

売買ルールを自動更新する為替トレードシステム AutoUpdate Foreign Exchange Trading System using Differential Evolution

今川哲矢^{1†} 伊庭斉志¹
Tetsuya Imagawa¹ Hitoshi Iba¹

¹ 東京大学工学系研究科
¹ School of Engineering, The University of Tokyo

Abstract: In this paper, we propose a real world application which is an automated foreign exchange trading system which update the trading rule automatically, using Differential Evolution(DE). There are many studies which have focused on trading system. In recent years, such studies have attracted attention because system can catch movement of market price accurately and quickly. DE is a simple yet powerful evolutionary algorithm for global numerical optimization. To verify the effectiveness of the method, we performed simulations using real historical trading data. DE was found to be superior compared to other previous methods in terms of precision and reliability.

1 はじめに

近年個人投資家の数が増加し、誰でもインターネットを通じて取引を行えるようになってきた。取引仲買業者は投資家に投資判断アプリケーションを提供し、投資家がどのタイミングで売買を行えばよいかを知らせている。投資家はそこから最適な投資判断基準の組み合わせを導こうと様々な努力を行っているが、最適な判断基準の組み合わせを発見するのは難しい。また仮に尤も優れた取引システムがあるならば、それは直ちに投資家たちに浸透し、効果を発揮しなくなってしまうだろう。そこで為替の変動がどのような法則に基づいて動いているか、近い過去から安定的に利益を上げることができる投資判断基準を選定できるシステムが要されている。投資判断基準には経済指標を用いるファンダメンタル指標と、時系列解析によるテクニカル指標がある。テクニカル指標は数値化が容易であり、値が刻々と変化するので現在の市場の動向を把握するのに適している。本研究では安定的に利益を上げるシステムを提案する。またどのようなテクニカル指標が有効なのかを最終的に抽出することを目指す。指標のパラメータを最適する手法として、Differential Evolutionを適応した。これは1995年にPriceとStornによって提案された [1] シンプルかつ強力な実数ベクトルの最適化手法であり、様々な分野に応用されてきた。

2 先行研究

HirabayashiらはビットストリングGAを用いて売買タイミングを最適化する手法を提案している [4]。GAを用いる利点は、膨大な探索空間から限られた時間で尤もらしい結果が得られることである。しかしビットストリングGAは、ビット列表現した最適化パラメータ列に対してGA演算を行うことから、数値最適化の場合、表現型空間(実数最適化パラメータ)と遺伝子型空間(そのビット列表現)の位相に大きなギャップが生じる。それに対して実数値GAは、表現型そのものにGA演算を行うため、関数近似問題のような数値最適化に対して実数値GAはビットストリングGAよりも高い性能を示すとの報告がある [6]。一方、テクニカル指標の組み合わせに焦点を当てた研究も多く報告されている [7]。FUJIWARAらはビットストリングGAによる売買タイミングの最適化に加えて、指標の組み合わせを遺伝的プログラミングを用いて最適化した [5]。これにより最終利益率の向上が見られたが、システムが複雑になるほど結果を出す過程が分析しにくくなるという弊害も起こった。パフォーマンス向上を目指す一方で、最終的に為替取引に有効な指標及び指標パラメータを抽出するという目的も重視するため、本システムでは指標の数を少なく抑え、組み合わせを固定したままパラメータの最適を行った。

†連絡先: 東京大学工学系研究科電気系工学専攻
〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1
E-mail: imagawa@iba.t.u-tokyo.ac.jp

3 Differential Evolution

Differential Evolution(DE)は、シンプルかつ強力な大域的最適化を行う Evolutionary Algorithm(EA)である。基本的にはGAと同様に決められた個体数分のベクトル列を生成し、それらを進化させて評価関数を満たす遺伝子を生み出していく。GAにおいては2つの遺伝子を選び交叉させていたが、DEでは4つの遺伝子を選んで交叉させる。手順は以下のようになる。

1. $i(0 < i < N)$ 番目の個体に対して3つの個体 (x_0, x_1, x_2) をランダムに選ぶ

2.
$$v = x_0 + F * (x_1 - x_2) \quad (1)$$

となる v をつくる。ここで F は Scale Factor と呼ばれる $(0,1)$ の値をとる変数である。

3. 一定の確率 Cr (Crossover probability) で次の世代の候補となる u ベクトルを v に置き換える。それ以外は x をそのまま代入する。

$$u = u_j = \begin{cases} v & rand_j(0,1) \leq Cr \text{ or } j = j_{rand} \\ x & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

4.
$$x_{g+1} = \begin{cases} u_g & f(u_g) \geq f(x_g) \\ x_g & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

以上を全ての $i(0 < i < N)$ に対して行い、一世代の進化とする。

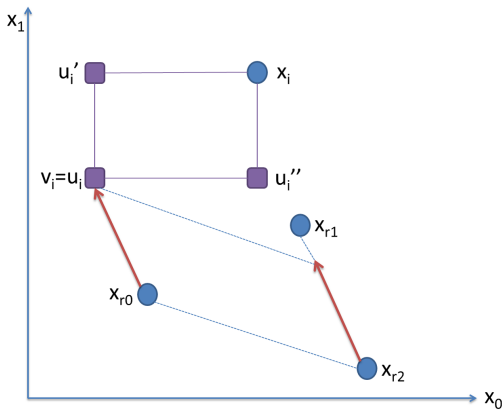


Fig. 1: DE

4 Proposal Method

4.1 対象とするデータ

本システムは外国為替取引において安定的に利益を上げることが目的とする。扱う通貨ペアとしてEUR/USD, USD/JPY, EUR/JPY, GBP/JPY を選択した。取引価格の間隔は10分(足)を選択した。システムトレードは短い間隔で行われることが望ましいが、短すぎるとテクニカルを計算する際にノイズが乗りすぎるので適当な値として選択した。

4.2 用いるテクニカル

取引に用いるテクニカル分析を説明する。なおこのシステムでは移動平均線(MA)を用いたが、他のテクニカルも計算クラスを用意することで簡単に取り入れることができる。

4.2.1 移動平均(Moving Average)

移動平均(MA)は短期～長期の平均をグラフ化し、現在の為替変動(レート)と平均のグラフ(平均線)の位置関係や乖離率、また角度などを見ることでレートの今後の移動を予測しやすくする指標である。以下に一例を示す。今回は局所及び大域的な変化を捉えるためMA3本の組み合わせを2セット用意した。それぞれ(5h, 25h, 50h)、(7days, 14days, 21days)である。前者をエントリーのタイミングを計る短期トレンド値、後者を取引ポジション数を決定する長期トレンド値の算出に利用した。

Table 1: 用いる移動平均線

	短期トレンド用	長期トレンド用
1	5 時間	7 日間
2	25 時間	14 日間
3	50 時間	21 日間

4.3 取引の判断基準

本システムは各時間ごとに取引を行うか否かを判断している。判断は以下に示す2つの値を元に行われる。

- 短期トレンド値
- 長期トレンド値

短期トレンド値はエントリー(通貨の売買を行う)タイミングを計る値で、局所的なMAから計算される。値が高いほどエントリーのタイミングとして適切であるとする。長期トレンド値はトレンド(通貨の上昇及び下降傾向)を計る値で、大域的なMAから計算される。値が高いほど今後の上昇が期待され、低いほど今後の下降が期待される。0をトレンドがない状態とする。



Fig. 2: 10min Rate and MA

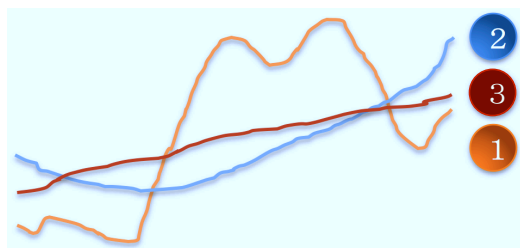


Fig. 3: MA の上下関係

4.4 各値の計算方法

トレンド値は、MA に含まれる次の情報から計算される。

- 上下関係

$$r_i = \begin{cases} 1 & MA_l[t] > MA_m[t] \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (4)$$

- 角度

$$v_i = \frac{MA[t] - MA[t-s]}{s}$$

s: MA span (5, 25, 50)

- 乖離率

$$d_i = \frac{close[t] - MA[t]}{close[t]}$$

close: 終値

3本のMAに対し以上3つの値を求める。9つの値が出てくるので、それぞれに対して重みを用意しその線形和をトレンド値とする。この重みをDEを用いて進化させる。

$$STrend = \sum_{i=1}^3 (r_i * w_i + v_i * w_{i+3} + d_i * w_{i+3})$$

$$LTrend = \sum_{i=1}^3 (R_i * W_i + V_i * W_{i+3} + D_i * W_{i+3})$$

4.5 取引の判断

各時刻においてトレンド値が計算され、売買を行うか否かが判断される。本実験では

- エントリー (買い)

$$if(STrend > 100)$$

※タイミング値はオン・オフ選択可能

- 決済 (買っていたものを売る)

$$if(STrend < -100)$$

といったようにトレンドが発生したらタイミングを計ってエントリーし、決済はトレンドが消滅もしくは逆向きになった時に行われるようになっている。

4.6 取引の評価

本実験では3カ月の学習と一週間またはそれ以上の試験を行う。3カ月の学習期間ではこちらが指定した評価関数を最大にするような遺伝子 (重みの実数ベクトル) を求める。このとき評価関数となり得るのは

- Profit Factor

$$PF = \frac{\text{利益}}{\text{損失}}$$

- 最大 Draw Down Ratio (最低時資産の初期資産に対する割合)

$$DD = \frac{MaxDD}{InitialAsset}$$

- 平均ポジション保持期間

などである。本システムでは使用者の好みに合わせてそれぞれの値に重みづけを行うことができる。例えばPF:DD=1:0ならハイリスクだが高いリターンを得る取引が望め、逆にPF:DD=0:1ならばリターンを求めるといよりは負けな取引だけを行おうとする取引が望める。ポジション保持期間については、短期の取引を行えば取引回数が必然的に増えハイリスクハイリターンを望めるようになる。これらの重みを調整することで理想の取引が行えるようになる。

4.7 売買ルールの更新

学習期間は3か月に固定されているが、試験期間は状況に応じて変化させることができる。本実験では一定期間の間に資産が減少した場合に学習を再び開始し、新たなルールを作る設定となっている。具体的には、最後の学習から一週間が経過したかつ資産が一週間前より減少していれば、再び学習を開始する。

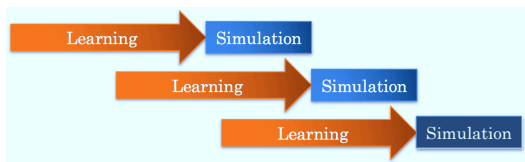


Fig. 4: 学習期間を固定した場合

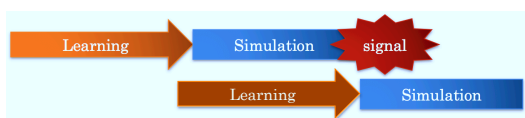


Fig. 5: 状況次第で学習期間を変える場合

5 Experiment

提案手法を用いて実際に起こった為替の変動から予測を行い、実際の値とどれだけ差異があるかを検証した。用いたデータは株式会社フォレックストレードから譲り受けた EUR/USD, USD/JPY, EUR/JPY, GBP/JPY の 2008/1/2/ 2010/10/26/ の 10 分足である。初めの 21 日分は各テクニカル指標を計算するために使用し、残りの期間を学習データと試験データに分割する。本実験では 3 か月の学習期間と 1 か月またはそれ以上の試験期間を設けた。それぞれに対し 10 回ずつ実験を行いその平均をとった。各パラメータは以下のようにした。なお評価関数は、Profit Factor と最終資産を考慮した以下のものを用いた。

$$f = \frac{FinalAsset + Gain}{FinalAsset - Loss}$$

Table 2: 設定パラメータ

Parameter	Value
Common	
Population	100
Generation	25
Trial	10
Initial Weight	66
DE	
Scale Factor (F)	0.9
Crossover probability (Cr)	0.9

5.1 Result

試行を繰り返した結果、使用特徴量として MA の「上下関係」のみを採用した場合が最も良い成績を取めた。

以下のグラフに示すのは 2008/9/25 2008/11/6 でなだらかに下降している期間である。表中の position はどのポジションを保持しているかを表している。上に凸状態の時は買いポジションを、下に凸の場合は売りポジションを持っていることになる。中間はポジションを持っていないことになるが、もっていない期間はほとんどないようだ。これは買い決済と売りエントリーのサインがでる条件が重複しているからである。以下にその期間内の短期トレンド値および長期トレンド値の推移を示す。

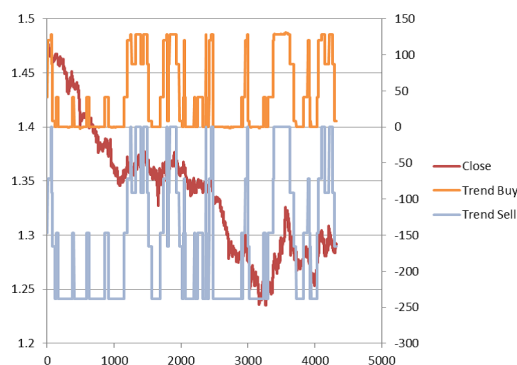


Fig. 8: 短期 Trend 値の推移

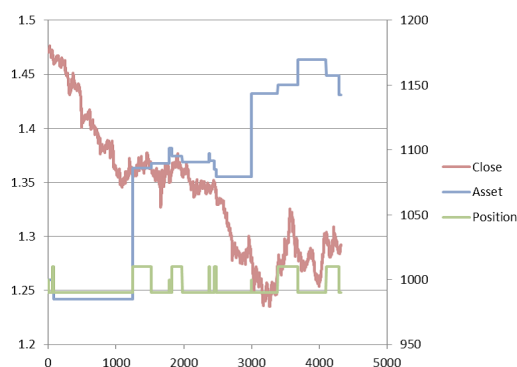


Fig. 9: 資産とポジション数の推移

短期 Trend 値は為替の昇降傾向を表す値である。グラフからも上昇の時は上に凸、下降の時は下に凸となっていることがわかる。基本的には Trend 値で傾向をつかむ方針だが、Trend 値はトレンド発生からその値が変動するまでに時間がかかる。ある程度のトレンドと、エントリーのタイミングを計れる指標を組み合わせる取引をすることが有効かと思われる。最後に利益をあげることが出来た場合の遺伝子の一例を示す。

Table 3: 取引パラメータ

Parameter	EURUSD	USDJPY	EURJPY	GBPJPY
Initial Asset	1,000[\$]	100,000[y]	100,000[y]	100,000[y]
Spread	0.2	0.2	0.5	0.9
Max Position	8	8	8	8

Table 4: 遺伝子を更新しない場合

	EURUSD	USDJPY	EURJPY	GBPJPY
年利 (%)	18.2 ± 34.6	-1.9 ± 38.9	33.2 ± 60.2	-21.9 ± 144.3
最高資産 (%)	189.8 ± 80.8	160.4 ± 41.0	324.5 ± 100.5	306.6 ± 234.2
Draw Down(%)	42.0 ± 65.7	30.5 ± 38.9	67.1 ± 29.2	-90.6 ± 144.4
Profit Factor(%)	107.7 ± 11.9	101.3 ± 21.5	113.2 ± 21.1	94.6 ± 29.1
勝率 (%)	70.3 ± 17.5	69.7 ± 22.8	78.9 ± 33.7	77.4 ± 21.6
平均保持期間 (時)	9.7 ± 8.0	14.0 ± 20.3	19.9 ± 33.5	18.5 ± 22.4

Table 5: 定期的に遺伝子を更新した場合

	EURUSD	USDJPY	EURJPY	GBPJPY
年利 (%)	35.4 ± 58.5	-15.0 ± 44.1	1.5 ± 81.2	101.7 ± 116.9
最高資産 (%)	273.8 ± 71.3	150.2 ± 41.3	312.0 ± 97.1	485.5 ± 183.2
Draw Down(%)	40.5 ± 66.7	20.9 ± 54.4	10.4 ± 89.9	50.7 ± 43.1
Profit Factor(%)	110.9 ± 95.2	94.2 ± 18.0	102.0 ± 18.0	121.8 ± 29.1
勝率 (%)	60.6 ± 6.5	61.9 ± 6.9	61.7 ± 6.8	71.3 ± 6.1
平均保持期間 (時)	9.8 ± 9.7	7.2 ± 6.1	8.3 ± 7.4	8.8 ± 8.2

Table 6: 状況に応じて遺伝子を更新した場合

	EURUSD	USDJPY	EURJPY	GBPJPY
年利 (%)	33.6 ± 71.2	1.0 ± 36.3	48.9 ± 73.0	136.2 ± 118.4
最高資産 (%)	250.6 ± 79.7	182.2 ± 51.7	363.9 ± 109.5	567.0 ± 154.0
Draw Down(%)	26.2 ± 80.1	45.2 ± 38.8	51.1 ± 53.9	61.3 ± 44.8
Profit Factor(%)	110.9 ± 20.9	101.7 ± 14.9	112.4 ± 18.1	128.5 ± 26.0
勝率 (%)	60.9 ± 6.5	64.2 ± 8.0	62.8 ± 8.5	70.3 ± 7.7
平均保持期間 (時)	9.8 ± 8.8	9.2 ± 8.6	9.9 ± 8.1	11.1 ± 11.2

Table 7: 得られた遺伝子の一例

	Buy-Entry	Sell-Entry	Buy-Settle	Sell-Settle
1-2 本目の上下関係にかかる重み	46.9	8.7	66.4	25.8
1-3 本目の上下関係にかかる重み	9.8	26.1	5.3	49.8
2-3 本目の上下関係にかかる重み	46.6	2.5	82.9	69.3

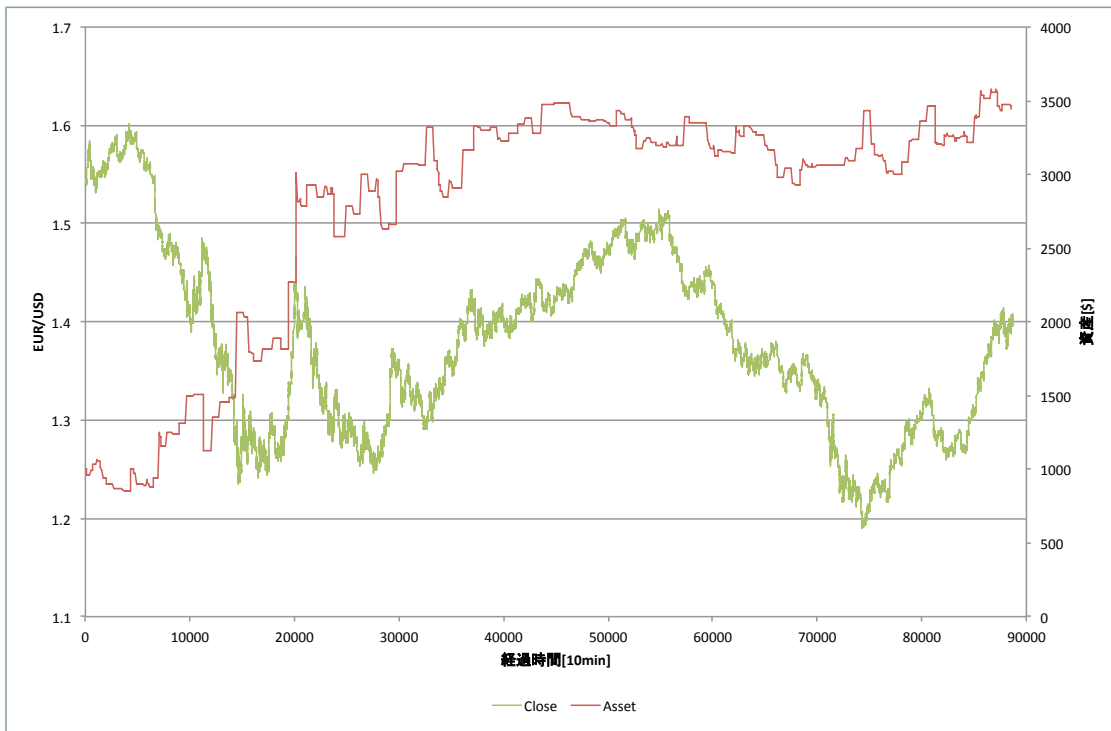


Fig. 6: EURUSD の終値と資産の推移

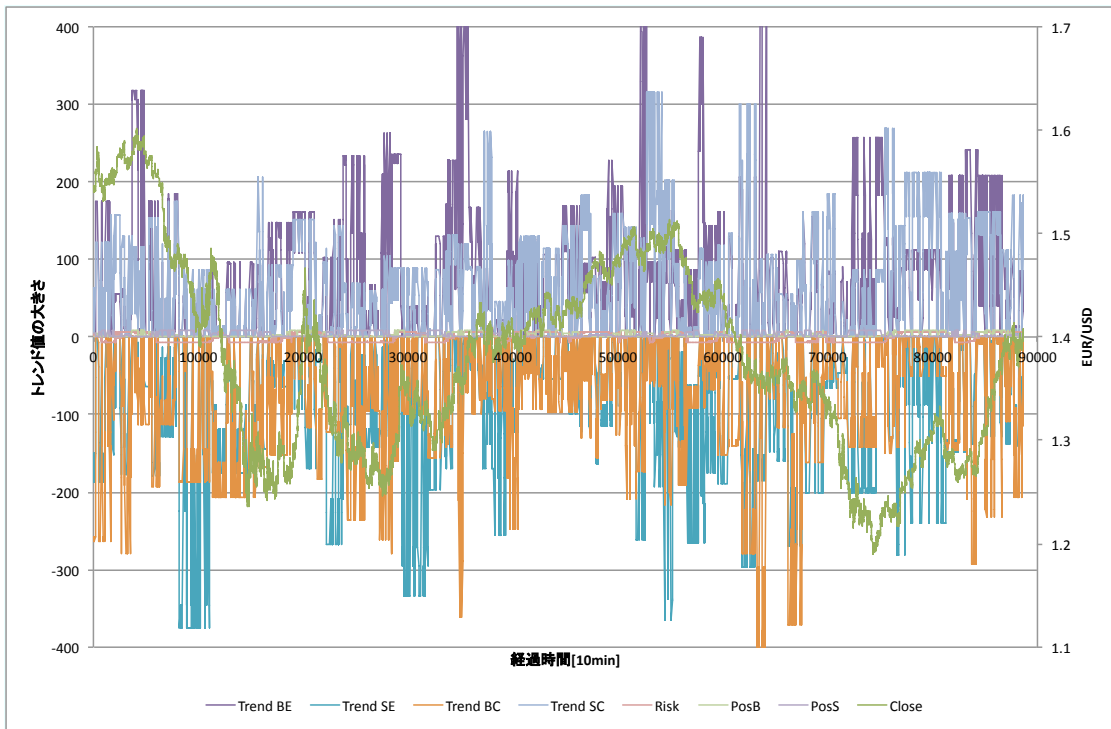


Fig. 7: 短期トレンド値

6 まとめと今後の展望

実数 GA の計算手法である Differential Evolution を用いて為替自動取引を行った。先行研究に加えて、学習開始のタイミングを臨機応変に決定する機能を持たせることで更に安定した利益を出すことに成功した。また、ユーロドル用に調整された本システムが他通貨ペアでも有効な取引を行うことが証明された。今後の展望としては他のパラメータ、例えば長期移動平均線の期間など、を DE に最適化させることが挙げられる。現段階では一度に多くのパラメータを最適化すると、そうしない場合に比べて利益を大きくすることが難しい。しかし本来ならこれらも DE を用いて最適化することが好ましいので、これが可能となる適当な条件を探したい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、適切な助言をして下さった株式会社フォレックストレード様、株式会社モバイルインターネットテクノロジー様には深く感謝しております。また、日常の議論を通じて多くの知識や示唆をして下さった伊庭研究室の皆様には感謝いたします。

参考文献

- [1] Rainer Storn and Kenneth Price.:Differential Evolution - A simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces. TR-95-012, 1995
- [2] Rainer Storn and Kenneth Price.:Differential Evolution - A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces. Journal of Global Optimization, 1997
- [3] Rainer Storn, Kenneth Price and Jouni Lampinen.:Differential Evolution - A Practical Approach to Global Optimization. Springer, 1998
- [4] Akinori Hirabayashi, Claus Aranha, Hitoshi Iba.:Optimization of the Trading Rule in Foreign Exchange using Genetic Algorithm. GECCO'09, 2009
- [5] Kenta FUJIWARA, Hitoshi IBA.:Automated FX Trading Based on Evolutionary Computation. SIG-FIN-003-12, 2009
- [6] Shigenobu Kobayashi.:The Frontiers of Real-Coded Genetic Algorithms. JSAI 24-1, 2009
- [7] Koki Matsumura, Yoshitaka Kuniya and Shuhei Kimura.:Agent Based Trader Model Utilizing Genetic Programming Approach. IPSJ 47-9, 2006
- [8] Matsui Kazuhiro, Haruo Sato.:Coding of Indicators and Parameters to Acquire Stock Trading Strategy Using GA. JSAI, 2009
- [9] Janez Brest, Saso Greiner, Borko Boskovic, Marjan Mernik, Viljem Zumer.:Self-Adapting Control Parameters in Differential Evolution: A Comparative Study on Numerical Benchmark Problems. IEEE Transactions on Evolutionary Computation 10-6, 2006
- [10] Wenyin Gong, Alvaro Fialho, Zhihua Cai.:Adaptive Strategy Selection in Differential Evolution. GECCO'10, 2010
- [11] Efrnn Mezura-Montes, Jesus Velazquez-Reyes, Carlos A. Coello Coello.:A comparative study of differential evolution variants for global optimization. GECCO'06, 2006