【論　説】

一般的技能と技術特殊的技能の補完性，離散的技術選択，および経済成長*

四　谷　晃　一

1　は　じ　め　に

労働者の持つ人的資本（技能）は生産技術や生産設備との関連から多元的に捉えられる．特に，古くはNelson and Phelps（1966），Schultz（1975）が強調するように，教育は技術変化等の労働環境の変化に対する適応能力を得る上で重要な役割を果たす．この主張に依拠して，生産環境の変化に対する適応性，移転性の観点から，教育を通じて形成される一般的技能は経験によって蓄積される企業（技術）特殊的技能と区別して考えることができる．

Maki et al.（2005）は上の観点から労働者の技能を二つに類型化し，両技能に対する蓄積行動と経済成長との関係を分析した研究の一つである．彼らは労働者が将来ある外生的確率で職場環境の変化に直面し企業特殊的技能を失う危険に晒されている状況を想定する．そして一般的技能投資をこのリスクに対する危険回避行動と位置付ける．将来経済の生産性が高いと見込まれる場合には，労働者は企業特殊的技能と代替的な一般的技能の蓄積に励み，将来職場環境が変化しても高い労働生産性を維持し続けようとする．この結果，もし一般的技能蓄積が経済の生産性に正の効果を持つならば，労働者の当該技能に対する投資間に戦略的補完関係が生じる．彼らはこの理由により経済成長の罠が生じ得ることを指摘し，企業特殊的技能に友好的な環境は長期的成長には望ましくな

＊本論文の作成にあたって，平成 14 年度私立大学等経常費補助金特別補助高度化推進特別経費大学院重点特別経費（研究科分）の助成を受けた．

いことを示している．宮崎・四谷・槙（2005）では Maki et al. のモデルにおいて企業特殊的技能に対するリスクの源泉を（偏向型）技術進歩に集中し，リスクの度合いを技術進歩率の増加関数として内生化したうえで同種の結果が得られることを示している[1)]．

同様の観点から技能を類型化し，マクロ経済に関する諸問題に接近している理論研究は他にも存在する．例えば Helpman and Rangel（1999）はこれら二種類の技能に対する投資の相互作用を用いて一般目的技術の普及，浸透メカニズムを説明している．彼らは，労働者が経験を通じて技術特殊的技能を形成する枠組みにおいて，（生産技術と教育が補完性を持つ場合）新技術への移行には追加的な教育投資による適応能力の向上が要求されると仮定する．この教育投資による労働からの離脱により，新技術導入の際経済の労働力は一時的に急減する．このことにより彼らのモデルでは，経済は一般目的技術の普及の初期段階で一時的な減速を経験する[2,3)]．

Gould et al.（2001）は汎用性の異なる両技能に対する投資行動が近年の学歴間，同学歴内での所得格差の拡大を理解するうえで重要であると主張する．彼らは多部門モデルにおいて，技術特殊的技能を陳腐化する技術進歩の浸透率が各部

1）Redding（1996）もまた技術と（一般的）技能の補完性に注目し経済成長の罠の可能性を示している．彼は Aghion and Howitt（1992），Grossman and Helpman（1991）の定式化に習って技術進歩を内生化し，企業の R & D 投資と労働者の教育投資間の戦略的補完関係より複数均衡が生じることを示している．しかしながら，彼のモデルでは労働者の人的資本は一元的に捉えられており，技能の多元性との関連については分析が捨象されている．

2）他にもAghion et al.（2002）では一般目的技術の浸透過程における所得の不平等度の変遷について分析がなされている．一般目的技術の普及，浸透メカニズムに関する他の解釈や詳細な議論については Helpman (ed.)（1998）を参照されたい．

3）技術の変遷を労働者の技能蓄積と関連付けた研究は他にもある．しかしそれらの殆どは技能を技術特殊的なものとして差別化しているものの，一般的技能の果たす役割については言及されていない．例えば Jovanovic and Nyarko（1996）のビンテージモデルでは，技術を更新することによる便益と技術特殊的技能を失うことによる損失とを考慮した技術選択の結果，新技術が導入される周期と経済成長率が決まる．彼らは，初期技能水準が低いほど技術更新による純便益が大きいため，活発な技術更新とともに高い経済成長率を達成し得ること，また既存技術に対する豊富な経験の蓄積は技術の固定化（technological lock-in）による経済の停滞を引き起こし得ることを示している．また Redding（2002）は経験による既存の基礎技術に対する知識の向上を二次的な技術革新（secondary innovation）と位置付ける．彼は新しい基礎技術の発明が R&D 活動の結果内生的に生起するモデルを構築した上で Jovanovic and Nyarko と類似の結果を得ている．

門でランダムに決まる状況を想定する．そしてMaki et al.（2005）と同様一般的技能（教育）投資をこの浸透率の不確実性に対する一種の危険回避行動として定式化している．彼らは技術進歩率と浸透率の分散の上昇が一般的技能（教育）投資を喚起することを指摘し，学歴間不平等は技術進歩率とともに，また同学歴内での不平等は浸透率の分散とともに拡大することを示している[4)]．

他にも，Krueger and Kumar（2004）は政府が職業訓練教育と一般教育のどちらを重点的に補助すべきかを新技術の導入，普及の観点から検討している．彼らは一般教育課程への進学を選択する者の数と企業の新技術導入の速度が補完関係にあることを示し，技術フロンティアが急速に拡大している局面では一般教育の補助を強化することが望ましいという結果を得ている．

Maki et al.（2005）をはじめとした以上の研究で共通しているのは，一般的技能を技術（企業）特殊的技能と対立する概念として定式化している点である．Maki et al. は両技能を代替的な生産要素として扱い，労働者の選択によりいずれの技能が使用されるかが決まると考えている．同様にGould et al.（2001），Krueger and Kumar（2004）のモデルでも，労働者はどちらかの技能にのみ頼って生産を行うよう設定されている．Helpman and Rangel（1999）では一般技能投資を技術の更新にかかる固定費用と位置付けており，ある技術に対する労働生産性はその技術の下で経験を積むことでのみ向上する．

しかしながらこうした位置付けは必ずしも技能の特質を正確に捉えたものであるとはいえない．労働経済学の分野では両技能の関係性に対し異なる見解を示すものもある．例えば樋口・川出（2003）は両技能は代替関係にあるよりむ

4）この領域でもビンテージ的発想で技能を区別しているものは多く存在する．例えばCaselli（1999）は技術の使用にはその技術専用の技能に投資する必要があると仮定する．彼は新技術が要求する技能投資量が旧技術のそれを上回るか否かで技術進歩を（skill-biasedとde-skilling に）類型化し，前者が後者を上回る（下回る）場合には技術進歩により高い技能を持つ者と低い者との所得格差が拡大（縮小）することを示している．またViolante（2002）はGould et al.（2001）と同様似通った技能集団内で不平等が拡大していることに注目する．彼は技術特殊的技能の他の技術への移転可能性が技術進歩率とともに低下するとし，労働市場が摩擦的な状況を考えることでこの現象と整合する結果を得ている．他にも技術と技能の関係性から所得格差の変遷を分析したものとしてAcemoglu（1998），Acemoglu（1999），Lloyd-Ellis（1999），Galor and Moav（2000）などがある．

しろ補完関係にあると主張する．彼らは労働者の技能を企業特殊的技能，職種特殊的技能，一般的技能に分割し，仕事の遂行にとって重要なのは一般的技能に裏打ちされた職種特殊的技能であると論じたうえで，それは企業特殊的技能（＝経験）と一般的技能（＝座学）を組み合わせることで初めて形成されると指摘している．そして，労働市場の流動化（転職コストの低下）に必要なのは企業特殊的技能の減少と一般的技能の増加ではなく，豊富な専門的職業能力に裏づけられた応用力であると論じている．

そこで本稿では，両技能を補完的な生産要素として Maki et al.（2005），宮崎・四谷・槙（2005）のモデルを再構築し，彼らの結果がその下でも妥当するかどうかを検証する．具体的には一般的技能の保有量に応じて経験から得た技術特殊的技能の新技術への移転率が決まると想定する．一般的技能は経験から得た技能の一般化，汎用化を助けその新技術への適用率を高める．一方職場経験からは自らが携わる生産活動に直接的な技能が蓄積される．したがって一方の技能が所与ならば，もう一方の技能の増加により新技術に対する労働生産性は上昇する．この意味で両技能は労働生産性に関し補完的となる．

本稿ではこの変更に対し Maki et al.（2005），宮崎・四谷・槙（2005）の結論が頑強であること，すなわち彼らの主張がより一般的な技能の定式化の下でも維持されることが示される．労働者は第一期の時間を技術特殊的技能投資（＝労働）と一般的技能投資に振り分ける．本稿のモデルでは，両技能の補完性により第二期新技術を使用する際の労働生産性が最大となる時間配分が一意に定義される．労働者は各期消費から効用を得るが，上の時間配分では技術特殊的技能投資（＝第一期労働時間）の限界的増加により第一期消費は増加し新技術を使用した際の第二期消費は変化しないため，限界効用は正である．したがって，最適時間配分における一般技能投資時間は上の時間配分より過少な水準に留まる．この結果が本稿にとって重要となる．新技術が生起する確率の上昇は新技術に有効な技能の形成量を増やす誘引を与えるが，上記よりそのためには一般的技能投資を増やす必要がある．すなわち一般技能投資は技術進歩の確率に関

する増加関数となる．したがって労働者の一般技能蓄積が技術進歩率に正の効果を持つ場合，彼らの当該技能投資間に戦略的補完関係が生じ，経済は複数均衡に直面する可能性を持つことになるのである．

以下，第二節でモデルを定式化し，第三節で経済の均衡について吟味する．第四節は結論である．

2　モ　デ　ル

2.1　基本設定

二期間生存する個人からなる世代重複経済を考える．任意の世代において個人は同質で区間［0, 1］に連続的に存在する．個人の生涯に渡る行動は次の通りである．世代 t の個人は t 期最先端技術 a_t を生産性 1 で扱う単純労働者として生まれる．第一期期首に彼は与えられた時間 1 を労働 x^t と教育投資 $1-x^t$ とに振り分ける（$0 \leq x^t \leq 1$）．教育投資からは一般的技能が得られ，労働からは消費財に加えて生産活動を通じての学習効果によって技術特殊的技能が得られる．第二期は全ての時間が消費財の生産に当てられる．彼の各期の消費財生産量は生産関数

$$y_v^t = a_{(v)} f(h_v^t), \quad v = t, t+1 \tag{1}$$

により与えられる．関数 $f(.)$ は連続微分可能で $f(0)=0, f'(.)>0, f''(.)<0, f'(0)=\infty, f'(\infty)=0$ を満たす．$a_{(v)}$ は彼が v 期の消費財生産に用いる生産技術を表す．また h_v^t は $a_{(v)}$ を使用しての生産活動に投入される v 期効率単位当り労働，すなわち

$$h_v^t = (a_{(v)} \text{に対する労働生産性}) \times (v \text{ 期労働時間})$$

であり，第一期，すなわち t 期については $a_{(t)} = a_t, h_t^t = x^t$ である．一方 $a_{(t+1)}$ は個人の第二期期首における技術選択に依る．$t+1$ 期首に a_t よりも進んだ技術が生まれた場合，彼は新技術に移行するか旧技術 a_t に留まるかを決めなければならない．$a_{(t+1)}$ はこの技術選択の結果決まる．またすぐ後で正式に定式化する通り，h_{t+1}^t は使用する技術と第一期に蓄積した一般的技能，技術特殊的技能の関係性

によって決まる．

各期に生産された消費財は全てその期に消費され，個人は各期の消費から効用を得る．選好は主観的割引因子 ρ を含む対数線形型効用関数

$$U^t = (y_t^t, y_{t+1}^t) = \mathrm{In}\, y_t^t + \rho\, \mathrm{In}\, y_{t+1}^t$$

で表されるものとする（$0 < \rho < 1$）．

2.2　一般的技能と技術特殊的技能の補完性

一般的技能と技術特殊的技能の果たす役割は個人が使用する技術によって対照的である．職場経験を通じての技術特殊的技能の獲得により，個人の第二期労働生産性は第一期労働時間に応じて $\lambda(x^t)$ まで上昇する．ただし $\lambda(0) = 1$, $\lambda'(.) > 0$, $\lambda''(.) < 0$ である．技術特殊的技能の特徴はその有効性が特定の技術に限定されることである．つまり第二期も第一期と同じ技術 a_t を継続して使用する場合には，個人は $\lambda(x^t)$ の労働生産性で消費財を生産できる．しかしながら第二期に a_t 以外の技術を使用する場合，この種の技能は汎用性の低さ故生産活動においてその価値を失う．すなわち技術特殊的技能しか持たない個人は，$t+1$ 期首に新技術が開発されたとしても，その下で消費財を生産する能力を持たない．

一方，一般的技能が特定の技術環境下での業務の遂行に果たす役割は技術特殊的技能ほど直接的ではない．個人の職務形態は職業，所属する企業や部署，役職等によりある程度特定化される．したがって職場経験から得た技能とは異なり，一般的技能はその全てが個々の業務の遂行に直接貢献するとは限らない．この種の技能の有用性はむしろ職場経験から得た生産知識の移転可能性を高めるという間接的な側面にある．自らの職業およびその周辺分野についての包括的，体系的な知識があれば，業務形態が多少変化しても過去の経験をある程度活かして生産活動を継続することが可能となる．すなわち一般的技能は特定の労働環境に限定された生産知識の汎用性を高め，その適用範囲を拡げるという特徴を持つ．本モデルではこの点を次のように定式化する．

まず一般的技能は既存技術下での労働生産性には貢献しないとする．すなわち第二期に a_t を継続使用する場合，労働生産性は教育投資時間 $1-x^t$ に依らず $\lambda(x^t)$ で与えられる．他方第二期に新技術へ移行する場合には，技術特殊的技能 $\lambda(x^t)$ の一部を新技術下でも適応可能とすることで労働生産性に間接的に貢献する．具体的には教育投資時間 $1-x^t$ に応じて $\lambda(x^t)$ のうち $\delta(1-x^t)\lambda(x^t)$ の部分を使用技術に左右されない汎用的な生産技能に転化できると仮定する．ただし $\delta'(.)>0$, $\delta''(.)<0$, $\delta(0)=0$, $\delta(1)=1$ とする．この定式化は新技術の使用に際し技術特殊的技能と一般的技能が補完性を持つことを意味する．すなわち一方の技能が所与の下では，いずれの技能の増加によっても新技術に対する労働生産性は向上する．

2.3　技術進歩と個人の効用最大化問題

Grossman and Helpman（1991），Aghion and Howitt（1992）等の R&D モデルと同様，本モデルでの技術革新の成否は不確実である．ただし企業の研究開発投資に関するモデル分析は捨象される．代わりに Galor and Moav（2000），Gould et al.（2001）他多くの成長理論における想定を踏襲し，経済の教育水準が技術進歩率に正の効果を持つと考える．彼らの定式化に習い，t 期に技術進歩が生起する確率 p_t は世代 t の一般的技能の総蓄積量の増加関数として

$$p_t = p\left(\int_0^1 \left[1-x^{ti}\right]di\right), \quad p'(.)>0, p''(.)<0, p(0)=0, p(1)<1 \qquad (2)$$

で与えられると仮定する．技術進歩の結果生じる新技術は旧技術の $(\phi+1)$ 倍の生産性を持つ $(\phi>0)$．すなわち一回の技術革新により生産技術は ϕ の率で成長するとする．したがって $t+1$ 期の最先端技術水準は確率 p_t で $(\phi+1)a_t$ へ上昇し，確率 $1-p_t$ で a_t に留まる．

世代 t の個人は第一期に労働，教育投資間の時間配分 x^t に関する意思決定を行った後，第二期に技術進歩の成否を確認した後，自らが使用する生産技術を決定せねばならない．技術進歩が起こらなかった場合には必然的に旧技術 a_t が使用されるから $a_{(t+1)}=a_t$, $h^t_{t+1}=\lambda(x^t)$ である．技術進歩が起こった場合でも既

存技術に留まることを選択すれば同じく $a_{(t+1)}=a_t, h^t_{t+1}=\lambda(x^t)$ であるが，新技術に移行することを選択する場合には $a_{(t+1)}=(\phi+1)a_t, h^t_{t+1}=\delta(1-x^t)\lambda(x^t)$ である．前者を選べば生産技術の劣等性から消費財生産に損失が生じ，後者を選べば労働生産性の低下から損失が生じる．結局個人は $a_t f(\lambda(x^t))$ と $(\phi+1)a_t f(\delta(1-x^t)\lambda(x^t))$を比較しより多くの消費財が得られる方を選択する．したがって世代 t の個人の a_t で調整された期待効用 $u_t=U^t-(1+\rho)\mathrm{In}a_t$ は下式で表される．

$$u^t=(1-p_t)[\mathrm{In}f(x^t)+\rho\,\mathrm{In}f(\lambda(x^t))]+p_t[\mathrm{In}f(x^t)+\rho\,\mathrm{In}X(x^t)]$$
$$=\mathrm{In}f(x^t)+\rho[p_t\mathrm{In}X(x^t)+(1-p_t)\mathrm{In}f(\lambda(x^t))] \tag{3}$$

ただし，$X(x^t)=\max[(\phi+1)f(\delta(1-x^t)\lambda(x^t)),\ f(\lambda(x^t))]$

彼らの最大化問題は（3）式を最大化するよう t 期期首に第一期時間配分 x^tを選択することである．ただし意思決定に際し p_t は所与であり $0\leq x^t\leq 1$ である．

3 均　　衡

3.1 個人の最適時間配分

本モデルでは技術進歩が生じた場合に新技術へ移行するか旧技術に止まるかという離散的技術選択が存在する．したがって個人の最大化解は両技術選択に対応する間接効用値を比較することで導出することができる．技術進歩が生じた場合も既存技術に留まる場合の間接効用を $\underline{u}^t$，使用技術を更新する場合の間接効用を $\hat{u}^t$ であらわすこととしよう．前節までの議論より $\underline{u}^t$ は

$$\underline{u}^t=(1-p_t)[\mathrm{In}f(\underline{x}^t)+\rho\,\mathrm{In}f(\lambda(\underline{x}^t))]+p_t[\mathrm{In}f(\underline{x}^t)+\rho\,\mathrm{In}f(\lambda(\underline{x}^t))]$$
$$=\mathrm{In}f(\underline{x}^t)+\rho\,\mathrm{In}f(\lambda(\underline{x}^t))$$

ただし，$\underline{x}^t=\underset{0\leq x^t\leq 1}{\mathrm{argmax}}[\mathrm{In}f(x^t)+\rho\,\mathrm{In}f(\lambda(x^t))]$

で定義される．上式からも明白なように，旧技術に止まる限り一般的知識は個人の消費財生産に貢献しないから，彼らが教育に投資する誘引は存在しない．すなわち $\underline{x}^t=1$ であり，

$$\underline{u}^t=\mathrm{In}f(1)+\rho\,\mathrm{In}f(\lambda(1)) \tag{4}$$

である．同様に新技術に移行する場合の間接効用 $\hat{u}^t$ は

$$\hat{u}^t(p_t) = \mathrm{In} f(\hat{x}^t(p_t))$$
$$+ \rho[p_t \mathrm{In}(\phi+1) + f(\delta(1-\hat{x}^t(p_t))\lambda(\hat{x}^t(p_t))) + (1-p_t)\mathrm{In} f(\lambda(\hat{x}^t(p_t)))] \quad (5)$$

ただし，$\hat{x}^t(p_t) = \underset{0 \leq x^t \leq 1}{\mathrm{argmax}}[\mathrm{In} f(x^t)$

$$+ \rho p_t \mathrm{In}(\phi+1) f(\delta(1-x^t)\lambda(x^t)) + \rho(1-p_t)\mathrm{In} f(\lambda(x^t))] \quad (6)$$

で定義される．旧技術に留まる場合と異なり，新技術を使用するには移転可能な生産技能を形成しておく必要がある．したがって個人は第一期の消費財生産時間の一部を削って教育投資に当てなければならない．そうでなければ技術進歩が起こった場合彼らは第二期に全く消費財を生産できない ($f(\delta(0)\lambda(1)) = f(0) = 0$).

（4），（5）式を用いれば，世代 t の個人の最大化問題は単純に

$$\max[\underline{u}^t, \hat{u}^t(p_t)]$$

と表すことができ，個人の最適行動が技術進歩の生起確率 p_t に依存して決まることがわかる．すなわち p_t に依存する $\hat{u}^t(p_t)$ と p_t と独立に決まる $\underline{u}^t$ の大小によって，個人が第二期に使用技術を更新するか否か，また更新するならば第一期にどれだけ教育投資を行うかが決まる．この問題を解くにあたりまず $\hat{x}^t(p_t)$ について吟味する．

補題 1．全ての $0 < p_t \leq 1$ に対し $\hat{x}^t(p_t)$ は p_t の減少関数として内点で一意に定義される．

証明．　（6）より $\hat{x}^t(p_t)$ の一階の条件として下式が得られえる．

$$\frac{f'(\hat{x}^t)}{f(\hat{x}^t)} + \rho(1-p_t)\frac{\lambda'(\hat{x}^t)f'(\lambda(\hat{x}^t))}{f(\lambda(\hat{x}^t))}$$
$$= -\rho p_t[\delta(1-\hat{x}^t)\lambda'(\hat{x}^t) - \delta'(1-\hat{x}^t)\lambda(\hat{x}^t)]\frac{f'(\delta(1-\hat{x}^t)\lambda(\hat{x}^t))}{f(\delta(1-\hat{x}^t)\lambda(\hat{x}^t))} \quad (7)$$

$f''(.) < 0$，$\lambda''(.) < 0$ より（7）式左辺は x^t に関して単調減少的で $x^t = 0$ で∞，$x^t = 1$ で $[f'(1)/f(1)] + \rho p_t[\lambda'(1)f'(1)/f(\lambda(1))] > 0$である．一方 $\delta''(.) < 0$，$\lambda''(.) < 0$ より　$\partial^2\delta(1-x^t)\lambda(x^t)/\partial x^{t2} < 0$ が成立するから，右辺第二項は x^t に関し単調減少的で $x^t = 0$ で $\lambda'(0) - \delta'(1)$，$x^t = 1$ で $-\delta'(0)\lambda(1) < 0$ である．またこのことより，$\lambda'(0) > \delta'(1)$ ならば右辺第二項がゼロとなる x^t の値 x_0 が内

点で一意に存在し $x^t<(>)\,x_0$ で $\delta(1-x^t)\lambda(x^t)$ は x^t に関し単調増加（減少）する．したがって右辺第三項は $x^t<(>)\,x_0$ で x^t に関し単調減少（増加）する．以上より（7）式右辺は $x^t=x_0$ で 0, $x^t>x_0$ で単調増加し $\delta(0)=0$ より $x^t=1$ で∞となる．また $x^t<x_0$ では負値となる．したがって（7）を満たす x^t は $x_0<x^t<1$ で一意に存在する．$\lambda'(0)<\delta'(1)$ の場合には，全ての $0\leq x^t\leq 1$ で（7）式右辺第二項は負となり第三項は x^t に関し単調に増加するから，（7）式右辺は $0\leq x^t\leq 1$ で正値かつ単調増加となる．これと左辺が $x^t=0$ で∞となることより，（7）式を満たす x^t の $0<x^t<1$ での一意的存在が保証される．最後に，（7）式より

$$\hat{x}^t(p^t)=\rho\,\frac{\dfrac{\lambda(\hat{x}^t)f'\lambda(\hat{x}^t))}{f(\lambda(\hat{x}^t))}-\dfrac{\left(\dfrac{\partial\delta(1-\hat{x}^t)\lambda(\hat{x}^t)}{\partial x^t}\right)f'(\delta(1-\hat{x}^t)\lambda(\hat{x}^t))}{f(\delta(1-\hat{x}^t)\lambda(\hat{x}^t))}}{\dfrac{\partial^2[\ln f(x^t)+\rho[p_t\ln(\phi+1)f(\delta(1-x^t)\lambda(x^t))+(1-p_t)\ln f(\lambda(x^t))]]}{\partial x^{t^2}}}<0 \quad (8)$$

ただし，（分母）$=\dfrac{\partial}{\partial x^t}\left[\dfrac{f'(\hat{x}^t)}{f(\hat{x}^t)}+\rho(1-p_t)\dfrac{\lambda'(\hat{x}^t)f'(\lambda(\hat{x}^t))}{f(\lambda(\hat{x}^t))}\right]$

$$+\rho p^t\frac{\partial}{\partial x^t}\left[\frac{\left(\dfrac{\partial\delta(1-\hat{x}^t)\lambda(\hat{x}^t)}{\partial x^t}\right)f'(\delta(1-\hat{x}^t)\lambda(\hat{x}^t))}{f(\delta(1-\hat{x}^t)\lambda(\hat{x}^t))}\right]<0$$

が得られる．□

第一期労働時間 x^t の増加により第一期消費と技術進歩が生じない場合の第二期消費が増加する．これらによる効用の増加分がそれぞれ（7）式左辺第一項および第二項に対応する．一方 $x^t>x_0$ の領域では新技術の下での労働生産性 $\delta(1-x^t)\lambda(x^t)$ は労働時間の増加とともに低下するから，技術進歩が生じた場合の第二期消費は x^t とともに減少する．これによる効用の減少分が（7）式右辺であり，一階の条件は両者が均等化する点で $\hat{x}^t(p_t)$ が決まることを意味している[5]．

5）補題1から明らかなように，$\delta(1-x^t)\lambda(x^t)$ は $x^t<x_0$ で単調増加し，x_0 で最大に達した後 $x^t>x_0$ で単調減少する．よって $x^t<x_0$ では第一期消費，技術進歩が起こらなかった場合の第二期消費に加えて技術進歩が起こった場合の第二期消費もまた労働時間とともに増加する．つまり $x^t<x_0$ では生涯効用は x^t に関し単調増加的であり，この領域で $\hat{x}^t(p_t)$ が獲得されることはない．ただし $\lambda'(0)<\delta'(1)$ の場合には $\delta(1-x^t)\lambda(x^t)$ は $0\leq x^t\leq 1$ で単調減少する．

(8) 式は次のように理解できる．技術進歩の生起確率 p_t の上昇は新技術を使用した場合に得る消費の生涯効用に占める比重を高める．よって新技術に適応可能な技能をより多く形成することが個人にとって望ましくなる．いま $\hat{x}^t(p_t)$ は $\delta(1-x^t)\lambda(x^t)$，つまり技術進歩が起こった場合の第二期消費が減少する局面 $x^t > x_0$ で決まることを想起されたい．これは x^t の増加が第一期消費と技術進歩が生じない場合の第二期消費に正の効果を与えることに依る．よって彼らは労働時間を減らしより多くの時間を教育投資に費やすことで $\delta(1-x^t)\lambda(x^t)$ を増加させようとするのである．

上記の結果を利用することで $\underline{u}^t$ と $\hat{u}^t(p_t)$ の大小関係について以下が得られる．

補題 2. $\underline{u}^t < \hat{u}^t(1)$，つまり

$$\left[\frac{(\phi+1)f(\delta(1-\hat{x}^t(1))\lambda x^t(1)))}{f(\lambda(1))}\right]^{\rho} > \frac{f(1)}{f(\hat{x}^t(1))} \tag{9}$$

が成立するならば，$\underline{u}^t = \hat{u}^t(\underline{p})$ を満たす $\underline{p}$ が $0 < p_t < 1$ に一意に存在し，$p_t < (>)\,\underline{p}$ で $\underline{u}^t > (<)\,\hat{u}^t(p_t)$ が成立する．すなわち世代 t の個人にとって $p_t < (>)\,\underline{p}$ ならば旧技術に留まる（新技術へ移行する）ことが最適な技術選択となり，第一期最適時間配分 $x^t(p_t)$ は以下で与えられる．

$$x^t(p_t) = \begin{cases} \hat{x}^t(p_t) & (p_t \geq \underline{p}\text{のとき}) \\ 1 & (p_t < \underline{p}\text{のとき}) \end{cases} \tag{10}$$

証明． いま包絡面定理より

$$\hat{u}^{t\prime\prime}(p_t) = \rho\,[\mathrm{In}(\phi+1)f(\delta(1-\hat{x}^t(p_t))\lambda(\hat{x}^t(p_t)))-\mathrm{In}\,f(\lambda(\hat{x}^t(p_t)))]$$

であり，また (7) 式と (9) 式より

$$\hat{u}^{t\prime\prime}(p_t) = \rho\left\{[\delta(1-\hat{x}^t)\lambda((\hat{x}^t)-\delta'(1-\hat{x}^t)\lambda(\hat{x}^t)]\frac{f'(\delta(1-\hat{x}^t)\lambda(\hat{x}^t))}{f(\delta(1-\hat{x}^t)\lambda(\hat{x}^t))}\right.$$

$$\left.-\frac{\lambda'(\hat{x}^t)f'(\lambda(\hat{x}^t))}{f(\lambda(\hat{x}^t))}\right\}\hat{x}^{t\prime\prime}(p_t) > 0$$

が得られる．$p_t = 0$ ならば問題（6）は退化するから，すなわち $\hat{x}^t(0) = 1$

であるから $\hat{u}^t(0)=\underline{u}^t$ である．また $p_t>0$ では $p_t\to 0$ で $\hat{x}^t(p_t)\to 1$ であるから，$\delta(0)\lambda(1)=0$ より $p_t\to 0$ で $\hat{u}^{t\prime}(p_t)<0$ となる．以上より $\hat{u}^t(p_0)=0$ を満たす $0<p_0<1$ が一意に存在し，$\hat{u}^t(p_t)$ は $\hat{u}^t(0)=\underline{u}^t$ から単調減少し p_0 で最小に達した後 $p_t>p^0$ で単調増加する．したがって（9）が成立するならば $\hat{u}^t(\underline{p})=\underline{u}$ を満たす $\underline{p}$ が $p^0<p_t<1$ に一意に存在し $p_t<(>)\underline{p}$ で $\hat{u}^t(p_t)<(>)\underline{u}^t$ の関係が成立する．(4) 式と (5) 式より $\underline{p}$ は

$$\left[\frac{\{(\phi+1)f(\delta(1-\hat{x}^t(\underline{p}))\lambda(\hat{x}^t(\underline{p})))\}^{\underline{p}}\{f(\lambda(\hat{x}^t(\underline{p})))\}^{1-\underline{p}}}{f(\lambda(1))}\right]^{\rho}=\frac{f(1)}{f(\hat{x}^t(\underline{p}))}\quad(11)$$

で定義される．□

p^0 は新技術が生じた場合の第二期消費 $(\phi+1)f(\delta(1-\hat{x}^t(p^0))\lambda(\hat{x}^t(p^0)))$ と生じなかった場合の第二期消費 $f(\lambda(\hat{x}^t(p^0)))$ が等しくなる技術進歩の生起確率である．$p_t<p^0$ の局面では新技術に適応可能な技能を蓄える誘引は低く前者が後者を下回る．よって生涯効用に占める前者の割合を相対的に引き上げる p_t の上昇により $\hat{u}^t(p_t)$ は低下する．逆に技術進歩の確率が $p_t>p^0$ ほど高い局面では，前者が後者を上回るだけ十分な教育投資がなされており p_t の上昇とともに $\hat{u}^t(p_t)$ は上昇する．$\hat{x}^{t\prime\prime}(p_t)<0$ は p_t の上昇に伴い新技術を使用する個人の消費バランスが第二期消費へ偏重していくことを意味する．つまり $p_t>p^0$ の局面では，p_t の上昇に伴い新技術を使用する個人の使用しない個人に対する第二期消費の超過分と第一期消費の不足分がともに拡大する．しかし $\hat{u}'(p_t)>0$ より両者の効用に対する純効果は正であり，p_t の上昇は新技術を使用することを相対的に望ましくする．そして $p_t=\underline{p}$ において新技術を使用しないという選択を凌駕する．

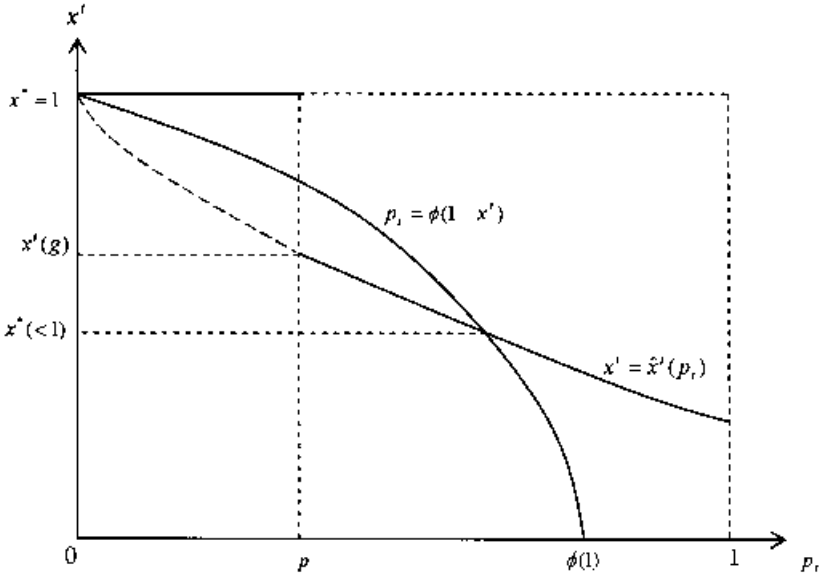
3.2　合理的期待均衡と経済成長

経済の t 期合理的期待均衡は世代 t の技術進歩の生起確率 p_t に対する対称的期待が自己実現する状態として定義される．図は t 期均衡の決定の様子を描いたものである．図中 p_t-曲線および x^t-曲線は全て個人に対し $x^{ti}=x^t$ とした下で (2) 式と (10) 式を描いたものであり，均衡はこの二曲線の交点 x^{t*} で与えられ

る．(2) より新技術の生起確率は個人の教育投資量とともに上昇し，また (10) より個人の教育投資量は技術進歩の生起確率とともに増加する．したがって個々人の教育投資間には戦略的補完関係が存在し，経済は複数均衡に直面する可能性を持つ．

命題　パラメータ値に依らず x^{t*} は端点 $x^t=1$ を含む．また，(9) および $\underline{p} \leq p(1-\hat{x}^t(\underline{p}))$ が満たされる場合には少なくともひとつの内点が x^{t*} に含まれる．

証明．(2) と (10) から x^{t*} が $x^t=1$ を含むことは明らかである．$\underline{p} \leq p(1-\hat{x}^t(\underline{p}))$ は $p_t=\underline{p}$ で x^t-曲線が p_t-曲線の下方に位置することを意味する．また $x^t(1)=\hat{x}^t(1)>0$，$p(1) \leq 1$ より $p_t=p(1)$ では x^t-曲線が p_t-曲線の上方に位置するので，二曲線は $\underline{p} \leq p_t < p(1)$ で少なくとも一度交差する（図を参照）．□



図

複数均衡の状況下では個人の技術進歩に対する期待に依存してどちらの均衡が実現するかが決まる．来期新技術が開発される可能性が高いと期待すれば，

個人は今期のうちに技術変化に適応可能な生産技能をより多く形成し，来期は優れた技術の下で消費財生産を行おうとする．このため今期経済において一般的技能の活発な蓄積が生じ，結果高い確率で来期に新技術が生起することになる．逆に技術進歩の確率に対する低い期待は，移転可能な生産技能の形成に対する努力が将来報われる可能性が低いことを意味する．このため個人にとっては既存技術に対する生産技能の蓄積に特化し，将来もし新技術が開発されても豊富な技術特殊的技能を活かして今期と同じ技術を使用し続けることの方が望ましくなる．この結果今期経済において一般的技能は全く蓄積されず，技術進歩が生じる可能性はゼロとなる．前者の状態が内点均衡 $x^{i*}<1, p(1-x^{i*})>0$ に対応し，後者が端点均衡 $x^{i*}=1$，$p(0)=0$ に対応する．

個人の選択が世代に渡り一定となる定常状態 $x^{i*}=x^*$ では技術進歩の生起確率も通時的に一定となる．端点の定常状態 $x^*=1$ では新技術が誕生する可能性はゼロであるが，内点の定常状態 $x^*<1$ ではある一定の確率 $p(1-x^*)>0$ で毎期新技術が誕生する．生産技術および個人の選択が変化しない限り経済の産出水準は変化しないから，$x^*=1$ における総産出 Y の成長率 g は 0 である．一方 $x^*<1$ では技術進歩の成否という不確実な要素に左右されるものの，平均的な総算出の成長率が正値となることを次のように確認できる．いま t 期に経済は定常状態 $x^*<1$ にあるとしよう．t 期総産出 Y_t は t 期期首に技術進歩が生じたか否かで異なり，同じく Y_{t+1} も $t+1$ 期期首の技術進歩の正否に依る．生じ得る Y_t, Y_{t+1} の組み合わせとその確率は

(*ss*)：確率 $p(1-x^*)^2$ で両期に技術進歩が生じ，$Y_{t(ss)}=(\phi+1)a_{t-1}[f(\delta(1-x^*)\lambda(x^*))+f(x^*)]$, $Y_{t+1(ss)}=(\phi+1)^2a_{t-1}[f(\delta(1-x^*)\lambda(x^*))+f(x^*)]$.

(*sf*)：確率 $p(1-x^*)[1-p(1-x^*)]$ で t 期期首にのみ技術進歩が生じ，$Y_{t(sf)}=(\phi+1)a_{t-1}[f(\delta(1-x^*)\lambda(x^*))+f(x^*)]$, $Y_{t+1(sf)}=(\phi+1)a_{t-1}[f(\lambda(x^*))+f(x^*)]$.

(*fs*)：確率 $[1-p(1-x^*)]p(1-x^*)$ で $t+1$ 期期首にのみ技術進歩が生じ，$Y_{t(fs)}=a_{t-1}[f(\lambda(x^*))+f(x^*)]$, $Y_{t+1(fs)}=(\phi+1)a_{t-1}[f(\delta(1-x^*)\lambda(x^*))+f(x^*)]$.

(*ff*)：確率 $[1-p(1-x^*)]^2$ で両期とも技術進歩は生じず，$Y_{t(ff)}=Y_{t+1(ff)}=a_{t-1}[f(\lambda(x^*))+f(x^*)]$.

とまとめられる．これより t 期経済成長率の期待値として以下が得られる．

$$g_t=p(1-x^*)^2 g_{t(ss)}+p(1-x^*)[1-p(1-x^*)]\{g_{t(sf)}+g_{t(fs)}\}$$

$$=\phi\left[1+\frac{f(\delta(1-x^*)\lambda(x^*))+f(x^*)}{f(\lambda(x^*))+f(x^*)}\right]$$

$$+\frac{\{f(\lambda(x^*))-f(\delta(1-x^*)\lambda(x^*))\}^2}{\{f(\delta(1-x^*)\lambda(x^*))+f(x^*)\}\{f(\lambda(x^*))+f(x^*)\}}>0$$

4　お　わ　り　に

本稿では Maki et al.（2004），宮崎・四谷・槙（2005）で捨象された一般的技能と技術特殊的技能の補完関係に着目し，両技能が新技術の使用に際し補完的役割を果たす状況下での労働者の技能投資行動と経済成長との関係を分析した．結果は次のようにまとめられる．技術特殊的技能は職場経験を通じて蓄積されるのに対し一般的技能の蓄積には教育投資が必要である．このため労働者の最適時間配分における一般技能投資時間は，新技術に対する労働生産性を最大化する投資時間に比して過少な水準で決まる．このことより，労働者に新技術に適用可能な技能の蓄積を促す技術進歩の生起確率の上昇は，彼らの一般的技能投資を刺激する．ゆえに一般的技能が技術進歩率に正の効果を持つ場合には，労働者の当該技能投資間に戦略的補完関係が生じ，経済は複数均衡に直面する可能性を持つ．この結果は両技能を代替的に位置付けた Maki et al.，宮崎・四谷・槙のモデルから得られる結果と共通している．したがって彼らの洞察は労働者の技能に対しより広範な定式化を許容した場合にもある程度妥当するものであるといえる．

【参考文献】

Acemoglu, D., (1998) “Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality,” *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 113, pp. 1055-1089.

Acemoglu, D., (1999) “Changes in Unemployment and Wage Inequality: An Alternative Theory and Evidence,” *American Economic Review*, Vol. 89, pp. 1259-1278.

Aghion, P. and P. Howitt, (1992) “A Model of Growth Through Creative Destruction,” *Econometrica*, Vol. 60, pp. 323-351.

Aghion, P., P. Howitt, and G. L. Violante, (2002) “General Purpose Technology and Wage Inequality,” *Journal of Economic Growth*, Vol. 7, pp. 315-345.

Caselli, F., (1999) “Technological Revolution,” *American Economic Review*, Vol. 89, pp. 78-102.

Galor, O. and O. Moav, (2000) “Ability-Biased Technological Transition, Wage Inequality, and Economic Growth,” *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 115, pp. 469-497.

Gould, E. D., O. Moav, and B. A. Weinberg, (2001) “Precautionary Demand for Education, Inequality, and Technological Progress,” *Journal of Economic Growth*, Vol. 6, pp. 285-315.

Grossman, G. M. and E. Helpman, (1991) “Quality Ladders in the Theory of Growth,” *Review of Economic Studies*, Vol. 58, pp. 43-61.

Helpman, E. (ed.), (1998) *General Purpose Technologies and Economic Growth*, Cambridge: MIT Press.

Helpman, E. and A. Rangel, (1999) “Adjusting to a New Technology: Experience and Training,” *Journal of Economic Growth*, Vol. 4, pp. 359-383.

Jovanovic, B. and Y. Nyarko, (1996) “Learning by Doing and the Choice of Technology,” *Econometrica*, Vol. 64, pp. 1299-1310.

Krueger, D. and K. B. Kumar, (2004) “Skill Specific Rather Than General Education: A Reason for US-Europe Growth Differences?,” *Journal of Economic Growth*, Vol. 7, pp. 315-345.

Lloyd-Ellis, H., (1999) “ Endogenous Technological Change and Wage Inequality,” *American Economic Review*, Vol. 89, pp. 47-77.

Maki, T., K. Yotsuya., and T. Yagi, (2005) “Economic Growth and the Riskiness of Investment in Firm-Specific Skills,” *European Economic Review*, vol.49, pp.1033-1049.

Nelson, R. and E. Phelps, (1966) “Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth,” *American Economic Review*, Vol. 56, pp. 69-75.

Redding, S., (1996) “The Low-skill, Low-quality Trap: Strategic Complementarities between Human Capital and R & D,” *Economic Journal*, Vol. 106, pp. 458-470.

Redding, S., (2002) “Path Dependence, Endogenous Innovation, and Growth,” *International Economic Review*, Vol. 43, pp. 1215-1248.

Schultz, T. W., (1975) “The Value of the Ability to Deal with Disequilibria,” *Journal of Economic Literature*, Vol. 13, pp. 827-846.

Violante, G. L., (2002) “Technological Acceleration, Skill Transferability, and the Rise in Residual Inequality,” *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 117, pp. 297-338.

樋口美雄・川出真清，（2003）「個人のキャリア支援とリカレント教育」，伊藤隆敏・西村和雄編『教育改革の経済学』第 8 章，（日本経済新聞社）.

宮崎泉・四谷晃一・槙太一，（2005）「技能偏向型技術進歩と一般的技能投資，および経済成長」，『経済学論叢』第 57 巻第 1 号，近刊，（同志社大学）.

The Doshisha University Economic Review Vol.57 No.1

Abstract

Koichi YOTSUYA, *Complementarity between General and Technology-Specific Skills, Endogenous Choice of Technology, and Economic Growth*

The paper studies relationship between workers' accumulation of general and techonology-specific skills and economic growth. Under the situation that both types of skills are complemental for the access to the new technology, strategic complementarities between workers' investment in general skills, and thus, possibility of multiple equilibria are examined in the model.