

遺伝的アルゴリズムによる外国為替取引手法の最適化

Optimization of the Trading Method in Foreign Exchange using Genetic Algorithms

平林 明憲¹ 伊庭 斉志²

Akinori Hirabayashi¹, Hitoshi Iba²

¹ 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 基盤情報学専攻

¹ Department of Frontier Informatics, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

² 東京大学大学院 工学系研究科 電気系工学専攻

² Department of Electronics Engineering, Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

Abstract: *The generation of profitable trading rules for Foreign Exchange (FX) investments is a difficult but popular problem. The use of Machine Learning in this problem allows us to obtain objective results by using information of the past market behavior. In this paper, we propose a Genetic Algorithm (GA) system to automatically generate trading rules based on Technical Indexes. Unlike related researches in the area, our work focuses on calculating the most appropriate trade timing, instead of predicting the trading prices.*

1. はじめに

近年、金融の分野において様々な数理的手法やコンピュータ・シミュレーションを適用する試みが盛んになってきている。その応用例としてトレーディング、投資決定などが挙げられ、対象としては株式、外国為替、債権の3つが主流となっている[1]。その中でも、外国為替市場は世界最大の金融市場である。そして最近の日本では、FX (外国為替証拠金取引) という金融商品が導入され、株式投資に次ぐ人気商品となっている。このFX取引において利益を得るためには、外国為替の変動をある程度高い精度で予測する必要がある。

各国や世界全体の景気の動向などを分析することによって投資する方法をファンダメンタル分析と呼ぶが、為替価格の決定要因として考えられるものが非常に多いため、精度の高い予測は難解な問題であるとされている。そこで、過去の時系列データを数理的にのみ扱うテクニカル分析と呼ばれる手法が有効となる。この分析に用いられる指標をテクニカル指標と呼び、投資判断にはいくつかの指標を組み合わせることが好ましいと一般に考えられている。

本稿では、価格の予測という難解な問題を避けるため、投資を行うタイミングに注目した外国為替取引ルールを最適化を提案する。最初に一定額の日本円を保有するという前提で、特に短期間で外国為替の売買を通して高い利益を上げることを目標とす

る。為替価格が上昇もしくは下落するタイミングをより正確に判断するための好ましいテクニカル指標の組み合わせを探索すべく、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm ; GA)を用いる。さらに、FXに独特のリバレッジの概念も導入することで、提案手法で得られる利益についても考察する。

GAとは最適化・探索問題に対して、最適解や近似解を効率よく見つけ出すための探索手法である。そしてGAには選択や交叉、突然変異といった生物の進化に着想を得た操作が応用されている。本稿における提案手法では、過去の為替レートの時系列データから利益を上げやすいトレーディングルールを探索するが、全探索には莫大な時間を要する。そこでGAを導入することにより、計算時間の大幅な削減が可能となる。さらに、為替市場には様々なトレーダーが参加し、利益を上げやすい投資パターンは時代の流れとともに変化すると考えられるため、過去の学習データから逐一学習することにより最適化された投資ルールは、未知データに対して適応しやすく、利益も上げやすいとの仮説を立てることができる。

以下、本稿は次のような構成をとる。まず2章で外国為替市場およびFXの仕組みについて説明する。次に3章で一般に用いられるいくつかのテクニカル指標について説明し、4章では関連研究を紹介する。5章で提案手法、6章で実験結果およびその考察について述べ、最後に7章で総括を述べる。

2. 外国為替市場と FX

外国為替市場は、いくつかの点において株式市場と異なる。まず、世界各国で時差があるため、個人投資家であっても平日は1日24時間取引が可能である。このため、昼間のみ取引可能な株式市場に比べて取引チャンスが非常に多いといえる。次に、為替取引は約定時間がかからないことが挙げられる。したがって、特に主要通貨間の取引では、今現在の取引価格ですぐに売買が可能である。

また、FX 取引における手数料は一般に安価である。大半の FX 会社では、あるタイミングでの買値が売値よりも若干高く設定され、この差がスプレッドと呼ばれる。スプレッドは各 FX 会社によって異なるが、1\$につき2, 3 銭など、非常に安価である場合が多い。このスプレッドが手数料の役割を果たしているため、これとは別に手数料がかかるケースは稀で、その点で株式取引と比較して手数料は非常に安価であるといえる。最後に、FX 取引ではリバレッジと呼ばれる仕組みを用いることにより、投資家が持つ(証拠金として預けている)資金よりもはるかに多い金額の外貨を売買することが可能となる。これにより、短期間にして保有額よりも大きな利益を得ることも可能となる。

3. テクニカル指標

テクニカル指標とは、過去に発生した株や為替の価格変化から将来の価格変化を予想・分析するための指標である。ここでは、代表的なテクニカル指標を3つ紹介する。

3. 1 RSI (Relative Strength Index)

$$RSI[\%] = \frac{|U|}{|U| + |D|} \times 100 \quad (3.1)$$

$|U|/(|D|)$: 過去 n 日間における上昇(下落)幅の絶対値和

RSI は典型的な逆張り系の指標とされ、相場が売られすぎ(価格が低い)の時に買い、買われすぎ(価格が高い)の時に売ることを目指すものである。日数 n として9や14を用いるのが一般的である。RSI が30以下は売られすぎ、70以上は買われすぎの水準といえる。

3. 2 移動平均

移動平均とは、時系列データを平滑化する手法のひとつであり、具体的には過去 n 日間の平均値を計

算することにより求まる。移動平均は現在のトレンドを把握するための指標であり、逆張り系に対して順張り系と呼ばれる。過去データの重み付けの方法の違いによって、複数の種類が存在する。

まず単純移動平均 (Simple Moving Average; SMA) とは、単純移動平均とは、過去 n 日間のデータを重み付けすることのない単純な平均値を指す。次に加重移動平均 (Weighted Moving Average; WMA) とは、直近のデータほど大きい重みを与えるものであり、たとえば最も現在に近い日の重みを n とし、その前日を $n-1$ などと重みを減らしてゆき、最終的にゼロとする。

本稿では、指数加重移動平均 (Exponentially Weighted Moving Average; EMA) を用いる。線形な重み付けを行う WMA に対し、EMA は指数関数的に重みを減少させる。

例)

$$EMA_M = \frac{p_M + \alpha p_{M-1} + \alpha^2 p_{M-2} + \dots}{1 + \alpha + \alpha^2 + \dots} \quad (3.2)$$

α : 任意の重み係数 ($0 < \alpha < 1$)

3. 3 移動平均乖離率

$$(\text{乖離率})[\%] = \frac{(\text{当日の価格}) - (n\text{日移動平均})}{(n\text{日移動平均})} \times 100 \quad (3.3)$$

移動平均乖離率とは、3.2 で示したいずれかの移動平均を用い、当日の価格が移動平均とどの程度乖離しているかを示す指標である。3.1 の RSI と同様に逆張り系の指標と考えられ、 n としては5日/25日/13週/26週のいずれかを用いることが一般的である。乖離率が+10%以上が売り、-10%以下が買いのタイミングであるとする見方が強い。

4. 関連研究

本稿では、テクニカル指標を為替データに適用することを試みるが、ここでは1. 外国為替に関する研究、2. テクニカル指標に関する研究の2項目に分けて関連研究を紹介する。

4. 1 外国為替に関する研究

数理的な手法、特に人工知能を金融データ解析に応用する試みとしては、株式に関するものが大半を占めていて、外国為替に関するものは現状では比較的少ない。

ただ、その中でも比較的良好に見られる研究は、外国為替市場における様々な変動を人工市場的なアプローチで分析することを試みるものである [2], [3]. 人工市場とは、コンピュータ上に人工的に作り出された架空の市場であり、複雑系の概念が応用されている。人工市場を用いることにより、現実の経済現象の分析や経済理論の検証などを行うことができる。人工市場の目的は、取引によって利益を上げることとは若干異なるといえる。

他に、外国為替のポートフォリオ管理に関する研究が見られる [4]. ポートフォリオとは、資産の分配比率を意味する経済用語である。変動に相関が少ないと見られる、多種類の資産を同時に保有することにより、リスクの分散・収益の最大化をはかることをポートフォリオ最適化という。[4]においては、米ドル・日本円・ユーロ・英ポンド・香港ドルなど様々な通貨間のポートフォリオ最適化を試みている。

4. 2 テクニカル指標に関する研究

遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて、株式投資を行うタイミングの最適化を試みる研究が存在する[5]. ただ 1 つの会社の株価にのみ着目し、RSI などのテクニカル指標を GA の染色体として、短期間に利益を得やすい投資ルールを探るという手法を提案している。また適合度としては、学習期間を通して得られた運用利益や、投資家が理想と考える利益率が得られるまでにかかる時間の逆数などを用いている。次に、そこで探索された投資ルールを直後のテストデータに適用し、利益が得られるかどうか検討している。

5. 提案手法

まず、提案手法の処理フローを Fig. 1 に示す。おおまかな流れとしては、為替の時系列データからなる学習データから、テクニカル指標を特徴量として利益を上げやすい売買ルールを GA で探索し、それを学習データの直後のテストデータに適用する。

5. 1 学習データ

本稿においてはまず、米ドル為替レート[\$/¥], およびユーロ為替レート[€/¥]の 2 種類の時系列データを一定時間分だけテストデータとして入力する。データはいずれも 1 時間ごとの終値であり、ごく短期間における売買によって利益を上げることが目的とする。後に、直後のこれらの時系列データにつき独立に実験を行う。

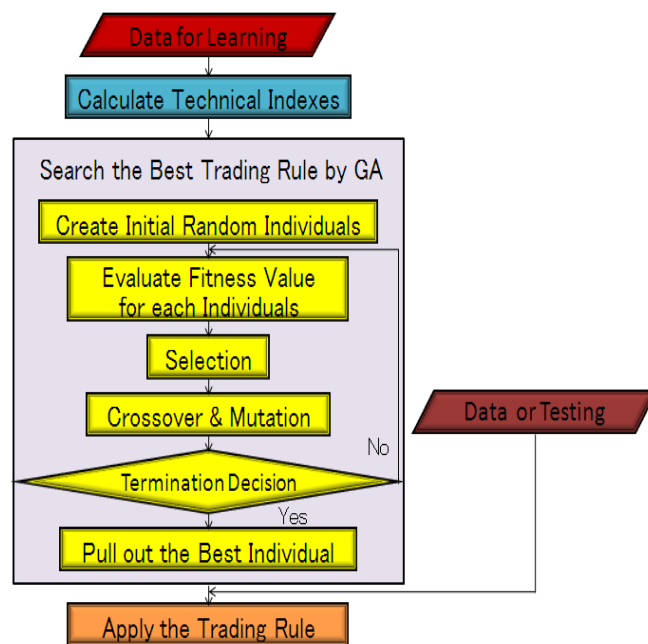


Fig.1 Flow of the proposed method

5. 2 テクニカル指標の計算

5. 1 で記した外国為替の時系列(元データ)についてそれぞれ、以下のテクニカル指標を計算する。

1. 元データの RSI
2. 元データの移動平均乖離率
3. 元データの直前 1 時間からの上昇(下落)率
4. 指数加重移動平均の RSI

指標 1~3 は逆張り系と一般に言われるが、指標 4 は現在のトレンドをもとに計算された RSI であるため、順張り系と考えることができる。

5. 3 GA による売買ルール探索

次に、Binary-GA で用いる遺伝子に売買ルールを組み込む(Fig.2). 具体的には、外貨買い・外貨売りそれぞれについて、投資タイミングとなる上記 1~4 の範囲、RSI および指数加重移動平均において過去にさかのぼる時間 n , 指数加重移動平均で用いる重み係数 α , 利食い金額, 損切り金額を売買ルールに必要なデータとする。ここで利食い・損切りとは、それぞれ利益・損失を確定させるために、買った通貨を売る行為を指す。

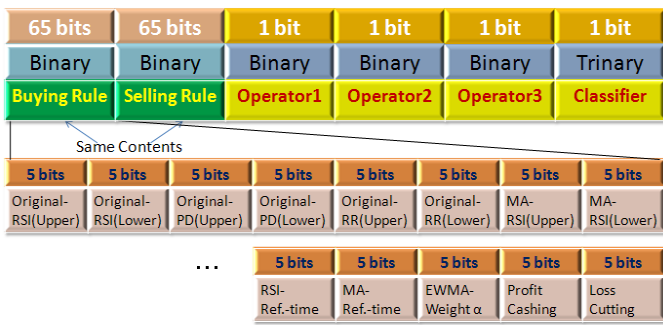


Fig.2 Chromosome Design

Step1) 初期個体の生成

まず, Fig. 2に示すような染色体をランダムに 1500 個体生成する. 各特徴量に 5 ビットずつ割り当てたので, $2^5=32$ 通りの異なる値(0~31)をとることができる. これを, 例えば RSI であれば下限から上限が 0~100 に固定されるため, その中で均等に範囲を割り当てる. 例として, 0 : 0~3.125, 16 : 50~53.125 となる. 他の特徴量についても同様な範囲の割り当てを行い, 各個体が売買ルールを表現するものとなる.

また後半に示した 4 つの単体のビットは, 投資タイミングの条件式を示す. 最後の遺伝子のみ 3 値(0, 1, 2)をとることができ, 各数値 0, 1, 2 がそれぞれ, Table1 に示した条件式[A], [B], [C]に対応する. 次に, 3 つのオペレータが Op.1~3 にそれぞれ割り当てられ, 数値が 0 であれば “&&”, 1 であれば “||” を代入する.

Table1 Conditional Equation

[A]	$\{(C_1 < RSI1 < C_2) \text{ Op.1 } (C_3 < PD < C_4)\} \text{ Op.2}$ $\{(C_5 < RR < C_6) \text{ Op.3 } (C_7 < RSI2 < C_8)\}$
[B]	$\{(C_1 < RSI1 < C_2) \text{ Op.1 } (C_5 < RR < C_6)\} \text{ Op.2}$ $\{(C_3 < PD < C_4) \text{ Op.3 } (C_7 < RSI2 < C_8)\}$
[C]	$\{(C_1 < RSI1 < C_2) \text{ Op.1 } (C_7 < RSI2 < C_8)\} \text{ Op.2}$ $\{(C_3 < PD < C_4) \text{ Op.3 } (C_5 < RR < C_6)\}$

Step2) 適合度の計算

Step1)で生成された初期個体それぞれについて, テスト期間を通して売買ルールを運用した後の利益金額を適合度とする. すなわち, 適合度が最大となった売買ルールが, 学習期間において最も高い利益を上げたことを意味する. 資産運用のフローチャートを Fig.3 に示す.

FX rate – Longitudinal Data

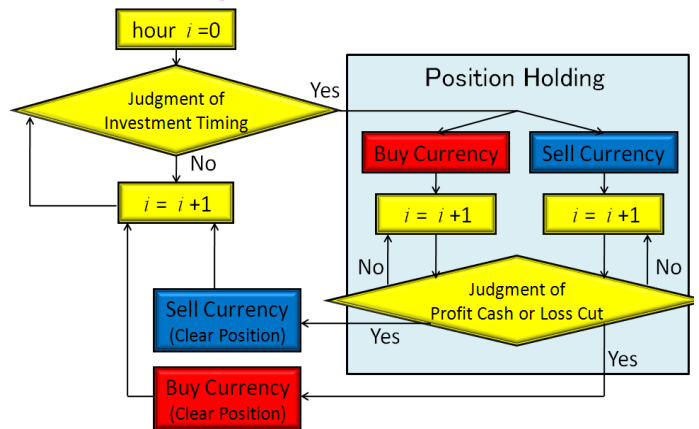


Fig.3 Flow of the Investment Management

Step3) 選択

本稿においては, GA の選択方法としてトーナメント選択を用いる. トーナメント選択とは, あらかじめ決められた数(トーナメントサイズ)だけランダムに個体を取り出し, その中で最も適合度の高い個体を選択する方式である. 実験では, トーナメントサイズを 50 とした. またエリート戦略として, 適合度が上位 10%の個体は必ず次世代に残すこととした.

Step4) 交叉・突然変異

交叉方法としては, 2 点交叉を用いる. 2 点交叉とはランダムに発生された 2 つの交叉点を境にして, 選ばれた親 A と親 B の染色体を取り換えて, 子 a と子 b を生成する方法である. また突然変異とは, 任意の確率(通常は 5%以下の低確率)で, 染色体の 0 を 1 に, また 1 を 0 に変換することをいう. 実験では, 交叉率を 60%, 突然変異率を 4%とした.

以上 Step2)~4)の処理を繰り返し, 一定の収束条件を満たした後, またはループの上限回数 100 回に達した後, 適合度が最大となった個体を保存する. この個体を「最も利益を上げやすい」売買ルールとし, テストデータに適用する.

5. 4 テストデータ

学習データ同様, 対象となる外国為替の時系列データを, 学習データの直後となる一定日数分だけ入力し, 次章の条件に従って実験を行う.

5. 5 投資ルールの適用

最適化によって得られた売買ルールの例を Table2 に示す.

Table2 An Example of Optimized Trading Rule

Range of Technical Indexes to Invest (Buying Rule)	
$\{(81.25\% < RSI1 < 93.75\%) \&\& (-0.3\% < RR < 0.1\%) \} \mid \mid$ $\{(-0.15\% < PD < 0.7\%) \&\& (75\% < RSI2 < 97.5\%) \}$	
RSI – Reference Time Length	31 hours
EWMA – Reference Time Length	23 hours
EWMA – Weight α	0.7
Profit Cashing	+ ¥ 2.3 / 1 €
Loss Cutting	- ¥ 1.7 / 1 €

適用の流れとしてはまず、テストデータについても学習データ同様に、5.2 で示した 4 つのテクニカル指標を最適化された売買ルールに従って計算する。そして、Table1 に示した指標の幅の条件式に一致した時間に外貨売買のアクションをとる。

ここで、本稿ではリバレッジを用いた実験を行う。実験では最大 5 倍の投資を許容することとした。

リバレッジ決定法の流れとしてはまず、外貨売買のアクションをとる時間の直前にあたる 24 時間と、学習データ内の連続する 24 時間との相関係数 r をすべての時間につき計算する。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{24} (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{24} (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{24} (y_i - \bar{y})^2}} \quad (5.1)$$

次に $r \geq 0.85$ となった学習データ内の時間につき次式を計算することで、直後に為替価格が上昇・下落のいずれの傾向をとりやすいか判断する。

$$F = \sum_{i=1}^{24} (x(t+i) - x(t)) \times (24 - i) \quad (5.2)$$

買いの場合は $F > 0$ となる割合、売りの場合は $F < 0$ が負となる割合をそれぞれ計算し、その割合 p に従ってリバレッジを決定する。 p とリバレッジの対応関係を Fig.4 に示す。

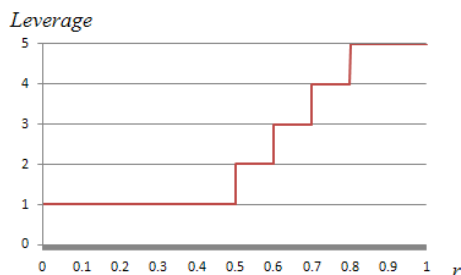


Fig.4 Determination of Leverage

6. 実験

6. 1 実験条件および適用データ

・スプレッドおよび手数料

本稿では、実際の FX 会社を想定したシミュレーションを行う。スプレッドは 1\$ につき 3 銭(0.03 円), 1€ につき 4 銭(0.04 円)とし、スワップ金利は考慮しない。

・初期保有額および 1 回あたりの投資金額

初期保有額はユーロ：160 万円，米ドル：125 万円とした。また、1 回の「買い信号」もしくは「売り信号」につき、 n 万通貨単位(ドル，ユーロ)を購入もしくは売却することとした。決済額も同様である。ここで n は 5.5 で定義したリバレッジを意味する。

・適用データ

テストデータとしては、次の 2 種類の外国為替の時系列データを用いる。

1. 米ドル[USD/JPY] (2005 年～2007 年，3 年間)
2. ユーロ[EUR/JPY] (2005 年～2007 年，3 年間)

学習方法としては、テストデータを 3 ヶ月単位に分割し、それぞれ直前にあたる 6 ヶ月間で学習することとする(Fig.5)。

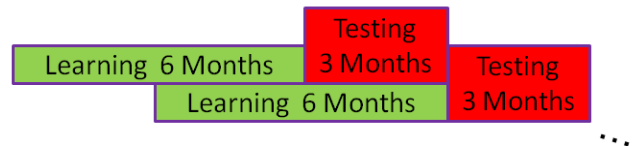


Fig.5 Method of Learning & Testing

6. 2 実験結果および考察

まず、運用の結果得られた利益金額を示す(Table3)。比較対象として、外貨を 1 年間保有し続ける方法、および 2005,06 年のユーロと 2006,07 年の米ドルに関してはリバレッジを用いない方法[6] を併記する。

Table3 Amount of Profit (¥)

		2005	2006	2007
USD	Proposed	25000	134900	-46400
	No Leverage	/	67200	7500
	Buy & Hold	53700	109600	-72400
EUR	Proposed	271800	88700	-80400
	No Leverage	138200	159800	/
	Buy&Hold	3700	175100	58700

同様に、初期保有額に対する利益率を Fig.6 に示す。

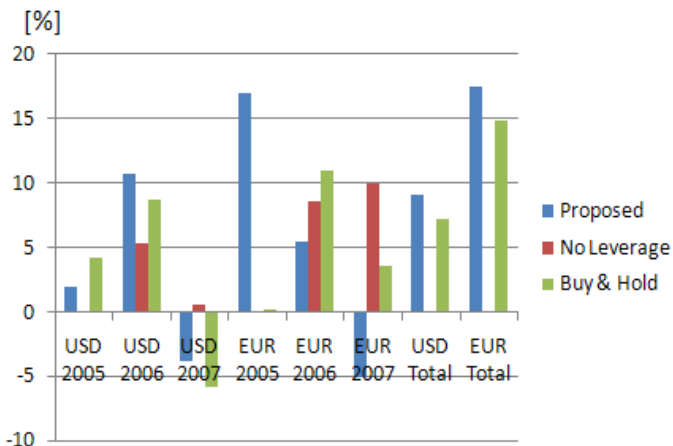


Fig.6 Percentage Profit

次に、例として 2005 年および 2007 年のユーロでの資産運用の結果を示す(Fig.7, Fig.8).

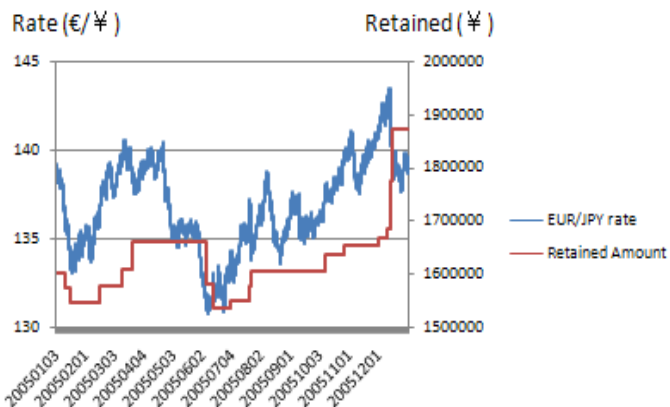


Fig.7 EUR/JPY Chart in 2005 & Operating Result

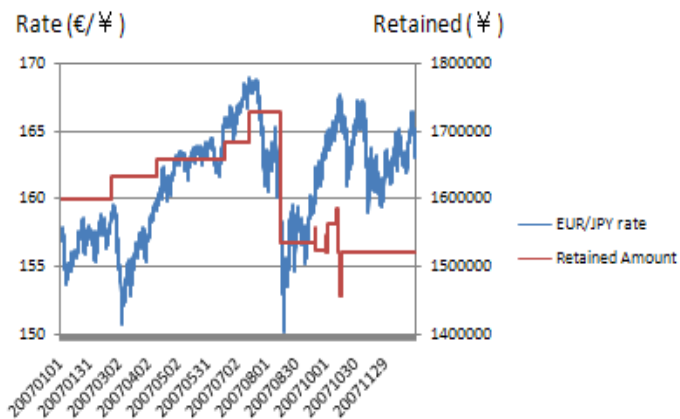


Fig.8 EUR/JPY Chart in 2007 & Operating Result

まず、Fig.7, 8 の両方に見られるように、所持金の推移は為替レートの変動に近い動きをすることが分かる。特に 2007 年の 8 月近辺にドルが大幅に下落しているのはサブプライムローン問題の影響であり、テクニカル分析のみによる投資を行う本稿による提案手法では、このような急な下落に対処するのが難しいということを示唆しているといえる(Fig.8).

一方で Fig.7 に示すように、2005 年のユーロは始値と終値がほぼ等しいにもかかわらず、提案手法で大幅な利益を上げることに成功している。これは特に、後半のユーロが上昇トレンドにある期間中にリバレッジをかけた買いを行ったことが要因であると考えられる。

またリバレッジを使わない方法と比較すると、本提案手法が負けているケースの方が多い。加えて、リバレッジを使わない方法は比較的安定して利益を上げることに成功しており、リバレッジは非常に損得の差を大きくするものであることが分かる。したがってリバレッジのかけ方には、特に損切り金額の観点から様々な工夫を加える必要があると考えられる。

最後に 3 年分の運用結果を総合的に評価すると、ドルとユーロいずれにおいても長期保有による利益を上回っているが、部分的には負けている期間もあり、改善すべき課題は多いと考えられる。

7. おわりに

本稿は、取引対象となる米ドル・ユーロ為替の 1 時間足時系列データを用い、短期間の売買を通して利益を上げる方法の最適化を提案した。特徴量としていくつかのテクニカル指標の組み合わせを用い、GA により一定期間の運用後に利益が最大となるパターンを探索し、直後のデータに適用することでシミュレーションを行った。さらに、FX に特有のしくみであるリバレッジも考慮した。

その結果、運用利益は為替レート自体の影響を大きく受けること、またリバレッジのかけ方が結果を大きく左右するものになるということが分かった。

今後の課題として、本手法では比較的単純であったリバレッジのかけ方に工夫を加えること、多目的 GA を導入すること、テクニカル指標の種類をさらに増やすこと、そのときのトレンドも考慮に入れること、などを行っていききたい。

謝辞

本研究に適切な助言とご支援をいただきました伊庭研究室の諸氏に心から感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 時永祥三, "数理ファイナンスの新分野とその応用", 工学図書, 2004
- [2] 和泉潔, 植田一博, "人工市場アプローチによる為替シナリオの分析", コンピュータソフトウェア, Vol.17, No.5, pp.47-54, 2000
- [3] 松井宏樹, 東条敏, "多様性を持つエージェントによる人工市場モデルの構築", 北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科・修士論文, 2001
- [4] Shuo Yao, Michel Pasquier, Chai Quek, "A Foreign Exchange Portfolio Management Mechanism Based on Fuzzy Neural Networks", IEEE Congress on Evolutionary Computation 2007, pp.2576-2583, 2007
- [5] David de la Fuente, Alejandro Garrido, Jaime Laviada, Alberto Gomez, "Genetic Algorithms to Optimize the Time to Make Stock Market Investment", GECCO 2006, Vol.2, pp.1857-1858, 2006
- [6] 平林明憲, 伊庭齊志, "遺伝的アルゴリズムによる外国為替取引手法の最適化", 第 22 回人工知能学会全国大会, 2008