

(資産運用)：モンテカルロ・シミュレーションをどう用いるか

年金の資産負債管理（年金 ALM）を通じた資産配分の決定の際に用いられる手法の一つがモンテカルロ・シミュレーションである。この方法は、年金財政におけるさまざまな指標の分布を多期間にわたり検証できるという特徴を持つ。他方、(1)前提となる数値により結果が変わる、(2)どの財政指標を重視すべきかは個々の年金基金による、点には注意が必要である。

資産負債管理（年金 ALM: Asset Liability Management）を通じて年金基金の資産配分を決定する際、しばしば用いられている手法にモンテカルロ・シミュレーションがある。以下ではモンテカルロ・シミュレーションの効果と留意点について考えてみたい。

では、モンテカルロ・シミュレーションがなぜ使われるのだろうか。標準的な資産運用理論であるモダンポートフォリオ理論（MPT: Modern Portfolio Theory）では、投資家の満足度を表す効用という概念を用い、期待リターン（収益率の期待値）がプラスの効用、リターンの分散であるリスクがマイナスの効用をもたらすと考える。いわゆる「平均分散法」である。

しかし、平均分散法だけで年金の資産配分（ポートフォリオ）を決めるのは適切ではない。年金基金運営で重要であるのは、運用資産の単一期間（1年）のリターンやリスク（分散）ではないからだ。積立資産と退職給付債務や責任準備金で示される年金負債、両者の差額である積立余剰や積立比率（負債に対する資産の割合）などの年金財政上の指標が5年、10年など複数期間にわたり、どう推移するかを検証して初めてポートフォリオの比較ができる。

そこでモンテカルロ・シミュレーションの登場である。一般にモンテカルロ・シミュレーションとは将来の不確実な事象の起こり方（確率分布）が分かっている時に、乱数を用いてその確率分布に従う多数（1,000、1万、10万など）のできごとを発生させて、その結果がどのような分布になるかを検証する方法である。例えば、厳密な正六面体ではないサイコロがある時¹、その形状をコンピューター上に再現し、何千・何万回も試行して（振ってみて）1～6の目が出る確率を予測する。なお、ここで多数回の試行の内の1回ずつを「パス」と呼ぶ。

年金資産運用におけるモンテカルロ・シミュレーションでは資産及びポートフォリオのリターンのパスを多数発生させる。その上で毎年の掛け金収入や給付支払いなどのキャッシュフロー、年金負債の増加率（増加額）に一定の想定を置き、パスごとに資産・負債の実額、積立余剰や積立比率、それらから予測される掛け金などの財政上の指標を計算・集計してその分布を検証する。

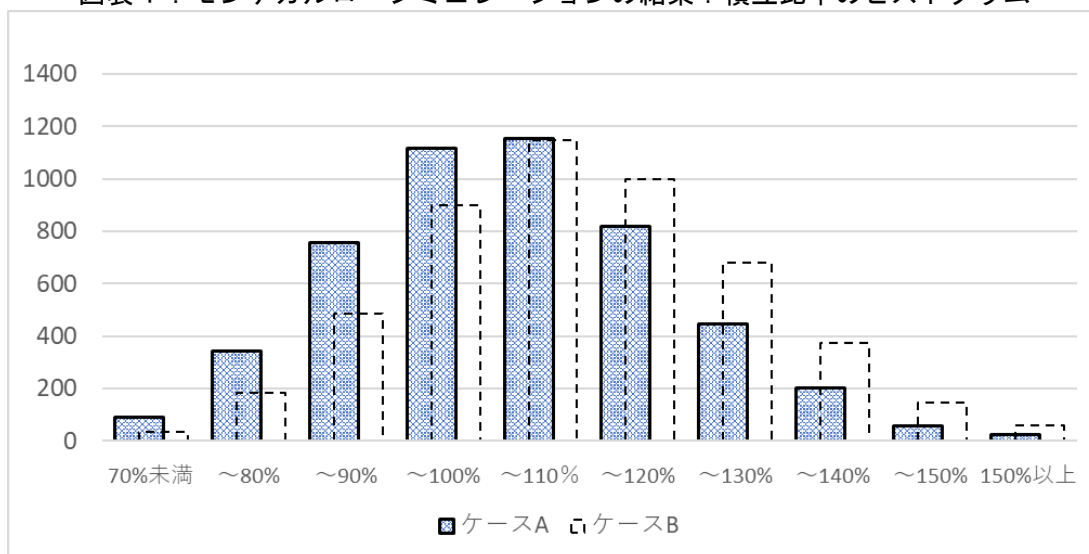
一例として以下の仮定の下、ポートフォリオ・リターンのパスを5,000回発生させて、モンテカルロ・シミュレーションによる5年後の積立比率の分布を示す。すなわち、当初の資産・負債ともに100億円とし、1年目の掛け金・給付支払いはそれぞれ10億円、負債とともに年率2%で成長する。また、ポートフォリオは債券70%、株式30%で構成され、2資産のリターンは正規分布に従う。期待リターンをそれぞれ0%、5%、リスク（リターンの標準偏差）を3%、20%とし、両者の相関係数を-0.1とする（ケースA）。この時、資産・負債の額は以下のように推移する。

$$t + 1 \text{ 年度末の資産額} = t \text{ 年度末の資産} \times (1 + \text{ポートフォリオのリターン}) + t \text{ 年度の掛け金額} - t \text{ 年度の給付支払額}$$

$$t + 1 \text{ 年度末の負債額} = t \text{ 年度末の負債} \times (1 + 2\%) - t \text{ 年度の給付支払額}$$

図表 1 に積立比率の分布(ヒストグラム)を示した。積立比率の平均・中位数が 102.2%、101.5%、また 95・99 パーセンタイル値(最悪 5%、1%の値)は、76.1%、67.3%である。年金 ALM では通常、リスク資産の配分を高めるほど平均の積立比率が高くなる一方で、95 パーセンタイル値など最悪の場合の数値は低下する。債券 70%、株式 30%の配分比をさまざまに変化させ、このような年金財政指標の分布を確かめることで年金基金の資産配分を決める際の参考にできる。

図表 1 : モンテカルロ・シミュレーションの結果 : 積立比率のヒストグラム



モンテカルロ・シミュレーションには注意すべき点がある。第1に前提数値により、結果が大きく変動する。資産のリターンパスを発生させる方法には、(1)リターンの正規分布を仮定する方法、(2)リターンが特定の分布に従うとは考えず、長期にわたる過去の複数資産のリターン相互の関係(経験分布と呼ぶ)をそのまま用いる方法、などがある。どの方法でも前提数値、特に期待リターンの水準により結果が変動する。例えば、図表1の点線のヒストグラムは債券・株式の期待リターンを1%、6%に引き上げたシミュレーション結果(ケースB)である。

第2にポートフォリオ選択の際、財政上のどの指標を重視するかは年金基金により異なる。積立比率、積立余剰や掛け金水準などどれも構わない。また、年金財政上の指標の平均値及び最悪の場合の数値をみて最適と判断されるポートフォリオは、平均分散法(期待リターン・リスク(分散))からみた最適なポートフォリオとは一致しない。従って、できるだけ幅広くさまざまなポートフォリオをモンテカルロ・シミュレーションによる検討対象とすべきである。

(名古屋市立大学 経済学研究科 臼杵政治)

ⁱ サイコロの着想は湯前祥二・鈴木輝好(2000)『モンテカルロ法の金融工学への応用』(朝倉書店) p.2によっている。