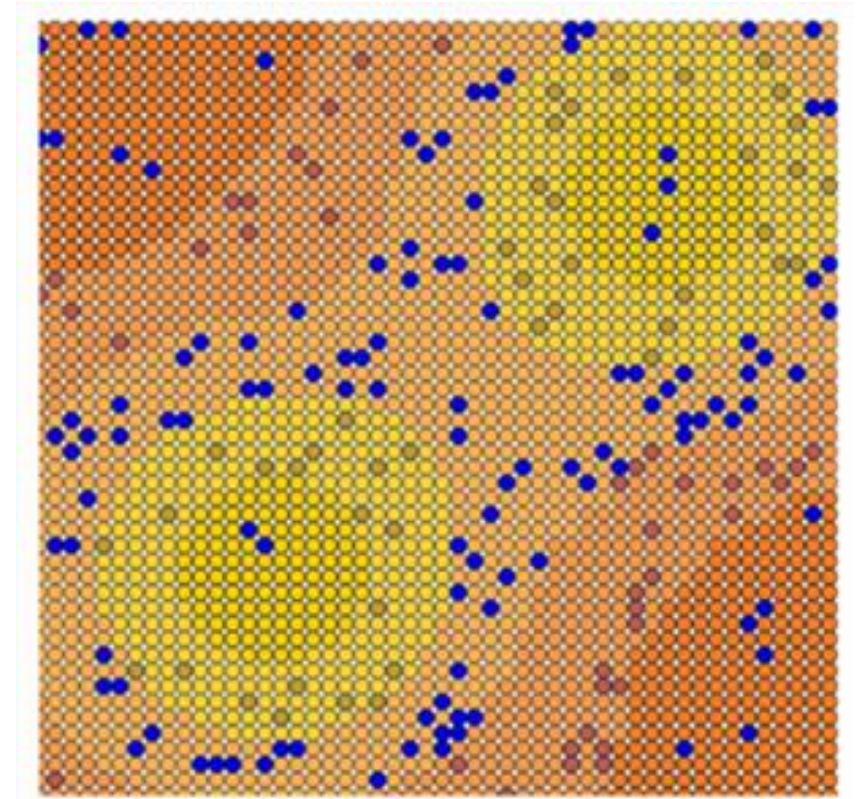


モデル：エージェント

1. 移動・収穫



2. 取引



モデル：エージェント

3. 消費

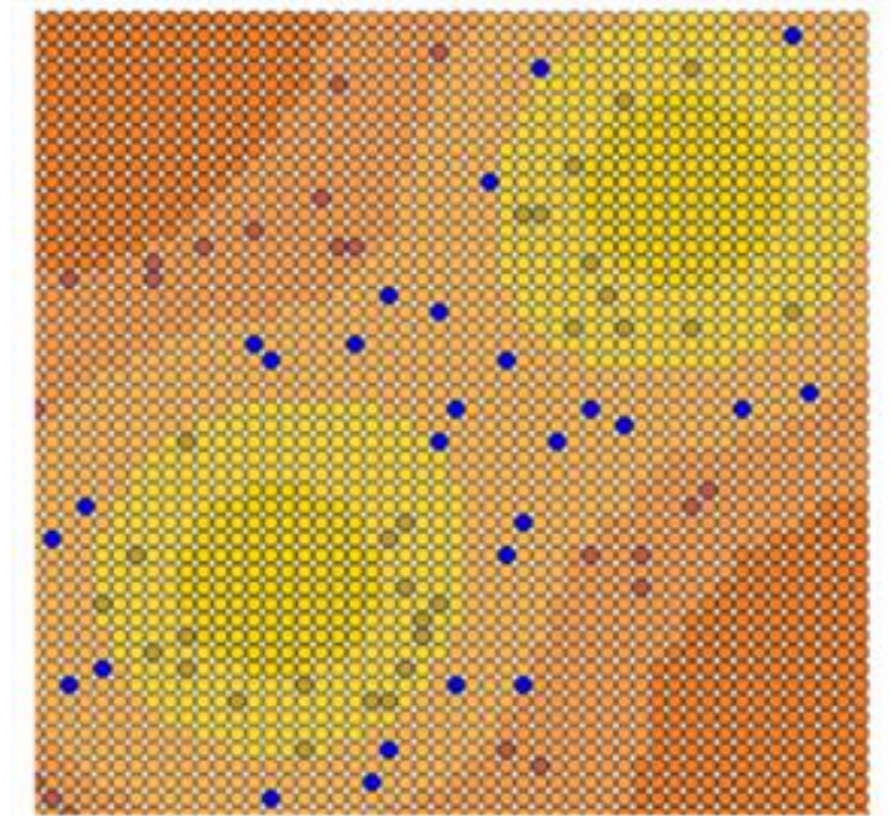


エージェントが有する**代謝率**に従って、砂糖とスパイスを期間ごとに消費する

4. 死亡



資産がゼロになる場合

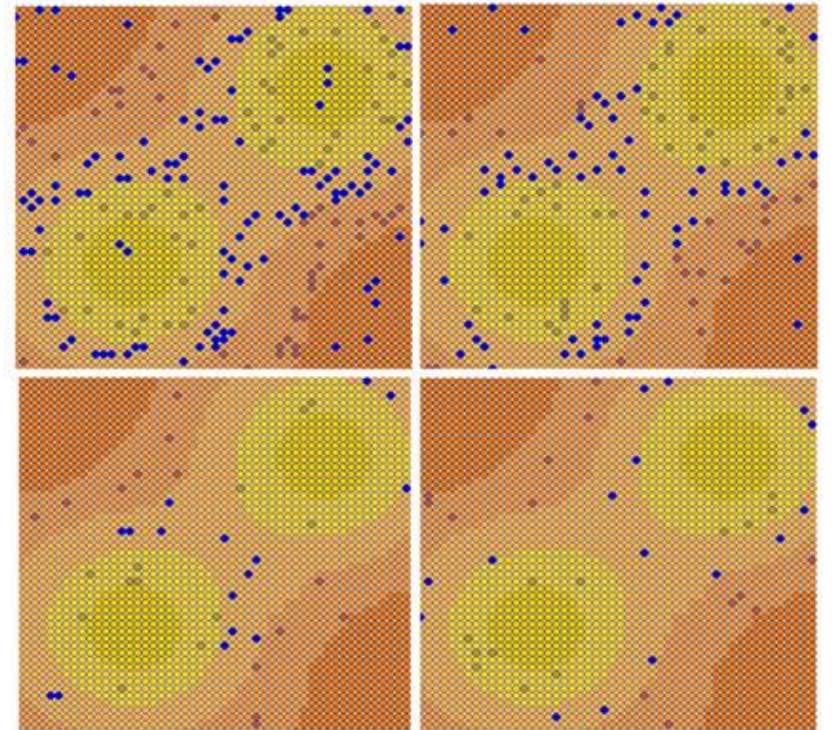


モデル：パラメーターの設定

Sugarscape内のエージェントに移動、取引、収穫、消費などの能力を与え、エージェントの内部状況と行動ルールを設定

位置：エージェントが空間にいる位置である。
(x, y) という二次元座標で表す。複数のエージェントが同時に同じ格子にすることができない。

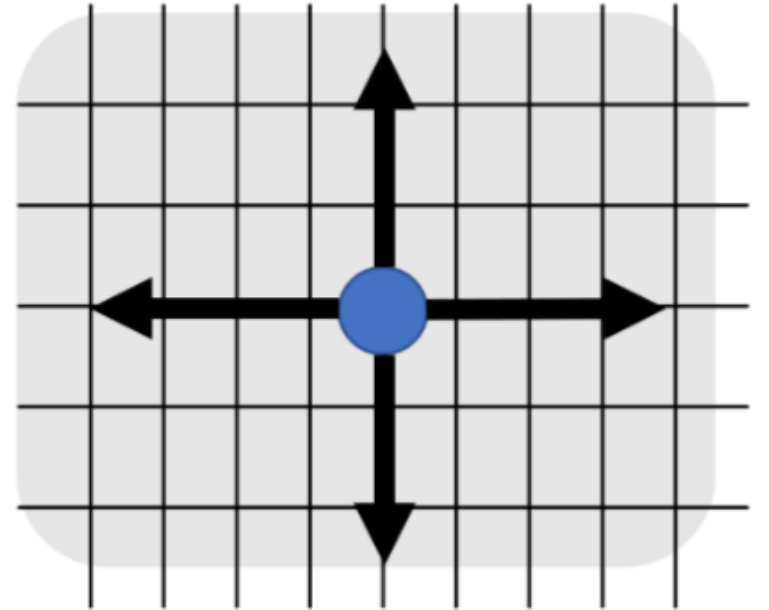
代謝率：期間ごとに、エージェントが消費する砂糖とスパイスの量。エージェントごとに異なる代謝率を与え、エージェントごとに異なる選好とみなすことができる。



モデル：パラメーターの設定

財産：エージェントが持っている砂糖とスパイスの量を指す。一回目の財産は**初期財産**という。持つ資産の制限はないが、砂糖かスパイスかどちらかがゼロになると、死亡と判断し、空間から去る。

視力：エージェントが見える距離を表す。視力値がエージェントが格子の何単位先に見えるかを示す。視力値の違いはエージェントの間の**情報格差**を示すと考えられる。



モデル：パラメーターの設定（移動）

移動ルール：移動先で厚生関数で最も大きい値の位置へ移動する

$$\text{厚生関数：} \quad W(w_1, w_2) = w_1^{m_1/m_t} w_2^{m_2/m_t}$$

砂糖とスパイスの代謝率が (m_1, m_2) 、現在持っている資産を (w_1, w_2) とする。

移動する時に、移動先（視力で見える範囲）にある砂糖とスパイスの量 (x_1, x_2) を考慮し、

$$\max W(w_1 + x_1, w_2 + x_2)$$

最大になる場所へ移動する。

モデル：パラメーターの設定（取引）

1. 取引相手の選定：視野内に存在するエージェントをランダムに選定する。
2. エージェントは砂糖とスパイスを内部評価する。厚生関数にMRSを適用すると以下のようなになる。

$$\text{MRS} = \frac{dw_2}{dw_1} = \frac{\frac{\partial w(w_1, w_2)}{\partial w_1}}{\frac{\partial w(w_1, w_2)}{\partial w_2}} = \frac{\frac{m_1}{m_t} w_1^{(m_1 - m_t)/m_t} w_2^{m_2/m_t}}{\frac{m_2}{m_t} w_1^{m_1/m_t} w_2^{(m_2 - m_t)/m_t}} = \frac{m_1 w_2}{m_2 w_1} = \frac{w_2}{w_1} \frac{m_2}{m_1}$$

エージェントの代謝率が (m_1, m_2) であり、持っている資産が (w_1, w_2) なので、MRSが二つの資源の「相対的な内部欠乏」と表す指標である。

モデル：パラメーターの設定（取引）

3. 交渉プロセスへ進んでお互いの価格合意を模索する。

	$MRS_A > MRS_B$		$MRS_A < MRS_B$	
エージェント	A	B	A	B
買う	シュガー	スパイス	スパイス	シュガー
売る	スパイス	シュガー	シュガー	スパイス

4. 両方エージェントが取引価格を決め、より満足な状態になることが分かれば、彼らの間に食糧の交換が発生する。（Albin とFoley [1990]）

$$p(MRS_A, MRS_B) = \sqrt{MRS_A MRS_B}$$

目次

- 背景
- 目的
- モデル
- **分析結果**
- まとめ
- 今後の課題

モデル：基本パラメーター

期間：1000回

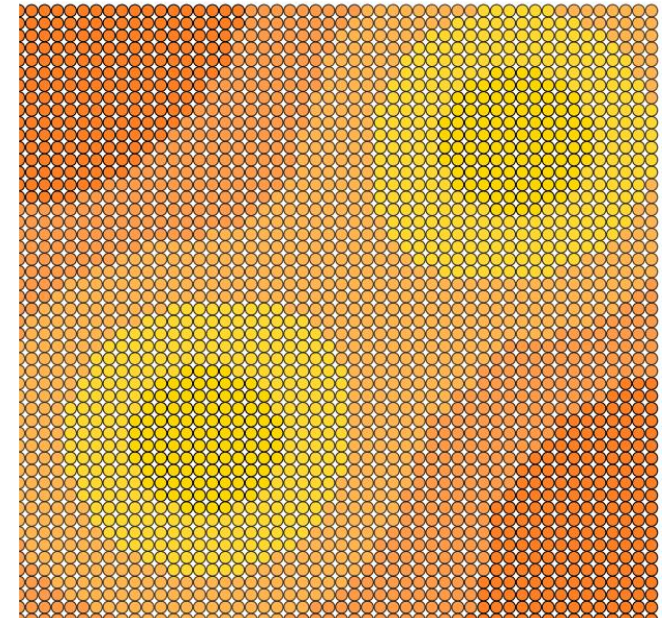
視力：1-5の一樣分布

代謝率：1-5の一樣分布

初期資産：25-50の一樣分布

初期位置：ランダム

エージェントの数：400



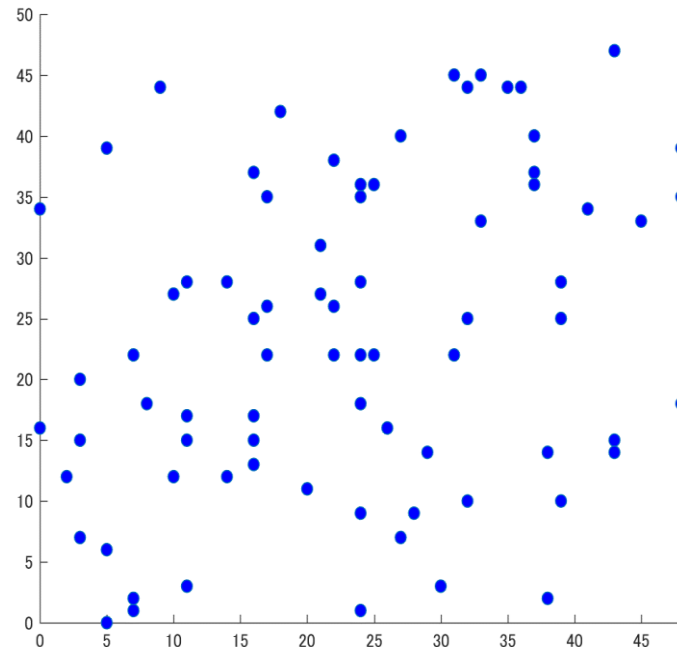
基本モデル：生存要因の分析

生存者：シミュレーション全期間生きたエージェント

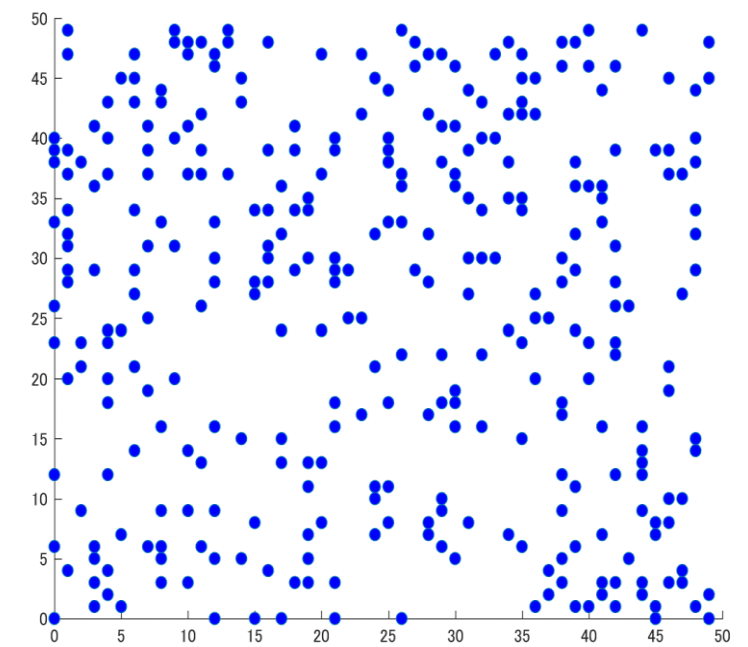
死亡者：シミュレーション半期間までに死んだエージェント

平均で見ると、生存は視力、代謝率、初期位置と関連性があることが示唆された

(平均)	生存者	死亡者
視力	3.34	2.99
初期砂糖	37.48	37.86
初期スパイス	37.83	37.67
砂糖代謝率	1.70	3.30
スパイス代謝率	1.60	3.47



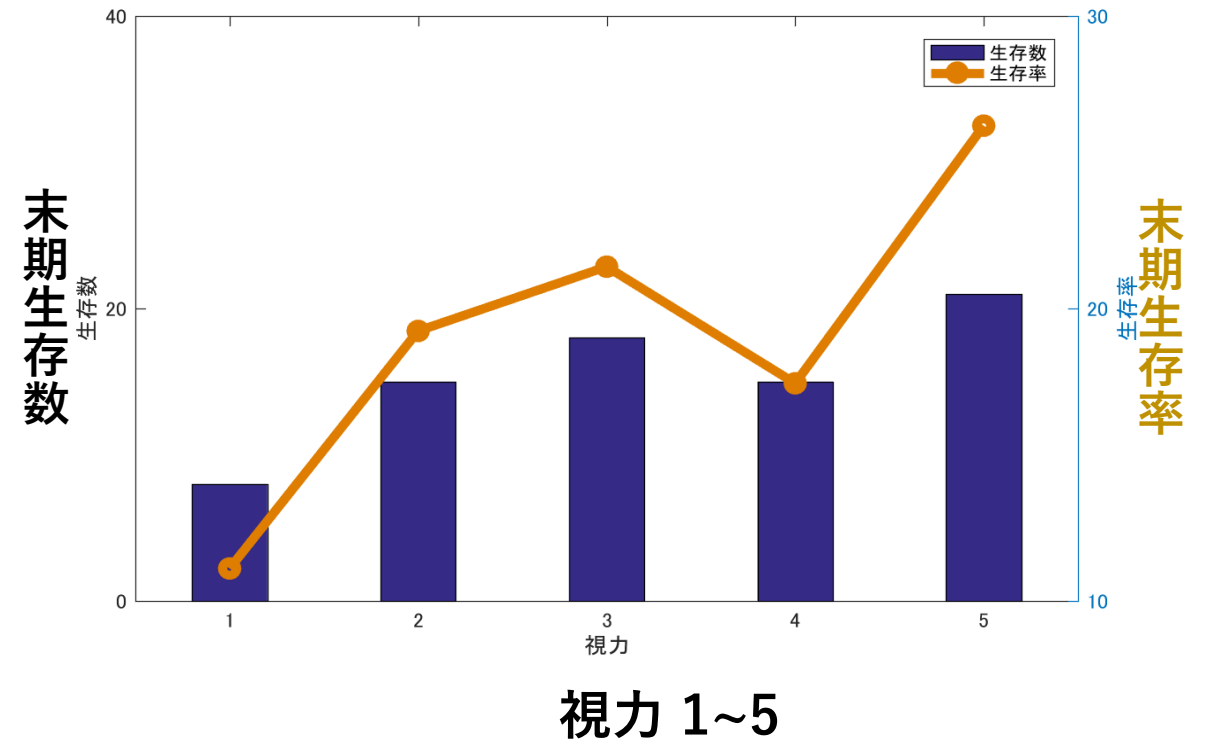
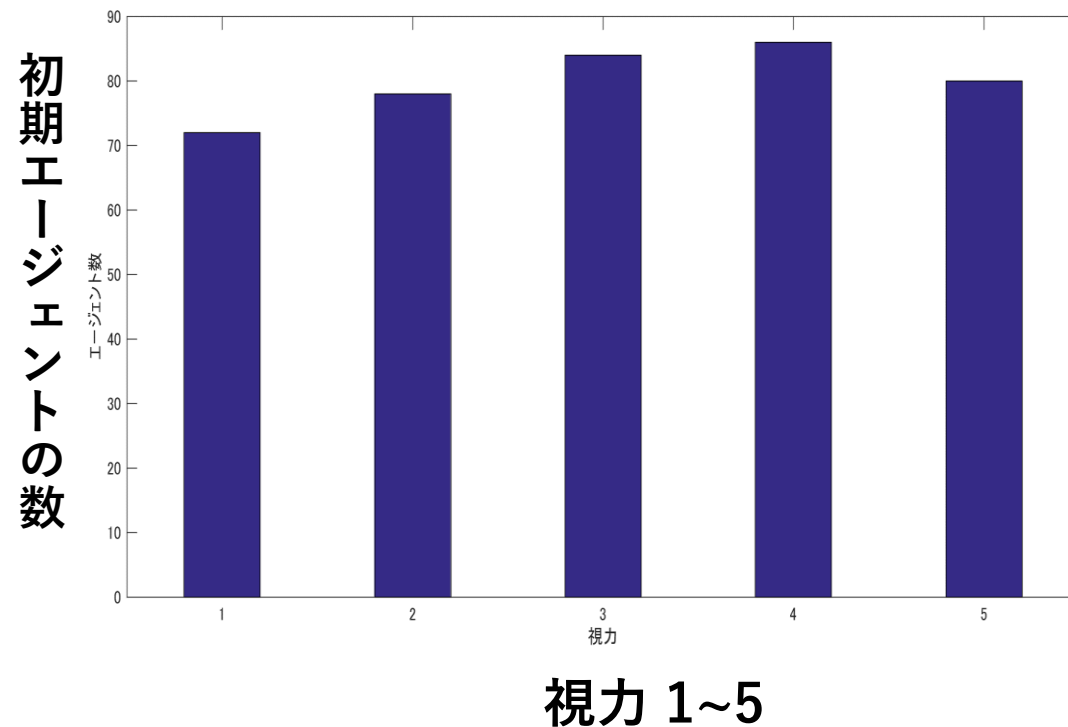
生存者の初期位置



死亡者の初期位置

基本モデル：視力

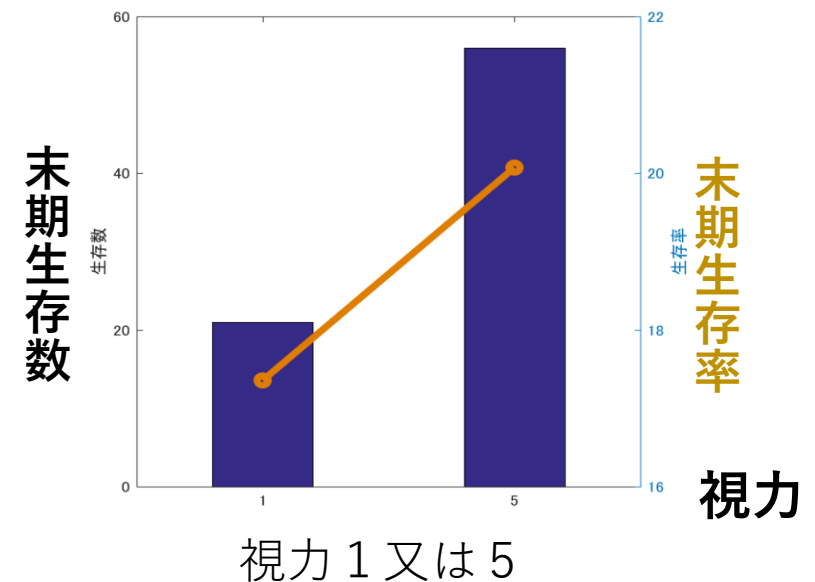
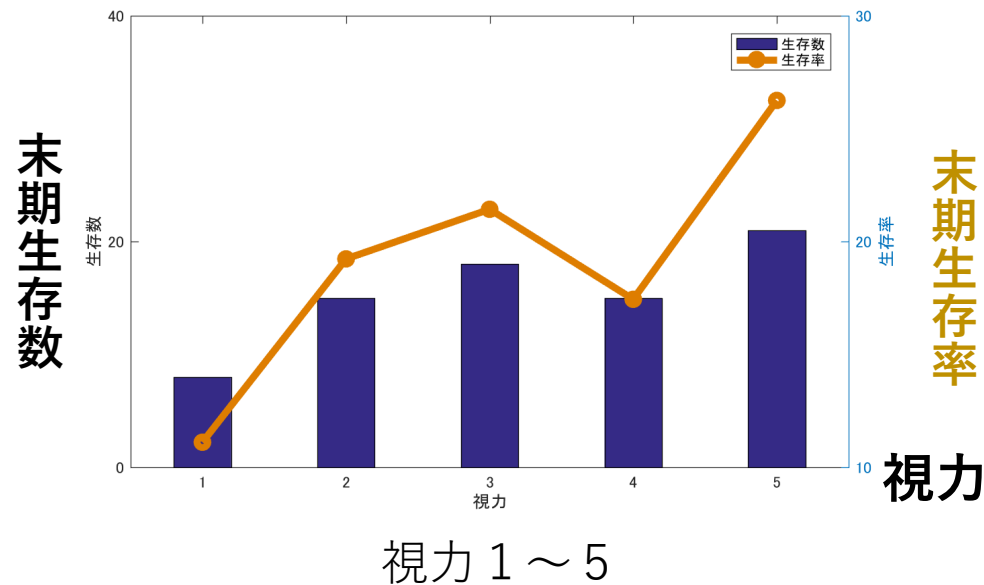
初期と末期の視力分布図を比べると、視力の差と最後まで生き残る可能性に関連があることが示唆された。



エージェントの視力による影響

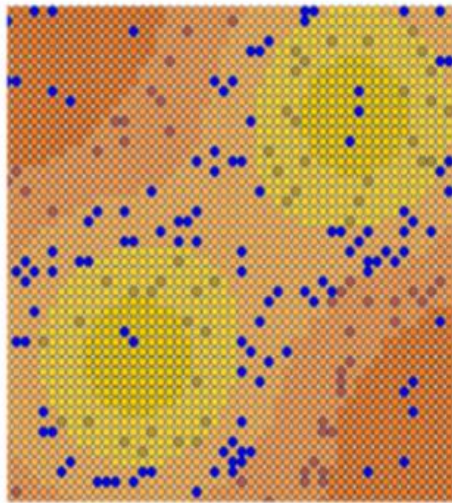
視力値が高いエージェントが比較的最後まで生き残っていく傾向がある。
すなわち、**情報獲得能力が高いエージェントの生存能力が強いことが示唆される。**

ただし、位置や代謝率の影響で、視力と生存率の強い線形相関はみれない。

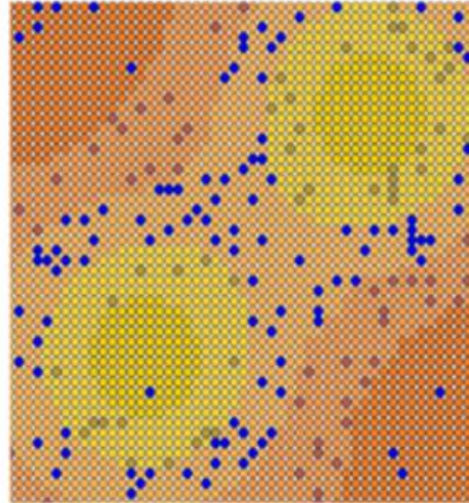


エージェントの視力による影響

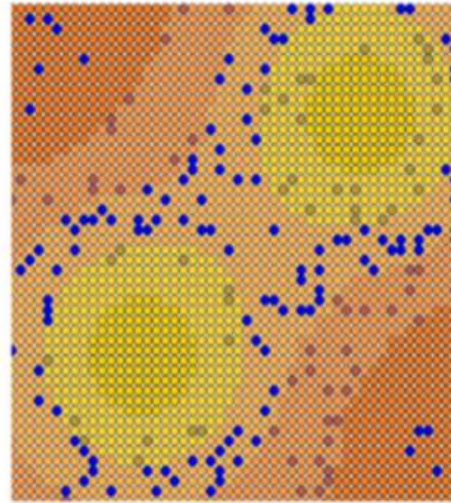
- 移動や取引を行わず生存できるエージェントいる一方、砂糖・スパイスの山の頂上にいるエージェントが、生き残っていくことは困難である。エージェントが山頂には集中せず、砂糖とスパイスが両方を収穫できる**等高線付近**で生存していることが分かる。視力以外にエージェントの位置もエージェントの生存率に関わる要因だと考えられる
- 情報格差がない状態において（例えば視力50）エージェントが自身に**最適な位置**が見つけれられる。ただし、情報格差が存在する場合、視力値が小さいエージェントがシュガー・スパイスの山の頂上におり、生存率と生存数に影響を与える。



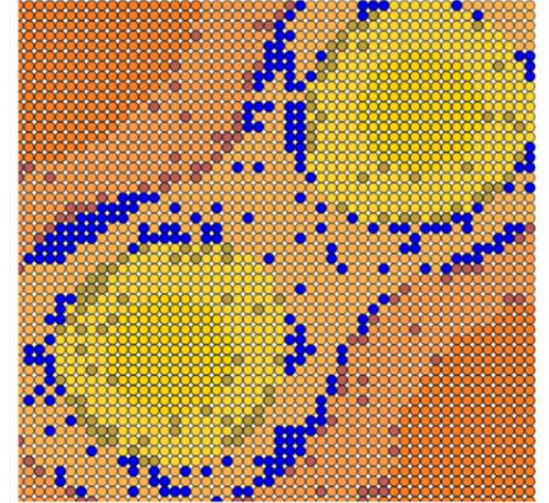
視力 1 ~ 5



視力 1 又は 5



視力 5 のみ



視力 50 のみ

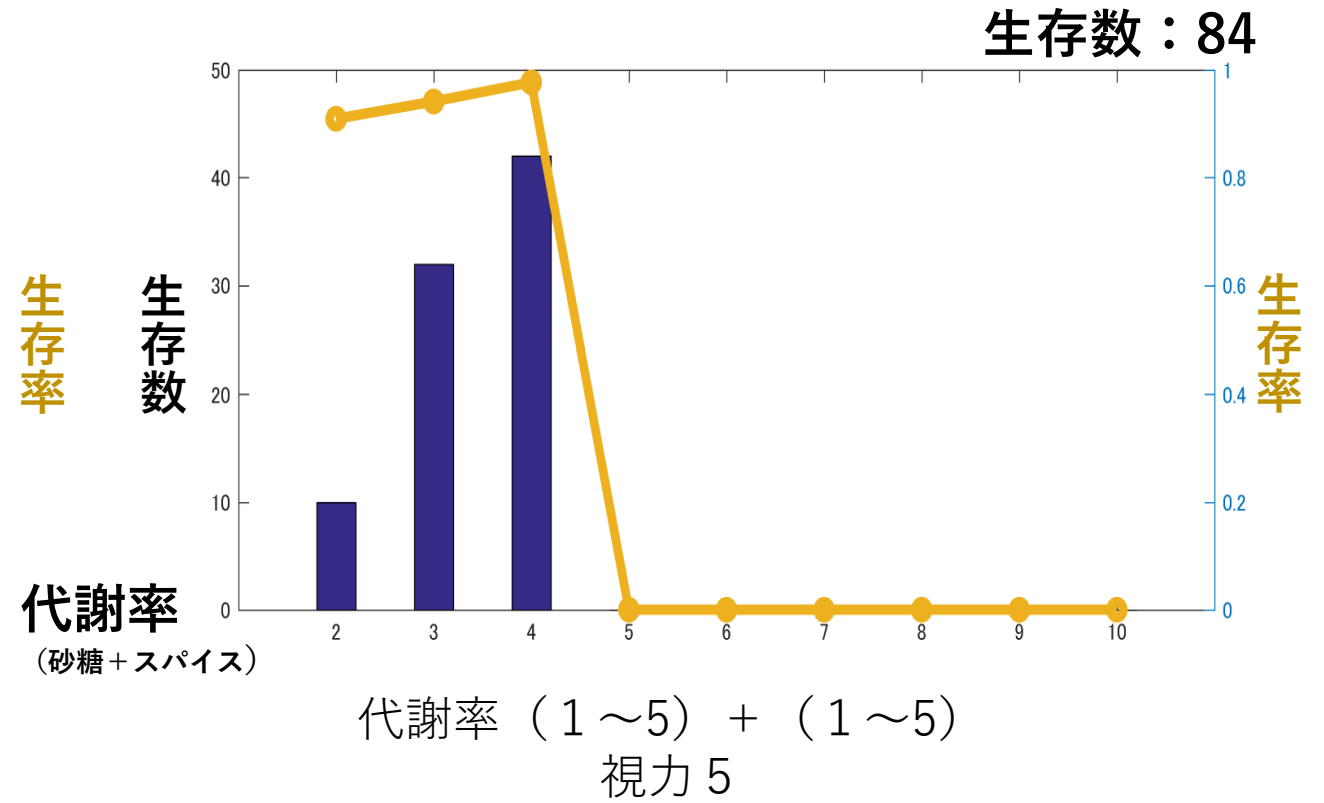
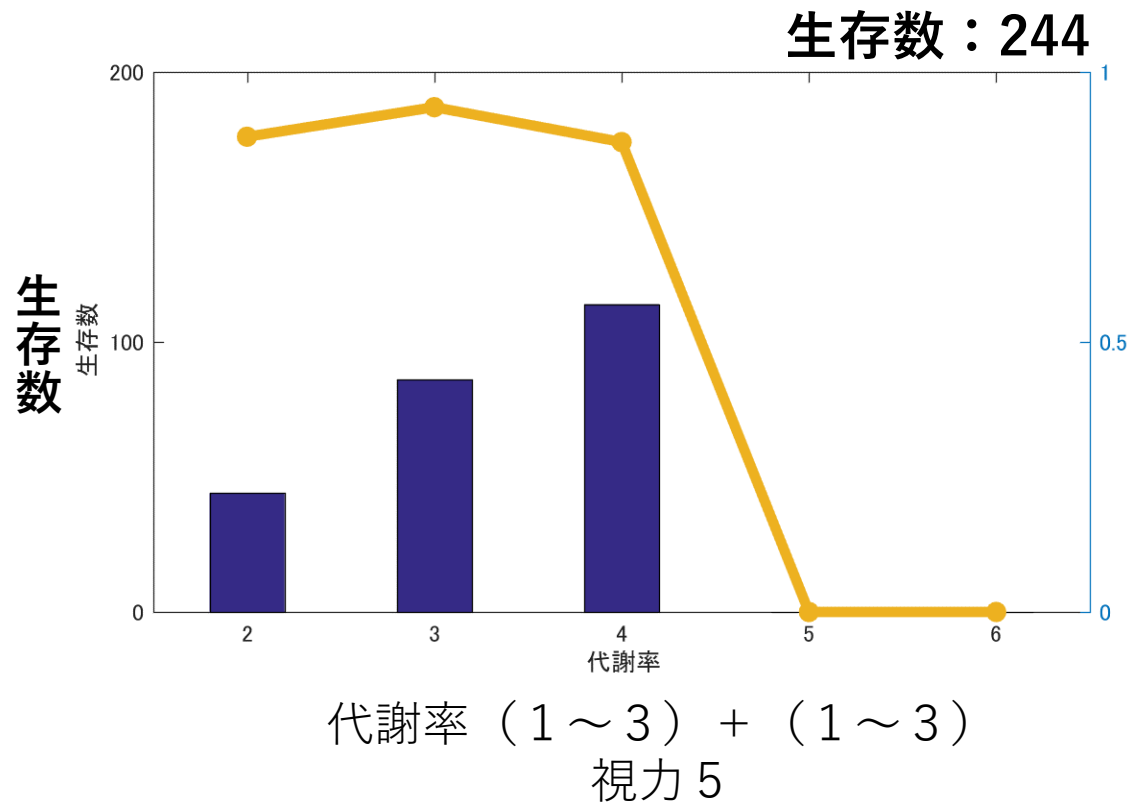
基本モデル：代謝率と初期資産

- 代謝率(1~5)に対する初期資産(25~50)が大きいほど生き残る傾向がある
- 砂糖とスパイスどちら一方の比が小さくても、かたほうが大きければ、生き残りやすい

初期砂糖/砂糖代謝		初期スパイス/スパイス代謝				
		0-10	11-20	21-30	31-40	41-50
0-10		0%	0%	0%	0%	11%
11-20		0%	6%	63%	67%	33%
21-30		0%	29%	100%	100%	75%
31-40		0%	86%	100%	100%	100%
41-50		0%	71%	100%	100%	100%

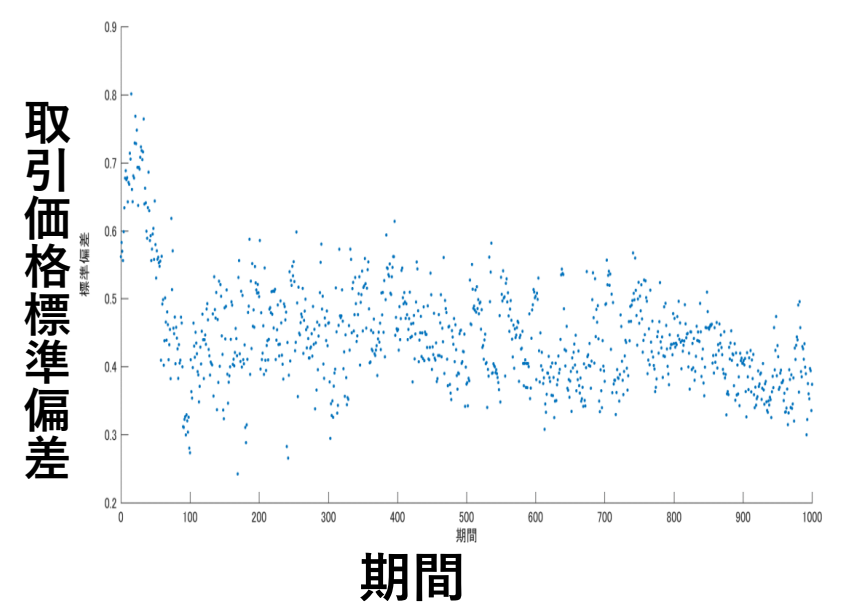
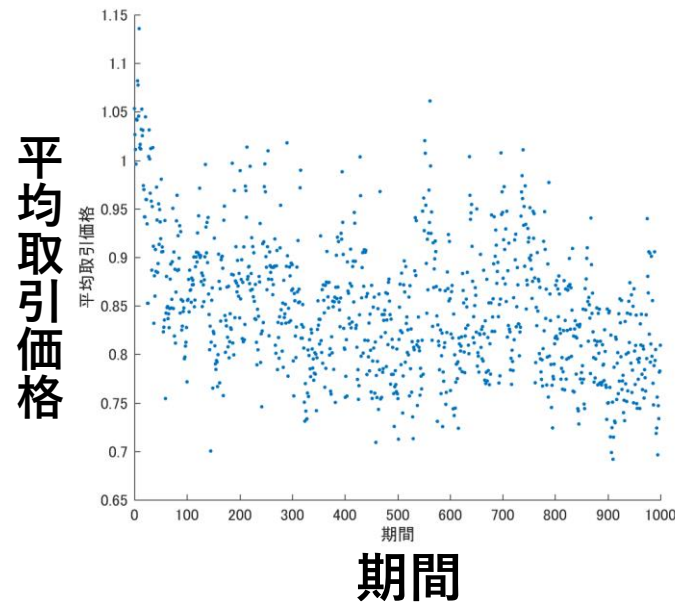
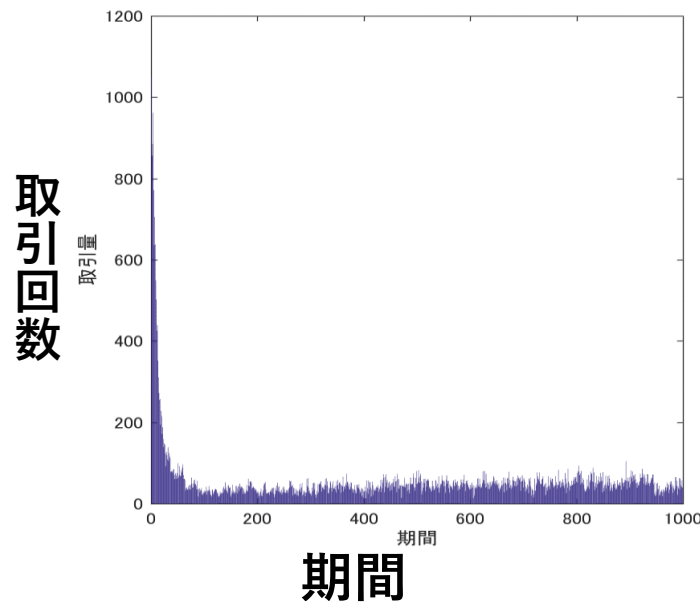
エージェントの代謝率による影響

代謝率が小さいほど、エージェントの生存がしやすくなる可能性が高いと考えられる。どちらかの代謝率が高いと、環境の影響を受けやすいことが示唆される。



基本モデル：取引量と取引価格

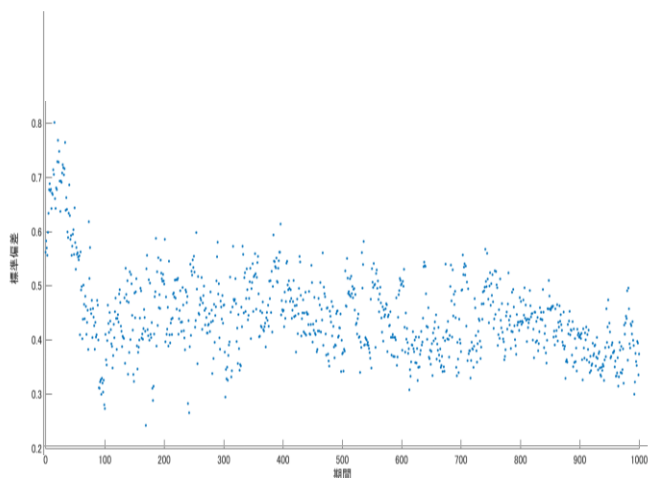
- 期間内に約**110,000**件の取引交渉を行い、全体の取引量がパレード分布に近似しており、わずかの期間に爆発的な取引量があり、他の期間は小規模にとどまる。
- 平均取引価格が初期にかなり変動している。ただし、期間が進むとともに、標準偏差が小さくなり、変動幅が抑える傾向がある。ただし、全体的に見ると価格が収束していく様子が見えない



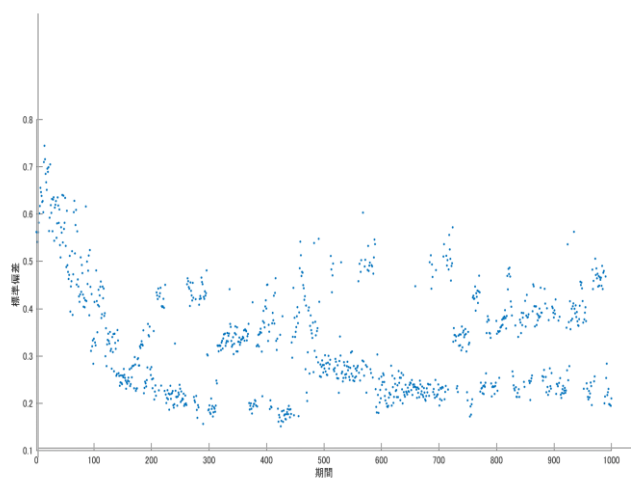
エージェントの視力による影響

視力が取引価格の収束に影響を与える可能性がある。視力値が低くなると、取引価格が収束せず、分散している一方、視力値が高いエージェントが多ければ、取引価格が収束していく傾向がある。

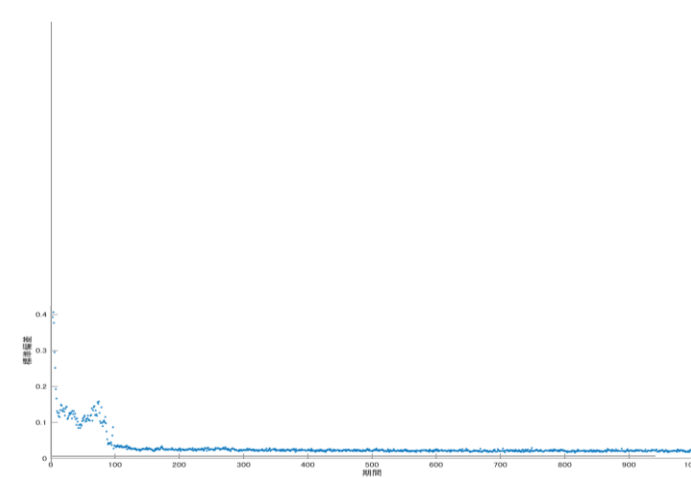
取引価格標準偏差



基本：視力 1 ~ 5



視力 1 又は 5

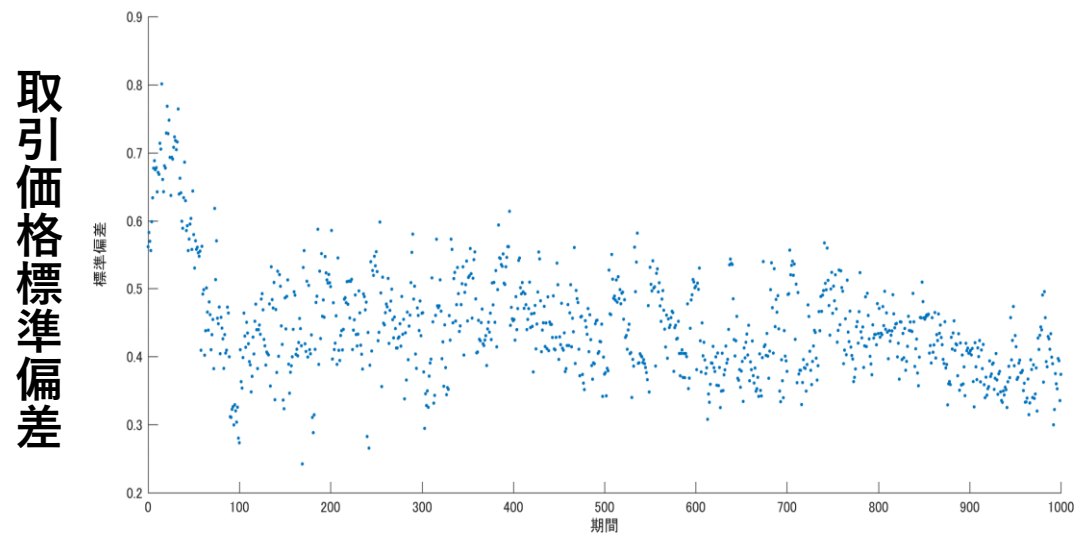


視力 1 7

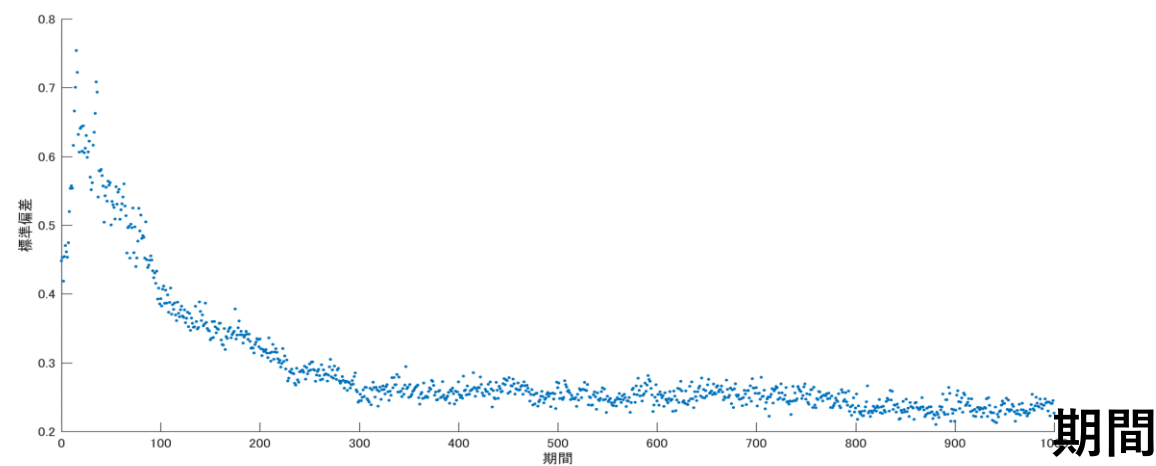
期間

エージェントの代謝率による影響

エージェントが多く生存したことで、全体の取引ネットワークが成立。取引の回数が非常に高いエージェントを通じ、価格情報はエージェント全員に拡散され、価格評価のばらつきが小さくなる。



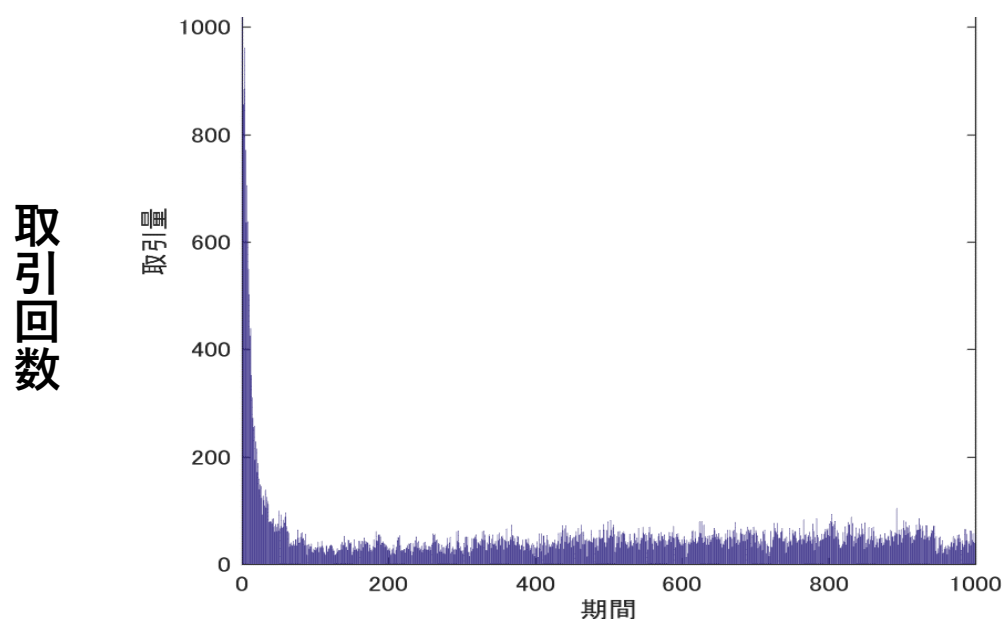
基本：代謝率 1～5



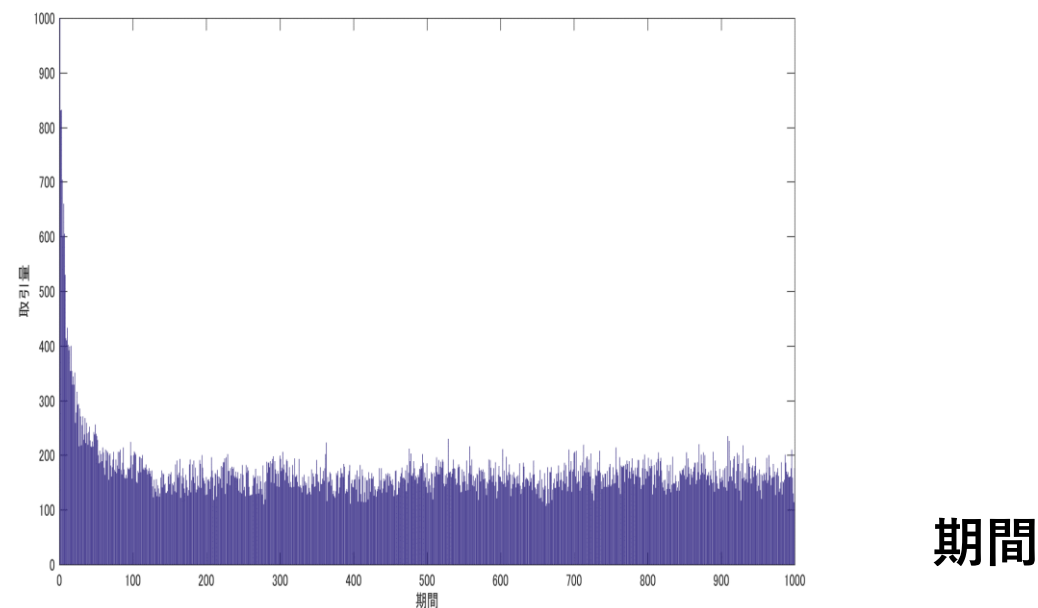
代謝率 1～3

エージェントの代謝率による影響

エージェントの代謝率が低くなるとともに、エージェントがより多くの持ち資産を取引し、取引量が増え、取引価格もより収束していき、**市場全体の流動性**が高くなる傾向が見える。



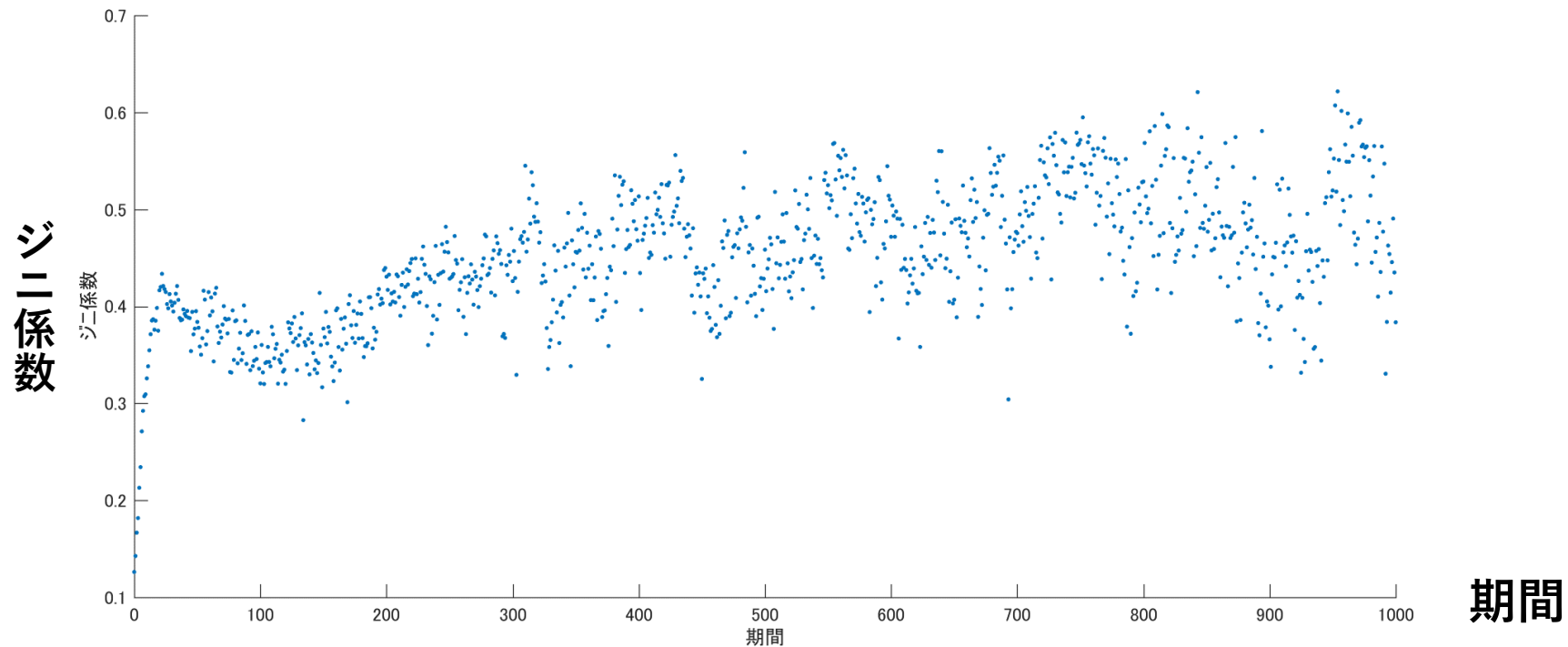
基本：代謝率 1 - 5



代謝率 1 ~ 3

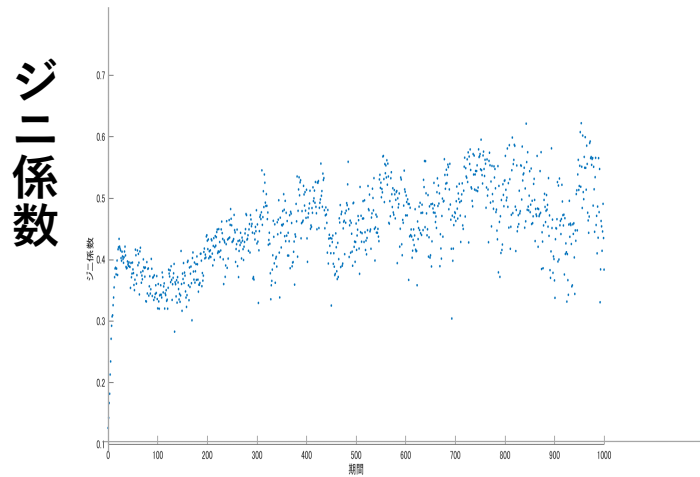
基本モデル：ジニ係数

- エージェントの貧富格差が取引に伴い、急速に**拡大**する傾向がある
- 末期にジニ係数の変動が激しく、エージェント間の**繋がりが**弱くなっている可能性がある。

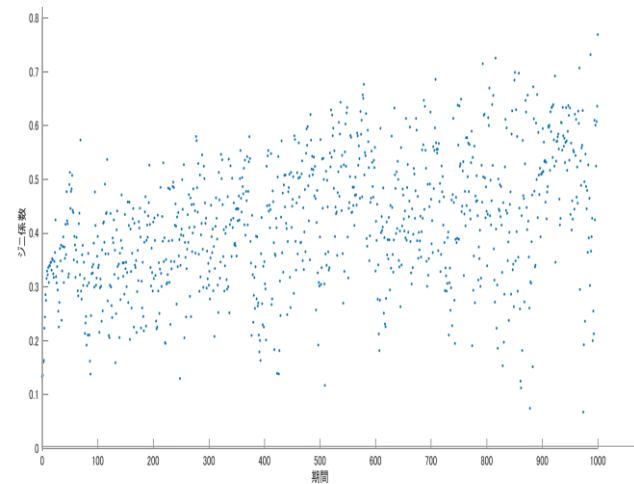


エージェントの視力による影響

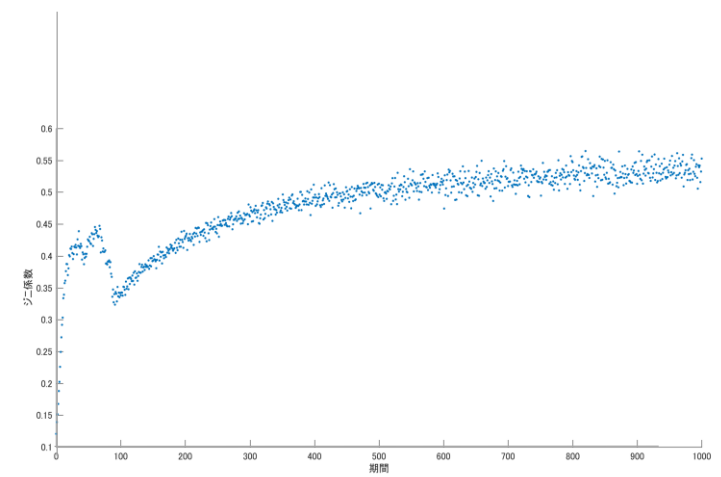
- 取引により、**ジニ係数**が急速に**拡大**していく傾向がある。
- 視力値が高ければ、期間ごとの**ジニ係数**が**収束**していく。
- 期間ごとの**ジニ係数の分散度**はエージェント間の繋がりを反映する可能性がある。
分散度が小さければ、エージェントの繋がりがより強いと示す傾向がある



基本：視力 1 ~ 5



視力 1 のみ



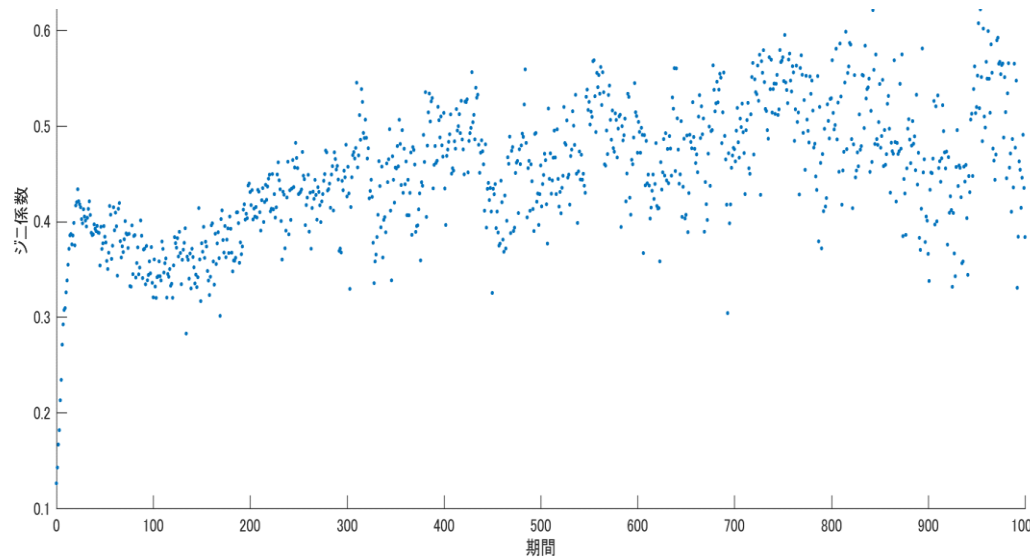
視力 1 7 のみ

期間

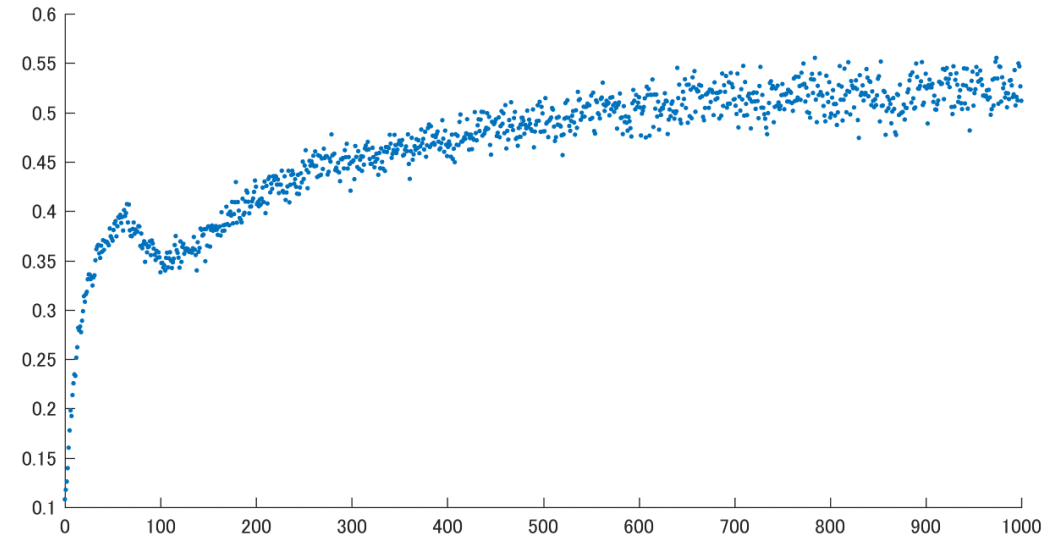
エージェントの代謝率による影響

- 代謝率が高ければ、期間ごとのジニ係数が収束していく傾向がある

ジニ係数



基本：代謝率 1～5



期間

代謝率 1～3

目次

- 背景
- 目的
- モデル
- 分析結果
- **まとめ**
- **今後の課題**

まとめ

- エージェントベース・モデルにて、情報獲得能力の影響を分析
 - Sugarscapeモデル(Epstein Axtell [1996]) を拡張
- 情報獲得能力が向上することで、(1) 市場参加者の生存確率が高くなる、(2) 市場参加者が最適な位置を見つけられる、というエージェントの変動とともに、(3) 市場参加者の繋がりがより強くなる、(4) 資産の価格評価のばらつきが小さくなる、などの取引を通じた社会への影響をことなどを見出した。

情報獲得能力は経済活動に影響を与える可能性

今後の課題

本研究を通じ、相対取引における投資者に影響を与える主要因を分析し、エージェントのミクロ行動と市場全体のマクロ行動に関し分析を行った。

結果の頑健性に関する分析や、実社会（市場）との比較によるモデル評価は今後の課題である。