



逐次的テークオフにより広がる経済間の所得格差

春山, 鉄源

(Citation)

神戸大学経済学研究科 Discussion Paper, 1826

(Issue Date)

2018

(Resource Type)

technical report

(Version)

Version of Record

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/81010553>



逐次的テークオフにより広がる
経済間の所得格差

春山 鉄源

October 2018

Discussion Paper No.1826

GRADUATE SCHOOL OF ECONOMICS

KOBE UNIVERSITY

ROKKO, KOBE, JAPAN

逐次的テークオフにより広がる 経済間の所得格差

春山 鉄源

神戸大学経済学研究科

2018年10月

概要

17世紀後半から18世紀前半に起こった「大分岐」を境に、世界全体での1人あたり GDP は爆発的に成長し始めた。一方で、テークオフできない国やテークオフしても経済成長を持続できなかった国が存在するため、経済間の所得格差は現在の水準にまで広がったと考えられる。これらを説明するために、経済が連続体で世界経済を構成するシュンペーター的技術進歩モデルを構築する。均衡では世界経済は「南北」に内生的に分岐する。移行過程では経済が逐次的にテークオフし、「北」の相対賃金が持続的に増加することを明らかにする。科学技術水準の進歩により、短期的には相対賃金が減少し、長期的には J 字曲線に沿って長期的には上昇する可能性も示す。

1 はじめに

長期的な観点から経済間の所得分布を考察すると、17世紀後半から18世紀前半が「大分岐」と呼ばれる大きな転換点となっていることは広く知られている。^{*1} それまでの世界全体での1人あたりGDPの成長率は微々たるものであり、経済間の所得格差は大きくなかった。^{*2} 英国での産業革命が「大分岐」の引き金となり、産業化はヨーロッパ諸国や米国そして日本にも拡散し、世界全体での1人あたりGDPは爆発的に増加したが、この産業化プロセスの帰結として、世界経済での経済間の所得格差が大きく広がった。

例えば、Maddison Data Project 2018のデータを使うと1870年の最富裕国の1人当たりGDPは最貧国の17.4倍だが、2016年には225.9倍にまで広がっている。World Development Indicatorを使うと2017年の比率は176.9倍にまで下がるが、所得格差が大きく広がったことには変わらない。最近注目を集めているWorld Inequality Databaseを使うと、この数字は260.7倍まで跳ね上がる。これらの数字は2時点での所得格差を比較しているだけであるが、その間の長期的な推移を検討した有名な研究にBourguignon and Morrisson (2002)がある。この研究では19世紀初頭からのデータに基づき、ジニ係数・Theil指標・平均対数偏差を使い世界全体の所得不平等を推定している。図1ではそれらのデータを使い指標の推移を再現しているが、所得不平等は2000年頃まで概ね200年間持続的に増加していることがわかる。図2と3は、世界の所得不平等を経済間の不平等と国内の不平等に分解し、その推移を示している。国内の不平等は減少傾向にある一方、経済間の不平等のトレンドは明らかに右上がりである。即ち、「大分岐」から始まる所得不平等の大きな要因は経済間で発生していることが理解できる。

では、「大分岐」を発生させた産業化の拡散プロセスを均衡としてどのように説明できるのだろうか？ また、経済間の所得格差の持続的な拡大のメカニズムとは何なのだろうか？ これらの問いを検討するのが本論文の主な目的である。特に、Pomeranz (1960)に従い経済の産業化を「テークオフ」と定義し、以下の2つの特徴に着目し議論を展開する。

- (1) 英国で始まったテークオフは諸外国へ伝播したが、全ての経済には拡散しなかった。即ち、テークオフできない国やテークオフしても経済成長を持続できなかった国が存在するため、経済間の所得格差は現在の水準にまで広がった
- (2) 経済によりテークオフの時期は異なり、逐次的に経済はテークオフした。

(1)は個々の経済は何らかの形で異なることを意味し、世界経済が「南北」の貧しい国と豊かな国に分岐することを意味する。この点を捉えるためには「多くの」経済が存在するモデルが必要となるが、本研究では経済が連続体で世界経済を構成するモデルを展開する。

^{*1} Pritchett (1997) を Pomeranz (2000) を参照。

^{*2} 「大分岐」はもっと早い時期に起こったとする研究もある。例えば、Broadberry (2013) や Comin et al. (2010) は1500年頃が今の所得格差の始まりだと主張している。

より具体的には、個々の経済をシュンペーター的技術進歩理論を使いモデル化する。シュンペーター的技術進歩理論とは、独占利潤を追求する企業が研究開発（R&D）に投資を行い技術進歩が発生するモデルであり、内生的経済成長理論の重要な一部を構成する。^{*3} また経済間の異質性を導入するために、それぞれの経済は R&D の生産性が異なると仮定を置くことにより、技術進歩を促す R&D 投資のインセンティブが異なることになる。それぞれの経済の企業は投資の便益と費用を比べ R&D をおこなうか否かを決定する。R&D に成功するとより質が高いハイテク財の生産が可能となり、ハイテク財の生産に特化する。このような経済の集まりを「北」と呼ぶことにする。即ち、R&D 投資をおこないハイテク財に特化することをテークオフとして解釈するのである。一方、企業が R&D をおこなわない場合、経済はローテク財に特化することになり、そのような経済の集合を「南」と呼ぶ。均衡では比較優位の帰結として世界経済が「北」と「南」に分岐し、前者がハイテク財を輸出し、後者がローテク財を輸出することになる。即ち、R&D 投資とローテク財生産に無差別となる「限界的経済」の存在を明らかにし、世界経済が「南北」に内生的に分岐することを示す。

上述の（２）は世界経済のダイナミクスの分析の必要性を示している。この重要な点を捉えるために本研究では長期的な均衡だけではなく逐次的なテークオフが発生する移行過程について考察する。特に、「南」に属する経済が逐次的に R&D を開始することによりハイテク財生産を開始（すなわち、産業化）し、テークオフすることを示す。その過程で「北」の相対賃金は上昇することを明らかにする。また比較動学分析をおこない、科学技術水準の上昇や人的資本ストック増加の効果に着目する。これらは長期的により多くの経済のテークオフを促進し、「北」の相対賃金を上昇させる。一方、短期的には相対賃金は減少する場合があります、その場合 J 字カーブの経路をたどることになる。これらは既存研究にない興味深い結果であり、概ね図 1～3 と整合的な結果である。

本研究の分析で重要な役割を果たすのが R&D 活動であり、「R&D 格差」が経済間の所得不平等につながる。例えば、National Science Board (2018) によると 2015 年上位 8 カ国が占める世界の R&D 支出は約 4 分の 3 にのぼり、費用で測った R&D 活動は所得水準が高い国に大きく偏っている。R&D の産出である特許数でも同じ傾向を観察できる。特許協力条約に基づく国際出願の場合、2016 年の特許申請数の上位 8 カ国の合計は世界全体の 79.2 %になる。^{*4} 更に Clark (2008) によると、英国から始まった産業革命は技術革新による知識生産に基づいてお、産業化の拡散も知識の伝播によるところが大きい。本研究のアプローチはこれらの数字や主張と整合的であり、上述の 2 つの特徴（１）と（２）を短期的・長期的均衡として説明可能である。

次に、既存研究との関連性について言及する。Acemoglu (2008) は経済間の所得格差に関連して 4 つの根本的要因を整理している。第一に、子々孫々と引き継がれる「文化」である。

^{*3} 財の質向上が技術進歩の形として仮定されており、quality-ladder モデルとも呼ばれる。先駆的な研究に Aghion and Howitt (1992) や Grossman and Helpman (1991) がある。

^{*4} 世界知的所有権期間の Statistics Database。

「文化」には宗教や信条、価値観、社会規範が含まれ、Doepke and Zilibotti (2014) が示すように、理論モデルの中で消費者の選好の違いとして捉えることができる。例えば、ある国では、テークオフに寄与する「我慢強さ」の養成に役立つ「文化」が発展する一方で、そうでない国もありえる。第二に、「制度」の違いであり、ここでいう「制度」とは、人為的に導入され経済行動の誘因を決定づける「ゲームのルール」である。例えば、Acemoglu et al. (2005) が示すように、財や資産の所有権の配分ルールは、貯蓄・投資の誘因に影響を及ぼし、テークオフの発生に影響を及ぼす。第三に、地理的条件や環境の違いである。この点を強調する文献の例として Diamond (1997) が挙げられる。第四に、「運」の役割である。これは、上述の第一から第三のテークオフの条件が整うかどうかの「運」とも捉えることができるが、複数均衡が発生するモデルの場合、最終的にどの均衡が選択されるかの「運」とも解釈できる。このケースに当てはまるのが Matsuyama (2004) である。

また、これらの根本的要因を所与として、テークオフの様々なメカニズムが検討されている。例えば、固定生産要素である土地の役割 (Hansen and Prescott (2002) や Galor et al. (2009)), 非相似拡大的選好 (Matsuyama (1992)), リスク分散の役割 (Acemoglu and Zilibotti (1997)), 人口成長と知識の双方向フィードバック (Kremer (1993) や Jones (2001)), 技術伝播や採用 (Parente and Prescott (2000)), 人的資本蓄積 (Becker et al. (1990) や Lucas (2002, Ch.5)) がある。更には、経済発展に伴う出生率や人口の変化など多くの変数を同時に決定する「統一理論」も提唱されている (Galor (2011))。

これらの既存研究は興味深いメカニズムを提唱しており学術的貢献は非常に大きい。一方で、既存研究の多くは閉鎖経済や2国モデルを世界経済として解釈しており、そのような単純な枠組みで十分なのかという疑問が生じる。テークオフする国としない国もしくはテークオフの時期がずれる経済間の相互作用（例えば、知識の外部性や技術伝播）が重要な役割を果たす場合、閉鎖経済モデルの有用性は限られる。世界経済を2国として捉える場合は、南北にグループ化された世界経済と考えるのが自然であり、個々の経済はそれぞれのグループの代表的経済と解釈できる。しかしその場合、次の制約が存在する。(i) 2グループ間に異質性があるとしても、グループ内の経済は同質である。(ii) 南から北への「昇格」や北から南への「降格」はない。2国モデルは暗にこのような制約を課した分析にならざるをえない。現実には照らし合わせ、多くの異質な経済からなる世界経済モデルへ拡張（即ち、上記制約の緩和）することにより新たな知見の探求が可能になる。従って、閉鎖経済モデルや2国モデルは上記（1）と（2）に関する研究の重要な出発点ではあるが十分ではないというのが本研究のモチベーションである。一方で、既存研究の中には「多くの経済」を前提としたモデルもある。例えば、Matsuyama (2004) は事前的に同質な経済を仮定し、ある経済はテークオフする事を説明している。しかし、どの経済がテークオフするかは「運」に依存しており、テークオフする経済の特徴については何も言えない結果となっている。

本稿の構成は以下である。第2節ではモデルについての説明をおこない、第3節では均衡式を導出する。第4節では長期的均衡である定常状態の特徴について考察し、移行過程の分

析をおこなう。また科学技術水準や人的資本の拡大によって「北」の相対賃金は J 字カーブを描き長期的水準に収斂する可能性があることを示す。第 5 節では結論を簡単にまとめる。

2 モデル

2.1 消費者

連続時間で、連続体の小国開放経済で構成される世界経済を仮定する。まず英国のように先にテークオフをした 1 つの経済が存在するとし、その経済のインデックスを I とする。他の経済のインデックスは $i \in [0, M]$ とする。

それぞれの経済には代表的個人が存在し、 L 単位の労働サービスを供給するとともに以下の瞬時的効用関数を持つ。

$$u_i(t) = \beta \ln X_i(t) + (1 - \beta) \ln y_i(t), \quad i = I \cup i, \quad 0 < \beta < 1. \quad (1)$$

y はローテク財であり、 X は以下の式で定義される複数のハイテク財で構成されるインデックスである。

$$\ln X_i(t) = \int_0^1 \ln q_j(t) x_{ij}(t) dj. \quad (2)$$

ここで $j \in [0, 1]$ は産業のインデックスとする。すなわち、 x_{ij} は経済 i で消費される産業 j のハイテク財であり、 q_j は x_{ij} の質（すなわち、 t 時点において産業 j において消費可能な最高品質）を表してゐる。^{*5} n_j を産業 j で発生したイノベーションの回数とし、ハイテク財の質は以下の等比数列に従い増加すると仮定する。

$$q_j(t) = \gamma_j^{n_j(t)}, \quad \gamma_j > 1, \quad n_j(t) = 0, 1, 2, 3, \dots$$

ここで γ_j はイノベーションのサイズと呼ぶことにする。以下で詳細に説明するが、R&D 企業は γ_j を内生的に決定することになる。本論文の貢献の 1 つは、この様な標準的な仮定の下で逐次的テークオフをモデル化する手法を提示することである。

式 (2) はコブ・ダグラス関数であり、その効用関数から導出できる需要関数は以下で与えられる。

$$x_{ij}(t) = \frac{\beta E_i(t)}{p_j(t) N(t)}, \quad y_i(t) = \frac{(1 - \beta) E_i(t)}{p_y(t)} \quad (3)$$

ここで E_i は経済 i の消費支出である。また、効用を最大化する消費者は以下の式に従う消費支出 E_i の変化を選択する事は容易に確認できる。

$$\frac{\dot{E}_i(t)}{E_i(t)} = r(t) - \rho \quad (4)$$

^{*5} 均衡では全ての経済で同じ質のハイテク財を消費することになるため q_j には経済のインデックス i が付いていない。

ここで r は利子率であり、 ρ は消費者の主観的割引率である。^{*6}さらに消費支出の合計を $E = E_I + \int_0^1 E_i di$ と定義し、式 (4) を使うことにより、次式のオイラー条件を導出できる。^{*7}

$$\frac{\dot{E}(t)}{E(t)} = r(t) - \rho. \quad (5)$$

この式は全ての経済で消費者が効用を最大化した際、世界経済全体での消費支出の合計がどのように変化するかを表している。

2.2 財の生産

均衡では世界経済が2つのグループに別れることになる。一つ目のグループはハイテク財に特化し産業化された「北」であり、二つ目はローテク財に特化する「南」である。既存研究と異なる点は、グループ間の異質性が存在するだけでなく、「北」のグループ内の経済も異質である点である。

まず「南」を考えよう。ローテク財は完全競争の下で生産されると仮定する。企業は労働者1人を雇用することによりローテク財1単位を生産する。全ての経済は同じ技術にアクセスできると仮定すると、価格 p_y は賃金と等しくなる。すなわち、 w_S を「南」の賃金とすると $p_y = w_S$ が成立する。

ハイテク財は、その財を発明した独占企業により生産される。経済 k の企業が産業 j のハイテク財を生産しているとしよう。さらに、経済 l の企業が同じ産業 j でイノベーションに成功しより質の高い財を生産することになったと考えよう。この企業は以下の価格設定を行うことになる。

$$p_j(t) = \gamma_j w_k(t). \quad (6)$$

この価格設定は、式 (2) の効用関数がコブ・ダグラス型であるためイノベーションが“non-drastic”になるためである。ここで“non-drastic”とは、以前の独占企業の限界費用（すなわち、賃金）が必ず現在の独占企業の価格設定に影響を及ぼすという意味である。この性質により、式 (2) の右辺に、以前の独占企業が立地する経済 k の賃金がある。もちろん、 $k = l$ のケースもありえる。式 (2) の γ_j は限界費用 w_k に上乘せする質のプレミアムと解釈できる。

ローテク財と同様、ハイテク財の労働投入係数は1と仮定する。従って、産業 j で財を生産する経済 l の独占企業が得る利潤は以下の式で与えられる。

$$\pi_{jlk}(t) = \left(1 - \frac{w_l(t)}{\gamma_j w_k(t)}\right) \beta E(t). \quad (7)$$

以下で詳細に説明するように、独占企業はイノベーションのサイズ γ_j を選択する。また経済 l の企業は同質であるため、それらの行動は同じになる。この点を念頭に置き、 γ_j にある

^{*6} 経済間で資本は自由に移動できると仮定することにより、利子率 r 経済のインデックス l には依存しないことになる。

^{*7} 式 (4) を $\dot{E}_i = E_i(r - \rho)$ とおき、 i について積分することにより式 (5) が導出できる。

産業のインデックス j を式 (6) and (8) にある経済のインデックス l と入れ替えることにする。これにより、以下の説明をより簡単にするのが可能となり、以下ではハイテク財の価格と独占利潤を以下のように書くことにする。

$$p_j(t) = \gamma_l w_k(t), \quad \pi_{lk}(t) = \left(1 - \frac{w_l(t)}{\gamma_l w_k(t)}\right) \beta E(t). \quad (8)$$

2.3 イノベーションの価値

それぞれの経済は R&D の生産性 a_l が異なると仮定する。 R_l を経済 l で雇用される労働者数とし、イノベーションは経済 l でポアソン率 $a_l R_l$ に従って確率的に発生すると仮定する。容易に想像できるように、R&D の生産性の違いは R&D 投資の異なるインセンティブにつながり、その結果、「北」の経済間で 1 人当たり GDP が異なることになる。

既存のシュンペーター的経済成長モデルでは、企業はある特定の産業で R&D をおこない、成功した場合その産業でイノベーションを実行する。その意味では「方向付けられた」R&D といえる。本稿では、「方向付けられていない」R&D を仮定する。具体的には、R&D が成功した後にそのイノベーションを実行する産業がランダムに与えられると考える。この仮定は R&D の結果の不確実性を簡単な方法で捉えている。^{*8}

この仮定の下で経済 l で発生したイノベーションの価値を導出する。まず、イノベーションが発生し、ランダムに与えられた産業 j で実行されたイノベーションの事後的な価値を考える。R&D に成功した企業は、新たなイノベーションにより財が陳腐化されるまでの間、利潤 π_{lk} を得る。従って、イノベーションの事後的な価値 v_{lk} は次式で与えられる。

$$r(t)v_{lk}(t) = \pi_{lk}(t) + \dot{v}_{lk}(t) - g(t)v_{lk}(t). \quad (9)$$

ここで

$$g(t) = a_I R_I + \int_{i' \in \mathcal{N}} a_{i'}(t) R_{i'}(t) di' \quad (10)$$

であり、 $\mathcal{N}$ は「北」の経済の集合である。式 (9) の右辺は、利潤のフローとキャピタル・ゲイン、そして財が陳腐化し利潤を失うリスクを反映する項で構成される。最終項の g は産業 k でイノベーションが実行されるポアソン率であり、産業数が 1 に標準化されているため、全ての「北」の経済のポアソン率の合計と等しい。

次に、イノベーションの事前的価値を考察する。イノベーションが発生すると、その結果を実行する産業が無作為に与えられるが、以下の理由により、実質的に経済がランダムに与えられているのと等しいことになる。産業が与えられると、企業は式 (8) の利潤を得るが、その式の中で無作為に与えられる変数は w_k である。これは以前の独占企業の限界費用であり、その企業がどの経済に立地するかに依存するかによって決定される。その意味では、産

^{*8} 広く知られている例として、軍事利用のために研究されたマイクロ波から派生した電子レンジが挙げられる。「方向付けられていない」R&D の仮定は Kortum (1997) でも使われている。

業の無作為な割り当ては経済がランダムに与えられることと同じである。この考えに従うと、イノベーションの事前的価値は次式で定義される。

$$v_l(t) = \sigma_I v_{lI} + \int_{k \in \mathcal{N}} \sigma_k(t) v_{lk}(t) dk. \quad (11)$$

ここで σ_I と σ_k は経済 I 及び k のハイテク産業のシェアを表す。明らかに $1 = \sigma_I + \int_{k \in \mathcal{N}} \sigma_k dk$ が成立し、 σ_I と σ_k が経済をランダムに割り当てる上で確率の役割を果たしている。式 (9) と (11) から次式を導出することができる。

$$r(t)v_l(t) = \pi_l(t) + \dot{v}_l(t) - g(t)v_l(t), \quad (12a)$$

$$\pi_l(t) = \sigma_I \pi_{lI} + \int_{k \in \mathcal{N}} \sigma_k(t) \pi_{lk}(t) dk. \quad (12b)$$

2.4 R&D

世界経済の不平等は R&D 生産性 a_l の異質性により発生することになり、以下の分析では a_l が非常に重要な役割を果たすことになる。R&D 生産性について以下の仮定を置く。

$$a_l(t) = \begin{cases} \kappa \gamma_I^{-\mu}, & \text{for } l = I \\ \kappa e^{-\eta i} \gamma_i^{-\mu}, & \text{for } l = i \end{cases} \quad \kappa, \eta, \mu > 0. \quad (13)$$

式 (13) は次の 2 つのメカニズムを捉えている

1. a_i は i の減少関数である。これは R&D 生産性が最も高い経済から降順になべられていることを意味する。 η は R&D 生産性の異質性の強さを示すパラメータである。
2. a_l はイノベーションのサイズ γ_l の減少関数である。一方、式 (8) の利潤は γ_l の増加関数であり、 a_l と逆の方向に動く。 γ_l を決定する企業は、 γ_l を上昇させると利潤が増加するが R&D 生産性が減少するというトレード・オフに直面することになり、最適な γ_l の値を決定することになる。 μ は γ_l 増加により発生する R&D 生産性減少の限界効果を決定するパラメータである。

これらの仮定を踏まえ、企業の R&D 投資に関する最適行動を考察する。企業は R&D に雇用する労働者数とイノベーションのサイズ γ_l の 2 つの変数を同時決定する。すなわち、経済 l の R&D 企業は以下の問題を解く。

$$\max_{R_l(t), \gamma_l} \frac{\overbrace{\pi_l(t)}^{v_l(t)}}{r(t) + g(t) - \dot{v}_l(t)/v_l(t)} a_l(t) R_l(t) - (1 - s_l) w_l(t) R_l(t).$$

ここで s_l は R&D 費用の補助率であり、 R_l は R&D に雇用された労働者数である。簡単化のために $s_l = s$ と置くと次式が一階条件となる。

$$v_l(t) a_l(t) = (1 - s) w_l(t) \quad \text{for } R_l > 0 \quad (14)$$

$$v_l(t)a_l(t) < (1-s)w_l(t) \quad \text{for } R_l = 0 \quad (15)$$

$$\begin{aligned} a_l(t)\sigma_I(t)\frac{w_i(t)}{\gamma_i^2 w_I(t)} + a_i(t) \int_{k \in \mathcal{N}} \sigma_k(t) \frac{w_i(t)}{\gamma_i^2 w_k(t)} dk \\ = -\frac{\partial a_i(t)}{\partial \gamma_i} \left[\sigma_I \left(1 - \frac{w_l(t)}{\gamma_l w_I(t)} \right) + \int_{k \in \mathcal{N}} \sigma_k(t) \left(1 - \frac{w_i(t)}{\gamma_i w_k(t)} \right) dk \right] \end{aligned} \quad (16)$$

自由参入の下で式 (14) と (15) は標準的な条件である。式 (16) はイノベーション・サイズの最適な値を決定する。^{*9} この式の左辺は γ_i 増加の限界便益であり、右辺はその限界費用である。式 (16) を整理すると次式を導出できる。

$$\gamma_l = \frac{1 + \mu w_l}{\mu \tilde{w}}. \quad (17)$$

ここで

$$\tilde{w}(t) = \left(\frac{\sigma_I(t)}{w_I(t)} + \int_{i \in \mathcal{N}} \frac{\sigma_i(t)}{w_i(t)} di \right)^{-1} \quad (18)$$

であり、 $m\tilde{w}$ は「北」の賃金の加重調和平均である。式 (17) によると、賃金が高い経済の企業はより大きなイノベーションのサイズを選択することがわかる。^{*10}

式 (17) を使い式 (8) の利潤を以下のように書き換えることが可能である。

$$\pi(t) = \pi_{lk}(t) = \frac{\beta}{1 + \mu} E(t). \quad (19)$$

利潤は経済のインデックス l と k から独立となっている。さらには式 (19) により全ての l に対して $v_l = v$ となり、式 (12a) を以下のように簡単化できる。

$$r(t)v(t) = \pi(t) + \dot{v}(t) - g(t)v(t). \quad (20)$$

この式からイノベーションの事前的価値は全ての経済で等しいことがわかる。これは分析を進める上で非常に便利な結果である。一方でこの結果は全ての経済で R&D が行われるということではない。「北」の経済では一階条件 (14) が成立するが、「南」の経済では R&D 生産性が低すぎるため一階条件 (15) が成立することになるためである。

a_i は i の減少関数であることを踏まえ、「北」の経済の中で R&D 生産性が最も低い経済を m で示そう。経済 m よりも R&D 生産性が高い経済では R&D が行われるため、 m は「北」の経済の総数と等しい。以下では経済 m を「限界的経済」と呼ぶことにする。この経済では $va_m = w_m$ が成立し、R&D 生産性がより低い「南」の経済では $va_i < w_S$ が成立することになる。また a_i は i の連続関数であるため $w_m = w_S$ が成立する。この結果は、

^{*9} 二階条件が満たされる十分条件は $\mu \leq 1$ であり、これを仮定する。

^{*10} (17) は $\frac{\gamma_l}{w_l} = \frac{1+\mu}{\mu \tilde{w}}$ と書くことができ、賃金単位当たりのイノベーション・サイズは一定であるとも解釈できる。

R&D が行われる限界的経済の賃金は「南」のそれと同じであるが、「南」の経済の R&D 生産性は低いいため R&D 投資を正当化できないためである。^{*11}

式 (14), (17) と $v_\iota = v$ を使うと, 経済間の相対賃金を導出できる。

$$\frac{w_i(t)}{w_S(t)} = \frac{a_i(t)}{a_m(t)} \quad \Rightarrow \quad \frac{w_i(t)}{w_S(t)} = e^{\frac{\eta}{1+\mu}(m(t)-i)}. \quad (21)$$

これは式 (13) を整理した結果である。「北」の経済 i の相対賃金は, より多くの経済がテークオフすると上昇することがわかる。相対賃金は R&D の相対生産性に依存し, 新しく産業化された経済の生産性はより低くなるためである。

続く分析のために, 以下を定義する。

$$z(t) \equiv \frac{\tilde{w}(t)}{w_S(t)} = \left(\sigma_I \frac{w_S(t)}{w_I(t)} + \int_0^{m(t)} \sigma_i(t) \frac{w_S(t)}{w_i(t)} di \right)^{-1}, \quad (22)$$

$$a_\iota(t) = \begin{cases} \Lambda z(t)^\mu e^{-\frac{\mu\eta}{1+\mu}m(t)} & \text{for } \iota = I \\ \Lambda z(t)^\mu e^{-\frac{\mu\eta}{1+\mu}m(t) - \frac{\eta}{1+\mu}i} & \text{for } \iota = i \end{cases} \equiv A_\iota(m(t), z(t)). \quad (23)$$

ここで $\Lambda \equiv \kappa \left(\frac{\mu}{1+\mu} \right)^\mu$ である。 mz は「南」の賃金を基準とした「北」の相対賃金となるため, z は相対賃金を「北」の国数で除したものである。 $A_\iota(m, z)$ は経済 ι の R&D 生産性を (m, z) で表したものである。このモデルの分析では限界的経済の行動が重要であるが, その経済の R&D 生産性を次式で表すことにする。

$$\alpha(m(t), z(t)) \equiv A_\iota(m(t), z(t)) \quad \text{for } \iota = m(t).$$

2.5 労働市場

まず $(M - m)$ の経済が存在する「南」を考えよう。それぞれの経済は L 単位の労働サービスを提供しているため, 「南」の総労働供給は $(M - m)L$ である。一方, ローテク財の需要は (3) の右の式で与えられている。経済のインデックス i について合計することにより世界経済の総需要が導出できる。需給が等しくなり全ての労働者の雇用されるように賃金が決定されたため, 次式が成立する。

$$(M - m(t))L = \frac{(1 - \beta)E(t)}{w_S(t)}. \quad (24)$$

次に「北」の労働市場を考える。経済 ι では R_ι の労働者が R&D に雇用される。財の生産に雇用される労働者を計算するために, 産業 j を考えよう。さらに, その産業の以前の独

^{*11} 比較優位に基づく結果として理解することも可能である。例えば, i 国におけるローテク財の生産性を b_i とし, R&D の相対的生産性を $C_i = a_i/b_i$ と仮定しよう。 $C'_i < 0$ と置くと, R&D に比較優位がある国から並べられていると解釈できる。さらに, 限界的経済において $v/p_y = a_m/b_m$ が成立するため, $i \in [0, m]$ は「北」, $i \in (m, 1]$ は「南」と別れることになる。 $b_i = 1$ が本稿が展開するケースである。

占企業は経済 k に立地していたと考えよう。一単位のハイテク財は 1 人の労働者が必要になるため、労働需要は $\frac{\beta E}{\gamma_i w_k}$ で与えられる。ここで $\gamma_i w_k$ はハイテク財の価格である ((8) の最初の式を参照)。イノベーションが成功した後、産業がランダムに与えられると仮定した。従って、式 (18) を使うと、平均の労働需要は $\ell_i \equiv \int_0^m \sigma_k \frac{\beta E}{\gamma_i w_k} dk = \frac{\beta E}{\gamma_i \bar{w}}$ となる。さらに、 σ_i は経済 i におけるハイテク財生産のシェアを示すため、ハイテク財生産の労働需要は $\sigma_i \ell_i$ で与えられる。さらに式 (17) を使うと、経済 i では次式が満たされた場合に労働者の完全雇用が達成されることになる。

$$L = R_i(t) + \sigma_i(t) \frac{\mu \beta}{1 + \mu w_i(t)} \frac{E(t)}{w_i(t)}. \quad (25)$$

3 均衡

3.1 ハイテク産業のシェア

モデルの均衡は 2 つの内生変数 (m, z) だけを使い特徴づけることが可能である。それを示すためにはまずハイテク産業のシェアである σ_i がどのように決定されるかについて説明する必要がある。

まず限界的経済以外の「北」の経済を考えよう。 σ_i の変化には 2 つの理由がある。第 1 に、経済 i で発生するイノベーションにより σ_i は増加する。具体的には、非常に短い期間 dt に経済 i の企業が成功するイノベーションの数は $A_i R_i$ であり、自国のハイテク産業以外で発生するイノベーション数は $A_i R_i (1 - \sigma_i)$ となり、その値だけ σ_i は増加する。一方、 dt の間に経済 i が生産している産業で外国企業がイノベーションを実施するポアソン率は $(g - A_i R_i)$ と等しいため、 $(g - A_i R_i) \sigma_i$ の数の産業で財の陳腐化が起こることになる。従って、 σ_i は以下の式に従って変化することになる。

$$\dot{\sigma}_i(t) = A_i(m(t), z(t)) R_i(t) - g(t) \sigma_i(t), \quad i \in I \cup [0, m(t)). \quad (26)$$

定常状態では $\dot{\sigma}_i = 0$ となり、次式が示すようにハイテク産業のシェアはポアソン率のシェアと等しくなる。

$$\sigma_i^* = \frac{A_i(m^*, z^*) R_i^*}{g^*}, \quad i \in I \cup [0, m^*). \quad (27)$$

次に限界的経済の場合、定常状態と移行過程に分けて考える必要がある。まず長期均衡である定常状態の場合、 m は一定でありテークオフは逐次的に発生しない。換言すると、限界的経済のアイデンティティは変わらないのである。この場合、上で明らかにした σ_i を変化させる要因は限界的経済にも当てはまり (27) が成立することになる。

移行過程である $\dot{m} > 0$ の場合は定常状態と異なる点がある。この場合、時間と共に次々と経済が産業化され逐次的テークオフが発生する。特に、限界的経済のアイデンティティが変化していることに留意する必要がある。「南」の一員であった経済が産業化するわけだが、

テークオフした時点ではハイテク産業は存在しない。すなわち、 $\sigma_m = 0$ であり、^{*12} σ_m の動学方程式には (26) の右辺の最終項が存在しないことを意味する。

最後のケースは $\dot{m} < 0$ であるが、本論文ではこのケースは扱わず、逐次的テークオフ ($\dot{m} > 0$) のみ考察する。上の議論は以下の式でまとめることができる。

$$\sigma_m = \frac{\alpha(m^*, z^*) R_m}{g} \quad \text{for } \dot{m}(t) = 0 \quad (28a)$$

$$\dot{\sigma}_m(t) = \alpha(m(t), z(t)) R_m(t) \quad \text{for } \dot{m}(t) > 0 \quad (28b)$$

3.2 均衡条件

今までの議論に基づき以下に均衡条件を整理する。

命題 1. 2つの内生変数 (m, z) は以下の式で決定される。

$$\dot{m}(t) = W(m(t), z(t)) \equiv \frac{F(m(t), z(t)) - \mu H(m(t), z(t))}{D(t)} \quad (29)$$

$$\dot{z}(t) = U(m(t), z(t)) \equiv \frac{z(t)}{D(t)} \left(\frac{\eta}{1 + \mu} F(m, z) - \Delta(t) H(m, z) \right) \quad (30)$$

ここで

$$F(m(t), z(t)) = L\alpha(m(t), z(t)) [A(m(t)) - B(1 - m(t))] + \rho \quad (31)$$

$$H(m(t), z(t)) = L\alpha(m(t), z(t)) [z(t)(1 + m(t)) - A(m(t))] \quad (32)$$

$$D(m(t)) = \frac{1}{M - m(t)} + \frac{\eta}{1 + \mu} \quad (33)$$

$$\Delta(m(t)) \equiv \frac{1}{M - m(t)} + \eta \quad (34)$$

$$B \equiv \left(\mu + \frac{1}{1 - s} \right) \frac{\beta}{(1 + \mu)(1 - \beta)} \quad (35)$$

連続体の経済が存在する複雑な構造になっているにも関わらず、2つの内生変数 (m, z) のみでモデルの定常状態だけではなく移行過程を特徴づけることができる非常に扱いやすい形になっている。これらの均衡条件が示すのは、 $0 < m < M$ の内点解である場合、経済は「南北」のブロックに分かれ、二分化された世界経済が内生的に発生するというのである。^{*13}ではこのように二分化された世界でそれぞれの経済の所得の水準と成長率はどのように決定されるのか？ この問題は次節で議論することにする。

^{*12} この結果は $1 = \sigma_I + \int_0^m \sigma_i di$ から導出可能である。時間微分すると $\sigma_m \dot{m} = -\dot{\sigma}_I - \int_0^m \dot{\sigma}_i di$ を得る。(26) を使うと右辺は 0 になり、3つの可能性が存在する。(i) $\sigma_m = \dot{m} = 0$, (ii) $\sigma_m > 0$ かつ $\dot{m} = 0$, (iii) $\sigma_m = 0$ かつ $\dot{m} > 0$ 。均衡で (i) は成立しない。また (ii) は定常状態でのみ成立する。従って、 $\dot{m} > 0$ の場合は (iii) が成り立つ。

^{*13} 以下では内点解なるパラメータの値を仮定する。

4 分析

4.1 1人当たり GDP

「南」の経済は R&D をおこなわず、ローテク財の生産に特化している。従って、所得で測った GDP は労働所得のみであり、GDP は Lw_S である。「北」の経済 ι では、労働者は R&D とハイテク財の生産に雇用されており、そこから稼得する所得は Lw_ι である。これに加えて、GDP の構成要素となる利潤が発生しており、式 (19) を使うと総利潤は $\sigma_\iota \frac{\beta}{1+\mu} E$ となる。従って、以下のようにまとめることができる。

$$\text{「北」の経済 } \iota \text{ の 1 人当たり GDP: } w_\iota(t) + \sigma_\iota(t) \frac{\beta}{1+\mu} \frac{E(t)}{L}, \quad \iota \in I \cup [0, m(t)] \quad (36)$$

$$\text{「南」の経済 } i \text{ の 1 人当たり GDP: } w_S(t), \quad i \in (m(t), M]$$

限界的経済の賃金は「南」のそれと等しい。しかし、稼得する利潤分だけ 1 人当たり GDP が高くなっている。一方、上で議論したように $\dot{m} > 0$ の移行過程では $\sigma_m = 0$ となる。

4.2 成長率

均衡ではイノベーションが「北」で発生し経済成長を促しつつ、より高い質のハイテク財が「南」を含む経済に輸出される。一方、「南」からはローテク財が「北」に輸出される。そういった意味で、「南北」共に経済成長と生産の特化から恩恵を受けることになる。

技術進歩率を計算するために、労働市場条件 (25)、式 (23) にある $A_i(m, z)$ 、「南」の労働市場条件 (24) を使うと次式を得る。

$$g(m(t), z(t)) = L\alpha(m(t), z(t)) \left(A(m(t)) - \frac{\mu\beta}{1+\mu} \cdot \frac{M - m(t)}{1 - \beta} \right). \quad (37)$$

ここで

$$A(m(t)) \equiv e^{\frac{\eta}{1+\mu} m(t)} + \int_0^{m(t)} e^{\frac{\eta}{1+\mu} (m(t)-i)} di$$

は限界的経済を基準とした「北」の R&D の相対的生産性の合計と等しい。^{*14} 式 (37) は世界経済全体の労働資源制約、財の生産と R&D 投資に関する企業のインセンティブ、そして消費者の最適な行動を反映している。特に、企業と消費者の最適行動の影響は変数 (m, z) を通して実現することになる。しかしここでは、モデルのメカニズムの理解を深めるために、 (m, z) をパラメータ的に扱い両変数の変化が成長率に対してどのような影響を及ぼすかを説明することにする。

^{*14} $A(m) = \int_0^m \frac{A_i(m, z)}{A_m(m, z)} di$ であり、右辺の z はキャンセルされる。

まず「北」の相対賃金と比例する z を考えよう。企業はイノベーション・サイズ γ_i を選択するが、式 (17) が示すように、「北」の相対賃金 $\tilde{w}$ が高いとより低い γ_i を選ぶ。 $\tilde{w}$ の上昇は限界便益の減少を引き起こすためである。従って、R&D 生産性は γ_i の減少関数であるため、相対賃金 z の上昇はより高い R&D 生産につながり技術進歩率を促すことになる。この効果は限界的経済の R&D 生産性 $\alpha(\cdot)$ を通して顕在化する。

次に「北」の経済の数である m を考えよう。2つの効果が存在する。第1に、式 (37) の最終項にある m の増加は高い技術進歩率につながる。「南」の賃金で測った）世界の実質消費支出が減少するため、ハイテク財に対しての需要だけではなく、その財の生産の労働需要も減少し、より多くの労働者が R&D に雇用可能となるためである。第2に、 m の増加は $A(m)$ を上昇させ成長率を高める。より多くの経済がテークオフすることにより、世界経済全体での R&D 労働者数が増えるためである。第3に、 m の増加は限界的経済の R&D 生産性である $\alpha(\cdot)$ を減少させる。これはテークオフが進むにつれて限界的経済の R&D 生産性が減少することを捉えており、技術進歩率を押し下げる働きをする。

上の説明では、 (m, z) をパラメータ的に扱い説明したが、均衡では企業と消費者の最適化行動に依存し決定される。以下では、 (m, z) が動学的均衡経路上でどのように決定され変化するかを探る。

4.3 定常状態

(m, z) が一定となる長期的均衡を考える。(29) と (30) の式で $\dot{m} = \dot{z} = 0$ となるが、これが満たされるためには $F(\cdot) = H(\cdot) = 0$ となる必要があり、定常状態では次式が成立する。

$$F(m^*, z^*) = 0 : \quad z^* = \frac{1 + \mu}{\mu} \left(\frac{\rho e^{\eta m^*}}{L\kappa [B(1 - m^*) - A(m^*)]} \right)^{\frac{1}{\mu}} \quad (38)$$

$$H(m^*, z^*) = 0 : \quad z^* = \frac{A(m^*)}{1 + m^*} \quad (39)$$

この2つの式は図4に図示している。式 (38) と (39) はともに単調増加関数である。また、 $\left(\frac{1+\mu}{\mu}\right)^{\frac{1}{\mu}} \frac{\rho}{L\kappa(B-1)} < 1$ のもとで $\underline{m}_F$ が存在し^{*15} $\overline{m}_F < 1$ も存在する。^{*16} これにより唯一の定常均衡が存在することになる。さらに、定常状態の m は $m < \overline{m}_F$ となるため、テークオフできない経済が必ず存在することになる。

パラメータの比較静学については以下の命題にまとめる。

命題 2. L, κ, β, s の上昇もしくは ρ と μ の減少は、 m^* と z^* の両方を増加させる。一方、 η の変化による効果は不定。

この命題は、パラメータの変化によって m^* と z^* は同じ方向に動くことを示している。 m^* の上昇はより多くの経済が産業化され所得水準の上昇につながる（(36) を参照）

^{*15} この条件は $F(0, \tilde{z}) = 0$ の下で $\tilde{z} < 1$ が満たされる条件である。

^{*16} $\overline{m}_F$ は $B(1 - \overline{m}_F) = A(\overline{m}_F)$ で定義される。

一方、「南」に取り残された経済の所得水準は w_S のままである。これにより「南北」の相対的な賃金格差は広がることになる。

それぞれのパラメーターの効果について直感的な説明をすることも可能であるが、ここでは κ に着目する。 κ は R&D 生産性水準を示すパラメーターである（(13) を参照）。基礎研究や科学技術の進歩さらには人的資本ストック（エンジニアや科学者の生産性）などにより κ は上昇すると考えられる。 κ の上昇は R&D 投資の限界便益を増加させ、2つの形であらわれる。第1に「北」の全ての経済で R&D 投資が増加する。第2に、「南」の経済を含めて高い κ はより多くの経済のテークオフを促すことになる。

次に「北」の相対賃金である z が上昇するメカニズムを考えてみよう。 m の増加はより生産性が低い経済が産業化するという意味である。すなわち、限界的経済の生産性 a_m が減少するということであり、所与の経済 i の相対的生産性は上昇することになる。また式 (21) が示すように「北」の経済 i の相対賃金は、相対的な R&D 生産性によって決定される。従って、より多くの経済が産業化された均衡では「北」の相対賃金 z は上昇することになる。

上述の説明で2つ留意点がある。1つ目は、命題2の結果は全ての経済で所与のパラメータが変化した場合であり、ある一部の経済で変化した結果ではない。2つ目は、命題2の結果は長期的な結果であり、短期的には z の変化は異なる可能性がある。短期的な変化は、移行過程を分析することにより明らかにすることができる。

4.4 移行過程

定常均衡の安定性について以下の命題にまとめる。

命題 3. 長期的均衡 (m^*, z^*) は鞍点である。

Proof. 付録を参照。 □

図5を使い説明する。曲線 $\dot{m} = 0$ の傾きは $\dot{z} = 0$ のそれよりも大きいことは、図4にある $F(\cdot) = 0$ と $H(\cdot) = 0$ の曲線の相対的な傾きを使うと簡単に確認できる。また図にある流線 (stream lines) の方向は (29) を (30) をそれぞれ $\dot{m} = 0$ と $\dot{z} = 0$ の近傍で微分することにより確認できる。

図からわかることは、世界経済が鞍点経路に乗ってこそ長期的均衡に向かうということである。これに関して2つの問題がある。第1に、 m と z がフロー変数なのかストック変数なのかという問題である。相対賃金である z はフロー変数であり、瞬時にジャンプ可能な変数である。一方、 m は産業化した経済の数である。経済の産業構造の変化には非常に長い時間が掛かり、多くの国の経験が物語っている。相対賃金のように瞬時に変化する変数と考えるのは現実には合致しない。従って、 m は過去の経済行動によって決定されたストック変数と考えるのが自然である。この場合、初期時点では m を所与とし z が決定され则认为ることができる。

第2の問題は、 m は先決変数とした場合、初期時点で世界経済が鞍点経路上に乗るように z の値が決定されるかどうかという問題である。この問題を考える上で、初期時点での m の値を 0 とし、鞍点経路上の対応する z の値を z_0 としよう。もし z の値が z_0 を下回る場合 ($1 < z < z_0$)、世界経済は発散し、長期的には $m = M$ の点線に到達する（例えば、点A）。この場合、全ての経済はハイテク財に特化することになり、ローテク財は生産されない。これは効用関数 (1) のもとで効用を最大化する消費者行動と矛盾するため均衡としては排除される。次に、初期時点での z の値が z_0 を少し上回ったとしよう ($z_0 < z < B$)。この場合、当初 m は増加するが、いずれ減少し $m = 0$ の縦軸に到達することになる。しかし、テークオフした経済が「北」から「南」に逆戻りする経路は均衡式 (29) と (30) と整合性がなく、均衡条件の修正が必要である。従って、このケースの分析は他の機会におこなうこととする。最後の可能性として z が縦軸の点Bの上の点にジャンプする可能性がある。この場合、縦軸に沿って世界経済は点Cに到達し、長期的には逐次的テークオフは拡散しない結果になる。このケースについての分析も他の機会におこない、以下ではデータと合致するケースである $z = z_0$ となる場合に焦点を当てることにする。

世界経済は鞍点経路上に乗ることにより、長期的均衡に向かって北東の方向に移行することになる。重要な点は、 m の増加が逐次的テークオフを捉えているということである。 m が上昇するに従い、「南」であった経済は産業化し「北」のグループに加わることになる。図5から逐次的テークオフは z の増加を伴うことがわかる。「北」の相対賃金は mz とで表されるため、「南北」の賃金格差は持続的に広がっていくことになる。この結果は、 m と z は同じ方向に動くという意味では命題3に似ている。しかし、その命題はパラメータ（例えば、 κ ）の長期的な効果について述べているだけで、短期的な動きは明らかにされていない。この点について、 κ に着目し次の命題で説明する。

命題 4. 長期的均衡にある世界経済を考えよう。 κ が上昇すると、そのインパクト効果により z は上昇する場合と減少する場合があります。その後、長期均衡水準に向かって上昇する。 m は単調的に増加する。

図6を使いこの命題について説明する。定常状態である点Aに世界経済があるとしよう。ここで κ が上昇すると新たな長期的均衡は点Cに移行する。図には点Cへの鞍点経路が2つ描かれている。 κ が変化する時点では先決変数である m は一定であるため、フロー変数である z は点Cへ続く鞍点経路の位置により上方（点 $B_{上}$ ）もしくは下方（点 $B_{下}$ ）ジャンプすることになる。その後、逐次的テークオフが発生するとともに z は増加し、（下方ジャンプの場合は κ が変化する以前の水準に戻り）新たな長期的水準へと増加し続ける。「北」の相対賃金は mz で与えられるため、相対賃金は図4が示すパターンで推移することになる。特に、点 $B_{下}$ を通る場合、相対賃金はJ字曲線をたどることになる。

ここでは κ の短長期の効果を議論したが、 L 、 β 、 s についても同じように z はJ字曲線に沿って変化する場合あることを示すことができる。

5 まとめ

本研究では逐次的テークオフに特徴づけられる世界経済の経済発展を考察するための内生的経済成長モデルを構築した。モデルの特徴は、小国開放経済の連続体からなる世界経済の枠組みを利用し、それぞれの経済は R&D の生産性が異なるというものである。個々の経済は既存のシュンペーター的技術進歩モデルに基づいているが、連続体の世界経済の分析により既存研究にないリッチな均衡動学の存在を明らかにした。

具体的には、長期均衡への移行過程では経済が逐次的にテークオフし、世界経済がテークオフする経済としない経済に分岐することを示した。テークオフの仮定で「北」の相対賃金が上昇し、長期的には「南北」格差が広がることを明らかにした。一方で、パラメータの変化（例えば、科学技術水準の上昇）により短期的には全く逆のことが発生する可能性も示した。すなわち、「北」の相対賃金は J 字カーブをたどり変化するのである。

一方、モデルの改善点も明らかになった。特に、図 1~3 ではジニ係数などの不平等指標の推移を示しているが、それを相対賃金として「近似」し議論すすめた。今後の研究では、それらの指標を直接計算し、移行過程でのシミュレーションを試みる予定である。また図 5 では、鞍点経路に沿って移行する均衡だけを考察したが、それ以外の可能性について更なる分析が必要である。

付録：命題 3 の証明

ステップ 1： $B \equiv \frac{\beta}{1-\beta}$ とおき (38) と (39) を微分すると以下を得る。

$$F_m(m^*, z^*) = \eta L \alpha(m^*, z^*) [B(1 - m^*) - A(m^*)] + L \alpha(m^*, z^*) \left[1 + \frac{\eta}{1 + \mu} A(m^*) + B \right] > 0, \quad (A1)$$

$$F_z(m^*, z^*) = -\frac{\mu \rho}{z^*} < 0, \quad (A2)$$

$$H_m(m^*, z^*) = L \alpha(m^*, z^*) \left[\frac{A(m^*)}{1 + m^*} - A'(m^*) \right] < 0, \quad (A3)$$

$$H_z(m^*, z^*) = L \alpha(m^*, z^*) (1 + m^*) > 0 \quad (A4)$$

$$\left. \frac{dz}{dm} \right|_{F(\cdot)=0} = \frac{L \alpha(m^*, z^*) [A(m^*) - B(1 - m^*)]}{\rho} > 0, \quad (A5)$$

$$\left. \frac{dz}{dm} \right|_{H(\cdot)=0} = \frac{\frac{A(m^*)}{1 + m^*} - A'(m^*)}{1 + m^*} > 0. \quad (A6)$$

ここで $A'(m^*) > 0$, $A''(m^*) > 0$ となるため (A6) の分子は正である。さらに図 4 から

$$\left. \frac{dz}{dm} \right|_{F(\cdot)=0} > \left. \frac{dz}{dm} \right|_{H(\cdot)=0} \quad (\text{A7})$$

となる。

ステップ 2 : (29) と (30) を定常状態近傍で線形化し以下の式で表す。

$$\begin{bmatrix} \dot{m} \\ \dot{z} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W(m^*, z^*) \\ U(m^*, z^*) \end{bmatrix} + J \begin{bmatrix} m - m^* \\ z - z^* \end{bmatrix} \quad (\text{A8})$$

ここで

$$J = \begin{bmatrix} W_m(m^*, z^*) & W_z(m^*, z^*) \\ U_m(m^*, z^*) & U_z(m^*, z^*) \end{bmatrix} \quad (\text{A9})$$

$$W_m(m^*, z^*) = \frac{F_m(m^*, z^*) - \mu H_m(m^*, z^*)}{D(m^*)} \quad (\text{A10})$$

$$W_z(m^*, z^*) = \frac{F_z(m^*, z^*) - \mu H_z(m^*, z^*)}{D(m^*)} \quad (\text{A11})$$

$$U_m(m^*, z^*) = \frac{z}{D(m^*)} \left[\frac{\eta}{1+\mu} F_m(m^*, z^*) - \Delta(m^*) H_m(m^*, z^*) \right] \quad (\text{A12})$$

$$U_z(m^*, z^*) = \frac{z}{D(m^*)} \left[\frac{\eta}{1+\mu} F_z(m^*, z^*) - \Delta(m^*) H_z(m^*, z^*) \right] \quad (\text{A13})$$

これらの式を使い行列式を計算すると次の結果を得る。

$$|J| = z^* \frac{H_z(m^*) F_z(m^*)}{\Delta(m^*)} \left[\left(-\frac{F_m(m^*)}{F_z(m^*)} \right) - \left(-\frac{H_m(m^*)}{H_z(m^*)} \right) \right] < 0. \quad (\text{A14})$$

参考文献

- Acemoglu, Daron (2008) *Introduction to Modern Economic Growth*, Arlington: Princeton University Press.
- Acemoglu, Daron and Fabrizio Zilibotti (1997) “Was Prometheus unbound by chance? Risk, diversification, and growth,” *Journal of political economy*, Vol. 105, No. 4, pp. 709–751.
- Acemoglu, Daron, Simon Johnson, and James A Robinson (2005) “Institutions as a fundamental cause of long-run growth,” *Handbook of economic growth*, Vol. 1, pp. 385–472.

- Aghion, Philippe and Peter Howitt (1992) "A Model of Growth Through Creative Destruction," *Econometrica*, Vol. 60, No. 2, pp. 323–351, March.
- Becker, Gary S., Kevin M. Murphy, and Robert Tamura (1990) "Human Capital, Fertility, and Economic Growth," *Journal of Political Economy*, Vol. 98, No. 5, pp. S12–S37, October.
- Bourguignon, François and Christian Morrisson (2002) "Inequality among World Citizens: 1820–1992," *The American Economic Review*, Vol. 92, No. 4, pp. 727–744.
- Broadberry, Stephen (2013) "Accounting for the great divergence," Economic History Working Papers, 184/13. London School of Economics and Political Science.
- Clark, Gregory (2008) *A farewell to alms: a brief economic history of the world*: Princeton University Press.
- Comin, Diego, William Easterly, and Erick Gong (2010) "Was the Wealth of Nations Determined in 1000 BC?" *American Economic Journal: Macroeconomics*, Vol. 2, No. 3, pp. 65–97, July.
- Diamond, Jared M (1997) *Guns, germs and steel: a short history of everybody for the last 13,000 years*: W. W. Norton & Company.
- Doepke, Matthias and Fabrizio Zilibotti (2014) "Culture, entrepreneurship, and growth," in *Handbook of economic growth*, Vol. 2: Elsevier, pp. 1–48.
- Galor, Oded (2011) *Unified growth theory*: Princeton University Press.
- Galor, Oded, Omer Moav, and Dietrich Vollrath (2009) "Inequality in landownership, the emergence of human-capital promoting institutions, and the great divergence," *The Review of economic studies*, Vol. 76, No. 1, pp. 143–179.
- Grossman, Gene M. and Elhanan Helpman (1991) *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge MA: MIT Press.
- Hansen, Gary D and Edward C Prescott (2002) "Malthus to solow," *American economic review*, Vol. 92, No. 4, pp. 1205–1217.
- Jones, Charles I (2001) "Was an industrial revolution inevitable? Economic growth over the very long run," *Advances in macroeconomics*, Vol. 1, No. 2.
- Kortum, Samuel (1997) "Research, Patenting and Technological Change," *Econometrica*, Vol. 65, No. 6, pp. 1389–1419, November.
- Kremer, Michael (1993) "Population Growth and Technological Change: One Million B.C. To 1990," *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 108, pp. 681–716, August.
- Lucas, Robert E. (2002) *Lectures on Economic Growth*: Harvard University Press.
- Matsuyama, Kiminori (1992) "Agricultural productivity, comparative advantage, and economic growth," *Journal of economic theory*, Vol. 58, No. 2, pp. 317–334.
- (2004) "Financial Market Globalization, Symmetry-Breaking and Endogenous

- Inequality of Nations,” *Econometrica*, Vol. 72, No. 3, pp. 853–884, May.
- National Science Board (2018) *Science and Engineering Indicators 2018*, Arlington: National Science Foundation.
- Parente, Stephen L. and Edward C. Prescott (2000) *Barriers to Riches*, Cambridge MA: MIT Press.
- Pomeranz, Kenneth (2000) *The great divergence: China, Europe, and the making of the modern world economy*: Princeton University Press.
- Pomeranz, Walt W. (1960) *The Stages of Economic Growth: A Non-Communist Manifesto*: Cambridge University Press.
- Pritchett, Lant (1997) “Divergence, Big Time,” *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 11, No. 3, pp. 3-17, September.

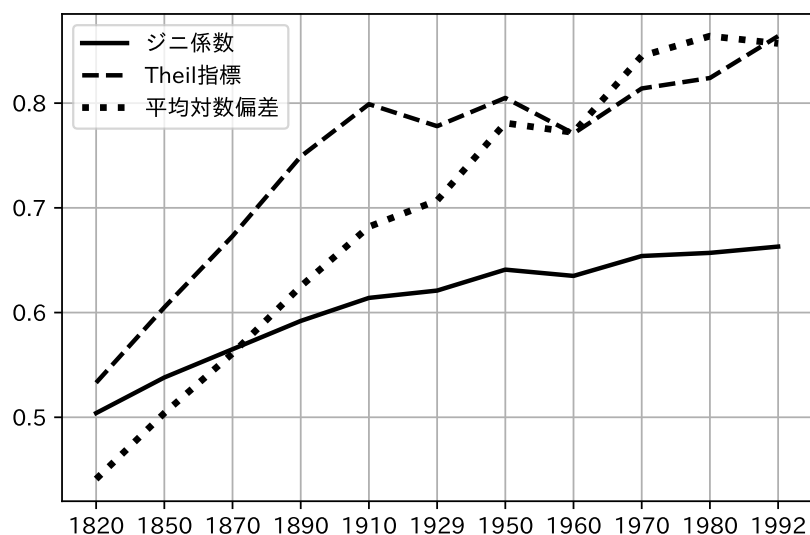


図1 ジニ係数・Theil 指標・平均対数偏差の長期的推移 (Bourguignon and Morrisson (2002) のデータに基づいて作成)。

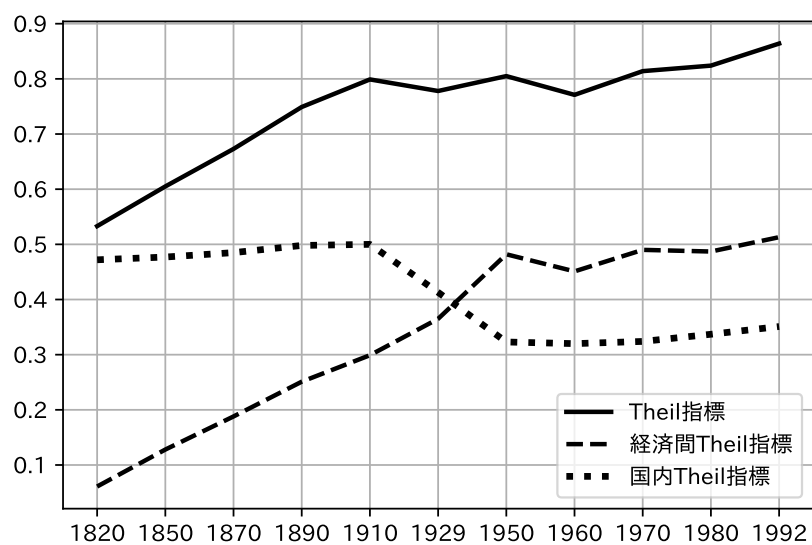


図2 Theil 指標を経済間指標と国内指標に分解した場合 (Bourguignon and Morrisson (2002) のデータに基づいて作成)。

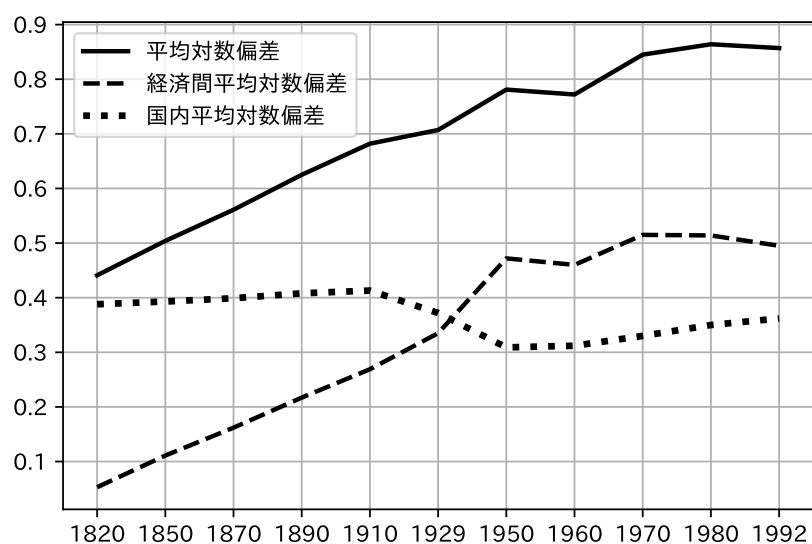


図3 平均対数偏差を経済間指標と国内指標に分解した場合 (Bourguignon and Morrisson (2002) のデータに基づいて作成)。

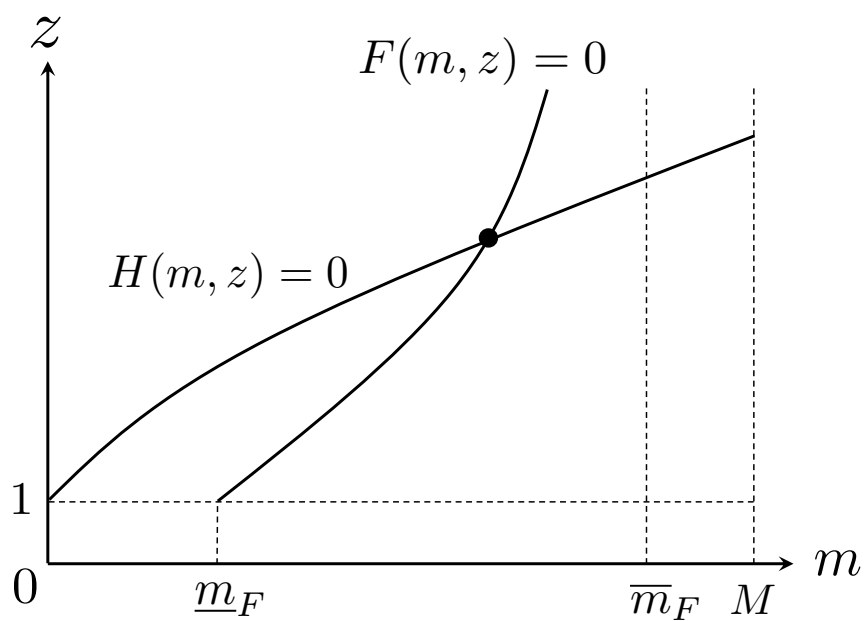


図4 定常均衡条件 (38) と (39)。

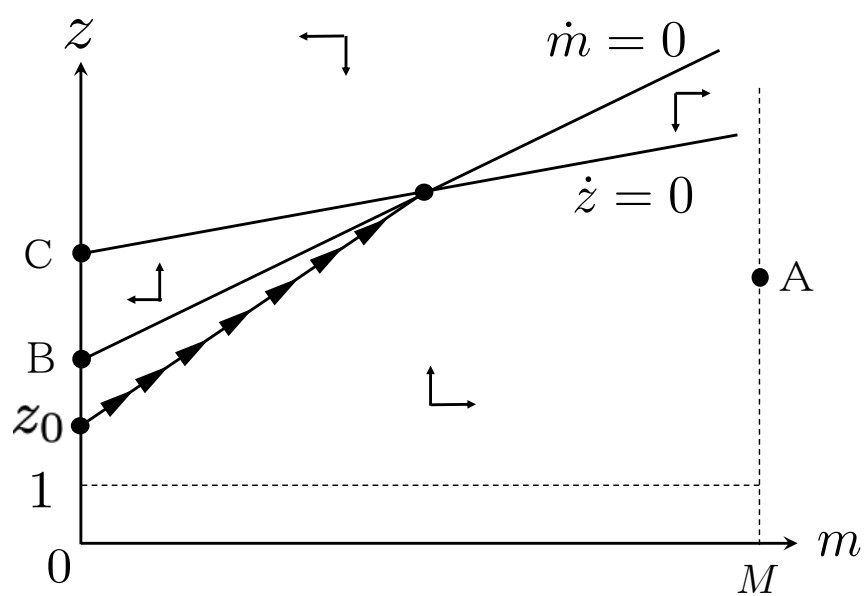


図5 長期的均衡への移行経路：逐次的テークオフが発生し、「北」の相対賃金は持続的に上昇する。。

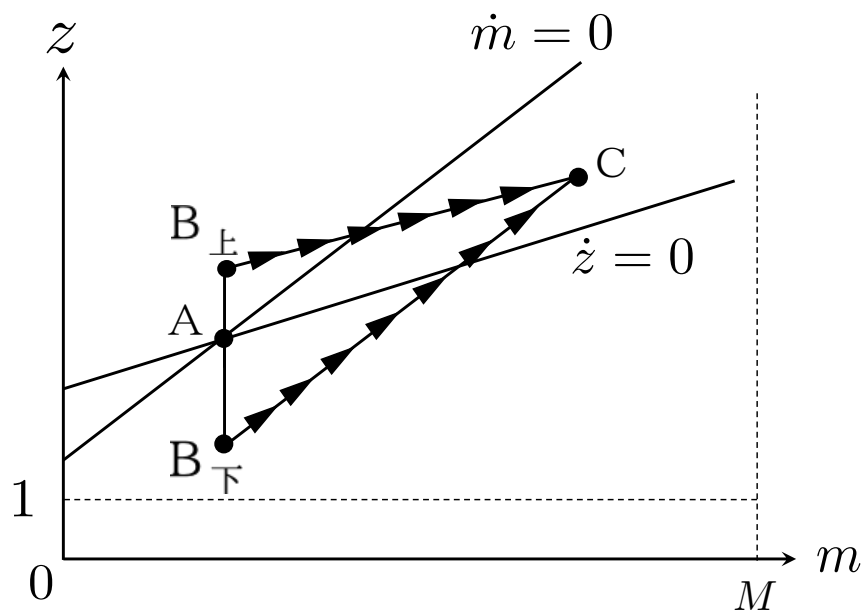


図 6 科学技術水準の上昇の効果。

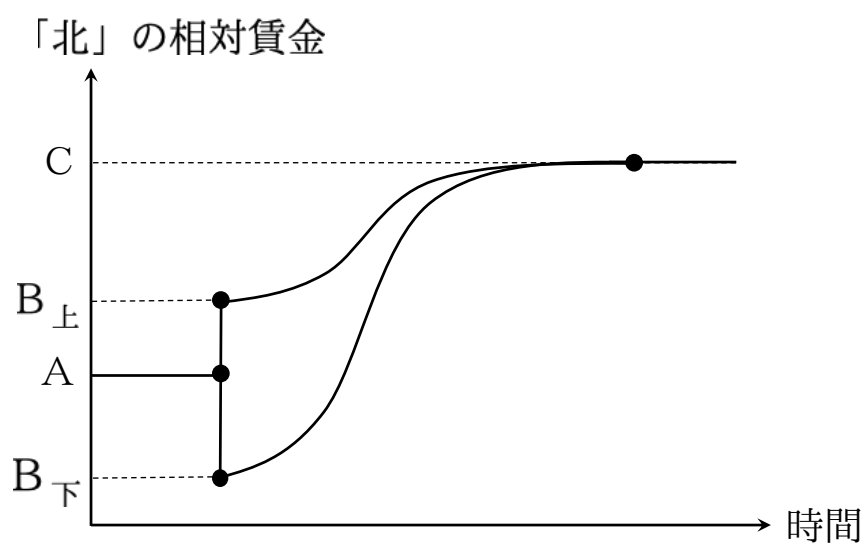


図 7 科学技術水準の上昇により「北」の相対賃金は J 字曲線に沿って変化場合がある。