

多目的 GA で獲得した非劣解集合の多数決戦略に基づく 外国為替取引手法

王亜騰^{†1} アランニャ・クラウド^{†2} 狩野均^{†2}

概要：外国為替取引(FX)市場は世界最大級の金融市場である。現在では一般人でもネット証券で取引することが可能になった。しかし、為替相場は無数の要因で変動し、取引のタイミングを予測することが非常に困難である。そのため、一般人でもわかりやすく利用できる取引支援システムが求められている。本研究では取引率と正解率を目的関数とした多目的遺伝的アルゴリズムを用いて為替取引における有効な売買ルールを獲得した。本手法は非劣解集合による多数決で取引のタイミングを予測するものである。従来の手法より高い利益が得られることを過去のデータを用いた実験で確認した。

キーワード：為替取引、遺伝的アルゴリズム、多数決法、多目的最適化

1. はじめに

外国為替取引(FX)市場は世界最大級の金融市場である。日本でも 1998 年に外国為替及び外国貿易法が改正されて以来誰でも自由に取引できるようになった。また、インターネットの普及によりネット証券を通じて気軽にリアルタイムで取引することが可能になったことによって、一般人に対する市場も急速に広がりつつある。しかし為替相場は無数の要因に左右されて変動するため、取引のタイミングを予測することは非常に困難である。そのため、一般人にもわかりやすく利用しやすいシステムが求められている。

佐藤は Norman Packard が提案した時系列データの予測手法である if-then ルールの if 部には株価のテクニカル分析で用いられるテクニカル指標を用い、then 部には売却日を指定してコード化し、GA を用いて株価上昇条件のルールを獲得するという手法を提案した[1]。また、Hirabayashi らの従来手法では GA・GP で得られた単一のルールをそのまま評価期間に適応した[2]。

本研究では多目的最適化手法の 1 つである NSGA-II[3]を用いて「正解率」と「取引率」の 2 つを目的関数として探索を行い、為替取引ルールの獲得を行った。そして、非劣解集合に基づく多数決法を提案し、高い正解率、取引率を持つ為替取引ルールを獲得することを目的とした。評価実験として、今回は過去の USD/JPY の為替データから一定のトレンドがある期間とない期間を設定し、獲得したルールを適応して評価を行い、多数決法の有効性を検証した。

2. 研究分野の概要

2.1 外国為替取引

外国為替取引とは 2 つの異なる通貨同士を交換することである。通貨を交換するときの交換比率を為替レートといい、両国間の通貨の需要と供給のバランスにより変動する。為替取引は注文と決済のセットで 1 回となる。以下に為替取引で利益を上げる 2 種類の例を示す。

(1) 買い建てと決済

為替レートが上昇すると予測したときに行う。1 ドル 100 円の時に 1 万ドルを買い、1 ドルが 102 円になったときに全て決済したとすると $(102-100) \times 10000 = 20000$ 円の利益を上げることができる。逆に予測に反して 1 ドルが 99 円に下降してしまった場合に決済を行うと、 $(99-100) \times 10000 = -10000$ 円の損失となる。

(2) 売り建てと決済

為替レートが下降すると予測したときに行う。1 ドル 100 円の時に 1 万ドルを売り、1 ドルが 97 円となったときに全て決済すると、 $(100-97) \times 10000 = 30000$ 円の利益となる。

2.2 テクニカル指標

(a) RCI(Rank Correlation Index)

RCI はスピアマンの順位相関係数を相場に応用したもので、2 組の順位（為替の場合は日付と為替レートの順位）の間の相関関係を調べるために用いられる。以下に RCI の計算式を示す。

^{†1} 筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピューターサイエンス専攻

Department of Computer Science, Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba.

^{†2} 筑波大学システム情報系情報工学科

Division of Information Engineering, Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

$$RCI = -6 \times \frac{\sum (A_i - B_i)^2}{n \times (n^2 - 1)}$$

A: 日付の順位 (最新の日付を 1 として, 新しい順に 2,3... とする)

B: 為替の順位 (高い順に 1,2,3... とする)

i: 日付

n: 期間

(b)RSI(Relative Strength Index)

RSI は同一通貨の上昇と下降の 2 つの局面を対比させた指標である。以下に RSI の計算式を示す。

$$RSI = \frac{A}{A + B}$$

A: n 日間の値上がり幅の平均

B: n 日間の値下がり幅の平均

n: 期間

(c)移動平均乖離率

移動平均乖離率は現在の株価の終値と移動平均値との差から算出され, 次の反転の目安を見つけるための指標である。以下に移動平均乖離率の計算式を示す。

$$\text{移動平均乖離率} = \frac{A - B}{B}$$

A: 前日終値

B: n 日移動平均

n: 期間

2.3 多目的遺伝的アルゴリズム

多目的最適化手法とは 1 つの目的でなく, 複数の目的を取り扱う多目的最適化問題(Multiobjective Optimization Problem:MOP)について解を求める手法である。しかし, 多目的最適化モデルでは複数の目的関数はトレードオフの関係であり, 全ての目的関数を同時に最適化することはできない。そのため, 多目的最適化問題においてはほかのどの解にも劣っていない解の集合を得ることになる。そのような解の集合を本論文では非劣解集合と呼ぶ。

遺伝的アルゴリズムが多点探索法であり, 一度の探索で複数のパレード最適解集合を求められるので多目的最適化問題へのアプローチとして遺伝的アルゴリズムが用いられる。

2.4 関連研究

DENG らは単一のテクニカル指標 RSI を用いて遺伝的アルゴリズムで複数のタイムフレームに基づく外国為替の取引ルールを生成する研究をした[4]。評価実験により, 異なる時間足の RSI 指標を最適化し, その合成信号を利用することで取引のパフォーマンスの向上が認められた。

Tymerski らは遺伝的アルゴリズムで複数のテクニカル指標を整数として最適化し, 利益確定に基づいた勝率を適応度としたトレードシステムを提案した[5]。評価実験により, その手法を使用することで勝率を改善でき, 得られる利益が上がる事がわかった。

Álvarez-Díez らは分散の代わりにリスクを測定する Conditional Value-at-Risk (CVaR) と Value-at-Risk (VaR) を使い, 複数通貨のクロス・ヘッジを用いてを提案した[6]。その手法では CVaR を線形計画法を用いて最小化し, 多目的遺伝的アルゴリズムで各通貨の長期 VaR と短期 VaR とを最小化した。評価実験により, VaR を最小化ヘッジする戦略は CVaR を最小化するヘッジ戦略とは異なることがわかり, 複数の通貨に投資するだけで VaR と CVaR が大幅に削減されることが判明された。

3. 提案手法

3.1 コード化

本論文では, 以下のルールに基づいて為替取引を行うこととする。

$$\text{if} \left\{ \begin{array}{l} (x_1 < \text{指標 } 1_i < x_2) \text{ and } (x_3 < \text{指標 } 1_{i-10} < x_4) \text{ and} \\ (y_1 < \text{指標 } 2_i < y_2) \text{ or } (z_1 < \text{指標 } 3_i < z_2) \end{array} \right\}$$

then(n + 1 日後にレートが上昇する)

x_1 : 指標 1_i が取り得る範囲の下限

x_2 : 指標 1_i が取り得る範囲の下限

x_3 : 指標 1_{i-10} が取り得る範囲の下限

x_4 : 指標 1_{i-10} が取り得る範囲の下限

y_1 : 指標 2_i が取り得る範囲の下限

y_2 : 指標 2_i が取り得る範囲の下限

z_1 : 指標 3_i が取り得る範囲の下限

z_2 : 指標 3_i が取り得る範囲の下限

このルールを満たしたときは, 次の日に為替を買い, n + 1 日後に為替を売ることの意味する。

売りルールも買いルールと同様に行われ, 個体のコードは買いルール, 売りルールと決済期間 n + 1 によって構成される。個体のコード化モデルは図 1 のように示す。また指標 1 は移動平均乖離率を, 指標 2 は RCI を, 指標 3 は RSI を用いた。

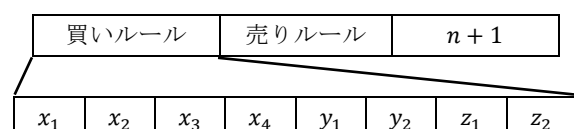


図 1 個体のコード化モデル

3.2 目的関数

目的関数は「正解率」、「取引率」の2つを用いる。以下に2つの目的関数を示す。

(1) 正解率

正解率は個体の売買ルールを満たしたときに、 $n+1$ 日後の為替レートが予測通り上下していた場合を正解、そうでない場合を不正解としたときの正解の割合を表す。

$$\text{正解率} = \frac{N_{ifthen}}{N_{if}}$$

N_{ifthen} : if部を満たし、かつthen部を満たす日数

N_{if} : if部を満たす日数

$Data$: 為替データの日数

(2) 取引率

取引率は為替データの中で個体のルールを満たした日数の割合を表す。

$$\text{取引率} = \frac{N_{ifthen}}{Data}$$

3.3 遺伝的操作

(1) 初期集団の生成

if部の各指標値上下限部分には学習データから算出した指標データの最大値と最小値の範囲に入る2点をランダムに選び、大きい方の数値を上限部分に入れ、小さい方の数値を下限部分に入れる。ここで、指標値の最大値と最小値の差を $range$ として定義する。then部の日にち部分には20～30の範囲の整数をランダムに入れる。

(1) 選択と交叉

選択はトーナメント戦略を用いた。また、交叉には一様交叉を用いた。マスクビットは1世代ごとにランダムに生成する。また1指標の数値部分の上限部分と下限部分をひとまとめにして交叉を行う。

(2) 突然変異

突然変異は各遺伝子に対し(a)加算、(b)減算、(c)ランダム変更の3種類の操作のうちいずれかを等確率で行うようにした。加算と減算に用いる値については、各指標の上下限に対しては $R(0 < R < \frac{range}{10})$ の範囲の一様乱数を用い、日にちに対してはそれぞれ+1、-1することとした。ただし、突然変異により各遺伝子が初期集団生成時に設定した値の範囲を超えた場合には、それぞれ最大値・最小値の値に変える。

3.4 多数決戦略

本論文では以下の5つの手法を提案する。

(1) 単純多数決法

従来の手法においては、学習により得られたパレート最適解の中から、学習期間において最も高い利益を得られていた個体を選定し、その個体が持つルールを採用して評価を行っていた。ここで、1個体を選別するのではなく複数の個体が持つルールを組み合わせることで、より複雑な振る舞いが可能なルールを獲得できると考えられる。そのため、本研究ではパレート最適解集合の持つ多様なルールを複合的に用いる、多数決法を提案する。

本手法では、評価データの注目している日に対し、パレート最適解集合に対して多数決を採り、その結果によってその日にとる行動を決定する。各個体の投票は以下のように定める。

- 買いルールのみif部を満たすと買い注文を行う
- 売りルールのみif部を満たすと売り注文を行う
- その他の場合は取引を行わない

この3種類の得票数に応じて、注目する日に対し以下のように振る舞う。

- if (買い注文の得票数が最も多い)
then (N 日後に為替レートが上昇)
- if (売り注文の得票数が最も多い)
then (N 日後に為替レートが下降)

投票は各個体につき1票であり、棄権は行わないものとする。また、 N は投票を行った各個体の $n+1$ の平均に0.5を足したものの小数点を切り落とした値とする。

(2) バランス重視保存多数決法

多数決法は集団の中に近い個体が多すぎると多様性が失われてしまう。しかしNSGA-IIで得られた最終集団に似てくる個体が出てくる。従って、より多様性が豊かな最終集団で多数決を行うため、本提案手法は最終集団から混雑度が高い順で150個の個体を選出し、さらにこの150個の個体を正解率が高い順でソートし、26番目から125番目の個体から作った集団で多数決を行う。

表1 実験条件

項目	パラメータ
世代数	300
集団サイズ	350
突然変異率	25%
トーナメントサイズ	2

表2 有トレンド期における実験1の手法の比較

	正解率選出法	正解率重視多数決法
利益	3.79(14.14)	36.92(11.77)
正解率	66.96%(20.39%)	68.67%(3.83%)
取引率	6.20%(2.23%)	31.93%(9.27%)

表3 無トレンド期における実験1の手法の比較

	正解率選出法	正解率重視多数決法
利益	11.89(16.57)	159.82(12.47)
正解率	54.91%(37.98%)	71.88%(2.10%)
取引率	2.70%(3.04%)	39.03%(5.25%)

表4 有トレンド期における実験2の手法の比較

	取引率選出法	取引率重視多数決法
利益	34.45(4.31)	33.61(16.01)
正解率	60.58%(1.09%)	60.61%(2.02%)
取引率	98.60%(0.77%)	77.83%(7.41%)

表5 無トレンド期における実験2の手法の比較

	取引率選出法	取引率重視多数決法
利益	229.01(37.04)	176.14(30.18)
正解率	59.36%(2.46%)	60.34%(1.62%)
取引率	99.67%(0.33%)	76.37%(12.85%)

(3) 正解率優先保存多数決法

(2)と同様な理由で最終集団から混雑度が高い順に150個の個体を選出し、さらにこの150個の個体を正解率が高い順でソートし、上位の100個の個体から作った集団で多数決を行う。

(4) 取引率優先保存多数決法

(2)と同様な理由で最終集団から混雑度が高い順に150個の個体を選出し、さらにこの150個の個体を取引率が高い順でソートし、上位の100個の個体から作った集団で多数決を行う。

(5) 利益優先保存多数決法

(2)と同様な理由で最終集団から混雑度が高い順に150個の個体を選出し、さらにこの150個の個体を得られた利益が高い順でソートし、学習期間で得た利益の高い順で上位の100個の個体から作った集団で多数決を行う。

4. 評価実験

4.1 実験方法

本手法の性能を評価するため、実際の為替データを用いて評価実験を行った。通貨は米ドルを用いる。為替データ

は1997年1月～2012年12月までの期間から、全体を通してのトレンドが見られる期間(有トレンド期)とそうでない期間(無トレンド期)の2通り、各1000日分のデータをそれぞれ抽出した。1000日分の為替データのうち、はじめの700日分を学習データ、残りの300日分を評価データとした。為替データは、マネースクエア・ジャパン[11]から取得した。

今回の実験は無トレンド期の為替データを1997年2月26日からの1000日間とし、有トレンド期の為替データを2008年6月5日からの1000日間とした。今回は多数決の効果を確かめるため、以下の4つの実験を行い、考察をした。

- 実験1：学習期間で得られた正解率の一番高い個体（正解率選出法）を正解率重視多数決法と比較する。
- 実験2：学習期間で得られた取引率の一番高い個体（取引率選出法）を正解率重視多数決法と比較する。
- 実験3：学習期間で得られた利益の一番高い個体（利益選出法）を正解率重視多数決法と比較する。
- 実験4：単純多数決法をバランス重視多数決法と比較する。

また、実験のパラメータは予備実験により、表1のように設定した。テクニカル指標の算出期間としては一般的な値としてRCIが13、RSIが14、移動平均乖離率が25を用いた。

4.2 実験結果と考察

全ての表に示しているデータは同じ期間において20回実験して取った利益(円)、正解率、取引率の平均(括弧内は標準偏差)である。

(1) 実験1：正解率選出法と正解率重視保存多数決との比較

表2、3のデータを見るとわかるように、無トレンドと有トレンドありの場合とも正解率優先保存多数決は正解率選出法より取引率が高く、かつ正解率が60%以上を維持している。そして、図2、3の損益推移を見ると正解率優先保存多数決の上下幅は正解率選出法より高く、正解率選出法よりハイリスク・ハイリターンの手法と言えよう。また、その原因正解率が高い単一のルールだけで取引するのではなく、非劣解集合に基づく多数決戦略で取引率の高いルールも取引に参加したからと考えられる。

(2) 実験2：取引率選出法と取引率重視保存多数決との比較

表4, 5のデータを見るとわかるように、無トレンドと有トレンドの場合とも正解率優先保存多数決は正解率選出法より取引率が低いことがわかる。そして、図4, 5の損益推移を見ると取引率優先保存多数決の上下幅は取引率選出法より低く、同様なトレンドで正解率選出法が回避できない損失を回避できた場面もあって、正解率選出法よりローリスク・ローリターンの手法と言えよう。また、その原因は取引率が高い単一のルールだけで取引するのではなく、非劣解集合にある比較的的正解率が高いルールも取引に参加したからと考えられる。

また、取引率選出法は正解率選出法より正解率の標準偏差が低いことから、取引率が高いルールのほうが一般的だと言えよう。

(3) 実験3：利益選出法と利益重視保存多数決との比較

図6, 7の損益推移のグラフからわかるように利益優先保存多数決は上下の幅が利益選出法より低く、単一の利益選出法のルールでの取引よりリスクオフしより安定な取引ができたと言える。その原因は多数決で多様なルールで取引することでリスクヘッジができたと考えられる。

(4) 実験4：単純多数決法とバランス重視多数決法との比較

図8, 9の損益推移のグラフからわかるようにバランス重視多数決法は上下の幅が単純多数決法より低く、より安定な取引ができたと言える。その原因は近いルールを排除しより多様性が豊かなルール集合で取引することでリスクヘッジができたと考えられる。

5. おわりに

今回は非劣解集合の多数決戦略に基づく外国為替取引手法を提案し、多数決法の有効性を検証するために実験を行った。その結果、USD/JPYの対象期間で実験1, 2, 3では多数決法を導入することで単一のルールより安定な取引ができることがわかった。また、実験4では解集合の多様性を豊かにすることでより安定な取引手法が得られることがわかった。今後の課題としては他の期間と通貨ペアで実験することで多数決法の有効性の検証と、探索手法の改良を挙げられる。

参考文献

- [1] 佐藤貴史：遺伝的アルゴリズムによる株取引ルールの獲得, 情報処理学会 第64回全国大会 2P-02, (2002).
- [2] Akinori Hirabayashi, Claus Aranha and Hitoshi Iba : Optimization of the Trading Rule in Foreign Exchange using Genetic Algorithm. GECCO'09, pp.1529-1536.(2009).
- [3] Kalyanmoy Deb : A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm NSGA-II, IEEE Transactions on Evolutionary Computation vol.6 no2, April (2002).
- [4] Shangkun DENG, Akito SAKURAI : Foreign Exchange Trading Rules using a Single Technical Indicator from Multiple Timeframes, 27th International Conference on Advanced Information Networking and Applications Workshops (2013).
- [5] Richard Tymerski, Ethan Ott, Garrsion Greenwood : Genetic Algorithm Based Trading, ACALCI 2016, LNAI 9592, pp. 360–373, (2016).
- [6] Susana Álvarez-Díeza, Eva Alfaro-Cidb, Matilde O. Fernández-Blancoc : Hedging foreign exchange rate risk: Multi-currency diversification, European Journal of Management and Business Economics 25 2–7, (2016).
- [7] 北野弘明：遺伝的アルゴリズム, 産業図書株式会社, (1993).
- [8] 玄光男, 林林著：ネットワークモデルと多目的GA, 共立出版, (2008).
- [9] 伊藤智洋：チャートの救急箱, 投資レーダー, (1998).
- [10] メラニー・ミッチェル 著, 伊庭育志 監訳：遺伝的アルゴリズムの方法, 東京電機大学出版局, (1997).

表6 有トレンド期における実験3の手法の比較

	利益選出法	利益重視多数決法
利益	27.40(11.53)	39.97(9.41)
正解率	58.40%(1.34%)	64.49%(2.35%)
取引率	86.60%(1.78%)	39.47%(6.21%)

表7 無トレンド期における実験3の手法の比較

	利益選出法	利益重視多数決法
利益	140.67(31.79)	150.79(17.26)
正解率	64.08%(3.60%)	68.69%(3.84%)
取引率	54.03%(8.61%)	43.77%(5.12%)

表8 有トレンド期における実験4の手法の比較

	単純多数決法	バランス重視多数決法
利益	28.98(9.30)	40.89(17.18)
正解率	60.20%(1.58%)	61.90%(2.18%)
取引率	86.00%(6.42%)	60.20%(8.79%)

表9 無トレンド期における実験4の手法の比較

	単純多数決法	バランス重視多数決法
利益	187.83(42.53)	151.76(41.89)
正解率	60.58%(1.38%)	63.13%(3.37%)
取引率	78.90%(13.94%)	55.93%(10.39%)

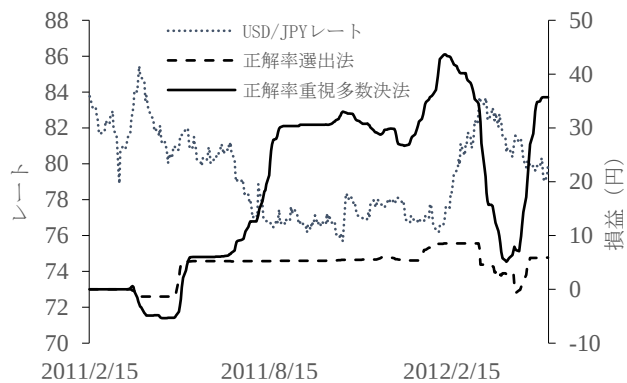


図2 有トレンド期における実験1の損益推移

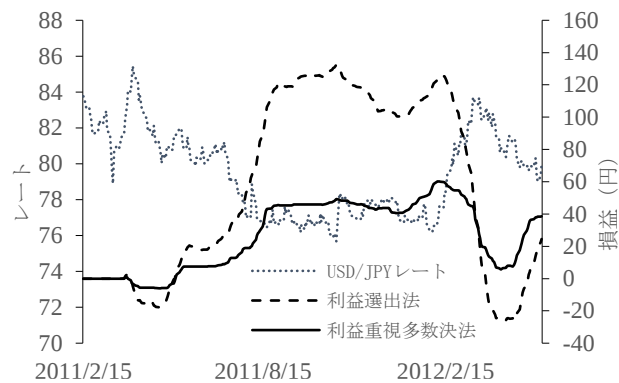


図6 有トレンド期における実験3の損益推移

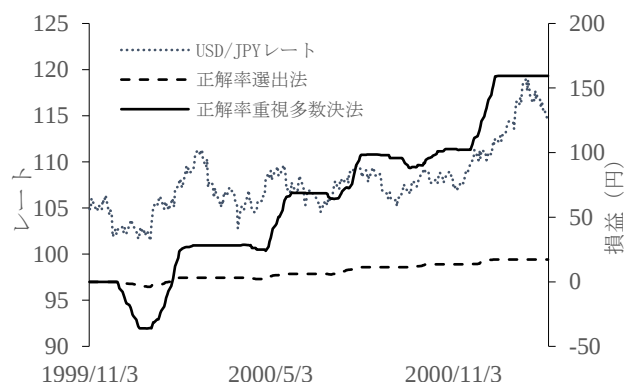


図3 無トレンド期における実験1の損益推移

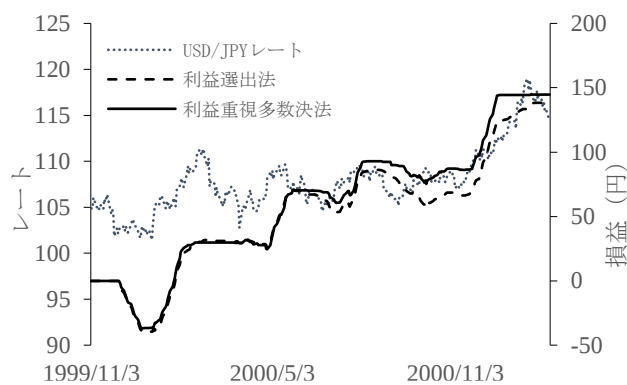


図7 無トレンド期における実験3の損益推移

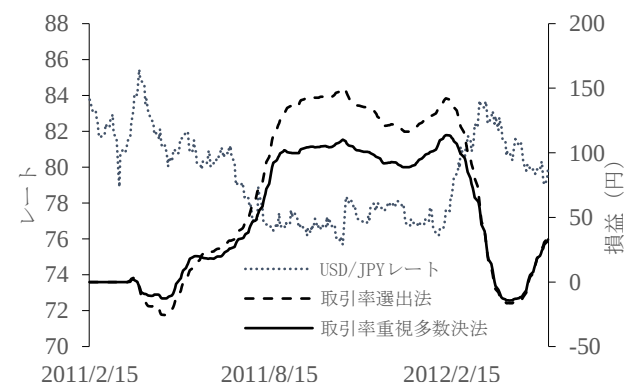


図4 有トレンド期における実験2の損益推移

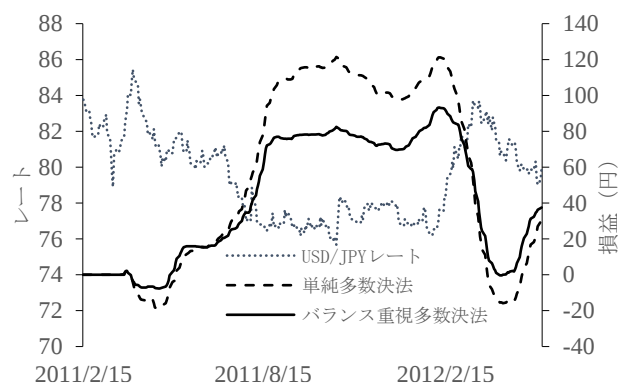


図8 有トレンド期における実験4の損益推移

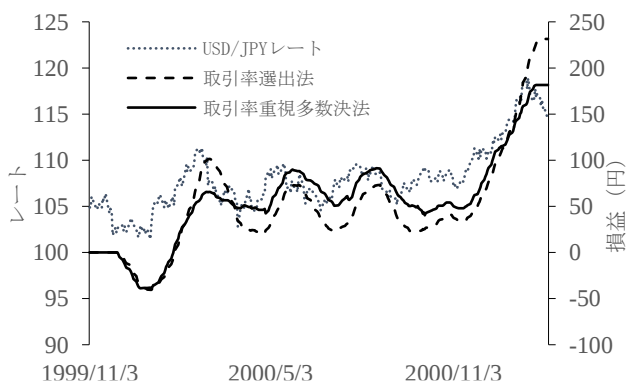


図5 無トレンド期における実験2の損益推移

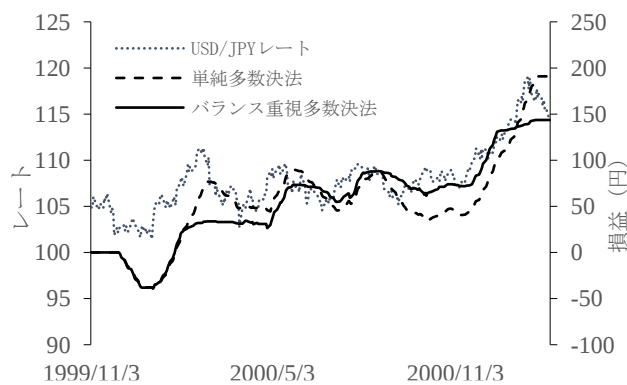


図9 無トレンド期における実験4の損益推移