
原著論文

世界178カ国・地域の携帯電話普及に関する構造変化点分析

—グローバルな普及加速期の特定—

Break point analysis on the spread of mobile phone in 178 countries and regions—When is the acceleration year?—

キーワード：

携帯電話, グローバルな普及, 普及加速期, 構造変化点分析

keyword：

mobile phone; global spread; acceleration year; break point analysis

九州大学 山崎大輔
Kyushu University Daisuke YAMAZAKI

九州大学 篠崎彰彦
Kyushu University Akihiko SHINOZAKI

要約

本稿の目的は、携帯電話のグローバルな普及がいつから加速したかを構造変化点分析の手法で明らかにすることである。携帯電話に象徴される情報通信技術（ICT）のグローバルな普及とそれに伴う経済効果については、既に多くの先行研究で行われているが、各国別にいつから普及が加速し始めたのか、その厳密な時期は必ずしも明らかではない。そこで本稿では、1990年代以降急速に普及した携帯電話に焦点を当て、そのグローバルな普及が何年頃から加速したかを厳密に特定すべく、世界178カ国・地域を対象に構造変化点分析を行った。具体的には、先進国、ASEAN、移行経済圏、BRICS、アフリカ諸国、その他の6グループに分類し、RogersのSカーブに基づくデータ観察を行った後、構造変化点分析の手法により、携帯電話の普及加速時点を特定化した。その結果、1997年前後に加速した先進各

原稿受付：2022年1月29日

掲載決定：2022年7月19日

国に続き、BRICS、移行経済圏、ASEAN、アフリカ諸国が2002年から2004年にかけて構造変化点を迎えたことが明らかとなった。これはRogersのSカーブに基づくearly adoptersからearly majorityへと移り変わる時期の観察ともほぼ一致している。この分析結果は、ICTの普及に伴うグローバルな経済効果について、時期区分を明確にした上で、詳細に分析する際の一助になると考えられる。

Abstract

This study aims to identify when the global spread of mobile phone began to accelerate in 178 countries and regions, classified into six groups (developed countries, ASEAN, transition countries, BRICS, African countries, and others). Many previous studies have investigated the global spread of information and communication technology (ICT), and its impact on the economy. However, they have not exactly revealed when the global spread of technology began to accelerate. Thus, we first observe the spread trajectory, and then conduct a break point analysis of the global spread of mobile phone. As a result, we found that 1997 was the average year when the penetration of mobile phone began to accelerate in developed countries. BRICS, transition countries, ASEAN, and African countries followed, and their average acceleration year was between 2002 to 2004. The estimated acceleration year in each group is almost identical to the year from “early adopters” to “early majority” based on Rogers’ S curve. These findings can contribute to further analyses of the economic impact, estimating before and after the spread of mobile phone.

1 はじめに：目的と背景

2000年代以降、携帯電話などのモバイル技術を中心に、情報通信技術（ICT：Information and Communication Technology）は、先進国・途上国を問わず爆発的に普及している。こうした現象を背景に、携帯電話の普及が経済成長に及ぼす影響などに踏み込んだ研究も盛んにおこなわれている。ただし、モバイル技術に象徴されるICTのグローバルな普及がいつから加速し始めたのか、その時期については先行研究においても便宜的な年代区分程度に留まっており、厳密に明らかになっていない。そのため、ICTの経済効果について、技術の普及加速の時期を正しく特定した上で分析を行うことができていない。

そこで本稿では、ICTの中でも急速な進歩がみられる携帯電話に着目し、そのグローバルな普及がいつから加速したかを厳密に特定すべく、世界178カ国・地域を先進国、ASEAN、移行経済圏、BRICS、アフリカ諸国、その他の6グループに分けて構造変化点分析を行う。この分析で得られる知見は、ICTの普及に伴うグローバルな経済効果について、時期区分を明確にした上で、詳細に分析する際の一助になると考えられる。

以下、本稿では、まず第2節で、ICTのグローバルな普及に関する先行研究を渉猟し、本研究の位置付けを提示する。続く第3節で、本研究で用いた分析手法とモデルを説明した上で、第4節にて、データセットの説明とデータの観察を行う。それらを踏まえて、第5節にて、携帯電話の普及加速期について、本研究で明らかとなった分析結果を示す。最後に、第6節で得られた結果の含意と今後の課題について考察を行う。

2 先行研究と本稿の位置づけ

2.1 モバイル技術のグローバルな普及に関する先行研究

モバイル技術のグローバルな普及に関する先行研究はManeejuk and Yamaka (2020) など数多く存在し、Gómez-Barroso and Marbán-Flores (2020) では、ICT技術と経済成長に関する多くの先行研究についてのレビューが行われている。Gómez-Barroso and Marbán-Flores (2020) によると、多くの論文において、ICTの進歩が経済成長につながったことが確認されている。また、モバイル技術のグローバルな普及を観察した先行研究としては、篠崎・田原 (2014)、および、それを拡張した野口他 (2018) が挙げられる。このうち、野口他 (2018) では、1995年から2015年の世界各国の所得水準と媒体別ICT(固定電話、携帯電話、インターネット)の普及の関係が5年ごとに分析され、2000年以降に携帯電話が所得水準の低い国や地域でも急速に普及していること、一人当たりICT装備量をみると、普及が最も遅れていたアフリカでも、2015年には携帯電話が1人0.78台の装備となり、他の装備を加えたICT全体では1.06と1人1装備のレベルに到達したことなどが検証されている。Silver (2019) は、各国ごとに世代別・男女別のスマートフォンの普及率を分析しており、新興国においてスマートフォンの普及が急速に進んでいること、また特に若年層においてこの傾向が顕著にみられることが確認されている。また、James(2016) では、アフリカ、アジア諸国の最貧困層への普及に関する先行研究を踏まえて途上国の最貧困層にまでモバイル技術が普及していると指摘されている。さらに、World bank(2016) によると、途上国では水や電気よりもモバイル技術が先に普及している観察結果も示されている。

こうした途上国におけるモバイル技術の普及要因について、いくつかの先行研究で言及されてい

る (James (2016), Kalba (2008), Vodafone (2005), 篠崎・田原 (2014) など)。それらによると、携帯電話は文字が読めなくても利用できること、固定電話とは異なり無線技術を用いるため、道路や電話線などの整備が必要ないこと、基地局に発電機を設置すれば送電網が未整備でも利用可能であること、などが挙げられている。また、Galperin and Mariscal (2007) では、途上国の低所得者に対する大規模調査を行い、月々の支出額を自ら管理しやすいプリペイド方式が好まれていること明らかにした上で、プリペイド方式が低所得者のモバイル利用の間口を広げていると結論付けている。

モバイル技術に象徴されるICTの普及が途上国にもたらす恩恵については、多くの事例研究もなされている。Jensen (2007) では、携帯電話を用いて価格情報を入手できるようになったことで、インドのケララの漁師の利益が8%増加したことが示されている。World Bank (2017) では、途上国の農家が携帯電話を用いて作物価格や気象情報を入手できるようになり、従来の生活が変化していることが報告されている。また、携帯電話を用いて価格情報を入手できるようになったことで、ホンジュラスの農家は受け取り価格を12.5%高めたと指摘されている。さらに、2010年に導入されたリオデジャネイロのオンライン教材 Educopediaは、中等教育の水準を2009年から2012年の間で20%増加させ、生徒たちの80%がその効果を認めているとされる。この他にも、UNCTAD (2010) では、ICTを用いることで途上国へのITサービスオフショアリング需要が増加されていることなどが考察されている。

2.2 モバイル技術の普及による経済効果の先行研究

このようなICTの普及が途上国に及ぼす経済効果について、James (2016) では4つの実証研究が紹介されている⁽¹⁾。それによると、Sridhar and

Sridhar (2004) は63の途上国を対象とした分析で、モバイル技術の普及は経済成長に影響を及ぼすものの、その程度はOECDと比較すると小さいとの結論が導かれている。他方、44のサブサハラアフリカ諸国を分析したLee et al. (2009) では、モバイル技術の普及が当該地域の経済成長率の重要な決定要因であると結論付けられており、92の高所得国と低所得国について分析したWaverman et al. (2005) では、モバイル技術の普及が途上国経済に与える影響は先進国の2倍に相当するとされる。さらに、120カ国を分析したQiang (2009) では、モバイル技術の普及率が10%ポイント上昇すると、経済成長率が先進国では0.60%ポイント、途上国では0.81%ポイント加速するとの結果も得られている。ただし、James (2016) は、これら4つの先行研究はいずれもクロスセクション分析であり、時系列の変化を十分捕捉できていないと指摘した上で、モバイル技術が貧困層に与えた経済的影響に関する実証分析はミクロ、マクロレベルともに少なく、さらなる研究が必要だと論じている⁽²⁾。

この点について、モバイル技術の普及と一人当たりGDPの関係性について、時系列も組み込んだパネルデータ分析の研究も存在する。Lam and Shiu (2010) では、世界105カ国を対象に、1997年から2006年までの携帯電話の普及率と一人あたりGDPのデータを用いてグレンジャー因果性テストが行なわれている。それによると、携帯電話の普及率と経済成長率の間に双方向の因果性が確認されている。また、Shinozaki and Urakawa (2017) では、世界213カ国を先進国、BRICS、ASEAN、南アフリカを除くアフリカ、移行経済、その他の国・地域の6グループに分類し、グループごとに1990年代と2000年代の期間別でグレンジャーの因果性テストが行なわれている。分析の結果、1990年代には先進国のグループのみ「一人当たりGDPが向上(発展)したからモバイル技術が普及した」という因果性が検証

されたものの、他の国や地域では何の関係性も確認されなかった。これに対して、2000年代には、先進国で「発展したから普及した」と「普及したから発展した」の双方向に因果性が確認され、ASEANでは有意水準は高くないものの、1990年代の先進国と同様に、豊かになったのち普及したという因果性が検証された。また、2000年代のBRICS、アフリカ、その他途上国の3グループでは、携帯電話が普及したから発展したという1990年代先進国とは逆の因果性が検証され、世界全体においても、これらの3グループと同じく「普及したから発展した」という因果性が検証されている。これらの主要な先行研究については、表-1でまとめられている。

表-1 モバイル技術の普及と経済効果に関する主要な先行研究

著者	対象国	結果
Sridhar and Sridhar (2004)	63の途上国	携帯電話の普及が成長に影響する。だが、OECD諸国よりもその程度は小さい。
Lee et al. (2009)	44のサブサハラアフリカ国	携帯電話の普及拡大はサブサハラアフリカの経済成長率の重要な決定要因である。さらに、固定通信網が未整備だと携帯電話通信の限界の影響がさらに高まる。
Waverman et al. (2005)	92の高・低所得国	携帯電話普及が途上国の経済成長に与える影響は大きく、先進国に与える影響の二倍にあたる。
Qiang (2009)	120カ国	携帯電話普及率が10%ポイント上昇すると、途上国では0.81%ポイント、先進国では0.60%ポイント経済成長率が上昇する。
Lam and Shiu (2010)	105カ国	携帯電話普及率と経済成長率の間に双方向の因果性が確認された。「携帯電話普及→成長」方向の因果が最も強く確認されたのはアフリカ地域。
Shinozaki and Urakawa (2017)	213の国と地域	携帯電話普及と一人あたりGDPの関係について、2000年代の世界全体とアフリカ、BRICSなどで「携帯電話普及→成長」方向の因果性が確認された。

(出所) James (2016), Lam and Shiu (2010), Shinozaki and Urakawa (2017) に基づき筆者作成。

2.3 本稿の位置づけ

これらの先行研究からは、次の3点が明らかとなる。第1に、2000年代以降モバイル技術は所得水準や教育水準にかかわらずグローバルに普及していること、第2に、モバイル技術を用いることで途上国の人々が恩恵を授かった事例が多数報告されていること、第3に、モバイル技術が普及したことで経済的に豊かになった、という点である。

ただし、先行研究の渉猟からは新たな課題も浮かび上がった。第1に、途上国へのICTの普及についてはローカルなマイクロ実証分析が中心で、メタアナリシスやマクロ実証研究が不足していること、第2に、いくつか実証研究もあるが、モバイル技術が普及する前後で期間を区分した研究は十分なされていないこと、第3に、期間区分を行っている研究についても、本格的に普及した2000年代半ば以降まで含めて分析を行った研究は少なく、その期間区分の根拠も曖昧であることである。第2・第3の点について、例えばShinozaki and Urakawa (2017) では、データの期間を「1991～2000年」と「2001年～2010年」の2つに分けた上で分析が行われているが、これは便宜的な期間区分であり、区分の根拠（なぜ2000年と2001年の間で区分したか）は曖昧である。

そこで、本稿では、ICT普及前後の期間を区分する基準を示すべく、RogersのSカーブに基づくデータ観察を行った上で、構造変化点分析の手法により、ICTのグローバルな普及を象徴する携帯電話について、いつから加速し始めたか、その時期の特定を行う。本稿での分析結果を用いることにより、既存の研究において曖昧であった時期区分が明確になり、ICTの普及に伴うグローバルな経済効果が普及加速の前後でどのように異なるのか、詳細に分析ができるようになり、今後の研究の大きな発展につながると考えられる。

3 構造変化点分析とモデルの特定化

本研究で中核となる構造変化点分析は、時系列データがある時点を境にトレンドの変化や水準の変動などを起こしているとき、その変化点（構造変化点）を統計学的手法で推定する分析手法である。構造変化点分析は主にマクロ経済データを用いた分析を行う際に用いられている手法である。この他にも、Estrada and Perron (2019a, 2019b) のように、時系列データを用いた気候変動の変化の分析にも応用されている。一方で、ICTの普及に関する先行研究において構造変化点分析の手法が用いられているものは少なく、本稿の分析により、新たな知見が得られることが期待される。ここでは、トレンドの構造変化点分析の詳細について、以下ではPerron and Zhu (2005) およびKim (2011) に基づき説明を行う⁽³⁾。

Perron and Zhu (2005) では、構造変化点として想定される各時点 T_1 に対して、構造変化を想定した回帰を行い、残差二乗和 $SSR(T_1)$ を求める。この残差二乗和が小さいほど回帰式へのデータの当てはまり具合が良いため、これを最小にする T_1 が構造変化点推定量とされる。モデルは以下のとおりである。

$$y_t = \begin{cases} \mu + \beta_1 t + u_t & (t=1, \dots, T_1) \\ \mu + \beta_1 t + \beta_2(t - T_1) + u_t & (t=T_1+1, \dots, T) \end{cases}$$

ここでの構造変化点推定量を \hat{T}_1 とする。また、 $\hat{\lambda}_1 = \hat{T}_1/T$ としたとき、 $\hat{\lambda}_1$ は漸近的に正規分布に従うため、構造変化点比率 $\lambda_1 = T_1/T$ の95%信頼区間は

$$[\hat{\lambda}_1 - 1.96 \text{ se}(\hat{\lambda}_1), \hat{\lambda}_1 + 1.96 \text{ se}(\hat{\lambda}_1)]$$

で与えられる。 $\text{se}(\hat{\lambda}_1)$ は $\hat{\lambda}_1$ の標準誤差であり、誤差項が定常過程のときは、

$$\text{se}(\hat{\lambda}_1) = \sqrt{\frac{1}{T^3} \cdot \frac{4\hat{\sigma}_u^2}{\hat{\lambda}_1(1-\hat{\lambda}_1)\hat{\beta}_2^2}}$$

となる⁽⁴⁾。ここで $\hat{\beta}_2$ は、構造変化点を \hat{T}_1 とした

ときの β_2 の最小二乗推定値であり、 $\hat{\sigma}_u^2$ は誤差項 u_t の長期分散の推定値である。一方、誤差項が単位根過程のときは、

$$\text{se}(\hat{\lambda}_1) = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \frac{2\hat{\sigma}_{\Delta u}^2}{15\hat{\beta}_2^2}}$$

で与えられる。ここで、 $\hat{\sigma}_{\Delta u}^2$ は u_t の階差系列 $\Delta u_t = u_t - u_{t-1}$ の長期分散の推定値である⁽⁵⁾。

以上のことを用いると $T_1 = T\lambda_1$ より、構造変化点 T_1 の95%信頼区間は

$$[\hat{T}_1 - T \cdot 1.96 \text{ se}(\hat{\lambda}_1), \hat{T}_1 + T \cdot 1.96 \text{ se}(\hat{\lambda}_1)]$$

として得られる。

Kim (2011)は、前述のPerron and Zhu (2005)の手法をパネルデータへと拡張したものである。 n カ国のデータを用いる場合、 i 番目の国の残差二乗和を $SSR_i(T_1)$ として、各国別に求めた残差二乗和の総和

$$SSR_{total}(T_1) = \sum_{i=1}^n SSR_i(T_1)$$

を最小にする T_1 を構造変化点として推定する。

変化点が複数ある場合には、同時推定を行う。構造変化が二回の場合には、各 T_1, T_2 ($T_1 < T_2$)に対して、構造変化点を T_1, T_2 としたモデルをOLSで推定し、残差二乗和 $SSR(T_1, T_2)$ を求める。本稿で用いるモデルは以下のとおりである。

$$y_t = \begin{cases} \mu + \beta_1 t + u_t & (t=1, \dots, T_1) \\ \mu + \beta_1 t + \beta_2(t - T_1) + u_t & (t=T_1+1, \dots, T_2) \\ \mu + \beta_1 t + \beta_2(t - T_1) + \beta_3(t - T_2) + u_t & (t=T_2+1, \dots, T) \end{cases}$$

構造変化点推定量 (\hat{T}_1, \hat{T}_2) は、 $SSR(T_1, T_2)$

を最小とする (T_1, T_2) とする。

$$(\hat{T}_1, \hat{T}_2) = \underset{T_1 < T_2}{\text{argmin}} SSR(T_1, T_2)$$

パネルデータを用いる際は、上記のモデルについて前述のKim (2011)と同様の手法を用いられたい。

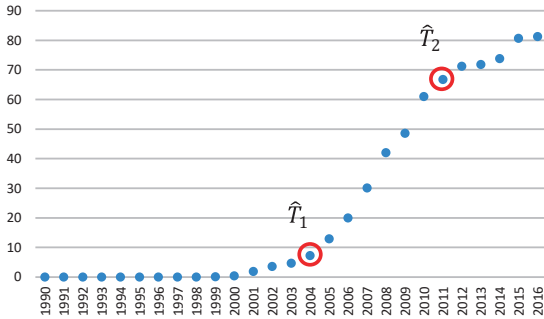


図-1 構造変化点（二回変化）の例：ケニアの携帯電話普及率

（出所）情報通信総合研究所「グローバルICTデータベース」に基づき筆者作成。

本分析においては、変化点を二つ推定し、そのうち普及率が上昇し始めた方の点 T_1 について注目する。図-1は、その一例としてケニアにおける携帯電話普及率をプロットしたものである。これに上記のモデルを用いて分析を行うと、 T_1 が2004年、 T_2 が2011年となる。

本稿では何年を境に携帯電話の普及が加速し始めたかを、パネルデータを用いてグループ別に分析を行った。また、対象の国地域すべてにおいて、個別の時系列データを用いて一国での分析も行った。世界の国と地域における100人当たり携帯電話加入数のデータについては、ITUが公開している1990年から2016年の各年データを用いた。

4 データセットとその観察

4.1 データセット

本稿の分析に用いる携帯電話の普及率については、情報通信総合研究所が作成した「グローバルICTデータベース」の「人口100人あたり携帯電話加入者数」を使用した。携帯電話普及率については、178の国と地域を対象に、1990年から2016年までのデータを用いた。国と地域のグループ分けについては、篠崎・田原（2014）およびShinozaki and Urakawa（2017）に準拠し⁶⁾、表-2にある通り、2019年時点におけるOECD加盟の36カ国に香港、

表-2 国と地域の分類

グループ名	属する国・地域
先進国	Australia, Austria, Belgium, Canada, Chile, Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, France, Germany, Greece, Hong Kong, Hungary, Iceland, Ireland, Israel, Italy, Japan, Korea, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Macao, Mexico, Netherlands, New Zealand, Norway, Poland, Portugal, Singapore, Slovak Republic, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Taiwan, Turkey, United Kingdom, United States
BRICS	Brazil, China, India, Russia, South Africa
ASEAN	Brunei, Cambodia, Indonesia, Lao, Malaysia, Myanmar, Philippines, Thailand, Viet Nam
アフリカ	Algeria, Angola, Benin, Botswana, Burkina Faso, Burundi, Cape Verde, Central African Rep., Chad, Cote d'Ivoire, Djibouti, Egypt, Equatorial Guinea, Eritrea, Ethiopia, Gabon, Gambia, Ghana, Guinea-Bissau, Kenya, Lesotho, Liberia, Libya, Madagascar, Malawi, Mali, Mauritania, Mauritius, Morocco, Mozambique, Namibia, Niger, Nigeria, Rwanda, Sao Tome and Principe, Senegal, Seychelles, Somalia, Sudan, Swaziland, Tanzania, Togo, Tunisia, Uganda, Zambia, Zimbabwe
移行経済	Albania, Armenia, Azerbaijan, Belarus, Bosnia and Herzegovina, Croatia, Georgia, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Moldova, T.F.Y.R. Macedonia, Tajikistan, Turkmenistan, Ukraine, Uzbekistan
その他	Afghanistan, Andorra, Argentina, Bahrain, Bangladesh, Barbados, Belize, Bhutan, Bolivia, Bulgaria, Cameroon, Colombia, Comoros, Costa Rica, Cuba, Cyprus, Dem. People's Rep. of Korea, Dominica, Dominican Rep., Ecuador, El Salvador, Faroe Islands, Fiji, French Polynesia, Grenada, Guatemala, Guyana, Haiti, Honduras, Iran (Islamic Rep. of), Iraq, Jamaica, Jordan, Kiribati, Kuwait, Lebanon, Maldives, Malta, Monaco, Mongolia, Nepal, Nicaragua, Oman, Pakistan, Panama, Papua New Guinea, Paraguay, Peru, Puerto Rico, Qatar, Romania, Saudi Arabia, Solomon Islands, Sri Lanka, Suriname, Syria, Tonga, Trinidad and Tobago, United Arab Emirates, Uruguay, Vanuatu, Venezuela, Yemen

（出所）情報通信総合研究所「グローバルICTデータベース」に基づき筆者作成。

台湾、シンガポール、マカオを加えた40カ国・地域を「先進国」とし、ブラジル、ロシア、インド、中国（除く香港、マカオ）、南アフリカの5カ国を「BRICS」、旧ソ連・東欧圏のうちロシアとOECD加盟国を除く15カ国を「移行経済」、インドネシア、マレーシア、フィリピン、タイ、ブルネイ、ベトナム、ラオス、ミャンマー、カンボジアの9カ国を「ASEAN」、南アフリカを除く46カ国を「アフリカ」、上記以外の63カ国・地域を「その他」と定義する。

4.2 データ観察

携帯電話の普及率について、グループ別に単純平均を観察すると、最も早い先進国が1990年代半ば過ぎに、最も遅いアフリカは2000年代半ばに、それぞれ普及加速期に入っており、両者を除くBRICS、ASEAN、移行経済、その他の4グループは、その間に収まっている。世界全体の平均（全世界）も、先進国とアフリカの間あたりで普及率が推移している様子が観察される。

次に、これをRogersのinnovation adoption modelにおいて用いられるSカーブに基づいて観察を行う⁽⁷⁾。James (2016)によると、RogersのSカーブとは、技術の普及をinnovators, early adopters, early majority, late majority, laggardsの5つの段階に区分し、その変化の軌跡をS字型曲線で説明する概念である。この概念は様々な文献で用いられており、例えばSawng and Han (2007)では、韓国の次世代移動通信サービスについてinnovation adoption modelを用いた市場分析が行われている。普及の加速期に注目している本稿では、early adoptersからearly majorityへ移る16% (innovation adoption modelにおける普及率加速の閾値)、普及率の増分がピークを迎えるearly majorityとlate majorityの境目にあたる50%、普及率の上昇が落ち着くlate majorityとlaggardsの境界にあたる84%にそれぞれ最も近い水準の年に焦点を当てる。

まず、図-2から分かるように、先進国では、1997年に15.3%、2000年に52.4%、2004年に86.1%の水準を超えた。BRICSでは、先進国にそれぞれ5年程度遅れて、2002年に15.7%、2005年に47.6%、2009年に87.6%の水準を、また、ASEANでは、BRICSとほぼ同じタイミングで、それぞれ2002年に15.5%、2007年に51.6%、2010年に84.3%の水準を超えた。同様の傾向は移行経済やその他の国・地域でも観察され、移行経済では、2003年に16.0%、2006年に47.5%、2009年に81.9%の水準を、その他の国・地域では、2001年に15.2%、2006年に50.1%、2009年に83.4%の水準を超えた。普及が

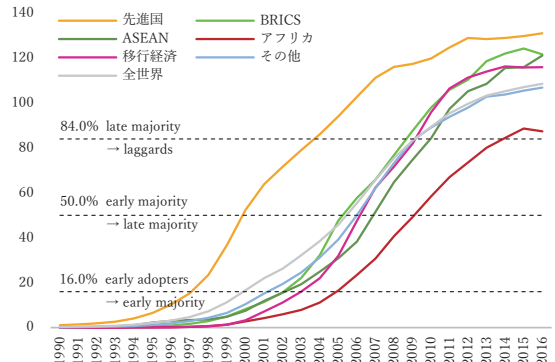


図-2 携帯電話の普及率（グループ別単純平均）
 (出所) 情報通信総合研究所「グローバルICTデータベース」に基づき筆者作成。

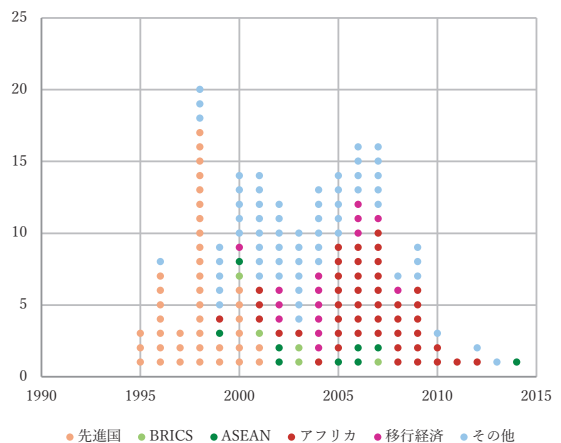


図-3 innovation adoption modelから導かれる携帯電話普及率加速の閾値（普及率が初めて16%を超えた年）ドット・グラフによる年別の分布
 (出所) 情報通信総合研究所「グローバルICTデータベース」に基づき筆者作成。

最も遅れたアフリカでは、先進国にそれぞれ8年から10年程度遅れて、2005年に16.5%、2009年に49.3%、2014年に84.5%の水準を超えた。最後に、全世界をみると、2000年に16.6%、2006年に45.8%、2009年に83.2%の水準を超えている。

以上を踏まえて観察結果を概括すると、先進国に関しては1990年代後半に加速して2000年頃には過半に達している。続いて、BRICS、ASEAN、移行経済などは2000年代初頭に加速して2005年頃に過半に達しており、最も遅れたアフリカでは、2000年代中頃に加速し、2010年頃に過半に達している様子が窺える。

また、図-3はRogersのinnovation adoption modelに基づいた携帯電話普及率加速の閾値（普及率が初めて16%を超えた年）をドット・グラフで示したものである⁽⁸⁾。図-3から確認できるように、先進国では1995年から2000年にかけて閾値を超えている。続いてASEAN・移行経済、さらに遅れてアフリカの順に閾値を超えている。

5 構造変化点分析の結果

ここでは、第3節で述べた通り、二つの構造変化点のうち、普及率が上昇し始めた方に着目して分析を行う。前節のデータ観察のところで用いたRogersのSカーブに基づいた場合、普及率が16%となるところ（すなわちearly adoptersからearly majorityに移るところ）が普及加速点となるが、実際には国・地域ごとに普及率のグラフの形状は異なることが考えられる。このため、本稿の分析では、RogersのSカーブの形状に基づかない形で、構造変化点分析の手法により加速開始点を推定した。前節のデータ観察を踏まえて、既述したモデルおよびデータセットにより、構造変化点分析を行った結果は、図-4、表-3の通りである。図-4

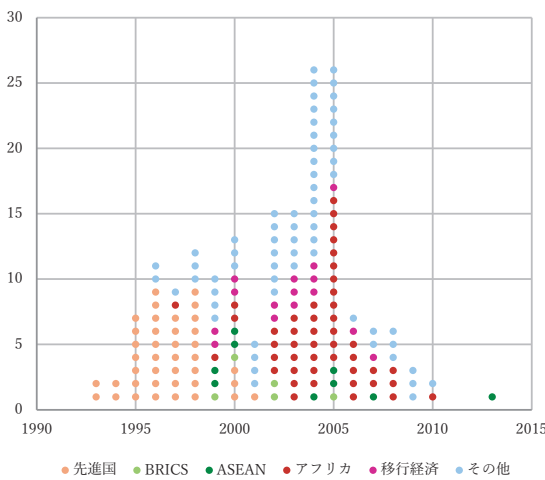


図-4 携帯電話普及率の各国別構造変化点分析の結果 ドット・グラフによる年別の分布

(出所) 分析結果に基づき筆者作成。

表-3 加速開始年の国・地域名一覧

加速開始年	国・地域名
1993	Finland, Norway
1994	Denmark, Japan
1995	Hong Kong, Israel, Italy, Netherlands, Portugal, Singapore, Sweden
1996	Canada, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Korea, Luxembourg, United Kingdom, United States, Andorra, Puerto Rico
1997	Austria, Belgium, France, New Zealand, Spain, Switzerland, Taiwan, Seychelles, Faroe Islands
1998	Australia, Chile, Czech Republic, Estonia, Hungary, Mexico, Slovak Republic, Slovenia, Turkey, Bahrain, French Polynesia, United Arab Emirates
1999	China, Brunei Darussalam, Malaysia, Mauritius, Albania, Croatia, Barbados, Belize, Jamaica, Malta
2000	Latvia, Lithuania, Poland, South Africa, Philippines, Thailand, Djibouti, Togo, Bosnia and Herzegovina, T.F.Y.R. Macedonia, Cyprus, Jordan, Qatar
2001	Macao, Bulgaria, Dominica, Ecuador, Grenada
2002	Brazil, Russia, Gabon, Ghana, Morocco, Tunisia, Belarus, Moldova, Dominican Rep., Guyana, Maldives, Romania, Suriname, Syria, Tonga
2003	Algeria, Eritrea, Lesotho, Liberia, Mauritania, Nigeria, Swaziland, Georgia, Kazakhstan, Ukraine, Argentina, Colombia, Nicaragua, Oman, Trinidad and Tobago
2004	Indonesia, Angola, Guinea-Bissau, Kenya, Libya, Mozambique, Namibia, Senegal, Armenia, Azerbaijan, Tajikistan, Bolivia, Cameroon, Comoros, El Salvador, Fiji, Guatemala, Haiti, Iraq, Mongolia, Panama, Peru, Saudi Arabia, Uruguay, Venezuela, Yemen
2005	India, Lao P.D.R., Viet Nam, Botswana, Cape Verde, Chad, Cote d'Ivoire, Egypt, Gambia, Madagascar, Malawi, Sao Tome and Principe, Sudan, Tanzania, Uganda, Zambia, Kyrgyzstan, Afghanistan, Bangladesh, Bhutan, Honduras, Iran (Islamic Rep. of), Nepal, Pakistan, Paraguay, Sri Lanka
2006	Benin, Burkina Faso, Niger, Rwanda, Uzbekistan, Central African Rep., Papua New Guinea
2007	Cambodia, Burundi, Equatorial Guinea, Turkmenistan, Cuba, Kiribati
2008	Ethiopia, Mali, Zimbabwe, Kuwait, Lebanon, Vanuatu
2009	Costa Rica, Dem. People's Rep. of Korea, Solomon Islands
2010	Somalia, Monaco
2011	—
2012	—
2013	Myanmar

(出所) 分析結果に基づき筆者作成。

では、178の国と地域をグループ別に色分けし、各国の構造変化点をドットで示している。最初の加速点となったのは1993年で、フィンランドとノルウェーの2カ国である。その後、1990年代中盤にかけて多くの先進国で加速期に入ったことが明らかとなる。

BRICSについては、1999年の中国から2005年のインドまでの6年間で加速期に入っている。ASEANと移行経済では、早い国では1999年から加速期に入っているが、国によるばらつきが大きい。例えば、ASEANでは最も早いブルネイの1999年から最も遅いミャンマーの2013年まで約15年間の開きがある。これはミャンマーの民主化の遅れが影響していると考えられる⁽⁹⁾。移行経済では最も早いアルバニアとクロアチアが1999年に加速期を迎え、最も遅いトルクメニスタンも2007年には加速期に入った。

地域全体としては普及が最も遅れたアフリカでは、1997年のセーシェルから2010年のソマリアまで開きがあるものの、2002年から2005年にかけて、多くの国が加速期に入っている様子が確認できる。なお、その他については、多種多様な国と地域が含まれるため、加速期には開きがあるものの、ほとんどの国や地域は2000年代中盤に加速期を迎えていることがわかる。

また、図-3のinnovation adoption modelに

基づく閾値と、図-4の構造変化点を比較すると、多くの国と地域において、両者に大きな違いがないことが確認される。実際、137カ国・地域において両者の差は2年以下であり、差が5年以上となっているものは10カ国・地域のみである。なお、図-2と表-4から分かるように、グループ別の分析においても同様の結果が得られている。このため、本分析で推定された構造変化点が、RogersのSカーブにおけるearly adoptersからearly majorityへ移る時期と近いことが明らかとなった。

これらの加速時期について、各グループ別および全世界の標準偏差をみると、表-4にある通り、先進国、BRICS、アフリカ、移行経済の4グループについては比較的小さな値となっており、変化点の年次について各グループ内でばらつきはそれほど大きくないと解釈できる。これに対して、ASEANとその他グループについては標準偏差が比較的大きな値となっているが、ASEANについては既述の通り、2011年まで民主化されていなかったミャンマーの影響が大きく、ミャンマーを除くASEANでは、構造変化年の平均値、中央値はBRICSと同じ2002年で標準偏差も三割ほど小さくなる。なお、その他グループについては、産油国やリゾートアイランドから政情が不安定な中南米や中央アジアの国々まで様々な国・地域が含まれているため、標準偏差が大きくなっていると

表-4 携帯電話普及率のグループ別構造変化点分析結果

	先進国	BRICS	ASEAN		アフリカ	移行経済	その他	全世界	
			除くミャンマー					除く先進国	
平均	1997	2002	2004	2002	2004	2003	2003	2002	2003
中央値	1997	2002	2004	2002	2005	2003	2004	2003	2004
最頻値	1998	2002	1999	1999	2005	2004	2004	2005	2005
標準偏差	1.85	2.30	4.64	3.20	2.41	2.43	3.23	3.99	3.01
範囲	8	6	14	8	13	8	14	20	17
最小	1993	1999	1999	1999	1997	1999	1996	1993	1996
最大	2001	2005	2013	2007	2010	2007	2010	2013	2013
データ数	40	5	9	8	46	15	63	178	138
パネル分析	1997	2002	2004	2004	2004	2003	2003	2003	2003

(出所) 分析結果に基づき筆者作成。なお、パネル分析では各グループのパネルデータを用いている。

考えられる。

また、表-5は国・地域別の構造変化点の95%信頼区間の長さ⁽¹⁰⁾(単位：年)をまとめたものである。ここでは、誤差項が定常過程・単位根過程のそれぞれの場合を想定して、第3節で説明されている手法を用いている⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。表-5から分かるように、多くの国・地域において信頼区間の長さが短いため、構造変化点の推定の精度が高くなっていることが確認される。

6 おわりに：まとめと今後の課題

以上、本稿では、携帯電話のグローバルな普及がいつから加速したかを厳密に特定すべく、世界178カ国・地域を先進国、ASEAN、移行経済圏、BRICS、アフリカ諸国、その他の6グループに分けて構造変化点分析を行った。その結果、携帯電話の普及率では、1997年に加速した先進国に続き、BRICS、移行経済圏、ASEAN、アフリカ諸

国が2002年から2004年にかけて構造変化点を迎えたことが判明した。これはRogersのSカーブに基づくearly adoptersからearly majorityへと移り変わる時期の観察ともほぼ一致している。この分析結果は、ICTの普及に伴うグローバルな経済効果について、時期区分を明確にした上で詳細に分析する際の一助になると考えられる。具体的には、これまでの研究では便宜的な時期区分が用いられていたものが、本研究の分析結果を用いることにより、時期区分が明確になり、ICTの普及が与える様々な影響が普及加速の前後でどのように異なるか、詳細な分析を行うことができるようになる。

この結果を踏まえた今後の研究課題としては、携帯電話の普及と所得水準の向上の関係性について、技術の普及前後でどのように異なるか、また、教育や福祉水準など、他の要因がどのように影響しているかといった点の実証的な解明が挙げられる。また、本稿では普及加速期に着目して分析を

表-5 国・地域別構造変化点の95%信頼区間の分析結果

① 誤差項が定常過程の場合の信頼区間の長さ

	先進国	BRICS	ASEAN		アフリカ	移行経済	その他	全世界	
			除くミャンマ					除く先進国	
平均	1.37	1.13	1.04	1.11	0.93	0.98	1.22	1.15	1.08
中央値	1.23	1.02	1.02	1.05	0.85	0.93	0.94	0.94	0.92
標準偏差	0.73	0.63	0.41	0.39	0.42	0.42	1.00	0.76	0.75
最小	0.45	0.55	0.52	0.66	0.00	0.47	0.23	0.00	0.00
最大	3.62	2.09	1.99	1.99	2.23	1.78	7.15	7.15	7.15
データ数	40	5	9	8	46	15	63	178	138

② 誤差項が単位根過程の場合の信頼区間の長さ

	先進国	BRICS	ASEAN		アフリカ	移行経済	その他	全世界	
			除くミャンマ					除く先進国	
平均	2.34	2.14	2.07	2.29	1.57	2.14	1.90	1.95	1.83
中央値	2.15	1.44	2.16	2.17	1.45	1.69	1.45	1.59	1.47
標準偏差	1.17	1.73	1.05	0.88	0.86	1.31	1.33	1.20	1.19
最小	0.54	0.68	0.31	1.39	0.00	0.52	0.29	0.00	0.00
最大	5.78	5.05	4.25	4.25	4.10	4.68	6.90	6.90	6.90
データ数	40	5	9	8	46	15	63	178	138

(出所) 分析結果に基づき筆者作成。

行ったが、成熟期（普及鈍化）についても構造変化点分析を行うことにより、国・地域ごとの成熟期の違いなどについて考察を行うことも考えられる。さらに、本稿では、ICTのグローバルな普及を代表するものとして携帯電話を取り上げているが、インターネットについては、携帯電話の普及に5年程度遅れて普及しているとみられる。現時点では、十分なデータの遡及ができないため、本稿の分析対象外としたが、今後、データの収集と蓄積を進め、インターネットの構造変化点分析、および携帯電話の構造変化点分析との比較分析を行うことも研究課題のひとつといえる。これらは、本稿に残された研究課題として記しておきたい。

謝辞

2021年度社会情報学会(SSI)学会大会において、関西大学の松下慶太先生、島根大学の野田哲夫先生、情報通信総合研究所の鷲尾哲先生に有益なコメントを頂いた。また、本稿の基礎となる作業では、九州大学大学院経済学府修士課程に在籍していた根本大輝氏にデータや資料の整理で大変お世話になった。これらの方々記して感謝の意を表したい。本稿は、公開済みの同一タイトルのディスカッションペーパー(山崎大輔・根本大輝・篠崎彰彦 著, InfoCom Economic Study Discussion Paper No.15, 2020年)を基にしている。なお、本稿はJSPS 科研費 JP18K01572, JP21K13272 の助成を受けて行った研究成果の一部である。

注

- (1) James (2016) pp.51-52を参照。
- (2) James (2016) p.58を参照。
- (3) Perron and Zhu (2005) およびKim (2011) では、変化点が一つの場合のみ扱われているが、複数変化を推定する際はすべての点について同時に推定を行う必要がある。
- (4) この標準誤差は、構造変化が比較的小さいときに用いることが可能である。詳細は

Yamazaki (2021) を参照。

- (5) 長期分散の推定には、Andrews (1991) の方法などを用いることができる。
- (6) 国・地域のグループ分けについては、多くの先行研究にあるように「先進国」と「その他」とした場合、先進国以外のグループが広すぎるため、篠崎・田原 (2014) およびShinozaki and Urakawa (2017) に準拠したグループ分けを行った。
- (7) 普及率のグラフがS字状のカーブに似ていることから、RogersのSカーブと呼ばれる。詳細はRogers (2003) を参照。
- (8) 観測期間 (1990~2016年) において携帯電話普及率が16%を超えていないエリトリア・朝鮮民主主義人民共和国を除いた、176カ国・地域のデータを用いている。
- (9) 1988年から軍政が続いていたミャンマーは、2011年に民政移管が実現し、2016年10月には米国による経済制裁が全面解除された (西口 (2012) および小原 (2017) 参照)。
- (10) 信頼区間の長さは、信頼区間の上限から下限を引いて得られる。構造変化点 T_1 の95%信頼区間は
$$[\hat{T}_1 - T \cdot 1.96 \text{ se}(\hat{\lambda}_1), \hat{T}_1 + T \cdot 1.96 \text{ se}(\hat{\lambda}_1)]$$
で与えられるため、信頼区間の長さは $2T \cdot 1.96 \text{ se}(\hat{\lambda}_1)$ となる。
- (11) 本分析においては、同時推定により得られた二回目の構造変化点を所与とした上で、一回目の構造変化点を推定し直して信頼区間の計算を行った。これにより、一部の国・地域において、推定された構造変化点が、同時推定の場合と比べて若干異なっている。
- (12) 実際には、構造変化を考慮した上で単位根検定や定常性検定を行い、国・地域ごとに誤差項が定常過程であるか単位根過程で

あるか調べていく必要がある。しかし、サンプルサイズが小さいため、検定の検出力が低くなり、正しい判断ができない可能性が高い。このため、本稿では誤差項が定常過程・単位根過程のそれぞれの場合を想定して分析を行った。

参考文献

- 小原綾子 (2017) 「米国がミャンマー経済制裁を全面解除」みずほ銀行国際戦略情報部, *mizuho global news*, vol.89, p.22.
- 篠崎彰彦・田原大輔 (2014) 「教育・所得水準とICTの普及に関するグローバルな動態変化の分析—デジタル・ディバイドから経済発展の可能性へ—」*InfoCom REVIEW*, 62, pp.18-35.
- 西口清勝 (2012) 「民政移管後のミャンマー」立命館大学経済学会『立命館経済学』第60巻第6号, pp.55-72.
- 野口正人・鷲尾哲・篠崎彰彦 (2018) 「デジタル・ディバイドからデジタル・ディビデンドへの変貌：2015年版グローバルICTデータベースによる長期観察」情報通信総合研究所, *InfoCom Economic Study Discussion Paper Series*, No.6, pp.1-22.
- Andrews, D.W.K. (1991) “Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix Estimation,” *Econometrica*, Vol.59, pp.817-858.
- Estrada, F. and Perron, P. (2019a) “Breaks, Trends and the Attribution of Climate Change: A Time-Series Analysis,” *Economia*, 42, pp.1-31.
- (2019b) “Causality from long-lived radiative forcings to the climate trend,” *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1436, pp.195-205.
- Galperin, H. and Mariscal, J. (2007) *Mobile Opportunities: Poverty and Telephony Access in Latin America and the Caribbean*, Diálogo Regional sobre Sociedad de la Información.
- Gómez-Barroso, J.L. and Marbán-Flores, R.M. (2020) “Telecommunications and economic development — The 21st century: Making the evidence stronger,” *Telecommunications Policy*, 44, 101905.
- James, J. (2016) *The impact of Mobile Phones on Poverty and Inequality in Developing Countries*, Springer.
- Jensen, R. (2007) “The digital divide: Information (technology), market performance, and welfare in the South Indian fisheries sector,” *Quarterly Journal of Economics*, 122, pp.879-924.
- Kalba, K. (2008) “The Adoption of Mobile Phones in Emerging Markets: Global Diffusion and the Rural Challenge,” *International Journal of Communication*, 2, pp.631-661.
- Kim, D. (2011) “Estimating a common deterministic time trend break in large panels with cross sectional dependence,” *Journal of Econometrics*, Vol.164, pp.310-330.
- Lam, P.-L. and Shiu, A. (2010) “Economic growth, telecommunications development and productivity growth of the telecommunications sector: Evidence around the world,” *Telecommunications Policy*, 2010, vol.34, issue 4, 185-199.
- Lee, S., Leventis, J. and Gutierrez, L. (2009) “Telecommunication and economic growth: an empirical analysis of Sub-Saharan Africa,” *Applied Economics*, 44(4), pp.461-469.
- Maneejuk, P. and Yamaka, W. (2020) “An analysis of the impacts of telecommunications

- technology and innovation on economic growth,” *Telecommunications Policy*, 44, 102038.
- Perron, P. and Zhu, X. (2005) “Structural breaks with deterministic and stochastic trends,” *Journal of Econometrics*, Vol.129, pp.65-119.
- Qiang, C. (2009) “Mobile telephony: a transformational tool for growth and development,” *Private Sect Dev*, 4, pp.7-16.
- Rogers, E.M. (2003) *Diffusion of Innovations*, 5th edition, Free Press.
- Sawng, Y.W. and Han, H.S. (2007) “Market analysis for the next-generation mobile communications (DMB) service from the perspective of innovation adoption and diffusion,” *International Journal of Satellite Communications and Networking*, 25, pp.323-348.
- Shinozaki, A. and Urakawa, K. (2017) “Do mobile phones improve per-capita income?: Granger causality test based on cross-country dataset,” *InfoCom REVIEW*, 68, pp.68-76.
- Silver, L. (2019) “Smartphone Ownership Is Growing Rapidly Around the World, but Not Always Equally In emerging economies, technology use still much more common among young people and the well-educated,” *Pew Research Center*, <https://www.pewresearch.org/global/2019/02/05/smartphone-ownership-is-growing-rapidly-around-the-world-but-not-always-equally/> 2022年4月20日閲覧.
- Sridhar, K. and Sridhar, V. (2004) “Telecommunications infrastructure and economic growth: evidence from developing countries,” *NIPFP Working Paper*, No.14, pp.1-40.
- UNCTAD (2010) *Information Economy Report 2010 -ICTs, Enterprises and Poverty Alleviation-*, UNCTAD.
- Vodafone (2005) “Africa: The Impact of Mobile Phones,” *The Vodafone Policy Paper Series*, No.2.
- Waverman, L., Meschi, M. and Fuss, M. (2005) “The impact of telecom on growth in developing countries,” *The Vodafone policy paper series*, No.2, pp.10-23.
- World Bank (2016) *World Development Report 2016: Digital Dividends*, World Bank Group.
- (2017) *Leapfrogging: the key to Africa’s development - from constraints to investment opportunities*, World Bank Group.
- Yamazaki, D. (2021) “A note on asymptotic properties of time series models with a trend break,” Available at *SSRN* (<http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3917796>)