

〔論 説〕

労働者タイプを考慮した階層別少子化ソローモデルの シミュレーション分析

内 海 幸 久
佐 藤 哲 彰

1 序

安倍政権の「働き方改革」は、衆院選実施により、当初の2019年施行予定を1年ずらして2020年4月実施を目指すこととなった。この「働き方改革」は財政政策・金融政策・成長戦略という、もともとの安倍政権の「三本の矢」のうち、成長戦略が深化したものであり、日本経済の活性化が目標とされている。

本稿では、働き方の変化が経済成長率に与える影響について、検討したい。人口の変動が日本の経済にどのような影響を与えるのかを分析する経済モデルは、マクロ動学によって構築される。中でも、一般均衡モデルのマクロ経済学版とも言える最適成長モデルや世代重複モデルがその代表例である。これらのモデルは、均衡の存在は知られているものの、非線形的な数学構造のために解析的に解けないことが多い。近年注目を集めてきているのが、コンピュータによる数値計算である。解析的には難解である問題であっても、数値シミュレーションによって近似値を求める手法が確立しつつある。コンピュータの性能の向上と、Matlabのような数値計算専用ソフトが登場して以来、数値シミュレーションによるマクロ分析は、マクロ動学の一分野を担っている。

本研究では、マクロ動学モデルを用いて人口動態の変動が、経済にどのような影響を与えるのか、また、労働時間の地域差を踏まえた新たな理論モデルを提案し、人口動態や出生率が日本経済にどのような影響を与えるのかのシミュレーションを試みる。2章でシミュレーションモデルを展開し、3章でシミュレーション分析を行う。4章で結論をまとめる。

2 モデル

2.1 基本設定

本節では、水野・内海(2016)に基づいて、閉鎖経済における標準的なソローモデルに世代別人口構成の変化・労働者のタイプを導入したモデルを考察する。

労働者のタイプを費やす時間に応じて二種類に分類する。タイプ1は、労働時間を重視するタイプで財・サービスの生産や消費に貢献する割合が相対的に大きいタイプである。一方、タイプ2は、育児・家事時間を重視するタイプで出生率の上昇に貢献するタイプである。タイプ2は、財・サービスの生産や消費に貢献する割合は相対的に低いと仮定する。

本稿では、18歳以上65歳までの期間、労働するとして労働人口を求める。 t 期のタイプ1の18歳から65歳までの労働総人口を $L^1(t)$ 、タイプ2の労働総人口を $L^2(t)$ とする。これ以降、上付き添字でタイプを、下付き添字で世代を表すとする。

各タイプは、每期自分の消費計画などに基づき、自分の労働タイプを確率的に変更すると仮定する。本稿では、マルコフ的な遷移確率を用いて労働タイプ変遷を記述する。具体的には、第 i 世代の労働タイプの変遷は

$$(L_i^1(t), L_i^2(t)) \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{pmatrix}$$

によって与える。また、各年齢の生存率を θ_i とすると、第 i 世代が第 $i+1$ 世代になる時点での労働人口の推移は

$$(L_{i+1}^1(t+1), L_{i+1}^2(t+1)) = \theta_i (L_i^1(t), L_i^2(t)) \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} \\ p_{21} & p_{22} \end{pmatrix} \quad (1)$$

と求まる。⁽¹⁾労働タイプを区別する生産性パラメータを導入する。 ρ_i によって、労働タイプ i の労働貢献率を表現し、 $\rho_1 > \rho_2$ を仮定する。つまり、労働タイプ1の方が、育児・家事時間を重視する労働タイプ2よりも、貢献率が高い事を表している。これより、第 i 世代、 t 期の有効労働力は

$$E_i^1(t) = \rho_1 L_i^1(t), \quad E_i^2(t) = \rho_2 L_i^2(t)$$

と求まる。

以上より t 期の有効労働力は18歳から65歳までの合計で表現されるので、

$$E_t = \sum_{i=18}^{65} E_i^1(t) + E_i^2(t) \quad (2)$$

で与えられる。表1は、 t 期における k 世代から $k+1$ 世代への労働量の変遷をまとめたものである。

出生数は一定率で減少すると仮定し

$$(L_0(t+1) - L_0(t))/L_0(t) = -n \quad (3)$$

であるとする。

次に、生産面のモデルを設定する。生産関数はコブ=ダグラス型であり、

$$Y(t) = \alpha \gamma^t E(t)^\beta K(t)^{1-\beta} \quad (4)$$

(1) 18世代目の労働タイプの割合を初期値として $(l, 1-l)$ と与える。具体的には、 $L^1(t) = l \times L(t)$ 、 $L^2(t) = (1-l) \times L(t)$ である、シミュレーション時には $l=0.6$ とする。

表 1：労働タイプの推移

	t 期	$t+1$ 期
0 世代	$L_0(t)$	$L_0(t+1)$
	\vdots	
k 世代	$L_k(t)$	$\theta_k(p_{11}L_{k-1}^1(t) + p_{21}L_{k-1}^2(t)) = L_k^1(t+1)$ $\theta_k(p_{12}L_{k-1}^1(t) + p_{22}L_{k-1}^2(t)) = L_k^2(t+1)$
$k+1$ 世代	$L_{k+1}(t)$	$\theta_{k+1}(p_{11}L_k^1(t) + p_{21}L_k^2(t)) = L_{k+1}^1(t+1)$ $\theta_{k+1}(p_{12}L_k^1(t) + p_{22}L_k^2(t)) = L_{k+1}^2(t+1)$

であるとする。パラメータ α は初期の実質 GDP の水準に合わせて調整する。 γ は技術進歩率を表す。 $K(t)$ は t 期の資本ストックである。

貯蓄関数については、標準の $S(t) = sY(t)$ を仮定する。最後に、資本蓄積方程式は、資本減耗率を $\delta > 0$ として、 $K(t+1) - K(t) = S(t) - \delta K(t)$ とする。

2.2 均衡経路

以上の設定を踏まえ、均衡における資本と人口の動学を表す方程式を導出する。 t 期の投資は、

$$I(t) = K(t+1) - K(t) + \delta K(t)$$

であり、 $I(t) = S(t)$ より、上記の式は

$$K(t+1) = sY(t) + (1 - \delta)K(t)$$

となる。したがって、本モデルにおける資本と人口の動学は

$$K(t+1) = s\alpha\gamma^t E(t)^\beta K(t)^{1-\beta} + (1 - \delta)K(t) \quad (5)$$

$$E(t) = \sum_{i=18}^{65} [\rho_1\theta_i(p_{11}L_i^1(t-1) + p_{21}L_i^2(t-1)) + \rho_2\theta_i(p_{12}L_i^1(t-1) + p_{22}L_i^2(t-1))] \quad (6)$$

$$L_0(t+1) = (1 - n)L_0(t) \quad (7)$$

$$L^1(0) = lL(0), L^2(0) = (1 - l)L(0) \quad (8)$$

という連立方程式系により記述される。

3 シミュレーション

3.1 基本モデル

最初に、本シミュレーションで用いる主要なデータについて解説する。総務省統計局の人口推計データである2012年の出生数105万人と国立社会保障・人口問題研究所、日本の将来人口推計データである2060年の出生数推計48万人を使い、この間の出生数の平均減少率を $n=0.0157$ とした。年齢別人口は、データ年度を揃えて総務省統計局、人口推計である2012年の人口データを利用した。

年齢別の生存率データは、総務省統計局の「第65回日本統計年鑑」の年齢別死亡率から作成した。⁽²⁾初期資本ストックは、平成24年度の実質期末資産残高を用いて1450兆円とした。⁽³⁾

その他のパラメータについては、限界貯蓄性向に $s=0.4$ 、経済の規模に $\alpha=0.45$ 、労働分配率に $b=0.4$ 、技術進歩率に $\gamma=1.001$ 、資本減耗率に $\delta=0.05$ を利用する。労働タイプの生産性パラメータを $\rho_1 = 1 > \rho_2 = 0.8$ とした。

最後に、マルコフ推移行列を

$$\begin{pmatrix} 0.8 & 0.2 \\ 0.3 & 0.7 \end{pmatrix}$$

とする。この数値例より、長期的には、労働タイプ1へ収束することがわかる。

3.2 シミュレーション結果

3.2.1 主要変数の動き

本モデルでは一定の割合で出生数が減少するため、 t を無限にすると総人口は0に収束する。一人あたり統計量を計算するにあたり、0除算が発生することになる。また、人口が0になると生産不可能な状況にも陥る。そこで、本稿では経済が破綻しない人口が0を下回ることがない範囲の有限期間内における成長経路の性質を議論する。

初めに上述した初期のパラメータの下での主要変数の動きについて述べる。表2が示すように、総人口は、徐々に減少して行き50期後には、初期人口のおよそ6割程度まで減

表2：基本シミュレーションの帰結

	成長率 (%)	資本	総人口	GDP
0期		1450.000	1264.000	494.231
1期	4.613	1575.193	1260.018	517.031
10期	2.947	2798.700	1197.615	708.285
25期	1.105	4946.466	1040.778	949.725
50期	0.037	7337.955	750.186	1062.324
100期	-0.853	7323.149	347.307	814.264

(2) ここでは、男女の人口が等しいと仮定して、男性死亡率と女性死亡率の平均を用いている。

(3) 内閣府、国民経済計算 (GDP 統計)、平成17年基準、名目・実質固定資産残高 (1980年～2013年) より。

少する。同様に少し遅れて、有効労働力も減少する。労働タイプの割合を見ると、50期ほどで、初期の6割、100期程で初期の3割にまで減少することがわかる。労働タイプはタイプ1へシフトしつつ、減少することが式とグラフから明らかとなる。

図1は実質GDP、資本ストック、貯蓄、一人あたり実質GDPの動きを表している。当初は貯蓄が資本減耗を上回り、資本蓄積が進むが、人口減少により72期目以降、資本ストックは減少してゆく。実質GDPも資本蓄積とともに50期目まで増加するが、その後人口減少の影響により減少してゆく。実質GDP成長率は初期の段階で5%近い成長率を示すが、15期後には、初期成長率のおよそ半分になる。成長率は図2のように時間を通じて急激に減少する。GDP、資本ストックの減少が急激である点に注目したい。50期間程、減少しつつもプラスの経済成長をするが、一度マイナス成長に陥るとその効果が永続する。

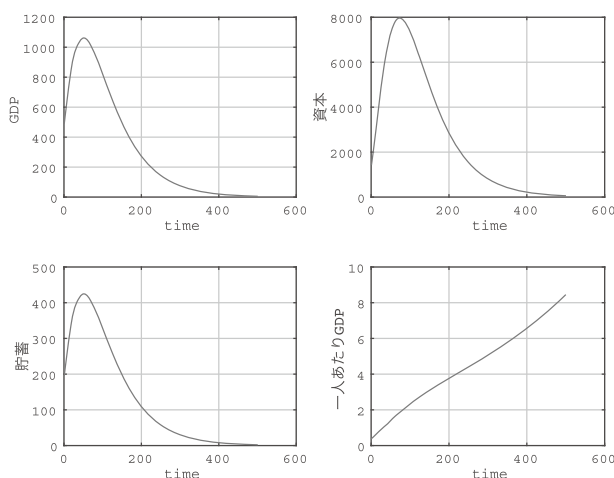


図1：基本データ

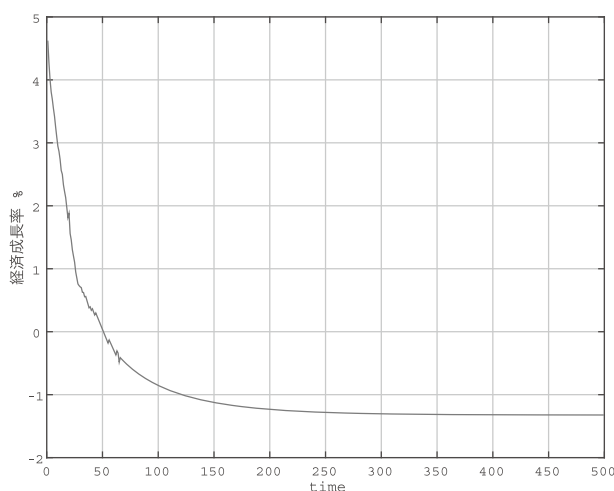


図2：成長率

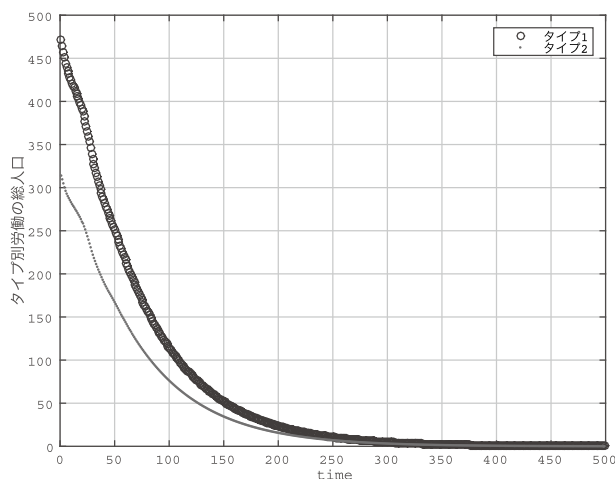


図3：労働タイプ変遷

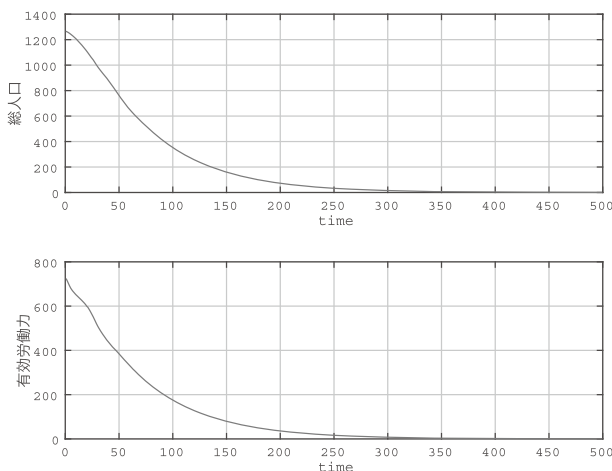


図4：総人口と有効労働人口

経済成長が-1%前後で推移し、GDPは急減しているという構図になっていることがわかる。一方、人口減少の効果から、一人当たり実質GDPは増加してゆく。

人口減少の状態であっても、当面の間は経済成長を維持し、GDPが見込める。しかし、その状態は長くは続かず、やがて経済が衰退することに注意しなくてはならない。

3.3 経路の比較

出生数の減少率の変化やマルコフパラメータが経済成長率に与える効果についてシミュレーション結果を考察する。

表3は、出生数減少率が0, 0.0157, 0.005となる場合の経済成長率を比較したものである。10期程度では、成長率に差がまったくない。しかし、25期目以降、成長率の数値に

表 3：出生減少率と経済成長率（%）の変化

出生減少率 n	0	0.0157（現状）	0.005
1 期	4.613	4.613	4.613
10 期	2.947	2.947	2.947
25 期	1.188	1.105	1.161
50 期	0.608	0.037	0.415
100 期	0.394	-0.853	-0.014

表 4：労働タイプ遷移確率と経済成長率（%）の変化

	P1	P2	P3
1 期	4.248	4.613	3.142
10 期	2.905	2.947	2.843
25 期	1.088	1.105	1.059
50 期	0.030	0.037	0.018
100 期	-0.855	-0.853	-0.858

大きな開きがみられる。現状の減少率 0.0157 が改善されて、およそ半分の 0.005 にまでなると、25 期では、経済成長率が 5% 程上昇するという非常に大きな効果を得ることとなる。

推移確率の変化についても比較シミュレーションを行った。 $P1=(p_{11}, p_{12}, p_{21}, p_{22})=(0.8, 0.2, 0.3, 0.7)$, $P2=(0.8, 0.2, 0.2, 0.8)$, $P3=(0.6, 0.4, 0.2, 0.8)$ とする。つまり、 $P1$ はタイプ 1 へ収束、 $P2$ はどちらの状態も一定割合存在する状況、 $P3$ はタイプ 2 へ収束する状況である。成長率は、タイプ 1 の割合が多い程、高いことがわかる。タイプ 1 の生産性効率が高いので当然の帰結である。人口減少下モデルにおいて、タイプ 1 へのシフトが成長率を高める条件の 1 つであるとも言える。

これらのモデルシミュレーションの結果から、少子化が経済成長率に与える効果は遠い将来ほど大きい。直近では、少子化の影響をデータ上見ることができない。それどころか GDP の増加、一人当 GDP の増加という好指標とされるデータから少子化の経済成長に与える影響が見えにくく、対策遅れの根源になっていると言えよう。

3.4 修正モデル

ベンチマークモデルでは、労働タイプ 2 の労働者は単純に生産性の低い労働者として機能しており、育児や余暇に時間を費やすという特徴をうまく捉えられていない。そこで、人口減少関数を、労働者タイプに依存させるモデルでのシミュレーションを行う。人口減少を率を表す n を $n(t)$ とし、労働タイプ 1 の増加関数、労働タイプ 2 の減少関数とする。具体的には、

$$n(t) = \eta \left(\sum_{i=18}^{65} L_i^1(t) - \sum_{i=18}^{65} L_i^2(t) \right) \quad (9)$$

と特定化する。ここで、 η は数値が大きくなり過ぎないように調整する調整項パラメータである。シミュレーションでは $\eta=0.015$ 程度であること、各労働者タイプに人数から勘案して、 η は10000から20000程度の値とする。

修正モデルの基本的な結果を説明する。

表5は実質GDP、資本ストック、貯蓄、一人あたり実質GDPの動きを表している。当初は貯蓄が資本減耗を上回り、資本蓄積が進むが、人口減少により102期目以降、資本ストックは減少してゆく。実質GDPも資本蓄積とともに72期目まで増加するが、その後人口減少の影響により減少してゆく。実質GDP成長率は初期の段階で3%近い成長率を示すが、25期後には、初期成長率のおよそ1/4程度になる。成長率は図6のように時間を通じて急激に減少する。

基本モデルと比較して、労働者タイプ2の人数が増加する。これに伴って労働人口減少がやや緩やかになる。タイプ2の労働者が増加することから、GDPや資本ストックは、一時的に減少するも、その後徐々に回復することが予想される。また、総人口は減少傾向にあるため、一人当GDPは、増加のトレンドを示す。

グラフには掲載されていないが、長期的には、人口減少の効果が働きGDP・資本ストック

表5：修正モデルのシミュレーションの帰結

	成長率 (%)	資本	総人口	GDP	一人あたり GDP
0期		1450.000	1264.000	494.231	0.391
1期	4.613	1575.193	1260.071	517.031	0.410
10期	2.947	2798.700	1200.545	708.285	0.590
25期	1.135	4947.178	1057.205	950.756	0.899
50期	0.268	7428.291	809.897	1096.566	1.353
100期	-0.117	8733.264	535.419	1091.466	2.038

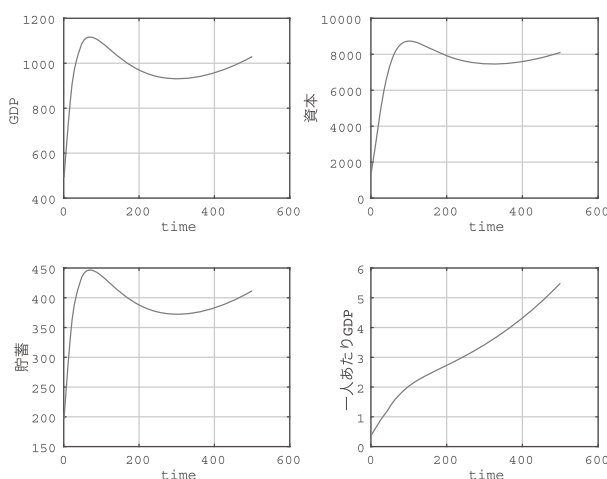


図5：基本データ2

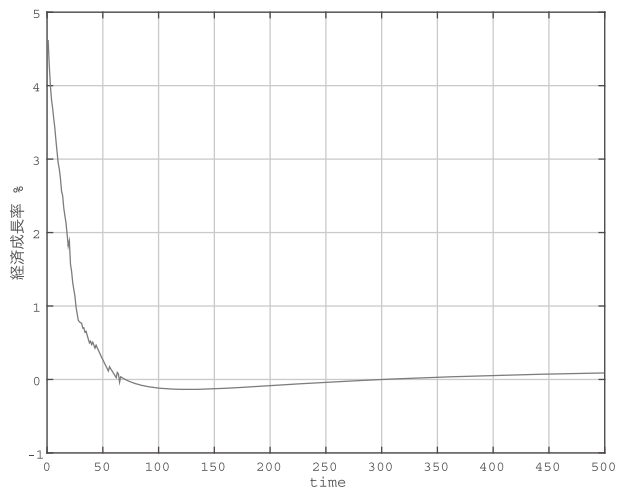


図6：成長率2

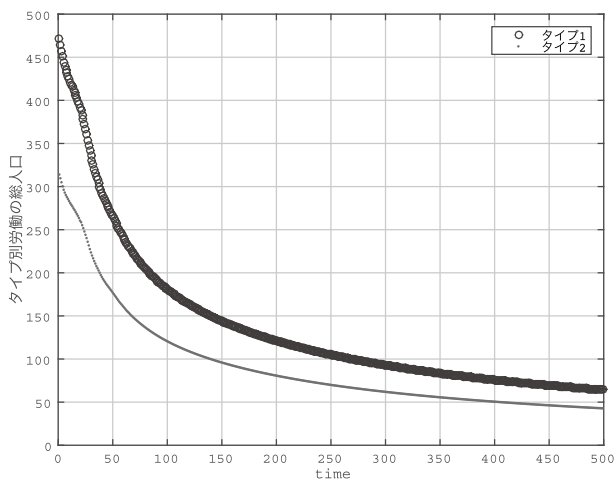


図7：労働タイプ変遷2

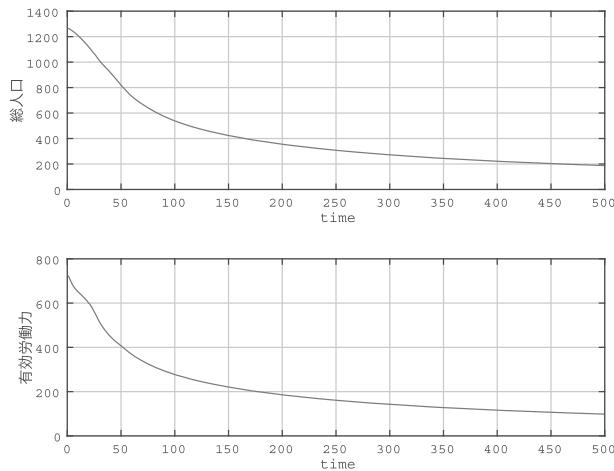


図8：総人口と有効労働人口2

クとも減少することになる。

3.5 経路の比較

マルコフパラメータが経済成長率に与える効果についてシミュレーション結果を考察する。

基本モデルと同様に $P1=(p_{11}, p_{12}, p_{21}, p_{22})=(0.8, 0.2, 0.3, 0.7)$, $P2=(0.8, 0.2, 0.2, 0.8)$, $P3=(0.6, 0.4, 0.2, 0.8)$ を考察する。 P はタイプ1へ収束, $P2$ はどちらの状態も一定割合存在する状況, $P3$ はタイプ2へ収束する状況である。表6からわかるように, 急激な人口減少が予想される $P1$ の遷移確率では100期目にはマイナス成長となる。一方, 人口減少しつつも, 将来的には人口増加に転じる $P3$ の遷移確率では, 成長率は徐々に低下するも, 100期頃から回復基調となる長期的にはGDP増加へと転じる。一定の労働タイプ比率に至る $P2$ 遷移確率のもとでは $P1$ 程ではないが人口減少の影響を受け, 成長率は0%近くにまで至るも, GDPは増加していく。

これらのモデルシミュレーションの結果から, 基本モデル, 修正モデルとも少子化が経済成長率に与える効果は遠い将来ほど大きい。また, 直近では少子化の影響をデータ上見ることができない。GDPの増加, 一人当GDPの増加という好指標とされるデータから少子化の経済成長に与える影響が見えにくく, 対策遅れの根源になっていると言えよう。育

表6：労働タイプ遷移確率と経済成長率(%)の変化2

	P1	P2	P3
1期	4.613	4.248	3.142
10期	2.947	2.905	2.843
25期	1.135	1.157	1.219
50期	0.268	0.571	1.187
100期	-0.117	0.370	1.545

見や家事時間を重視するタイプ2労働者の増加が、中期的には人口減少に歯止めをかけGDP減少を防ぐ可能性があることも明らかとなった。少子化を防ぐ有効な手だてを早急に考える必要がある。

4 帰結

本論文は水野・内海（2016）の枠組みに労働者タイプを導入し、今後も続くと予想される出生率の低下が経済成長率に与える効果をシミュレーションにより分析する枠組みを提示した。

このシミュレーションでは、出生数が一定率 $n=0.0157$ で減少する想定になっており、「育児・家事時間を重視する労働者タイプが増えるほど、出生率が上昇する」といった効果は、モデルに反映されていない。従って、1人あたりの生産性が高い「労働時間を重視する労働者タイプ」が増えれば増えるほど、GDPも成長率も単純に大きくなる。そしてこの「労働時間を重視するタイプ」が増加する形の遷移確率となっている。そして、この100期で資本が5倍以上となるにもかかわらず、成長率は鈍化し、いずれマイナスに転じる。とは言うものの、人口が3割に減少することを反映して、1人あたりGDPは391万円から2,345万円へと約6倍となる。

シミュレーションの結果、少子化が経済成長率に与える効果は遠い将来ほど大きい。直近では、少子化の影響をデータ上見ることができない。それどころかGDPの増加、一人当GDPの増加という好指標が対策遅れの根源になっていると言えよう。労働タイプをより効率的なタイプへ向かわせることも成長率低下を抑える効果があると言える。本格的な対策が望まれる。

育児・家事時間を重視する労働タイプへの移行が進むと、中期的には成長率の急激な低下を防ぎ、GDPの減少を抑える働きがある。財・サービスの生産や消費に貢献する割合が相対的に多いタイプ1労働者から、タイプ2労働者へとワークスタイルを変更する可能性が、恒久的な経済成長へと繋がるのがシミュレーションから示唆された。

本シミュレーションにより、100期ほどの経済への影響が分析可能である。モデルの精緻化を通して、より興味深い帰結を導くことが今後の課題である。

謝辞

本研究は平成28年度千葉商科大学学術助成金による研究成果である。ここに記して感謝の意を表す。

〔参考文献〕

- [1] Auerbach, Alan J., Kotlikoff, Laurence J., 1987. *Dynamic Fiscal Policy*. Cambridge University Press.
- [2] Cuddington, John T., 1993. Modeling the Macroeconomic Effects of AIDS, with an Application to Tanzania. *World Bank Economic Review* 7 (2), 173-189.

- [3] Solow, Robert M., 1956. A contribution to the theory of economic growth. Quarterly Journal of Economics, 70 (1), 65-94.
- [4] 水野, 内海, 2016, 「少子化による年齢別人口構成の変化と経済成長率に関するシミュレーション分析」, 千葉商大論叢, 第53巻, 第2号, 97-103

(2018.1.15 受稿, 2018.2.1 受理)

〔抄 録〕

本論文は、少子高齢化する日本経済のシミュレーションを行なったものである。生産性は高いが出生率が低い労働者、生産性は低いが出生率が高い労働者という労働タイプを導入したソローモデルを考案し、GDP や労働人口の変化などの具体的な数値計算・政策効果の比較を行なった。