Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2026-07-15

公立学校の質,産業の異質性とイノベーションに関する３つのエッセイ

孙, 鑫

(Degree)
博士（経済学）

(Date of Degree)
2023-03-25

(Date of Publication)
2024-03-01

(Resource Type)
doctoral thesis

(Report Number)
甲第8561号

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/0100482309

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。

博士論文

令和 4 年 12 月

神戸大学大学院経済学研究科

経済学専攻

指導教員 春山　鉄源

孙　鑫

博士論文

公立学校の質，産業の異質性とイノベーションに関する３つのエッセイ

令和 4 年 12 月

神戸大学大学院経済学研究科

経済学専攻

指導教員 春山　鉄源

孙　鑫

第 1 章 序章 1
第 2 章 公立小学校の「質」が住宅賃貸料へ与える影響について 4
2.1 イントロダクション 4
2.2 先行研究 6
2.3 実証的戦略 9
2.4 データについて 11
2.4.1 大阪市について 11
2.4.2 データ 13
2.5 結果 14
2.5.1 ベースライン結果 14
2.5.2 ロバスト性 15
2.6 結論 16
付録 回帰分析の結果 18
第 3 章 イノベーション産業の異質性について 25
3.1 イントロダクション 25
3.2 先行研究 26
3.3 データについて 32
3.4 モデルの説明 35
3.4.1 モデルの説明 35
3.4.2 安定性 45
3.4.3 比較静学 47
3.5 結論 50
付録 A 経済全体の企業価値 52
付録 B 偏微分の確認 52

付録 C 比較静学について 53
第 4 章 国際貿易と産業の異質性について 55
4.1 イントロダクション 55
4.2 先行研究 56
4.2.1 伝統的な貿易理論 56
4.2.2 新貿易理論 57
4.2.3 新々貿易理論 58
4.3 データについて 61
4.4 モデルの説明 63
4.4.1 最終生産物部門 63
4.4.2 R&D 部門 65
4.4.3 輸出入 66
4.4.4 労働力部門 66
4.4.5 均衡 67
4.4.6 比較静学 68
4.5 結論 70
付録 A 制約条件を内生変数に書き換え 71
付録 B 均衡式の導出 71
付録 C 比較静学について 74
第 5 章 終章 81
参考文献 83

第１章 序章

イノベーションは人類の発展の重要な部分である．マルクスが最初に提唱した技術革新は，主にその時代に対応する「労働節約的」なイノベーションに反映されている．このイノベーション手法は，資本家が階級対立や労働争議により，労働力を機械に置き換えざるを得なくなった革新的な方法を指す．時代の発展に伴い，アダム・スミス，シュルツ，ローマーなど，数多くの学者が労働力の質，つまり人的資本が経済成長の希少要素としての役割を果たしていることに徐々に気づき始めた．世界的な技術革命は，人類社会を産業経済の時代から知識経済の時代へと押し上げ，知識経済の時代において,「知識」は企業の中核的生産要素として貨幣資本に取って代わり，重要な位置を占めるようになった．現在，人的資本が経済成長に大きな役割を果たしていることはコンセンサスになっている．

国際貿易においても，人的資本は重要な役割を果たす．もともと，貿易により，双方の厚生を向上させることができる上に，人的資本は貿易取引の過程で発生した技術の普及や開発と模倣に貢献でき，生産性の向上と経済成長率にも貢献できる．そして，イノベーションの担い手は企業である．企業の生存や事業の拡大を問わず，新しい技術を開発，あるいは他の企業から技術を吸収する事が必須となる．そして，企業のイノベーションは企業自体が雇用する労働者に体化された人的資本に依存する．したがって，R&D がどのように生み出され，貿易がどのように R&D を促進するかを深く理解するには，個人の人的資本への投資意欲に注目する必要がある．この論文は，人

的資本，R&D の異質性，および R&D と貿易を順に考察する．

第 2 章では，人的資本を改善するためにどれだけの限界支払意思額があるかを検討するための実証分析をおこなう．大阪の賃貸市場に関するデータを使用するが，データの制限により，人々が自分自身の人的資本を蓄積するためにどれだけ費用を費やしたかを調べることはできない．しかし，子供の教育に対する保護者の限界支払意思額を調べることは可能であり，その限界支払意思額は家計の人的資本への投資とみなすことができる．世界各国には，同様の先駆的な研究が数多く存在する．特にアメリカでは，子供の教育ための支出に関する研究が多く蓄積されている．この章ではヘドニック・アプローチの考え方に基づき，Black(1999)が設計した「回帰不連続デザイン」研究法方を利用する．大阪市の公立小学校の学力テストの結果と賃貸価格を利用し，子供の教育に対する家計の限界支払意思額が賃貸価格にどれだけ反映されているかを考察する．住宅周辺近隣の社会経済的要素がコントロールされたことにより，限界支払意思額の変化も考察する．

第 3 章では，イノベーション産業の異質性について考察する．経済成長において技術進歩は重要な要因であり，技術進歩の最も重要な原動力は企業の R&D 活動である．R&D に基づく内生成長理論は，Romer(1986)，Lucas(1988) Grossman and Helpman(1991)，Aghion and Howitt(1992)などにより開発，発展された．これらの論文の特徴の一つは，「内生的なイノベーション活動が技術進歩と経済成長の決定要因」である．これらの研究により，長期的経済成長と人的資本を結びつけて研究することが可能となった．本章では，Grossman and Helpman(1991)のモデルに基づき，拡張したものである．彼

らの論文では産業間の R&D 活動が対称的であると仮定されているため，産業間の R&D 活動が非対称である場合の経済成長に対する影響は明らかにされていない．しかし，R&D 支出データによると，研究開発への投資が活発な産業もあれば，殆どない産業もある．本章の目的は産業間で異質的なイノベーション率を説明できる R&D モデルを構築し，実際経済における，産業間の R&D 支出が異なる要因を説明するとともに，モデルの安定性を考察する．最後に，比較静学を通じて，企業の R&D 活動と生産部門の雇用を促す政策などを議論する．

最後に，第 4 章では開放経済が異なる産業にどのような影響を及ぼすかを考察するために，新たなモデルを構築する．開放経済が必要な理由は国際貿易が各国の市場における需給関係を調整し，生産要素を最大限に活用し，生産要素を最大限に活用するなど，貿易に参加する国の発展，さらには世界経済においても重要な役割を果たしている．この章では，2 国が相対的な比較優位を持つと仮定し，貿易を行う開放経済のモデルを構築する．Grossman and Helpman(1991) と同じく，企業の均質性と独占的競争の仮定の元で静学均衡を考察し，両国のイノベーション率を改善する政策を考察する．

本研究の構成は，第 1 章が序章，第 2 章から第 4 章が本論であり，それぞれ上記 3 つの研究を紹介し，第 5 章で結論を述べる．

第 2 章 公立小学校の「質」が住宅賃貸料へ与える影響について

2.1 イントロダクション

子どものためにどれぐらい余分な教育費を払うか？これは興味深い質問である．なぜなら，保護者にとって子供の教育における投資は子供のためだけではなく自分への投資にもなるからだ．子供がより良い環境でより質の高い教育を受けることにより，将来高い収入を得られる可能性が高まり，同時に保護者の老後の生活を支える点から考慮して，保護者の多くが子供の教育費に多大な資金を投じている．

世界各国には，同様の先駆的な研究が数多く存在する．特にアメリカでは，子供の教育ための限界支払意思額における研究成果が多く蓄積されている．それに対して，日本をターゲットにする研究は事実上かなり少ない．その理由はいくつかあるが，その一つに日本の学校の大半が公立であり，教育の質に対する保護者の支払い意欲を直接観察することが難しい点があげられる．その代わりに，学校周辺の不動産の相場を調査することで，間接的に教育の資本価格を計測することはできるといえるだろう．たいていの保護者は不動産の購入や賃貸をする前に，その周辺環境を考慮する．学校の質や近隣環境，生活面での便利性も不動産価格に含まれるものだ．実際の仲介業者の不動産広告を見ても，学区の良し悪しや小学校までの距離などを売りにしていることが多い．

次に，日本の学校の質を代表できる指標が公表されることは極めて稀なことだ．また，全国学力テストの点数を，公表する自治体はほとんどない．このほかにも，内生性をどう処理するかが問題視されている．学校の質による物件価格や賃貸価格への影響を推定する場合，物件の違いだけではなく，親の異質性(学歴，所得水準など)や周りの住民の平均的な社会経済的特性に影響されるかもしれない．例えば，子供の学力の良し悪しは，必ずしも通う学校の教育の質によるものに限られず，家庭の貧富や遺伝子的要素も関わってくる．このようにデータとして現れない要素をコントロールすることが極めて重要である．

本研究はヘドニック・アプローチの考え方に基づいて，Black(1999)が設計した回帰不連続デザイン研究法を利用する上で，大阪市をターゲットにし，クロスセクション・データを用いた回帰分析である．この方法のメリットとして，住宅周辺のいくつかの非観測要素をより適切にコントロールできる上で，近隣の社会経済的要素もコントロールすることにより，内生性の問題を低減させることができる点である．本研究は，小学校の成績が校舎周辺の賃貸価格に影響を及ぼすかどうかを検証し，子供の教育における保護者の限界支払意思額の調査を目的としている．

本章の構成は以下の通りである．第 2 節では，既存の先行研究に焦点を当て，第 3 節では，実証戦略について説明を述べる．第 4 節では，取り扱うデータについての説明及び大阪市を選んだ際のメリットとデメリットについての議論を述べる．第 5 節で回帰結果などを示し，第 6 節で結論を述べる．

2.2 先行研究

R&D 活動に関する実証研究と R&D 内生成長理論の先行研究について，これまで学校の質と近隣不動産価格の関係性に関する研究成果は多々存在する．これらの研究を四つの節に分けて，分析方法の比較，推定結果の比較，海外における実証分析，日本における実証分析を紹介する．

分析方法としては，学校の質と近隣不動産価格の関係を検討する研究において境界不連続デザインが非常に有効な方法となっていることは言うまでもない．この方法はデータの制限により，パネルデータが利用できない場合に備えて，Black(1999)が開発したものである．彼女は回帰不連続デザインを用いて，観測されない近隣の特性をコントロールし，校区境界線近辺の家に焦点を当て，テストの成績による住宅価格への影響を推定した．この方法では入手できるデータが少なくても，近隣環境特性をコントロールできるため，推定値のバイアスが軽減されると期待できる．論文の結果から，子供を質の高い学校に通わせることができるのであれば，親はより多くの資金を払うことが分かった．

Bayer(2007)は「類は友を呼ぶ」という考えに基づき，近隣の社会人口統計学的特性をコントロールすることにより，既存研究が住宅価格に対する学校の「質」の役割を誇張していた可能性を示唆した．本研究もこれらの方法に従い，校区境界線周辺の賃貸物件をターゲットにし，近隣環境をコントロールすることにより，学校の質が学校周辺の賃貸価格にどのように影響を及ぼしているかを調べる．

もちろん，クロスセクション以外のデータを利用する研究も多数存在する．特に近年におけるパソコン技術の発展に伴い，莫大なデータを扱うことが可能になり，複数時点の取引データを使い時系列的な研究が増えている．例えば Ries and Sommerville(2010)と Figlio and Maurice(2004)ではリピートセールスデータを使い，小学校の質が周辺住宅価格にどう影響するかを分析した．次にプールセクションデータを扱う例を挙げる．Bogart and Cromwell(2000)は 1983 年から 1994 年の全家屋売買データを用いて，オハイオ州シェーカーハイツにおける 1987 年の校区の再編が住宅価格に与える影響を分析した．Chung(2015)は，韓国のデータを用いて，高校の学区制を廃止した時の住宅価格への影響を分析した．最後にパネルデータを扱う例としては Clapp et al. (2008)などがあげられる．これらの研究はパネルデータを使い固定効果をコントロールし，学校の質が住宅価格に与える影響を調べたものだ．

次に，学校の質の捉え方も研究によって異なる．吉田ら(2008)は私立学校への入学率を学校の質の代わりとして，使い研究を行った．彼らの研究においては，学力テストの得点と私立中学校への進学率を用いて，学校周辺の土地価格にプラスの影響を与えた．さらに，この影響が学校選択制の導入によりどう変化するかも議論した．牛島・吉田(2009)においても，東京のパネルデータを用いて，私立中学校と国立中学校への進学率で学校の質を捉え，質が高い学校が周辺の地価に与える影響を分析した．また，テストの点数により，学校の質を捉える研究も多数存在する．Kuroda(2018)は全国学力テスト調査の正答率で学校の質を捉え，Gibbons et al. (2013)，Turnbull et al. (2018)などはテストの得点で学校の質を捉えた．それぞれ結果を踏まえて，質が

高い学校は周辺の不動産にプラスの影響を与えることが分かった．また，Feng and Lu(2013)では，上海市政府の認定を受けた“重点”学校を質の良い学校と見なして，分析を行った．結果から，認定を受けた学校が周辺の平均住宅価格にプラスの影響を与えることがわかった．

ほとんどの研究では学校の質が良いと周辺の住宅価格を上昇させる効果を持つことが示されている．一方で，推定された限界支払意思額の大きさ(βの推定値)についてみると，各研究の推定値の結果はそれぞれ異なる．テストの平均得点の標準偏差値が1 高いごとに，周辺の住宅価格や賃貸価格の増加幅はそれぞれ Black(1999)で 1.3～1.6%，Clapp et al. (2008)で 1.3%，Gibbons et al. (2013)で 2.8%～3.0%，Kuroda(2018)で2.4%であった．その他，住宅周辺の高校が認定された場合，Feng and Lu(2013)により，住宅価格が6.9%増加し，Zheng et al. (2016)において認定重点校となり，周辺住宅価格が6.8%増加する．これら値が異なる原因として，研究対象となる国や地域の違い，または教育制度，税制などの違いがあげられる．

日本の研究の現状について，日本では学力テスト自体は存在ものの，その点数は長らく公開されていない．そのため，研究者たちは長らく私立中学校や国立中学校の進学率や難関大学の合格率を学校の質の指標として代替的に分析を行っていた．代表的な例としては吉田・張・牛島(2008)や牛島・吉田(2008)などがある．彼らの結果は進学率が公示地価や基準地価にプラスの影響を与えることが示されている．そして松江市は学力テスト点数の公表したため，Kuroda(2018)は松江市の小学校の質が賃貸価格にプラスの影響を与えることが示されている．

これらの研究はそれぞれメリットとデメリットが存在する．まずは進学率を学校の質の指標として用いるには問題が存在する．例えば一人の学生が複数の難関校を合格した場合，出身校側としては見栄えのために複数人として計上するインセンティブがある．また土地価格や公示価格を被説明変数として使うことで，確かにパネルデータを構築することができ，モデルの回帰バイアスが軽減される．しかし，これらの価格は不動産鑑定士の鑑定が設定したものであり，主観的な意見が含まれているため，これらの価格は実勢価格と乖離するケースもしばしば見られる．回帰結果で保護者の真の限界支払意思額をどれだけ表すことができるかは未知数である．また，松江市に関する研究のメリットとしては，明確な校区境界が存在し，校区選択制や私立中学校が存在しない点である．ただし，松江市の持ち家比率は非常に高い．この状況下において，不動産の賃貸価格を使用した分析は確実なものとは言い難い．

私の研究はこれらの先行研究を踏まえた上で，Black(1999)の分析手法に従い，大阪市の公立小学校の質が住宅賃貸料へ与える影響について分析したものである．本研究の貢献は以下の通りである．①大阪市に関する類似研究はまだ存在しない．②大都市の賃貸データを用いた先行研究は少なく，賃貸価格から保護者の教育に対する限界支払意思額をより正確(センシティブ)に推定できる．次の節にて，実証的戦略についての説明を述べる．

2.3 実証的戦略

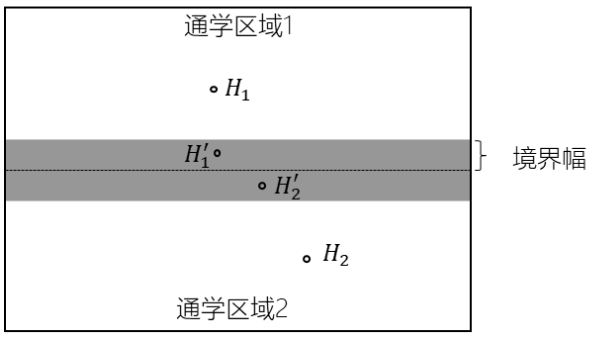
私はヘドニックモデルを用いて，学校の質が住宅家賃に及ぼす影響を推定してい

る．私の回帰式は以下の通りである．

$$ln\,P_{iaj} = \alpha + \beta X_{iaj} + \delta Z_j + \theta testscore_a + \varepsilon_{iaj} \qquad (2.1)$$

i,a,jはそれぞれ賃貸物件，校区，町のインデックスである．X_{iaj}は物件の属性を含むベクトル，Z_jは町の属性を含むベクトル，$testscore_a$は公立学校ごとの 2016～2018 の全国学力テストの平均点数である．日本はアメリカと違って公立学校の経費は地方税ではなく，入学者数だけに依存するため，本研究で地方税などの変数をコントロールしない．しかし，(2.1)式のような単純回帰分析では，たとえ地域の所得水準や公共施設への距離，町の人口構成などの社会経済的特性を含まれているとしても，同じ町の賃貸住宅価が直面する近隣環境が必ずしも一致するとは言えない．このような観察することが難しい特性をコントロールしない限り，回帰結果にバイアスが生じる可能性は十分ありうる．この問題を軽減するために，black(1999)のアプローチに従って，回帰不連続デザインを使用する．

図1.1



従来のデータをグレイの地域に限定することで，本来観察出来ない特性をコントロールすることが可能になり，よって(2.1)式は以下の通りになる．

$$ln\,P_{iab} = \alpha + \beta X_{iab} + \gamma K_b + \delta Z_j + \theta testscore_a + \varepsilon_{iab} \qquad (2.2)$$

K_bは校区境界線のカテゴリー変数であり，bは校区の境界線のインデックスである．もし賃貸物件H_1'がb校区の境界線にある場合，$K_b = 1$となる．図1.1で示すようなH_1'とH_2'は同じ境界ダミーを共用する．これはH_1'とH_2'の立地が十分近いので，享受する自然環境も利用できる商業施設や公共施設も恐らく同じである．この点を踏まえた上で，「類は友を呼ぶ」の言葉通り，近所の所得水準も大きな差異が生じることはほとんどない．異なるのは，通う学校のみである．つまり，H_1'とH_2'の賃貸価格の差の原因は小学校の質の違いに帰結できる．さらに，全サンプルから，データを抽出し，境界線からそれぞれ 250m, 200m, 100m を基準に三つのサブサンプルを構成した上で分析する．次の節にて，データの説明を行う．

2.4 データについて

2.4.1 大阪市について

大阪市を研究ターゲットに選んだ理由は三つに分かれている．まず，2020 年大阪市の人口は約 275 万人，人口が多い分，より多くサンプル数を入手することが可能となる．次に，日本では文部科学省が小学 6 年生と中学 3 年生を対象に実施される「全国学力・学習状況調査」がある．文部科学省が発表した資料によると，全国で 98.2%学校が「全国学力・学習状況調査」に参加する．成績を公表する自治体のほとんどは市区町村別の結果を公表するのに対して，大阪市は学校別の調査成績を公表する方針にある．[1]公表されたデータは 2016 年から 2018 年の国語 A，国語 B，算数 A，算数 B と

[1] 「序列化や過度の競争」を防ぐため，2014 年当時市町村教委の 6 割は公表しない．

理科の 5 科目のスコアであり，理科テストは 3 年一回の頻度で行われるため，本研究は他の 4 科目のうち，算数の平均を学校の質の代理指標として使用する．また，3 年間成績を連続公表する学校の割合は大阪市の全小学校の 70%を占める．[2]これらのデータにより，大阪市小学校の教育の全貌を見極めることが可能となる．最後に，西日本の中心である大阪市の持ち家率はかなり低い．「住宅・土地統計調査」よると，2018 年の大阪市の持ち家率は 40.5%である．これに対して東京 23 区は 45%，Kuroda(2018)当時の松江市の持ち家率は 73%である．全国の平均値は 61.2%である．持ち家率が低いことは，すなわち賃貸需要が大きいと結論付けることができる．そのため，学校と賃貸価格の関係を分析する上で得られる結果は政策制定時に大いに役に立つ．

もちろん，大阪市はこれらのメリットだけでなく，いくつかのデメリットも存在する．1 つ目は，大阪市には指定校変更外通学制度や学校選択制があり，場合によっては越境通学が可能となるため，良質な小学校が校区内物件の家賃への影響を弱める可能性は十分考えられる．この事象は Chung(2015)などにてすでに証明されている．しかし，大阪市の令和 2 年に実施した「学校選択制における保護者アンケート」よると，実際に越境通学している生徒は全体の 10.5%に留まり，それ以外の約 9 割は自分の校区内で通学することがわかっている．したがって，学校選択開放制度は今回の結果に及ぼす影響は極めて小さいと考えられる．二つ目のデメリットとして，大阪市は松江市と違い，私立小学校と国立小学校の両方が存在する．このような学校は居住地を問わず，だれでも入学が可能であるため，賃貸価格への限界支払意思額を弱める可能性

[2] 大阪市の全小学校 287 校に対して，その内の 202 校が 3 年間の調査成績を公表した．

がある．大阪市の「令和 2 年度の学校基本調査年報」によると，令和元年度の大阪市小学校の新入生数は約 19000 人で，国立と私立小学校の新入生数は 309 人．この数値は全体の 2%未満であり，国立小学校と私立小学校の存在は回帰結果を大きく左右しないと考えられるが，後に私立小学校や国立小学校の立地する区にダミー変数を加えることで，私立小学校や国立小学校の効果をより正確に捉えることが可能となる．三つ目のデメリットとしては，大阪市は非常に広いため，松江市のように町丁目の境界と通学区域を厳密に定めていない場所が存在する．例えば，此花区の伝法小学校の校区は「伝法/高見 2 丁目 7 番 9 号と 12 番(3 号～7 号と 21 号の一部)」である．このような不明確な校区境界により，データ数の減少と自己選択バイアスが懸念されやすい．これらのデメリットを考慮した上で，慎重に分析を行う．

2.4.2 データ

賃貸価格データは CHINATAI，スーモ，ホームメイト，エイブル，アパマンショップのホームページから収集が可能である．データには，物件の住所，家賃と管理費，部屋数，間取，面積，階数，構造など，詳細なデータが掲載されている．[3]物件のデータをもとに，家の構造のダミー変数を作成することが可能となる．また，本研究の目的は小学校の質が家賃に与える影響を分析することであるため，子供を含めた一家が一般的に住まう 1LDK 物件を前提にデータを収集した．

表 2.1 は回帰分析に使われている変数の記述統計である．サンプル数は約 18000 である．不連続デザインで考慮した境界幅は 100m から 250ｍであり，それぞれに対応

[3] これらは日本を代表する賃貸住宅情報サイトであり，部屋探しによく利用されている．

するサンプル数は 4150 から 13760 個である．また，ArcgisPro とグーグルマップを使い，物件の経緯度から最寄り駅，警察署，小学校，大阪市府庁，小学校の校舎，校区境界線などとの直線距離を算出した．

小学校の質の指標は前述した「全国学力・学習状況調査」の校別スコアを利用しており，後ほどのロバストテストを考慮して，中学校の校別スコアも収集した．更には令和 2 年の国勢調査をもとに，町レベルの管理職人口比率と 15 歳以上の人口と 65 歳以上の人口比率，平成 27 年の大卒以上の人口比率なども収集した．

2.5 結果

2.5.1 ベースライン結果

表 2.2 はベースラインの結果である．コラム(1)と(2)は全サンプルの回帰結果が示されている．コラム(2)は管理職人口比率や大卒以上の人口比率などの国勢調査変数を加えたものである．この二つの推定結果を基にすれば，小学校のスコアは賃貸価格にプラスの影響を与えることがわかる．しかし，これらの回帰は観察できない近隣環境の特性を考慮していないため，推定値は大きなバイアスが存在すると考えられる．

コラム(1)に比べて，コラム(2)にて近隣の社会経済的特性をコントロールする国勢調査の情報を回帰分析に入れた場合，推定値が約 40%減少した．つまり，コラム(1)の結果は，賃貸価格への限界支払意思額を過剰に評価したものだと考えられる．

コラム(3)からコラム(6)までは境界不連続デザインに従って，近隣環境の特性をコントロールしながら，境界の幅を徐々に狭くすることで，観察できない近隣環境の特性をより強くコントロールできる．そして，コラム(4)(5)(6)は国勢調査の変数を回

帰分析に入れて，近隣の社会経済的特性もコントロールする．特にコラム(4)はコラム(3)の結果より減少したことが分かった．これらの回帰で得られた結果によれば，今までの多数の研究と同様に，小学校のスコアは校区内賃貸価格にプラスの影響を与えると結論付けることができる．コラム(6)の結果はプラスであるが，有意性はない．原因として，サンプル数が激減したからである．[4]

これらの結果を家賃価格で変換すると,小学校の平均スコアが1点上がるごとに,校区内賃貸価格が 451 円から 540 円上昇する．標準偏差値に換算すると，標準偏差値が 1 上がるごとに，校区内賃貸価格が最大 3%上昇する．この値は Kuroda(2018)の結果より若干大きいものだ．また，回帰モデルの中の他の説明変数は一般常識と一致する傾向を示した．

次に，私立・国立の小学校が区内にある場合，小学校のスコアが賃貸価格に与える影響が弱めるかどうかを検証する．表 2.3 から，私立国立小学校のダミーは賃貸価格にプラスかつ有意な影響を与えているが，限界支払意思額の推定値への影響はない．これに対しては二つの解釈がある．まずは前述にある通り，この 2 種類の学校に入学できる生徒は非常に少ない．そのため，全体への影響も極わずかなものとなる．また，この 2 種類の学校への入学を希望する家庭の大半は裕福な傾向にあるため，持ち家を所有している可能性も高くなる．

2.5.2 ロバスト性

表 2.4 で示されているのは，学校の質の指標を学校のランキングに変えた後の回

[4] 150m幅の場合，プラスかつ有意的な結果を得られた．

帰分析の結果である．学校ランキングが 1 位下がるごとに，校区内賃貸価格にマイナスな影響を与えることがわかった．また，中学生の保護者が校区内で家を借りる場合，小学校の成績ではなく，中学生の成績を考慮するとも考えられる．小学校と中学校校区が混在する影響を明確に捉えるために，大阪市の公立中学校の 2017 年から 2018 年の「全国学力・学習状況調査」の平均スコアを回帰モデルに追加し，中学校の質が校区内賃貸価格に影響を与えるかどうかを検証する．ただし，平均スコアを公表した中学校は 73 校であるため，サンプル数は表 2.3 より若干減少する．

回帰結果は表 2.5 に示されている．コラム(1)はフルサンプル，コラム(2)は国勢調査変数を含む結果である．コラム(3)は校区境界から 250m 以内のサンプルに制限し，(4)は 250m 以内のサンプルに制限した上で，国勢調査変数も含めたものだ．コラム(5)(6)は(4)とは異なり，境界をさらに狭めたものである．これらの回帰結果より，中学校のスコアが賃貸価格に与えるケースは少ないと結論付けることができる．強いて言えば，限界支払意思額の推定値を弱めることはないと言える．また，管理職の人口比率を非正規雇用人口比率に置き換えるなど，住む町の属性を表すほかの変数を回帰で入れて見ても，同様の結果が得られた．[5]

2.6 結論

本章では，回帰不連続デザインを用いて，小学校の質が住宅家賃に与える影響を推定した．小学校の平均スコアが校区内賃貸価格にプラスかつ有意な影響を与えるこ

[5] 詳細結果は表 2.6 に掲載．

とがわかった．金額に換算すると，平均スコアの標準偏差値が 1 向上するごとに，保護者の支払意思額が約 3000 円上昇すると示唆されている．[6]また，私立小学校と国立小学校に対しても，保護者の支払意思額が弱まることはない．校区内の中学校の平均スコアにおいても，保護者の支払意思額に影響を及ぼすことはない．

本研究は他の日本に関する既存研究と比べると，いくつか利点がある．まずは大阪市の持ち家率は低いため，かなりの割合の人口が賃貸住宅に住んでいる．そして，大阪市は他の大都市と比べると，国立と私立小学校が比較的に少なく，公立小学校の研究効果を弱める可能性が比較的低い．また，賃貸価格は消費者に直面している．そのため，土地価格とは違い，市場の短期的な変化を表すことができる．最後に，同様の過去の研究よりデータ量が大きく，特に回帰不連続設計モデルでは，境界の幅を小さくすることで観察できない特徴こそコントロールできるものの，使えるデータ量もかなり減る．データ量が過少になるとバイアスな結果となる可能性が大きくなる．一方，今までの既存研究で学校選択制校区の廃止よる保護者の小学校の質に対する限界支払意思額が減少する点においては正しいといえる．本研究では，大阪市の学校選択制について議論できていない．最後に，技術的な原因により，パネルデータを入手することができず，クロスセクション回帰のみを行ったものである．

[6] 弾力性の推定は表 2.7 に掲載.

付録 回帰分析の結果

表2.1
記述統計

	Full sample				250m			
	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Housing Rent(yen)	91147.32	33282.02	30000	321000	90204.95	33988.13	30000	300000
School Characteristics								
小学校学力テスト平均点	60.85447	5.61415	46.775	72.75833	60.4985	5.653293	46.775	72.75833
House Characteristics								
Size	45.76578	13.7668	17	324	46.0056	13.46454	17.1	324
Age	20.54016	14.76186	0	99	21.0157	14.77114	0	99
Floors	4.390198	3.233643	1	45	4.292805	3.136214	1	45
Rooms	1.581797	0.7184876	1	6	1.589608	0.7156893	1	6
Wood	0.0852974	0.2793312	0	1	0.0835756	0.2767603	0	1
RC	0.5571054	0.4967415	0	1	0.5419331	0.4982566	0	1
SRC	0.069852	0.2549042	0	1	0.0712209	0.2572029	0	1
小学校までの距離(km)	0.3898723	0.2334285	0.0078521	1.596121	0.4080207	0.2288069	0.0078521	1.596121
最寄り駅までの距離(km)	0.5089199	0.3197019	0.0026424	2.528763	0.5075969	0.3224971	0.0026424	1.856073
府庁までの距離(km)	4.92171	2.342449	0.0305443	11.62334	5.10719	2.307502	0.1309656	11.50014
Census Variables								
管理職人口比率	2.408432	1.835909	0.1404494	31.07345	2.401282	1.9443	0.1404494	31.07345
外国人人口比率	4.045897	3.816794	0.0914913	33.44948	4.209169	4.205853	0.0914913	33.44948
大卒以上人口比率	21.81125	8.99073	2.853067	49.39024	21.3924	8.856564	4.291845	49.39024
15歳以下人口比率	11.03251	4.037537	0	32.66129	11.08324	3.975323	0	29.5
65歳以上人口比率	22.07531	9.413427	1.612903	162.3529	22.25327	7.395161	2.910959	76.15063
N	18,711				13,760			
	200m				100m			
	Mean	Std. Dev.	Min	Max	Mean	Std. Dev.	Min	Max
Housing Rent(yen)	89938.67	34006.8	30000	300000	91939.85	31767.12	33000	300000
School Characteristics								
小学校学力テスト平均点	60.47901	5.666123	46.775	72.75833	61.68162	5.58293	46.775	72.75833
House Characteristics								
Size	45.95947	13.46061	18	324	45.52609	14.03393	20	324
Age	21.19487	14.79294	0	99	20.32337	14.63441	0	99
Floors	4.316375	3.178749	1	45	4.534699	3.0255	1	30
Rooms	1.58726	0.7143082	1	6	1.526265	0.6912735	1	6
Wood	0.0821719	0.2746381	0	1	0.0592771	0.2361711	0	1
RC	0.5407439	0.4983585	0	1	0.6040964	0.4891028	0	1
SRC	0.0713125	0.2573572	0	1	0.060241	0.2379614	0	1
小学校までの距離(km)	0.4194613	0.2269371	0.0078521	1.596121	0.4541466	0.2550847	0.0078521	1.525223
最寄り駅までの距離(km)	0.4885163	0.3062839	0.0026424	1.856073	0.478711	0.3476756	0.0026424	1.723858
府庁までの距離(km)	5.116935	2.302138	0.1309656	11.18399	4.663677	2.374592	0.4176067	11.00511
Census Variables								
管理職人口比率	2.42957	2.013356	0.1404494	31.07345	2.593035	1.743447	0.1404494	17.05882
外国人人口比率	4.313933	4.400594	0.0914913	33.44948	3.723818	3.360111	0.1360544	33.44948
大卒以上人口比率	21.34718	8.786521	4.291845	49.39024	23.2389	9.607583	4.291845	49.39024
15歳以下人口比率	10.9917	3.810839	0	29.5	10.859	3.903566	2.23152	29.5
65歳以上人口比率	22.47812	7.505305	2.910959	76.15063	20.75001	7.479489	2.910959	76.15063
N	11,695				4,150			

表2.2

ベースライン結果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	All houses	All houses	250m	250m	200m	100m
小学校学力テスト平均点	0.00621***	0.00362*	0.00604***	0.00500***	0.00552***	0.00143
	(4.07)	(2.41)	(4.71)	(4.27)	(4.64)	(0.48)
Size	0.0141***	0.0140***	0.0145***	0.0144***	0.0143***	0.0121***
	(14.25)	(13.97)	(12.69)	(12.78)	(11.13)	(4.43)
Age	-0.00938***	-0.00935***	-0.00937***	-0.00934***	-0.00947***	-0.0102***
	(-31.28)	(-32.42)	(-30.57)	(-32.13)	(-32.32)	(-17.62)
Floors	0.0102***	0.00931***	0.00936***	0.00882***	0.00911***	0.0103***
	(9.32)	(11.24)	(7.91)	(8.53)	(7.61)	(4.89)
Rooms	-0.0285*	-0.0248*	-0.0244	-0.0231	-0.0205	0.00911
	(-2.27)	(-2.07)	(-1.73)	(-1.66)	(-1.38)	(0.29)
Wood	-0.0412**	-0.0398**	-0.0432**	-0.0426**	-0.0446**	-0.0421*
	(-3.55)	(-3.61)	(-3.50)	(-3.44)	(-3.53)	(-2.18)
RC	0.0626***	0.0605***	0.0477***	0.0486***	0.0505***	0.0610***
	(8.30)	(8.24)	(6.48)	(6.65)	(7.26)	(4.65)
SRC	0.0722***	0.0698***	0.0549***	0.0553***	0.0556***	0.0964**
	(5.80)	(5.58)	(4.85)	(4.85)	(3.89)	(3.47)
小学校までの距離(km)	-0.0226	0.0154	-0.0749	0.0143	0.0554	-0.00753
	(-0.30)	(0.35)	(-0.75)	(0.32)	(1.13)	(-0.10)
小学校までの距離の2乗(km)	0.0656	0.0125	0.108	-0.0126	-0.0494	-0.0134
	(0.76)	(0.31)	(0.99)	(-0.35)	(-1.11)	(-0.18)
最寄り駅までの距離(km)	-0.0584**	-0.0329	-0.00954	-0.00336	-0.0211	-0.154
	(-3.06)	(-1.68)	(-0.14)	(-0.05)	(-0.28)	(-1.25)
最寄り駅までの距離の2乗(km	-0.00484	-0.00844	-0.0185	-0.0196	-0.0144	0.0429
	(-0.31)	(-0.65)	(-0.33)	(-0.35)	(-0.20)	(0.27)
府庁までの距離(km)	-0.0226***	-0.0188***	-0.0567*	-0.0479	-0.0351	-0.0701
	(-4.35)	(-3.88)	(-2.25)	(-2.01)	(-1.39)	(-1.68)
管理職人口比率		0.00922**		0.0126***	0.0128***	0.0186***
		(3.35)		(7.57)	(6.87)	(4.98)
大卒以上人口比率		0.00231		0.00067	0.00054	-0.00108
		(1.29)		(0.35)	(0.23)	(-0.63)
15歳以下人口比率		-0.00234*		0.000653	0.000254	-0.000322
		(-2.36)		(0.73)	(0.20)	(-0.14)
65歳以上人口比率		-0.000719***		0.00055	0.00069	-0.000617
		(-4.28)		(0.83)	(0.89)	(-0.38)
_cons	10.55***	10.67***	10.85***	10.74***	10.67***	11.53***
	(108.11)	(125.76)	(35.82)	(35.30)	(32.89)	(21.74)
Boundary Dummy	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
VCE Ward Dummy	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Census Variables	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes
N	18711	18711	13760	13760	11695	4150
Number of Boundaries	N/A	N/A	250	246	246	217
Adjusted R2	0.844	0.848	0.867	0.869	0.867	0.841

表 2.3

私立国立ダミー

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	All Houses	All Houses	250m	250m	200m	100m
小学校学力テスト平均点	0.00621***	0.00362*	0.00604***	0.00500***	0.00552***	0.00143
	(4.07)	(2.41)	(4.71)	(4.27)	(4.64)	(0.48)
私立国立ダミー	0.0997***	0.0761***	0.157***	0.151***	0.0693	0.0722
	(15.88)	(6.67)	(4.50)	(3.90)	(1.93)	(0.58)
_cons	10.55***	10.67***	10.85***	10.74***	10.67***	11.53***
	(108.11)	(125.76)	(35.82)	(35.30)	(32.89)	(21.74)
House Characteristics	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Boundary Dummy	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
VCE Ward Dummy	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Census Variables	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes
N	18711	18711	13760	13760	11695	4150
Number of Boundaries	N/A	N/A	250	246	246	217
Adjusted R2	0.844	0.848	0.867	0.869	0.867	0.841

t statistics in parentheses

* p<0.05,** p<0.01,*** p<0.001

表 2.4

ロバストチェック(ランキング)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	All Houses	All Houses	250m	250m	200m	100m
小学校ランキング	-.000684***	-.000418*	-.000568***	-.000483***	-.000536***	0.0000882
	(-4.33)	(-2.66)	(-4.87)	(-4.35)	(-4.85)	(0.25)
私立国立ダミー	0.101***	0.0763***	0.153***	0.150***	0.0679	0.0371
	(18.13)	(6.87)	(4.29)	(3.85)	(1.85)	(0.30)
_cons	10.98***	10.92***	11.29***	11.10***	11.07***	11.66***
	(225.77)	(170.82)	(36.05)	(33.81)	(31.56)	(24.21)
House Characteristics	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Boundary Dummy	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
VCE Ward Dummy	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Census Variables	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes
N	18711	18711	13760	13760	11695	4150
Number of Boundaries	N/A	N/A	250	246	246	217
Adjusted R2	0.844	0.849	0.867	0.869	0.867	0.841

t statistics in parentheses

* p<0.05,** p<0.01,*** p<0.001

表 2.5

ロバストチェッ(中学成績)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	All Houses	All Houses	250m	250m	200m	100m
小学校学力テスト平均点	0.00574**	0.00381*	0.00526*	0.00500**	0.00561**	0.00197
	(3.66)	(2.54)	(2.74)	(2.96)	(3.10)	(0.56)
中学学力テスト平均点	0.00319*	0.00155	0.00514*	0.00294	0.00244	0.00234
	(2.17)	(1.27)	(2.26)	(1.09)	(0.92)	(0.62)
_cons	_cons10.34***	10.51***	10.53***	10.53***	10.59***	11.32***
	(93.13)	(120.26)	(54.34)	(48.59)	(47.98)	(50.10)
House Characteristics	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Boundary Dummy	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
VCE Ward Dummy	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Census Variables	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes
N	16802	16802	12456	12456	10690	3791
Number of Boundaries	N/A	N/A	250	246	246	217
Adjusted R2	0.849	0.854	0.868	0.87	0.868	0.844

t statistics in parentheses

*p<0.05,**p<0.01,***p<0.001

表 2.6

その他の国勢調査変数

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	All Houses	All Houses	250m	250m	200m	100m
小学校学力テスト平均点	0.00621***	0.00351*	0.00604***	0.00545***	0.00628***	0.00369
	(4.07)	(2.36)	(4.71)	(4.01)	(4.24)	(1.13)
非正規雇用人口比率		-0.00151		-0.00186**	-0.00193*	-0.00393*
		(-2.01)		(-2.85)	(-2.55)	(-2.76)
外国人人口比率		-0.00121		0.0000463	0.000782	0.000916
		(-1.08)		(0.01)	(0.22)	(0.22)
_cons	10.55***	10.75***	10.85***	10.82***	10.75***	11.57***
	-108.11	-136.49	-35.82	-29.77	-28.53	-19.61
House Characteristics	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Boundary Dummy	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
VCE Ward Dummy	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Census Variables	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes
N	18711	18711	13760	13760	11695	4150
Number of Boundaries	N/A	N/A	250	246	246	217
Adjusted R2	0.844	0.847	0.867	0.867	0.866	0.838

t statistics in parentheses

* p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

表 2.7

対数化

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	All Houses	All Houses	250m	250m	200m	100m
小学校学力テスト平均点	0.361***	0.213*	0.342***	0.287***	0.318***	0.0776
	(3.84)	(2.33)	(4.65)	(4.44)	(4.85)	(0.44)
私立国立ダミー	0.101***	0.0766***	0.155***	0.151***	0.0694	0.0706
	(16.19)	(6.70)	(4.54)	(3.96)	(1.96)	(0.57)
_cons	_cons9.447***	10.02***	9.818***	9.868***	9.703***	11.31***
	(24.61)	(28.12)	(24.15)	(28.13)	(26.37)	(12.53)
House Characteristics	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Boundary Dummy	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
VCE Ward Dummy	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Census Variables	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes
N	18711	18711	13760	13760	11695	4150
Number of Boundaries	N/A	N/A	250	246	246	217
Adjusted R2	0.844	0.848	0.867	0.869	0.867	0.841

t statistics in parentheses

* p<0.05,** p<0.01,***

p<0.001

第３章 イノベーション産業の異質性について

3.1 イントロダクション

経済成長は経済学における永遠の議題である．R&D内生成長理論はイノベーション活動に基づいている．1912年にシュンペーターは発表した著作「経済発展の理論」でイノベーション理論を提唱した．彼はイノベーションを“経済活動の中での新しい生産要素の組み合わせ”と定義づけた．1980年代以降，Romer(1986)，Lucas(1988)をはじめとする新しい成長理論が発展した．新しい成長理論は新古典成長理論に基づいており，二つの特徴を持っている．一つ目は，経済成長が経済主体(消費財，企業，政府など)の最適行動によって決まる点である．二つ目は，政府の政策によって経済主体の最適行動に影響を与えることができ，経済成長にも影響を与えることができる点だ．

1990年以降，シュンペーター成長理論の導入によって新しい成長理論が大きく発展した．Romer(1990)，Grossman and Helpman(1991)，Aghion and Howitt(1992)など，内生的なイノベーション活動に基づいた経済成長に関する論文が多く発表された．これらの論文は新古典成長理論と比較して四つの特徴がある．(1)内生的なイノベーション活動が技術進歩と経済成長の決定的要因であること．(2)市場が独占的であり，企業は利潤のためにイノベーション活動を行うこと．(3)経済における資源が有限であっても，知識が非競争的であるため，知識の累積による持続可能な成長が実現できること．(4)モデルは，最終生産物部門，R&D部門，中間財部門の三つの部門に分けられること．しかし，これらの論文では産業間のR&D活動が対称的であると仮定しているた

め，産業間のR&D活動が非対称である場合の経済成長に対する影響は明らかにされていない．この論文では，産業間のR&D活動が非対称である場合の経済成長に対して影響を明らかにすることを目的としている．データを見ると，各国の産業間のR&D支出，パテント産出数は異なっており，前述した産業間のR&D活動を対称的に仮定することは非現実である．これを補うために，産業間のR&D活動にて異質的なモデルを考察する．

本章には主に三つの目的がある．一つ目はデータを用いて産業間のR&D活動が異質的であることを示すこと．二つ目はモデルにおいてR&Dの異質性を内生に取り扱い，経済成長を説明すること．三つ目はR&Dの生産性，人口，補助金率などの変数がR&D活動が異質であるモデルのイノベーション活動や経済全体の技術進歩率にどのように影響を与えるかを明らかにすることである．本章の構成から成り立つ．第2節ではR&D内生成長理論の先行研究についての紹介，第3節ではデータを用いて産業間のR&Dの異質性の現状についての説明，第4節でモデルについて説明し，第5節で結論を述べる．

3.2 先行研究

第 1 節では，この論文におけるモデルの基本的な二つの特徴を紹介した．この節では R&D 活動に関する実証研究と R&D 内生成長理論の先行研究を紹介する．1990 年代以降，多くの実証研究が既に R&D ストックが TFP に正の影響を与えることを明らかにしている．例えば Coe and Helpman(1995)は OECD のデータを用いて，R&D 資本が TFP に正の効果を持つことを明らかにしている．また小国においては，海外の R&D ストッ

クが少なくても自国の R&D ストックと同じように TFP に正の影響を与えることを示している．G7 においては，自国の R&D ストックが海外の R&D ストックよりも TFP に正の影響を与えることがある．さらに，R&D 集約度も TFP やパテント産出などに影響を与える．Lichtenberg and Potterie(1998)は Coe and Helpman(1995)の R&D 資本ストックの集計バイアスを修正した後も，海外の R&D 資本がスピルオーバー効果を持つと結論付けている．また，Porter and Stern(2000)は OECD の国家 16 か国の 1973 年から 1993 年のデータを用いて，知識生産関数の知識ストック指数が 1 であると結論付けている．Zachariadis(2003)ではアメリカの製造業のデータを用いて，R&D 集約度が高いほど，パテント産出が高く，技術進歩率と，経済成長率も高くなることを明らかにした．Zachariadis(2004)は同じく OECD データを用いて，R&D 集約度が高いほど，TFP と経済成長率が高いことを示している．Madsen(2008)は R&D 集約度が TFP 成長を説明でき，R&D 集約度が TFP 成長の原動力であることを主張している．

これらの実証研究は，R&D活動が経済のTFP成長率や経済成長率などに正の影響を持つことを示している．理論研究においては，R&D内生成長モデルを二つの分類方法によって分けることができる．一つはR&D内生的成長モデルのイノベーションの種類によって三つのタイプに分類する方法，もう一つは産業または企業を同質的或いは異質的か分けて分類する方法である．まずはイノベーションのタイプが異なるモデルについては，それぞれ(1)バラエティ拡大タイプ，(2)品質改善タイプ，(3)融合タイプと呼ばれており，以下で，これらの代表的な論文について紹介する．

まずはタイプ(1)バラエティ拡大タイプについて，このタイプのモデルでは，企業

が利潤のためにR&D活動を行う．もしR&Dコストが期待収益より小さい場合，R&D活動が行われる．R&D活動が成功すると新しい財が開発される．新しい財と古い財の間に代替関係はない．このタイプの代表的な論文にはRomer(1990)，Jones(1995)が挙げられる．Romer(1990)はDixit-Stiglitz型の生産関数，中間財の多様化と不完全競争の仮定をモデルに導入することによって技術の専門化とR&D報酬が逓増することに対する繋がりが出てきた．さらにRomer(1990)は製品の競争性と排他性を議論し，R&D知識は不完全な非競合性(non-rivalrous)と累積性(cumulative)を持つ公共財と考えられている．この二つの性質による知識によって経済成長と技術進歩が促進される．Romer(1990)は外生的な技術進歩と人口成長が存在しなくても知識が蓄積するだけで経済成長が可能であることを示している．そして，Jones(1995)はOECD各国のデータを用いてRomer(1990)の規模効果を批判し,Romer(1990)の知識蓄積関数も修正し，重複効果とfishing out effectを導入することによって，規模効果を消したのである．しかし，Jones(1995)にも二つの問題が存在する．一つは，経済成長率が外生的な労働力の成長率と知識のリターンに依存することになり，政府の政策が経済成長率に影響を及ぼさないという点，もう一つはスウェーデン，フィンランドなど人口成長率が低い国の経済成長率がJones(1995)の結果と一致しない点である．

次に，タイプ(2)の品質改善タイプについて，このタイプのモデルは，バラエティ拡大モデルと似ているが，品質改善による新しい財と古い財の間に存在する代替関係は異なる．また，一般的に品質調整価格が同じ場合，消費者は必ず新しい財を消費すると仮定している．代表的な論文はGrossman and Helpman(1991)とAghion

and Howitt(1992)である．彼らの論文においては，製品の品質をイノベーションによって向上させることができる．Aghion and Howitt(1992)のモデルにおいては最終生産物の産出は中間財の品質に依存する．企業は自ら発明した中間財の専用権を持っており，新たな中間財が発明されるまで中間財市場の収益を独占する．Grossman and Helpman(1991)において，消費者は効用を最大化するために高品質の財を選ぶため，企業は最終生産物を改善し，財市場の収益を独占する．この二つの論文のR&Dについての違いは，Aghion and Howitt(1992)ではR&D競争が経済全体の水準で行われ，Grossman and Helpman(1991)では各産業がR&Dを同時に行っていることである．この二つの論文において，R&Dの成功は二つの効果を持つ．一つは，将来のR&D活動に対しての正の外部性であり，消費者余剰効果と異時点間の知識のスピルオーバー効果である．もう一つはR&Dによって既存製品が使えなくなることにより，既存企業に対して利潤破壊効果をもたらす，負の効果である．さらに，これらのモデルでは経済成長率は外生的な品質の階段と内生的なR&D集約度によって決まる．また，Stokey(1995)はGrossman and Helpman(1991)のフレームワークを用いて，最終消費財の選好率をより一般化した上で，数値シミュレーションを行い，現実のR&D投資規模が最適な投資規模とあまり変わらないことを主張している．

最後に(3)の融合タイプについて，融合タイプとは経済において，水平的イノベーションと垂直的イノベーションの両方が存在するモデルである．代表的な論文として，Howitt(1999)，Li(2000)，Segerstrom (2000)，Strulik(2005)などがあげられる．Howitt(1999)では，経済の水平部門と垂直部門においてイノベーションが発

生する．均衡性においてはでは垂直部門のみにおいてスピルオーバー効果が存在することを示した．そして均衡を保った経済における技術進歩率は垂直部門の R&D 生産性，イノベーションの大きさ，補助金率，人口成長率，利子率によって決まる．Howitt(1999)の結果は，戦後のアメリカの R&D 支出データと一致する．

Segerstrom(2000)では，Howitt(1999)に基づいて，生産関数を修正したうえで R&D 補助金率の長期的影響について議論している．Howitt(1999)の場合，補助金が長期的な成長率に正の効果を持つケースと効果を持たないケースの 2 つがある．Segerstrom(2000)では，技術がより複雑になることと水平部門と垂直部門のスピルオーバーを考慮し，全部門の補助金率が同じ場合，補助金率の増加が経済成長率に正，負或いは効果を持たない場合の三つの結果を導いた．さらに，もし均衡を保った水平部門と垂直部門のスピルオーバー係数が同じであれば，政府は任意の部門に補助金を与えて，経済成長を促進することができる．Li(2000)は，水平部門と垂直部門に相互的なスピルオーバー効果が存在すると考えた．そして，水平部門と垂直部門の両方のスピルオーバーが存在し，その係数が異なる場合は経済における一人当たりの産出の成長率は人口成長率など外生的な変数に依存する．両部門間の相互スピールオーバ効果の係数の値が同じであれば，経済における一人当たりの産出の成長率は内生的に決まる．Strulik(2005)は人的資本累積をバラエティ拡大と品質改善モデルに取り入れた．彼は，長期的な経済成長率は外生的な変数(異時点の代替弾力性と技術パラメータの集合)と正の相関関係を持ち，人口成長率とは正或いは負の相関関係を持つことがあると結論付けている．つまり，経済の成長率は人口成長率

だけではなく，別の技術的な要素にも依存すると考えられている．これより，人口成長率が 0 或いはマイナスの国の経済成長も説明することができる．さらに，もし家計の一人当たりの効用を最大化させた場合，人口成長率と経済成長率は負の相関関係を持ち，逆に家計全体の効用を最大化させた場合，人口成長率と経済の成長率は正の相関関係を持つことが明らかになっている．この論文では，経済の長期成長に教育などを取り入れ，経済成長の源泉を人的資本につなげている．

以上が，イノベーションの種類よって分類した先行研究である．しかし，前述した文献は全て，全産業が同質なものとして捉えたものである．企業の生産能力を異質的に考えた研究としては，Baldwin and Robert-Nicoud(2008)，Gustafsson and Segerstrom(2010)，Haruyama and Zhao(2017)があげられる．Baldwin and Robert-Nicoud(2008)には 3 つの特徴がある.水平部門のスピルオーバー効果を考慮に入れて，財のバラエティ拡大が必要なコストを逓減させるとし，企業の限界費用が異質的であると考えた．最後に，市場のサンクコストもモデルに取り入れている．Baldwin and Nicoud(2008)では二つの結果が導き出された．一つは国際化が進展し，市場のサンクコストが減少した場合に限り，この国際化による財の種類の成長率が増加するということである．もう一つは市場がより開放的であれば，それだけ厚生がよりに大くなるということである．Gustafsson and Segerstrom(2010)は人口成長率を導入して，貿易自由化により生産性の低い企業が市場から退出し，輸出する企業の数が増加することを示した．また，貿易自由化は経済の財の種類成長率または R&D 活動に従事する人員の割合において，長期的な影響はないが，短期的に財の種類成長が低くなり，財の総

数を減らすことになると示した．最後にスピルオーバー係数が小さければ貿易自由化が長期的に消費者に良い影響を与えるが，スピルオーバー係数が一定数大きい場合は逆の影響を与えることもあると示した．Haruyama and Zhao(2017)では品質改善モデルのフレームワークの下で，企業退出を内生化している．そして，品質改善モデルでは，既定の産業における輸出の方向が逆転する場合がある．最後に，産業が開放市場或いは閉鎖市場になる要因として輸出のサンクコストに依存することが示されている．

以上の研究では，産業間の R&D 活動を同質的或いは企業の生産性を異質だと考えている．また，産業間の知的財産権と貨幣政策などについての異質性を考察している．しかし，これらの研究では産業間の R&D 活動を異質的だと考えていない．OECD データから見ると，経済には産業の異質性が存在し，すべての産業が必ずしも R&D 活動を行うわけではない．このことに関しては次の第 3 節にて詳しく説明する．

3.3 データについて

産業間の R&D の異質性について，前述した Grossman and Helpman(1991)や Romer(1990)などの先行研究では，産業の R&D が同質的だと考えられた．Haruyama and Zhao(2017)などは産業において企業の生産性が異質的だと考えたものである．Ganley and Salmon(1997)も産業の異質性こそ認識しているものの，どちらも産業間の R&D 異質性を考慮していない．そのため，ここではモデルを説明する前に，産業間の R&D の異質性が実際に存在することを説明する．

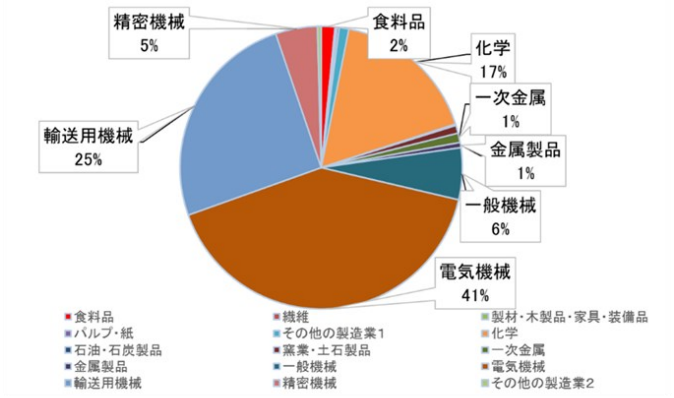


図3.1:2008年日本製造業R&D支出の割合
（その他の製造業1は印刷・製版・製本・皮革・皮革製品・毛皮・ゴム製品）
（その他の製造業2はその他の製造工業製品）
出典：科学技術・学術政策研究所

まず，R&D 支出の現状から，産業間の R&D の異質性を説明する．図 3.1 は SNA 産業分類を用いて，2008 年の日本製造業における各産業の R&D 支出の割合を示している．図 1 の通り，製造業において各産業の R&D 支出割合は異なる．日本では電気機械産業と輸送用機械産業の R&D 支出割合が先頭にたっている．

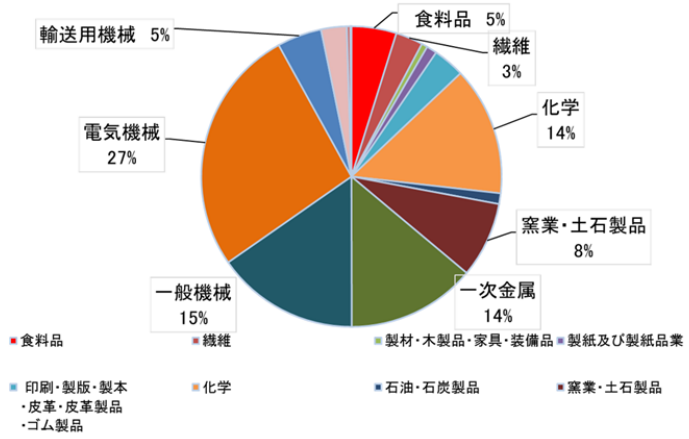


図3.2:2013年中国製造業R&D支出割合
出典：STATISTICS YEARBOOK ON SCIENCE AND ACTIVITIES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

図 3.2 は 2013 年の中国製造業における R&D 支出の割合を示している．日本と異なり，中国は電気機械産業，一般機械産業，化学産業，一次金属産業の四つを合わせた R&D 支出割合が製造業部門の R&D 支出の 70%を占める．図 3.1・図 3.2 より，同じ部門であっても産業の R&D 支出割合は国によって異なることがわかる．さらにパネル

データを用いると，たとえ同じ産業であっても，時間の経過とともに，R&D 支出割合が変化することがわかる．

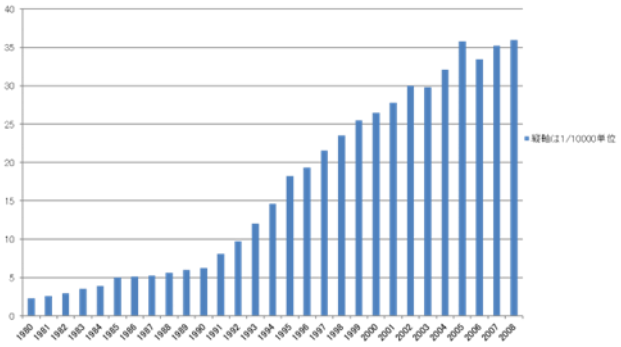


図3.3:電子部品のGDPに対する実質R&D支出割合
出典：科学技術・学術政策研究所

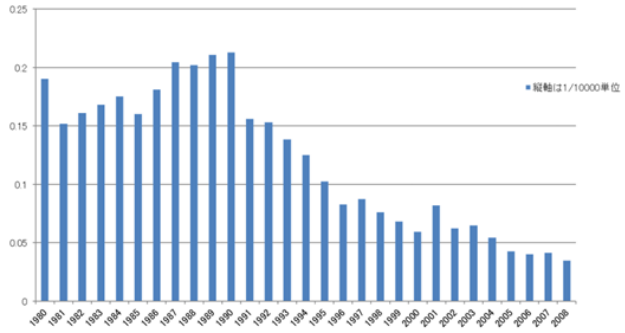


図3.4:石炭製品の実質GDPに対する実質R&D支出割合
出典：科学技術・学術政策研究所

図 3.3 と図 3.4 は，1980 年から 2008 年までの日本の石炭製品産業と電子部門産業の実質 GDP に対しての R&D 支出割合を示し，縦軸は$\frac{R\&D\text{支出}}{\text{実質}GDP*10000}$である．図 3.3 と図 3.4 から，石炭製品産業と電子部門産業の R&D 支出割合は逆のトレンドを示していることがわかる．つまり産業の R&D 支出割合は，何らかの理由によって時間にも依存することが考えられる．前述した論文において，産業を対称的に考えることは現実にそぐわない．この非現実的な部分は今までの研究で考慮されなかった点である．さらに，産業間の R&D の異質性をより明確にするために，R&D 活動が全く行われていない産業があると仮定する．OECD のデータを用いて韓国，台湾，ドイツの R&D

支出を見ると，R&D 活動が全く行われていない産業が確かに存在する．これらから確認できるものとして，各産業の R&D 支出は毎年異なることが明らかになる．R&D 活動を行わない産業は各国に存在し，決して稀な例ではない．例えば，2007 年と 2008 年におけるドイツの不動産産業の R&D 支出は 0 である．その後の年では 60 万ユーロとなっている．その他にもイタリアの光ディスク・磁気媒体製造業，フランスの機械・設備の修理と設置産業など，ある年に R&D 活動を行わない産業が多く存在する．この論文ではこれらの事実を参考にモデルを構築する．

3.4 モデルの説明

3.4.1 モデルの説明

このモデルでは Grossman and Helpman(1991)と同様に 3 つの部門が存在する．一つ目は最終生産物部門である．この部門では最終財が生産され，消費者がその財を消費する．二つ目は R&D 部門である．R&D 部門においては，R&D 活動が行われ，一定の確率でイノベーションが成功する．そして，イノベーションの成功によって財の品質の改善が行われている．三つ目の部門は労働力部門である．労働者は完全雇用の元で別の二つの部門において雇用される．このモデルと Grossman and Helpman(1991)の違いは，産業間のイノベーション生産性を異質と仮定していることである．第 3 節では産業間のイノベーションの異質性が実際に存在することを説明した．これより，産業間のイノベーションの異質性を内生的にモデルに取り入れる．

3.4.1.1 最終生産物部門

最終生産物部門において，品質改善とは何かを Grossman and Helpman(1991)を

元に示していく．図 3.5 の横軸は産業のインデックスjで多数の産業を表す．各j産業は異なる製品ラインに対応しており，$j \in [0,1]$とする．

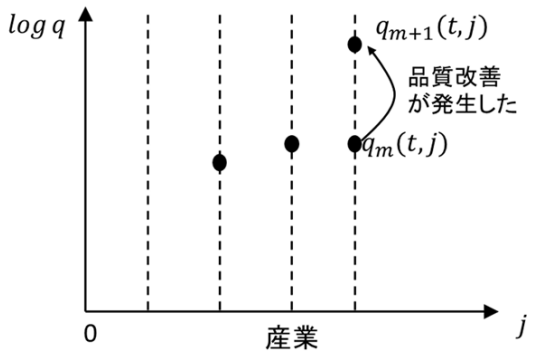


図3.5

出典： Grossman and Helpman (1991),ch4,p101.)

各製品jは無限に多くの垂直的に差別化された財という形で生産される．図 3.5 の$q_m(t,j)$とはt時点において産業jにおける製品の品質が第m世代であることを表す．新世代の財の品質はそれぞれ前の世代の財の品質のλ倍$(\lambda > 1)$であるとする．また，図 3.5 の$q_{m+1}(t,j)$は次世代の財を表す．この世代間における財の品質改善の式は

$$\lambda q_m(t,j) = q_{m+1}(t,j)$$

となる．ここで，λは外生的な定数と仮定する．この仮定は新しい財が古い財より優れていることを意味する．各時点において，各産業で入手可能な最も新しい財を最先端財として定義する．次に家計部門の効用関数を

$$U(t) = \int_t^{\infty} e^{-\rho(\tau - t)} \log D(\tau) d\tau \tag{3.1}$$

と仮定する．ρは主観的割引率，tは時間のインデックス，$logD(\tau)$は瞬時的な効用関数を表す．瞬時的な効用関数は

$$\log D(t) = \int_0^1 log \left[\sum_m q(t,m,j) x(t,m,j) \right] dj \tag{3.2}$$

と仮定する．ここで，$x(t,m,j)$はt時点におけるj産業の品質がm世代目である製品の消費を表している．(3.2)式の中の総和はt時点のj産業において入手可能な製品の集合である．$t=0$の時，入手可能な製品は世代 0 とする．また$q(0,0,j)=\lambda^0=1$とする．これより，製品の品質の関係式は

$$q(t,m,j)=\lambda^m$$

となる．(3.2)式で与えられた消費のインデックスは所与の産業で垂直的に製品差別化された製品がお互いに完全代替であることを意味する．各産業の製品の組み合わせの間の代替の弾力性は 1 に等しい．品質調整価格を$\frac{q(t,m,j)}{p(t,m,j)}$と定義し，カルーシュ・キューン・タッカー条件を用いて需要関数を求めると，消費$x(t,m,j)$について，任意の産業jにおける品質調整価格が最も高い製品が消費されることがわかる．また，同じ品質調整価格を持つ製品が存在する場合，最先端製品の方だけが消費されると仮定する．この仮定より，$\frac{q(t,m,j)}{p(t,m,j)}=\frac{q(t,m-1,j)}{p(t,m-1,j)}$の場合は$m$品質を持つ財だけが消費されることを意味する．よって消費者の需要関数は以下の(3.3)式で表される．

$$x(t,m,j)=\begin{cases}\dfrac{E(t,j)}{P(t,m,j)}\\ 0\end{cases} \tag{3.3}$$

ここで$E(t,j)$はt時点のj産業における支出，$P(t,m,j)$はt時点のj産業におけるm品質を持つ財の価格を表している．そして，生涯所得は

$$B(t)\equiv\int_t^{\infty} e^{-[R(\tau)-R(t)]}\,W_L(\tau)d\tau+A(t) \tag{3.4}$$

であるとする．$W_L(\tau)$はτ時点の賃金所得，$A(t)$はt時点に所有している資産である．また，$R(t)\equiv\int_0^t r(s)ds$と定義する．$R(t)$は時点0から$t$までの利子率である．時点$t$におけ

る支出を$E(t) \equiv P_D D(t)$と定義する．P_Dは消費者の価格インデックスである．生涯の支出は$\int_t^{\infty} e^{-\rho[R(\tau)-R(t)]} P_D D(\tau)\, d\tau$となる．ラグランジュ関数は

$$\mathcal{L} = \int_t^{\infty} e^{-\rho(\tau-t)} log\, D(\tau)\, d\tau + \xi \left[B(t) - \int_t^{\infty} e^{-[R(\tau)-R(t)]} P_D D(\tau) d\tau \right]$$

となる．一階条件は

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial D(\tau)} = e^{-\rho(\tau-t)} \frac{1}{D(\tau)} - e^{-[R(\tau)-R(t)]} P_D = 0$$

となる．これより，この消費者の最適な支出経路は

$$\frac{\dot{E}(t)}{E(t)} = r(t) - \rho \tag{3.5}$$

となる．

次に，生産部門について説明する．t時点のj産業において，新製品が発明された場合，最新の製品は特許権により発明した企業だけが生産できるとする．j産業のほかの企業はt時点ですぐにこの新しく発明された技術を吸収することができると仮定する．つまり，$t+1$期に別の産業からj産業に参入する企業（新参入者）もこの新技術を習得することができる．そして，次の$t+1$期では，j産業のすべての企業が新たな競争を行うことになる．つまり，企業間の技術のギャップは存在しない．また，当該世代の製品の生産能力が，後の世代の製品を開発する際に，優位性を与えないと仮定する．

次に，寡占競争下における企業の製品の価格設定を説明する．同じ世代製品でのベルトラン競争はすでに排除された．とある企業が最先端製品を生産することができ，別の企業は最先端製品より品質が劣っている製品を生産できると仮定する．前者の企業を産業の「先導者」，後者らを「追従者」とする．仮に最先端製品の世代はmであり，

一番近い追従者企業の製品の世代は$m-1$であるとする．追従者は非負の利潤が保証されている最も低い価格$w(t)$を設定すると仮定する．この$w(t)$とはt時点の一人当たりの実質賃金を表している．その時，先導者の価格は需要関数$\frac{q(t,m,j,)}{p(t,m,j)} \geq \frac{q(t,m-1,j)}{p(t,m-1,j)}$によって決まる．さらに前の仮定にしたがって，消費者は品質調整価格が同じ場合，新しい製品を選択するため，先導者は価格を$p(t,m,j) \leq \lambda w(t)$と設定することで，市場を独占することができる．つまり先導者は

$$p(t,m,j) = \lambda w(t) \tag{3.6}$$

で，価格を設定する．以下では産業の先導者の利潤を考える．このモデルでは生産要素として労働力がL存在する．Lは外生的で，かつ一定である．労働力は生産部門と R&D 部門に分配される．企業の生産関数として財 1 単位を生産するために 1 単位の労働力が必要であると仮定する．生産された消費財の品質と関係なく 1 単位の財を生産するためには，1 単位の労働力が常に必要である．よって，企業の利潤は

$$\pi(t) = p(t,m,j)x(t,m,j) - x(t,m,j)w(t) \tag{3.7}$$

$$\pi(t) = E(t,j)\left(1-\frac{1}{\lambda}\right) \tag{3.8}$$

となる．家計の需要関数を用いると$E(t) = E(t,j), p(t,j) = p(t)$が成り立つ．よって利潤式は

$$\pi(t) = E(t)\left(1-\frac{1}{\lambda}\right) \tag{3.9}$$

となる．

3.4.1.2 R&D 部門

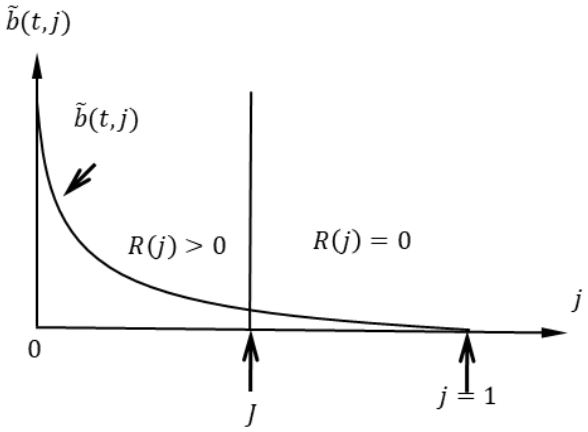


図3.6：R&D生産性の仮定

次に，R&D 部門を説明する．このモデルでは，企業は利潤を得るために研究開発を行う．研究開発を行うとある成功確率で研究開発が成功する．R&D 労働者一人当たりの成功確率をポアソン率$\tilde{b}(t,j)R_i(t,j)$と定義する．$\tilde{b}(t,j)$はj産業での R&D の生産性を表している．$\tilde{b}(t,j)$産業のインデックスによって産業の R&D の生産性が変化し，産業のインデックスが小さいほど産業の R&D の生産性が高いと仮定する．

図 3.6 において，横軸は産業のインデックスを，縦軸は R&D の生産性を表す．Jは R&D を行う産業の閾値である．閾値Jより左側の産業では R&D の雇用は正となり，閾値Jの右側の産業では R&D の雇用はゼロとなる．ここでは，$\tilde{b}(t,j)$は産業jの R&D 生産性を表す．そして分析の便宜のため$\tilde{b}(t,j)$を特定化すると

$$\tilde{b}(t,j) = \frac{\beta}{a(j) + R(t,j)}$$

となる．$\tilde{b}(t,j)$について，

$$\frac{d\tilde{b}(t,j)}{dj} < 0,\ \tilde{b}(t,1) = 0, \qquad b(0) < \infty$$

と仮定する．$a(j)$はR&Dのマイナスの外部性を表す．$a(j)$の値が大きいほど，R&Dの生産性は低くなる．$a(j)$について，

$$a(j) = \alpha j^{\eta}, \qquad \frac{ja'(j)}{a(j)} = \eta, \qquad \eta > 0$$

と仮定する．βはR&Dのプラスの外部性を表す，βの値が大きいほど，R&Dの生産性は高くなる．

$R(t,j)$とはt時点におけるj産業で雇用されたR&D活動の労働者の数である．また，財を生産し利潤を得る産業はR&D成功後にランダムに割り当てられると仮定する．次に企業の市場参入条件を考える．市場参入を考える企業はあらゆる産業において潜在的な改良を行うことができる．仮にR&Dがうまくいけば，企業は特定の産業において独占的な利潤が得られる．その利潤は次の別の企業のR&Dが成功するまで続くことになる．R&D活動は労働力だけを用いて行われるので，追従者の企業が払うコストは$w(t)R_i(t,j)$である．$R_i(t,j)$とはt時点でj産業の企業iが雇ったR&D活動の労働者の数である．このモデルでは，産業間のR&Dの異質性を検討するために，$R_i(t,j)$を集計化する必要があり，$R(t,j) \equiv \sum_i R_i(t,j)$とする．$R(t,j)$はj産業においてすべての企業が雇ったR&D活動の労働者の合計を表す．従って，産業全体のR&D支出は$w(t)R(t,j)$となる．仮に，j産業においてR&Dが成功した場合，独占利潤の流列

$$v(t,j) = \int_t^{\infty} e^{-\left(r+\tilde{b}(\tau,j)R(\tau,j)\right)(\tau-t)}\pi(t)dt \tag{3.10}$$

が得られる．$v(t,j)$がj産業の企業価値を表している．j産業の企業は$v(t,j)$をもとに，株請求権を発行することによってR&Dの資金を調達する．さらに，このモデルにおいて，

企業が政府から補助金がもらえると仮定し，その補助金率をsとする．産業の独占利潤の流列と政府の補助金が R&D のコストより大きければ，その産業は R&D を行う．これより，自由参入条件を以下の式で表すことができる．

$$v(t,j)\tilde{b}(t,j)-(1-s)w(t)R(t,j)\geq 0 \tag{3.11}$$

(3.11)式の左辺が負の値の場合，産業は R&D を行わない．一方で，(3.11)式の左辺が正の値の場合は，無限に R&D をおこなう．均衡では無限の R&D が不可能なため，(3.11)式は次のようになる．

$$v(t,j)\frac{\beta}{a(j)+R(t,j)}=(1-s)w(t) \tag{3.12}$$

さらに，(3.12)式が満たされる時のみ，有限かつ正の R&D 活動が行われる．さらに，Grossman and Helpman(1991)と同様に，先導者は R&D を行わないことがわかる．そこで，経済全体のイノベーションベネフィットを足し合わせると

$$\int_0^{J(t)} v(t,j)\frac{\beta}{a(j)+R(t,j)}R(t,j)dj=(1-s)w(t)R\big(t,J(t)\big) \tag{3.13}$$

になる．R&D 部門に雇用される労働力を$R\big(t,J(t)\big)\equiv\int_0^{J(t)}R(t,j)dj$と定義すると，R&D 閾値産業$J$の場合

$$v\big(t,J(t)\big)\frac{\beta}{a\big(J(t)\big)}=(1-s)w(t) \tag{3.14}$$

$$\frac{\dot{v}\big(t,J(t)\big)}{v\big(t,J(t)\big)}=\frac{\dot{w}(t)}{w(t)}+\frac{a'\big(J(t)\big)}{a\big(J(t)\big)}\dot{J}(t) \tag{3.15}$$

$$\frac{\dot{v}\big(t,J(t)\big)}{v\big(t,J(t)\big)}=\frac{\dot{w}(t)}{w(t)}+\eta\frac{\dot{J}(t)}{J(t)} \tag{3.16}$$

がわかる．計算便宜上のため経済全体の産業の価値を$V(t,J(t))\equiv\int_0^{J(t)}v(t,j)dj$，経済全体の R&D の生産性パラメータの合計を$A\big(J(t)\big)\equiv\int_0^{J(t)}a(j)dj$と定義し，$j\in[0,J)$にお

いて経済全体の産業の価値は

$$V(t,J(t)) = \frac{w(t)(1-s)}{\beta}\left[A\left(J(t)\right) + R\left(t,J(t)\right)\right] \tag{3.17}$$

に書き換えることができる．よって，その変化は

$$\dot{V}\left(t,J(t)\right) = \frac{\dot{w}(t)(1-s)}{\beta}\left[A\left(J(t)\right) + R\left(t,J(t)\right)\right] + \frac{w(t)(1-s)}{\beta}\left[a\left(J(t)\right)\dot{J}(t) + \dot{R}\left(t,J(t)\right)\right] \tag{3.18}$$

となる．次に企業の価値関数を考える．この市場には投機機会が存在しないと仮定する．株に投資することで得た利益と銀行に預けて得た利益は等しいとする．利潤を獲得している企業は株式請求権に対して，期間dtの間にπdtの配当を支払う．R&D とは統計的に独立であるので，株式所有者は$1-\tilde{b}(t,j)R(t,j)dt$の確率で$\pi(t)$を享受する．仮にj産業で R&D 活動が失敗した場合，株式所有者はさらに$[1-\tilde{b}(t,j)R(t,j)dt]\dot{v}(t,j)dt$のキャピタルゲインを得る．仮に追従者の企業が R&D に成功した場合，株式の所有者は$v(t,j)dt$のキャピタルロスを受ける．これらの収益を足し合わせると，

$$\pi(t,j) + \dot{v}(t,j) - \tilde{b}(t,j)R(t,j)v(t,j)$$

となる．よって企業価値は

$$r(t)v(t,j) = \pi(t,j) + \dot{v}(t,j) - \tilde{b}(t,j)R(t,j)v(t,j) \tag{3.19}$$

となる．経済全体で考えると，

$$r(t)V\left(t,J(t)\right) = J(t)\pi(t) + \dot{V}(t,J(t)) - v\left(t,J(t)\right)\dot{J}(t) - \int_0^{J(t)} v(t,j)\frac{\beta R(t,j)}{a(j)+R(t,j)}dj \tag{3.20}$$

になる．[7]賃金で測った支出を$Z(t) \equiv \frac{E(t)}{w(t)}$として定義すると，その変化率は$\frac{\dot{Z}(t)}{Z(t)} \equiv \frac{\dot{E}(t)}{E(t)} - \frac{\dot{w}(t)}{w(t)}$となる．(3.5)，(3.13)，(3.14)，(3.18)を用いて，(3.20)式を書き換えると，$for\ j \in$

[7] 付録 A で確認できる

$[0,J)$の場合，

$$\frac{\dot{Z}(t)}{Z(t)}=\frac{\beta}{A(J(t))+R\left(t,J(t)\right)}\left[J(t)\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)Z(t)-R\left(t,J(t)\right)\right]+\frac{\dot{R}\left(t,J(t)\right)\beta}{A(J(t))+R\left(t,J(t)\right)}-\rho \quad (3.21)$$

が得られる．$for\ j=J$の場合は

$$\frac{\dot{Z}(t)}{Z(t)}=\frac{\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)Z(t)\beta}{(1-s)a\left(J(t)\right)}+\eta\frac{\dot{J}(t)}{J(t)}-\rho \quad (3.22)$$

となる．この式は賃金で測った支出の変化率と R&D 閾値産業のインデックスの変化率の関係を表す．

3.4.1.3 労働力部門

最後に，労働力部門を説明する．まずは，このモデルにおいて労働力の成長はない．前述のように，このモデルは完全雇用のため，労働者は生産部門とR&D部門に分配され，労働需要と労働供給は等しくなる．このモデルの生産関数は労働力1単位において財を1単位生産すると仮定したもので，生産部門の労働需要は$\frac{E(t,j)}{p(t,j)}$であり，$E(t,j)=E(t)$，および$p(t,j)=p(t)$であるため，生産部門の労働需要は$\frac{E(t)}{p(t)}$となる．産業全体のR&D部門の雇用数は$\int_0^{J(t)}R(t,j)dj$となる．これより，労働市場の制約は$L=R(t)+\frac{E(t)}{p(t)}$となる．$\frac{E(t)}{p(t)}=\frac{E(t)}{\lambda w(t)}=\frac{Z(t)}{\lambda}$に書き換えると労働市場の制約は

$$L=R\left(t,J(t)\right)+\frac{Z(t)}{\lambda} \quad (3.23)$$

となる．(3.23)式を(3.21)式に代入すると

$$\dot{Z}(t)=\frac{\beta}{\frac{A(J(t))+L-\frac{Z(t)}{\lambda}}{Z(t)}+\frac{1}{\lambda}}\left[\left(J(t)\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)+\frac{1}{\lambda}\right)Z(t)-L\right]-\rho$$

となり，便宜上のために微分方程式を

$$\dot{Z} = \Phi(J(t), Z(t)) \tag{3.24}$$

とする．よって，

$$\Phi(J(t), Z(t)) \equiv \frac{\beta}{\dfrac{A(J(t)) + L - \dfrac{Z(t)}{\lambda}}{Z(t)} + \dfrac{1}{\lambda}} \left[\left(J(t) \left(1 - \frac{1}{\lambda} \right) + \frac{1}{\lambda} \right) Z(t) - L \right] - \rho$$

となる．また，均衡の近傍において$\Phi_J > 0, \Phi_Z > 0$を計算できる．[8]もう一つの微分方程式は(3.24)式を(3.22)式に代入することによって

$$\eta \frac{\dot{J}(t)}{J(t)} = \rho - \frac{\left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) Z(t) \beta}{(1 - s) a\left(J(t)\right)} + \frac{\Phi(J(t), Z(t))}{Z(t)}$$

が得られる．便宜上のために微分方程式を

$$\dot{J}(t) = \Psi(J(t), Z(t)) \tag{3.25}$$

とする．よって，

$$\Psi(J(t), Z(t)) \equiv \frac{J(t)}{\eta} \left[\rho - \frac{\left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) Z(t) \beta}{(1 - s) a(J(t))} + \frac{\Phi(J(t), Z(t))}{Z(t)} \right]$$

となる．また，均衡の近傍において，$\Psi_J > 0$を計算できるが，Ψ_Zの値は不明となる．

3.4.2 安定性

この節ではモデル均衡の近傍の安定性を確認する．$\dot{Z}(t) = 0$，および$\dot{J}(t) = 0$の定常状態を考え，時間tを省く．

従って，$\Phi(J, Z)$の傾きは$\left.\frac{dJ}{dZ}\right|_{\dot{Z}=0} = -\frac{\Phi_Z}{\Phi_J} < 0$となる．さらに，$\Psi(J, Z)$に関しては$\left.\frac{\partial \dot{J}}{\partial J}\right|_{\dot{J}=0} = \Psi_J > 0$であり，$\left.\frac{dJ}{dZ}\right|_{\dot{J}=0} \gtrless 0$であるため，$\Psi(J, Z)$には三つのパターンが存在する．

[8] 偏微分の確認は付録 B で確認できる．

パターン1：$\left.\frac{dJ}{dZ}\right|_{j=0} > 0$

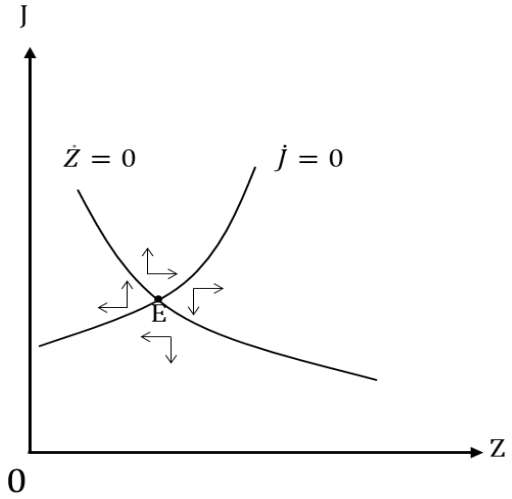


図3. 7：パターン1

パターン2：$\left.\frac{dJ}{dZ}\right|_{j=0} < 0 \wedge |k_{\dot{Z}=0}| < |k_{j=0}|$

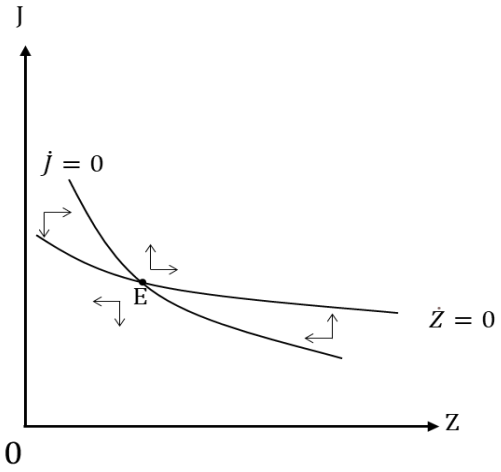


図3. 8：パターン2

パターン3：$\left.\frac{dJ}{dZ}\right|_{j=0} < 0 \wedge |k_{\dot{Z}=0}| > |k_{j=0}|$

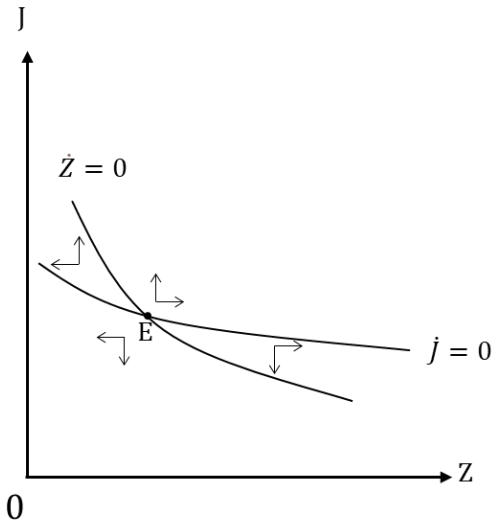


図3.9：パターン3

結果では，パターン2がサドル型平衡点を有し，それ以外のパターンにおいて均衡は存在しない．

3.4.3 比較静学

比較静学を解釈し易くするため，均衡式を以下のように書き換える．[9]また，計算便宜上のため，財の質の逆数と消費財を生産するために必要な労働力をそれぞれ$\delta \equiv \frac{1}{\lambda}$，および$\delta Z \equiv W$と定義する．

$$L - \frac{J\left(\frac{1}{\delta} - 1\right)W\beta}{(1-s)(\rho+\beta)} + \frac{\rho A(J)}{(\rho+\beta)} - W = 0 \qquad (\mathcal{L})$$

$$\rho - \frac{\left(\frac{1}{\delta} - 1\right)W\beta}{(1-s)a(J)} = 0 \qquad (\mathcal{R})$$

それぞれを労働力制約条件と R&D 閾値条件とする．これらは，生産部門の雇用Wと R&D 産業の閾値インデックスJで表せる定常状態の均衡式である．これらの式には均衡が存在することがわかる．さらに計算により，$\left.\frac{dW}{dJ}\right|_{\mathcal{L}} < 0$，および$\left.\frac{dW}{dJ}\right|_{\mathcal{R}} > 0$となるため，

[9] 均衡式と比較静学については付録 C で確認できる

均衡状態を下記のように示すことができる．

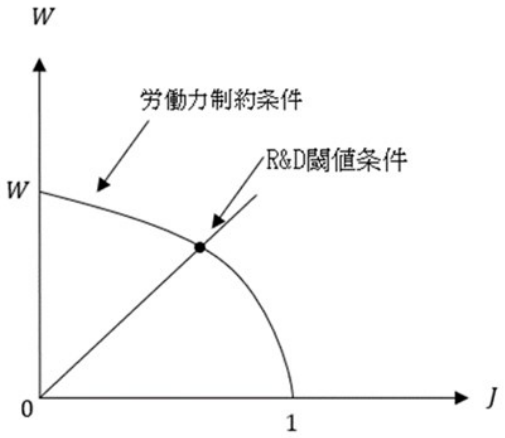


図3.10：均衡

次に比較静学を行い，その結果について直感的説明を加える．本章で考慮される外生変数は労働力L，補助金率s，R&Dの生産性αとβ，時間選好率ρとイノベーションの品質のステップサイズλである．それぞれの結果は以下の通りとなる．

(1)労働力上昇の効果

外生的な労働力Lに対して比較静学を行うと，

$$\frac{\partial J}{\partial L} > 0, \quad \frac{\partial W}{\partial L} > 0$$

となる．直観的な説明としては，労働力の増加によって企業が直面する市場が大きくなり，企業が得られる利潤も大きくなる．利潤が大きくなると，企業の価値も増加し，企業のイノベーションインセンティブも増加する．そのため R&D 部門の雇用を増加させることができ，結果として産業の R&D 産業の閾値Jを増加させて経済全体のイノベーションサイズを増やす．また，労働力の増加により，企業が直面する市場も大きくなり，企業が得られる利潤も大きくなるため，より財を多く生産する．

これにより，生産部門の雇用を増やす効果がある．

(2)補助金率の上昇の効果

政府からの補助金に対して比較静学を行うことより，

$$\frac{\partial J}{\partial s} > 0, \quad \frac{\partial W}{\partial s} < 0$$

となる．政府からの補助金の増加が，企業の R&D のコストを減少させ，自由参入条件より前に R&D 行わない企業が R&D を行うインセンティブがある．そして R&D をおこなう産業が増え，結果として R&D 産業の閾値Jが増加する．労働市場に関して，人口は一定のため，R&D 活動の増加により，生産部門の労働力が相応に減る．

(3)R&D 生産性パラメータの上昇の効果

R&D の生産性を表すパラメータにはαとβが含まれる．R&D 生産性はαの減少関数であり，βの増加関数となっている．それぞれに対して比較静学を行うことより，

$$\frac{\partial J}{\partial \alpha} < 0, \quad \frac{\partial W}{\partial \alpha} > 0, \quad \frac{\partial J}{\partial \beta} > 0, \quad \frac{\partial W}{\partial \beta} < 0$$

となる．αが増加すると産業における R&D の生産性は減少し，R&D の成功確率及び企業価値も減少する．よって，R&D 活動が減少することになり，結果として R&D 産業の閾値の閾値Jが減少する．生産部門に関しては，完全雇用のため，R&D 活動が減少すると，余った労働力が生産部門に移動することになる．二つのパラメータは相反する効果を持つ．

(4)ρの上昇の効果

主観的割引ρの比較静学を行うと

$$\frac{\partial J}{\partial \rho} < 0, \qquad \frac{\partial W}{\partial \rho} > 0$$

となる．主観的割引率が上昇すると，定常状態では利子率の上昇と同様に，企業価値が減少するため，企業の R&D 活動が減少する．結果として R&D 産業の閾値Jも減少する．R&D 活動が減少するため，余った労働力が生産部門に移動することになる．

(5)イノベーションの品質のステップサイズλの上昇の効果

主観的割引λの比較静学を行うと

$$\frac{\partial J}{\partial \lambda} > 0, \qquad \frac{\partial W}{\partial \lambda} < 0$$

となる．イノベーションの品質のステップサイズが上昇すると，企業の独占利潤も増加する．それに伴い，企業価値も増加し，企業の R&D 活動はより活発になる．結果として，R&D 産業の閾値Jは増加する．R&D 活動が増加することで，労働力が生産部門から R&D 部門に移動することになる．

3.5 結論

本稿では，R&D内生成長理論モデルにおける産業間のR&D活動を非対称的に捉え，Grossman and Helpman(1991)を拡張して，産業間のR&D活動が異質性である場合を分析した．

このモデルより，3つの結果が導き出される．まずは動学的において，モデルは一つのパターンだけがサドル均衡になり，他のパターンでは均衡が存在しない．そして，産業間のR&D活動が非対称的な場合，労働力，政府のR&Dの補助金率，プラスのR&D生産性パラメータとイノベーションの品質のステップサイズの増加により，R&Dが活発な

産業が増加する．主観的割引率の増加はR&Dが活発な産業を減少させる．労働力の増加は生産部門の雇用を増加させる．政府のR&Dの補助金率，プラスのR&D生産性パラメータとイノベーションの品質のステップサイズの増加は生産部門の雇用を減少させる効果を持つ．マイナスのR&D生産性パラメータの効果はプラスのパラメータの効果と相反する．

これらの結果により，なぜ現実世界において，R&D活動を行わない産業が存在するのかを説明することができる．その理由として，R&Dの生産性が低いことや市場の規模が小さいことなどがあげられる．そして，政府が経済全体のR&D活動を行う産業の数を増加させたい場合は，R&Dの補助金を出すなどが有効であると結論付けることができる．このモデルでは，労働力，政府のR&Dの補助金率，R&D生産性，主観的割引率とイノベーションの品質のステップサイズがR&D活動を行う産業の閾値にどう影響するのを説明したものである．この結果はこのモデルの主な貢献といえる．

付録 A 経済全体の企業価値

(3.19)を経済全体で集計すると

$$r(t)\int_0^{J(t)} v(t,j)dj = J(t)\pi(t) + \int_0^{J(t)} \dot{v}(t,j)dj - \int_0^{J(t)} v(t,j)\frac{\beta R(t,j)}{a(j)+R(t,j)}dj \qquad (A.3.1)$$

となる．また，経済全体の企業価値$V\big(t,J(t)\big) \equiv \int_0^{J(t)} v(t,j)dj$より，時間に対して微分すると

$$\dot{V}\big(t,J(t)\big) = v(t,J)\dot{J}(t) + \int_0^{J(t)} \dot{v}(t,j)dj \qquad (A.3.2)$$

となる．$(A.3.2)$を$(A.3.1)$に代入すると，(3.20)が得られる．

付録 B 偏微分の確認

$\boldsymbol{\Phi_J > 0, \Phi_Z > 0}$の確認

(3.24)より

$$\Phi_J = \frac{\partial\left\{\frac{\beta Z}{A(J)+L}\left[\left(J\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)+\frac{1}{\lambda}\right)Z - L\right] - \rho\right\}}{\partial J}$$

$$= \frac{\beta Z}{[A(J)+L]}\left\{\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)Z\left[1-\frac{a(J)}{[A(J)+L]}\right] + R\right\}$$

となる．$1-\frac{a(J)}{[A(J)+L]} > 0$のため，$\Phi_J > 0$となる．(3.24)より

$$\Phi_Z = \frac{\partial\left\{\frac{\beta Z}{A(J)+L}\left[\left(J\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)+\frac{1}{\lambda}\right)Z - L\right] - \rho\right\}}{\partial Z}$$

$$= \frac{\beta}{A(J)+L}\left[\left(J\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)+\frac{1}{\lambda}\right)Z - L\right] + \frac{\beta Z}{A(J)+L}\left[\left(J\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)+\frac{1}{\lambda}\right)\right]$$

となる．(3.24)より$\left(J\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)+\frac{1}{\lambda}\right)Z - L > 0$がわかる．従って，$\Phi_Z > 0$となる．

$\boldsymbol{\Psi_J > 0}$の確認

(3.25)より

$$\Psi_J = \frac{1}{\eta}\left[\rho - \frac{\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)Z\beta}{(1-s)a(J)} + \frac{\Phi(J,Z)}{Z}\right] + \frac{J}{\eta}\frac{\Phi_J(J,Z)}{Z} + \frac{J}{\eta}\left[\frac{\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)Z\beta}{(1-s)a(J)^2}\right]\frac{\eta a(J)}{J}$$

$$= \frac{1}{\eta}\left[\rho - \frac{\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)Z\beta}{(1-s)a(J)} + \frac{\Phi(J,Z)}{Z}\right] + \frac{J}{\eta}\frac{\Phi_J(J,Z)}{Z} + \left[\frac{\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)Z\beta}{(1-s)a(J)}\right]$$

$$= \frac{J}{\eta}\frac{\Phi_J(J,Z)}{Z} + \left[\frac{\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)Z\beta}{(1-s)a(J)}\right]$$

となる．従って，$\Psi_J > 0$となる．

付録 C 比較静学について

(3.23)より労働力制約条件を書き換えると

$$L - \int_0^J R(j)dj - W = 0 \tag{A.3.3}$$

となる．定常状態のため，$\dot{J} = 0$となる．$(A.3.2)$より

$$\dot{V} = \int_0^J \dot{v}(j)dj$$

が得られる．上の式を書き換えると

$$\frac{\dot{V}}{V} = \int_0^J \frac{\dot{v}(j)}{V}dj = \int_0^J \frac{\dot{v}(j)}{v(j)}\frac{v(j)}{V}dj \tag{A.3.4}$$

となる．定常状態において$\frac{\dot{V}}{V}$，$\frac{\dot{v}(j)}{v(j)}$，$\frac{v(j)}{V}$は一定のため，$\frac{\dot{V}}{V} = \frac{\dot{v}(j)}{v(j)}$となる．従って，(3.5)，(3.19)より

$$\rho = \frac{\pi}{v(j)} - \frac{\beta R(j)}{a(j) + R(j)}$$

となる．(3.12)より$R(j)$，$R(0)$が得られる．

$$R(j) = \frac{(1-\delta)Z\beta - (1-s)\rho a(j)}{(1-s)(\rho+\beta)} \tag{A.3.5}$$

$$R(0) = \frac{(1-\delta)Z\beta}{(1-s)(\rho+\beta)} \tag{A.3.6}$$

さらに，R&D 雇用である$R(t)$を微分すると

$$\frac{\partial R(t)}{\partial J} = R(J) = \frac{(1-\delta)Z\beta}{(1-s)(\rho+\beta)} - \frac{\rho a(J)}{(\rho+\beta)} = 0 \tag{A.3.7}$$

$$R(0) = \frac{(1-\delta)Z\beta}{(1-s)(\rho+\beta)} = \frac{\rho a(J)}{(\rho+\beta)} \tag{A.3.8}$$

が得られる．$(A.3.3)$を$(A.3.5)$，$(A.3.6)$用いて整理すると$(\mathcal{L})$が得られる．J産業の場合(3.14)と(3.19)より

$$rv(J) = \pi + \dot{v}(J) - v(J)\frac{\beta R(J)}{a(J) + R(J)} \tag{A.3.9}$$

$$v(J)\frac{\beta}{a(J)} = (1 - s)w \tag{A.3.10}$$

となる．定常状態のため，

$$v(J) = \frac{\pi}{r} \tag{A.3.11}$$

となる．$(3.5), (A.3.10)$と$(A.3.11)$を用いて整理すると$(\mathcal{R})$が得られる．

第 4 章 国際貿易と産業の異質性について

4.1 イントロダクション

第 3 章では，産業により R&D 支出が異なることを説明するモデルを構築したが，閉鎖経済が仮定されている．第 4 章では，開放経済の要因が異なる産業にどのような影響を及ぼすかを考察するために，新たなモデルを構築し，均衡の比較静学を示した．人類の交易活動の歴史は古く，紀元前 3000 年にはフェニキア人の地中海での海上交易が行われ，封建社会では中国やユーラシア諸国がシルクロードを通じて国際貿易活動を行っていた．地中海，バルト海，北海，黒海の国家間でも貿易が存在した．15 世紀末から 16 世紀初期にかけての地理的大発見の時期には，植民地と宗主国との間の貿易が行われ，国際貿易の発展が促進された．

資本主義が登場すると，特に産業革命以降，生産性の急速な向上により，商品生産の規模は拡大し続け，国際貿易は急速に発展し，世界規模に広がっていった．そして，17 世紀から 19 世紀にかけて，資本主義国の対外貿易量は増加し続けた．イギリスは長い間，国際貿易における独占的地位をたもっており，当時，国際貿易に関わる商品は，主に一般消費財，工業用原材料，機械設備であった．19 世紀末から現在に至るまで，グローバリゼーションプロセスの絶え間ない進歩に伴い，統一された包括的な世界経済システムと世界市場が徐々に形成された．

国際貿易は各国の市場における需給関係を調整し，生産要素を最大限に活用し，生産要素を最大限に活用するなど，貿易に参加する国の発展，さらには世界経済にお

いても重要な役割を果たしている．比較優位，生産効率の向上，生産技術レベルの向上，国内産業構造の最適化など利点がある．第二次世界大戦以降，国際貿易は垂直分業から水平分業，つまり先進国と発展途上国間の貿易から先進国間の貿易へと移行していった．

その結果，さまざまな商品が一つまたは少数な国のみで生産および輸出している状況となった．例えば，パソコンに使われている CPU や GPU，そして大型船の製造に必要なガントリークレーン，地下鉄の建設に必要なシールドマシン，海空交通に使われている衛星導航系統などは，すべて 1 つの国または少数の国の企業によって生産されており，他の大部分の国はほとんど市場に参入していないのが現状である．本研究では，少数の国が一部の産業を独占している状況に着目し，比較優位に基づき貿易モデルを構築するとともに，2 カ国の均衡を考察し，比較静学分析を加える．

本章の構成は，第 2 節で貿易と国際分業に関する先行研究を紹介し，第 3 節で本研究の現実的な根拠をデータで紹介する．第 4 節では，モデルの導出プロセスについて説明します．第 5 節では，モデルの比較静的結果を示します．第 6 節で結論を述べる．

4.2 先行研究

本節は R&D 理論と貿易理論に触れるが，第 3 章において R&D に関する文献はすでに紹介されたため，この節では国際貿易と関連する研究のみを紹介する．

4.2.1 伝統的な貿易理論

伝統的な貿易理論は絶対優位の理論と相対優位の理論は，それぞれアダム・スミ

スとデビッド・リカードによって提案された．彼らは，各国が貿易する要因は財の生産コストが絶対的な違いまたは相対的な違いであり，生産コストの違いによって，それぞれの国が自分の得意分野で生産することで，貿易に参加している国または地域が貿易の恩恵を受けられることを主張した．古典的な貿易理論の影響力は大きく，国際的な分業と貿易の発展，特に産業間の分業と貿易の発展において重要な理論的指導的役割を果たしている．

ヘクシャー･オーリンモデルは現代の貿易理論の基本的な見方-要素賦存論を提唱し，国際的な分業と貿易の主な理由を深く分析し，要素賦存論を作成した．この理論では，国際的な分業と貿易の主な理由として，各国間の要素賦存量の違いにあると指摘している．国または地域は，最も豊富な要素を使って財を生産そして輸出する．また，豊富ではない要素で作られた財を他国から輸入する．そして，国際的な分業と貿易に参加するすべての国は国際貿易と分業の恩恵を受けることができる．

4.2.2 新貿易理論

新貿易理論はクルーグマン・モデルが代表的である．彼のモデルは規模の経済と消費者の多様性選好が貿易の契機となる．規模の経済について，1980年代から学者達は技術進歩，国際貿易，および経済成長の関係について議論するために，新貿易理論を提案した．Krugman(1997)より技術の拡散スピードが，国際間より国内の方が速いと結論付けた．Kash,Auger and Li(2003)は，中国とインドの企業データを使い,技術革新能力は国際市場で成功する重要な要因であることを示した．Laursen(1999)は関連データの研究を通じて，技術革新と貿易の間に正の関係があり，国の技術革新能力が

対外貿易の発展に重要な影響を与えることが指摘されている.

重要な仮定とは「企業の均質性」と独占的競争仮定である．各国はそれぞれすべての財を生産することができるが，貿易により生産活動が必要な固定コストが減少したため，世界全体に利益をもたらす．このモデルはゼロの貿易額の存在も説明できる．ただし，財はなぜその国で生産されるかについては考慮していない．また，企業が均質であることも現実から大きく乖離したものと指摘された．現実世界においての独占的競争について，Baumol,Panzar and Willig(1983)の研究より支持されている．彼らの研究結果では，市場が寡占または独占されても，企業が平均コストに近い価格で販売することがあると述べた．考えられる理由の一つに，誰でも参入できる市場であるために，寡占または独占する企業は潜在的なライバルを排除するために故意に平均コストに近い価格に設定したことが挙げられる．新貿易理論は，規模の経済，独占的競争，国際貿易の関係を要約し，貿易発展における共通の問題を説明し，貿易の発展に重要な影響を与える.

4.2.3 新々貿易理論

伝統的な貿易理論も新貿易理論も，貿易を営む企業は同質であると仮定し，国際貿易の要因と便益を議論した．近年では，Melitzなどの学者をはじめ，企業は異質的であると仮定して国際貿易問題をミクロレベルで分析し，国際貿易理論を拡張した．Melitz(2003)はHopenhayn(1992)及びKrugman(1980)を組み合わせて，企業の異質性を考慮した貿易理論を構築した.Melitz(2003)の貿易理論は，基本的にはKrugman(1980)を引き継いでいる．これらには大きな違いが二つある．一つは企業の生産性は同一で

ある仮定を緩和すること，もう一つは企業の生産性によって企業の利潤も違うことである．結果として，Melitz(2003)においては，生産性の高い企業のみが輸出企業となり，生産性の低い企業は国内市場に専念する．同一産業において，参入条件さえ満たせれば，産業内に輸出企業と非輸出企業が併存できる．Bernard et al. (2003)は競争市場構造に基づいて，企業の生産性と輸出の関係に関する研究をした．生産性の高い企業は輸出を選択し，生産性の低い企業は破産に直面すると示されている．

Helpman,Melitz and Yeaple(2004)はMelitzモデルを拡張し，企業が輸出あるいはFDIのどちらを通じて国際市場に参入することを分析した．その結果，生産性が最も高い企業はFDIの形で国際市場に参入し，生産性が2番目に高い企業は輸出を選ぶ．金融市場において，Manova(2008)は信用制約をモデルに導入し，企業の生産性が高いほど，金融機関から融資を受けやすいことと分かった．Wagner(2010)はドイツの企業をターゲットに，2001年から2005年の製造業企業データを用いて，世界市場の主要なアクターであるドイツの輸入と生産性の関係を実証分析で行った．結果として，輸入と生産性の間には正の関連性があり，国際取引のプレミアムは西ドイツと東ドイツでほぼ同じであることなどがわかった．Wagner(2007)において，輸出と収益性の関係に関する最初の包括的な証拠を示しており，輸出企業の平均生産性が非輸出企業より高いと示されている．

生産性だけで貿易を決めるのではなく，政策や国際環境も国際貿易に大きな影響を与える．輸出税の還付も企業の貿易行動に影響を与える研究はChandra and Long(2013)である．彼らの研究は2004年から2006年の企業レベルのパネルデータを使

用し，総輸出量と平均税還付率の間に正の相関関係を持つと結論づけている．Gourdonetal(2014)は，2003年から2012年までのHS6桁の製品貿易データを使用して，税還付率が1%増加するごとに，輸出量が7%増加することを証明した．Manova and Yu(2016)より輸出税還付率が輸出企業の財務健全性にプラスの影響を与えることがわかった．Du et al.（2017)の研究より企業がマイナスな政治的なショックが受ける際に，二国間貿易の規模を縮小することがわかる．さらに国有企業の感度が最も高く，民間企業，中外合弁企業，外資系企業の感度が順に低下することが示されている．Davis et al.（2019)とLi(2021)も似たような結果が得られた．Heilmann(2016)は政治的動機による，いくつかのボイコット事例を用いて，国際紛争が二国間貿易関係に及ぼす影響を議論したものである．ボイコットは，消費財，特にブランドの特徴的な輸出品に最も効果的であるが，中間財や資本財にはせいぜい一時的な影響しかないであることを示唆している．

またSchoppa(1999)の研究より，国の信頼レベルが貿易政策の選好に影響するかどうかを経験的に分析した．結果として，国民の見方や態度は貿易自由化に対して有意かつ正の関係をもち，他人を信頼する傾向があるグループは，貿易自由化に対して肯定的な見方をする可能性が高いことを示している．

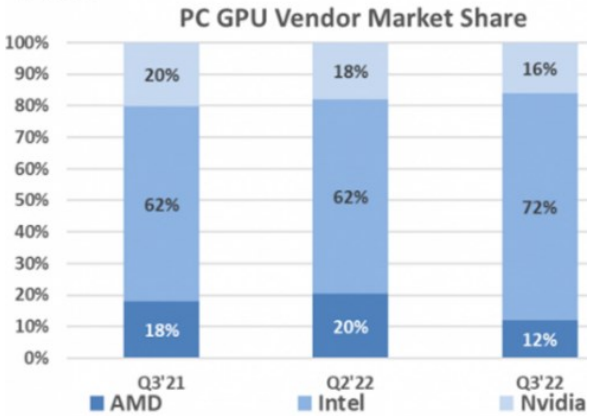
その他に，Bernard et al.（2006)の研究は2002年のアメリカ製造業センサスデータを使い，各産業の輸出企業のシェアを整理し，比較した．結果，企業全体の4%のみが輸出事業に携わっており，アメリカのほとんどの企業が国内市場を専念することを示している．Aghion, Philippe et al.（2018)はフランスの製造業部門の輸出と特許

の取得数の関係を分析し，輸出企業が新たな市場の競争圧力を受けより多くの特許を取る傾向があると結論づけた．Fajgelbaum,Grossman and Helpman(2011)は，裕福な国は高品質の商品の純輸出国であり，低品質の商品の純輸入国であると予測し，貿易自由化が豊かな国の貧しい世帯と貧しい国の裕福な世帯に利益をもたらすことを示している．

4.3 データについて

ここで説明する内容は，「A 国の企業はある財を生産できるが，他の国はその財を生産しない，すべて A 国からの輸入を依存する」という現象である．しかし，データの制約により，公式な産業別生産データには同様の証拠を見つけることはできなかった．そこで，ターゲットを更に狭い産業に集中し，とある現象を見出した．以下のデータをもとに説明する．

図4.1



Source:Jon Peddie Research(JPR)

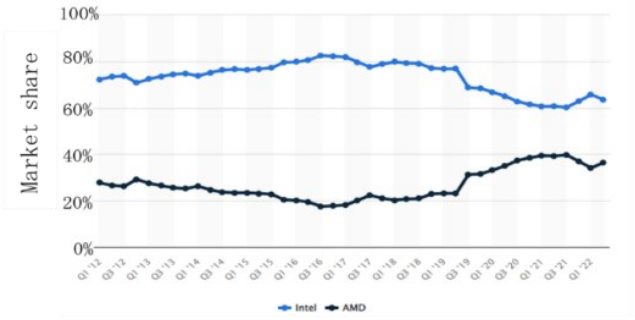
まず，GPU チップ業界において，GPU チップはエンターテイメントに使用されるだけでなく，機械学習，深層学習，デザイン，映画およびテレビ業界，人工知能などの

業界でも広く用いられている．現在，世界には「NVIDIA」,「AMD」,「Intel」の 3 つの主要な GPU チップメーカーがある．Jon Peddie Research(JPR)が 2022 年第 3 半期に発表したデータによると，図 4.1 に示されているように，2021 年第 3 半期から 2022 年第 3 半期までの期間において，上記のアメリカ企業 3 社が PC 向けの GPU チップ市場を完全占有した．GPU チップに限らず，PC 向けの x86 系 CPU 市場は，アメリカの「Intel」と「AMD」の 2 社でほとんど分担されている．

GPU チップに限らず，PC 向けの x86 系 CPU 市場は，アメリカの「Intel」と「AMD」の 2 社でほとんど分担されている．

図4.2

Distribution of Intel and AMD x86 computer central processing units (CPUs) worldwide from 2012 to 2022, by qu



Source:www.statista.com

図 4.2 に示すように，Statista Web サイトのデータによると，2012 年から X86 系の CPU は上記の 2 つの会社によって分割されています．類似産業としてリソグラフィー産業があり，ASML，キャノン，ニコンなど露光機を製造できる企業は世界にいくつかあるが，最先端の EUV リソグラフィーはオランダの ASML 企業が独占している．この一国独占産業に関するデータは不足していますが，次の節で紹介する私のモデルの現実的な基礎にもなります．

4.4 モデルの説明

4.4.1 最終生産物部門

このモデルは静学だけを考慮して構築したものである．第 3 章と同じ効用関数を仮定し産業のインデックスを$j \in [0,1]$とする．よってオイラー条件は以下となる．

$$\frac{\dot{E}_A(t)}{E_A(t)} = \frac{\dot{E}_B(t)}{E_B(t)} = r(t) - \rho = 0 \tag{4.1}$$

財を生産するためには労働力のみが使われ，陳腐化した財はどの企業でも潜在的に生産できると仮定する．また，両国は各自の産業領域において得意分野がある．両国の相対的な生産性を以下の通りと仮定する．

$$C(j) \equiv \frac{c_B(j)}{c_A(j)}, \qquad C'(j) < 0, \qquad 0 < j < 1 \tag{4.2}$$

$c_A(j)$と$c_B(j)$は A 国あるいは B 国のj産業で 1 単位の消費財を生産するために必要とする労働者数である．両国の賃金は$w_A(t)$または$w_B(t)$であり，両国相対的賃金は$\omega(t) \equiv \frac{w_A(t)}{w_B(t)}$である．また，産業インデックスの増加につれて，相対的生産性$C(j)$が減少する．両国が同じ相対的生産性を持つ産業のインデックスをJとする．そのため，産業Jにおいては，両国の財の生産コストが同じとなる．よって，$w_A(t)c_A(J) = w_B(t)c_B(J)$となり，(4.3)式が成り立つ．

$$\frac{w_A(t)}{w_B(t)} = C(J) \tag{4.3}$$

どの国の企業も任意の産業に参入できるため，

$$\pi_A(t,1) > 0, \quad \pi_B(t,0) > 0$$

と仮定する．相対的な生産性と相対的な賃金より両国の比較優位を確認できるた

め，A 国が比較優位を持つ場合は$c_A(j)w_A(t) < c_B(j)w_B(t)$となる．逆に，B 国が比較優位を持つ場合は$c_A(j)w_A(t) > c_B(j)w_B(t)$となる．

両国の企業は独占的競争を行う．企業がライバル国の企業を市場から排除できる価格設定は二つのパターンが存在する．一つは A 国の技術がリードし，かつ A 国の企業が比較優位を持つ場合，財の価格を$p_A^1(t,j) = \lambda c_A(j)w_A(t)$と設定する．A 国の技術がリードし，かつ A 国の企業が比較優位を持たない場合の価格は$p_A^2(t,j) = \lambda c_B(j)w_B(t)$となる．また，B 国の技術がリードし，B 国の企業が比較優位を持つ場合，財の価格は$p_B^1(t,j) = \lambda c_B(j)w_B(t)$となり，B 国の技術がリードし，かつ B 国の企業が比較優位を持たない場合の価格は$p_B^2(t,j) = \lambda c_A(j)w_A(t)$となる．これらの価格設定によってライバル国の企業を市場から排除することができる．よって，財の価格設定は

$$p_A^1(t,j) = p_B^2(t,j) = \lambda c_A(j)w_A(t), \qquad p_B^1(t,j) = p_A^2(t,j) = \lambda c_B(j)w_B(t) \tag{4.4}$$

となる．[10]利潤のパターンは図 4.3 で表したように，各パターンの利潤を考慮すると，$(4.1), (4.3), (4.4)$より，両国各パータンの利潤は

$$\pi_A^1(t,j) = \left[1 - \frac{1}{\lambda}\right]\lambda c_A(j)w_A(t)[x_A(t,j) + x_B(t,j)] \tag{4.5}$$

$$\pi_A^2(t,j) = \left[1 - \frac{\omega(t)}{\lambda C(j)}\right]\lambda c_B(j)w_B(t)[x_A(t,j) + x_B(t,j)] \tag{4.6}$$

$$\pi_B^1(t,j) = \left[1 - \frac{1}{\lambda}\right]\lambda c_B(j)w_B(t)[x_A(t,j) + x_B(t,j)] \tag{4.7}$$

$$\pi_B^2(t,j) = \left[1 - \frac{C(j)}{\lambda\omega(t)}\right]\lambda c_A(j)w_A(t)[x_A(t,j) + x_B(t,j)] \tag{4.8}$$

[10] 自国が比較優位は添え字 1，そうでない場合は添え字 2 とする．図 3 の Ⅰ と Ⅱ はパターン 1 と 2 のことである．

である．$x_A(t,j)$，$x_B(t,j)$はそれぞれの国のj産業の消費財を表す．

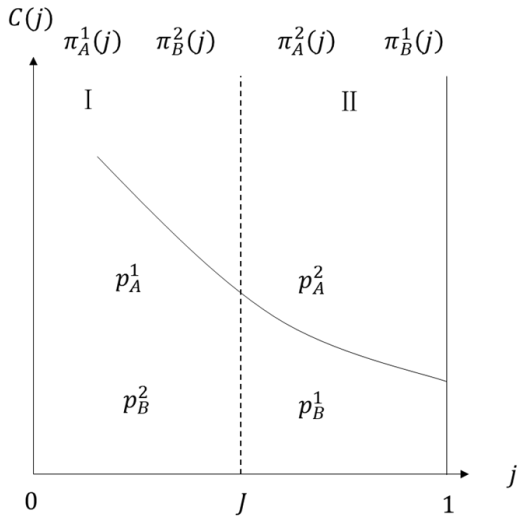


図4.3 相対的生産性と利潤のパターン

4.4.2 R&D 部門

次に，R&D 部門について説明する．各国のイノベーション率は$\frac{R_A(t,j)}{\alpha_A}$，および$\frac{R_B(t.j)}{\alpha_B}$と仮定する．ここで$\alpha_A > 0$，および$\alpha_B > 0$とする．また$R_A(t,j)$と$R_B(t,j)$は A 国と B 国の$j$産業における R&D 労働者とする．従って，両国のイノベーションの成功確率は

$$I_A(t) \equiv \int_0^1 \frac{R_A(t,j)}{\alpha_A} dj \tag{4.9}$$

$$I_B(t) \equiv \int_0^1 \frac{R_B(t,j)}{\alpha_B} dj \tag{4.10}$$

となる．また，A 国と B 国の R&D 部門に雇用される人口は

$$R_A(t) = \int_0^1 R_A(t,j), \qquad R_B(t) = \int_0^1 R_B(t,j)$$

となる．また，第 3 章と同様，財を生産し利潤を得る産業は R&D 成功後にランダムに割り当てられると仮定する．従って，経済全体での企業価値の期待値は

$$v_A(t) = \int_0^J \frac{\pi_A^1(t,j)}{r + [I_A(t) + I_B(t)]} dj + \int_J^1 \frac{\pi_A^2(t,j)}{r + [I_A(t) + I_B(t)]} dj \tag{4.11}$$

$$v_B(t) = \int_J^1 \frac{\pi_B^1(t,j)}{r + [I_A(t) + I_B(t)]} dj + \int_0^J \frac{\pi_B^2(t,j)}{r + [I_A(t) + I_B(t)]} dj \tag{4.12}$$

となる．また，このモデルでは，財を生産する際に，労働力のみが必要となるため，参入条件を全国で集計すると

$$v_A(t)I_A(t) - w_A(t)R_A(t) = 0 \tag{4.13}$$

$$v_B(t)I_B(t) - w_B(t)R_B(t) = 0 \tag{4.14}$$

となる．

4.4.3 輸出入

両国間の貿易において，A 国の輸出産業の数をμ_A，B 国の輸出産業の数をμ_Bとする．全産業のインデックスは 1 のため

$$1 = \mu_B + \mu_A \tag{4.15}$$

がわかる．B 国の企業が技術リードした産業において，A 国の企業がイノベーション成功する産業の数は$I_A\mu_B$で与えられる一方，同様に，$I_B\mu_A$は A 国の企業がリードした産業で B 国の企業が成功する産業数である．そのため，A 国がリードする産業数の変化は次式で表される．

$$\dot{\mu}_A = I_A(t)\mu_B - I_B(t)\mu_A \tag{4.16}$$

定常状態に各国は一定の割合のハイテク製品において，リーダーシップを維持する．定常状態では，$\dot{\mu}_A = 0$となる．

4.4.4 労働力部門

このモデルでは，1 単位の財を生産するため，c_Aあるいはc_B人が必要となる．そのため，各国の労働力市場の完全雇用は

$$L_A = R_A(t) + \mu_A \int_0^1 [x_A(t,j) + x_B(t,j)] c_A(j) dj \tag{4.17}$$

$$L_B = R_B(t) + \mu_B \int_0^1 [x_A(t,j) + x_B(t,j)] c_B(j) dj \tag{4.18}$$

で表せる．

4.4.5 均衡

ここからは定常状態のみを考慮した．さらに，賃金で測った支出をzと定義すると

$$z_A \equiv \frac{E_A}{w_A},\ z_B \equiv \frac{E_B}{w_B} \tag{4.19}$$

となる．従って，自由参入と企業価値を合わせた R&D 閾値条件を内生変数に書き換える．

$$[\rho + (I_A + I_B)]\alpha_A = \left(z_A + \frac{z_B}{\omega}\right)\left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) * J + \left(z_A + \frac{z_B}{\omega}\right) \int_J^1 \left[1 - \frac{\omega}{\lambda C(j)}\right] dj \tag{4.20}$$

$$[\rho + (I_A + I_B)]\alpha_B = (z_A\omega + z_B)\left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) * (1 - J) + (z_A\omega + z_B) \int_0^J \left[1 - \frac{C(j)}{\lambda\omega}\right] dj \tag{4.21}$$

同様に労働力制約条件を内生変数に書き換えると

$$L_A = \alpha_A I_A + \frac{\mu_A}{\lambda}\left(z_A + \frac{z_B}{\omega}\right) J + \frac{\mu_A}{\lambda}(z_A\omega + z_B) \int_J^1 \frac{1}{C(j)} dj \tag{4.22}$$

$$L_B = \alpha_B I_B + \frac{\mu_B}{\lambda}(z_A\omega + z_B)(1 - J) + \frac{\mu_B}{\lambda}\left(z_A + \frac{z_B}{\omega}\right) \int_0^J C(j) dj \tag{4.23}$$

となる．[11]最後に企業の参入撤退バランスを内生変数に書き換えと

$$\mu_A z_B = \mu_B z_A \omega \tag{4.24}$$

となる．この五つの式は，両国それぞれの「R&D 閾値条件」と「労働力市場制約条件」

[11] 付録A で確認できる．

と「参入撤退バランス」である．(4.18)，(4.19)，(4.20)，(4.21)を自国の賃金で測った式に書き換える．従って，均衡式は次の三つの式に与えられる．[12]

$$\frac{\{\rho I_A + {I_A}^2 + I_B I_A\}\alpha_A}{(I_A + I_B)}\left\{J + C(J)\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj\right\} - (L_A - \alpha I_A)\left\{\lambda - J - \int_J^1 \left[\frac{C(J)}{C(j)}\right]dj\right\} = 0 \qquad (\mathcal{A})$$

$$\frac{\{\rho I_B + I_A I_B + {I_B}^2\}\alpha_B}{(I_A + I_B)}\left\{[1-J]C(J) + \int_0^J C(j)dj\right\}$$

$$-(L_B - \alpha I_B)C(J)\left\{[\lambda - 1 + J] - \int_0^J \left[\frac{C(j)}{C(J)}\right]dj\right\} = 0 \qquad (\mathcal{B})$$

$$\left\{\lambda - J - \int_J^1 \left[\frac{C(J)}{C(j)}\right]dj\right\}\alpha_B - C(J)\left\{[\lambda - 1 + J] - \int_0^J \left[\frac{C(j)}{C(J)}\right]dj\right\}\alpha_A = 0 \qquad (\mathcal{J})$$

$(\mathcal{A})$と$(\mathcal{B})$より，各国のイノベーション率が決定される．$(\mathcal{J})$より，両国の相対的生産コストが等しい場合，産業インデックスJが決まる．図 4.4 はI_AとI_Bを座標とする均衡状態を表した図である．[13]

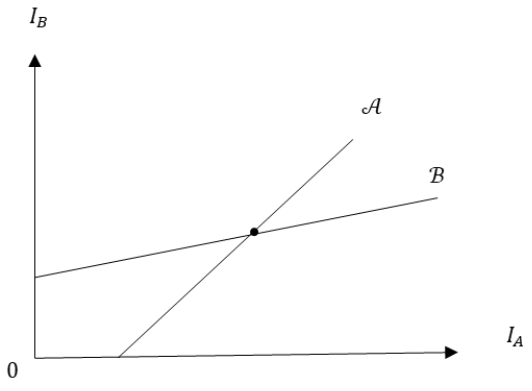


図4.4均衡状態

4.4.6 比較静学

ここでは比較静学を行い，その結果について直感的に説明を加える．本章で考慮される外生変数は両国それぞれの労働力L_A，L_B，R&Dの生産性α_A，α_B，時間選好率ρと品質

[12] 均衡式の導出は付録 B で確認できる．

[13] 均衡の存在は B で確認できる

のステップサイズλである．

(1)労働力上昇の効果

外生的な労働力L_A，L_Bに対して比較静学を行うと，

$$\frac{\partial I_A}{\partial L_A} > 0, \qquad \frac{\partial I_B}{\partial L_B} > 0$$

$$\frac{\partial I_B}{\partial L_A} > 0, \qquad \frac{\partial I_B}{\partial L_B} > 0$$

となる．直感的な説明としては，各国の労働力の増加によってすべての企業が直面する市場が大きくなり，企業が得られる利潤も大きくなる．それに伴い，企業の価値が増加するとともに，企業のイノベーションインセンティブも増加し，その結果，両国のイノベーション率も増加する．

(2)R&D 生産性パラメータの上昇の効果

R&D 生産性はαの減少関数である．比較静学を行うことより，

$$\left.\frac{\partial I_A}{\partial \alpha}\right|_{\alpha_A=\alpha_B=\alpha} < 0, \qquad \left.\frac{\partial I_B}{\partial \alpha}\right|_{\alpha_A=\alpha_B=\alpha} < 0$$

となる．α_Aとα_Bが同時に増加すると両国の産業における R&D の生産性は減少し，イノベーションのコストが増える．その結果，企業価値は減少し，両国のイノベーション率も減少する．

(3)ρの上昇の効果

主観的割引ρの比較静学を行うと

$$\frac{\partial I_A}{\partial \rho} < 0, \qquad \frac{\partial I_B}{\partial \rho} > 0$$

となる．主観的割引率が上昇すると，定常状態では利子率の上昇と同様に，企業価値が減少し，そのため，両国のイノベーション率も減少する．

(4)イノベーションの品質のステップサイズλの上昇の効果

λが上昇すると，一定の条件の下で

$$\frac{\partial I_A}{\partial \lambda} > 0, \qquad \frac{\partial I_B}{\partial \lambda} > 0$$

となる．[14]イノベーションの品質のステップサイズが上昇すると，企業の利潤も増加する．それに伴い，企業価値も増加し，企業の R&D 活動はより活発になる．その結果，どちらかの国のイノベーション率が増加する．

4.5 結論

本モデルは第 3 章を拡張して開放経済，比較優位の下で R&D 活動に従事する企業を仮定し，均衡の特徴を検討した．比較静学は労働力を，R&D 生産性の向上は両国のイノベーション率を増加させる．主観的割引率の上昇は両国のイノベーション率を減少させる．一定の条件のもと，イノベーションの品質のステップサイズの増加はどちらかの国のイノベーション率を増加させる．

[14]詳細は付録 C で確認できる．

付録 A 制約条件を内生変数に書き換え

労働力制約条件の書き換え

(4.4)を(4.17)に代入すると

$$L_A = R_A + \mu_A \int_0^J \frac{[E_A(j) + E_B(j)]}{\lambda c_A(j) w_A} c_A(j) dj + \mu_A \int_J^1 \frac{[E_A(j) + E_B(j)]}{\lambda c_B(j) w_B} c_A(j) dj$$

となる．第 3 章の効用関数を用いると，効用最大化の際に各産業jに対する支出は等しくなる．さらに産業のインデックスは最大 1 であるため，$E_A(j) = E_A$，および $E_B(j) = E_B$がわる．従って，L_Aは

$$L_A = R_A + \mu_A \left(\frac{E_A}{\lambda w_A} + \frac{E_B}{\lambda w_A}\frac{w_B}{w_B}\right) \int_0^J \frac{c_A(j)}{c_A(j)} dj + \mu_A \left(\frac{E_A}{\lambda w_B}\frac{w_A}{w_A} + \frac{E_B}{\lambda w_B}\right) \int_J^1 \frac{c_A(j)}{c_B(j)} dj$$

となる．(4.9)，(4.19)を上式に代入すると，(4.22)となる．同様の手順で(4.23)を導出できる．

企業の参入撤退バランス均衡式

両国の定常状態における輸出と輸入は等しいため

$$\mu_A \int_0^J p_A^1 x_B(j) dj + \mu_A \int_J^1 p_A^2 x_B(j) dj = \mu_B \int_J^1 p_B^1 x_A(j) dj + \mu_B \int_0^J p_B^2 x_A(j) dj$$

$$\Downarrow \mu_A \int_0^J E_B(j) dj + \mu_A \int_J^1 E_B(j) dj = \mu_B \int_J^1 E_A(j) dj + \mu_B \int_0^J E_A(j) dj$$

$$\mu_A E_B = \mu_B E_A$$

となる．両辺をw_Bで割った後に両国の相対的賃金$\omega(t) \equiv \frac{w_A(t)}{w_B(t)}$を用いて(4.24)となる．

付録 B 均衡式の導出

(J)について

(4.3)と$\omega(t) \equiv \frac{w_A(t)}{w_B(t)}$より

$$\omega(t) = C(J) \qquad (A.4.1)$$

$$J = C^{-1}(\omega) \qquad (A.4.2)$$

となる(4.20)，(4.21)，(A.4.1)より

$$(\rho + I_A + I_B)\alpha = \left(z_A + \frac{z_B}{C(J)}\right)\left\{\left(1 - \frac{1}{\lambda}\right)J + \int_J^1 \left[1 - \frac{C(J)}{\lambda C(j)}\right]dj\right\} \qquad (A.4.3)$$

$$(\rho + I_A + I_B)\alpha = C(J)\left(z_A + \frac{z_B}{C(J)}\right)\left\{\left(1 - \frac{1}{\lambda}\right)(1 - J) + \int_0^J \left[1 - \frac{C(j)}{\lambda C(J)}\right]dj\right\} \qquad (A.4.4)$$

となる．(A.4.3)と(A.4.4)より$(\mathcal{J})$となる．

(4.15), (4.16)より

$$\mu_B = \frac{1}{\left(\frac{I_A}{I_B} + 1\right)} = \frac{I_B}{(I_A + I_B)}, \qquad \mu_A = \frac{1}{\left(\frac{I_A}{I_B} + 1\right)}\frac{I_A}{I_B} = \frac{I_A}{(I_A + I_B)} \qquad (A.4.5)$$

となる．(4.24)，$(A.4.5)$より

$$\frac{I_A}{(I_A + I_B)}z_B = \frac{I_B}{(I_A + I_B)}z_A C(J) \qquad (A.4.6)$$

となる．(4.22)，(A.4.1)，(A.4.2)，(A.4.6)を用いると

$$L_A - \alpha I_A = \frac{1}{\lambda}\frac{I_A}{(I_A + I_B)}\left(z_A + \frac{z_B}{C(J)}\right)J + \frac{1}{\lambda}\frac{I_A C(J)}{(I_A + I_B)}\left(z_A + \frac{z_B}{C(J)}\right)\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj \qquad (A.4.7)$$

となる．(A.4.3)，(A.4.7)より$(\mathcal{A})$となる．(A.4.1)，(A.4.2)，(A.4.6)，(4.23)を用いると

$$L_B - \alpha I_B = \frac{1}{\lambda}\frac{I_B C(J)}{(I_A + I_B)}\left(z_A + \frac{z_B}{C(J)}\right)[1 - J] + \frac{1}{\lambda}\frac{I_B}{(I_A + I_B)}\left(z_A + \frac{z_B}{C(J)}\right)\int_0^J C(j)dj \qquad (A.4.8)$$

となる．(A.4.3)と(A.4.8)より$(\mathcal{B})$となる．

$(\mathcal{A})$の傾きk_Aついて

$$\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_A} = \frac{(\rho + 2I_A + I_B)\alpha}{(I_A + I_B)}\left\{J + C(J)\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj\right\} -$$

$$\frac{(\rho I_A + {I_A}^2 + I_B I_A)\alpha}{(I_A + I_B)^2}\left\{J + C(J)\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj\right\} + \alpha\left\{\lambda - J - \int_J^1 \frac{C(J)}{C(j)}dj\right\}$$

$$= \alpha\lambda + \frac{\rho\alpha I_B}{(I_A + I_B)^2}\left\{J + C(J)\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj\right\} > 0$$

$$\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_B} = \frac{-\rho\alpha I_A}{(I_A + I_B)^2}\left[J + C(J)\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj\right] < 0$$

となる．従って，$(\mathcal{A})$の傾き$k_{\mathcal{A}} = \left.\frac{dI_B}{dI_A}\right|_{\mathcal{A}} > 0$となる．

$(\mathcal{B})$の傾きk_Bついて

$$\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_A}=\left\{-\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]\right\}<0$$

$$\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_B}=\frac{(\rho+I_A+I_B)\alpha}{(I_A+I_B)}\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]+\frac{I_B\alpha}{(I_A+I_B)}\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]$$
$$-\frac{(\rho+I_A+I_B)\alpha I_B}{(I_A+I_B)(I_A+I_B)}\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]+\alpha C(J)\left[(\lambda-1+J)-\int_0^J\frac{C(j)}{C(J)}dj\right]$$

上式の第一項と第三項を整理すると

$$\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_B}=\left\{\frac{\rho\alpha I_A}{(I_A+I_B)^2}\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]+\alpha\lambda C(J)\right\}>0$$

となる．従って，$(\mathcal{B})$の傾き$k_{\mathcal{B}}=\left.\frac{dI_B}{dI_A}\right|_{\mathcal{B}}>0$となる．

$k_{\mathcal{A}}>k_{\mathcal{B}}$の確認

$$k_{\mathcal{A}}-k_{\mathcal{B}}=\frac{\frac{\rho}{I_A+I_B}\left[J+C(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]\frac{I_B}{I_A+I_B}+\lambda}{\left[J+C(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]\frac{I_A}{I_A+I_B}\frac{\rho}{I_A+I_B}}$$

$$-\frac{\frac{\rho}{I_A+I_B}\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]\frac{I_B}{I_A+I_B}}{\frac{\rho}{I_A+I_B}\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]\frac{I_A}{I_A+I_B}+\lambda C(J)}$$

となる．分子分母の$(I_A+I_B)(I_A+I_B)$を消去し，整理すると

$$k_{\mathcal{A}}-k_{\mathcal{B}}=\frac{\rho\left[J+C(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]I_B+\lambda(I_A+I_B)^2}{\left[J+C(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]I_A\rho}$$

$$-\frac{\rho\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]I_B}{I_A\rho\left[(1-J)[1-J]C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]+(I_A+I_B)^2\lambda C(J)}$$

$$=\frac{I_B}{I_A}+\frac{\lambda(I_A+I_B)^2}{\left[J+C(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]I_A\rho}$$

$$-\frac{\rho\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]I_B}{I_A\rho\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]+(I_A+I_B)^2\lambda C(J)}$$

$$=\frac{I_B(I_A+I_B)^2\lambda C(J)}{I_A\left\{I_A\rho\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]+(I_A+I_B)^2\lambda C(J)\right\}}$$

$$+\frac{\lambda(I_A+I_B)^2}{\left[J+C(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]I_A\rho}>0$$

となる．

交点の存在の確認

$(\mathcal{A})$において$I_B=0$の場合，

$$I_A=\frac{\left\{L_A\left[(\lambda-J)-\int_J^1\frac{C(J)}{C(j)}dj\right]-\rho\alpha\left[J+\int_J^1\frac{C(J)}{C(j)}dj\right]\right\}}{\lambda\alpha}$$

となる．$(\mathcal{J})$を利用すると

$$I_A=\frac{\left\{L_A\left[\lambda-J-\int_J^1\frac{C(J)}{C(j)}dj\right]-\rho\alpha\frac{(L_A-\alpha I_A)}{\frac{(\rho I_A+{I_A}^2+I_BI_A)\alpha}{(I_A+I_B)}}\left[\lambda-J-\int_J^1\frac{C(J)}{C(j)}dj\right]\right\}}{\lambda\alpha}$$

$$=\frac{\left[\frac{I_AL_A+\rho\alpha I_A}{(\rho+I_A)}\right]\left[\lambda-J-\int_J^1\frac{C(J)}{C(j)}dj\right]}{\lambda\alpha}>0$$

となる．$(\mathcal{B})$において$I_A=0$の場合，

$$I_B=\frac{L_B\lambda C(J)\left\{\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)(1-J)+\int_0^J\left[1-\frac{C(j)}{\lambda C(J)}\right]dj\right\}-\rho\alpha\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]}{\alpha\left\{\lambda C(J)\left[\left(1-\frac{1}{\lambda}\right)(1-J)+\int_0^J\left[1-\frac{C(j)}{\lambda C(J)}\right]dj\right]+\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]\right\}}\quad(A4.9)$$

となる．$(\mathcal{J})$を利用すると分母＞0がわかる．$(\mathcal{B})$より

$$\left\{(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right\}=\frac{(L_B-\alpha I_B)C(J)\left[(\lambda-1+J)-\int_0^J\frac{C(j)}{C(J)}dj\right]}{(\rho+I_B)\alpha}\quad(A4.10)$$

となる．$(A4.10)$を$(A4.9)$に代入すると

$$I_B=\frac{\left[\frac{L_BI_B+\rho\alpha I_B}{(\rho+I_B)}\right]C(J)\left[(\lambda-1+J)-\int_0^J\frac{C(j)}{C(J)}dj\right]}{\alpha\left\{\left[C(J)(\lambda-1+J)-\int_0^J C(j)dj\right]+\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]\right\}}>0$$

となる．第一象限に交点が存在する．

付録 C 比較静学について

ヤコビアン行列の確認

$$|J| = \begin{vmatrix} \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_A} & \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_B} & \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial J} \\ \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_A} & \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_B} & \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial J} \\ \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial I_A} & \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial I_B} & \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial J} \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} \left\{ +\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2} \left[+C(J) \int_J^{\alpha\lambda} \frac{1}{C(j)} dj \right] \right\} & \left[J + C(J) \int_J^1 \frac{1}{C(j)} dj \right] \frac{\alpha I_A}{I_A+I_B} \frac{-\rho}{I_A+I_B} & \left\{ \left[\frac{(\rho I_A + {I_A}^2 + I_B I_A)\alpha}{I_A+I_B} + (L_A - \alpha I_A) \right] \times \left[C'(J) \int_J^1 \frac{1}{C(j)} dj \right] \right\} \\ -\left[(1-J)C(J) + \int_0^J C(j) dj \right] \times \frac{I_B \alpha}{I_A+I_B} \frac{\rho}{I_A+I_B} & \left\{ \frac{\rho\alpha}{I_A+I_B} \frac{I_A}{I_A+I_B} \left[\begin{matrix} (1-J)C(J) \\ + \int_0^J C(j) dj \end{matrix} \right] + \alpha\lambda C(J) \right\} & \left\{ -C'(J) \int_0^J \frac{C(j)}{C(J)} dj \times \left[\frac{(\rho I_B + I_A I_B + I_B^2)\alpha}{I_A+I_B} + (L_B - \alpha I_B) \right] \right\} \\ 0 & 0 & \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial J} \end{vmatrix}$$

$$= \left\{ \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_A} \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_B} - \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_B} \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_A} \right\} \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial J}$$

$\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_A} \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_B} - \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_B} \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_A} > 0$のため，$|J|$の符号は$\frac{\partial \mathcal{J}}{\partial J}$より決まり，$|J| > 0$となる．

比較静学について

λの比較静学を計算するため，$C(J)$を

$$C(J) \equiv \frac{a}{e^{bJ}} \qquad (A4.11)$$

と特定化し，$a > 0$,および$b > 0$と仮定する．$C(J) - 1$の正負よりλの比較静学の充分条件を計算する．

$\frac{\partial I_A}{\partial \lambda}$について

$$\left(\frac{\partial I_A}{\partial \lambda} \right) = \frac{\begin{vmatrix} -\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial \lambda} & \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_B} & \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial J} \\ -\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial \lambda} & \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_B} & \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial J} \\ -\frac{\partial \mathcal{J}}{\partial \lambda} & \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial I_B} & \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial J} \end{vmatrix}}{|J|}$$

$$= \frac{\begin{vmatrix} L_A - \alpha I_A & \dfrac{-\rho\alpha I_A}{(I_A+I_B)^2}\left[J + C(J)\int_J^1 \dfrac{1}{C(j)}dj\right] & \left\{\begin{matrix}\left[\dfrac{(\rho I_A + {I_A}^2 + I_B I_A)\alpha}{I_A+I_B} + (L_A - \alpha I_A)\right] \\ \times\left[C'(J)\int_J^1 \dfrac{1}{C(j)}dj\right]\end{matrix}\right\} \\ (L_B - \alpha I_B)C(J) & \left\{\begin{matrix}\dfrac{\rho\alpha I_A}{(I_A+I_B)^2}\left[(1-J)C(J) + \int_0^J C(j)dj\right] \\ +\alpha\lambda C(J)\end{matrix}\right\} & -\left\{\begin{matrix}\left[\dfrac{(\rho I_B + I_A I_B + {I_B}^2)\alpha}{I_A+I_B} + (L_B - \alpha I_B)\right] \\ \times\dfrac{C'(J)}{C(J)}\int_0^J C(j)dj\end{matrix}\right\} \\ C(J) - 1 & 0 & \left[-C'(J)\int_J^1 \dfrac{1}{C(j)}dj\right] - C'(J)(\lambda - 1 + J) \end{vmatrix}}{|J|}$$

$$= \left(-\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial\lambda}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial I_B}\frac{\partial\mathcal{J}}{\partial J}\right) + \left[\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial I_B}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial J}\left(-\frac{\partial\mathcal{J}}{\partial\lambda}\right)\right] - \left[\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial J}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial I_B}\left(-\frac{\partial\mathcal{J}}{\partial\lambda}\right)\right] - \left[\frac{\partial\mathcal{J}}{\partial J}\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial I_B}\left(-\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial\lambda}\right)\right]$$

となる．$-\frac{\partial\mathcal{J}}{\partial\lambda} = C(J) - 1 > 0$ を仮定すると

$$\left(-\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial\lambda}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial I_B}\frac{\partial\mathcal{J}}{\partial J}\right) > 0, \qquad -\left[\frac{\partial\mathcal{J}}{\partial J}\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial I_B}\left(-\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial\lambda}\right)\right] > 0$$

従って，$\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial I_B}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial J} - \frac{\partial\mathcal{A}}{\partial J}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial I_B}$の符号により式$\left(\frac{\partial I_A}{\partial\lambda}\right)$の符号が決まる．さらに，

$$\begin{aligned}\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial I_B}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial J} - \frac{\partial\mathcal{A}}{\partial J}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial I_B} = &\left[\frac{(\rho I_A + {I_A}^2 + I_B I_A)\alpha_A}{I_A+I_B} + (L_A - \alpha_A I_A)\right] \\ &\times\left[C'(J)\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj\right]\left\{-\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[(1-J)C(J) + \int_0^J C(j)dj\right]\right\} \\ &+\left[\frac{(\rho I_B + I_A I_B + {I_B}^2)\alpha}{I_A+I_B} + (L_B - \alpha I_B)\right] \\ &\times\frac{C'(J)}{C(J)}\int_0^J C(j)dj\left\{\alpha\lambda + \frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[J + C(J)\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj\right]\right\}\end{aligned}$$

となる．$(\mathcal{A})$，$(\mathcal{B})$と$(\mathcal{J})$を使い，整理すると

$$\begin{aligned}\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial I_B}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial J} - \frac{\partial\mathcal{A}}{\partial J}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial I_B} = &\left[\frac{(\rho + I_A + I_B)I_A\alpha}{I_A+I_B} + \frac{(\rho + I_A + I_B)\alpha\left[J + \int_J^1 \frac{C(J)}{C(j)}dj\right]}{(I_A+I_B)\left[\lambda - J - \int_J^1 \frac{C(J)}{C(j)}dj\right]}I_A\right] \\ &\times\left[C'(J)\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj\right]\left\{-\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[(1-J)C(J) + \int_0^J C(j)dj\right]\right\} \\ &+\left[\frac{C'(J)}{C(J)}\int_0^J C(j)dj\right]\left\{\alpha\lambda + \frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[J + C(J)\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj\right]\right\}\end{aligned}$$

$$\times\left[\frac{(\rho+I_A+I_B)I_B\alpha}{I_A+I_B}+\frac{(\rho+I_A+I_B)I_B\alpha\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]}{(I_A+I_B)C(J)\left[(\lambda-1+J)-\int_0^J\frac{C(j)}{C(J)}dj\right]}\right]$$

$$=\left\{\frac{(\rho+I_A+I_B)I_A\alpha}{I_A+I_B}\left[\frac{\lambda\left[C'(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]}{\lambda-J-\int_J^1\frac{C(J)}{C(j)}dj}\right]\right\}\left(-\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\right)$$

$$\times\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]+\left[\alpha\lambda+\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[J+C(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]\right]$$

$$\times\frac{(\rho+I_A+I_B)I_B\alpha}{I_A+I_B}\left[\frac{C(J)\lambda\frac{C'(J)}{C(J)}\int_0^J C(j)dj}{C(J)\left[(\lambda-1+J)-\int_0^J\frac{C(j)}{C(J)}dj\right]}\right]$$

$$=\left\{\frac{(\rho+I_A+I_B)I_A\alpha}{I_A+I_B}\left[C'(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]\right\}$$

$$\times\frac{\lambda}{\lambda-J-\int_J^1\frac{C(J)}{C(j)}dj}\left[-\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]\right]$$

$$+\frac{(\rho+I_A+I_B)I_B\alpha}{I_A+I_B}C'(J)\int_0^J C(j)dj$$

$$\times\left[\alpha\lambda+\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[J+C(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]\right]$$

$$=-C'(J)\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[\frac{(\rho+I_A+I_B)I_A\alpha}{I_A+I_B}\frac{\lambda}{\left[\lambda-J-\int_J^1\frac{C(J)}{C(j)}dj\right]}\right]$$

$$\times\left\{\begin{array}{c}\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]\\ -\frac{I_B}{I_A}\int_0^J C(j)dj\left[\frac{\alpha\lambda(I_A+I_B)^2}{\rho\alpha I_B}+J+C(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]\end{array}\right\}$$

となる.

$$\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]-\frac{I_B}{I_A}\int_0^J C(j)dj\left[\frac{\alpha\lambda(I_A+I_B)^2}{\rho\alpha I_B}+J+C(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]<0$$

$$\Rightarrow \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial J}\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_A} - \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial J}\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_A} > 0$$

となる．

$$\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj\left[(1-J)C(J) + \int_0^J C(j)dj\right] - \int_0^J C(j)dj\left(\frac{\alpha\lambda}{\rho\alpha I_B}\right) < 0 \Rightarrow \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial J}\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_A} - \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial J}\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_A} > 0$$

となる．$(A4.11)$を左側の不等式に代入し整理すると

$$\frac{(e^b - e^{bJ})}{ab}\left[(1-J)\frac{a}{e^{bJ}} + \frac{a\left[1-e^{(-bJ)}\right]}{b}\right] < \frac{\lambda a}{\rho e^b} \Rightarrow \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial J}\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_A} - \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial J}\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_A} > 0$$

となる．結論として，$C(J) - 1 > 0$の場合，$\frac{\lambda}{\rho}$が十分大きければ，$\frac{\partial I_A}{\partial \lambda} > 0$となる．

$\frac{\partial I_B}{\partial \lambda}$について

$$\left(\frac{\partial I_B}{\partial \lambda}\right) = \frac{\begin{vmatrix} \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_A} & -\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial \lambda} & \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial J} \\ \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_A} & -\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial \lambda} & \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial J} \\ \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial I_A} & -\frac{\partial \mathcal{J}}{\partial \lambda} & \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial J} \end{vmatrix}}{|J|}$$

$$= \frac{\begin{vmatrix} \left\{\frac{\alpha\lambda + \rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[J + C(J)\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj\right]\right\} & (L_A - \alpha I_A) & \left\{\left[\frac{(\rho I_A + {I_A}^2 + I_B I_A)\alpha}{I_A+I_B} + (L_A - \alpha I_A)\right] \times \left[C'(J)\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj\right]\right\} \\ \left\{-\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2} \times \left[(1-J)C(J) + \int_0^J C(j)dj\right]\right\} & (L_B - \alpha I_B)C(J) & \left\{-\left[\frac{(\rho I_B + I_A I_B + I_B^2)\alpha}{I_A+I_B} + (L_B - \alpha I_B)\right] \times \frac{C'(J)}{C(J)}\int_0^J C(j)dj\right\} \\ 0 & C(J) - 1 & \begin{Bmatrix}\left[-C'(J)\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj\right] \\ -[C'(J)(\lambda - 1 + J)]\end{Bmatrix} \end{vmatrix}}{|J|}$$

$$= \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_A}\left(-\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial \lambda}\right)\frac{\partial \mathcal{J}}{\partial J} + \frac{\partial \mathcal{A}}{\partial J}\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_A}\left(-\frac{\partial \mathcal{J}}{\partial \lambda}\right) - \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial J}\left(-\frac{\partial \mathcal{J}}{\partial \lambda}\right)\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_A} - \frac{\partial \mathcal{J}}{\partial J}\left(-\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial \lambda}\right)\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_A}$$

$-\frac{\partial \mathcal{J}}{\partial \lambda} = C(J) - 1 < 0$を仮定すると

$$\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_A}\left(-\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial \lambda}\right)\frac{\partial \mathcal{J}}{\partial J} > 0, \qquad -\frac{\partial \mathcal{J}}{\partial J}\left(-\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial \lambda}\right)\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_A} > 0$$

となる．従って，$\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial J}\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_A} - \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial J}\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_A}$の符号より式$\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_A}$の符号が決まる．さらに，

$$\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial J}\frac{\partial \mathcal{B}}{\partial I_A} - \frac{\partial \mathcal{B}}{\partial J}\frac{\partial \mathcal{A}}{\partial I_A} = \left[\frac{(\rho I_A + {I_A}^2 + I_B I_A)\alpha}{I_A+I_B} + (L_A - \alpha I_A)\right]\left[C'(J)\int_J^1 \frac{1}{C(j)}dj\right]$$

$$\times\left\{-\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]\right\}$$

$$+\left[\frac{(\rho+I_A+I_B)I_B\alpha}{I_A+I_B}+(L_B-\alpha I_B)\right]\frac{C'(J)}{C(J)}\int_0^J C(j)dj$$

$$\times\left\{\alpha\lambda+\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[J+C(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]\right\}$$

となる．$(\mathcal{A})$，$(\mathcal{B})$と$(\mathcal{J})$を使い整理すると

$$\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial J}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial I_A}-\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial J}\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial I_A}=\left[\frac{\left(\rho I_A+{I_A}^2+I_BI_A\right)\alpha}{(I_A+I_B)}+\frac{(\rho+I_A+I_B)\alpha\left[J+\int_J^1\frac{C(J)}{C(j)}dj\right]}{(I_A+I_B)\left[\lambda-J-\int_J^1\frac{C(J)}{C(j)}dj\right]}I_A\right]$$

$$\times\left[C'(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]\left\{-\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]\right\}$$

$$+\frac{(\rho+I_A+I_B)I_B\alpha}{I_A+I_B}\left[1+\frac{\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]}{C(J)\left[(\lambda-1+J)-\int_0^J\frac{C(j)}{C(J)}dj\right]}\right]$$

$$\times\frac{C'(J)}{C(J)}\int_0^J C(j)dj\left\{\alpha\lambda+\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[J+C(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]\right\}$$

$$=\left[\frac{(\rho+I_A+I_B)I_A\alpha}{I_A+I_B}\frac{\lambda}{\left(\lambda-J-\int_J^1\frac{C(J)}{C(j)}dj\right)}\right]C'(J)$$

$$\times\left\{\begin{array}{l}\displaystyle\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\left[-\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[(1-J)C(J)+\int_0^J C(j)dj\right]\right]\\ \displaystyle+\frac{I_B}{I_A}\int_0^J C(j)dj\left[\alpha\lambda+\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[J+C(J)\int_J^1\frac{1}{C(j)}dj\right]\right]\end{array}\right\}$$

となる．

$$\left\{\begin{array}{l}\int_{J}^{1}\frac{1}{C(j)}dj\left[-\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[(1-J)C(J)+\int_{0}^{J}C(j)dj\right]\right]\\ +\frac{I_B}{I_A}\int_{0}^{J}C(j)dj\left[\alpha\lambda+\frac{\rho\alpha I_B}{(I_A+I_B)^2}\left[J+C(J)\int_{J}^{1}\frac{1}{C(j)}dj\right]\right]\end{array}\right\}>0\Rightarrow\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial J}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial I_A}-\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial J}\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial I_A}<0$$

となる．

$$\left\{\int_{\mathrm{J}}^{1}\frac{1}{\mathrm{C(j)}}\mathrm{dj}\left\{-\left[(1-\mathrm{J})\mathrm{C(J)}+\int_{0}^{\mathrm{J}}\mathrm{C(j)dj}\right]\right\}+\int_{0}^{\mathrm{J}}\mathrm{C(j)dj}\frac{\lambda}{\rho}>0\right\}>0\Rightarrow\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial J}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial I_A}-\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial J}\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial I_A}<0$$

となる．$(A4.11)$を左側の不等式に代入し整理すると

$$\frac{(e^b-e^{bJ})}{b}\left\{-\left[(1-J)e^{(-bJ)}+\frac{\left[1-e^{(-bJ)}\right]}{b}\right]\right\}+\frac{a\left[1-e^{(-bJ)}\right]}{b}\frac{\lambda}{\rho}>0\Rightarrow\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial J}\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial I_A}-\frac{\partial\mathcal{B}}{\partial J}\frac{\partial\mathcal{A}}{\partial I_A}<0$$

となる．結論として，$C(J)-1<0$の場合，$\frac{\lambda}{\rho}$が十分大きければ，$\frac{\partial I_B}{\partial\lambda}>0$となる．

第 5 章 終章

この論文は，教育に限界支払意思額，R&D 活動の異質性，R&D 活動と貿易などの問題に焦点を当て，以下の結論を導き出した．

第 2 章の分析において，子供の教育に対する保護者の限界支払意思額の推定量はプラスかつロバストであるが，絶対数値から見ると，それほど大きくはない．成績が 1 標準偏差増えるごとに，対価として 3000 円増加する傾向にある．これを年額で換算すると 40000 円程度であり,大阪市の平均世代所得が約 500 万であることからすれば，限界支払意思額は決して高いとは言えない．これは，日本の公立学校教育が優れていることと，高等教育への進学競争が比較的に緩いことによるものであると考えられる．[15]この研究は大阪での賃貸価格と小学校の質の関係に関する最初の研究として有意義である．

第 3 章では，Grossman and Helpman(1991)のモデルを拡張し，R&D の異質性に関するモデルを構築し，動学的均衡や静学的均衡を分析した．産業が R&D 活動を行っていない理由を説明し，労働力，政府の R&D 補助金率，R&D 生産性などがイノベーションをおこなう産業の数と生産部門の雇用に与える影響を分析した．

第 4 章では，第 3 章のモデルを拡張し，比較優位に基づく開放経済を導入してモデルの均衡状態を検討した．労働力，R&D 生産性の向上は両国のイノベーション率を増加させ，主観的割引率の上昇は両国のイノベーション率を減少させることが明らか

[15] 文部科学省の「大学入試のあり方に関する検討会議により」より日本は 2024 年頃に全大学入試の時代に突入する．

にした．一定の条件のもと，イノベーションの品質のステップサイズの増加はどちらかの国のイノベーション率を増加させるという結果を得た．

参考文献

Aghion, P., & Howitt, P. (1992). A Model of Growth Through Creative Destruction. *Econometrica*, 60(2), 323-351. doi:10.2307/2951599

Aghion, P., Bergeaud, A., Lequien, M., & Melitz, M. J. (2022). Heterogeneous Impact of Market Size on Innovation: Evidence from French Firm-Level Exports. *The Review of Economics and Statistics*, 1-56. doi:10.1162/rest_a_01199

Baldwin, R. E., & Robert-Nicoud, F. (2008). Trade and Growth with Heterogeneous Firms. *Journal of International Economics*, 74(1), 21-34. doi:10.1016/j.jinteco.2007.05.004

Bayer, P., Ferreira, F., & McMillan, R. (2007). A Unified Framework for Measuring Preferences for Schools and Neighborhoods. *Journal of Political Economy*, 115(4), 588-638. doi:10.1086/522381

Bernard, A. B., Eaton, J., Jensen, J. B., & Kortum, S. (2003). Plants and Productivity in International Trade. *American Economic Review*, 93(4), 1268-1290. doi:10.1257/000282803769206296

Bernard, A. B., Jensen, J. B., & Schott, P. K. (2006). Trade Costs, Firms and Productivity. *Journal of Monetary Economics*, 53(5),917-937. doi:10.1016/j.jmoneco.2006.05.001

Black, S. E. (1999). Do Better Schools Matter? Parental Valuation of Elementary Education. *The Quarterly Journal of Economics*, 114(2), 577-599. doi:10.1162/003355399556070

Bogart, W. T., & Cromwell, B. A. (2000). How Much Is a Neighborhood School Worth? . *Journal of Urban Economics*, 47(2), 280-305. doi:10.1006/juec.1999.2142

Chandra, P., & Long, C. (2013). Anti-Dumping Duties and Their Impact on Exporters: Firm Level Evidence from China. *World Development*, 51, 169-186. doi:10.1016/j.worlddev.2013.05.018

Chung, I. H. (2015). School Choice, Housing Prices, and Residential Sorting: Empirical Evidence from Inter-and Intra-District Choice. *Regional Science and U*

rban Economics, 52, 39-49. doi:10.1016/j.regsciurbeco.2015.01.004 , (accessed 2022-12-10).

Clapp, J. M., Nanda, A., & Ross, S. L. (2008). Which School Attributes Matter? The Influence of School District Performance and Demographic Composition on Property Values. *Journal of Urban Economics*, 63(2), 451-466. doi:10.1016/j.jue.2007.03.004

Coe, D. T., & Helpman, E. (1995). International R&D Spillovers. *European Economic Review*, 39(5), 859-887. doi:10.1016/0014-2921(94)00100-E

Conlin, M., & Thompson, P. N. (2017). Impacts of New School Facility Construction: An Analysis of a State-Financed Capital Subsidy Program in Ohio. *Economics of Education Review*, 59, 13-28. doi:10.1016/j.econedurev.2017.05.002, (accessed 2022-12-10).

Davis, C. L., Fuchs, A., & Johnson, K. (2019). State Control and the Effects of Foreign Relations on Bilateral Trade. Journal of Conflict Resolution, 63(2), 405-438. doi:10.1177/0022002717739087

Du, Y., Ju, J., Ramirez, C. D., & Yao, X. (2017). Bilateral Trade and Shocks in Political Relations: Evidence from China and Some of Its Major Trading Partners, 1990-2013. *Journal of International Economics*, 108, 211-225. doi:10.1016/j.jinteco.2017.07.002

Fajgelbaum, P., Grossman, G. M., & Helpman, E. (2011). Income Distribution, Product Quality, and International Trade. *Journal of Political Economy*, 119(4), 721-765. doi:10.1086/662628

Feng, H., & Lu, M. (2013). School Quality and Housing Prices: Empirical Evidence from a Natural Experiment in Shanghai, China. *Journal of Housing Economics*, 22(4), 291-307. doi:10.1016/j.jhe.2013.10.003, (accessed 2022-12-10).

Figlio, D. N., & Lucas, M. E. (2004). What's in a Grade? School Report Cards and the Housing Market. *American Economic Review*, 94(3), 591-604. doi:10.1257/0002828041464489

Fleishman, L., Fogel, N., Fridman, I., & Shif, Y. (2017). The Effect of School Performance on Property Values: A Literature Review and a Case Study. *Journal of European Real Estate Research*.10(3), 277-302. doi:10.1108/JERER-09-2016-0035, (accessed 2022-12-10).

Ganley, J., & Salmon, C. (1997). The Industrial Impact of Monetary Policy Shocks: Some Stylised Facts. *Bank of England Working Paper* ,No. 68. http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.74661, (accessed 2022-12-10).

García, J. L., Heckman, J. J., Leaf, D. E., & Prados, M. J. (2020). Quantifying the Life-Cycle Benefits of an Influential Early-Childhood Program. *Journal of Political Economy*, 128(7), 2502-2541. doi:10.1086/705718

Gibbons, S., & Machin, S. (2008). Valuing School Quality, Better Rransport, and Lower crime: Evidence from House Prices. *Oxford Review of Economic Policy*, 24(1), 99-119. doi:10.1093/oxrep/grn008

Gibbons, S., Machin, S., & Silva, O. (2013). Valuing School Quality Using Boundary Discontinuities. *Journal of Urban Economics*, 75, 15-28. doi:10.1016/j.jue.2012.11.001

Grossman, G. M., & Helpman, E. (1991). Quality Ladders in the Theory of Growth. *The Review of Economic Studies*, 58(1), 43-61.

Grossman, G., & Helpman, E. (1993). Innovation and Growth in the Global Economy. MIT Press, 1991.

Gustafsson, P., & Segerstrom, P. (2010). Trade Liberalization and Productivity Growth. *Review of International Economics*, 18(2), 207-228. doi:10.1111/j.1467-9396.2010.00878.x

Heilmann, K. (2016). Does Political Conflict Hurt Trade? Evidence From Consumer Boycotts. *Journal of International Economics*, 99, 179-191. doi:10.1016/j.jinteco.2015.11.008

Helpman, E., Melitz, M. J., & Yeaple, S. R. (2004). Export Versus FDI with Heterogeneous Firms. *American Economic Review*, 94(1), 300-316. doi:10.1257/000282804322970814

Hopenhayn, H. A. (1992). Entry, Exit, and Firm Dynamics in Long Run Equilibrium. *Econometrica*, 60(5), 1127-1150. doi:10.2307/2951541

Howitt, P. (1999). Steady Endogenous Growth with Population and R.&D. Inputs Growing. *Journal of Political Economy*, 107(4), 715-730. doi:10.1086/250076

Imberman, S. A., & Lovenheim, M. F. (2016). Does the Market Value Value-Added? Evidence from Housing Prices After a Public Release of School and Teacher Value-Added. *Journal of Urban Economics*, 91, 104-121. doi:10.1016/j.jue.2015.06.001

Jones, C. I. (1995). R & D-Based Models of Economic Growth. *Journal of Political Economy*,103(4), 759-784. https://www.jstor.org/stable/2138581

Kash, D. E., Auger, R. N., & Li, N. (2004). An Exceptional Development Pattern. *Technological Forecasting and Social Change*, 71(8), 777-797. doi:10.1016/j.techfore.2004.01.013 ,(accessed 2022-12-10).

Krugman, P. (1980). Scale Economies, Product Differentiation, and the Pattern of Trade. *The American Economic Review*, 70(5), 950-959.

Krugman, P. (1997). What Should Trade Negotiators Negotiate About? . *Journal of Economic Literature*, 35(1), 113-120. http://www.jstor.org/stable/2729695

Kuroda, Y. (2018). The Effect of School Quality on Housing Rents: Evidence from Matsue City in Japan. *Journal of the Japanese and International Economies*, 50, 16-25. doi:10.1016/j.jjie.2018.05.002 , (accessed 2022-12-10).

La, V. (2015). Capitalization of School Quality into Housing Prices: Evidence from Boston Public School District Walk Zones. *Economics Letters*, 134, 102-106. doi:10.1016/j.econlet.2015.07.001 , (accessed 2022-12-10).

Laursen, K. (1999). The Impact of Technological Opportunity on the Dynamics of Trade Performance. *Structural Change and Economic Dynamics*, 10(3-4), 341-357. doi:10.1016/S0954-349X(99)00004-1

Li, C. W. (2000). Endogenous vs. Semi-Endogenous Growth in a Two-R&D-Sector Model. *The Economic Journal*, 110(462), 109-122. doi:10.1111/1468-0297.00524

Li, Y., Jian, Z., Tian, W., & Zhao, L. (2021). How Political Conflicts Distort Bilateral Trade: Firm-Level Evidence from China. *Journal of Economic Behavior*

& Organization, 183, 233-249. doi:10.1016/j.jebo.2021.01.003 , (accessed 2022-12-10).

Lichtenberg, F. R., & de la Potterie, B. V. P. (1998). International R&D Spillovers: A Comment. *European Economic Review*, 42(8), 1483-1491. doi:10.1016/S0014-2921(97)00089-5

Lucas, R. E. (1988). On the Mechanics of Economic Development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42. doi:10.1016/0304-3932(88)90168-7

Machin, S., & Salvanes, K. G. (2016). Valuing School Quality Via a School Choice Reform. *The Scandinavian Journal of Economics*, 118(1), 3-24. doi:10.1111/sjoe.12133 , (accessed 2022-12-10).

Manova, K. (2008). Credit Constraints,Equity Market Liberalizations and International Trade. *Journal of International Economics*, 76(1), 33-47. doi:10.1016/j.jinteco.2008.03.008

Manova, K., & Yu, Z. (2016). How Firms Export: Processing vs. Ordinary Trade with Financial Frictions. *Journal of International Economics*, 100, 120-137. doi:10.1016/j.jinteco.2016.02.005

Melitz, M. J. (2003). The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity. *Econometrica*, 71(6), 1695-1725. doi:10.1111/1468-0262.00467

Porter, M. E., & Stern, S. (2000). Measuring the "Ideas" Production Function: Evidence from International Patent Output. *NBER Working Papers* ,No. 7891. doi:10.3386/w7891

Ries, J., & Somerville, T. (2010). School Quality and Residential Property Values: Evidence from Vancouver Rezoning. *The Review of Economics and Statistics*, 92(4), 928-944. doi:10.1162/REST_a_00038

Romer, P. M. (1986). Increasing Returns and Long Run Growth; *The Journal of Political Economy*, 94(5), 102-1037. doi:10.1086/261420

Romer, P. M. (1990). Endogenous Technological Change. *Journal of Political Economy*, 98(5), S71-S102. https://www.jstor.org/stable/2937632

Schoppa, L. J. (1999). The Social Context in Coercive International Bargaining. *International Organization*, 53(2), 307-342. doi:10.1162/002081899550896, (accessed 2022-12-10).

Segerstrom, P. S. (2000). The Long-run Growth Effects of R&D Subsidies. *Journal of Economic Growth*, 5(3), 277-305. doi:10.1023/A:1009881717993,

Spilker, G., Schaffer, L. M., & Bernauer, T. (2012). Does Social Capital Increase Public Support for Economic Globalization? . *European Journal of Political Research*, 51(6), 756-784. doi:10.1111/j.1475-6765.2012.02058.x , (accessed 2022-12-10).

Stokey, N. L. (1995). R&D and Economic Growth. *The Review of Economic Studies*, 62(3), 469-489. doi:10.2307/2298038 , (accessed 2022-12-10).

Strulik, H. (2005). The Role of Human Capital and Population Growth in R&D-Based Models of Economic Growth. *Review of International Economics*, 13(1), 129-145. doi:10.1111/j.1467-9396.2005.00495.x

Turnbull, G. K., Zahirovic-Herbert, V., & Zheng, M. (2018). Uncertain School Quality and House Prices: Theory and Empirical Evidence. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 57(2), 167-191. doi:10.1007/s11146-017-9611-6 , (accessed 2022-12-10).

Verhoogen, E. A. (2008). Trade, Quality Upgrading, and Wage Inequality in the Mexican Manufacturing Sector. *The Quarterly Journal of Economics*, 123(2), 489-530. doi:10.1162/qjec.2008.123.2.489

Vogel, A., & Wagner, J. (2010). Higher Productivity in Importing German Manufacturing Firms: Self-selection, Learning from Importing, or Both? . *Review of World Economics*, 145(4), 641-665. doi:10.1007/s10290-009-0031-4 , (accessed 2022-12-10).

Wagner, J. (2007). Exports and Productivity: A Survey of the Evidence from Firm-Level Data. *World Economy*, 30(1), 60-82. doi:10.1111/j.1467-9701.2007.00872.x , (accessed 2022-12-10).

Zachariadis, M. (2003). R&D, Innovation, and Technological Progress: A Test of the Schumpeterian Framework Without Scale Effects. *Canadian Journal of Econom*

ics/Revue Canadienne D'économique, 36(3), 566-586. doi:10.1111/1540-5982.t01-2-00003 , (accessed 2022-12-10).

Zachariadis, M. (2004). R&D-Induced Growth in the OECD? . *Review of Development Economics*, 8(3), 423-439. doi:10.1111/j.1467-9361.2004.00243.x, (accessed 2022-12-10).

Haruyama, T., & Zhao, L. (2017). Trade and Firm Heterogeneity in a Schumpeterian Model of Growth. *Research in Economics*, 71(3), http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1623719

Zheng, S., Hu, W., & Wang, R. (2016). How Much is a Good School Worth in Beijing? Identifying Price Premium with Paired Resale and Rental Data. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 53(2), 184-199. doi:10.1007/s11146-015-9513-4

牛島光一, & 吉田あつし. (2009). 小学校における教育の質は地価に影響するか?: 東京都特別区の地価データを用いた検証. *応用地域学研究*, 14, 37-47. https://cir.nii.ac.jp/crid/1520572359547014656, (入手 2018-5-5)

吉田あつし. (2008). 学校の質と地価--足立区の地価データを用いた検証. *住宅土地経済*, 68, 10-18. https://cir.nii.ac.jp/crid/1521417755365369088, (入手 2018-5-5)

謝辞

神戸大学大学院経済学研究科教授春山鉄源先生に心から深謝いたします。大学の専攻が経済学ではない私をゼミ生として受け入れて頂き、経済学の学問と研究に向かう姿勢から論文の作成など、様々な場面で貴重な指導を頂くことができました。心から感謝申し上げます。同学科教授宮崎智視先生並びに同学科教授橋本賢一先生には、本論文の作成に当たり、副査として大変参考になるご助言を賜りました。深く感謝いたします。中国海洋大学経済学部 Youxing Huang 準教授には、多大なるご助言をいただいてまいりました。ここにて感謝の意を表します。大学院生用の研究室の皆様には、本研究の遂行にあたり助言、そして数多くの激励をいただき、ここに謝意を表します。

最後に，これまで私をあたたかく応援してくれた家族、そして日本語を指導してくれた小林嬋に心から感謝します。