

長生きリスクに対するリスク・マネジメント：介護予防に向けた政策提言¹

尾崎祐介（早稲田大学商学部）

藤井陽一朗（明治大学商学部）

概要

近年、日本をはじめとする多くの国で平均寿命が伸びている。平均寿命の伸長により、若年期からの金融面での準備と健康面での予防を同時に進めることが重要になっている。本レポートでは、異時点間の金融面ならびに健康面でのリスク・マネジメントの効果を検証する。具体的には、金融面の準備として確定拠出年金への投資、健康面では健康寿命を延ばすための二次予防を考える。分析の結果として、効用関数の交差微分の符号により投資と二次予防が代替的になることを明らかにする。また、高次の微分の符号が意思決定に与える影響についても考察する。

キーワード：確定拠出年金、確定給付年金、二次予防、相関愛好性、慎重さ

JEL classification numbers: D81, G11, I12, J32

¹ 本論文を執筆するにあたり、一般財団法人ゆうちょ財団ならびに科研費からの支援を受けた。記して、感謝の念を表したい。

1. はじめに

日本をはじめとする多くの国々で寿命が延びている。国際連合は OECD に加盟する国で、この半世紀で13年平均寿命が延びたと報告している。²しかし、世界銀行が公表しているように、平均寿命の伸長は OECD だけでなく、多くの発展途上国においても観察されるようになってきている。³この事実は、人類がはじめて経験するものであり、新たに多くの問題を提起することとなっている。すなわち、平均寿命が伸長している国々では、老後に備えた年金・貯蓄などによる金融面での準備と、高い健康状態を維持するという健康面での予防行動を若年期から積極的に起こすことの重要性がより一層大きくなっている。実際に、長寿化が進んでいる国々においては医療費に代表される社会保障費が急激に伸びており、財政面での持続可能な社会を考えるにあたって大きな問題となっている。わが国では「人生100年時代」、「健康寿命」、「長生きリスク」、「金融老年学」といった言葉が広く浸透するようになっており、若年期からの金融・健康両面における自助努力が重要となっている。

金融面に目を向けると、金融経済学 (financial economics) や保険経済学 (insurance economics) といった分野において、リスク・マネジメントとして長く研究がなされて

² 出典：UN data: A world of information (<http://data.un.org/Default.aspx>)

³ 出典：World Bank Open Data (<https://data.worldbank.org/>)

きた。退職後の年金受取として、わが国では確定給付型年金（defined benefit（DB））が広く用いられてきた。確定給付型年金では、年金の原資をあずかる政府や企業が年金給付までの原資の運用を担当する。加入者が一定の年齢になると、政府や企業があらかじめ定めた金額を年金として加入者に支払う仕組みである。これは、原資をあずかる政府や企業が運用のリスクを負うことに他ならない。一方で、近年では確定拠出年金（defined contribution（DC））が広く用いられるようになってきている。確定拠出年金では、投資運用のリスクを加入者自身に負わせている。iDeCo（イデコ）のように、政府が提供する確定給付年金に加える形で、現在では積極的な販売がおこなわれている。

健康面では、健康経済学（health economics）分野により予防行動と健康状態の維持・改善が研究されてきた。Culyer (2014) は予防行動を3つに分類している。まず「一次予防」として、生活習慣の改善や予防接種のような疾病罹患確率を下げる行動を挙げている。「二次予防」では、健康診断による早期発見と早期治療のように、疾病に罹患した際の健康状態への影響を小さくする予防行動である。さらに、「三次予防」では、リハビリテーションのような疾病罹患後の早期の社会復帰をうながす行動を指している。

金融・健康面で人々は自身の効用を最大とするように行動すると考えている。人々の意思決定を分析するにあたっては、意思決定モデルを構築して分析することが広く用いられている。また、リスクと不確実性下の意思決定分析においては、個人の選好表現として期待効用理論 (expected utility theory) が広く用いられている。Hofmann and Peter (2015) は異時点間のリスク・マネジメントと貯蓄行動についてモデルを構築している。Hofmann and Peter はリスク・マネジメントと貯蓄が補完的になる条件を導出している。Fujii *et al.* (2018) は一次予防と貯蓄が補完的になるための条件を導出している。Eeckhoudt *et al.* (2007) は個人の効用が富の水準のみならず健康状態から構成されるとき、交差微分の符号とリスクの構造の関係を明らかにしている。Crainich *et al.* (2017) は Eeckhoudt *et al.* (2007) の選好関係をポートフォリオ選択と1次予防の努力水準の決定問題に拡張している。Liu and Menegatti (2018, 2019) は富の水準と健康状態からなる2属性効用関数を用いて、3次予防の分析をおこなっている。

本論文は富の水準と健康状態からなる2属性効用関数を用いて、異時点間の金融面での確定拠出年金によるリスク・マネジメントと、介護にかかる2次予防の関係について考察する。さらに、各パラメータが変化したときの金融・健康両面への影響を比較静学分析から考察する。

本論文の構成は次の通りである。第2章では、資産水準と健康状態から構成される二属性効用関数を用いた意思決定モデルを構築する。第3章では、各パラメータが変化したときの比較静学分析をおこなう。最後に第4章では結論と今後の課題について述べる。

2. 金融面でのリスク・マネジメントと健康面の2次予防

本節では、モデルの設定について述べる。以下では、2期間生きる代表的個人を仮定する。第1期は若年期、第2期は老年期として解釈する。この個人は若年期には確定した労働所得と高い健康水準を維持しているが、老年期には金融面でのリスクと介護が必要になるかもしれないという健康面でのリスクを同時に抱えている。

まず金融面では、若年期において個人は確実な労働所得 w_1 を得ている。しかし、老年期になると個人の収入は無リスク資産とリスク資産から構成されることとなる。無リスク資産として、個人は確定給付年金(DB) w_2 を受け取ることができる。さらに、リスク資産として若年期から運用した確定拠出年金(DC) \tilde{r} を受け取ることができる。健康面においては、個人は若年期には高い健康状態を維持しているが、確率 p で老年期に高い健康状態を維持できるが、確率 $(1-p)$ で介護が必要な健康状態になるものとする。以下では、老年期の健康状態として介護が不要(必要)な水準を生活の質(QOL)を用いて、 $h_g(h_b)$ であらわすものとする。

老年期の消費水準を維持するために、個人は若年期に確定拠出年金に拠出をすることができる。もし個人が s を確定拠出年金に支出したとすると、老年期には $(1+\tilde{r})s$ を受け取ることができる。一方で、健康状態を維持するために、2次予防をおこなう

ことができるものとする。すなわち、個人は予防にかかる努力水準として e を支出することで、介護が必要となる健康状態 h_b を改善することができる。この健康状態は予防努力 e に依存して決まる関数となっているので、 $h_b(e)$ と書いて介護の程度を軽減することができる。この関数については、 $h'_b(e) > 0$, $h''_b(e) < 0$ を仮定する。これは予防努力を増やすことで健康状態は改善するが、その改善幅は徐々に小さくなっていくことをあらわしている。

個人の生涯効用を EU であらわし、富の水準と健康状態の2変数に依存して決まるものとする。この EU は時間加法的であるとし、若年期の効用と老年期の効用の和であらわされるものとする。分析の簡単化をはかるために、時間割引は考えないものとする。若年期の効用は効用関数 u で、老年期の効用は効用関数 v により評価されるものとする。各期の効用関数 u と v は、どちらも増加関数かつ凹関数であるとする。これらの条件は個人の各期の選好がリスク回避的であることを表現している。先に述べたように、若年期の健康状態は所与となっているので、若年期の効用関数 u から健康状態を除いて記述する。このとき、個人の意味決定問題は以下の通りである。

$$\max_{s,e} EU = u(w_1 - s - e) + pE[v(w_2 + (1 + \tilde{r})s, h_g)] + (1 - p)E[v(w_2 + (1 + \tilde{r})s, h_b(e))]$$

上式は確定拠出 s と2次予防努力 e を操作変数として、時間加法的な生涯効用関数 EU を最大にする問題である。この問題の解は一階条件によりもとめることができる。すなわち、

$$EU_s = -u' + pE[(1 + \tilde{r})v_1^g] + (1 - p)E[(1 + \tilde{r})v_1^b] = 0,$$

$$EU_e = -u' + (1 - p)h'_b E[v_2^b] = 0$$

を得る。ここで、 $E[\cdot]$ は \tilde{r} についての期待値をあらわすオペレータ、 u' は限界効用、 $v_1^g = \partial v(w_2 + (1 + \tilde{r})s, h_g) / \partial s$ 、 $v_1^b = \partial v(w_2 + (1 + \tilde{r})s, h_b(e)) / \partial s$ 、 $v_2^b = \partial v(w_2 + (1 + \tilde{r})s, h_b(e)) / \partial e$ をそれぞれあらわしている。さらに、二階条件についても、 $h_b(e)$ が凹関数であるので $EU_{ss}(= u'' + pE[(1 + \tilde{r})^2 v_{11}^g] + (1 - p)E[(1 + \tilde{r})^2 v_{11}^b] \leq 0)$ と $EU_{ee}(= u'' + (1 - p)\{h''_b E[v_2^b] + h'_b E[v_{22}^b]\}) \leq 0)$ となり、満たしていることが分かる。

一階条件をみると、第1式は金融面での最適化行動を記述している。つまり、第1項は若年期の限界費用、第2項と第3項は老年期の限界便益をそれぞれあらわしている。一階条件はこれらが相殺されてゼロとなることを示している。第2式は金融面で支出した予防努力が、老年期の健康面に与える効果をあらわしている。すなわち、

第1項は若年期の限界費用を示しており、第2項は若年期の予防努力による限界便益を示している。一階条件は、両者が打ち消しあってその合計がゼロとなることをあらわしている。この2つの式により、既存の富の水準からのみ効用を測定した場合に比べて、消費の平準化だけでなく老年期の健康状態を高めるための若年期の予防努力によるトレードオフをあらわしている。最後に、ここから得られた解が最適であることを保証するために、ヘシアン $H = EU_{ee}EU_{ss} - (EU_{se})^2$ が正となるものとする。

確定拠出と予防努力の相互作用を考える。一階条件 EU_e を s で微分してゼロとおくことで以下の式を得る。

$$\frac{de}{ds} = -\frac{EU_{es}}{EU_{ee}}$$

$EU_{ee} < 0$ であるので、 $\frac{de}{ds}$ の符号は $EU_{es} (= u'' + (1-p)h'_b E[(1+\tilde{r})v_{12}^b])$ の符号と一致することになる。 EU_{es} の第1項は貯蓄が増えたときの予防努力の限界費用であるので、 $\frac{\partial MC_e}{\partial s}$ と書くこととする。また、 EU_{es} の第2項は貯蓄が増えたときの予防努力の限界便益をあらわすので、 $\frac{\partial MB_e}{\partial s}$ と記述することにする。

EU_{es} の符号は老年期の効用関数 v の交差微分の符号 v_{12} 、 $\frac{\partial MC_e}{\partial s}$ と $\frac{\partial MB_e}{\partial s}$ の大きさに依存して決まることになる。ここでは、 $v_{12} > 0$ を仮定する。Eeckhoudt *et al.* (2007) は v_{12} の符号が正である状況を「相関愛好的 (correlation loving)」とよんでいる。相関愛好的性は富の水準が上がる時には高い健康状態の下の方が低い健康状態よりも望ましいと考えている選好関係をあらわしている。さらに、 $\frac{\partial MC_e}{\partial s} \geq \frac{\partial MB_e}{\partial s}$ を仮定すると、貯蓄を上昇させたときの予防努力の限界費用が、貯蓄を上昇させたときの予防の限界便益よりも大きくなることを示している。これは、確定拠出への支出と予防努力が代替的であることの必要十分条件になっている。すなわち、確定拠出を高めることで、老年期の効用を高めることができるので、個人は予防努力を減少させて若年期の効用を挙げようとする。

ここまでの議論をまとめると、以下の結果を得る。

結果 1 老年期の効用関数 v が相関愛好的で $\frac{\partial MC_e}{\partial s} \geq \frac{\partial MB_e}{\partial s}$ とする。このとき、確定拠出と予防努力は代替的となる。

3. 比較静学分析

本章では各パラメータが変動する状況を考えて、比較静学分析をおこなう。これは、社会情勢の変化とそれにもなう行動の変化をモデルに反映することとなる。

3.1 確定給付 (DB) の変化

はじめに、確定給付 (DB) w_2 が増加する状況を考える。確定給付の変化による最適な確定拠出と予防努力の変化を考えるために、一階条件を変化する確定給付 w_2 で微分すると、

$$EU_{se}de + EU_{ss}ds + EU_{sw_2}dw_2 = 0,$$

$$EU_{ee}de + EU_{es}ds + EU_{ew_2}dw_2 = 0.$$

を得る。これらを変形することで以下の2式を得る。

$$\frac{ds}{dw_2} = -\frac{1}{H}(EU_{ee}EU_{sw_2} - EU_{es}EU_{ew_2}),$$

$$\frac{de}{dw_2} = -\frac{1}{H}(EU_{ss}EU_{ew_2} - EU_{es}EU_{sw_2}).$$

ここで、 H は EU のヘシアンをあらわし、最大化条件を満たすものとして正であるとする。結果として、 $\frac{ds}{dw_2}$ と $\frac{de}{dw_2}$ の符号はそれぞれ $-(EU_{ee}EU_{sw_2} - EU_{es}EU_{ew_2})$ と $-(EU_{ss}EU_{ew_2} - EU_{es}EU_{sw_2})$ の符号と一致することが分かる。この符号が正（負）ならば、確定給付が増えることにより操作変数を増加（減少）させることを意味している。

実際に符号を考えてみると、リスク回避と相関愛好的性から $EU_{sw_2} = pE[(1 + \tilde{r})^2 v_{11}^g] + (1 - p)E[(1 + \tilde{r})^2 v_{11}^b] \leq 0$ と $EU_{ew_2} = (1 - p)h'_b E[v_{12}^b] \geq 0$ となることが分かる。つまり、 $\frac{ds}{dw_2}$ と $\frac{de}{dw_2}$ の符号はそれぞれ負と正になる。以上の結果をまとめると次の通りである。

結果 2. 個人の選好がリスク回避的かつ相関愛好的であるとする。もし、 $\frac{\partial MC_e}{\partial s} \geq \frac{\partial MB_e}{\partial s}$ であるならば、確定給付額が増えたときには個人は確定拠出を減少させ、予防努力を増加させる。

結果 2 は、次のように解釈できる。まず相関愛好的であることから、個人は追加的な所得の増加は健康状態が高いときの方がのぞましいと考えている。確定給付額が増えるということは、老年期の所得が増加することを意味している。個人は老年期の所得が高くなるので、健康状態を高められるように積極的に予防努力を推進することと

なる。これに対して、確定給付が増えるということは無リスク資産の配当が増加することを意味しているので、リスク資産への投資を減少させることとなる。結果1から、確定給付額の増加により、予防努力を支出するようになるので、介護費用の減少につながる事が分かる。これは社会全体でみると、社会保障費の減少に貢献するものである事が分かる。

3.2 確定拠出 (DC) の配当変化

次に確定拠出 (DC) の配当が変化する状況を考える。これは事前の確率分布の予測が変化することを意味している。この変動を検証するために確定拠出の配当 \tilde{r} を以下のように分解して考える。

$$\tilde{r} = r + k\tilde{\delta}.$$

ここで、 $k > 0$ かつ $E[\tilde{\delta}] = 0$ とする。 r は確定拠出の配当の期待値、 $k\tilde{\delta}$ ($E[\tilde{\delta}] = 0$) は確定拠出の配当の分散をあらわすものと解釈ができる。つまり、平均 r で分散が $k\tilde{\delta}$ の確率分布で、配当の散らばりの大きさを表現する。

最初に確定拠出の期待値が変化する場合を考える。前章と同様に一階条件をパラメータ r で微分して次式を得る。

$$\begin{aligned}\frac{ds}{dr} &= -\frac{1}{H}(EU_{ee}EU_{sr} - EU_{es}EU_{er}), \\ \frac{de}{dr} &= -\frac{1}{H}(EU_{ss}EU_{er} - EU_{es}EU_{sr}).\end{aligned}$$

ここで、 $EU_{er} = (1-p)h'_b E[v_{12}^b]$ は相関愛好性から正となる。一方で、

$$EU_{sr} = pE[v_1^g] + (1-p)E[v_1^b] + pE[(1+r+k\delta)E[v_{11}^g]] + (1-p)E[(1+r+\tilde{\delta})E[v_{11}^b]]$$

の符号は確定しない。もし、 $EU_{srr} = 2(pE[sv_{11}^g] + (1-p)E[sv_{11}^b]) + pE[(1+r+\delta)s^2E[v_{111}^g]] + (1-p)E[(1+r+\tilde{\delta})s^2E[v_{111}^b]]$ の符号が負ならば、 $EU_{s\bar{r}} = 0$ を満たす閾値 \bar{r} が存在する。期待値 r が \bar{r} よりも大きければ EU_{sr} の符号は負となる。これをまとめると、

$$\begin{aligned} EU_{srr} &\leq 0 \\ \Leftrightarrow 2\{pE[sv_{11}^g] + (1-p)E[sv_{11}^b]\} + pE[(1+r+k\delta)s^2v_{111}^g] \\ &\quad + (1-p)E[(1+r+k\tilde{\delta})s^2v_{111}^b] \leq 0 \end{aligned}$$

となる。単純化のために、

$$\begin{aligned} E_p[v_{11}] &= pE[v_{11}^g] + (1-p)E[v_{11}^b], \\ E_p[v_{111}] &= pE[(1+r+k\delta)v_{111}^g] + (1-p)E[(1+r+k\tilde{\delta})v_{111}^b]. \end{aligned}$$

と書くことにすると、上述の条件は、

$$2 \geq -\frac{sE_p[v_{111}]}{E_p[v_{11}]}$$

と書きなおされる。

$v_{111} \geq 0$ の性質は「慎重さ (prudent)」として広く知られている。上記の条件は、相対的リスク回避度の値が2以下であることを示している。これまでの議論をまとめると、以下の結果を得る。

結果3. リスク回避的な個人の選好が相関愛好的かつ相対的リスク回避度の値が2以下であるとする。もし、 $\frac{\partial MC_e}{\partial s} \geq \frac{\partial MB_e}{\partial s}$ ならば、ある閾値 \bar{r} が存在し、確定拠出の配当がこれよりも大きいときには確定拠出の支出を減らし、予防努力を増加させる。

結果3では、これまでの相関愛好的性だけでなく相対的リスク回避度についても条件が課されている。加えて確定拠出の期待値が十分に大きいことが必要となっている。確定拠出の配当に期待値が大きいということは、将来の予測を反映している。もし現在の配当よりも将来の配当が高くなることが予測されるのならば、個人は予防努力を増加させるので、社会保障費の減少に貢献するものと考えられる。

最後に、確定拠出の配当の分散が変化する場合を考える。これまでと同様に、一階条件を分散の大きさ k で微分して次式を得る。

$$\frac{ds}{dk} = -\frac{1}{H}(EU_{ee}EU_{sk} - EU_{es}EU_{ek}),$$

$$\frac{de}{dk} = -\frac{1}{H}(EU_{ss}EU_{ek} - EU_{es}EU_{sk}).$$

ここで、相関愛好的であることから、 $EU_{ek} = (1-p)h'_b E[\tilde{\delta}v_{12}^b] > 0$ となる。一方で、 $EU_{sk} = pE[s\tilde{\delta}v_1^g] + (1-p)E[s\tilde{\delta}v_1^b] + pE[(1+r+k\tilde{\delta})\tilde{\delta}E[v_{11}^g]] + (1-p)E[(1+r+\tilde{\delta})\tilde{\delta}E[v_{11}^b]]$ の符号は未定である。同様の手法から EU_{sk} は単調減少関数となる。以上をまとめると、以下の結果を得る。

結果 4. リスク回避的な個人の選好が相関愛好的かつ相対的リスク回避度が2以下であるとする。もし、 $\frac{\partial MC_e}{\partial s} \geq \frac{\partial MB_e}{\partial s}$ であるならば、閾値 \bar{k} が存在する。この閾値よりも確定拠出の分散が大きいたときには貯蓄を減少させて、予防努力を増加させる。

結果4は直観とは乖離があることが分かる。すなわち、リスク回避的な個人は平均が同じであっても分散が大きいものを好むということになる。従来のポートフォリオ理論では、結果を資産水準で測定してくるものが標準的であった。このときには、平

均が同じであれば分散の小さいものを選好するという結果を得ていた。しかし、健康状態を結果に組み込んで、2属性の効用関数とすることにより、分散が十分に小さいときには直観と反する結果を得ることとなった。

4. 結果と今後の課題

本論文では金融と健康の両面を考慮したリスク・マネジメントを定式化した。すなわち、若年期と老年期の2期間を生きる個人において、若年期の確定拠出と予防努力が老年期の金融・健康に影響を与えるモデルを構築した。分析にあたって、Eeckhoudt *et al.* (2007) の相関愛好的な個人を仮定した。これは追加的な金銭面での収入が増える状況では、健康状態が高いときの方が健康状態が低いときよりも望ましいという選好を反映している。健康状態の低下を介護として解釈することで長生きリスクをモデルに反映することができた。さらに、パラメータの変化から確定拠出と予防努力の影響を考察した。はじめに、確定給付が増加する状況を考えて。このとき、個人は確定給付と予防努力を同時に減少させることを明らかにした（結果 1）。この結果は、社会保障費の増加に直結していることが分かる。

一方で、確定拠出の比較静学分析の結果は直観と反するものであった。本論文では、確定拠出の出資額と予防努力の変動を確定させるためには閾値となるパラメータよりも期待値や分散の大きさが上回っておく必要があった。加えて慎重さのように効用関数の高次導関数の符号が意思決定に影響を与えていることを明らかにした。

本論文の結果は今後実験等の手法を用いて実証的に検証されていくことが期待される。実証的な手法を含めて今後の研究の深化が期待されるものである。

参考文献

- Crainich, D., Eeckhoudt, L., and Le Courtois, O. (2017) "Health and Portfolio Choices: A Diffidence Approach." *European Journal of Operational Research*, 259, pp. 273-279.
- Culyer, A. J. (2014) *The Dictionary of Health Economics*, Third Edition. Edward Elgar.
- Eeckhoudt, L., Rey, B. and Schlesinger, H. (2007) "A Good Sign for Multivariate Risk Taking." *Management Science*, 53, pp. 117-124.
- Fujii, Y., Okura, M., and Osaki, Y. (2019) "How do we manage longevity risk? Promotion of self-reliance." appeared in Asia-Pacific Risk and Insurance Association 2018 22nd Annual Conference in Singapore.
- Hofmann, A. and Peter, R. (2015) "Risk Management and Saving: Income Effects and Background Risk." *Unpublished Paper*.

download by https://business.uc.edu/content/dam/business/centers/insurance-center/Documents/HoffmanPeter_RMSavBR_Jan2015.pdf
- Liu, D. and Menegatti, M. (2018) "Tertiary Health Prevention and Saving." *Unpublished Paper*.
- Liu, D. and Menegatti, M. (2019) "Precautionary Investment in Wealth and Health." *Journal of Risk and Insurance*, 86, pp. 237-255.
- UN data: A world of information (data is available at <http://data.un.org/Default.aspx>).