

## 第2章 人口と技術進歩に関する実証分析

加藤 久和

### 【要約】

人口規模や高齢化の動向が技術進歩（MFP(多要素生産性)や労働生産性）にどのような影響を与えるかを検証するため、OECD諸国のデータによる国際比較分析を行った。その結果、人口規模が大きい国ほど、あるいは高齢化比率が低い国ほど、MFP上昇率が高まることが見出された。さらに、わが国の時系列データを使い、TFP(全要素生産性)上昇率に対する労働力人口規模や経済開放度の影響を検証した結果、労働力人口の規模と技術進歩上昇率(TFP上昇率)との間に正の長期的な関係（共和分関係）が見出された。この結果をもとに、将来のTFP上昇率に関する推計を行ったところ、長期的にはTFP上昇率は1%程度になるとみられるものの、労働力人口が大幅に減少するシナリオでは、今後10年あまりでTFP上昇率がマイナスとなる可能性も試算された。

### はじめに

わが国は人口減少社会の扉を開け、いまだ人類が経験したことのない高齢化社会を迎えている。人口減少・高齢化はわが国のみならず、多くの先進諸国においても同じような経路を辿ると見られている。こうした人口制約の下で、はたして持続的な成長を維持できるのかという素朴な問いが提出されている。

わが国の経験を踏まえると、1950～60年代の高度成長の時代には大量の若い人口が存在し、また彼らが貯蓄に励んだことなどが経済成長の原動力であったとされる。いわゆる“人口ボーナス”現象であり、人口要因が経済成長にプラスの影響を及ぼしていたのである。今後は、これとはまったく逆の事情から、“人口オナーナス”として長期的な経済成長が危惧されている。労働力人口や貯蓄率の視点から経済成長の行方を探ろうとする研究は枚挙に暇がない。供給面から経済成長を捉え、単純な成長会計を前提とすれば第三の要因としての技術進歩があるが、はたして人口動向は技術進歩にいかなる影響を与えているのだろうか。これを実証的に検討することが本稿の目的である。

技術進歩は、技術革新の成果や投下される資本・労働の質の向上によって実現される。技術進歩の上昇は、短期的には生産性の向上として現れ、長期的にはイノベーションとして具現化される。短期的な生産性の向上と長期的な技術革新には異なる要素が多く、また歴史的な要因も複雑に関与しており、両者を理論面・実証面から厳格に

区別することは困難である。しかし、一般的な生産性の向上に関してみれば（これを技術進歩とみなすならば）、人口要因がいかに関与しているかについての理論設定も可能である。本稿では、こうした議論に関して、短期的な生産性向上を技術進歩とみなして、近年の技術進歩の動向と人口や労働力人口との関係の検証を行うものである。

## 1. 人口成長と技術進歩の関係を巡って

### (1) 人口減少社会と技術進歩

#### (人口減少と技術進歩の関係に関する実証分析のサーベイ)

総人口もしくは人口増加率が技術進歩(生産性向上)と正の関係を持つのであれば、わが国をはじめいくつかの先進諸国では、今後総人口の減少が見込まれ、したがって技術進歩率の低下をもたらすことになる。とりわけ、人口減少の速度や規模が他の先進諸国に比べ相対的に大きいとされるわが国では、経済成長の持続可能性を揺るがす問題となる<sup>\*1</sup>。こうした問題意識は1990年代の半ばから取りあげられており、さまざまな先行研究もある。ここでは、その簡単なサーベイを示しておきたい。

経済企画庁(1995)では、技術進歩と労働力人口の関係を、以下の三つの効果に整理している。第一は規模の経済喪失効果で、労働力人口増加率が低下することにより集団的な力が低下するというものである。第二は創造性喪失効果として、労働力人口の減少とこれに伴う若年労働力の減少により、若年層が持つ創造性や積極性が全体として乏しくなるという影響である。第三は労働節約促進効果であり、技術進歩を含め労働力以外の生産要素を相対的に多く用いざるを得なくなり、その結果として技術進歩が促進されるというものである。以上を踏まえると、労働節約促進効果が規模の経済喪失効果と創造性喪失効果を上回れば、労働力人口の増加率が低下するほど生産性上昇率は高まるが、逆に労働節約促進効果の影響が小さければ、労働力人口増加率と生産性上昇率は正の相関を持つことになる。実証分析ではクロスカントリー・データを用いて両者の関係を計測しているが、労働力人口増加率が低下するほど生産性上昇率が高まると結論している。

その後、同様な計測も数多くなされている。八代(1999)では、先進8ヶ国の1980-91年における労働供給増加率とTFP上昇率の関係を計測し、両者に負の関係があることを示している。労働省(2000)では、日本を含む先進10ヶ国における両者の関係を計測し(1975-94年の平均値を利用)、労働力人口増加率とTFP上昇率の間に負の有意な関係を見出している。さらに、内閣府(2003)では、1981-2000年におけるOECD諸国のデータを用いたクロスカントリー分析を行い、就業者数増加率とTFP上昇率の間には緩やかな負の相関関係があると結論している。

一方、小黒・森下(2008)は人口規模と技術進歩の間の理論的な関係を詳細に分析した後、先進5ヶ国のパネル・データを用いて、TFP上昇率と総人口の間には正の関係があるとしている。この研究は、上記と異なり労働力人口増加率ではなく人口規模そのものを説明変数としている。

## (2) 実証分析のための理論設定

(人口規模が多いほど技術進歩が促される)

TFP 上昇率と人口規模との関係を検証するための理論モデルとして、以下のような仮説を提示する\*2。その骨子は Kuznetz(1960)や Simon(1977)などによる、「人口が多いほど潜在的なイノベータが多く、かつ多くの人口は知的交流を高め、専門性・分業を進め、これが技術進歩性を高める」とする見方である。同様に、Aghion and Howitt(1992)、Grossman and Helpman(1991)なども人口規模の増加とそれに伴う市場規模の拡大は研究開発のアウトプットを促進し、技術進歩につながるとした。その一方、人口の多いことは努力の重複をもたらすなど、技術進歩の効率性を損なう可能性があることも指摘している。

労働力人口を  $L$  とし、労働力のうち技術開発に携わる部分を  $L_A$ 、生産に従事する部分を  $L_Y$  とする。したがって、

$$L = L_Y + L_A \quad (1)$$

となる。 $L_A = L_A / L$  とすれば、生産活動に従事する労働力人口は

$$L_Y = (1 - \gamma_A)L \quad (2)$$

である。単純な生産関数を  $Y = AL_Y$  と仮定し ( $A$  は生産性)、一人当たり output を  $y$  とすると

$$y = A(1 - \gamma_A) \quad (3)$$

となる。

技術進歩率は労働力のうち技術開発に従事する人口が多いほど速くなると仮定し、また技術開発のための“コスト”を  $\mu$  とすると、次式のような関係が仮定される。

$$\dot{A} / A = L_A / \mu \quad (4)$$

ここで  $\mu$  は一定の技術進歩率を得るために必要な  $L_A$  の人口を与えるパラメータである。例えば、高齢化が進み、人口の中で新たな発想をもたらす集団が相対的に減少すれば  $\mu$  は上昇し、技術進歩率は低下すると考えられる。

上の式を書きなおすと  $\dot{A} = (\gamma_A / \mu)L$  であり、 $\gamma_A$  がコンスタントであると仮定すると  $\dot{y} = \dot{A}$  から

$$\dot{y} = \dot{A} = (\gamma_A / \mu)L \quad (5)$$

となる。

これから、人口総数が多いほど労働力人口も多く、技術進歩率も高くなる。ただし、高齢化などにより技術開発のコストが高まれば技術進歩率は低下する。

ただし、この事実が過去の歴史的事実を述べているとは限らない。すなわち人口が多い国ほど一人当たり所得が高いということは必ずしも言えない。その背景には技術の伝播があり、他国からの技術導入が進みやすいほど技術進歩率は高くなる。実証分析では他国からの技術の導入の代理指標を説明変数として組み込む必要も考えられる。

以下では、ここで示した人口と技術進歩（生産性）上昇率の関係の検証を行う。最

初に OECD 諸国のパネル・データを用いた分析を行い、その後、わが国の時系列データを用いた計測結果を紹介する\*3。

## 2. OECD パネル・データによる実証分析

OECD パネル・データを用いて、人口規模や人口増加率と生産性上昇率(MFP 上昇率)との関係を検証する。最初にデータの概要等を示し、その後実証分析の結果を紹介する。

### (1) データ

#### ■データの出所

##### (OECD データの活用と MFP の定義)

実証分析では OECD が公表している MFP (多要素生産性) を用いる。OECD の MFP は、2007 年に公表されたデータベース” MFP based on Harmonized Price Indices for ICT Capital Goods, Capital Input, Cost Shares, Total factor Input”を利用した。このデータベースには、OECD 加盟 19 ヶ国に関して MFP を 1985 年から 2007 年にかけて計測した結果が掲載されている。ただし、このデータベースには欠落した年次やこの期間に新たに OECD に加盟した国もあり、19 ヶ国のバランスしたパネル・データとなっていない\*4。

MFP は、アウトプット (Q) の変化率とインプットの変化率 (X) との差として定義される。具体的には(6)式で定義される。

$$\ln(MFP_t / MFP_{t-1}) = \ln(Q_t / Q_{t-1}) - \ln(X_t / X_{t-1}) \quad (6)$$

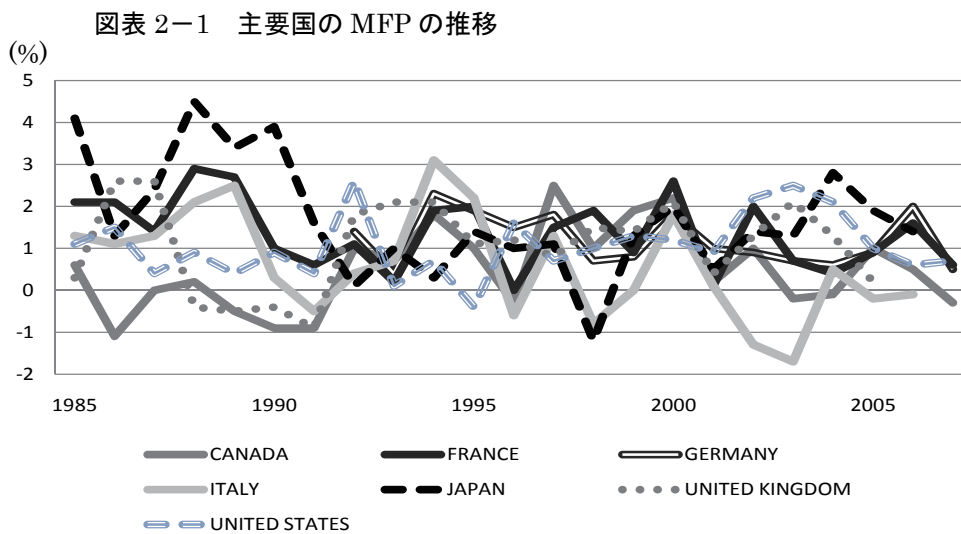
ここで、アウトプットの指標は OECD Annual National Accounts による実質国内総生産であり、インプットは労働力と 7 種類に分類された資本ストックである。一般的な TFP(全要素生産性)との違いは、資本ストックを 7 分類にしていることにある\*5。

以下の実証分析では MFP に加え、OECD が提供するデータベースをもとに作成した労働生産性の指標も併せて使用する。労働生産性は、労働投入量単位当たりの GDP 水準であり、その増加率を計算して MFP に代替する技術進歩の指標とした。これは OECD の” Annual National Accounts”で公表される各国の GDP をもとに、同じく OECD の” Labour Force Statistics”から労働力人口を求めて計算したものである。労働生産性は OECD 加盟国のうち 29 ヶ国について計測されているが、一部欠落しているものもあり、MFP 同様バランスしたパネル・データにはならない\*6。また、総人口や 65 歳以上人口比率などのデータに関しても OECD の” Labour Force Statistics”から得たものである。なお、労働力人口や総人口を用いる場合は対数に変換をしている。

## ■ MFP の各国比較

(MFP の各国比較では日本が最も高かった)

図表 2-1 は、主要 7 ヶ国 (カナダ、フランス、ドイツ、イタリア、日本、イギリス、アメリカ) を対象として MFP の推移を示したものである。計測されている期間を平均して、7 ヶ国の中で最も TFP の上昇率が高かったのは日本 (1985-2006 年) の 1.70%、次いでフランス (1985-2007 年) 1.36%、ドイツ (1992-2007 年) 1.20% などであり、カナダ (1985-2007 年) が 0.49% と MFP の増加率は最も低かった。なお、アメリカ (1985-2007 年) は 1.06% であった。



出所：OECD (2007)

## (2) 実証分析の結果

OECD のパネル・データを用いて、前章で示した仮説の検証を行う。

### ■ MFP に関する実証分析の結果①

(OECD19 ヶ国ケースでの実証分析では人口と技術進歩には正の関係がある)

OECD19 ヶ国を対象に、技術進歩の代理変数としての MFP 上昇率に関するパネル回帰の結果を示したものが図表 2-2 である。説明変数としては前章 2 節で示した理論設定から総人口を軸として、高齢化比率、経済開放度および人口増加率を採用した。このうち高齢化比率は技術開発のコストの代理変数であり、総人口に占める 65 歳以上人口の割合とした。また、経済開放度は他国との技術交流を表す代理変数であり、輸出と輸入の合計額が GDP に占める比率である。

推定に関してはプーリング・モデルと変量効果モデルを用いている\*7。ケース(1-1)では MFP を総人口の上にプーリング回帰し、またケース(1-2)では同様に変量効果モデルで推定を行っているが、推定されたパラメータはそれぞれ  $-0.288$ 、 $-0.254$  と負で有意な値となり、上記仮説は支持されない結果であった。さらに、高齢化比率を加えたケース(2-1)、(2-2)においても総人口のパラメータは  $-0.163$ 、 $-0.037$  と負と

なり、かつ有意な結果が得られていない。なお、高齢化比率は-0.06、-0.095 と負の値をとり、想定どおりの結果であった。

図表 2-2 MFP 上昇率に対する人口などの影響—OECD19ヶ国の効果

モデル	(1-1)	(1-2)	(2-1)	(2-2)	(3-1)	(3-2)	(4-1)	(4-2)	(5-1)	(5-2)
	OECD 19ヶ国									
	プール	変量効果	プール	変量効果	プール	変量効果	プール	変量効果	プール	変量効果
定数項	2.410 (0.55)	2.229 (1.29)	2.651 (4.69)	2.550 (1.89)	-0.080 (-0.09)	-0.601 (-0.38)	1.326 (12.6)	1.326 (7.01)	0.377 (0.82)	-0.591 (-0.36)
総人口	<b>-0.288</b> (-2.27)	<b>-0.254</b> (-0.851)	<b>-0.163</b> (-1.18)	<b>-0.037</b> (-0.12)	<b>0.398</b> (2.196)	<b>0.582</b> (1.613)			<b>0.423</b> (2.36)	<b>0.661</b> (1.81)
高齢化比率			-0.060 (-2.29)	-0.095 (-2.40)	-0.097 (-3.61)	-0.133 (-3.26)			-0.121 (-4.36)	-0.148 (-3.61)
経済開放度					1.192 (4.56)	1.450 (3.25)			1.177 (4.55)	1.609 (3.58)
人口増加率							-0.262 (-2.03)	-0.316 (-2.06)	-0.404 (-3.01)	-0.416 (-2.66)
R <sup>2</sup>	0.010	0.002	0.012	0.017	0.081	0.038	0.011	0.012	0.105	0.065
s.e.	1.334	1.184	1.180	1.180	1.302	1.169	1.336	1.177	1.287	1.158
サンプル数	369	369	361	361	357	357	369	369	357	357

注 1)被説明変数は MFP である。

2)括弧内は t 値である。

3)データベースには欠損値がある、不完備パネルである。

4)推定期間は 1985-2007 年である。

MFP の決定要因を考慮すると、説明変数の選択において十分なコントロールがなされていない可能性がある。そこで、ケース(3-1)、(3-2)では経済開放度を説明変数に加えて推定を行った\*8。プーリング・モデルによるケース(3-1)では総人口のパラメータは 0.398 と正の値となり、また p 値は 0.03 と有意であった。変量効果モデルであるケース(3-2)においても総人口のパラメータ 0.582 と正の値をとっている。ただし、p 値は 0.107 と有意な結果とはならなかった。一方、ケース(3-2)における高齢化比率は-0.133、また経済開放度は 1.450 でありいずれも有意であった。このことから、総人口、高齢化比率、経済開放度に関しては、いずれも上記の仮説を支持する結果が得られたと考えることができる。

ケース(4-1)、(4-2)は MFP を人口増加率で説明したケースである。1.2 では、技術進歩率と人口増加率の間には正の関係があるとしたが、推定結果を見るとケース(4-1)では-0.262、(4-2)では-0.316 といずれも負で有意な値をとっており、仮説は支持されない結果となった。

最後にケース(5-1)、(5-2)は以上の説明変数をすべて加えて推定した結果である。プーリング回帰を行ったケース(5-1)では総人口のパラメータは 0.423 と正であり、p 値も 0.019 と有意であった。変量効果モデルで推定したケース(5-2)においても総人口のパラメータは 0.661 と正の値をとっている。その他、ケース(5-2)では高齢化比率は-0.148、経済開放度は 1.609 と想定どおりの符号条件が得られ、また人口増加率は-0.416 と有意な負の値が推定された。

## ■MFPに関する実証分析の結果②

(G10 諸国ケースでの実証分析でも人口と技術進歩には正の関係がある)

これまでの結果は MFP が計測された OECD19 ケ国を対象としたものであるが、この中から経済規模の大きな 10 ケ国 (カナダ、フランス、ドイツ、イタリア、日本、スペイン、スウェーデン、スイス、イギリス、アメリカ) を選んで同様の推定を行った結果が図表 2-3 である\*9。

図表 2-3 MFP 上昇率に対する人口などの影響—G10 の結果

モデル	(6-1)	(6-2)	(7-1)	(7-2)	(8-1)	(8-2)	(9-1)	(9-2)	(10-1)	(10-2)
	OECD Large10カ国									
	プール	変量効果	プール	変量効果	プール	変量効果	プール	変量効果	プール	変量効果
定数項	-0.766 (-0.97)	-0.945 (-0.65)	-0.786 (-1.00)	-1.150 (-0.74)	-3.127 (-1.89)	-7.628 (-3.30)	1.189 (9.97)	1.117 (6.25)	-4.009 (-2.51)	-6.202 (-3.22)
総人口	<b>0.370</b> (2.20)	<b>0.406</b> (1.31)	<b>0.549</b> (2.95)	<b>0.753</b> (2.15)	<b>0.984</b> (3.04)	<b>1.979</b> (4.14)			<b>1.374</b> (4.25)	<b>1.773</b> (4.51)
高齢化比率			-0.061 (-2.19)	-0.104 (-2.89)	-0.076 (-2.64)	-0.165 (-4.22)			-0.132 (-4.33)	-0.153 (-4.38)
経済開放度					1.038 (1.58)	3.005 (3.81)			1.514 (2.37)	2.456 (3.40)
人口増加率							-0.403 (-2.41)	-0.309 (-1.49)	-0.754 (-4.25)	-0.552 (-2.89)
R <sup>2</sup>	0.020	0.010	0.046	0.046	0.061	0.097	0.028	0.011	0.140	0.124
s.e.	1.083	1.026	1.072	1.005	1.069	0.974	1.080	1.026	1.025	0.986
サンプル数	203	203	203	203	201	201	203	203	201	201

注 1)被説明変数は MFP である。

2)括弧内は t 値である。

3)データベースには欠損値がある、不完備パネルである。

4)推定期間は 1985-2007 年である。

MFP に対して総人口のみを説明変数としたケース(6-1)、(6-2)では、図表 2-2 の結果と異なり、いずれも正の値が得られている。プーリング回帰を行ったケース(6-1)では総人口のパラメータは 0.370 であり p 値は 0.029 と 5%水準で有意であった。しかし、変量効果モデルによるケース(6-2)では 0.406 と正の値を得たが p 値は 0.193 と有意な結果とはならなかった。

ケース(7-1)、(7-2)は高齢化比率を含めたものであり、総人口のパラメータはそれぞれ 0.549、0.753 と正の値をとり、かつ両者とも 5%水準で有意であった。なお、高齢化比率はそれぞれ -0.061、-0.104 と負の値が計測されている。ケース(8-1)、(8-2)は以上に経済開放度を加えた結果である。総人口に対するパラメータはいずれも正であり、高齢化比率は負、また経済開放度は正のパラメータが得られ、仮説は支持される結果となっている。

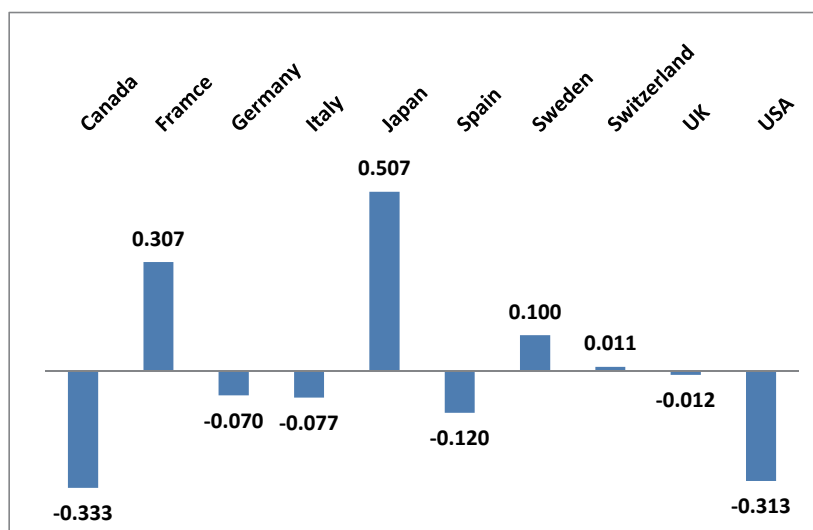
ケース(9-1)と(9-2)は MFP を人口増加率で説明した結果であるが、図表 2-2 の結果と同様に負の値が得られ、理論モデルで示した仮説 3 は支持されない結果となっている。ケース(10-1)と(10-2)は以上の変数をすべて加えて推定を行ったものである。総人口のパラメータはそれぞれ 1.374、1.773 と正の値をとり、かつ有意であった。

以上の結果を踏まえると、MFP に対して総人口はおおむね正のパラメータを有しており、その結果、第 1 章 2 節で示した人口規模と技術進歩の正の関係が確認されたことになる。すなわち、Kuznetz(1960)や Aghion and Howitt(1992)などの見方が支持さ

れるということになる。

なお、図表 2-4 は図表 2-3 のケース(10-2)の推定結果をもとに、10ヶ国のクロスセクション効果の大きさを比較したものである。クロスセクション効果が最も大きかったのは日本で 0.507 であり、次いでフランスが 0.307、スウェーデンが 0.100、スイスが 0.01 であった。

図表 2-4 クロスセクション効果 (10-2) ケース



### ■MFPに関する実証分析の結果③

(労働力人口と技術進歩の間にも正の関係がある)

以上の結果は MFP の説明変数として総人口と人口増加率を用いたものであるが、労働力人口とその増加率に置き換えた場合はどうであろうか\*10。その結果を示したものが図表 2-5 である。なお、すべて変量効果モデルによって推定を行った。

OECD19ヶ国を対象とした場合、MFP の説明変数が労働力人口および労働力人口と高齢化比率のみのケースでは、図表 2-2 と同様に労働力人口のパラメータは負の値となっている (ケース(1-3)、(2-3))。しかしこれに経済開放度を加えたケース(3-3)と(5-3)ではそれぞれ 0.427、0.490 と正の値が得られている。ただし、いずれも有意な結果となっていない。経済開放度に関してはそれぞれ 1.353、1.501 と正でかつ有



図表 2-5 MFP 上昇率に対する労働力人口などの影響

	(1-3)	(2-3)	(3-3)	(5-3)	(6-3)	(7-3)	(8-3)	(10-3)
	OECD 19カ国				OECD Large10カ国			
定数項	2.586 (2.17)	2.967 (2.38)	0.186 (0.123)	-0.026 (-0.02)	-0.681 (-0.49)	-0.701 (-0.48)	-6.269 (-2.88)	-6.077 (-3.20)
労働力人口	<b>-0.364</b> (-1.23)	<b>-0.159</b> (-0.49)	<b>0.427</b> (1.186)	<b>0.490</b> (1.307)	<b>0.374</b> (1.19)	<b>0.689</b> (1.94)	<b>1.809</b> (3.77)	<b>1.744</b> (4.24)
高齢化比率		-0.091 (-2.30)	-0.126 (-3.13)	-0.132 (-3.22)		-0.099 (-2.74)	-0.152 (-4.02)	-0.130 (-3.85)
経済開放度			1.353 (3.06)	1.501 (3.21)			2.738 (3.55)	2.559 (3.45)
労働力人口増加率				-0.066 (-1.04)				-0.146 (-1.92)
R <sup>2</sup>	0.004	0.018	0.042	0.045	0.007	0.042	0.097	0.096
s.e.	1.183	1.179	1.170	1.168	1.028	1.008	0.981	0.998
サンプル数	369	361	357	357	203	203	201	201

注 1)すべて変量効果モデルによる推定である。

2)被説明変数は MFP である。

3)括弧内は t 値である。

4)データベースには欠損値がある、不完備パネルである。

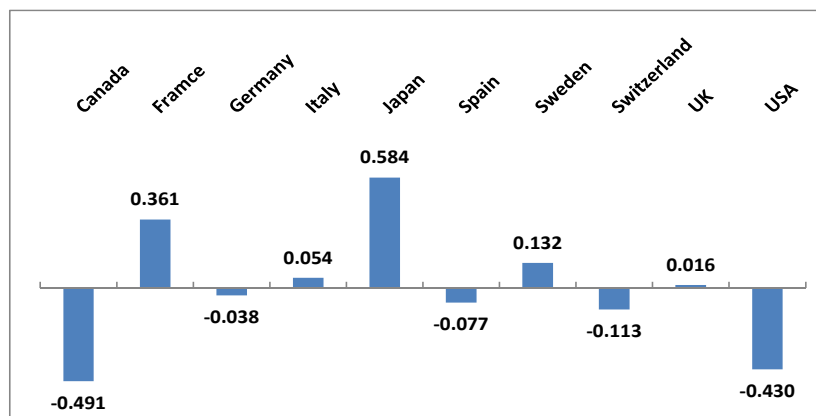
5)推定期間は 1985-2007 年である。

意な値が得られ、ケース(5-3)に加えた労働力人口増加率は-0.066 と負の値が計測された。

規模の大きな 10 ヶ国を対象とした推定ではすべてのケースにおいて労働力人口のパラメータは正の値となっている。ケース(8-3)では総人口の係数は 1.809 であり、かつ有意な値であった。また、高齢化比率は-0.152 と負、経済開放度は 2.738 と正であり、いずれも有意な値が得られた。ケース(10-3)はこれに労働力人口増加率を加えた推定であるが、そのパラメータは-0.146 と負であった。労働力人口増加率以外の説明変数に関しては、ケース(8-3)とほとんど違いはない。

図表 2-6 は図表 2-4 と同様に、ケース(10-3)に関して 10 ヶ国のクロスセクション効果の大きさを示したものである。最もクロスセクション効果が大きかったのは同じく日本で 0.584、次いでフランス 0.361、スウェーデン 0.132 と続いている。

図表 2-6 クロスセクション効果 (10-3) ケース



## ■労働生産性に関する実証分析の結果

(MFP 上昇率を労働生産性に置き換えても同様な結論となる)

以上の分析は MFP 上昇率を被説明変数としてきたものであるが、生産性の定義を変更して労働生産性を対象とした場合についても計測を試みている。図表 2-7 はその結果を整理したものである。

OECD19ヶ国を対象に総人口で労働生産性を説明した結果、ケース(1-4)とケース(2-4)では労働力人口のパラメータは負となり、また有意ではなかった。さらに高齢化比率や経済開放度を加えて推定したケース(3-4)、ケース(5-4)では労働力人口の係数は正となったものの有意ではなく、上記仮説を支持する結果を得ることはできなかった。

一方、経済規模の大きな 10ヶ国を対象とした場合についてはおおむね上記仮説を支持する結果が得られている。ケース(7-4)では労働力人口と高齢化比率を説明変数としているが、その推定されたパラメータはそれぞれ 0.989、-0.145 であり、いずれも有意であった。労働力人口の規模は労働生産性に対して正の関係を有していることになる。ケース(8-4)ではこれに経済開放度を、またケース(10-4)ではさらに労働力人口増加率を加えている。労働力人口に対する推定されたパラメータはそれぞれ 1.413、1.924 と正で有意なものとなっている。

図表 2-7 労働生産性に対する労働力人口などの影響

	(1-4)	(2-4)	(3-4)	(5-4)	(6-4)	(7-4)	(8-4)	(10-4)
	OECD 19カ国				OECD Large10カ国			
定数項	3.214 (2.58)	4.059 (3.09)	3.230 (2.17)	3.300 (2.26)	-0.514 (-0.31)	-0.621 (-0.34)	-2.543 (-0.96)	-4.627 (-1.94)
労働力人口	<b>-0.249</b> (-0.78)	<b>-0.161</b> (-0.49)	<b>0.002</b> (0.01)	<b>0.040</b> (0.117)	<b>0.510</b> (1.341)	<b>0.989</b> (2.26)	<b>1.413</b> (2.37)	<b>1.924</b> (3.59)
高齢化比率		-0.095 (-2.22)	-0.105 (-2.37)	-0.122 (-2.78)		-0.145 (-3.55)	-0.174 (-3.69)	-0.203 (-4.72)
経済開放度			0.396 -1.010	0.700 (1.79)			0.923 (1.01)	2.108 (2.48)
労働力人口増加率				-0.236 (-4.92)				-0.429 (-5.93)
R <sup>2</sup>	0.001	0.009	0.011	0.051	0.008	0.059	0.064	0.187
s.e.	1.732	1.739	1.750	1.713	1.255	1.220	1.224	1.133
サンプル数	611	611	578	577	230	224	220	219

注 1)すべて変量効果モデルによる推定である。

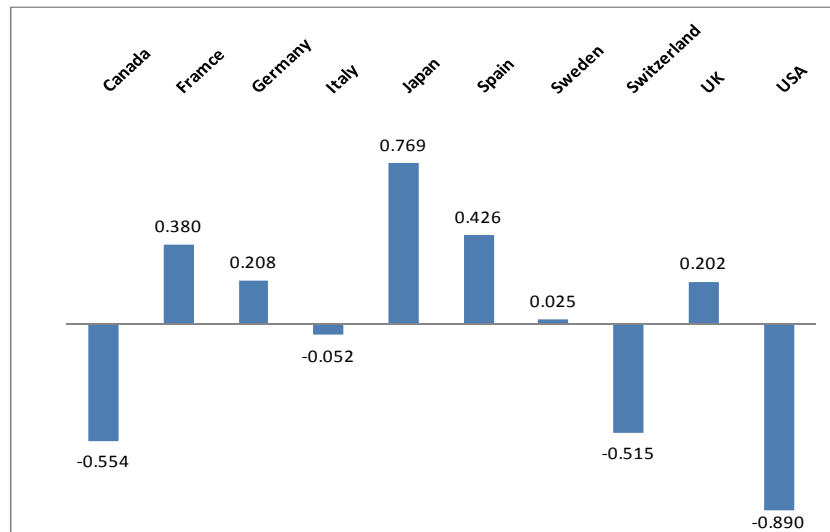
2)被説明変数は労働生産性である。

3)括弧内は t 値である。

4)データベースには欠損値がある、不完備パネルである。

5)推定期間は 1985-2007 年である。

図表 2-8 クロスセクション効果 (10-4) ケース



図表 2-8 はケース(10-4)の推定結果を用いた場合のクロスセクション効果を示したものである。これによるとクロスセクション効果が最も大きかったのはやはり日本であり 0.769 であった。次いで、スペイン 0.426、フランス 0.380 などとなっている。

以上を整理すると、1.2 で示した理論設定にあるような、先進国を対象とした場合には、技術進歩と人口規模の間には正の関係があることがうかがわれる。すなわち、人口規模が大きいほど市場規模は大きく、知的交流も活発であり、また潜在的なイノベーターが多いなどといったクズネッツらによる仮説が支持されるということである。また、技術進歩のコストとされる高齢化比率は負の効果を、技術の伝播の代理変数である経済開放度は正の効果を技術進歩に対して有していることも、おおむね認められる結果が得られた。

### 3. わが国の時系列データからの検証

先進国のパネル・データによる検証では、人口規模と技術進歩との間に正の関係が見られたが、わが国を対象とした場合にはこの結果は修正されることはなのだろうか。以下では、わが国の時系列データを対象として検証を行うこととしたい。

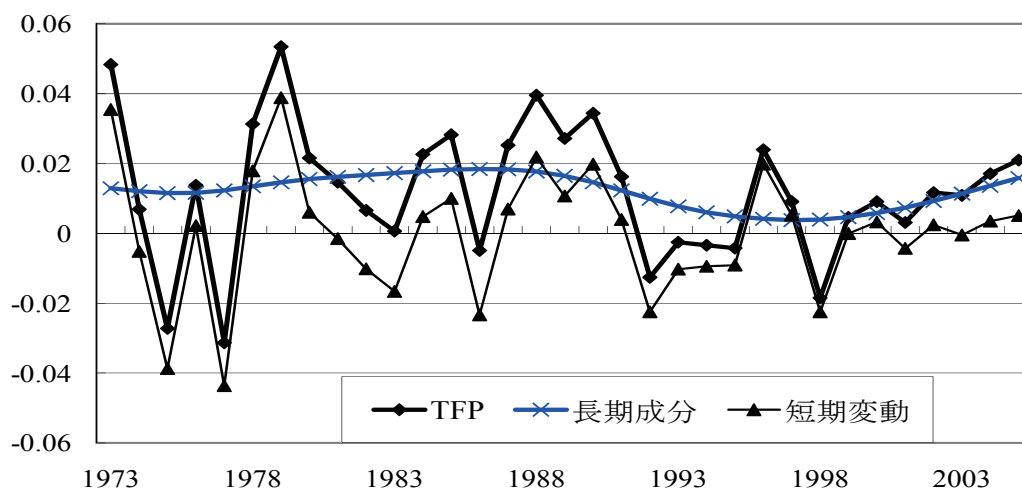
#### (1) データ

##### ■JIP データベースの TFP 上昇率

##### (JIP データによる TFP 上昇率の推移と特徴)

以下では、技術進歩の代理変数として JIP データベースにあるマクロ経済全体の TFP 上昇率を利用した\*11。JIP データベース 2008 年版の TFP 上昇率は 1973~2005 年まで公表されており、サンプル数は 33 となる。

図表 2-9 JIP データの TFP 上昇率の推移と成分の分析 (HP フィルター)



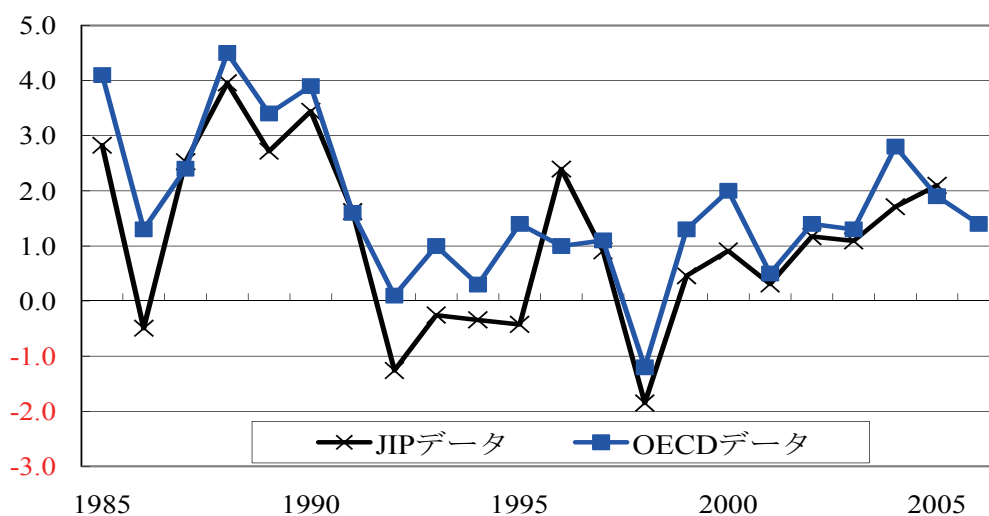
図表 2-9 は TFP 上昇率の推移とこれを HP フィルターによって長期成分と短期的変動に分解した結果を示したものである。長期成分の推移を見ると 1973 年から 1980 年代後半までは 2% 近い水準で安定的に推移していたが、1990 年代になると急速に低下し、90 年代後半では 0% 近辺まで落ち込み、その後 2000 年代に入ると再び上昇している。

### ■使用する変数と単位根検定

(使用する変数の定常性の検証)

図表 2-10 は 1985 年以降の JIP データベースの TFP 上昇率と 2. で使用した OECD の MFP 上昇率の推移を比較したものである。両者にはやや乖離があるものの、上昇局面と低下局面はほぼ共通であり、大きな違いは見られない。

図表 2-10 JIP データと OECD データの比較



1. (2) で提示した理論設定に基づき、わが国の時系列データから TFP 上昇率(TFP) に対する労働力人口(LG)の影響を検証する\*12。なお、コントロール変数として経済開放度(ROP)を使用する。この三つの変数の定常性を確認するため単位根検定を行った結果を示したものが図表 2-11 である。ちなみに、これらの変数のほかに 39 歳以下労働力人口（規模および労働力人口全体に対する比率）等の年齢効果に関する変数を加えたが、いずれも有意な結果を得ることはできなかった。

単位根検定では ADF 検定、DF-GLS 検定、および Ng-Perron 検定を行った。TFP 上昇率に関してはやや曖昧な結果はあるものの、三変数ともに単位根があるという帰無仮説を棄却できない\*13。この結果を踏まえ、以下では、三変数間の共和分関係を探り、共和分が存在する場合にはベクトル誤差修正モデルを推定して三者間の関係を探ることとしたい。

図表 2-11 単位根検定

推定式: 定数項のみ			
	ADF	DF-GLS	Ng-Perron
TFP	-2.571	-1.842	-0.929
lag次数	l=4	l=4	l=4
cv(5%)	-2.972	-1.953	-1.980
LG	-2.339	-0.789	-1.061
lag次数	l=1	l=2	l=2
cv(5%)	-2.954	-1.951	-1.980
ROP	-1.553	-1.487	-1.388
lag次数	l=0	l=0	l=0
cv(5%)	-2.954	-1.951	-1.980
推定式: 定数項+タイムトレンド			
	ADF	DF-GLS	Ng-Perron
TFP	-3.487	-3.929	-4.305
lag次数	l=4	l=4	l=4
cv(5%)	-3.581	-3.190	-2.910
LG	1.557	-0.850	-2.611
lag次数	l=0	l=1	l=1
cv(5%)	-3.553	-3.190	-2.910
ROP	-1.494	-1.597	-1.338
lag次数	l=0	l=0	l=0
cv(5%)	-3.553	-3.190	-2.910

注：ラグ次数の決定は Schwarz 情報量基準による。

検定期間は 1973～2005 である。

## (2) 共和分方程式の推定とインパルス応答関数

### ■ 共和分方程式の推定

(共和分関係の存在が棄却できず、人口と TFP 上昇率には正の関係がある)

TFP 上昇率、労働力人口の間の共和分関係、またこれに経済開放度を加えた三変数間の共和分関係が存在するかどうかを確認するため、ヨハンセンの共和分検定を行った。その結果を示したものが図表 2-12 である。

図表 2-12 の結果を見ると二変数のケース ((TFP 上昇率、LG)の組み合わせ) ではトレース検定における検定統計量は 20.99 であり、共和分がないとする帰無仮説を棄却する。しかしながら最大固有値検定では帰無仮説を棄却できていない。また、三変数のケース ((TFP 上昇率、LG、ROP)の組み合わせ) においてもトレース検定の検定統計量は 36.41 と共和分の存在を示すものの、最大固有値検定では同様に帰無仮説を棄却できなかった。以上の結果、やや曖昧な点は残るものの、それぞれのケースにおいて共和分関係が認められると考える。

共和分の存在を前提として、最尤法により共和分方程式の推定を行った結果が(7)、(8)式である (括弧内は t 値である)。

$$TFP = -1.254 + 0.113 \times LG \quad (7)$$

(-1.90) (1.89)

$$TFP = -2.762 + 0.240 \times LG + 0.469 \times ROP \quad (8)$$

(-3.32) (3.29) (3.22)

(7)、(8)式とも TFP 上昇率に対する労働力人口の影響は正であり、労働力人口規模は TFP 上昇率と正の関係を持つことになる。また経済開放度についても TFP 上昇率に対して正の効果を持ち、OECD パネル・データを用いた分析と整合的な結果が得られた。

図表 2-12 ヨハンセンの最尤法による共和分検定

(TFP, LG)						
共和分ベクトルの数	固有値	トレース	5% C.V.	最大固有値	5% C.V.	
0	0.308	<b>20.99</b>	20.26	<b>11.04</b>	15.89	
1	0.282	<b>9.95</b>	9.17	<b>9.95</b>	9.17	

---

(TFP, LG, ROP)						
共和分ベクトルの数	固有値	トレース	5% C.V.	最大固有値	5% C.V.	
0	0.482	<b>36.41</b>	35.19	<b>19.75</b>	22.30	
1	0.350	<b>16.66</b>	20.26	<b>12.93</b>	15.89	
2	0.117	<b>3.73</b>	9.16	<b>3.73</b>	9.16	

注：ラグ次数 (最尤法に用いた VAR の階差次数) はいずれも 2 である。

### ■インパルス応答関数の計測

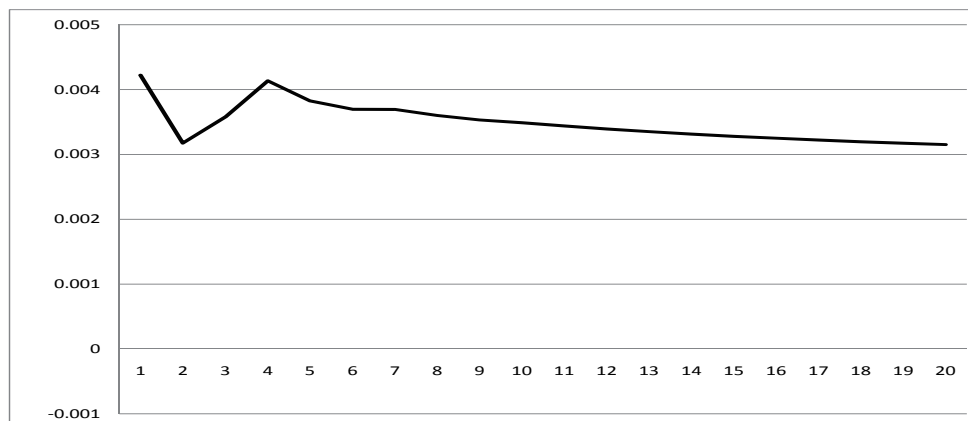
(人口に対するショックは TFP 上昇率を上昇させる)

上記の(7)、(8)式の共和分方程式をもとに、ベクトル誤差修正モデル (VEC モデル) を推定し、その結果からインパルス応答関数を計測した結果が図表 3-5、3-6 である。なおこの計測にあたっては、変数の並び順に影響されない一般化インパルス応答関数を求めている。

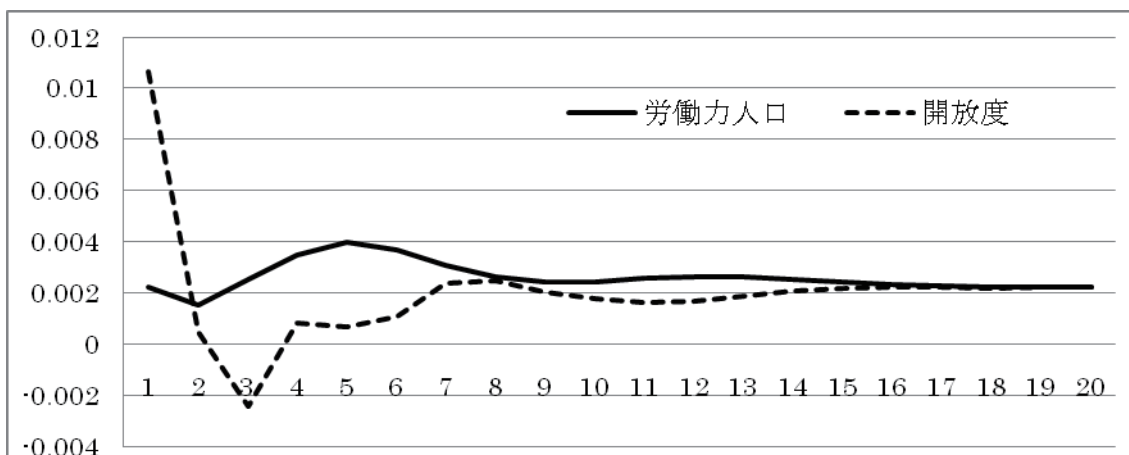
図表 2-13 は二変数の VEC モデルをもとに、労働力人口へのショックが TFP 上昇率に与える影響を示したものであり、図表 3-6 は三変数の VEC モデルから、労働力人口および経済開放度へのショックが TFP 上昇率に及ぼす影響を計測した結果である。いずれの場合においても労働力人口へのショックは TFP 上昇率に正の効果をもたらしている。また、図表 3-6 から経済開放度に対するショックは TFP 上昇率に対して、3 期目に負のインパクトがあるものの総じて正の効果を示している。

以上を踏まえると、わが国の時系列データをもとに、技術進歩（TFP 上昇率）に対する人口（労働力人口）規模の効果を見ると正の関係が見出される。このことは「労働力人口が多いほど技術進歩率も高くなる」という仮説を支持する証左であると考えることができる。

図表 2-13 TFP 上昇率のインパルス応答（二変数 VEC）



図表 2-14 TFP 上昇率のインパルス応答（三変数 VEC）



### （3）将来予測の試み

（マクロ全体では TFP の成長率は 1% 程度か）

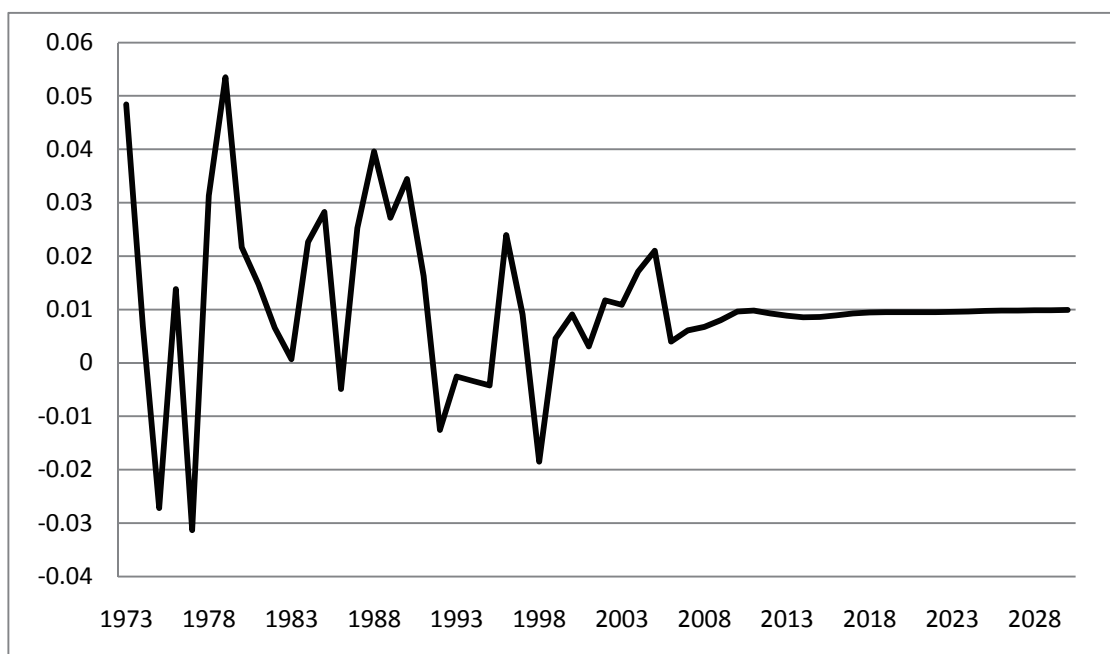
わが国の総人口は減少局面に入り、労働力人口もまた今後大きく減少することが予測されている。雇用政策研究会(2007)によれば現在（2008 年）の労働力人口 6,650 万人は、女性や高齢者などの労働市場への参加が進展しない場合には 2030 年には 5,584 万人にまで減少すると見込んでいる。また、女性や高齢者の労働市場への参入が進む場合においても 2030 年の労働力人口は 6,180 万人にまで減少するとしている。

こうした状況の中で TFP 上昇率は今後、どのような推移を示すだろうか。その手がかりとして、2030 年までの TFP 上昇率の将来予測を試みる。その方法として、以下

の二つの方法を考える。第一に、上記で推計を行った三変数 ((TFP 上昇率、LG、ROP) の組み合わせ) VEC モデルを将来について延長する方法である。これは将来の外生変数に関する特定のシナリオを設定せずに、定常状態にある TFP 上昇率の水準が計算することができる。第二の方法は、共和分方程式である(8)式を利用し、労働力人口(LG)、経済開放度(ROP)を外生変数として一定のシナリオを設定する方法である。

第一の VEC モデルを将来に延長した結果を示したものが図表 2-15 である。試算結果によると、2010 年以降、ほぼ TFP 上昇率は定常な水準で安定する。2020 年の TFP 上昇率の水準は 0.95%、また 2030 年の TFP 上昇率は 0.99%と計算されている。なお、VEC モデルから計算される 2030 年の労働力人口は 6,276 万人、経済開放度は 26.2%となる。したがって、TFP 上昇率はマクロ経済で見ると前年比およそ 1%成長がベースとなると見込まれる。

図表 2-15 2030 年までの TFP 上昇率の予測 (VEC モデル)



第二の方法は、労働力人口と経済開放度に関するシナリオを作成する方法である。労働力人口に関して、以下の三つのシナリオを設定した。なお、ケース 1~3 における経済開放度は 2002~2007 年平均値 27.3%としている。

ケース 1：2030 年の労働力人口は、雇用政策研究会(2007)を参考に 6,180 万人（女性や高齢者の労働市場への参入が進む場合）として、2008 年以降、直線的に推移すると想定。

ケース 2：2030 年の労働力人口は、雇用政策研究会(2007)を参考に 5,584 万人（女性や高齢者の労働市場への参入が進まない場合）として、2008 年以降、直線的に推移すると想定。

ケース 3：将来の労働力人口は、国立社会保障・人口問題研究所の将来人口予測（中位推計）の値に、1992 年以降の平均労働力率を乗じて作成。なお、2030 年の労働

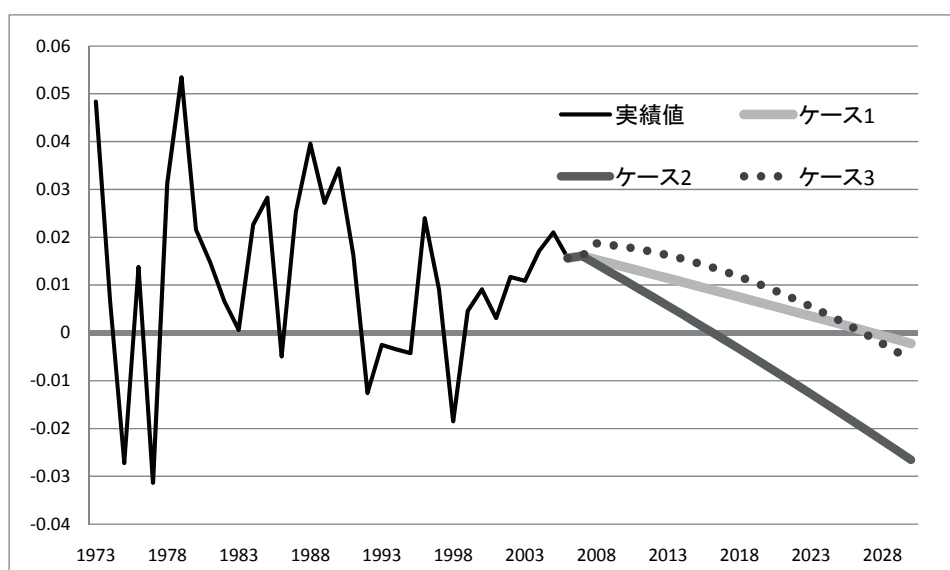


力人口は 6,091 万人になる。

以上のシナリオに沿って計算した結果を示したものが図表 2-16 である。2030 年頃にはいずれのケースにおいても TFP 上昇率はマイナスとなっている。最も労働力人口の多いケース 1 の 2030 年の TFP 上昇率は $-0.2\%$ 、次いでケース 3 が $-0.6\%$ であり、労働力人口が激減するケース 2 の TFP 上昇率は $-2.7\%$ に達すると試算された。

成長会計を前提とし、労働力人口の減少や資本ストック蓄積の鈍化が予想されるならば、今後 TFP 上昇率がマイナスで推移することは、潜在的な GDP 成長率もマイナスになる可能性が高いことを意味する。中長期的に見た成長戦略の重要性はますます高まることになる。

図表 2-16 2030 年までの TFP 上昇率の予測（外生モデル）



#### 4. 要約とインプリケーション

本稿の目的は人口と技術進歩の関係を探ることにあり、おおむね人口規模と技術進歩率（TFP 等）の間には正の関係が計測された。人口と技術進歩を巡る議論は多く、古くは Kuznetz(1960)から Kremer(1993)や Jones(2005)に至るまで多くの理論的研究がなされている。しかし、近年の先進国を対象とした実証分析の試みは少なく、検証を行う意味もあると考える。

2002 年の Hayashi and Prescott 論文以降、わが国においても生産性と経済成長を巡る議論は活発になり、JIP データベースなどの開発も行われている。しかし生産性に関わる研究の対象の中心は R&D や IT 投資などであり、人口や人口成長との関連は重視されてこなかった。今後、人口減少が本格化する中で、人口と技術進歩との関係はさらに重要な研究対象になると考える。

さらに、技術進歩は人口規模や人口成長だけに依存するのではないことは明らかで

ある。技術進歩の代理変数として使用した TFP についても、計測の方法や、生産要素等の分配状況、労働や資本ストックの質の向上との関連などのさまざまな要因とも関連している。こうした点を考慮すれば、本稿での技術進歩の取り扱いは十分ではないであろう。こうした課題については今後さらなる改善を行う必要がある。

最後に、実証研究の結果を踏まえて、今後のわが国の持続的な成長に対するインプリケーションを考えておきたい。

今まで示してきたように、人口や労働力人口の規模と言ったボリュームが技術進歩を支える必要の要素であるならば、人口減少の進行は潜在的な成長エンジンの出力を弱めることになる。もちろん経済成長は技術進歩だけで決定されるわけではないし、人口のボリュームだけで技術進歩が決定されるわけでもない。しかし持続的に、そして趨勢的な成長力を維持するには、何らかの方策を講じる必要がある。そこには二つの方向性が考えられる。

第一は、人口・家族政策によるボリューム補填策である。これには出生率回復政策と移民政策の二点がある。出生率回復政策は重要であるが、しかしその効果の程度や効果が現れる時期（少なくとも出生率が回復してから、労働力人口として市場に登場するまで 20~25 年かかる）を考えると即効性は期待できない。もうひとつの移民政策については、不足する労働力を、技能を持つ移民によってカバーすると言うものであるが、生活・文化面の諸課題やドイツ・フランスなどの移民先進国の事例を十分に検討する必要があるだろう。

第二は、積極的な技術進歩向上政策である。もちろん、そのためには人的資本の高度化を含め、教育・技能等の経験を深めることが求められるが、同時に多くの知的交流が行えるような環境作りなども整備する必要があるだろう。グローバル化の一層の進行は、知的交流を促し、また技術の伝播にも寄与する。市場を開放し、広くかつ多くの人的・物的交流を進めることを通じた技術進歩向上策を真剣に考える時期にあるのではないか。このことはまた、移民政策とも関連して検討を行う必要があるだろう。

## 【注】

\*1 国連の 2006 年人口予測によれば、2005 年から 2050 年までの年平均人口増加率は日本が -0.49% であるのに対し、イタリア -0.16%、ドイツ -0.24%、韓国 -0.27% であり、またアメリカは 0.66%、イギリスは 0.29% の人口増加となる。

\*2 理論的な展開として、Kremer(1993)、Barro and Sala-i-Martin(2003)、Jones(2005)などが参考になる。

\*3 以下では技術進歩の上昇率として TFP（あるいは MFP）上昇率を用いる。なお、TFP 上昇率のみが生産性上昇率示すのではない。こうした点については宮川(2006)などを参照。

\*4 MFP は国際比較を行うために用意されたものであり、国ごとの MFP の作成にあたっては OECD の推計データが必ずしも最も適切なものではないとの留意がなされている。

\*5 ただし、後でみるようにわが国の場合、JIP データによる TFP 計測値と大きな違いはない。

\*6 労働生産性の増加率のみを取り上げることから、国際比較でしばしば問題となる為替レートの調整は不要である。

\*7 対象とする国の人口規模等は大きく異なり、クロスセクション・ダミーを加えただけでは国別の効果を十分に扱えないことや、固定効果モデルでの計測結果が不安定であることから GLS 推定に基づく変量効果モデルを採用した。

\*8 投資の対 GDP 比率などについても考慮したが有意な結果が得られなかった。

- \*9 経済規模のほか、欠損値の有無についても考慮して選択した。
- \*10 理論モデルでは一般に総人口と労働力人口は区別されないが、現実にはその規模や増加率には違いがある。わが国の場合、労働力人口は既に 1990 年代後半から減少傾向にある。
- \*11 JIP データベースは、(独) 経済産業研究所の「産業・企業生産性」プロジェクトが公表しているもので、ここでは「日本産業生産性データベース 2008 年版」を利用した。
- \*12 OECD パネル・データによる分析同様、対数に変換している。
- \*13 1 階の階差を取った変数は定常であることを確認している。

## 【参考文献】

- 小黒一正・森下昌浩(2008)、「人口減少の罨は脱出できるか?」、貝塚啓明・財務省財務総合政策研究所編、『人口減少社会の社会保障制度改革の研究』、中央経済社。
- 経済企画庁編(1995)『平成 7 年版経済白書』。
- 内閣府編(2003)『平成 15 年版経済財政白書』。
- 宮川努(2006)、「生産性の経済学—我々の理解はどこまで進んだか—」、日本銀行ワーキングペーパーシリーズ、No.06-J-06
- 八代尚宏(1999)、『少子・高齢化の経済学』、東洋経済新報社。
- 労働省編(2000)『平成 12 年版労働白書』
- Aghion, Philippe, and Peter Howitt(1992), "A Model of Growth Through Creative Destruction," *Econometrica*, Vol.LX, pp.323-52.
- Barro, Robert, and Xavier Sala-i-Martin(2003), *Economic Growth 2<sup>nd</sup>.ed.*, The MIT Press.
- Grossman, Gene, and Elhanan Helpman(1991), *Innovation and Growth in the Global Economy*, MIT Press.
- Jones, Charles(2005), "Growth and Ideas," in *Handbook of Economic Growth*, Vol.1B. eds. by Philippe Aghion and Steven N. Durlauf, Elsevier B.V.
- Kremer, Michael(1993)," Population Growth and Technological Change: One Million B.C. to 1990," *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 108, pp. 681-716.
- Kuznets, Simon(1960), "Population Change and Aggregate Output," in *Demographic and Economic Change in Developed Countries*, Princeton University Press.
- Lee, Ronald(1988), "Induced Population Growth and Induced Technological Progress: Their Interaction in the Accelerating Stage," *Mathematical Population Studies*, Vol.I, pp.265-88.
- Simon, Julian(1977), *The Economics of Population Growth*, Princeton University Press.