

人工市場モデルのための X-Economy Systemとその応用

川村秀憲, 車谷浩一†, 大内東†

†北海道大学大学院工学研究科
‡産業技術総合研究所
サイバーアシスト研究センター

マルチエージェント実験経済学

特集「人工社会」, 人工知能学会誌, Vol. 15, No. 6, 2001.
・特集「マルチエージェント実験経済学」, オペレーションズ・リサーチ学会誌, Vol. 46, No. 10, 2001.
・特集「エコノフィジックス」, シミュレーション, Vol. 21, No. 2, 2002.
・特集「マルチエージェント経済シミュレーション」, システム/制御/情報学会誌, Vol. 46, No. 9, 2002.
など

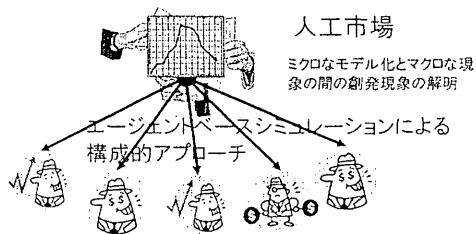
従来の経済学におけるエージェントのイメージ

完全合理性
一様性
非適応性
トップダウン指向のモデル化

エージェントベースアプローチにおけるエージェントのイメージ

限定合理性
多様性
適応性
ボトムアップ指向のモデル化

人工市場シミュレーションのイメージ



トレーダーエージェントプログラム
限定合理的な視点(情報・思考・働きかけ), 学習, 進化等

エージェントベースシミュレーションの問題点

経済学的知識と高度なエージェント技術
工学・経済学のコラボレーション



3つの問題点

- モデルの記述・表現
- モデルの構築・評価
- モデルの共有・蓄積

[Moss S., 2000] [Edmonds B., 2000] [Takadama K., 2001]

X-Economy Project



<http://www.x-econ.org>

マルチエージェント実験経済シミュレーションのための汎用的シミュレーションシステムの開発

ベース, オープンソースのシステムの公開

シミュレーションモデルの提案

研究成果の取りまとめ

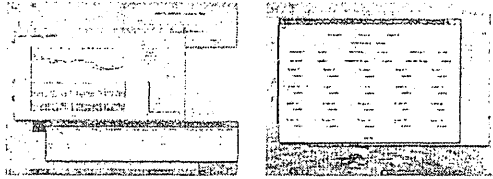
システムの特徴

- 開発が(グループウェアでも)容易に行えること。
 - オブジェクト指向言語 (JAVA)
- ・ほしい環境・機能を容易にカスタマイズできること。
- ・様々な実験環境で実験できること。
 - ・スタンドアロンやLan, Internet等
 - TCP/IP通信+XMLに基づくサーバ・クライアントシステム
- ・ユーザの目的・スキルに応じて, プログラムの追加・改良が行えること。
 - クラスに基づく機能のモジュール化
- ・ユーザが開発したツールを取り込んで, 提供できること。
 - オープンソース・マニュアルの整備・管理機関の設置



すなわち, マルチエージェント実験経済の
Linuxと呼べるようなシステムの開発

デモ



ソフトウェアは<http://www.x-econ.org>でフリーで公開中

2001年度の活動(1)

Hidenori Kawamura, Azuma Ohuchi, and Koichi Kurumatani. Development of X-Economy System for Introduction of Artificial Market. Proceedings of JSAI 2001 Internal workshop on Agent-based Approaches in Economic and Social Complex (AESCS 2001). Matsue, Japan, pp. 51-58 (2001/6).

・川村 秀憲, 大内 東, 車谷 浩一: X-Economy - マルチエージェント経済におけるシミュレーションプラットフォーム, 第10回マルチエージェントと協調計算ワークショップ(MACC'2001)論文集, pp. 122-127 (2001/11).

・川村 秀憲, 大内 東, 車谷 浩一: マルチエージェント経済のためのシミュレーションプラットフォームの提案, セルオートマトンシンポジウム講演論文集, pp. 40-44 (2001/11).

・川村 秀憲, 大内 東, 車谷 浩一: 人工市場シミュレーションのためのX-Economyシステムの開発, 第40回計測自動制御学会学術講演会 (CD-ROM), 105D-4 (2001).

・川村 秀憲, 山本 隆人, 大内 東, 車谷 浩一: 人工市場研究のためのX-Economyシステムの開発と実装, オペレーションズ・リサーチ学会2001年度春季研究発表会, pp. 250-251 (2001/5).

2001年度の活動(2)

・渡平 大輔, 川村 秀憲, 大内 東, 車谷 浩一: X-Economyシステムを用いた人工株式市場におけるニュースの信頼価値に関する研究, 2001年度日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会, 東京, pp. 252-253 (2001).

・佐々木 雄一, 川村 秀憲, 大内 東, 車谷 浩一: X-Economyシステムを用いた人工国際市場における基礎通貨の発生に関する研究, 2001年度日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会, 東京, pp. 254-255 (2001).

・渡平 大輔, 川村 秀憲, 大内 東, 車谷 浩一: 人工株式市場におけるニュース信頼の影響と株価に関する研究, 第40回計測自動制御学会学術講演会予稿集, CD-ROM, 名古屋, 105D-5 (2001).

・佐々木 雄一, 川村 秀憲, 大内 東, 車谷 浩一: 人工市場における国際取引と輸出税の発生に関する研究, 第40回計測自動制御学会学術講演会予稿集, CD-ROM, 名古屋, 105D-6 (2001).

・渡平 大輔, 川村 秀憲, 大内 東, 車谷 浩一: 金融商品の価格学習エージェント群への信頼提示の方法と市場のマクロ構造の変化に関する研究, セルオートマトンシンポジウム講演論文集, 横浜, pp. 51-56 (2001).

・山本 隆人, 川村 秀憲, 大内 東, 車谷 浩一: ポートフォリオに基づく意思決定エージェント群の導入による市場構造の変化に関する考察, セルオートマトンシンポジウム講演論文集, 横浜, pp. 57-62 (2001).

2002年度の活動(1)

Hidenori Kawamura, Daisuke Kanehira, Koichi Kurumatani and Azuma Ohuchi: Exogenous Information and Endogenous Market Behavior with Artificial Learning Traders, Papers from the AAAI Workshop, Multi-Agent Modeling and Simulation of Economic Systems, Technical Report WS-02-10, AAAI Press (ISBN 1-57735-163-0), pp. 40-45 (2002).

・Tomohisa Yamashita, Yuichi Sasaki, Hidenori Kawamura, Koichi Kurumatani and Azuma Ohuchi: Emergence of Key Currency by Interaction among International and Domestic Markets, Papers from the AAAI Workshop, Multi-Agent Modeling and Simulation of Economic Systems, Technical Report WS-02-10, AAAI Press (ISBN 1-57735-163-0), pp. 16-21 (2002).

・Koichi Kurumatani and Azuma Ohuchi: World trade league: A computational simulation framework for economic systems. "Agent-Based Approaches in Economic and Social Complex Systems" in Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Vol. 72, A. Namatame et al. (Eds.), IOS Press (ISBN 1-58603-225-9), Ohmsha (ISBN 4-274-90490-3-C3000), pp. 179-187 (2002).

・Akiu Sashima and Koichi Kurumatani: MAEP: A standard communication protocol for artificial economy -- an instance of x-ss. In H.J. Caulfield and S-H. et al. (Eds.) Chen, editors, Proceedings of Sixth Joint Conference on Information Sciences, pages 1085-1088, Association for Intelligent Machinery, 2002.

2002年度の活動(2)

Hidenori Kawamura, Azuma Ohuchi and Koichi Kurumatani. Development of X-Economy System for Simulation of Multi-Agent Economy. "Agent-Based Approaches in Economic and Social Complex Systems" in Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Vol. 72, A. Namatame et al. (Eds.), IOS Press (ISBN 1-58603-225-9), Ohmsha (ISBN 4-274-90490-3-C3000), pp. 186-197 (2002).

・Hidenori Kawamura, Koichi Kurumatani, and Azuma Ohuchi: X-Economy: A Common Simulation Platform for Artificial Market and Artificial Economy, Proceedings of 6th Joint Conference on Information Sciences, 2nd International Workshop on Computational Intelligence in Economics and Finance, North Carolina, USA, pp. 1069-1072 (2002/3).

・Daisuke Kanehira, Hidenori Kawamura, Koichi Kurumatani and Azuma Ohuchi: Complexity of Information Structure and Behavior of Artificial Market with Learning Trader Agents, Proceedings of the 6th Joint Conference on Information Sciences, 2nd International Workshop on Computational Intelligence in Economics and Finance (CIEF), pp. 1071-1080 (2002/3).

・Yuichi Sasaki, Hidenori Kawamura, Koichi Kurumatani and Azuma Ohuchi: Emergence of Key Currency in International Trade by Production and Trader Agents, Proceedings of the 6th Joint Conference on Information Sciences, 2nd International Workshop on Computational Intelligence in Economics and Finance (CIEF), 1073-1076 (2002/3).

2002年度の活動(3)

川村 秀憲, 車谷 浩一, 大内 東: X-Economy: 人工経済・人工市場のためのシミュレーションプラットフォームとその応用研究 ~ 複雑な経済システムの解明へ向け ~, シミュレーション, Vol. 21, No. 2, pp. 143-153 (2002).

・香島明男, 車谷 浩一: エキスパート時代の社会応用/XMLベースの社会システム通信プロトコル(X-SS), In Software Design, pages 100-102, 技術評論社, 2001.

・佐々木 雄一, 川村 秀憲, 車谷 浩一, 大内 東: 通貨取引エージェントを導入した国際貿易モデルにおける市場の安定性に関する研究, 電子情報通信学会技術研究報告 A12000-68-81, 静岡, Vol.101, No.536, pp. 49-56 (2002).

・渡平 大輔, 川村 秀憲, 車谷 浩一, 大内 東: 人工市場における価格学習エージェント群の信頼提示と市場のマクロ構造に関する研究, 電子情報通信学会技術研究報告 A12001-68-81, 静岡, Vol.101, No.536, pp. 57-64 (2002).

主な研究成果

金融商品の価格学習エージェント群への情報提示の方法と市場のマイクロ構造の変化の関連に関する研究
兼平大輔(北大) 他

・ポートフォリオに基づく意志決定エージェント群の導入による市場構造の変化に関する考察
山本隆人(北大) 他

・人工市場における国際取引と基軸通貨の創発に関する研究
佐々木雄一(北大) 他

・国際貿易リレー: マルチエージェント経済における標準問題
車谷浩一(産総研) 他

人工市場における市場の制度と エージェントの意思決定に関する研究

背景

市場とは、金銭と商品、商品と商品などを取引する場である

取引の方法として、「板寄せ方式」と「ザラバ方式」がある

主な違いは 取引を時間ごとに行うか、注文ごとに行うかである

板寄せ方式... 東証、NYSEで一日の始まり(寄り付き)と終わり(引け)で用いられる

ザラバ方式... 東証、NYSEで一日の始まりと終わり以外で用いられる

現在、経済研究の新たな手法として人工市場研究が盛んに行なわれているが、人工市場研究では主に「板寄せ方式」が用いられている

目的

価格決定を連続的に行うザラバ方式の市場と、離散的に行う板寄せ方式の市場では、まったく異なる価格のダイナミクスを生み出す可能性がある

ザラバ方式に比べ、板寄せ方式は大口注文を約定させやすいという特徴があるといわれている

大村章一・宇野淳・川北英哉・渡野賢司、「株式市場のマイクロストラクチャー」日本経済新聞社、1998

X-Economyシステム(川村 2001)を用いてザラバ方式の人工市場を構築し、「ボラティリティ(価格変動性)」や「約定率」などの市場の特徴量 から、取引方式の違いが生み出す価格のダイナミクスを解析する

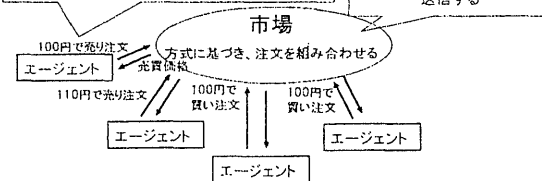
ザラバ方式で取引を行う市場を「ザラバ市場」、板寄せ方式で取引を行う市場を「板寄せ市場」という

シミュレーションモデル

注文は全て指値で行う。指値とは

- ・売り注文の場合、指値以上で売れるなら、売る
 - ・買い注文の場合、指値以下で買えるなら、買う
- という注文価格のことである

売買が成立した場合、
売買価格を全エージェントに
送信する

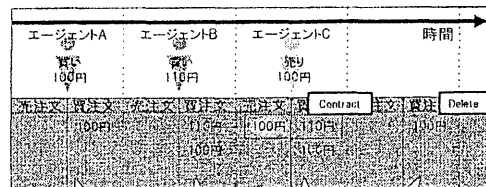


エージェントは時間的に独立に意思決定・注文を行なう

ザラバ方式

価格優先の原則... 高い(安い)指値の買い(売り)注文が優先して売買される

時間優先の原則... 同じ指値の注文は、早く出された方が優先して売買される



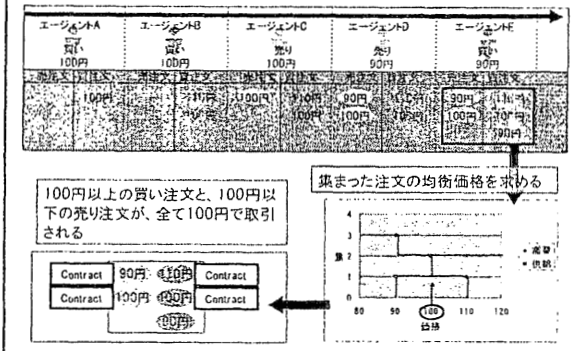
注文は市場に
蓄積される

指値の高い
買い注文が
優先される

110円で
取引成立

期間内に約定され
なかった注文は 削除される

板寄せ方式



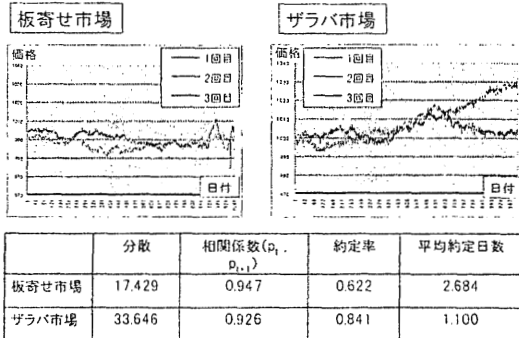
エージェントの実験設定 [和泉 01]

- 現実のトレーダーの、以下の2点に着目した
- ・予測の際に過去の価格変動を利用する事が多い
 - ・予測の失敗を次の予測に生かす(学習)
1. 予測... 自己回帰和分平均移動モデル ARIMA(n, 1, 0)
 価格変動の予想値 = n 期分の価格変動ベクトル × 予測係数ベクトル + 正規乱数
 2. 注文... 売りが買いか、価格、数量、注文の有効期間
 価格上昇を予測... 買い、価格下降を予測... 売り、変動なしを予測... 注文しない
 注文価格 = 現在の基準価格 ± 2の範囲のランダムな値
 注文量 = 900~1100の範囲のランダムな値、注文の有効期間 = 3日間
 3. 学習... 逐次最小二乗法 実際の価格変動に基づき予測係数ベクトルを更新

実験1

- 市場の特徴量である「ボラティリティ(価格変動性)」と「約定率(約定までの期間)」という点から、板寄せ市場とザラバ市場のダイナミクスを解析する
- 現実のトレーダーは予測の際に、短期の価格変動を用いる者も、長期の価格変動を用いる者もある。本研究では、予測次元が1~5のエージェントを各10人ずつ投入する
- 1日あたりの平均注文数が同じになるようにし、板寄せ市場とザラバ市場で1回1000日間とし各10回ずつ実験を行い、「価格の分散」「価格間の相関係数」「約定率」「約定までの期間」の平均をとった

実験結果(価格変動)



考察

- ザラバ市場の方が価格変動が大きいのは何故か？
- ザラバ市場では、注文のタイミングにより安い買い注文や高い売り注文が取引され、約定価格が大きく変動することがあるが、板寄せ市場ではほとんどない
- 板寄せ市場の方が約定しづらいのはなぜか？
- 板寄せ市場では、短期的な価格変動が低いため基準価格が変動しづらく、呼び値の低い(高い)買い(売り)注文が注文期間内に約定する確率が低い
- ・多少呼び値の低い(高い)買い(売り)注文でも約定できるザラバ市場では、約定しやすい分価格変動が大きくなっている
- ・板寄せ市場では価格変動が小さい分、呼び値の安い(高い)買い(売り)注文が約定しづらくなっている

実験2

- 専門家の間では経験的に、ザラバ方式よりも板寄せ方式のほうが大口注文が約定しやすいといわれている
- ザラバ市場と板寄せ市場で、大口注文の約定率と、取引成立までの期間を調査する
- 大口注文エージェント
- ・予測や学習の仕方は他のエージェントと変わらない
 - ・注文量 = 19,000~21,000の範囲のランダムな量
 - ・800日目までは注文を行わずに、学習のみを行う
 - ・800日目以降に、10日に一度注文を行う
- 実験1の設定で予測次元 5 のエージェントの1人を大口注文エージェントと取り替え実験を行った

結果・考察

	板寄せ市場		ザラバ市場	
	約定率	平均約定日数	約定率	平均約定日数
大口注文エージェント	0.387	2.625	0.713	1.880
その他のエージェント	0.621	2.681	0.844	1.105

大口注文による
価格変化（板
寄せ市場）



- ・大口注文は注文量を全て約定するのに時間がかかるため、注文後の均衡価格の変動による約定率低下を小口注文よりも受けやすい
- ・板寄せ市場では均衡点をずらすような大口売り(買い)注文を出すと価格が下がり(上がり)、その価格に基づいて一斉に新たな注文が入ってくるので、初日以降に約定できる可能性が極めて低い

結論

- ・X-Economyシステムを用いて、ザラバ方式の人工市場を構築した
- ・ザラバ市場と板寄せ市場の価格のダイナミクスを解析した結果、ザラバ市場は板寄せ市場よりも価格変動は激しいが、約定しやすい市場であることが分かった
- ・本研究では、大口注文の約定のし易さは、板寄せ市場よりもザラバ市場の方が上だった

現実の市場では、大口注文を行うトレーダーは他のトレーダーより多くの情報を持っていると言われ、他のトレーダーが大口注文に大きな関心を持っている。大口注文エージェントと小口注文エージェントの相互作用の研究などが今後の課題である

まとめ

- ・X-Economyプロジェクト、X-Economyシステムの紹介
- ・研究事例:「市場システムの違いが市場の振る舞いに与える影響」の紹介

- ・各種統計処理・グラフ表示を含めたツール群の整備
- ・他のシミュレーションモデルの開発
 - ・電力市場シミュレーション