

マルチエージェントによる先物取引コンテスト —
Pre U-Mart 2000 実施報告

佐藤 浩, 久保正男, 生天目章

防衛大学校 情報工学科

〒 239-8686 神奈川県横須賀市走水 1-10-20

hsato@nda.ac.jp

あらまし

人工市場とは、コンピュータシミュレーションを通じて市場を理解しようという学際的研究テーマであり、経済のグローバル化と情報技術の発展を背景とし、マルチエージェント研究者をはじめとする多くの人々の関心を引きつつある。本稿は、平成12年8月18日から20日にかけて、富山県インテック大山研修センターで開催された計測自動制御学会第6回創発システムシンポジウムにおいて行われた、プログラムエージェントによる先物取引コンテスト Pre U-Mart 2000 に関する実施報告である。テクニカル分析手法を用いた株価予測エージェントから、他人の思惑を知り多数派に寄生するエージェントといった多様なエージェントが参加し、取引を行った。

キーワード 人工市場, マルチエージェント, 機械学習

Stock Futures Trading Contest by Multiagents —
Report of Pre U-Mart 2000

Hiroshi SATO, Masao KUBO, Akira Namatame

Dept. of Computer Science, National Defense Academy

1-10-20, Hashirimizu, Yokosuka, Kanagawa Japan, 239-8686

hsato@nda.ac.jp

Abstract

U-mart is a research project to construct a virtual market in which many agents of both computer programs and human can trade the stock futures. Dealing with stock futures, U-Mart can maintain connection to real world. The aim of this project is to provide a common testbed for researchers who are interested in economics, financial engineering, artificial intelligence and computer science. The preliminary trading contest by computer trading agent, pre U-Mart 2000, was held in Toyama from 18 to 20 August 2000 in conjunction with SICE 6th Emergent System Symposium. This paper reports the Pre U-Mart 2000 contest.

key words Multiagents, Artificial Market, Machine Learning

1 はじめに

人工市場とは、コンピュータシミュレーションを通じて市場を理解しようという学際的研究テーマであり、経済のグローバル化と情報技術の発展を背景とし、マルチエージェント研究者をはじめとする多くの人々の関心を引きつつある [和泉 00].

本稿は、平成 12 年 8 月 18 日から 20 日にかけて、インテック大山研修センターで開催された計測自動制御学会第 6 回創発システムシンポジウムにおいて行われた、プログラムエージェントによる先物取引コンテスト Pre U-Mart 2000 に関する実施報告である。

本コンテストを主催した U-Mart プロジェクトは、人工市場を媒体とした経済学者と工学者の交流を提供することを目的として設立された研究会であり [塩沢 99], これまでに、株価指数を取り引きする仮想先物市場シミュレータを開発し、進化経済学会等でのデモンストレーション、また関西-関東-北海道を結んだ遠隔取引実験等を行ってきた。

U-Mart シミュレータは、参加者がインターネットを介し市場サーバにアクセスするクライアント・サーバ型のシステムであり、マシンエージェントと人間のトレーダーの混在が可能であるという特色を持つ [佐藤 00]. U-Mart 実験システムの構成を図 1 に示す。

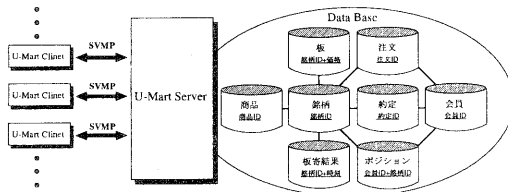


図 1: U-Mart 実験システムの構成

U-Mart サーバは取引クライアントとの通信コンポーネントと、取引データ等を蓄えるデータベースコンポーネントからなる。サーバとクライアント間の通信は U-Mart 研究会が策定した SVMP (Simple Virtual Market Protocol) [佐藤 00] というプロトコルを用いる。SVMP はテキストベースのプロトコルであるため、取引エージェントプログラムの作成が用意であり、なにより人間が直接命令を理解することができるという利点を持つ。

システムは移植性を考慮して Java 言語で実装されている。データベース部分はオープンソースである PostgreSQL を用い、特定のプラットフォームに依存しない

ようにした。なお、実際のシステムは Linux 上で開発されている。

Pre U-Mart 2000 は、参加者が開発したマシンエージェントによる取引コンテストを通じ、工学的見地からは人工知能技術の株式市場への応用とエージェント技術の発達を促すことを、経済学的見地からは多様なエージェントによる市場の挙動を解析することで、市場における制度設計を検討するという狙いを持って行われた。以下では、実験の設定と参加エージェントを紹介し、取引コンテストの結果について検討を行う。

2 設定と参加エージェント

本節では、Pre U-Mart 2000 における実験設定および参加エージェントの紹介を行なう。

2.1 設定

コンテストにおける設定は以下の通りである。値付けと約定のアルゴリズムに関しては、通常の U-Mart サーバ [佐藤 00] と同じである。

対象指数	ダウ工業株平均の線形変換
取引期間	60 日
注文方法	成行、指値
値付け方式	板寄せ
板寄せ間隔	15 秒
板寄せ回数	4 回/日
取引単位	約定指数の 1000 倍
呼び値	指数の 1 ポイント刻み
証拠金率	30 万円/取引単位
所持金	10 億円
融資限度額	3000 万円
値幅制限	なし
取引所会費	なし
清算方法	当日の終値による値洗い

ダウ工業株平均にスケールリングを施したのは、トレーディングデータである株価指数 J30 とほぼ同じレンジで価格が推移するように配慮したためである。

当日清算終了後に、現金残高がマイナスになったものには、取引所が融資限度額までの融資を自動的に実行する。融資に対しては、年率 10% の日割計算で、翌日の清算時に利息が徴収される。限度額まで融資を受けても、現金残高がプラスにならない参加者は、破産したものとみなし、取引を継続できないこととした。

2.2 参加エージェント

コンテストには工学系 7 チーム, 経済学系 4 チームからなる 11 チームが参加した。各チームには 5 つのアカウントが与えられ, 最大 5 体のエージェントを市場に投入できるものとした。以下に, 各チームにおけるエージェントの概要を示す。

- 徳島大チーム (工学): member1 ~ member5
 - 作成者: 高尾, 小野 (功), 小野 (典)
 - エージェント: 価格差の時系列を入力, 売り/買いを出力とするニューラルネットワークを GA で学習させたもの。その他, 移動平均 [田中 98], オシレータ [田中 98], サイコロジカルライン [田中 98] を実装したもの。
- 京大チーム (経済学): member6 ~ member10
 - 作成者: 小山, 在間, 松井, 出口
 - エージェント: 短期移動平均と超短期移動平均の乖離で売買を行うもの, および改良版サイコロジカルラインを実装したもの。注文回数や注文量に工夫あり (朝は多めに買う等)。
- 東工大, 福本チーム (工学): member11 ~ member15
 - 作成者: 福本
 - エージェント: 回帰直線によるトレンド予測と現在時刻における現物価格と先物価格の乖離に基づき注文を行うもの。各パラメータを GA で学習させた。ポジション管理をし, 強気/弱気を実装。
- 東工大, 山村研チーム (工学): member16 ~ member20
 - 作成者: 山重, 吉良, 石井
 - エージェント: 移動平均の傾きと終値との乖離, 過去の最安値, 最高値と終値の乖離を入力とし, 予想価格を出力としたニューラルネットワークをハイブリッドアルゴリズムで学習させたもの。その他, 価格変化の山と谷を探し, そこで売買を行うもの。現物と先物の価格差とポジションを比較し, 売買を行うもの。
- 筑波大・山武産業チーム (工学): member21 ~ member25
 - 作成者: 村上
- エージェント: クラシファイアシステム F-OCS [村上 00] を用い, 先物価格の予測をオンラインで学習するもの。大暴落, 大暴騰を学習させその対処を組み込んだ。
- 大阪府立大チーム (工学): member26 ~ member30
 - 作成者: 森
 - エージェント: 価格情報を用いず, 板情報のみに依存したもの。多数派と同じ注文を出す。寄生型。
- 大阪産業大学チーム (経済学): member31 ~ member35
 - 作成者: 谷口, 尾崎
 - エージェント: 順張り, 逆張りを実装したもの。その他, 価格変化の傾きに敏感に反応するもの。
- 防衛大, 佐藤チーム (工学): member36 ~ member40
 - 作成者: 佐藤
 - エージェント: 基本的なデイトレードを実装したもの。前日の終値の数%上の売り注文と数%下の買い注文を同時に出し, 差額分の儲けを狙う。
- 京都産業大チーム (経済学): member41 ~ member45
 - 作成者: 中島
 - エージェント: ドルコスト平均法 [田中 98] に基づき常に買い注文を出すもの, および常に売り注文を出すもの。その他, 練行足 [田中 98] に基づき売買を行なうもの。
- 防衛大, 石西チーム (工学): member46 ~ member50
 - 作成者: 石西
 - エージェント: 現物価格 > 先物価格の場合に買い注文を出し, 逆の場合には売り注文を出すもの。
- 大阪市立大チーム (経済学): member51 ~ member55
 - 作成者: 塩沢
 - エージェント: 基本的なテクニカル分析

3 取引結果

取引実験は、参加者各自が持ち込んだノートパソコン上でエージェントプログラムを実行させ、Pre U-Mart 2000 実行委員会が用意したサーバマシンに接続するという形態をとり、計2回行われた。各チームが全ての枠を使用したわけではないこともあり、実際に取引に参加したエージェント数は一回戦が47、二回戦が43であった。

3.1 一回戦

一回戦で用いた現物データは、幾度かの大きな上下動を繰り返した後、開始時の価格に戻るという時系列である。一回戦における価格と出来高の推移を図2に、また、取引終了時における利益の個人成績およびチーム成績を表1および表2に示す。

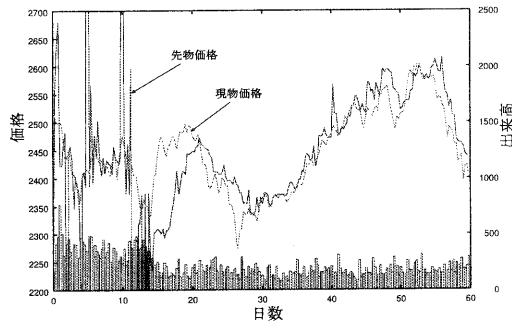


図 2: 一回戦における価格と出来高の推移

表 1: 一回戦における個人成績 (上位 10 傑)

エージェント名	利益 (千円)	チーム名
member41	3,960,884	京都産業大
member27	582,474	大阪府立大
member26	380,437	大阪府立大
member7	317,955	京都大
member5	310,538	徳島大
member33	307,773	大阪産業大
member21	266,145	筑波大
member28	258,410	大阪産業大
member16	225,309	東工大 (山)
member30	204,743	大阪府立大

表 2: 一回戦におけるチーム成績

チーム名	利益 (千円)
京都産業大	2,717,039
大阪府立大	1,512,561
徳島大	661,096
京都大	635,519
防衛大 (佐藤)	622,257
大阪産業大	501,101
東工大 (山村)	358,853
筑波大 (山武産業)	332,358
大阪市立大	156,941
東工大 (福本)	-232,420
防衛大 (石西)	-4,711,406

極端な指値注文と成行注文の組合せにより、前半では価格が大暴騰、大暴落を繰り返し、12日目から14日目にかけて5つのエージェントが破産した。全てのエージェントが11日目までの大変動をどうにか切り抜けているが、これは暴騰・暴落が毎日の清算に直結する終値以外のところで生じたという要素が大きい (c.f. 二回戦)。5つのエージェントが破産した後は、価格の大変動は収まり、現物価格の周辺での取引となった。価格の変動が大きい箇所では出来高も大きい、これは大量の成行注文が入ったことによる。勝負は10日目までは順位の入れ替わりが激しかったが、12日目にトップに立った member41 がそのまま逃げ切った。

3.2 二回戦

二回戦で用いた現物データは、長期的には下降傾向が見られる時系列である。二回戦における価格と出来高の推移を図3.2に、また、取引終了時における利益の個人成績およびチーム成績を表3および表4に示す。

二回戦では、価格の大変動は、数回に留まったが、これは初日の大変動 (現物価格 3,178 円に対し、先物価格 19,332 円) があまりに大きい上に、この値が初日の終値であったため、初日の清算時で3つのエージェントが破産し、他のエージェントも大きなダメージを負ったためである。このため2日目以降では取引量が減少している。最終的には5つのエージェントが破産したが、残る2つも12日目の終値における大変動を受け破産となった。価格の変動が大きい箇所では出来高も大きい、これは大量の成行注文が入ったことによる。二回戦はとにかく初日の変動が大きすぎたため、ここでトップに立った member12 が最後まで独走するという

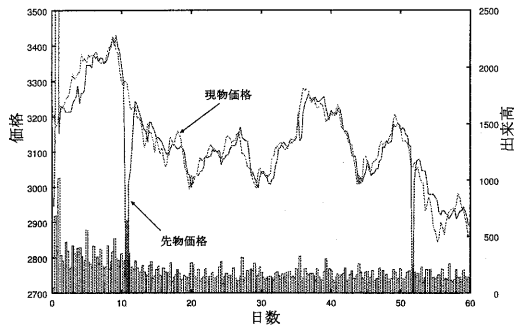


図 3: 二回戦における価格と出来高の推移

表 3: 二回戦における個人成績 (上位 10 傑)

エージェント名	利益 (千円)	チーム名
member12	3,005,755	東工大 (福)
member13	1,792,902	東工大 (福)
member18	1,686,144	東工大 (山)
member19	820,168	東工大 (山)
member43	710,379	京都産業大
member44	388,575	京都産業大
member27	285,245	大阪府立大
member7	254,108	京都大
member16	206,260	東工大 (山)
member9	197,120	京都大

結果となった。

3.3 講評

3.4 参加者の面白さと観客の面白さ

最初の試みということもあり、コンテストの成行きが心配されたが、蓋を開けてみると大いに盛り上がった大会となった。実際に取引をしているエージェントに感情は無いが、それを見守る作者達は非常に感情豊かであった。ゲームには元々人を引き付ける魅力があるが、それを割り引いても今回の設定はまあまあのものであったということができよう。

ただし、それを見ている観客の側には参加者側ほどの面白さが伝わらなかったようである。画面に金額を表す数字が流れているだけなので、見た目の面白さがないのが原因であろう。ロボカップでは、行われている試合をリアルタイムで実況するシステムが、参加者

表 4: 二回戦におけるチーム成績

チーム名	利益 (千円)
東工大 (福本)	4,079,164
東工大 (山村)	2,751,064
筑波大 (山武産業)	192,780
防衛大 (佐藤)	111,153
大阪市立大	-53,780
防衛大 (石西)	-99,237
京都産業大	-1,059,526
京都大	-1,175,857
徳島大	-1,393,736
大阪産業大	-1,504,747
大阪府立大	-4,309,662

らにより作られている [Kitano 98]. U-Mart においても、このようなシステムの作成は人工知能やデータマイニングにおける恰好の課題となるであろう。

3.5 エージェントの多様性

今回のコンテストでは 11 チームからの参加があり、主催者の予想を越える多様なエージェントにより実験を行なうことができた。

エージェントがほぼ同様である場合には、皆が同じ判断を下すため、板寄せをしても価格が成立しないことが多い。このような場合には、ランダムに注文を出すエージェントを市場に投入することで、売買を成立させる必要があるが、今回の取引実験においては、一、二回戦ともにランダムエージェントを投入することなしに価格形成を行うことができた。今回の実験では、同じ分析手法 (移動平均, サイコロジカルライン) を用いて参加したチームが複数あったが、最終的な資産には大きな差がある。これは、指標の解釈において差があったということである。

テクニカル分析は、ここが買い時だとは教えてくれるが、それではどれだけの量をいくらで買ったなら (売ったなら) いいかは教えてくれない。今後、実験を繰り返すことで、この点について明らかになることが期待できる。

また、売り買い一方だけしか行わないエージェント (member41~45) や、価格データを全く見ないというエージェント (member26~30) もあり、ともに 1 回戦では好成績をあげていることも興味深い。これらが常に強いという訳ではないが、価格情報から未来における正しい予測をした上で、適正なポジション管理をし

なければ勝てないという常識に反するものが参加し好成績を収めるということは、エージェント設計の面白さと複雑さをよく表している。

今後の展望としては、今回は各1チームのみで実装されていたポジション管理を行なうエージェント (member11~member15) や、オンライン学習によりリアルタイムで戦略を変更するエージェント (member21~25) といったものが増えてくると思われる。

3.6 暴騰・暴落の原因

一、二回戦とも序盤に大変動が起きた。今回のコンテストでは値幅制限等がないため、非現実的な値段で注文を出すことが可能である。通常、このような極端な注文は板寄せの際にほとんど影響を与えることはないが、大量の成行買いと成行売りが出される際には、需要曲線と供給曲線が極端な位置で交わってしまうことがある。

U-Mart における板寄せアルゴリズムでは、成行売りを「一番低い指値より更に低い指値」、成行買いを「一番高い指値より更に高い指値」と解釈するので、売り買い双方に大量の成行注文が出た場合には板が崩れやすくなる (図 4)。

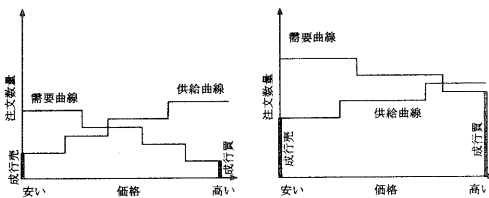


図 4: 板寄せによる値付けの仕組み: 指値注文が支配的な場合 (左), 成行注文が支配的な場合

極端な注文を出すエージェントには 2 通りあり、一例をあげると member38 は「非常に低い買い指値, 非常に高い売り指値」, member35 は「非常に低い売り指値, 非常に高い買い指値」を出すエージェントである。前者のようなエージェントはすぐに破産するし、後者のようなエージェントはそもそも出した注文が約定しない可能性が大きいので、市場に影響を与えないと思われたが、成行注文との関係次第では、市場を大混乱させる可能性がある。注文に制限を用いるか、現在の値付け手法の見直しが必要である。

4 おわりに

本コンテストでは、全く異なる思惑により出された注文の相互作用により市場が混乱するということが分かった。これは取引エージェントの多様性に負うところが大きく、各研究者の協力の結果と言える。だが、システム自体にはまだ改良の余地が多い。高速化とスケラビリティの向上は急務である。またより良い開発環境を提供する必要もある。U-Mart プロジェクトでは現在サーバの書き換えを行っており、新バージョンでは、上記の問題点を解決するとともに仕様の拡張も行う。

U-Mart システムはマシンエージェントだけでなく、人間による取引も可能な作りとなっている。今後は最も高度なエージェントである人間自身による取引結果との違いも考察する必要がある。人間自身による取引は、現在京都大学経済学部で授業の一環として行われており、その結果が待たれる。

人工市場研究において、道具立ては揃ってきたというのが現状であると思われる。今後は市場側から見た研究、およびエージェント側から見た研究の双方において多くの知見が得られることを期待している。

謝辞

Pre U-Mart 2000 に参加、協力を頂いた皆様に感謝いたします。

参考文献

- [和泉 00] 和泉 潔, 植田一博, 人工市場入門, 人工知能学会誌 Vol.15, No.6, pp.941-950, 2000.
- [塩沢 99] 塩沢由典: V-mart の意義 — 共通テストベッドとしてのバーチャル市場, 進化経済学論文集第 3 集 - 第 3 回大会研究報告, pp.253-256, (1999).
- [佐藤 00] 佐藤 浩, 福本力也, 廣岡康雄, 久保正男, 生天目章, 人工市場のシステム構造, 人工知能学会誌 Vol.15, No.6, pp.974-981, 2000.
- [田中 98] 田中勝博, テクニカル分析大全集, シグマベイクピタル, 1998.
- [村上 00] 村上英治, 寺野隆雄, 学習分類システムを利用した動的強調フィルタリング方式, 計測自動制御学会第 27 回知能システムシンポジウム, 2000
- [Kitano 98] Asada, M., Kitano, H. (Eds.), RoboCup-98: Robot Soccer World Cup II, Springer-Verlag, 1999