

医療費の推定についての一考察： 代表的個人を用いたアプローチ

藤 井 陽一朗[†]
延 命 圭三郎[‡]

概 要

近年、医療費の増加による財政への影響が先進国において議論の的となっている。しかし、平均余命をみてみると、医療費の増加にともない平均余命も伸びている。つまり、支出面だけでは十分な議論がなされているとは言い難いことがわかる。そこで、本論文では過去の医療費の伸びが個人や家計の合理的な選択の結果であったとすると、将来どの程度まで医療費が増加するかをアメリカの統計データをもとに予測する。この結果として、2050年にはGDPに占める医療費の割合は最大で40%近くになることを明らかにする。

1. はじめに

近年、医療費の増加が先進国ではたびたび議論の的となってきた。これらの議論では、おもに医療費の増加による財政圧迫の可能性が問題視されている。たとえば、Hall (2010)によると、アメリカのGDPに占める医療支出割合は、1950年では5.2%であったものが、1975年には9.4%、2000年には15.4%と大きな伸びを示している。しかし、費用の側面だけを見ることで、医療費の増加を社会的な問題として取り扱ってよいであろうか。言うまでもなく、医療費の増加にともなう便益にも注意を払うべきであると考えられる。

医療費の増加に対する便益として平均寿命に目を移すと、医療費の増加にともなって平均寿命も大きく伸びている。Hallによると、アメリカでの1950年生まれの人の平均余命は68.2歳であったのに対し、1975年生まれの人の平均余命は72.6歳、2000年生まれの人では76.9歳である。これは、先述の医療費の増加にともない、死亡率が減少することで平均余命も伸びていることを示唆している。厚生経済学の側面からみれば、死亡率の減少による人口増加は、社会厚生を増加をもたらすことから、望ましいことになる。

[†]大阪産業大学 経済学部

[‡]筑波大学大学院 システム情報工学研究科

草 稿 提 出 日 2月3日

最 終 原 稿 提 出 日 6月3日

しかし、財政支出面から、将来どの程度まで医療費が増加するかを知っておくことは、今後の政策的な判断をする上でも極めて重要であると考えられる。Hall and Jones (2007) は、市場に参加する代表的個人が所得を消費と医療に振り分ける意思決定問題を考えている。ここでの代表的個人とは、年齢のみが異なり、他の要因についてはすべて同じ特徴をもった個人である。Hall and Jones は、過去の観察がこの代表的個人による合理的な選択の結果として得られたものであるとし、これが将来にわたっても繰り返されるときに、医療費がどの程度まで増加するかを予測している。分析ではアメリカのデータを用いて、1950年から2050年までの GDP に占める医療支出割合を推定しており、この結果として、2050年において GDP に占める医療支出割合は最大で40%以上に達するとしている。

ところで、Hall and Jones の推定結果を見てみると、1950年から2000年までの GDP に占める医療支出割合の推定値と実際の観測値が比較可能である。この期間の推定値と観測値を比較すると、推定値が観測値を過大推定している可能性があることが見てとれる。つまり、この期間でのモデルから得られた GDP に占める医療支出割合は、実際の観測値よりもいつも数パーセントから、最大で20%以上も高く推定されている。この乖離を解消した上で将来予測をしなければ、将来予測の妥当性が疑わしいものとなる。

われわれはこのような推定値と観測値が乖離する理由として、Hall and Jones が所得の流列に不確実性を考慮していない点にあると考える。つまり、Hall and Jones は推定をおこなうにあたって、市場に参加する代表的個人は、あらかじめ一定の速度で増加する所与の所得流列にもとづいて将来の意思決定をおこなっている点に原因があると考えられる。実際の個人の所得は、企業の経営状態や景気の好況・不況などにより、不確実性が存在し、将来の所得が確率分布をもっていると考えた方が自然であると考えられる。そこで、本研究

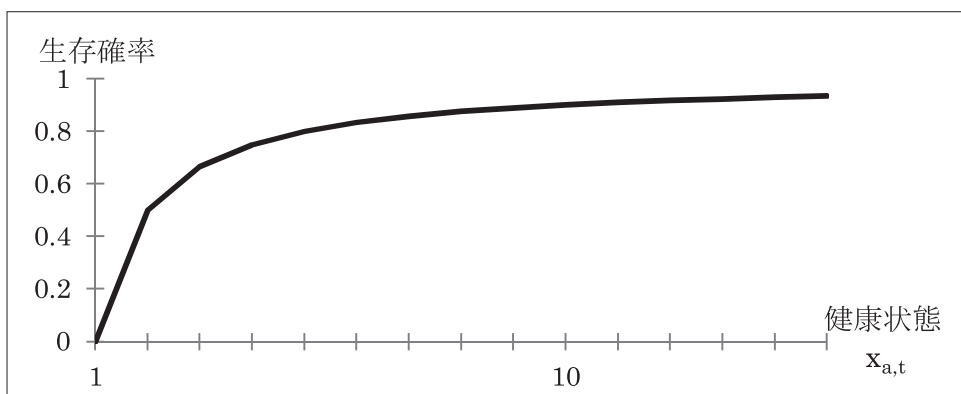


図1：個人の健康状態と生存確率の関係

では個人の収入の流列に不確実性を導入する。他の状態を Hall and Jones と同じにして数値計算することで、1950年から2000年までの推定値と観測値の乖離が改善することを明らかにする。このとき、GDPに占める医療支出割合の将来予測をおこない、どの程度まで医療支出割合が増加するのかを推定する。この結果、GDPに占める医療支出割合は最大で40%近くになることを明らかにする。

2. モデル

ここでは、Hall and Jones による個人の意思決定問題を記述する。このモデルでは、任意の時間 t にたいして、さまざまな年齢の個人が存在する状況を考える。各個人は年齢以外すべて同じであるとする。すなわち、年齢を除いて代表的個人を仮定する。これは、各個人が年齢以外の要素についてすべて同質であることを示している。そして、これらの個人は健康状態と消費から効用を得るものとする。つまり、ある時間 t で a 歳の個人は年齢に依存した健康状態 $x_{a,t}$ と消費量 $c_{a,t}$ を得ているものとする。

ある時間 t で a 歳の個人は、医療支出 $h_{a,t}$ を変化させることで、健康状態を改善（もしくは悪化）できるものとする。時間 t で a 歳の個人の医療支出を $h_{a,t}$ とすると、個人の健康状態は、

$$x_{a,t} = f(h_{a,t}; a, t) \quad (1)$$

であらわされるものとする。つまり、個人の健康状態は、時間と年齢にも依存して決定されるものとする。このとき、個人の各期における生存確率は、 $1 - 1/x_{a,t}$ であらわされるものとする。この関係をあらわしたものが図1である。これをみると、健康状態が1以上で生存確率が0以上となることが分かる。

時間 t で a 歳の個人の消費が $c_{a,t}$ であるとき、個人の効用は、

$$u(c_{a,t}, x_{a,t}) = b + \frac{c_{a,t}^{1-\gamma}}{1-\gamma} + \alpha \frac{x_{a,t}^{1-\delta}}{1-\delta} \quad (2)$$

であらわされるものとする。ここで、 γ と δ は個人の相対的危険回避度をあらわすパラメータ、 b は個人が生存可能な最低限の効用水準をそれぞれあらわしている。また、後述の数値計算において、 b は $u(c_{a,t}, x_{a,t})$ の流列よりもいつも大きくなるように決定される。なぜならば、右辺第2項と第3項は負値をとるため、効用値の非負性を保証するためである。つまり、時間 t で a 歳の個人の効用は、個人の生存可能な効用水準と消費の効用値、そして健康状態を評価した値の和であらわされる。

いま、われわれはソーシャル・プランナーの立場にあるとして、社会全体での最適な資源配分を考える。このとき、各個人の全体に占めるウエイトと時間選好率 β が等しいものとする。いま、時間選好率と時間 t で a 歳の人口をそれぞれ β と $N_{a,t}$ であらわすとき、社会厚生は、

$$\sum_{t=0}^{\infty} \sum_{a=0}^{\infty} N_{a,t} \beta^t u(c_{a,t}, x_{a,t}) \quad (3)$$

となる。最適な消費と医療支出は、上式を(1)式と次に述べる(6)式の制約下で最大化することで求められる。この最適化問題を考えるにあたって、各個人には每期 y_t の収入があり、これを各年代の消費と医療支出に割り当てるものとする。また、時間 t での人口をベクトル $N_t=(N_{1,t}, \dots, N_{a,t}, \dots)$ であらわすものとする。ソーシャル・プランナーの価値関数を $V_t(N_t)$ としたときの家計の最適化問題は、ベルマン方程式を用いると、

$$V_t(N_t) = \max_{\{h_{a,t}, c_{a,t}\}} \sum_{a=0}^{\infty} N_{a,t} u(c_{a,t}, x_{a,t}) + \beta V_{t+1}(N_{t+1}) \quad (4)$$

subject to

$$N_{a+1,t+1} = \left(1 - \frac{1}{x_{a,t}}\right) N_{a,t} \quad (5)$$

$$\sum_{a=0}^{\infty} N_{a,t} (y_t - c_{a,t} - h_{a,t}) = 0 \quad (6)$$

$$N_{0,t} = N_0 \quad (7)$$

$$x_{a,t} = f(h_{a,t}; a, t)$$

$$y_{t+1} = e^{g_y} y_t \quad (8)$$

となる。

制約式についてみていくと、最初の制約式は人口の推移をあらわしている。つまり、時間 t で a 歳の人口が $N_{a,t}$ であったとき、次期の $a+1$ 歳になる人口は、時間 t の人口に生存確率を掛け合わせたものになる。第2の制約はすべての個人が年齢にかかわらず決まった収入を得て、それを家計内で消費と医療支出に使い切ることをあらわしている。第3の制約は、新たに生まれてくる人口は外生的に一定数で与えられることをあらわしている。第4の制約は、先述の医療支出と健康状態との関係をあらわしており、最後の制約は、各期の所得は外生変数 g_y に従って増加することをあらわしている。このように、Hall and Jones は所得が一定の割合で増加することを仮定しており、所得の不確実性を考慮していないことがわかる。

医療費の推定についての一考察：代表的個人を用いたアプローチ（藤井陽一朗・延命圭三郎）

λ_t をラグランジアンとすると、1階の条件より、

$$u_c(c_{a,t}, x_{a,t}) = \lambda_t$$

$$\beta \frac{\partial V_{t+1}}{\partial N_{a+1,t+1}} \frac{f'(h_{a,t})}{x_{a,t}^2} + u_x(c_{a,t}, x_{a,t}) f'(h_{a,t}) = \lambda_t$$

となる。これは、消費の限界効用と医療支出の限界効用がすべての時間で等しくなることをあらわしている。ここで、 u_c と u_x は各変数の限界効用、 $f'(h_{a,t}) = \partial f(h_{a,t}; a, t) / \partial h_{a,t}$ をそれぞれあらわしている。1階の条件から、各期のすべての年代で消費量 c_t は同じになる。一方で、医療支出については、年齢によって異なることになる。

また、このモデルでは価値関数が線形になっているので、

$$V_t(N_t) = \sum_a v_{a,t} N_{a,t}$$

とあらわすことにする。ここで、 $v_{a,t} = \frac{\partial V_t}{\partial N_{a,t}}$ であり、追加的に a 歳の個人が生きることによる社会厚生の変化をあらわしている。すると、先述の1階の条件から、

$$\frac{\beta v_{a+1,t+1}}{u_c} + \frac{u_x x_{a,t}^2}{u_c} = \frac{x_{a,t}^2}{f'(h_{a,t})} \quad (9)$$

となる。左辺は生存したことによる限界収益、右辺はその限界費用をあらわしている。つまり、最適解は限界収益と限界費用が一致するように収入 y_t を消費と医療支出に配分を決定することを意味している。

3. 数値計算

ここでは、実際に陽的に最適解をもとめることで医療支出の変化を計算する。はじめに、計算の方法についてみていく。Hall and Jones と同様に、モデル内の1期間は5年とし、0歳 - 4歳から95歳 - 99歳までの20グループに分ける。推定に用いるデータは1950年から2000年のアメリカのGDPとGDPに占める医療支出割合のデータを用いる。

次に個人の健康状態は、

$$\tilde{x}_{a,t} = A_a (z_t y_t \cdot s_{a,t} \cdot w_{a,t})^{\theta_a} \quad (10)$$

であらわされるものとする。ここで、 A_a と θ_a は年齢に依存するパラメータ、 z_t は医療の効率性をあらわすパラメータ、 $s_{a,t}$ は医療支出と所得の比で $h_{a,t}/y_t$ 、 $w_{a,t}$ はこれ以外の教

育水準や公害といった影響を反映したパラメータとする。上式を対数変換したものを考え、GMMにより各パラメータを推定していく。本論文では所得の変動による計算結果への影響をみるため、パラメータの設定についてはHall and Jonesと同じものを用いる。

計算の際に注意の必要な健康状態をあらわすパラメータについてみていく。Hall and Jonesは所得変動 $z_t y_t$ について、個人の所得 y_t は、1950年から2000年のGDP成長率の平均2.31%で増加するものとしている。仮に $z_t=1$ とすれば、医療の効率性についても所得と同じ2.31%で増加することになる。次に θ_a について推定をおこなうと、次の図2を得る。この θ_a は医療支出に対する弾力性をあらわしている。

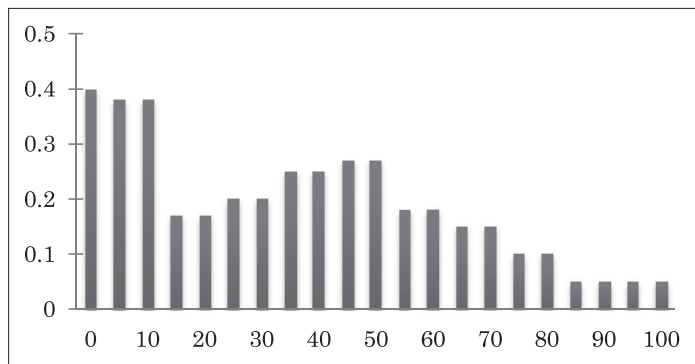


図2：医療支出への弾力性

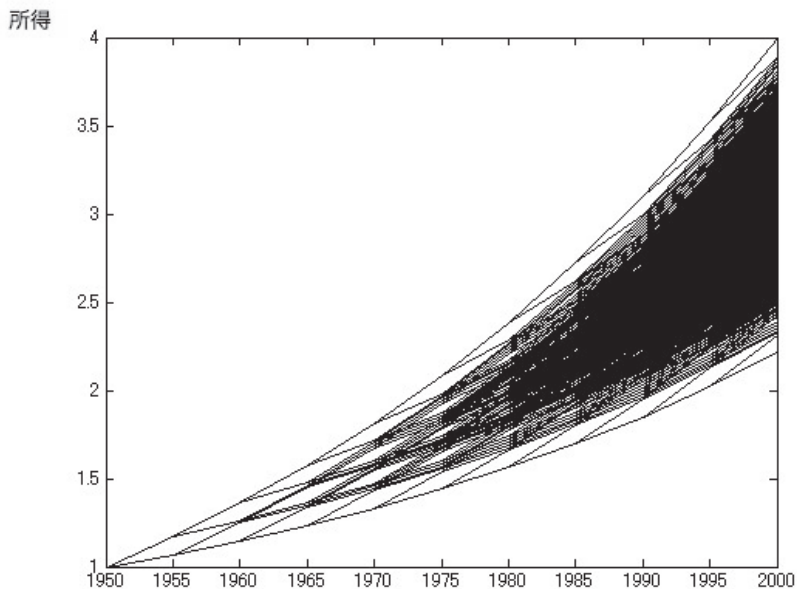


図3：収入に不確実性があるときの所得の推移

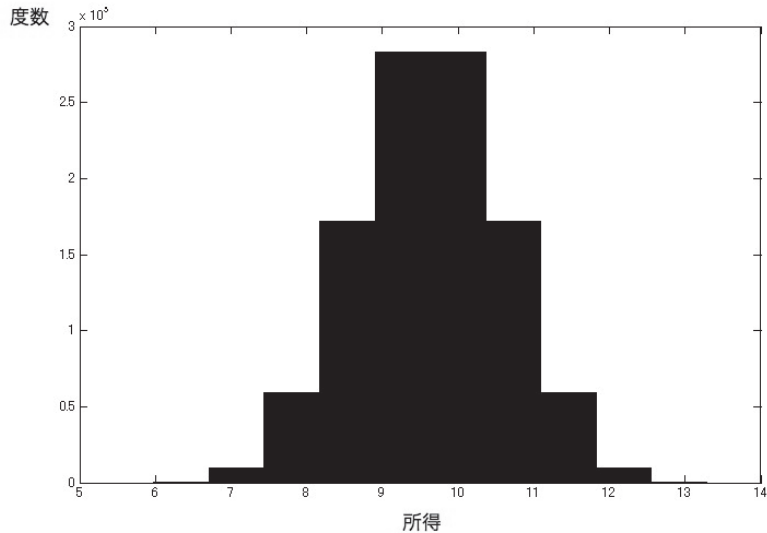


図4：2050年での所得分布のヒストグラム

図2をみると、若年層と中年層で大きな効果が得られていることが分かる。若年層では弾力性は0.4に達しており、老年層では弾力性は0.04にとどまっている。

次に、推定に用いる個人のパラメータについて考える。Hall and Jones は過去の先行研究から、もっとも妥当な相対的危険回避度 γ を2としており、1.01から2.50までを許容範囲としている。また、時間選好率 β については、1年の時間選好率を0.983としている。モデルでは、1期間を5年としているので、0.983⁵から $\beta=0.918$ とする。

ここまでの設定はHall and Jones と同じものである。Hall and Jones では所得の不確実性を考慮していない。収入の推移は次の表1にあらわされる値をとっている。

表1：Hall and Jones での1950年から2050年までの収入の推移

	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000
収入	9471	11171	11919	13968	16415	18013	19663	22596	24989	26032	33094
	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	
収入	33784	37921	42571	47786	53643	60218	67597	75882	85181	95621	

このように、Hall and Jones は(8)式にあるように所得は g_y で一定の成長を続けると仮定している。われわれは、GDPに占める医療支出割合の推定値と観測値に乖離が生じるのは、所得に不確実性を仮定していない点にあると考える。そこで、所得の不確実性を

仮定して GDP に占める医療支出割合を推定する。具体的には、1950年から2000年までの GDP 平均成長率 μ と標準偏差 δ を用いる。すなわち、1950年の GDP を 1 とすると、次期の1955年には、

$$\begin{aligned} &1+\mu+\delta \\ &1+\mu-\delta \end{aligned}$$

がそれぞれ等確率で起こるものとする。これ以降の GDP についてもこの状況が繰り返されるものとする。GDP 成長率の平均と標準偏差を μ と δ にそれぞれ代入すると、 $\mu=0.23$ 、 $\delta=0.19$ となる。これにより、Hall and Jones の不確実性のない場合と統計量は一致することになる。このときの1950年から2050年までの所得分布の変化をあらわしたものが図3である。2050年での所得分布のヒストグラムを示したものが図4である。

これらのパラメータをもとに、個人の相対的危険回避度を変化させて収入に対する医療支出割合 h/y の推移を推定した結果をプロットしたものが図5から図7である。これらの推定結果は個人の相対的危険回避度 γ が2.5, 2, 1.5, 1.01のときの推定結果をあらわしている。これらはHall and Jones の推定と同じ値をとっている。横軸は西暦1950年から2050年までの期間、縦軸は GDP に占める医療支出割合を示している。なお、1950年から2000年までは、新生児の数について観測値をもとに推定をおこない、これ以降について

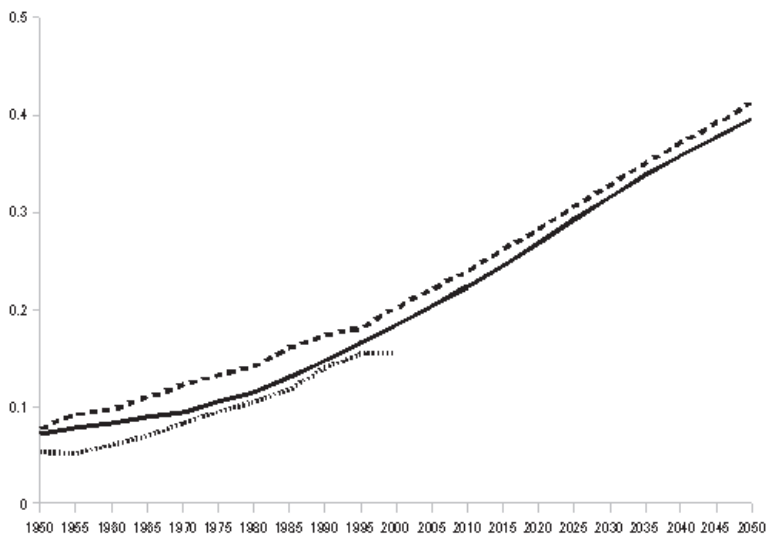


図5： $\gamma = 2.5$ での GDP に占める医療支出割合の推移
 (下破線は観測値，上破線は所得の不確実性なし (Hall and Jones)，実線は所得の不確実性あり)

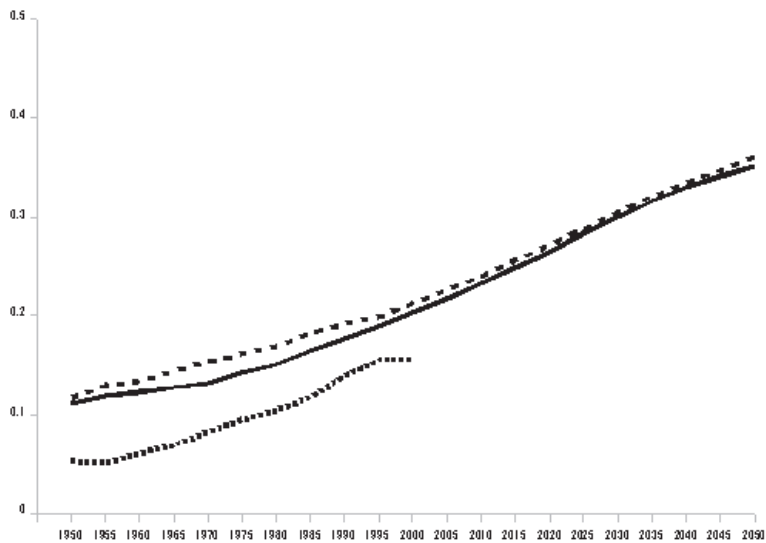


図6： $\gamma = 2$ での GDP に占める医療支出割合の推移

(下破線は観測値，上破線は所得の不確実性なし (Hall and Jones)，実線は所得の不確実性あり)

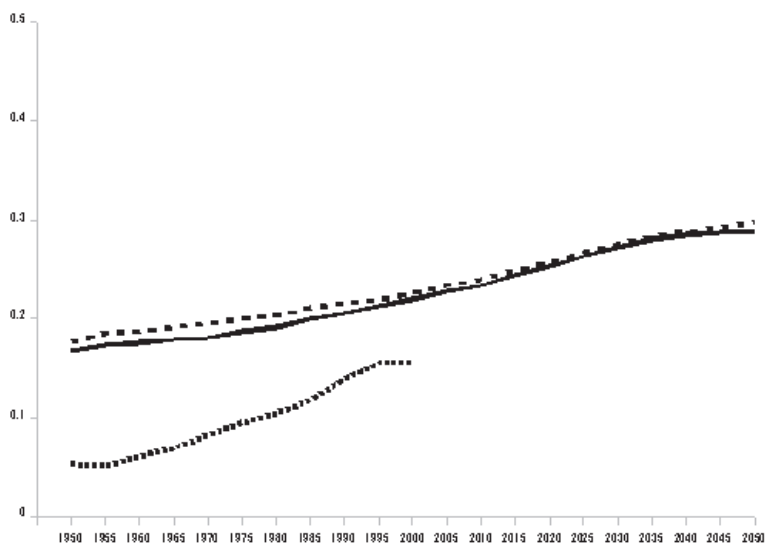


図7： $\gamma = 1.5$ での GDP に占める医療支出割合の推移

(下破線は観測値，上破線は所得の不確実性なし (Hall and Jones)，実線は所得の不確実性あり)

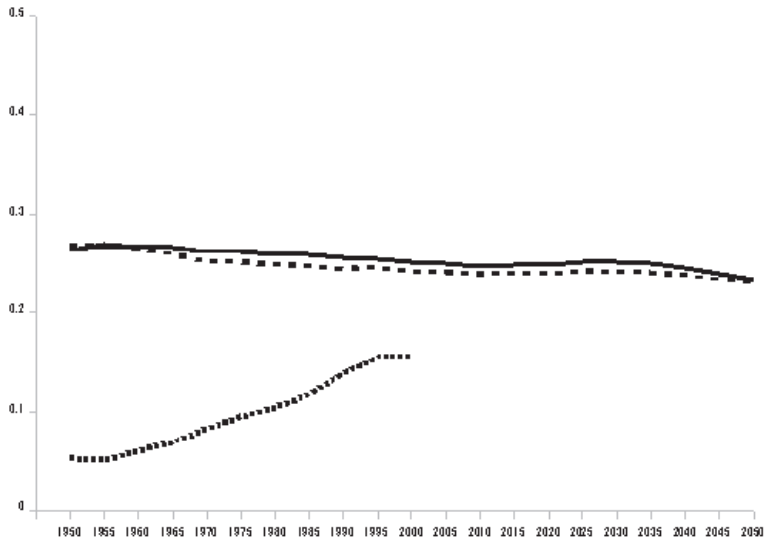


図8： $\gamma = 1.01$ でのGDPに占める医療支出割合の推移

(下破線は観測値，上破線は所得の不確実性なし (Hall and Jones)，実線は所得の不確実性あり)

は先述のベルマン方程式の制約式にしたがっている。これらのデータについてはHallもしくはJonesのホームページから入手可能である。これをみると、所得の不確実性を仮定することで、 $\gamma = 1.01$ を除いて推定結果は観測値に近づくことがわかる。しかし、 $\gamma = 2.5$ を除いて所得の不確実性を仮定することによる影響は小さいと言わざるを得ない。また、2050年での推定値は不確実性の有無にかかわらず大きく増加していることがわかる。2050年でのGDPに占める医療支出割合は所得の不確実性がない場合には最大で41%、不確実性がある場合でも最大で39%となる。

4. 考察

これまでわれわれは、Hall and Jonesの代表的個人を用いたアプローチからモデルを精緻化し、所得に不確実性がある状況を考えてきた。このとき、既存モデルの推定結果では観測値をうまく説明できなかった問題を改善することができることを明らかにした。これにより、大きな相対的危険回避度に対して、モデルの推定結果が過大推定している点についてはある程度の解消ができるようになったと考えられる。このアプローチにより、将来のGDPに占める医療支出割合を推定すると、2050年においては最大でGDPの39%を医

療費として支出するという結果を得た。

今後の課題としては、年齢と年代を1年ごとにすることで、意思決定問題をより精密に記述する必要がある点があげられる。これにより、より詳細な議論が可能になると考えられる。また、年齢が異なれば時間選好率が異なるとしたほうが自然であると考えられる。今後、このような点を反映しながら数値計算を精緻化する必要があると考えられる。また、日本のような急速に少子高齢化が進んでいる国でのデータを用いた場合にもこのモデルが有効かどうかを検証する必要がある。

参考文献

- [1] Hall, R. E. (2010) *Forward-looking Decision Making*. Princeton University Press.
- [2] Hall, R. E. and Jones, C. I. (2007) The Value of Life and the Rise in Health Spending. *Quarterly Journal of Economics* 122: 39-72.