

# 等リスク寄与度ポートフォリオの評価

竹内, 渉 / TAKEUCHI, Wataru

---

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

55

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

6

(発行年 / Year)

2014-03-24

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00010356>

# 等リスク寄与度ポートフォリオの評価

## EVALUATION OF EQUALLY-WEIGHTED RISK CONTRIBUTIONS PORTFOLIOS

竹内 渉

Wataru TAKEUCHI

指導教員 浦谷 規

法政大学大学院工学研究科システム工学専攻修士課程

The minimum variance portfolio and equally-weighted portfolio have been used extensively in the financial markets, however, both tend to be biased in the point of the risk contribution. In order to overcome this drawback, the equally-weighted risk contributions portfolios has been proposed, which puts emphasis on the risk contribution of investment. In this paper, we analyze on the properties of equally-weighted risk contributions portfolios followed from Maillard, Roncalli and Teiletche (2009). By using currency data, we compare numerically the properties of minimum variance portfolios and equally-weighted portfolios. The numerical calculation shows the robustness of this proposed approach.

**Key Words:** minimum variance, equally-weighted, risk contributions

### 1. はじめに

資産運用の世界では、FX(外国為替証拠金取引)は広く知られ、また、手数料が安く、小額の資金で取引ができる手軽さなどから投資利用者が急増している。これは為替レートの変動をもとに外国の通貨を売買して、利益を得ようとする取引のことである。しかし、為替レートは常に状況を変化させながら変動しており、1つのポートフォリオを組んだらそのままというのはあまり得策とは言えないため、ポートフォリオの構築はこれまで以上に重要であると言える。

ポートフォリオ戦略において、最小分散 (minimum-variance) ポートフォリオ (以下 MV ポートフォリオと記す。) と等金額 (equally-weighted) ポートフォリオ、別名  $1/n$  ポートフォリオ (以下  $1/n$  ポートフォリオ) は、資産運用の世界で広く知られ、また、長期的に中心的な役割を果たしてきた。しかし、これらのポートフォリオにはそれぞれ欠点も存在し、MV ポートフォリオにおいては、最適化の結果が特定の資産に集中しやすく、 $1/n$  ポートフォリオにおいては、ターンオーバーが高くなったり、流動性が障害になることなどが挙げられる。さらに、近年では共通の問題点として、リスク寄与度の偏りが挙げられる。後述でも表を用いて記載しているが、各資産へ投資割合を分散してもリスク寄与度が分散されるとは限らないのである。そこで、この欠点を補うために

Maillard, Roncalli and Teiletche [1] によって提唱されたポートフォリオが等リスク寄与度 (equally-weighted risk contributions) ポートフォリオ (以下 ERC ポートフォリオ) である。ERC ポートフォリオはポートフォリオの各資産のリスク寄与度が均一になるように資産配分を決定する方法であり、従来の資産配分に重点を置いたポートフォリオとは異なる特性を持つ。そこで、本論文では、Maillard, Roncalli and Teiletche [1] の理論に基づいて ERC ポートフォリオの数学的特性を分析し、通貨ポートフォリオに対して実際のデータを用いた数値実験を行った。最小分散ポートフォリオと等金額ポートフォリオを比較して、このポートフォリオ戦略の有用性とそのための条件を現実的に考察する。

### 2. ERC ポートフォリオ

#### (1) ERC ポートフォリオの定義

ERC ポートフォリオとは、ポートフォリオの各資産のリスク寄与度が均一になるように資産配分を決める手法である。はじめに、リスク寄与度の定義を行う。

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix} : \text{危険資産}n\text{のポートフォリオのウェイト}$$

ただし、 $\sum_{i=1}^n x_i = 1$  とし、

$$\sigma(x) = \sqrt{x^T V x} = (\sum_i x_i^2 \sigma_i^2 + \sum_i \sum_{j \neq i} x_i x_j \sigma_{ij})^{\frac{1}{2}}:$$

ポートフォリオのリスク

$\sigma_i^2$ : 資産  $i$  の分散

$\sigma_{ij}$ : 資産  $i$  と  $j$  の共分散

$V$ : 分散共分散行列

で表されるポートフォリオのリスクを用いて、限界リスク寄与度  $\partial x_i \sigma(x)$  を次のように定義する.

$$\partial x_i \sigma(x) = \frac{\partial \sigma(x)}{\partial x_i} = \frac{x_i \sigma_i^2 + \sum_{j \neq i} x_j \sigma_{ij}}{\sigma(x)} \quad (1)$$

また、第  $i$  資産のリスク寄与度を以下のように定義する.

$$\sigma_i(x) = x_i \times \partial x_i \sigma(x) \quad (2)$$

上の (2) 式を (1) 式を用いて変形すると、

$$\begin{aligned} \sum \sigma_i(x) &= \sum x_i \times \partial x_i \sigma(x) \\ &= \frac{\sum x_i (x_i \sigma_i^2 + \sum_{j \neq i} x_j \sigma_{ij})}{\sigma(x)} \\ &= \frac{\sum x_i^2 \sigma_i^2 + \sum \sum_{j \neq i} x_i x_j \sigma_{ij}}{\sigma(x)} \\ &= \frac{\sigma(x)^2}{\sigma(x)} \\ &= \sigma(x) \end{aligned}$$

となり、ポートフォリオ全体のリスク寄与度は以下を満たす.

$$\sigma(x) = \sum_{i=1}^n \sigma_i(x) \quad (3)$$

次に、ERC ポートフォリオの定義を行う. ERC ポートフォリオとは、各資産のリスク寄与度が均一になり、任意の  $i, j$  に対して、以下を満たすものとする.

$$x_i \times \partial x_i \sigma(x) = x_j \times \partial x_j \sigma(x) \quad (4)$$

また、 $\partial x_i \sigma(x) \propto (Vx)_i$  となるため (4) 式は次のように変形できる.

$$x_i \times (Vx)_i = x_j \times (Vx)_j \quad (5)$$

### 3. 1/n ポートフォリオと最小分散 (MV) ポートフォリオとの比較

この項目では ERC ポートフォリオと 1/n ポートフォリオ、MV ポートフォリオとの比較をおこなう. 1/n ポートフォリオとは、資産ごとのウェイトをすべて等しくするポートフォリオである. つまり  $x_1 + x_2 + \dots + x_n = 1$  において、 $x_1 = x_2 = \dots = x_n$  となるポートフォリオを意味する. MV ポートフォリオとは、最小分散ポートフォリオのことで、その名の通りポートフォリオの分散が最も小さくなるように設定したポートフォリオである. まず、 $n = 2$ ,  $n > 2$  の場合でそれぞれ考える.

#### (1) $n=2$ の場合

まず 2 資産の場合を考える. 1/n ポートフォリオのウェイトは  $w_{1/n}^* = 1/2$  となる. ERC ポートフォリオの

ウェイトは  $n = 2$  のとき、 $w = \frac{\sigma_2}{\sigma_1 + \sigma_2}$  となるので、ボラティリティが等しい、つまり  $\sigma_1 = \sigma_2$  となるとき、1/n ポートフォリオと ERC ポートフォリオは一致する.

次に MV ポートフォリオについて考える.

ウェイトベクトルを  $x = \begin{pmatrix} w \\ 1-w \end{pmatrix}$  とし、 $w_1 + w_2 = 1$  とする. 平均を  $\mu$ , 分散を  $\sigma^2$  とすると、これらは次のように表される.

$$\begin{aligned} \mu &= w_1 \mu_1 + w_2 \mu_2 \\ \sigma^2 &= w_1^2 \sigma_1^2 + w_2^2 \sigma_2^2 + 2w_1 w_2 \sigma_{12} \end{aligned}$$

$w_1 + w_2 = 1$  を利用すると

$$\begin{aligned} \mu &= w_1 \mu_1 + (1 - w_1) \mu_2 \\ \sigma^2 &= w_1^2 \sigma_1^2 + (1 - w_1)^2 \sigma_2^2 + 2w_1 (1 - w_1) \sigma_{12} \end{aligned}$$

となり、

$$\begin{aligned} \sigma^2 &= w_1^2 \sigma_1^2 + (1 - w_1)^2 \sigma_2^2 + 2w_1 (1 - w_1) \sigma_{12} \\ &= (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\sigma_{12}) w_1^2 - 2(\sigma_2^2 + \sigma_{12}) w_1 + \sigma_2^2 \\ &= (\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\sigma_{12}) \left( w_1 - \frac{\sigma_2^2 - \rho \sigma_1 \sigma_2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho \sigma_1 \sigma_2} \right)^2 \\ &\quad + \frac{\sigma_1^2 \sigma_2^2 - \sigma_{12}^2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\sigma_{12}} \end{aligned} \quad (6)$$

以上から、 $w_{mv}^* = \frac{\sigma_2^2 - \rho \sigma_1 \sigma_2}{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 - 2\rho \sigma_1 \sigma_2}$  となる.  $\sigma_1 = \sigma_2$

のとき、 $w = \frac{1}{2}$  となるので、MV ポートフォリオと ERC ポートフォリオは一致する.  $\sigma_1 \neq \sigma_2$  となるときは、ウェイトは異なる.

#### (2) $n>2$ の場合

次に  $n > 2$  の場合とし、1/n, MV, ERC ポートフォリオをそれぞれ以下のように定義する.

$$x_i = x_j \quad (1/n)$$

$$\partial x_i \sigma(x) = \partial x_j \sigma(x) \quad (MV)$$

$$x_i \partial x_i \sigma(x) = x_j \partial x_j \sigma(x) \quad (ERC)$$

ここで、次の最適化問題について考える.

$$\begin{aligned} x^*(c) &= \arg \min \sqrt{x^T V x} \\ s.t. \quad &\begin{cases} \sum_{i=1}^n \ln x_i \geq c \\ \mathbf{1}^T x = 1 \\ x \geq \mathbf{0} \end{cases} \end{aligned} \quad (7)$$

$\sum_{i=1}^n \ln x_i \geq c$  の  $c$  は ERC ポートフォリオにおいて定数である。また、MV ポートフォリオの条件を満たすための  $c$  は  $c = -\infty$ 、 $1/n$  ポートフォリオの条件を満たすための  $c$  は  $c = -n \ln n$  として定義される。

ここで、 $c_1 \leq c_2$  とすると、 $\sigma(x^*(c_1)) \leq \sigma(x^*(c_2))$  と表せる。MV ポートフォリオの定義は  $c = -\infty$  なので、 $x^*(-\infty)$  は MV ポートフォリオであると言える。次に  $1/n$  ポートフォリオについて考える。イェンゼンの不等式を用いると、

$$\begin{aligned} \sum \frac{1}{n} f(x_i) &\leq f\left(\sum \frac{1}{n} x_i\right) \\ \sum \frac{1}{n} \ln x_i &\leq \ln\left(\sum \frac{1}{n} x_i\right) \end{aligned}$$

$\sum_i x_i = 1$  であることを利用して、

$$\begin{aligned} \frac{1}{n} \sum \ln x_i &\leq \ln \frac{1}{n} \\ \sum \ln x_i &\leq -n \ln n \end{aligned}$$

となるため  $x^*(-n \ln n)$  は  $1/n$  ポートフォリオであると言える。また、 $\sigma(x^*(c)) \leq \sigma(x^*(-n \ln n))$  と表すことができる。さらに、(7) 式は  $C \in [-\infty, -n \ln n]$  の条件の下で、以下を満たす。

$$\sigma(x^*(-\infty)) \leq \sigma(x^*(c)) \leq \sigma(x^*(-n \ln n))$$

つまり、

$$\sigma_{mv} \leq \sigma_{erc} \leq \sigma_{1/n} \quad (8)$$

を満たす。

#### 4. 実際のデータを用いたそれぞれのポートフォリオ比較

##### (1) 1年国債と為替データを用いたそれぞれのポートフォリオ

この節では、過去の実際のデータを用いたそれぞれのポートフォリオの比較を行う。まず、1年国債の金利データと為替データを用いてそれぞれのポートフォリオの評価を行う。これは、投資においてどの通貨でどのような資産割合で資産を保有するのが適しているか、という観点からこの評価を行うものとする。

期間は 2011 年 1 月 4 日から 2012 年 12 月 28 日までの 2 年間とし、日本における 1 年国債と米ドル／円 (USD-JPY)、ユーロ／円 (EURJPY) の 2 つの為替データを用い、比較する。1 年国債金利、また、それぞれの為替データの変動は図 1 で示す。

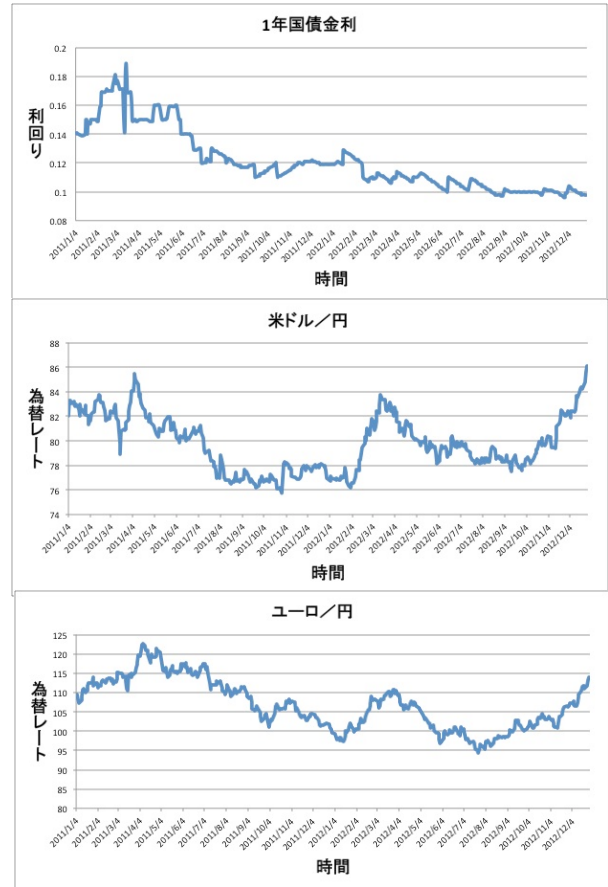


図 1 1 年国債の利回り、米ドル／円及びユーロ／円の為替レートの変動

ポートフォリオのウェイト  $x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}$  を、1 年国債を  $x_1$ 、USDJPY を  $x_2$ 、EURJPY を  $x_3$  とする。まず、ボラティリティを Excel を用いて計算し、1 年国債を  $\sigma_1$ 、USDJPY を  $\sigma_2$ 、EURJPY を  $\sigma_3$  とすると、結果がそれぞれ  $\sigma_1 = 0.3\%$ 、 $\sigma_2 = 8.0\%$ 、 $\sigma_3 = 12.2\%$  と求められた。また相関係数も同様に計算を進め、相関行列  $\rho$  は

$$\rho = \begin{pmatrix} 1.00 & & \\ 0.35 & 1.00 & \\ 0.71 & 0.58 & 1.00 \end{pmatrix}$$

と求められた。

##### 1/n ポートフォリオ

$1/n$  ポートフォリオなのでウェイトは  $x_1 = x_2 = x_3 = 0.333 = 33.3\%$  とする。それぞれのウェイトを  $x_i$ 、限界リスク寄与度を  $\partial x_i \sigma(x)$ 、第  $i$  資産のリスク寄与度を  $x_i \times \partial x_i \sigma(x)$ 、 $c_i(x) = \frac{\sigma_i(x)}{\sigma(x)}$  として  $c_i(x)$  をリスク寄与度の割合とし、結果を表 1 で示す。

表 1 1/n ポートフォリオ

| $\sigma(x) = 6.1. \%$ | $x_i$  | $\partial x_i \sigma(x)$ | $x_i \times \partial x_i \sigma(x)$ | $c_i(x)$ |
|-----------------------|--------|--------------------------|-------------------------------------|----------|
| 1                     | 33.3 % | 0.002                    | 0.001                               | 1.4 %    |
| 2                     | 33.3 % | 0.016                    | 0.021                               | 34 %     |
| 3                     | 33.3 % | 0.114                    | 0.040                               | 64.6 %   |

また、ここからは Excel を使ったシミュレーション結果を記す。平均リターンをそれぞれ計算すると、1 年国債が 0.121 %，USDJPY が 0.012 %，EURJPY が 0.012 % となる。この結果を利用し、元本を 1，期間を 10 年目までとし、シミュレーションを 100 回繰り返した結果を図 2 で示す。

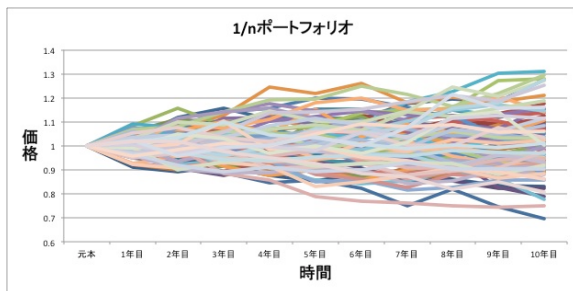


図 2 1/n ポートフォリオの価格変動

また、結果のばらつき具合を視覚化しやすくするため、度数分布を図 3 で示す。

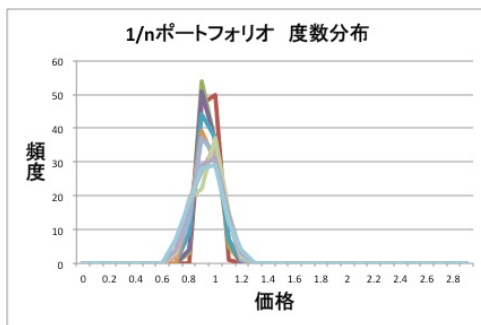


図 3 1/n ポートフォリオの度数分布

## MV ポートフォリオ

結果を表 2 で示す。

表 2 MV ポートフォリオ

| $\sigma(x) = 0.3 \%$ | $x_i$ | $\partial x_i \sigma(x)$ | $x_i \times \partial x_i \sigma(x)$ | $c_i(x)$ |
|----------------------|-------|--------------------------|-------------------------------------|----------|
| 1                    | 100 % | 0.003                    | 0.003                               | 100 %    |
| 2                    | 0 %   | 0.028                    | 0.000                               | 0 %      |
| 3                    | 0 %   | 0.087                    | 0.000                               | 0 %      |

同様に、グラフを図 4 で示す。

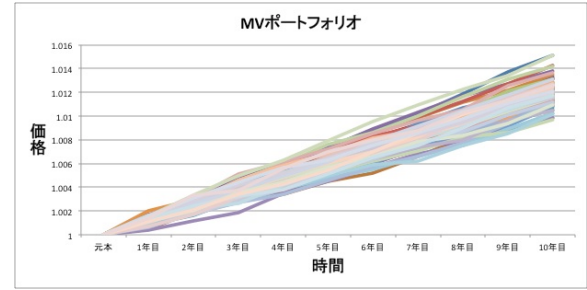


図 4 MV ポートフォリオの価格変動

MV ポートフォリオはすべて 1 年国債にウェイトを占めており、結果として単調増加のようなグラフとなるため、度数分布のグラフは省略する。

## ERC ポートフォリオ

結果を表 3、グラフを図 5 で示す。

表 3 ERC ポートフォリオ

| $\sigma(x) = 0.7 \%$ | $x_i$  | $\partial x_i \sigma(x)$ | $x_i \times \partial x_i \sigma(x)$ | $c_i(x)$ |
|----------------------|--------|--------------------------|-------------------------------------|----------|
| 1                    | 94.2 % | 0.002                    | 0.002                               | 33.3 %   |
| 2                    | 3.7 %  | 0.054                    | 0.002                               | 33.3 %   |
| 3                    | 2.1 %  | 0.096                    | 0.002                               | 33.3 %   |

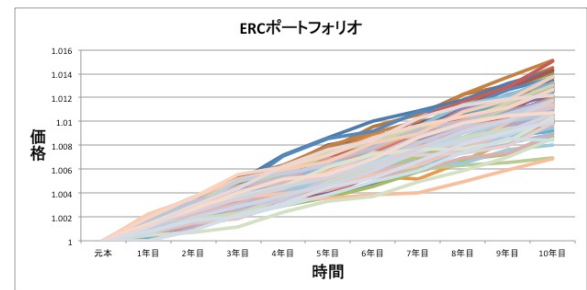


図 5 ERC ポートフォリオの価格変動

MV ポートフォリオと同様、ERC ポートフォリオでも 1 年国債に対するウェイトが非常に高く、94.2 %を占めているため、結果的にグラフでも単調増加となるようなグラフが見られた。よって度数分布のグラフも省略した。

## 1.1 考察

今回はボラティリティが極端に小さい 1 年国債を資産に用いているため、MV ポートフォリオと ERC ポートフォリオに関して言えば、かなり 1 年国債にウェイトが偏る結果となった。特に、MV ポートフォリオは資産の組み合わせという観点から見れば、全て 1 年国債にウェイトを占めているためポートフォリオを構築しているとは言えない状態となっている。また、MV ポートフォリオと ERC ポートフォリオのグラフを比べてみると、形としてはほぼ等しいと言えるものの、ERC ポートフォリオに多少のばらつきがあるため、ERC ポートフォリオは MV ポートフォリオと比べて有効であるとは断定できな

いだろう。一方で、1/n ポートフォリオは為替レートに合計で約 67 % のウェイトを占めているため、グラフのばらつきが非常に大きく、ハイリスクハイリターンであるポートフォリオと言えるだろう。よって ERC ポートフォリオは 1/n ポートフォリオと比べると、リスクの低減の観点から見て有効なポートフォリオだと言える。

## (2) 日経平均株価と為替データを用いたそれぞれのポートフォリオ

この項目でも同様に、実際のデータを使った比較を行うが、前項と大きく違うのは、さきほどのボラティリティがとても小さくなる国債と違い、ボラティリティが比較的大きな値を取る日経平均株価を使ったという点である。過去の実際の日経平均株価のデータと為替データを用いてそれぞれのポートフォリオの評価を行う。

1 年国債と日経平均株価のデータが変わったこと以外の評価方法や期間等はすべて前項と同じである。日経平均株価のデータの変動を図 6 で示す。為替データのグラフは前項と同様であるため省略する。

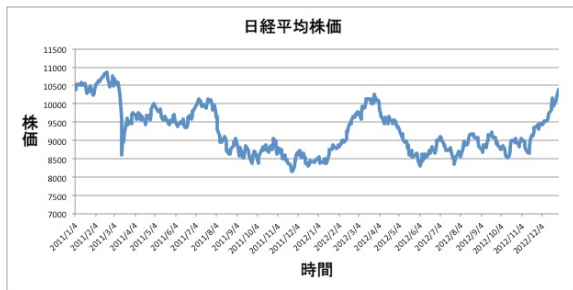


図 6 日経平均株価の変動

ポートフォリオのウェイトは  $x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}$  を、日経平均株価を  $x_1$ 、USDJPY を  $x_2$ 、EURJPY を  $x_3$  とし、日経平均株価を  $\sigma_1$ 、USDJPY を  $\sigma_2$ 、EURJPY を  $\sigma_3$  とする。結果はそれぞれ  $\sigma_1 = 20.3\%$ 、 $\sigma_2 = 8.0\%$ 、 $\sigma_3 = 12.2\%$  となる。相関行列  $\rho$  は

$$\rho = \begin{pmatrix} 1.00 & & \\ 0.77 & 1.00 & \\ 0.70 & 0.58 & 1.00 \end{pmatrix}$$

と求められた。以下でそれぞれの結果を示す。

### 1/n ポートフォリオ

ウェイトは  $x_1 = x_2 = x_3 = 0.333 = 33.3\%$  となる。結果を表 4 で示す。

表 4 1/n ポートフォリオ

| $\sigma(x) = 12.2\%$ | $x_i$  | $\partial x_i \sigma(x)$ | $x_i \times \partial x_i \sigma(x)$ | $c_i(x)$ |
|----------------------|--------|--------------------------|-------------------------------------|----------|
| 1                    | 33.3 % | 0.194                    | 0.065                               | 53.5 %   |
| 2                    | 33.3 % | 0.067                    | 0.022                               | 18.2 %   |
| 3                    | 33.3 % | 0.103                    | 0.034                               | 28.3 %   |

ここからは、シミュレーション結果を記す。

平均リターンは、日経平均株価が 0.008 %、USDJPY が 0.012 %、EURJPY が 0.012 % となる。この結果を利用し、元本を 1、期間を 10 年目までとして、シミュレーションを 100 回繰り返した結果を図 7 で示す。

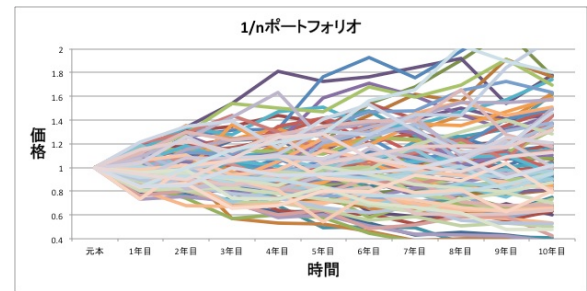


図 7 1/n ポートフォリオの価格変動

前項同様、結果のばらつき具合をわかりやすくするため、度数分布を図 8 で示す。

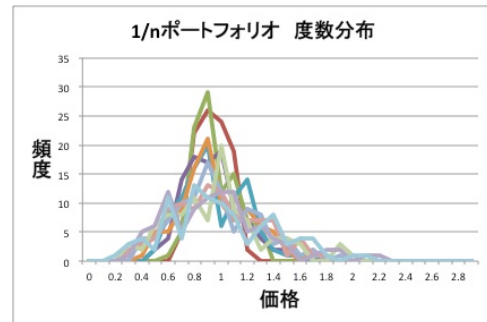


図 8 1/n ポートフォリオの度数分布

### MV ポートフォリオ

結果を表 5 で示す。

表 5 MV ポートフォリオ

| $\sigma(x) = 8.0\%$ | $x_i$ | $\partial x_i \sigma(x)$ | $x_i \times \partial x_i \sigma(x)$ | $c_i(x)$ |
|---------------------|-------|--------------------------|-------------------------------------|----------|
| 1                   | 0 %   | 0.156                    | 0.000                               | 0 %      |
| 2                   | 100 % | 0.080                    | 0.080                               | 100 %    |
| 3                   | 0 %   | 0.071                    | 0.000                               | 0 %      |

グラフを図 9、度数分布を図 10 で示す。

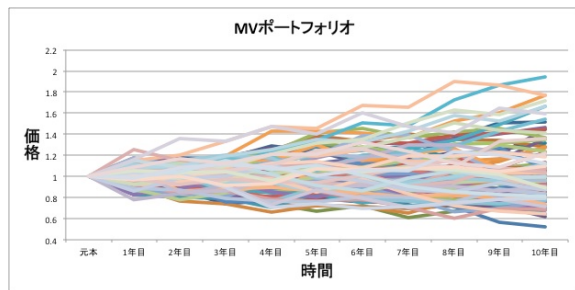


図9 MVポートフォリオの価格変動

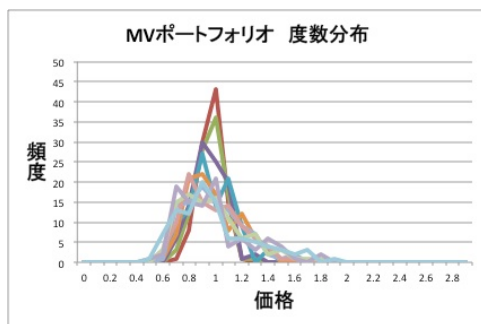


図10 MVポートフォリオの度数分布

## ERCポートフォリオ

結果を表6, グラフを図11で示す.

表6 ERCポートフォリオ

| $\sigma(x) = 10.3\%$ | $x_i$ | $\partial x_i \sigma(x)$ | $x_i \times \partial x_i \sigma(x)$ | $c_i(x)$ |
|----------------------|-------|--------------------------|-------------------------------------|----------|
| 1                    | 18.5% | 0.188                    | 0.034                               | 33.3%    |
| 2                    | 48.7% | 0.071                    | 0.034                               | 33.3%    |
| 3                    | 32.8% | 0.105                    | 0.034                               | 33.3%    |

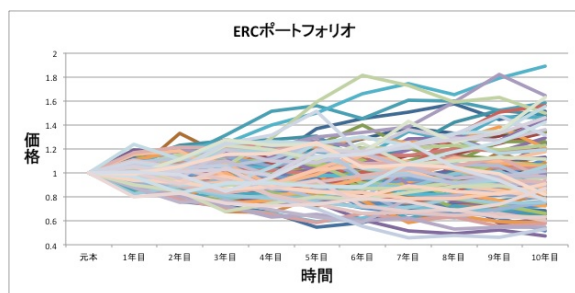


図11 ERCポートフォリオの価格変動

度数分布を図12で示す.

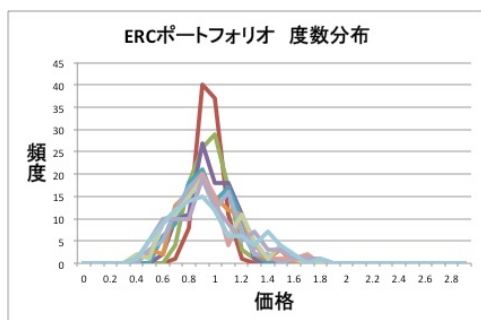


図12 ERCポートフォリオの度数分布

## 2.1 考察

1年国債を第1資産に用いた前項とは対照的に, MVポートフォリオとERCポートフォリオの第1資産に占めるウェイトは少なくなるという結果となった. MVポートフォリオについては, 前項同様, ボラティリティが最も小さい資産に全てウェイトを占めている.  $1/n$ ポートフォリオは, 12.2%という高いボラティリティと比例して, グラフのばらつきとしても非常に大きなものとなった. よって, 前項同様ERCポートフォリオは $1/n$ ポートフォリオよりも有効だと言える. MVポートフォリオとERCポートフォリオを比較すると, ERCポートフォリオのグラフに若干のばらつきがあるものの, 結果及び度数分布ともに形としてはほぼ等しいと言える. ばらつきが若干大きいのでその観点から見れば, ERCポートフォリオはMVポートフォリオよりも有効であるとは言いきれないが, MVポートフォリオは分散投資ではないため, 分散投資の面では有効だと言える.

## 5. おわりに

4節の実際のデータを用いたそれぞれのポートフォリオの比較から得られた結果の総括として, MVポートフォリオとERCポートフォリオは同じような結果を辿るが, グラフのばらつきとしては, ボラティリティが(8)式より  $\sigma_{mv} \leq \sigma_{erc}$  となる以上, ERCポートフォリオにばらつきがでることが見てとれたためその点では, ERCポートフォリオが有効であるとは言いきれない. しかし, MVポートフォリオは, 特定の資産に集中しやすいという欠点通りに特定の資産に100%のウェイトを占めるという結果となったため, 分散投資の面ではERCポートフォリオは有効だと言える.

今回の結果から, ERCポートフォリオが $1/n$ ポートフォリオ及びMVポートフォリオよりも有効だということが推測できるものの, 日経平均株価という抽象的なデータを用いて比較をおこなったこともあり, 断定はできないため, この点を今後の課題としたい.

## 参考文献

- [1] S. maillard, T. toncalli, J. Teiletche(2009) On the properties of equally-weighted risk contributions portfolios, pp. 4-11
- [2] 田畑吉雄 (2004) リスク測度とポートフォリオ管理