

エージェントベースの取引所理論
~トレーニング編~

平成 17 年 1 月 3 1 日

指導教官 有賀裕二 教授

氏 名 新城拓也

学籍番号 01C1104008F

目次

第1章 序論

- 1.1 背景と目的
- 1.2 方法と意義
- 1.3 論文の構成

第2章 U-Mart 標準キットの入手と設定

- 2.1 はじめに
- 2.2 U-Mart 公式日本語サイトの紹介
- 2.3 U-Mart 標準開発キットの入手方法
- 2.4 エージェント開発キットの設定
- 2.5 実験用キットの設定
- 2.6 おわりに

第3章 売買戦略アルゴリズムの実装と対戦

- 3.1 はじめに
- 3.2 売買戦略アルゴリズムの実装
- 3.3 人間 VS マシンエージェント
- 3.4 実験結果の分析手法
- 3.5 実験結果の分析
- 3.6 おわりに

第4章 結論

第 1 章

序論

1.1 背景と目的

経済学と工学、情報科学の学際的な研究プロジェクトとしてユニークなものに U-Mart プロジェクトがある。U-Mart は先物市場のシミュレータであり、人間と人工知能がコンピュータ上に表現された仮想市場で相互に取引を行うことを可能にしている。現在、U-Mart は教材として多くの大学で利用されている。

工学・情報系分野では、予測、適応、学習、最適化などのアルゴリズムの実習を教育目的としている。また、経済・経営分野では、金融派生商品の基本概念をシミュレーションにより学習し、従来の経済学、金融工学などのアプローチと比較研究することが主な研究目的である。経済・経営分野の教育では、取引実験は競技性があり、学習の動機付け容易である点が効果的である。

本論文では、U-Mart を教材として活用している大学初年度程度の学生が、はじめて U-Mart を利用する際に参考となる利用例を紹介するとともに、U-Mart を用いてトレーディングの訓練をし、そこから市場メカニズムを学習する一連の流れについて述べる。

1.2 方法と意義

本論文は、「エージェントベースの取引所理論」のトレーディング編である。「エージェントベースの取引所理論」は、理論編、実験編、解析編に加え、教育編、デイトレード編の姉妹論文がある。

本論文では、U-Mart の標準キットの入手方法に始まり、実装した売買戦略プログラムの U-Mart システムへの追加方法、および同プログラムとの対戦のために必要となるシステムの設定方法を紹介し、10 回以上に渡る取引事例を加え、U-Mart を用いた市場トレーニングに必要な全知識を提供する。

1.3 論文の構成

第1章は「序論」である。

第2章は「U-Mart 標準キットの入手と設定」であり、U-Mart 日本語公式サイトから標準キットの申し込み手続きを行う方法と、入手したキットの設定方法を紹介する。

第3章は「U-Mart を用いた市場トレーニング」であり、自らプログラムした売買戦略アルゴリズムと10回以上に渡って対戦した事例を紹介する。

第4章は「結論」である。

第2章

U-Mart 標準キットの入手と設定

2.1 はじめに

第2章では、U-Mart 日本語公式サイトから標準キットの申し込み手続きを行う方法と、入手したキットの設定方法を紹介する。

2.2 U-Mart 日本語公式サイトの紹介

U-Mart プロジェクトの研究プログラムは、工学・情報系分野や経済・経営分野で研究に用いられている学際的な研究プログラムであり、工学・情報系分野や経済・経営分野での研究成果が活発に交換されることが望ましい。

U-Mart プロジェクトは、U-Mart 日本語公式サイトを開設し、イベント情報の紹介、FAQ、キットの入手に必要な各種の情報を公開している[1]。



図1 . U-Mart 日本語公式サイト

2.3 U-Mart 標準キットの入手方法

U-Mart 標準キットは、U-Mart 日本語公式サイトから入手できる。ただし、同サイトからのダウンロードを直接行うことはできない。

U-Mart 標準キットの入手にあたっては、同サイトのリンクをたどって、申し込みフォームより下記の内容を記入し、送信する必要がある。

- 1) 名前：
- 2) メールアドレス：
- 3) ホームページ：
- 4) 用途：
- 5) 学校名または会社名：
- 6) ご住所：
- 7) 本文：

この際、U-Mart プロジェクトが提供する下記の 2 種類の開発キットを申し込むことが望ましい。

- 1) エージェント開発キット
- 2) 実験用キット

1) エージェント開発キット

エージェント開発キットは、おもに U-Mart プロジェクトが運営する国際公開実験 UMIE シリーズの募集にともなって配布される売買戦略アルゴリズムの開発キットであり、売買戦略アルゴリズムのみの実験の結果を即時的にログビューアを用いて参照することができるため、自ら実装した売買戦略アルゴリズムが正常に動作するか確認することができる。また、そのポジションの推移や最終成績を分析し、より強い売買戦略アルゴリズムを開発することができる。

このため、自ら売買戦略アルゴリズムを実装する場合には、エージェント開発キットが不可欠である。

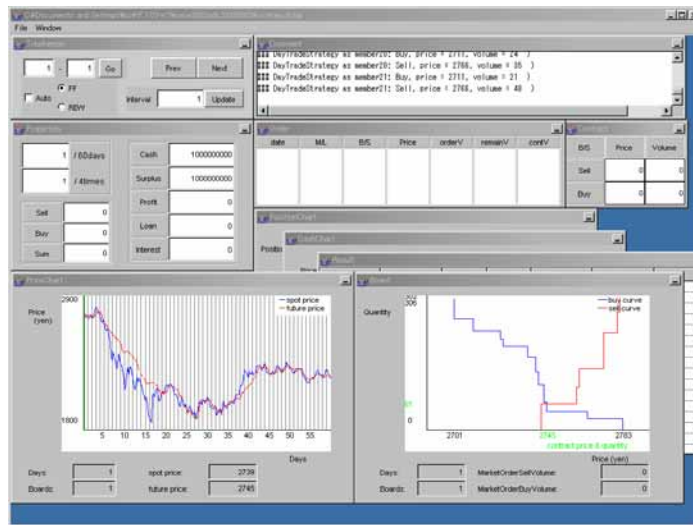


図2 . エージェント開発キットの画面

2) 実験用キット

実験用キットは、U-Mart の実験を行うためのキットであり、人間1体とマシンn体の取引実験（スタンドアロン実験）、人間n体とマシンn体の取引実験（ネットワーク実験）が可能である。この際、自ら開発したエージェント開発キットで売買戦略プログラムと対戦することも可能である。

また、サーバーマネージャーを用いて全エージェントの運用状況を参照することもできるため、教材として利用されることも多い。



図3 . 実験用キットの画面

2.4 エージェント開発キットの設定

エージェント開発キットをダウンロードしたら解凍した後、src ディレクトリ内の strategy.TestStrategy.java のソースコードを自分の売買戦略アルゴリズムに変更し、コンパイルした後、GO_GUI.bat から実行する（詳細は[2]を参照）。

なお、上記の説明は、UMIE2004 の際に配布された標準開発キットを参考に説明している。

2.5 実験用キットの設定

エージェント開発キットで作成したエージェントが正常に動作していることが確認できたら、売買戦略アルゴリズムのクラスファイル TestStrategy.class を実験用キットにコピーする。コピー先は、実験用キットの strategy フォルダ内である。

次に、実験用キットのエージェントの設定ファイルを変更する。実験用キットのスタンドアロン実験における参加エージェントの設定は csv ファイルで設定しなくてはならない。初期設定は、MyMembersSA.csv が読み込まれている。

下記は、「2004 年 3 月 26 日 進化経済学会福井大会 デモ用 CD-ROM」内の MyMembersSA.csv で設定されているエージェントの一覧である。

LoginName	Password	Attribute	Connection	Access(Allow_All)	RealName	SystemParameters	Seed	InitialCash	TradingUnit	FeePerUnit	MarginRate	Max.Loan	Interest
MyTrendStrategy	passwd2	Machine	Local		strategy.MyTrendStrategy		2	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
AntiTrendStrategy1	passwd3	Machine	Local		strategy.AntiTrendStrategy		3	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
AntiTrendStrategy2	passwd4	Machine	Local		strategy.AntiTrendStrategy		4	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
RandomStrategy	passwd5	Machine	Local		strategy.RandomStrategy		5	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SRandomStrategy1	passwd6	Machine	Local		strategy.SRandomStrategy		6	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SRandomStrategy2	passwd7	Machine	Local		strategy.SRandomStrategy		7	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SRandomStrategy3	passwd8	Machine	Local		strategy.SRandomStrategy		8	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
RsiStrategy	passwd9	Machine	Local		strategy.RsiStrategy		9	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SRsiStrategy1	passwd10	Machine	Local		strategy.SRsiStrategy		10	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SRsiStrategy2	passwd11	Machine	Local		strategy.SRsiStrategy		11	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SRsiStrategy3	passwd12	Machine	Local		strategy.SRsiStrategy		12	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
MovingAverageStrategy	passwd13	Machine	Local		strategy.MovingAverageStrategy		13	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SMovingAverageStrategy1	passwd14	Machine	Local		strategy.SMovingAverageStrategy		14	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SMovingAverageStrategy2	passwd15	Machine	Local		strategy.SMovingAverageStrategy		15	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SMovingAverageStrategy3	passwd16	Machine	Local		strategy.SMovingAverageStrategy		16	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SFSpreadStrategy1	passwd17	Machine	Local		strategy.SFSpreadStrategy		17	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SFSpreadStrategy2	passwd18	Machine	Local		strategy.SFSpreadStrategy		18	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
DayTradeStrategy1	passwd19	Machine	Local		strategy.DayTradeStrategy		19	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
DayTradeStrategy2	passwd20	Machine	Local		strategy.DayTradeStrategy		20	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T01_Ayaki	passwd21	Machine	Local		strategy.T01_Ayaki		21	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T01_Yamanaka	passwd22	Machine	Local		strategy.T01_Yamanaka		22	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T02_Abe	passwd23	Machine	Local		strategy.T02_Abe		23	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T03_Irie	passwd24	Machine	Local		strategy.T03_Irie		24	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T04_Kitakubo0	passwd25	Machine	Local		strategy.T04_Kitakubo0		25	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T04_Kitakubo1	passwd26	Machine	Local		strategy.T04_Kitakubo1		26	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T04_Kitakubo2	passwd27	Machine	Local		strategy.T04_Kitakubo2		27	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T05_Aiba	passwd28	Machine	Local		strategy.T05_Aiba		28	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1

表 1 : MyMembersSA.csv

あらたに TestStrategy を追加する場合には、下記のカラムについて設定を行う。

- 1) LoginName
- 2) Password
- 3) RealName
- 4) Seed

- 1) LoginName

「LoginName」は、エージェントがログインする際に必要となる ID である。たとえ、同様のクラスから生成されるエージェントであっても同じ名前をつけてはならない。

- 2) Password

「Password」は、一般にマシンエージェントの場合、Passwd + n で設定する。n はエクセルで開いた場合の行数と同じ設定にする。

ここでは、29 行目に TestStrategy を設定するので、TestStrategy エージェントの Password は、Passwd29 である。

- 3) RealName

「RealName」では、クラス名を指定する。ここでは、strategy.TestStrategy とする。

- 4) Seed

「seed」は、エージェントが擬似乱数を用いる場合に設定される擬似乱数の種である。

以上のカラム以外は、他のエージェントと同じ設定をコピーする。下記に実際に 29 番目に新たにエージェントを設定した場合の一覧を示す。ここでは、保存先のファイル名を「新城トレーニング.csv」とする。

LoginName	Password	Attribute	Connection	Access(Allow All)	RealName	SystemParameters	Seed	InitialCash	TradingUnit	FeePerUnit	MarginRate	MaxLoan	Interest
MyTrendStrategy	passwd2	Machine	Local		strategy.MyTrendStrategy		2	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
AntiTrendStrategy1	passwd3	Machine	Local		strategy.AntiTrendStrategy		3	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
AntiTrendStrategy2	passwd4	Machine	Local		strategy.AntiTrendStrategy		4	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
RandomStrategy	passwd5	Machine	Local		strategy.RandomStrategy		5	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SRandomStrategy1	passwd6	Machine	Local		strategy.SRandomStrategy		6	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SRandomStrategy2	passwd7	Machine	Local		strategy.SRandomStrategy		7	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SRandomStrategy3	passwd8	Machine	Local		strategy.SRandomStrategy		8	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
RsiStrategy	passwd9	Machine	Local		strategy.RsiStrategy		9	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SRsiStrategy1	passwd10	Machine	Local		strategy.SRsiStrategy		10	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SRsiStrategy2	passwd11	Machine	Local		strategy.SRsiStrategy		11	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SRsiStrategy3	passwd12	Machine	Local		strategy.SRsiStrategy		12	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
MovingAverageStrategy	passwd13	Machine	Local		strategy.MovingAverageStrategy		13	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SMovingAverageStrategy1	passwd14	Machine	Local		strategy.SMovingAverageStrategy		14	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SMovingAverageStrategy2	passwd15	Machine	Local		strategy.SMovingAverageStrategy		15	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SMovingAverageStrategy3	passwd16	Machine	Local		strategy.SMovingAverageStrategy		16	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SFSpreadStrategy1	passwd17	Machine	Local		strategy.SFSpreadStrategy		17	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
SFSpreadStrategy2	passwd18	Machine	Local		strategy.SFSpreadStrategy		18	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
DayTradeStrategy1	passwd19	Machine	Local		strategy.DayTradeStrategy		19	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
DayTradeStrategy2	passwd20	Machine	Local		strategy.DayTradeStrategy		20	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T01_Ayaki	passwd21	Machine	Local		strategy.T01_Ayaki		21	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T01_Yamanaka	passwd22	Machine	Local		strategy.T01_Yamanaka		22	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T02_Abe	passwd23	Machine	Local		strategy.T02_Abe		23	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T03_Ine	passwd24	Machine	Local		strategy.T03_Ine		24	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T04_Kitakubo0	passwd25	Machine	Local		strategy.T04_Kitakubo0		25	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T04_Kitakubo1	passwd26	Machine	Local		strategy.T04_Kitakubo1		26	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T04_Kitakubo2	passwd27	Machine	Local		strategy.T04_Kitakubo2		27	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
T05_Alba	passwd28	Machine	Local		strategy.T05_Alba		28	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1
ShinjoStrategy	passwd29	Machine	Local		strategy.TestStrategy		29	1000000000	1000	0	300000	30000000	0.1

表 2 : 新城トレーニング.csv

次に、実際に実験用キットを動かす。実験用キットの MarketSimulator.exe をダブルクリックすると下記の初期画面が現れる。

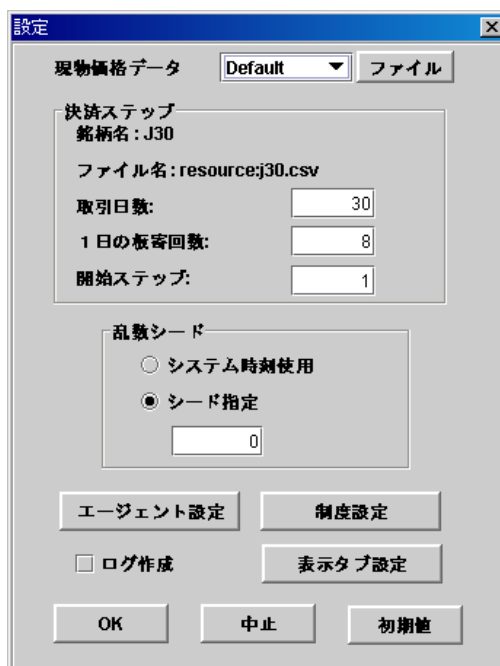


図 4 : 実験用キットの初期画面

次に、上記画面の左下にある「エージェント設定」をクリックすると、下記の画面が現れる。

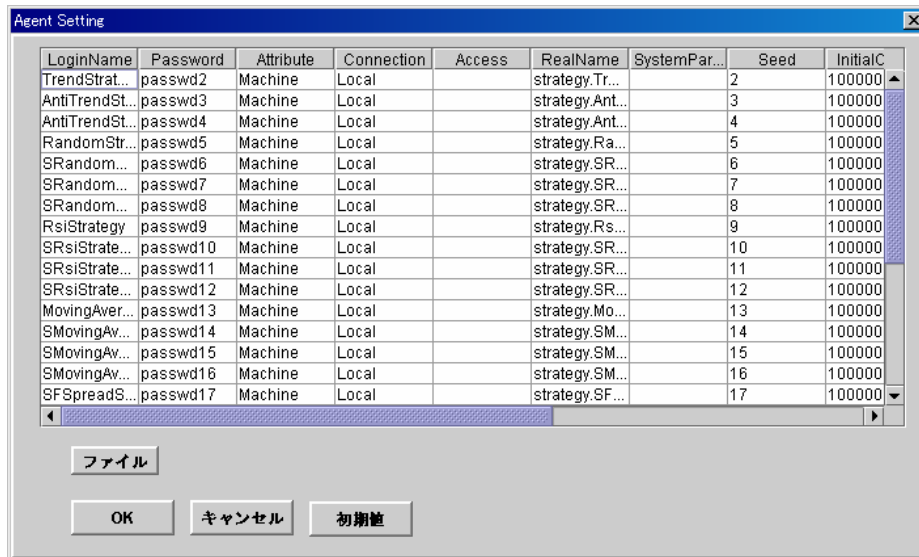


図 5 : エージェント設定画面

上記の画面は、「MyMembersSA.csv」を読み込んだものである。ここでは、MyMembersSA.csv を「新城トレーニング.csv」に変更する。

エージェント設定画面の左下にある、「ファイル」ボタンをクリックすると、下記のファイル参照画面が現れる。

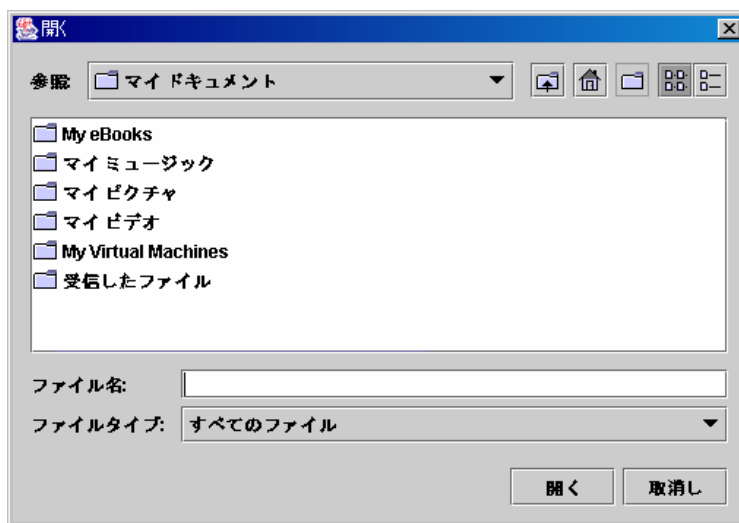


図 6 : エージェント設定ファイル参照画面

上記のファイル参照画面から、「新城トレーニング.csv」があるディレクトリに移動し、「新城トレーニング.csv」を読み込む。

すると、エージェント設定画面内が「新城トレーニング.csv」の内容となるので、29番目に新たに追加したエージェントがいることを確認した後、「OK」ボタンをクリックする。

実験を開始する前に、「ログ作成」のチェックリストにチェックを入れ「OK」ボタンをクリックする。時系列を変えたい場合は、「開始ステップ」のテキストフィールドに適切な数字を入力する。

以上の設定を終了すると、U-Mart が起動しトレーニングを行うことができる。

実験終了後には、実験用キットのディレクトリ内に全エージェントの取引結果に関するログが生成されるので、これを用いて実験結果を分析することができる。

2.6 おわりに

第2章では、標準開発キットの入手方法から実験終了までの一連の流れを説明した。第3章では、以上の設定に従い実際に実験し、実験結果を分析した内容を紹介する。

第 3 章

売買戦略アルゴリズムの実装と対戦

3.1 はじめに

第 3 章では、実験用キットを用いて実装したマシンエージェントと対戦した結果を述べる。対戦結果は実装したマシンエージェントに対して、11 回中 10 回、最終資産の大きさを人間側（自分自身）が上回った。ログデータを分析した結果、マシンエージェントがポジション管理を怠っていたのに対し、人間側はポジション管理を行っていた。

3.2 売買戦略アルゴリズムの実装

第 3 章で使用するマシンエージェントは、エージェントベースの取引所理論の姉妹編である「デイトレード編」で紹介されている[3]。

3.3 人間 VS マシンエージェント

標準エージェントセットに作成したマシンエージェントを加え、時系列および擬似乱数の種を変更しながら、スタンドアローン版で自ら対戦した。

下記のグラフは、各実験におけるマシンエージェントと人間の最終利益の推移を示している。

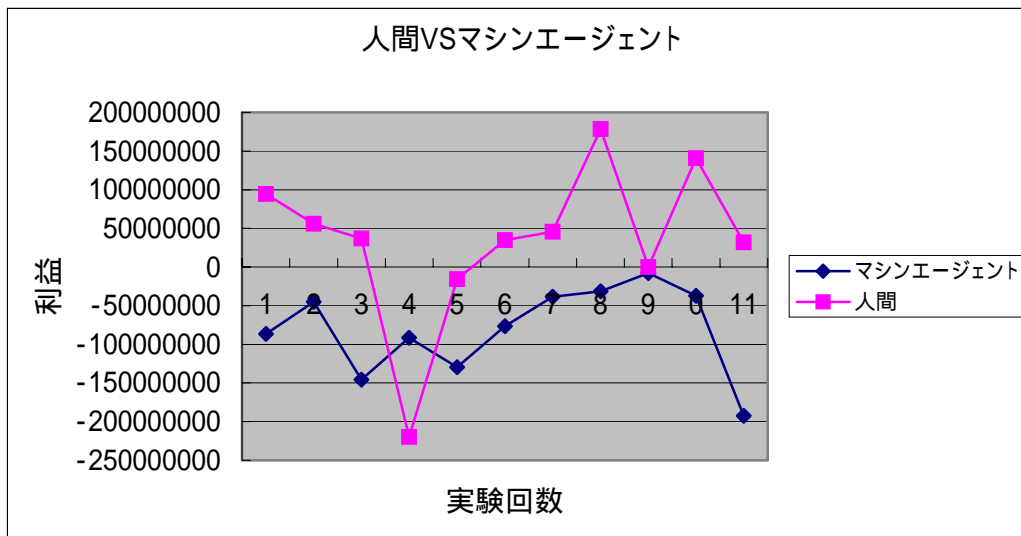


図7： 各実験におけるマシンエージェントと人間の最終利益の推移

上記の結果から、11回中10回、最終資産の大きさで人間側が上回っていることがわかる。実装したエージェントはすべての実験で最終成績が負になっているが、人間側は、11回中9回、最終利益が正の値になっている。

第4回目の実験では、人間側が大きく負け越しており、この原因を解明する必要がある。

第8回目の実験と第10回目の実験では、人間側が大きく勝ち越し、かつ、最終成績も1億5千万円~2億円程度もうかっており、資産を15%~20%増加する効率の良い運用成績を収めている。

3.4 実験結果の分析手法

実験結果を分析するためには、Windows環境の場合、主にエクセルを用いた分析を行う。しかしながら、U-Martのログデータは各板寄せごとに別々のファイルに格納されているため、未実現損益の時系列データや、ポジション管理の時系列データを作成するためには、各データを連結しなければならない。

Linux環境の場合、catなどのシェルコマンドを用いてデータの連結やソートを行うスクリプトを作成するのが一般的である。

同様に、Windowsの場合でもコマンドプロンプトから、typeコマンドを用いてデータを連結した後、エクセルを用いてソートを行い、オートフィルタでエージェント別のデータを閲覧することができる。また、この作業を一般化したJavaソフトも開発されている(詳しくは[4]を参照)。

3.5 実験結果の分析

この節では、11回の取引中、1)人間側が大きく損をした第4回目の実験結果と、2)人間側が大きくもうけた第8回目の実験結果をログデータを用いて分析する。

1) 第4回目の実験結果の分析

第4回目の実験では、マシンエージェントも最終利益が負の値になっているが、人間側はそれを大きく上回り、全資産の20%以上を失っている。

この原因を解明するため、まずは人間側の未実現損益の時系列データを作成する。

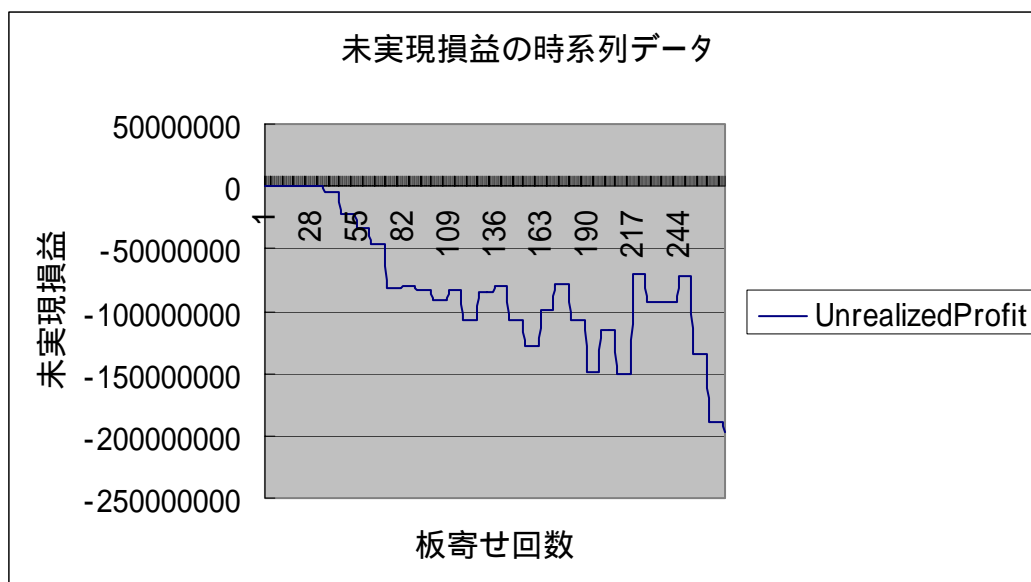


図8： 未実現損益の時系列データ（第4回目の実験）

この結果、損切りと益出しを行い未実現損益を回復させている箇所が見られるものの、全体としてはズルズルと損を積み重ねてしまい、最終的には全資産の20%以上を失っていることが予想される。

上記の仮説を検証するために、次にポジション管理について時系列データを作成する。

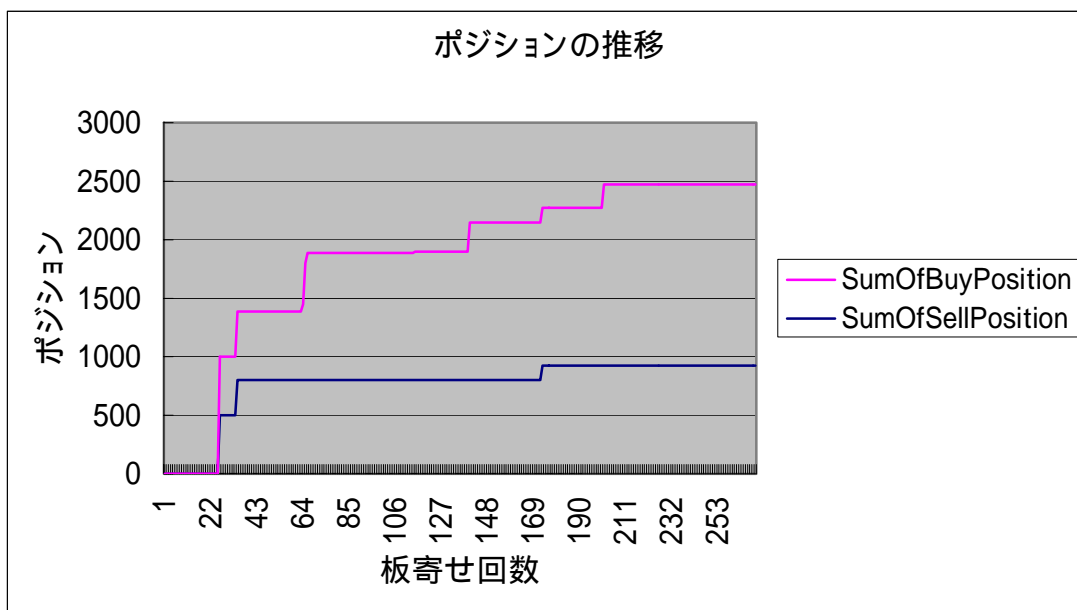


図9： ポジション管理（第4回目の実験）

ポジション管理の様子を見てみると、最初から最後まで買いポジションで終わっている。また、途中でポジションをスクエアにすることもない。もし、思い切って売りポジションにするか、ポジションをスクエアにし、損を確定させていれば、最終的には全資産の20%を失うことはなかったであろう。

2) 第8回目の実験結果の分析

第8回目の実験では、マシンエージェントの最終利益が負である一方で、人間側の最終利益が正の値になっており、全資産が20%増加している。

この原因を解明するため、まずは人間側の未実現損益の時系列データを作成する。

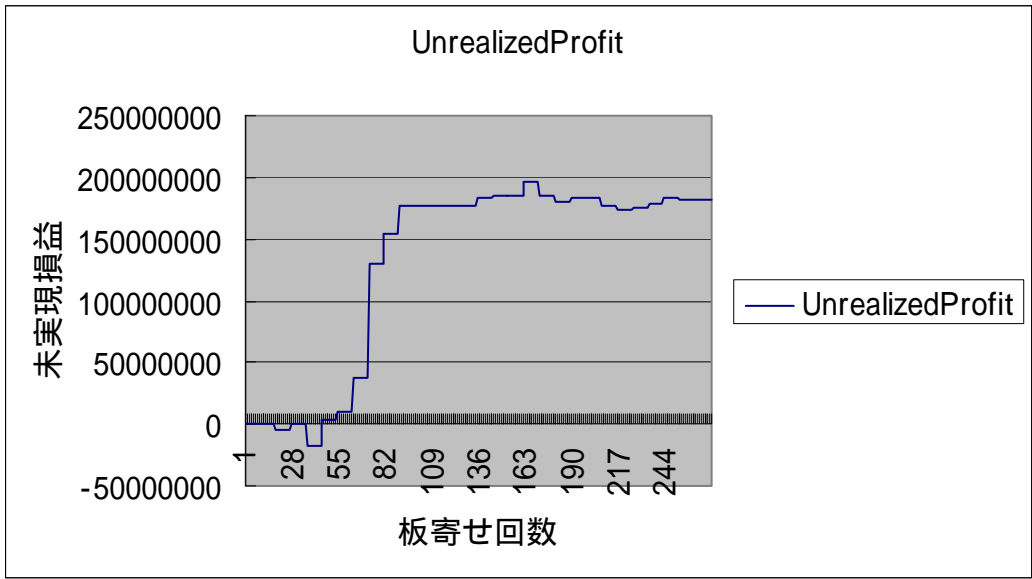


図 10： 未実現損益の時系列データ（第 8 回目の実験）

この実験では、前半に大きく利益を出し、そのまま後半までもうけた利益を持続している。この結果を検証するため、次にポジション管理の動きを見てみる。

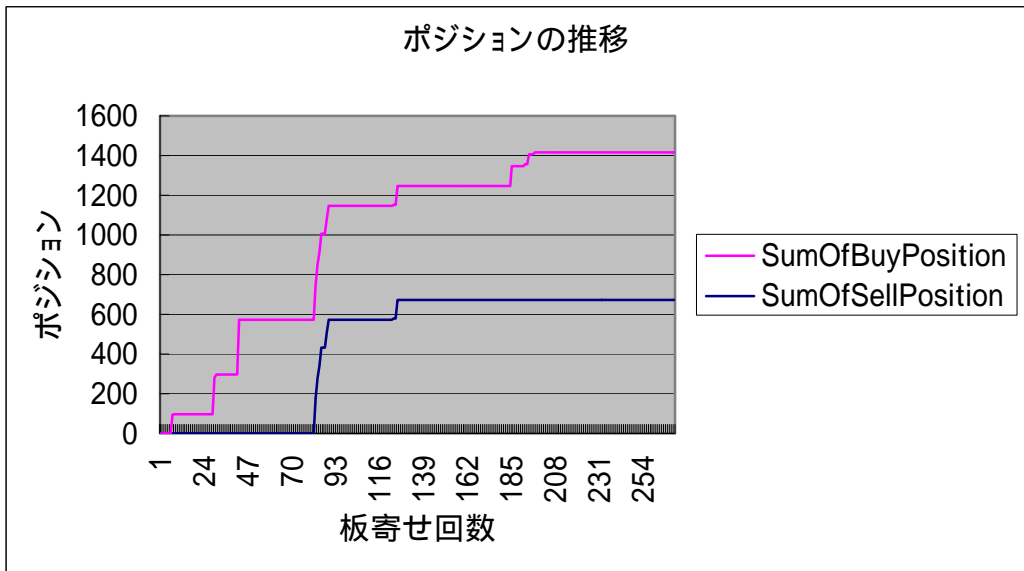


図 11： ポジション管理（第 8 回目の実験）

前半に買いポジションをはり、いったんポジションをスクエアにし、益出しを行っている。その後、もう一度、買いポジションをはったが価格が思ったほど上昇せず、損益が前半のように大幅に上昇することはなかった。

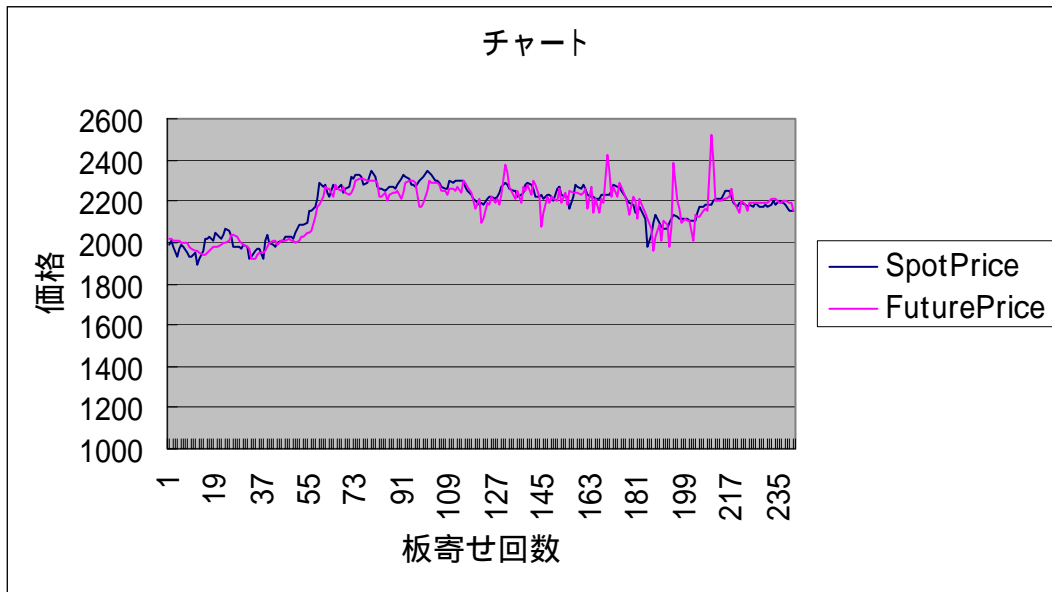


図 12： チャート（第 8 回目の実験）

チャートの動きから、前半の価格の上昇が未実現利益の大幅な上昇に貢献している。逆に言えば、買いポジションをはることで、マーケットの波に上手に乗れたと言えるのではないだろうか。

マシンエージェントは同じく買いポジションをとっているが、うまくマーケットの波にのれていない。

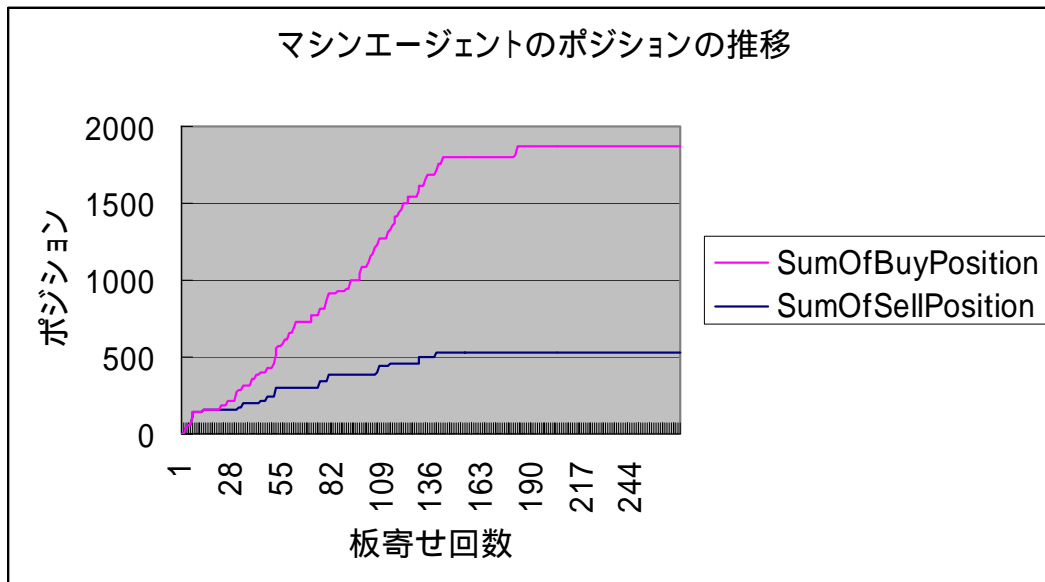


図 12： マシンエージェントのポジション管理

3.6 おわりに

第3章では、実験用キットを用いて実装したマシンエージェントと対戦した結果を述べる。細かくデータを追うことで、「マーケットの波にのる」などと巷で噂される現象を科学的手法を用いて再現し、その原因を解明することができた。

第4章

結論

ここでは、U-Mart を用いた市場とレーニングの考察を行う。今回の実験で、最終成績、人間側は、11 回中 9 回、最終利益が正の値になっている。9 回のいずれの場合も、損切り、益だし、ポジション管理がしっかりと行われているときである。

逆に、大きな損失を出した第 4 回は、うまく損切りが行えずに、最初から最後まで買いポジションで終わっていて、ポジション管理もできてない状態だった。対戦したマシンエージェントにおいては、すべての取引で利益を出せない結果になった。

第 8 回での取引では、お互いが買いポジションであったが、人間側は、利益を出し、マシンエージェント側は損失を出している。ある時点(価格が急激に上昇したとき)で、人間側はポジションをスクエアすることができ、マシンエージェント側においてはスクエアすることができなかった。

このことが、第 8 回の取引において利益を出すか、損失を出すかの分岐点であったと考える。マシンエージェント側がうまくスクエア出来なかった理由として、このマシンエージェントには、Max ポジションが設定されていないために、うまくポジション管理が行えていなかったことがあげられる。第 8 回以外の取引においても、マシンエージェントが一度も利益を出せなかった理由として、上記と同様のことが考えられる。

U-Mart を始めたころの私は、買いポジションの場合は、意地でも買った値段よりも高く売ろうとし、売りポジションの場合も、意地でも売った値段より安く買い戻そうとしていたために、最後までポジションが偏り、最終的に、多大な損失を出すことが多かった。第 4 回の取引の結果は、それを思い出させる。

今回の、実験用キットを用いて実装したマシンエージェントと対戦したことによって、改めて、思い切った損切り、益だし、ポジション管理の難しさ、そして、重要性を実感した。益だしをするのは容易だが、損切りの場合だと、損することを承知の上で行わなければならないため、躊躇しがちである。私は、何度も損切りを躊躇した挙句に、最終的に損失を増やしてしまった経験がよくある。

「20%の下落を5%で防げるのならば、それは、敗北ではなく、勝利である」という概念があるが、そのことを念頭に置いて闘いたい。

参考文献

- [1] U-Mart 日本語公式サイト、<http://xoops.u-mart.econ.kyoto-u.ac.jp/xoops/>
- [2] 川崎大輔、仮想先物市場（U-mart）入門、中央大学卒業論文集、2003 年
- [3] 工藤寛之 エージェントベースの取引所理論 ～デイトレード編～、中央大学卒業論文集、2005 年
- [4] 原田圭 エージェントベースの取引所理論 ～解析編～、中央大学卒業論文集、2004 年