

令和 3 年 6 月 28 日現在

機関番号：37402

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K03744

研究課題名（和文）ネットワーク経済学と経済成長理論による経済統合の研究：理論とシミュレーション

研究課題名（英文）A Study on Economic Integration by Network Economics and Economic Growth Theory

研究代表者

坂上 智哉（Sakagami, Tomoya）

熊本学園大学・経済学部・教授

研究者番号：50258646

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ネットワーク外部性を組み込んだ経済成長モデルとそのシミュレーション分析によって、経済連携ネットワークが瓦解するメカニズムと、ネットワークの安定化に必要な政策を論じた。

まず、各国が経済連携協定を結ぶか否かの意思決定を動的に行う経済成長モデルを構築し、次にそのシミュレーション分析を行った。

その結果、ネットワーク費用負担率の大きさによって、どのような形状の経済連携ネットワークに収束するかが決まることを明らかにした。特に、Complete型ネットワークに収束するための費用負担率の上限は、ネットワーク規模が大きくなるほど小さくなることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今回の研究では、「Complete型ネットワークに収束するための費用負担率の上限は、ネットワーク規模が大きくなるほど小さくなる」ことを明らかにした。この発見から、ネットワーク規模が拡大する際には、費用負担率を下げていかなければComplete型ネットワークは瓦解してしまうことになる。つまり、経済連携協定が瓦解する要因はネットワーク規模の肥大化であることが明らかになった。この帰結をEUの事例に当てはめれば、加盟国の増加がBrexitを引き起こした要因のひとつであり、Brexitを防ぐには、加盟国の増加に応じて英国など加盟国の費用負担率を引き下げるべきであったということになる。

研究成果の概要（英文）： In this study, we discussed the mechanism by which the economic partnership network collapses and the policies necessary for network stabilization by using an economic growth model that incorporates network externality and its simulation analysis.

First, we constructed an economic growth model that dynamically decides whether or not each country concludes an economic partnership agreement. Second, we performed a simulation analysis of the model.

As a result, we have clarified that the size of the network cost allocation ratio determines what kind of economic partnership network will be converged. In particular, we have shown that the upper limit of the cost allocation rate for converging on a complete network becomes smaller as the network scale increases.

研究分野：経済成長理論

キーワード：経済成長モデル ネットワーク外部性 経済連携 コンピュータシミュレーション ネットワークの瓦解

## 1. 研究開始当初の背景

英国は2016年の国民投票によって欧州連合(EU)からの離脱を決定し、2017年にはドナルド・トランプ米大統領が環太平洋パートナーシップ協定(TPP)から離脱するための大統領令に署名、アメリカ抜きでTPP交渉が行われることとなった。このように、経済大国の相次ぐ経済連携からの離脱決定は、経済統合や経済連携が、経済規模の大きな国にほんとうにメリットをもたらすのかという疑問を呈することとなった。1993年に発足したEUが、その後の規模を拡大する政策をとり続けた背景の一つには、当時大きな注目を集めていた内生的経済成長理論の存在が考えられる。Romer(1990)による技術進歩の内生的決定モデルでは、人口が規模効果をもつことが示された。これを踏まえ、Rivera-Batiz and Romer(1991)では、このモデルを経済統合に応用し、統合による規模効果が長期的な経済成長率を押し上げると主張した。

これに対して、本研究の代表である坂上は、内生的経済成長理論の研究を進めるなかで経済統合の規模効果に疑問をもち、知識資本の性質によっては一人当たり人的資本の水準が異なる国同士の経済統合は、人的資本の大きな国にとっての成長率を低めてしまう可能性があることを明らかにした(Takahashi and Sakagami(1998))。

また、内生的成長理論を構成する重要な要素に外部性がある。特に、資本や労働の外部性が経済成長経路にどのような影響を与えるのかについては、Benhabib and Nishimura(1998)などにより、均衡の不決定性の議論へと発展した。これは与えられた初期値に対して、定常均衡への収束経路が無数に存在し、一意に決定されないことを意味する。彼らは外部性を考慮した社会的生産関数が規模に関して収穫一定であっても不決定性が生じることを明らかにした。Matsuo and Sakagami(2009)では、このモデルの労働に負の外部性を導入し不決定性の条件を分析している。

一方、ネットワーク形成に関する研究は、Jackson and Wolinsky(1996)を契機に発展し、今日ではネットワーク経済学として周知されるようになった。我々は、従来の内生的成長理論での外部性を、ネットワーク外部性としてモデルに組み込むことを考えた。すでに、Sakagami et al.(2017)では、「資本ストックに関するネットワーク外部性」を経済成長モデルに組み込んだうえで、3つのノード間でのネットワークと経済成長との関係について分析を行った。

元来、ネットワーク外部性とは財・サービスを利用する消費者が増えれば増えるほど、その価値が高まることを指す用語であり、構造的な意味を持たない。これに対し、ネットワークの構造そのものに意味を持たせた研究がJackson and Wolinsky(1996)によるネットワーク形成ゲームである。これは、ネットワークのノードをプレイヤーとして置き換え、ネットワークを結ぶか否かという「戦略」を決定するゲームである。社会ネットワーク分析ではネットワーク上の位置関係でノードの重要度が異なる。その最たる例がハブ・アンド・スポーク(Star)型である。ノードがハブとして選ばれる要因としては、ネットワーク形成の最初期では経済的優位性、地理的優位性、執政者の決定などがあり、その後は既存のリンク数による誘引効果加わる。こうしたネットワーク形成過程を考慮すれば、静学的な分析よりも動学的な視点が自然であり、長期的な視野が求められる意思決定問題では一層、動学的な分析が不可欠である。Inoue, Kato and Sakagami(2013)では、動学的な航空ネットワーク形成過程を進化計算に基づくアルゴリズムでシミュレーションし、経済学における進化計算手法の有用性を確認している。

## 参考文献

- [1] Benhabib and Nishimura (1998), "Indeterminacy and Sunspots with Constant Returns," *Journal of Economic Theory*, 81.
- [2] Inoue, Kato and Sakagami (2013), "Airline Network Optimization Using Evolutionary Computation," *Electronics and Communications in Japan*, Vol. 96, Issue 11.
- [3] Jackson and Wolinsky (1996), "A Strategic Model of Social and Economic Networks," *Journal of Economic Theory*, 71.
- [4] Matsuo and Sakagami (2009), "Characterization of equilibrium paths in the two-sector model with sector specific externality," *Advances in Discrete Dynamical Systems, Advanced Studies in Pure Mathematics* 53.
- [5] Rivera-Batiz and Romer (1991), "Economic Integration and Endogenous Growth," *Quarterly Journal of Economics*, 106 (2).
- [6] Romer (1990), "Endogenous Technological Change," *Journal of Political Economy*, 98(5).
- [7] Sakagami, Kato, Inoue, Unoki, (2017), "Externalities of Network Formation and Economic Growth," In Naito, Lee, Ouchida (eds), *Applied Approaches to Societal Institutions and Economics. New Frontiers in Regional Science: Asian Perspectives*, 18, pp. 215-226, DOI: [https://doi.org/10.1007/978-981-10-5663-5\\_16](https://doi.org/10.1007/978-981-10-5663-5_16).
- [8] Takahashi and Sakagami (1998), "Transitional Dynamics of Economic Integration and Endogenous Growth," *Journal of Economic Behavior and Organization*, 33, Issue 3-4.

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、経済統合や経済連携(以下「経済連携」と呼ぶ)の形成と離脱のメカニズムを、ネットワーク外部性を伴う経済成長モデルの視点から、理論とシミュレーション分析によって明らかにすることである。経済連携による物的資本や人的資本の外部性は経済成長を押し上

げる効果が期待される一方で、ネットワーク維持費用や統合前の経済規模によっては、経済連携が逆に成長率を押し下げる可能性もあるのではないだろうか。本研究では各国が経済連携の形成と離脱の意思決定を動的に行う状況において、最終的に到達する安定ネットワークの形状を明らかにする。同時に、動的ネットワーク分析での実証研究手段として、進化計算に基づくシミュレーションツールも開発する。そのうえで、長期的な経済連携ネットワークの安定性や不安定性、特に経済連携ネットワークが瓦解するメカニズムを解明し、安定化に必要な政策を論じる。

### 3. 研究の方法

本研究では、Jackson and Wolinsky (1996) によるネットワーク形成ゲーム理論に基づき、ネットワークを結ぶことで得られる便益と費用を、経済成長モデルの枠組みの中で定義する。ノードを国、リンクを国家間の連携協定とし、その集合を国家間の経済連携協定ネットワークとして捉える。本研究のモデルではリンクを接続すると、そのときのネットワークの形状に応じた便益が、正の外部性（これを「ネットワーク外部性」と呼ぶ）として得られる。その一方で、EU や国連の加盟ルールに基づき、経済連携への参加国はその国の経済力（GDP）に応じた費用をネットワーク維持のために支払う必要があるものと仮定する。

ところで、正のネットワーク外部性とネットワーク形成費用を組み込んだ経済成長モデルの原型は、すでに Sakagami et al. (2017) において構築している。このモデルは、Ramsey=Cass=Koopmans 型の経済成長モデルに、自国以外の国の1期前の1人当たり資本ストックの大きさがネットワーク外部性を持ち、ネットワークのリンクを通じて自国の生産に正の影響を与えるものである。また、3か国からなる世界を想定し、初期時点で経済力の最も大きな国をハブとするStar型ネットワークを締結した場合の、各国の資本ストックの動的な変化を分析している。その結果、ハブ国の1人当たりGDPが他の2国より初期時点で大きいにもかかわらず、その後1人当たりGDPの逆転が生じうることを明らかにしている。GDPの逆転が生じるということは、ハブとなる大国にStar型ネットワークから離脱するインセンティブがあることを示唆している。

そこで本研究では、Sakagami et al. (2017) で所与とされたネットワークを内生的に決定できるように修正する。具体的には、各国政府が毎期の期首にその期の1人当たりGDPがより大きくなるように他国とのリンクを接続するか切断するか意思決定を行うプロセスを追加し、ネットワークの形状変化を伴う経済成長過程のシミュレーションを行う。まずは、3か国 ( $h, a, b$ ) からなる世界を想定する。モデル内の各パラメータに具体的な数値を与え、資本ストックの初期値を  $k_{h,0} = 0.1, k_{a,0} = k_{b,0} = 0.05$  とし、ネットワーク外部性の大きさと各国の最適な資本ストックの水準を逐次的に求めることで、ネットワーク外部性を持つ経済成長モデルをシミュレートする。シミュレーションでは、マルチエージェントシミュレーション用のソフトウェアである Artiscoc® を用いてネットワークを可視化し、形状変化の様子を分析する。

### 4. 研究成果

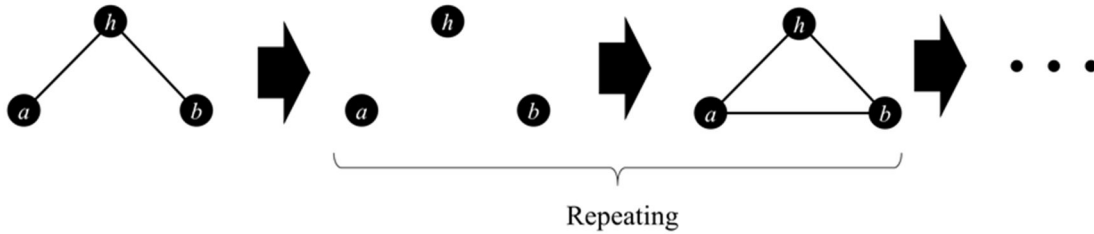
まず、初期ネットワークをStar型としたときのネットワークの動的変化は、リンク負担率  $g$  の大きさに依存して、大きく分けて4パターン(パターン1からパターン4)が観察された。

【パターン1】 Complete型ネットワークに収束 ( $0 \leq g < 0.035$ )



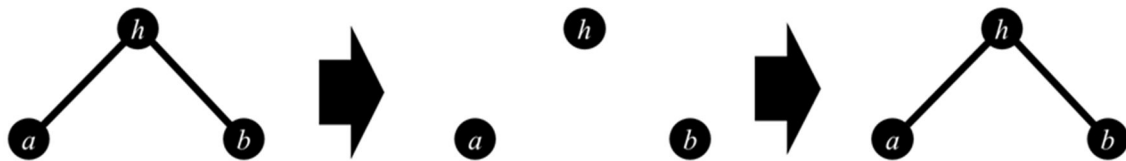
リンク費用負担率が  $0 \leq g < 0.035$  である場合、ハブ以外の国の経済力が十分に成長すると、Complete型に落ち着く。Complete型が安定となるパターンでは、初期時点において大国( $h$ 国)側がリンク切断のインセンティブを持ち、小国( $a$ 国と $b$ 国)側は大国とはリンクを接続したいが他の小国とはリンクを結びたくないというインセンティブを持つ。大国は小国の経済力が十分成長した段階で、リンク接続のインセンティブを持つようになる。小国同士はお互いの経済力がさらに成長した後で、リンクを結びインセンティブを持つようになる。

【パターン 2】 周期ネットワーク ( $0.035 \leq g < 0.047$  または  $0.050 \leq g < 0.084$ )



リンク費用負担率が  $0.035 \leq g < 0.047$  または  $0.050 \leq g < 0.084$  である場合、しばらく Empty 型の期間が続いた後、1 期だけ Complete 型となり、また Empty 型の期間に戻るという変化を繰り返す。Empty 型が続く期間は  $g$  の値が大きくなるほど長くなる。

【パターン 3】 Star 型ネットワークに収束 ( $0.047 \leq g < 0.050$ )



リンク費用負担率が  $0.047 \leq g < 0.050$  という範囲にある場合、一旦 Empty 型ネットワークとなるが最終的に Star 型ネットワークに収束する。各国の経済力が十分に成長したタイミングで Star 型ネットワークが形成されることから、必然的に初期の経済力が大きい  $h$  国がハブとなる。最終的に、ハブとなった  $h$  国は他国に経済力を逆転されてしまうが、リンクを維持せざるを得ない。これは間接リンクから得られる便益 (正のネットワーク外部性) が直接リンクを結ぶためのリンク維持費用よりも大きく、直接リンクから得られる便益が直接リンクを結ぶためのリンク維持費用よりも小さいために起こる。間接リンクのほうが好ましいため、最後まで小国同士が直接リンクを接続するインセンティブは持たない。

【パターン 4】 Empty 型ネットワークに収束 ( $0.084 \leq g$ )



リンク費用負担率  $g$  が  $0.084$  以上の水準では Empty 型のネットワークに収束する。これは、リンク費用負担率が高すぎて、経済が成長しきった後でさえも、直接リンクから得られる便益を、リンク維持費用が上回ってしまうために生じる。よって、このケースではどの国もリンクを接続しようとするインセンティブを持つことはない。

3 国の場合のリンク費用負担率とネットワークの形状変化の関係をまとめたものが図 1 である。特に、リンク費用負担率が  $0 \leq g < 0.035$  ならば、Complete 型が安定ネットワークとなる。

図 1: リンク費用負担率  $g$  とネットワークの形状変化の関係

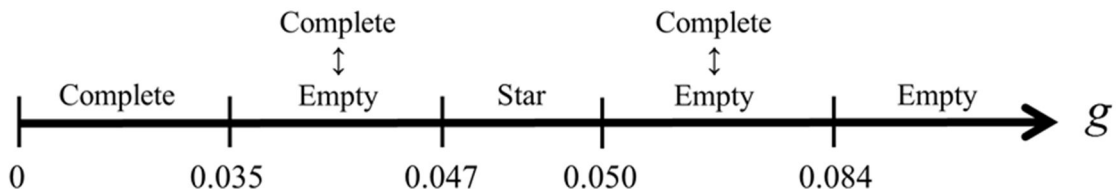


表 1 にはネットワーク規模 (= 国の数) が大きくなった際の、各ネットワーク変化パターンに対するリンク費用負担率の境界値を示している。この表 1 より、ネットワーク規模が大きくなれば Complete 型が安定となるための  $g$  の上限値は単調に小さくなっていることがわかる (表 1 のグレー色の列の数値)。例えば  $N = 3$  の場合、その  $g$  の値は  $0.0035$  であるが、 $N = 10$  では  $0.019$  にまで低下する。このことから、Complete 型ネットワーク維持したまま、ネット

ワーク規模を拡大したければ、相応にリンク費用負担率を下げていかなければならないことが示唆される。EUは2013年の第6次拡大により28か国にまで増加していることから、英国をEUに留めるには拠出金の負担率を下げるべきであったと言えるだろう。

表 1: ネットワーク規模別のリンク費用負担率  $g$  とネットワークの形状変化の関係

国の数 $N$	ネットワークの形状変化のパターン			
	Complete	Complete ↓ Empty	Star	Empty
3	$0 \leq g < 0.035$	$0.035 \leq g < 0.047$ 、 $0.050 \leq g < 0.084$	$0.047 \leq g < 0.050$	$0.084 \leq g$
4	$0 \leq g < 0.031$	$0.031 \leq g < 0.084$		$0.084 \leq g$
5	$0 \leq g < 0.028$	$0.028 \leq g < 0.084$		$0.084 \leq g$
6	$0 \leq g < 0.026$	$0.026 \leq g < 0.084$		$0.084 \leq g$
7	$0 \leq g < 0.024$	$0.024 \leq g < 0.084$		$0.084 \leq g$
8	$0 \leq g < 0.022$	$0.022 \leq g < 0.084$		$0.084 \leq g$
9	$0 \leq g < 0.021$	$0.021 \leq g < 0.084$		$0.084 \leq g$
10	$0 \leq g < 0.019$	$0.019 \leq g < 0.084$		$0.084 \leq g$

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 坂上智哉、加藤康彦、井上寛規	4. 巻 60
2. 論文標題 なぜ離脱するのか？－経済成長を伴う経済連携協定ネットワーク形成過程のシミュレーション分析－	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 『経済学論纂』（中央大学）	6. 最初と最後の頁 223-233
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 宇野木広樹	4. 巻 25
2. 論文標題 -サブモジュラー性を満たす利得関数の一考察	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 熊本学園大学経済論集	6. 最初と最後の頁 109-132
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 井上寛規，坂上智哉，加藤康彦	4. 巻 35
2. 論文標題 個々のアリの外部記憶を利用したAnt Colony Optimization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 久留米大学コンピュータジャーナル	6. 最初と最後の頁 50-61
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 井上寛規
2. 発表標題 Artisocによるマルチエージェントシミュレーション実践
3. 学会等名 日本応用経済学会2018年度春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoya Sakagami and Hiroki Inoue
2. 発表標題 Simulation Analysis of Economic Partnership Network Formation and Economic Growth
3. 学会等名 The 10th International Conference on Computer Modeling and Simulation (ICCMS 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上寛規, 坂上智哉, 加藤康彦
2. 発表標題 経済成長を伴う経済連携協定ネットワーク形成過程のシミュレーション分析
3. 学会等名 日本応用経済学会2020年度秋季大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	加藤 康彦  (Kato Yasuhiko)  (80331073)	熊本学園大学・経済学部・准教授   (37402)	
研究分担者	井上 寛規  (Inoue Hiroki)  (90635963)	久留米大学・経済学部・講師   (37104)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	宇野木 広樹  (Unoki Hiroki)  (80626721)	中九州短期大学・経営福祉学科・准教授   (47405)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------