

平成22年 5月30日現在

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19300077

研究課題名（和文）参加型人工市場による流動性供給のための市場制度の設計と評価

研究課題名（英文）Institutional Design and Evaluation of Liquidity Supply in Financial Market Using Participatory Artificial Markets

研究代表者

喜多 一（KITA HAJIME）

京都大学・学術情報メディアセンター・教授

研究者番号：20195241

研究成果の概要（和文）：証券市場ではいつでも売買可能であることが望まれ、これは市場の「流動性」と呼ばれている。本課題では市場での流動性供給を取引制度設計の問題と捉え、人工市場を用いた接近を行った。取引を逐次成立させるザラバなどの市場制度を柔軟に導入可能にする人工市場システムを開発し、ゲーミングによりザラバ市場での取引行動の特性を分析と、エージェントシミュレーションによるマーケットメイカー(MM)制度とザラバとの比較を行った。実験結果からMM制度により注文の約定率を高める可能が示された。

研究成果の概要（英文）：In security market, it is desirable to trade anytime. Such characteristics are called liquidity of the market. In this study, we discussed the problem of liquidity supply as institutional design problem, and an artificial market approached to the problem is taken. An artificial market system is developed to treat various trading mechanisms such as continuous auction. By gaming using the system, characteristics of the continuous auction market are studied. Further, by agent-based simulation, comparative study of market-maker system and continuous auction is carried out. The results show that the former system is advantageous in liquidity supply in thin markets.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
2008年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2009年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
総計	13,000,000	3,900,000	16,900,000

研究分野：システム工学

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：人工市場、制度分析、シミュレーション、ゲーミング、エージェント、市場の流動性、板寄せ、ザラバ

1. 研究開始当初の背景

情報通信技術の進展により、金融市場は急速な発展を遂げているが、取引が特定の市場や銘柄に集中する現象も生じている。このような現象は金融市場が本来持つべき、さまざまなリスクと

ターンの性向をもつユーザを結合して、多様な金融ニーズに応えるという使命からは好ましくなく改善すべき課題である。

市場における取引機会の提供はいかに取引が容易であるかという視点から「流動性」と呼ばれ

ているが、市場の流動性は、利用者の「取引が可能であるからそこで取引を行う」という正のフィードバックに支えられている創発的現象である。しかしながら、わが国の証券取引では取引者からの売買双方の注文を市場で直接、成立させる方式をとっており、このことが正のフィードバックを助長して取引の集中を招き、市場への適切な流動性供給を難しくしているという制度的側面が考えられる。したがって取引方法などの市場制度が流動性供給に持つ効果の分析を踏まえて制度を設計することが求められる。

複雑な制度の分析、設計に適した研究方法として、われわれはエージェントシミュレーションやゲーミングにより仮想の市場を構成する「人工市場」に注目し、人工市場システム U-Mart を開発してきた。本課題では市場への流動性供給のための制度の分析と設計について、U-Mart を基盤にエージェントシミュレーションとゲーミングとの併用による、参加型人工市場を用いた構造的なアプローチを行ったものである。

2. 研究の目的

本課題の目的は創発的な性質をもつ市場の流動性に関して、市場制度によりその供給を間接的に制御することを人工市場を用いて分析し、制度設計のための知見を得ることである。

特に市場制度として、わが国の証券市場の主要な取引制度であり、取引者からの注文を逐次、成立させる「ザラバ」方式と、特定の取引者が義務的に売買価格を提示し、一定の数量を引き受けて取引を進める「マーケットメイカー方式」について、人工市場を開発し、エージェントシミュレーションやゲーミングを通じて、市場の特性を調べ、流動性の観点から制度面の比較検討を行う。

3. 研究の方法

本課題では以下の3段階で研究を進めた。

- (1) 市場制度を考慮した人工市場システム開発
- (2) ザラバ市場モデルでのゲーミングによる分析

- (3) エージェントシミュレーションによるザラバ市場とマーケットメイカー市場の比較分析

4. 研究成果

- (1) 人工市場システム U-Mart Ver.. 3.0 の開発

従来の U-Mart システムは先物市場を対象に、取引エージェントからの注文を一定期間、蓄積した後に値付けする「板寄せ方式」を採用している。部分的にザラバ方式などの市場制度を導入したシステムも開発されてきたが、市場制度間の比較分析が困難であった。そこで、柔軟な市場制度の組入れを目的にシステムを新たに設計した U-Mart システム Ver.. 3.0 を提案した。

図 1, 2 に U-Mart システム Ver. 3.0 のサーバとクライアントの GUI を示す。U-Mart システム Ver. 3.0 は以下のような特徴を持っている：

- 市場制度の導入を容易にした。新規に連続約定気配を実装し、東京証券取引所の新システムをほぼ忠実に模擬可能とした。
- ゲーミングにおけるプレイヤーの支援機能を強化し、チャートを高機能化することで、マシンエージェントとヒューマンエージェントの間の情報利用の格差を低減した。
- ログ出力の変更を柔軟にし、すべての情報を出力して追跡性を高めたり、加速実験の効率を高めるために出力する情報を最小限とすることなどを可能にした。
- 先物以外の市場の構築も可能であり、現物価格に先物価格を反映させることも可能とした。

U-Mart システム Ver. 3.0 により、先物市場の結果を現物市場に影響させることが可能となった。そこで、時刻 t における現物価格を以下のように定義する。ここで $P_f(t)$ は時刻 t における先物価格、 $P_s(t)$ は時刻 t における現物価格、 $D_s(t)$ は時刻に与えられる外生現物価格系列、 α を任意の定数とする。

$$P_s(t) = \begin{cases} D_s(0) & (t = 0) \\ D_s(t) + \alpha(P_f(t-1) - P_s(t-1)) & (t > 0) \end{cases}$$

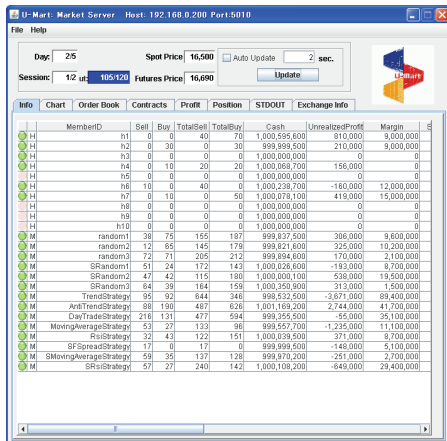


図 1 サーバ GUI



図 2 クライアント GUI

定数 α を 0, 0.5 と変化させ、実験した。現物価格系列は 2009 年 5 月 26 日から 2010 年 1 月 5 日までの 150 営業日の日経平均株価

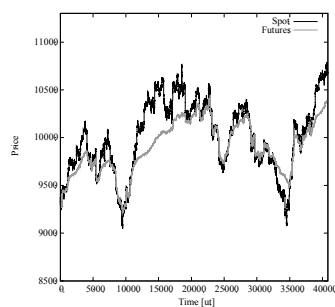


図 3 $\alpha = 0$ の現物価格と先物価格

を使用した。用いたエージェントは先物および現物価格の周辺でランダムに取引するエージェント、価格トレンドの順張り、逆張りをするエージェント、及び移動平均法で取引機会を窺うエージェントの合計 16 体である。図 3, 4 に $\alpha = 0, 0.5$

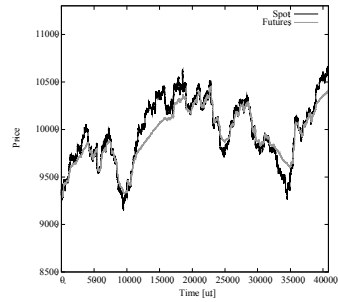


図 4 $\alpha = 0.5$ の現物価格と先物価格

の場合の現物価格と先物価格を示す。 α の値が大きくなるに従って、ほぼ現物、先物ともに変化幅が小さくなり、先物の現物に対する追従性が向上している。これは α が正の場合、現物と先物間に引力が働いたためであり妥当な結果である。

(2) ザラバを中心にしたゲーミング実験

ザラバ市場での取引者の行動特性を分析するために経済学部 3 年生を対象に証券取引の仕組みや取引戦略の学習を目的とするゼミナールの機会を用いてゲーミングによる人工市場実験を行った。参加人数は 2007 年度 9 名、2008 年度 14 名、2009 年度 12 名であり、実験回数は年度あたり 8~10 回である。

実験から得られた知見として、毎年数名であるが、取引に強い学生が現れる。強い取引者の勝因は唯一ではないが、具体的かつ明瞭な戦略と優れた技能を持って取引を行っていることが特徴である。この傾向はザラバ方式でより顕著に見られた。

このほか、板寄せ方式とザラバ方式での取引にはかなり相違が生じる。実験での取引を詳細に吟味すると、取引量に相違があり、また、市場への人間の意志を反映させる点で大きく異なることが分かった。その原因はザラバ方式に導入されている「時間優先の原理」にあり、具体的には以下の 3 点にまとめられる。

- ザラバは即時に約定できるため板寄せと比べ

意図した価格で約定できる場合が多く、個々の取引者の意図が市場に鋭敏に現れる。

- ザラバは板寄せと比べると意図した相手とある程度取引することが可能になる。取引相手そのものは特定できないが、表示されている板から、特定の注文に的を絞って取引を実行することがある程度可能である。板寄せでは注文時に取引の相手を定めることは難しい。
- ザラバでは、取引者自身が板を合わせる時間を左右でき、取引の必要に応じて、弾力的に取引間隔が決まってくる。

価格決定に関して、固定価格は取引者の意図が反映されるが、伸縮価格には取引者の意図が反映されにくいというのが経済学の通常理解である。しかし、一旦、市場に財を提供してしまうと価格決定に関して決定権がなく、市場に売買を委ねてしまう取引は、市場取引から利潤を獲得する意思のある者にとっては参加する意味が無い。投機家や相場師は、伸縮価格の典型である取引所で行われる取引であっても、自身の意図を実現できる市場に参加して儲けようと取引戦略を練っている。それがザラバで取引を行う理由である。伸縮価格であるにもかかわらずザラバによる価格決定では、取引者の意図はある程度反映・実現されるものになっている。

(3) 流動性向上のためのマーケットメーカーの提案とオーダードリブン市場との比較

現実の市場は、オーダードリブン型(OD)市場およびクオートドリブン型(QD)市場に大別される。OD市場では売買双方の注文が揃った時点で注文執行が行われるため一般トレーダ(以下、GT)にとって注文執行タイミングに不確実性が存在する。一方、QD市場では、マーケットメーカー(以下、MM)と呼ばれる存在が、常に気配値(売買を引き受ける価格)を提示し、一定の注文を引き受ける義務を負っている。そのためGTにと

って注文執行タイミングに不確実性が存在せず、注文数量の少ない板の薄い市場において市場の流動性を高められると考えられている。しかし、一部の銘柄にMMを採用していたJASDAQにおいては、MMが必ずしも機能していないとの報告もありQD市場の潜在力を活かすためには適切な行動戦略を持つMMを低コストで運用できることが望ましい。

QD市場におけるMMの役割は約定率を高めることであるが、同時にその存在が持続可能であるためにはMMの取引損益を0に近い非負値とすることが求められる。そこで、本研究では、板の薄い(GTからの注文が少ない)市場において効果的にMMを運営するため、市場の流動性を向上させ、かつ、取引損益を0に近い非負値に抑えるようなMMの行動戦略を提案する。

簡単のため、単一商品、単一市場を考える。時間は離散化されたtermとよばれる単位で扱う。また、GTによる注文には寿命を設けた。約定は、価格優先、時間優先で行われ、価格はザラバ方式で決定される。

まず、前述の市場モデルにおいてMMが損をしない戦略として以下のものを導いた。

- $x(t-1) > 0$ の場合
$$q^{\text{sell}}(t) > q^{\text{buy}}(t) \geq p(t-1)$$
- $x(t-1) < 0$ の場合
$$p(t-1) \geq q^{\text{sell}}(t) > q^{\text{buy}}(t)$$

ここで、 $x(t-1)$ は時刻 $t-1$ でのポジション、 $q^{\text{sell}}(t)$ は時刻 t での売気配値、 $q^{\text{buy}}(t)$ は時刻 t での買気配値、 $p(t-1)$ は時刻 $t-1$ での先物価格である。次に、ポジションを0に近い値に、取引損益を0に近い非負値に、常に保つため、MMの取引損益が負の場合には損をしないための戦略を採用し、正の場合にはその逆の戦略をとることとした。

Table1: 実験1の結果: 表中のQDには, 提案戦略を用いたQD市場における約定率の100試行平均, MMAの取引損益の100試行平均と標準偏差を「約定率\取引損益の平均(標準偏差)」の形式で示してある. ODには, OD市場における約定率の100試行平均を示してある. 表中の太字は, 約定率の観点から, 提案戦略を用いたQD市場がOD市場よりも優れていること示している.

		注文寿命					
		1	2	3	4	5	
注文 確率	1.0	QD	47.5 \ 2441(26830)	52.3 \ 19249(21653)	53.6 \ 26934(21124)	54.5 \ 28261(22727)	55.0 \ 33147(24226)
		OD	10.7	25.0	33.9	39.4	44.1
	2.0	QD	44.6 \ 18184(31827)	51.0 \ 36007(27561)	52.7 \ 38328(30410)	53.6 \ 39377(33024)	54.2 \ 34581(29802)
		OD	18.3	35.9	44.7	49.6	53.4
	3.0	QD	42.2 \ 23113(29971)	49.7 \ 36309(30761)	52.2 \ 40068(33647)	53.3 \ 45896(38720)	53.9 \ 44771(36404)
		OD	23.7	41.6	49.5	54.0	56.9
	4.0	QD	40.0 \ 24699(31776)	49.3 \ 41449(34136)	51.8 \ 50500(37103)	53.2 \ 49729(43091)	53.9 \ 49034(44750)
		OD	27.1	44.5	51.7	56.1	58.6
	5.0	QD	38.4 \ 30520(30484)	49.4 \ 48448(46731)	52.0 \ 56216(44553)	53.4 \ 51961(42608)	53.4 \ 47621(47783)
		OD	29.6	46.5	53.2	57.0	59.7

提案したMMの戦略を数値実験により確認した. GTの注文寿命として1~5, 注文確率として1~5%を考え, 各組合せで100試行ずつ行い, MMの取引損益と約定率の平均を計算する. MMは1体である. GTは50体とし, 各termにおいて, 与えられた注文確率のもと, 数量1の売りまたは買いの注文をランダムにだす. Table 1に実験結果を示す. 表中の数値は, QD市場における約定率, MMの取引損益の平均と標準偏差, OD市場における約定率を表している. これより, 板の薄い市場で取引損益が非負の比較的小さな値であり, OD市場よりも約定率が高くなっている(QDでの結果が太字の箇所)ことがわかり, 提案戦略の有効性が示唆された.

5. 主な発表論文等

(研究代表者, 研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計5件)

1. 長尾 優, 森 直樹, 中島 義裕, 松本 啓之亮: デイトレードエージェントフレームワークを用いた遺伝的プログラミングによる投資戦略の進化, システム制御情報学会論文誌, 査読有, Vol. 21 No. 12, 2008, pp. 400-407
2. I. Ono, H. Sato, N. Mori, Y. Nakajima, H. Matsui, Y. Koyama, H. Kita: U-Mart System: A Market Simulator for Analyzing and Designing Institutions, Evolutionary and Institutional Economics Review, 査読有 Vol. 5 No. 1, 2008, pp. 63-79

3. H. KITA: Artificial Market Study as Interdisciplinary Research, Evolutionary and Institutional Economics Review, 査読有 Vol. 5, No. 1, 2008, pp. 21-28
4. K. Taniguchi: Introduction - What is the U-Mart Project?, Evolutionary and Institutional Economics Review, 査読有, Vol. 5, No. 1, 2008, pp. 1-4
5. K. Taniguchi, I. Ono, N. Mori: Where and Why Does the Zaraba Method Have Advantages over the Itayose Method? - Comparison of the Zaraba Method and the Itayose Method by Using the U-Mart System, Evolutionary and Institutional Economics Review, 査読有, Vol. 5, No. 1, 2008, pp. 5-20

[学会発表](計19件)

1. 秋元 圭人, 森 直樹, 小野 功, 中島 義裕, 喜多 一, 松本 啓之亮: 金融市場における市場制度分析のための人工市場の開発, 計測自動制御学会第43回システム工学部会研究会2010年3月11日東京
2. K. Taniguchi: Transaction Experiments by Humans with the U-Mart Zaraba Trading Method - Why did they gain or lose?, 9th Asia Pacific Complex Systems Conference, 2009年11月5日Tokyo
3. Y. Akimoto, N. Mori, I. Ono, H. Sato, Y. Nakajima, H. Matsui, Y. Koyama, H. Kita: A Novel Market Simulator for Analyzing and Designing Markets called U-Mart System Version 3.0, 9th Asia Pacific Complex Systems Conference, 2009年11月5日Tokyo
4. 谷口和久, 三浦徹也, 鈴木達也: U-Mart 実験における取引分析, 第13回進化経済学会, 2009年3月28日岡山
5. 中村 覚, 佐久間 淳, 小林 重信, 小野 功: 市場の流動性と利益を考慮したマーケットメーカの行動戦略, 第36回知能システムシンポジウム, 2009年3月17日, 京都

6. 池田心, 和田智晃, 喜多一: 予測市場のエージェントシミュレーション, 第 51 回自動制御連合講演会, 2008 年 11 月 23 日, 米沢
7. 秋元圭人, 森直樹, 小野功, 中島義裕, 松本啓之亮: 市場研究のためのザラバ版 U-Mart システム, 第 51 回自動制御連合講演会, 2008 年 11 月 23 日, 米沢
8. 池田心, 和田智晃, 喜多一: 予測市場シミュレーションにおける戦略の進化, 計測自動制御学会 システム情報部門学術講演会, 2008 年 11 月 27 日, 姫路
9. K. Taniguchi, Y. Nakajima: Artificial Experiments with the U-Mart System -What is the U-Mart?-, European Association for Evolutionary and Political Economics, 2008 年 11 月 7 日, Rome, Italy
10. 中村覚, 佐久間淳, 小林重信, 小野功: クォートドリブン市場におけるマーケットメーカーの戦略最適化, 第 22 回人工知能学会全国大会, 2008 年 6 月 11 日, 旭川
11. 中島義裕, 森直樹: 株式市場のオーダーフローと株価変動, 第 52 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2008 年 5 月 16 日, 京都
12. 谷口和久, 小野功, 森直樹: ザラバは板寄せよりどこが優れているのか-U-Mart によるザラバと板寄せの比較, 第 12 回進化経済学会, 2008 年 3 月 22 日, 鹿児島
13. 谷口和久, 福田充, 山縣伸行: U-Mart ザラバにおけるヒューマンの取引実験から-なぜ彼らは強いのか-, 第 12 回進化経済学会, 2008 年 3 月 22 日, 鹿児島
14. K. Taniguchi, I. Ono, N. Mori: A Thought on the Zaraba Method with the U-Mart System, 3rd. International Nonlinear Sciences Conference, 2008 年 3 月 14 日, 東京
15. 小野功, 中島義裕, 矢和田高大, 森直樹, 秋本圭人, 佐藤浩, 松井啓之, 喜多一: 制度分析・設計ツールとしての新 U-Mart システムの提案, 合同エージェントワークショップ&シンポジウム 2007, 2007 年 10 月 30 日, 沖縄
16. 長尾 優, 森直樹, 松本 啓之亮: 遺伝的プログラミングを用いた株式取引戦略の進化, 第 51 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2007 年 5 月 16 日, 京都
17. 北村 信吾, 森直樹, 松本 啓之亮: 取引エージェントの戦略における掲示板情報の利用, 第 51 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2007 年 5 月 17 日, 京都
18. 秋元 圭人, 森直樹, 松本 啓之亮: 取引戦略のモジュール化による U-Mart エージェントの拡張, 第 51 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2007 年 5 月 17 日, 京都
19. 津山 訓司, 森直樹, 松本 啓之亮: デイトレードエージェントによる戦略の進化-II, 第 51 回システム制御情報学会研究発表講演会, 2007 年 5 月 17 日, 京都

[図書] (計 2 件)

1. 喜多一, 森直樹, 小野功, 佐藤浩, 小山友介, 秋元圭人: 共立出版, 人工市場で学ぶマーケットメカニズム—U-Mart 工学編—, 2009, 274 ページ
2. Y. Shiozawa, Y. Nakajima, H. Matsui, Y. Koyama, K. Taniguchi, F. Hashimoto: Springer, Artificial Market Experiments with the U-Mart System, 2008, 161 ページ

6. 研究組織

(1) 研究代表者

喜多一 (KITA HAJIME)
 京都大学・学術情報メディアセンター・教授
 研究者番号: 20195241

(2) 研究分担者

小野功 (ONO ISAO)
 東京工業大学・大学院総合理工学研究科・准教授

研究者番号: 00304551

(H20→H21 連携研究者)

森直樹 (MORI NAOKI)
 大阪府立大学・大学院工学研究科・講師

研究者番号: 90295717

(H20→H21 連携研究者)

池田心 (IKEDA KOKOLO)
 北陸先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号: 80362416

(H20→H21 連携研究者)

森幹彦 (MORI MIKIHICO)
 京都大学・学術情報メディアセンター・助教

研究者番号: 70362423

(H20→H21 連携研究者)

上原哲太郎 (UEHARA TETSUTARO)
 京都大学・学術情報メディアセンター・准教授

研究者番号: 20273485

(H20→H21 連携研究者)

谷口和久 (TANIGUCHI KAZUHISA)
 近畿大学・経済学部・教授

研究者番号: 80268242

(H20→H21 連携研究者)

松井啓之 (MATSUI HIROYUKI)
 京都大学・経営管理大学院・准教授

研究者番号: 90272682

(H20→H21 連携研究者)

(3) 連携研究者

中島義裕 (NAKAJIMA YOSHIHIRO)
 大阪市立大学・大学院経済学研究科・准教授
 研究者番号: 40336798