

# アジアにおける国際金融ネットワークの動態

## —ネットワーク分析による観測—

山口昌樹

### 要 旨

通貨危機後にアジア諸国が協働した制度構築がアジアの貯蓄をアジアへの投資へ向かわせる域内資金循環の成長に結びついたかという疑問が本研究の動機付けの1つである。また、米国における利上げが新興国からの資金流出を引き起こし、アジアの域内資金循環が収縮したのではないかという懸念も本研究の動機である。これらの疑問に答えるため本研究はアジア諸国における国際金融ネットワークの動態についてネットワーク分析を適用して観測した。

分析の結果、第一に2015年以降にアジア諸国の対外投資は相対的に大きな伸びを示し、対外調達も対外投資ほどではないもののマレーシアを除き増加した。アジア諸国が資金の出し手へと変化した側面を確認できた。第二に、固有ベクトル中心性によって国際金融ネットワークでの重要性を測定したところ、米国の利上げにも拘わらずアジア諸国の地位が後退した兆候は見られなかった。また、アジア諸国は日米を中心とする国際金融ネットワークに組み込まれていることがコミュニティ抽出により判明した。第三に、ネットワークの凝集性を測定する密度によって域内資金循環の動態を観測し、域内資金循環が増加したこと、さらに、アジア諸国による域内資金循環が運用面では米国に匹敵すること、調達面では域内調達の比率が上昇したことが分かった。

キーワード：国際資本移動，ネットワーク分析，アジア

### 目 次

- |                  |                |
|------------------|----------------|
| 1. はじめに          | 4.2 アジア諸国の位置づけ |
| 2. 先行研究          | 4.3 コミュニティの同定  |
| 3. 国際証券投資の概観     | 5. 域内資金循環の測定   |
| 4. 国際金融ネットワークの分析 | 6. むすび         |
| 4.1 ネットワーク分析の概要  |                |

## 1. はじめに

タイ、インドネシア、韓国といったアジア諸国が通貨危機に見舞われてからすでに四半世紀が経過した。その後、アジア諸国は通貨危機後の経済成長によって経済構造を変化させ、外貨準備を蓄積するのみならず資本輸出するまでにその国際収支は変化を遂げた。通貨危機後に明らかになった問題のうち銀行と企業の調達・運用におけるダブル・ミスマッチ、外貨準備の少なさはほぼ解消されているが、為替相場、金利、株価がグローバルマネーに左右される状況に大きな変化はないと考えられている。

アジア通貨危機以降、国際資本移動の安定のために行われたアジア諸国による様々な地域的取り組みは成果を上げているのだろうか。財務省の元財務官である浅川（2020）が「アジアの貯蓄をアジアの投資に直接振り向けるようにする必要がある」と述べたように、アジアにおける域内資金循環の育成は政策的な協働の柱の1つである。また、近年における世界的なインフレーションへの対応として進められた米国を始めとする利上げは新興国から米国への資金還流を引き起こしており、この資金移動が域内資金循環を後退させたのではないかと懸念される。域内資金循環に係るこれらの疑問が本研究の動機付けとなった。こうした問いは国際金融システムの安定性という国際金融研究における主要な研究潮流の中に位置づけられるものである。

そこで、本研究はアジア諸国により形成される国際金融ネットワーク<sup>1</sup>を分析対象とし、次のような課題を設定した。アジア諸国による対

外運用・対外調達は2010年代半ばからチャイナ・ショック、COVID-19パンデミック、世界的な利上げを経てどう変化したか。世界の国際金融ネットワークにおいてアジア諸国はどの程度の重要性を有するのか。アジアの域内資金循環はより濃密なネットワークへと変化したのか。

こうした問いに答えるため本研究はネットワーク分析を利用する。従来の研究は対外運用・調達についてその水準や変化、比率等を算出するに止まっている。域内資金循環をネットワークとして把握し、ネットワーク分析の手法を適用することによって国際金融ネットワークの特徴や変化、そして各国の重要度を測定できるようになる。なお、本研究は国際証券投資によって形成される国際金融ネットワークを分析する。アジア通貨危機においては銀行が仲介した資本移動が問題となったが、山口（2022）が明らかにしたように近年では金融ショックに対する不安定性は国際証券投資の方が高いためである。

これ以降の構成は以下ようになる。次節は関連する先行研究を2つに分類しながら俯瞰しつつ、この研究領域における本研究の位置づけを確認した上で先行研究との違いを述べる。第3節は、まず分析に利用するデータの詳細を説明し、国際証券投資について2010年代半ばと直近の2つの時期をアジア諸国に焦点を絞って比較する。第4節は、ネットワーク分析について概説した上で、固有ベクトル中心性を用いて各国の重要度を測定し、アジア諸国がどの国々と緊密な国際金融ネットワークを形成しているかを同定する。第5節は、ネットワークの凝集性を測定するための尺度を本研究に適合するよう

1 先行研究では国際資本移動やグローバルマネーフローといった用語を使用している。本研究は投資・調達の残高を分析していること、そしてネットワーク分析を適用していることから敢えて国際金融ネットワークという用語を使用した。

拡張し、域内資金循環が成長しているかを検証する。最後に、結びにおいて本研究から得られた知見を取りまとめ、残された課題と今後の研究戦略を示す。

## 2. 先行研究

アジア諸国間の金融ネットワークを分析対象とする本研究は、アジア通貨危機以後から連続と続く、アジアにおける資本移動の安定性という研究領域に位置づけられる。この研究領域の中においても、ドル依存の状況から脱却しアジア諸国の貯蓄をアジア諸国への投資に振り向けるという域内資金循環の育成というトピックと本研究は強い関連を持つ<sup>2</sup>。このトピックに関する研究を俯瞰すると2つに分類できよう。

1つ目は資本移動の安定化に向けてアジア諸国が協働した制度構築の解説であり、先行研究として赤羽 (2019)、国宗 (2013)、川村 (2007) が挙げられる。こうした制度としてまず思い浮かぶのはチェンマイ・イニシアチブ (CMI) やそのマルチ化である。しかし、CMIの目的は金融市場が不安定化する緊急時におけるドル流動性の供給であるため本研究と直接的に関連する事項ではない。

域内資金循環の育成に緊密に関わる取り組みとしてアジア債券市場育成イニシアチブが挙げられる。小川編 (2009) はアジア債券市場の発展に向けた金融商品の設計や公的支援といった制度設計について包括的に論じた研究である。近年では、小川他 (2017) がアジア通貨単位 (AMU) 建て債券を設計し、現地通貨建て債券

とリスク特性の比較を試みた。シミュレーションの結果、AMU建て債券は、発行者にとって対外借入費用と為替リスクを軽減し、さらに海外投資家については為替リスクの軽減につながるとして、アジア全体の金融システムの安定に資する可能性があることを指摘した。

通貨のミスマッチに関連して ASEAN における現地通貨建て債券市場を分析した Grigorian (2019) がある。マレーシアの現地通貨建て債券市場では非居住者からの資本流入が増加し、為替相場のボラティリティの上昇が懸念材料となっている。そこで非居住者による投資が為替変動を増幅するかを検証し、増幅させる影響は出ていないという結果を得ている。なお、近年になって財務省の歴代財務官の回顧録が相次いで出版され、篠原 (2018)、中尾 (2020)、浅川 (2020) は制度構築の舞台裏をつまびらかにしており興味深い。

先行研究の2つ目の分類はアジア諸国間のマネーフローを対象とした先行研究である。金木・鹿庭 (2015) は IMF の CPIS (Coordinated Portfolio Investment Survey) を用いて、インドネシア、タイ、マレーシア、香港、フィリピン、インド、シンガポール、マカオのアジア新興国について域内資金循環の実態を報告した<sup>3</sup>。2012年においてアジア地域での域内調達達が13.0%、域内運用は9.5%であり、6割を超える EU と比較してかなり低いと評価した。アジア新興国では域内金融市場が十分に整備されていないために高い経済成長により生み出される豊富な貯蓄が欧米市場を経由して域内の投資へ還元する構造になっていること、この構造はグ

2 域内資金循環は現地通貨建て、長期の運用・調達といった要素を含むトピックであるが本研究は域内貯蓄を域内投資に結びつけるという側面だけを分析対象とする。

3 2012年当時は CPIS に中国のデータが収録されていなかった。本研究は中国も分析対象に含めている点が金木・鹿庭 (2015) と異なる。

ローバルマネーの変化によって為替相場、金利、株価が大きく変動ししやすい脆弱性を依然として抱えていることを問題視している。

山口（2022）は東アジア諸国を巡る国際資本移動が通貨危機から時を経て安定化しているかを検証することを課題とした。課題に答えるため、世界金融危機、チャイナ・ショック、コロナ・ショックの3つの金融ショックにおける東アジア諸国からの資本流出をショックの程度を考慮しつつ比較している。この分析から、証券投資の流入拡大によって東アジア諸国はグローバルな金融市場の変動に翻弄される状況が続いていることを示した。

第2の分類においてはマネーフローの中でもアジア諸国の対外投資に注目する研究が出始めた。ASEANについての研究である Shirai and Sugandi（2018）はクロスボーダー証券投資を分析した。その結果、域内で発行される株式の主要な投資家は米国とヨーロッパであり、この原因として債券市場の発展がまだ途上にあるため株式を選好していることを指摘した。さらにASEAN5カ国についてマレーシアからシンガポール、シンガポールからタイ、インドネシア、マレーシアへの投資増加を報告している。

三重野（2018）は国際収支統計を用いてアジア諸国のマネーフローの変化を追いかけ、「アジアは資本フローの受け手から、出し手に大きく転換した」と評価した。アジア通貨危機からの経済回復を経て2000年代半ばから対外投資が対外資産の増加として現れており、アジア諸国が資本輸出国へ変貌したという構造変化を確認している。

本研究はアジア諸国間のマネーフローを究明

する第2の分類に属するものであり、域内資金循環の形成が進展しているのかという課題に取り組む。また、分析を進める上でアジア諸国が資金の出し手へと変貌したという状況を踏まえつつ、国際証券投資をネットワークとして捉えることによって課題に答えようとする点が先行研究にない本研究の独自性である。

### 3. 国際証券投資の概観

本節はアジア諸国による国際証券投資について、コロナ禍と世界的な利上げを挟んだ前後の動向を確認する。まず、この作業に用いるデータであるIMFが公表するCPISの詳細を説明する。CPISは、各国の株式および長期・短期債券のクロスボーダー保有残高を、発行体の居住国別に分類して情報を収集する。日本を例とすると、日本から各国への投資残高と各国からの日本による調達残高が分かる。具体的には、非居住者が発行する債券の日本の居住者による保有状況と、日本が発行する債券の非居住者による保有状況が国別で記録されており、データはExcelファイルとして取得できる。

CPISは2001年から年1回実施され、2013年6月末のデータ収集から半年に1回の頻度で実施されるようになった<sup>4</sup>。ポートフォリオ投資資産の世界的な総額と地理的な分布を把握する上でユニークなツールであり、それによって金融の相互連関性についてのより良い理解に貢献するものである。CPISのデータ収集は国境を越えた金融のつながりだけでなくスピルオーバーに対する潜在的なエクスポージャーを開示する意味も有する。

4 この頻度の引き上げは、2007/08年の金融危機の後、IMF理事会がG20データギャップ・イニシアチブとの関連でCPISの機能強化を承認した後に実施されたものである。

CPIS が提供するデータの分析上の位置づけを確かめよう。国際的な金融ネットワークの観測にはネット、グロス、アグリゲイトの3つの計測方法がある。ネットの国際資本移動は各国における資本流出額と資本流入額との差額と定義される。国際収支表においてネットの国際資本移動は金融収支に相当し、国内における貯蓄投資バランスと表裏一体の関係にある。2000年代に入って興隆したグローバルインバランス論においては、先進国の投資超過を新興市場国の貯蓄超過がファイナンスする構図を新興市場国からの資本流出と先進国への資本流入というネットの国際資本移動によって観測した。しかし、世界金融危機の背景を分析した一連の研究は、国際資本移動の現実が経常収支として表象する貯蓄投資バランスの過不足から資本移動を理解するという想定を超えたものであったことを明らかにした。金融収支がほぼ均衡状態にあったとしても投資と調達ととも増大する状況が世界金融危機へと向かう時期から常態となっていたのである。そのため国際資本移動の実態を把握するためにはグロスの投資額と調達

額を観察する必要がある。

本研究が用いる CPIS からは投資と調達の状況が分かるためグロスベースの分析が可能であるが、フロー統計の金融収支とは異なりストック統計である。金融収支は一定期間における資本の流出入を記録しており、為替相場、金利、株価といった金融変数の変化と関連付けて分析するのに適している。一方、CPIS が公表する投資・調達の残高は各国間における国際金融ネットワークの強さを観測するために用いることができる。なお、本研究は後段における分析のため投資額と調達額とを合計したアグリゲイトのデータから各国間の結び付きを観測する。

表1は証券形態での対外投資と対外調達の合計残高を2015年と2022年において各国についてまとめた。変化率の欄は2022年の金額を2015年と比較した変化率(単位は%)を報告している。表1における国の記載順は、上位3カ国と本稿における分析対象となるアジア諸国を2022年時点の金額に基づいて順位付けした。ここでアジア諸国は中国、香港、韓国、インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイカ

図表1 国際証券投資の動向

(単位：百万ドル)

対外投資					対外調達				
順位	国	2015年	2022年	変化率	順位	国	2015年	2022年	変化率
1	米国	8,968,852	13,226,340	47.5	1	米国	9,483,992	16,206,084	70.9
2	ルクセンブルク	3,546,734	5,079,882	43.2	2	ケイマン諸島	2,705,955	5,094,428	88.3
3	アイルランド	2,355,792	4,051,459	72.0	3	ルクセンブルク	2,923,550	4,428,689	51.5
11	香港	1,221,827	1,752,059	43.4	11	中国	811,472	1,472,358	81.4
15	シンガポール	711,428	1,326,333	86.4	16	香港	457,206	866,182	89.5
18	中国	264,991	939,794	254.7	19	韓国	444,084	603,908	36.0
22	韓国	227,074	713,015	214.0	24	シンガポール	265,301	384,224	44.8
33	マレーシア	65,909	126,156	91.4	30	インドネシア	140,913	215,814	53.2
39	タイ	36,727	62,700	70.7	34	マレーシア	116,790	115,433	-1.2
47	インドネシア	7,265	30,185	315.5	36	タイ	87,249	112,934	29.4
52	フィリピン	10,235	19,030	85.9	41	フィリピン	63,698	65,738	3.2

(出所) CPIS, IMF より筆者作成

ら構成される。基準年とした2015年はCPISにおいて中国のデータが利用可能になった年である。比較年である2022年は3月から米国において利上げが始まり、12月にFF金利の誘導目標レンジは0.5%引き上げられ4.25%から4.5%となった。2015年と2022年の両年においてデータ利用ができた77カ国を表1の作成のみならず国際金融ネットワークの分析に採用した。

対外投資の動向としてまず目を引くのは米国が2位以下を大きく引き離す圧倒的な投資残高を保有していることである。欧州のオフショア金融市場であるルクセンブルクとアイルランドが米国に続く<sup>5</sup>。分析期間中にアジア諸国について対外投資額の増加が顕著であったことが認められる。世界全体の国際証券投資は41.9%増加したことから鑑みてアジア諸国の対外投資は相対的に大きな伸びを示した。このアジア諸国による対外投資がアジア域内の国際金融ネットワークに厚みをもたらすものだったかが本稿の関心事となる。

対外調達へ目を転じると、米国、そして米国との強固な金融ネットワークを有するケイマン諸島への資本流入が力強く伸びた。この増加は米国の利上げによって世界中のマナーが引き寄せられたためである。東アジアにおいては中国、香港において対外調達の増加が顕著であった。マレーシアを除く東南アジア諸国は対外調達が増加した。こうした調達面の動向がアジア域内の金融ネットワークの成長に結びついているかについても本稿で検証する。

対外投資と対外調達を比較すると国際金融都市である香港とシンガポールは投資額が調達額を大きく上回っている。その他の国については

調達額が投資額より大きく、従来の研究が資本流入の不安定性に焦点を絞っているのは、こうした運用・調達の非対称性が前提にあった。しかし、韓国とマレーシアは分析期間中に運用が調達を上回るまでになり、他の国々も投資額を大きく積み増している。このように従来の認識とは異なり、アジア諸国について資金の出し手の側面が見えるようになり、こうした構造変化は域内金融ネットワークの形成に貢献しているのか検証すべき状況になっている。

## 4. 国際金融ネットワークの分析

### 4.1 ネットワーク分析の概要

本節はアジア諸国における国際金融ネットワークの動態を示すためネットワーク分析を利用する。ネットワークとは、物・人の集まりとその関係を表す構造を指し、数学分野ではグラフと呼ばれる。ネットワーク構造は、ノード(頂点)とエッジ(辺)から構成される。ここで、ノードは分析する対象を表し、エッジはその対象間の関係を表している。本研究においてノードは各国に、エッジは各国間での金融ネットワーク、すなわちアグリゲイトで計測した債権債務関係が該当する。

各国間の金融ネットワークの強さは資産と負債の合計額によって捕捉するため、ある国から別の国への資本の流れという向きが考慮されない。このようにエッジに向きがないグラフは無向グラフに分類される。資本の流れがエッジの向きとして表現されているグラフは有向グラフと呼ばれる。また、本研究では各国間における

5 対外投資額の4位は日本であり、アジアの国際金融ネットワークに含めるべきか議論の余地があるが、日本は通貨危機に見舞われなかったことから今回は除外した。

金融ネットワークの強さが金額としてエッジに情報が付加されるため重み付きグラフに該当する。エッジが単に各国間の結び付きのみを表現する場合は金額や回数といった量的情報を含んでいないグラフは単なるグラフである。上述の2つの分類方法を適用すると、本研究は国際金融ネットワークを無向ネットワーク（重み付き無向グラフ）と表現して分析を進める<sup>6</sup>。

ネットワーク分析は多様な分野に応用可能であり、社会的なネットワークにおける関係の構造、自然現象における構造や変化の過程、あるいは生物の生体システムの分析などを理解するために用いられている。ノード同士のつながりを簡潔に記述しつつ解析できることがネットワーク分析の有用性の根本にある。本研究における国際金融ネットワークは各国が形成する債権債務関係のネットワークであり、ネットワーク分析によってその構造を描き出すことができる。

構造を探索する手法としてまず挙げられるのは、グループ内で最も影響力のあるノードを特定するためのネットワーク中心性の計測である。最重要ノードを定義するためには、重要ノードの具体的な定義が必要である。ノードの中心性を測定するために使用される指標はいくつかある。

銀行貸出の形態での国際金融仲介に対して媒介中心性を適用した研究として今久保（2009）、内閣府（2011）がある。媒介中心性はあるノードについて、他の2つのノード間の全ての最短経路が当該ノードを通る比率として算出される。比率が高いければ当該ノードは他の2つ

ノードを媒介する機能があると評価する。ただし、媒介中心性では重みを取り扱えないため、閾値を設定して閾値以上でエッジを張り、閾値未満ではエッジを張らない重みがないネットワークとして分析する。閾値の設定は恣意的とならざるをえないこと、そして金額の情報を利用できないという難点がある。

中心性指標として金融研究にPageRankも利用されるが注意が必要である。PageRankは有向グラフに適用でき、ネットワークにおける重要性を測定するため中心性分析に有用である。しかし、Menczer et al. (2020)によるとそもそもPageRankが想定するエッジの内実はウェブページからウェブページへのランダムな遷移である。いわゆるランダムウォーク過程であり、どのページもクリックされる機会は平等だという前提がある。堀川他（2021）は本邦国債のレポ取引について高粒度データを用いた分析でPageRankを使用しており、こうした短期の金融データにPageRankを適用することは許容範囲であろう。しかし、本研究が扱うデータは債権債務の残高でありランダムウォーク過程とは性質が全く異なる。分析に使用する尺度の選定には慎重さが求められるため、尺度のそもそもの提案の意図を考慮して本研究はPageRankを採用しない。

## 4.2 アジア諸国の位置づけ

本稿は次数中心性を拡張した固有ベクトル中心性を用いる<sup>7</sup>。まず、次数が高いノードほど中心性が高いと判定する次数中心性にエッジの重みを利用した重み付き次数中心性がある。次

6 有向グラフにすると適用できる分析の尺度や手法が限定されるため本研究では無向グラフとして国際金融ネットワークを分析した。

7 固有ベクトル中心性の詳細は鈴木（2017）を参照されたい。

数とはあるノードに接続するエッジの数、すなわち、そのノードが持つ結びつきの数と定義される。今回はエッジに重みが付いているため、その重みの合計が重み付き次数中心性の値となり、大きな値を有するノードがネットワークにおいて重要だと評価される。重み付き次数中心性は、国際金融ネットワークにおいては自国が自国以外の全ての国との間で有する債権債務の合計に相当する。

ノードの中心性を評価する際に、そのノードと隣接するノードの中心性を反映させるという考え方がありうる。国際金融ネットワークにおいては国際金融市場として中心的な国とのつながりは、そうでない国とのつながりより運用・調達のアクセスという点で重要だと評価できる。こうした考えに基づいた中心性が固有ベクトル中心性であり、本研究ではこの尺度を用いて国際金融ネットワークにおける各国の重要度を測定する。なお、固有ベクトル中心性は最大値を1とした比として計算結果を報告することが一般的である。

固有ベクトル中心性は次のように算出する。

無向グラフの隣接行列を  $A$  として、 $A$  に含まれる頂点の中心性を成分とした列ベクトルを  $\mathbf{c}$  とする。固有ベクトル中心性は次のように表される。

$$\lambda \mathbf{c} = A\mathbf{c}$$

$\lambda$  は隣接行列  $A$  の固有値である。初期ベクトルを適切に設定して計算を反復すると列ベクトル  $\mathbf{c}$  は  $A$  の最大固有値に対応する固有ベクトルに収束する。得られた固有ベクトルに各ノードの固有ベクトル中心性が算出される。固有ベクトル中心性は絶対値が最大となる固有値に対応する第1固有ベクトルである。

表2は2015年と2022年における固有ベクトル中心性の計算結果を上位3カ国とアジア諸国について中心性を高い順に並べている。研究の直接的な対象ではないが国際金融ネットワークにおける日本の意外な重要性が目を引く。山口(2023)が報告したように国際証券投資について日本は米国、ケイマン諸島と巨額の債権債務関係を有していることから中心性の高い数値が説明できよう。アジア諸国に注目すると、東アジアの国々に東南アジア諸国が続く計算結果と

図表2 固有ベクトル中心性

2015年			2022年		
順位	国	中心性	順位	国	中心性
1	米国	1	1	米国	1
2	英国	0.581	2	ケイマン諸島	0.597
3	日本	0.529	3	日本	0.438
14	香港	0.106	15	香港	0.110
19	シンガポール	0.085	17	中国	0.097
21	中国	0.064	18	シンガポール	0.092
22	韓国	0.063	19	韓国	0.087
36	マレーシア	0.013	31	インドネシア	0.011
37	インドネシア	0.012	32	マレーシア	0.010
40	タイ	0.009	33	タイ	0.009
45	フィリピン	0.006	43	フィリピン	0.004

(出所) 筆者作成

なった。

ところで2022年からの先進国による利上げによって新興国へ流入していた資金が引き揚げられ、新興国が国際金融ネットワークから疎外される事態が懸念された。しかし、中心性の数値、そして順位に大きな低下は認められず、むしろ、香港以外の国は全て順位を上げている。世界的な国際金融ネットワークにおいてアジア諸国の地位が低下していないことが確認できる。従来での分析では国際証券投資における各国の重要性は投資・調達金額に基づいて判定されてきたが、重要性の高い国々との結び付きを考慮して各国の重要性やその変化を算出することがネットワーク分析によって可能となった。

### 4.3 コミュニティの同定

ここでは相対的に緊密なネットワークを形成している国々を同定することを通じてアジア諸国の国際金融ネットワークにおける位置づけを示したい<sup>8</sup>。ネットワーク分析においてはネットワークの構造を明らかにするためにコミュニティ抽出がよく用いられる。グラフに関するコミュニティは、同じグラフ内の他のコミュニティのノードと互いに密に接続し、疎に接続したノードのサブセットとして定義される。直感的にはネットワークにおいて内部のノード間の結合が密で、外部のノードとの結合が疎である部分ネットワークと考えればよい。国際金融ネットワークの文脈では債権債務関係が緊密な国のグループがコミュニティである。ネットワークにおいてコミュニティを抽出すること

は、非常に困難な作業となる。そのため、ネットワークを複数のコミュニティに分割できるコミュニティ抽出アルゴリズムが必要となる。

本研究はコミュニティ抽出のためモジュラリティ最大化法を採用する。モジュラリティはネットワークの分割の適合性を評価する指標であり、その値が高いほど各コミュニティ内のエッジが密で、かつコミュニティ間のエッジが疎であることを示す。モジュラリティをコミュニティ抽出の評価関数として使いモジュラリティが大きくなるようにコミュニティ抽出をすればよいのであるが、任意のコミュニティの組み合わせを考え評価していくのは時間がかかるため、実用的にはヒューリスティックなモジュラリティの最大化方法が使われる。本研究は国際金融ネットワークを各国間における債権債務関係の合計値として計測するため<sup>9</sup>、Reichardt and Bornholdt (2006) により提案された無向ネットワークに適用されるモジュラリティ  $Q$  を用いる。定義は次のとおりである。

$$Q = \frac{1}{2W} \sum_{ij} (W_{ij} - \frac{w_i w_j}{2W}) \delta(C_i, C_j)$$

ここで、 $W$  は全エッジの重みの総和、 $W_{ij}$  は隣接行列  $W$  における  $i$  行  $j$  列の要素、 $w_i$ 、 $w_j$  はノード  $i$  とノード  $j$  に接続するエッジの重みの総和、 $\delta$  はクロネッカーのデルタであり、ノード  $i$  とノード  $j$  の属するコミュニティ  $C_i$ 、 $C_j$  が同一の場合に 1 を返す。

モジュラリティ  $Q$  の最大値を探索するアルゴリズムは Clauset et al. (2004) が提案した Clauset-Newman-Moore アルゴリズムを採用

8 世界の国際金融ネットワークがどのようなコミュニティに分けられるかは、アジアの金融的安定性といった文脈のみならず、オフショア金融センターの位置づけや英国の国際金融センターとしての地位といった他の文脈においても重要な論点と考えられる。

9 金利や株価等の変化に対する国際資本移動の変化は金融収支のフローデータが分析に適しているが、国際金融ネットワークの分析には投資・調達の残高というストックデータが適していると考えられる。

した。このアルゴリズムは次のようなステップを踏んでモジュラリティ $Q$ を最大化させるコミュニティ分割を見出す。

- Step.0 各ノードをそれぞれ自身をコミュニティとしてノード数と同じコミュニティ数から始める。
- Step.1 任意のノードペアについてそれらをコミュニティとした時のモジュラリティの増減を調べる。
- Step.2 増減が最大となるノードペアを新しいコミュニティとする。
- Step.3 すべてのノードが1つのコミュニティになるまで繰り返す。
- Step.4 最初のステップまで振り返り、モジュラリティが最大だったステップでコミュニティを分割する。

この分析に用いるデータセットの作成は次の通りである。2022年についてのCPISからExcel形式で取得したデータは有向ネットワークの隣接行列となっている。有向ネットワーク

の隣接行列を無向ネットワークの隣接行列にするため、上三角部分の各要素を行列の対角要素を軸として対照となる下三角部分の要素と足し合わせる。なお、分析対象とした国は77カ国である。無向ネットワークの隣接行列に基づいて、モジュラリティ $Q$ を最大化するコミュニティを抽出した。

国際金融ネットワークに3つのコミュニティが存在することが計算結果から示された。表3は3つのコミュニティを構成する国々を対外投資額に基づいて順位付けして示した。各コミュニティに所属する国数はコミュニティ1から順にそれぞれ33, 16, 28であった。コミュニティ2は英国や英国王室属領のタックスヘイブンから構成されており、その中核は英国とオフショア金融センターであるアイルランドが担っている。コミュニティ3はヨーロッパ諸国間での国際金融ネットワークの強い結びつきによって形成されており、このコミュニティにおいてもルクセンブルクというオフショア金融センターが中心的な位置を占める。アイルランド、ルクセンブルク、ケイマン諸島という主要なオフショ

図表3 コミュニティ抽出の結果

(単位：百万ドル)

コミュニティ1		コミュニティ2		コミュニティ3	
国名	対外投資額	国名	対外投資額	国名	対外投資額
米国	13,226,340	アイルランド	4,051,459	ルクセンブルク	5,079,882
日本	3,927,367	英国	3,372,339	ドイツ	3,598,296
ケイマン諸島	2,865,214	ガンジー	271,384	フランス	2,542,194
香港	1,752,059	ジャージー	262,201	オランダ	1,823,893
シンガポール	1,326,333	南アフリカ	199,451	イタリア	1,740,412
中国	939,794	ギリシャ	62,700	スイス	1,516,466
韓国	713,015	バーレーン	32,858	ベルギー	820,963
マレーシア	126,156	マルタ	31,661	スペイン	805,085
タイ	89,145	アイスランド	18,859	スウェーデン	745,516
インドネシア	30,185	クウェート	14,443	デンマーク	570,686
フィリピン	19,030	キプロス	14,050	フィンランド	403,728

(出所) 筆者作成

ア金融センターが所属するコミュニティが異なるという結果は国際金融ネットワークの特徴としてあげられる。

分析対象としたアジア諸国全てがコミュニティ1に所属しており、アジア諸国は日米を中心とする国際金融ネットワークに組み込まれている<sup>10</sup>。この結果は、アジア諸国の貯蓄が米国経由でアジアに還流するという従来からのパターンを彷彿とさせる。このパターンは、ドル建ての対外調達に過度に依存したためにアジア通貨危機後の金融危機が深刻化したことや、ドル依存を脱却するためにアジア債券市場の育成へ向けたアジア諸国による協働が進められていることの根底にある。コミュニティ抽出の結果から、コミュニティ1においてアジア諸国間での域内資金循環が成長しているか分析を更に進める必要があると判明した。

## 5. 域内資金循環の測定

アジア諸国間の域内資金循環は成長したかという問いは、国際金融ネットワークが密になっているのかという問いに書き換えられる。ネットワーク分析において、ネットワークの凝集性を測定する尺度として密度があり、この尺度はエッジがどの程度張られているかに基づいて算出する。具体的には、ネットワークに  $n$  個のノードがあれば存在する最大のエッジ数は  $n(n-1)/2$  である。実際に存在するエッジの数を  $m$  とすると、ネットワークの密度  $d$  は以下のように定義される。

$$d = \frac{m}{n(n-1)/2}$$

しかしながら、本研究のネットワークは重み付きグラフであるため密度をそのまま使用できない。そこで、次のように拡張した密度  $\Delta$  によってアジア諸国間における域内資金循環を観測する<sup>11</sup>。

$$\Delta A = \frac{\sum_{i=1}^n AA_i}{\sum_{i=1}^n WA_i}, \quad \Delta L = \frac{\sum_{i=1}^n AL_i}{\sum_{i=1}^n WL_i}$$

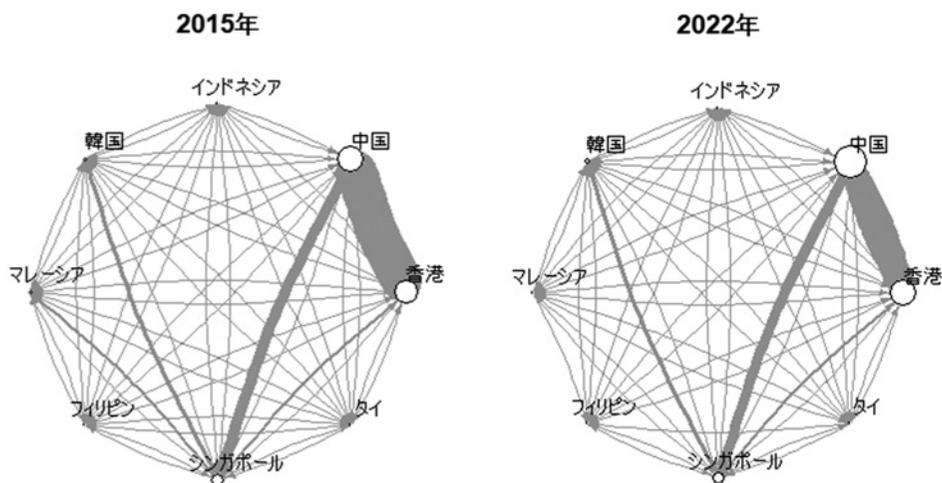
ここで、 $WA_i$  はアジア諸国の対外投資総額、 $WL_i$  はアジア諸国の対外調達総額、 $AA_i$  はアジア諸国によるアジア向け投資残高、 $AL_i$  はアジア諸国によるアジアからの調達残高を表す。分析対象となる国数は8カ国なので  $n = 8$  である。密度  $\Delta$  は域内資金循環をアジア諸国の対外投資総額（または対外調達総額）によって基準化した尺度になっている。この密度が上昇すれば域内資金循環が成長したと評価する尺度になっている。

密度を算出する前段階として、域内資金循環を2015年と2022年について図表4として描画した。ここまではグロスの対外投資・対外調達の数値を合算してアグリゲイトの無向グラフに基づいて分析を進めてきたが、図表4はグロスの数値から構成される有向グラフに基づいた描画である。そのため図表4を見ると対外投資・対外調達の方向を示す矢印が付してある。ノードの大きさは各国のアジア向け対外投資・対外調達の全世界への対外投資総額に対する比率の合計値に基づいて表示している。エッジの太さはアジア諸国の対外投資総額によって基準化した

10 コミュニティ1に所属する国は、北米のカナダ、ブラジル、アルゼンチンといった南米諸国、オーストラリアとニュージーランドのオセアニア、サウジアラビアとイスラエルの中東諸国といった具合に地理的な広がりを持つ。

11 安田(1997)は、重み付きグラフの密度を算出する際には分母を合理的に設定することが必要であることを指摘しており、本研究はアジア諸国に焦点を絞っているためアジア諸国の運用額・調達額を分母とし、全世界の運用額・調達額は採用しなかった。

図表4 アジア諸国の域内資金循環



(出所) 筆者作成

各国の投資額・調達額を反映させた。

図表4を見ると、米国を始めとする先進国の利上げによって域内資金循環が後退したことはとりあえず確認できない。計算結果は密度 $\Delta A$ が2015年の28.8%から2022年の28.5%とほぼ横ばいであり、 $\Delta L$ が2015年の30.0%から2022年の36.9%へ上昇した。米国の利上げや世界的な証券投資の増加を考慮しても運用と調達を足し合わせた域内資金循環は増加したことが明らかになった<sup>12</sup>。

域内資金循環についてはアジア諸国による米国に対する投資と調達も合わせて検証する必要がある。アジア諸国の対外投資総額によって基準化したアジア諸国による対米投資は2015年の25.8%から2022年の29.3%へ増加した。対米投資と域内投資を比較すると、域内投資が対米投資に比肩する規模にあると分かった。一方、対米調達は2015年の27.1%から21.9%へ減少しており、利上げを背景として米国からアジアに資

金が向かわなくなったことを示す。この動きとは対称的に域内調達は増加したことは密度から分かる<sup>13</sup>。

さらに、各国ごとに域内投資・域内調達の動向を確認する。測定にはアジア各国の対外投資総額で基準化した域内投資の尺度 $\Delta A_i$ と域内調達の尺度 $\Delta L_i$ を用いる。2つの尺度の算出方法は次の通りである。

$$\Delta A_i = \frac{AA_i}{WA_i}, \quad \Delta L_i = \frac{AL_i}{WL_i}$$

図表5に計算結果をまとめてあり域内投資と域内調達を2015年と2022年とで比較できるようになっている。域内投資については中国の伸びが目玉を引く結果であった。中国による域内投資と香港による域内調達が大きく伸びたのは中国—香港間のマネーフローの増加に起因する。香港からの域内投資は大きく減少しているわけではないため中国—香港間の投資・調達は域内資金循環に貢献したと解釈できる。域内投資はアジ

12 この他、中国における不動産不況もアジアの国際金融ネットワークを後退させる要因として懸念された。

13 国際証券投資においてオフショア金融市場も高い重要性を有するが、域内資金循環に分析の焦点を絞っているためオフショア金融市場は取り上げなかった。

図表5 域内投資と域内調達

(単位：%)

		香港	中国	インドネシア	韓国
域内投資	2015年	29.9	25.3	30.8	11.6
	2022年	27.0	47.6	86.1	5.0
域内調達	2015年	22.5	54.5	16.8	13.2
	2022年	56.8	41.3	22.2	19.5
		マレーシア	フィリピン	シンガポール	タイ
域内投資	2015年	49.6	36.1	28.4	42.9
	2022年	36.0	34.9	27.7	22.5
域内調達	2015年	19.6	12.6	17.1	12.4
	2022年	24.0	18.3	23.5	18.5

(出所) 筆者作成

ア諸国全体としてはほぼ横ばいであったが、インドネシアのように大きく増加した国がある一方で、韓国とタイのように減少幅が大きい国もあり、国によって動向が異なっている<sup>14</sup>。域内調達については中国以外の国で数値が上昇しており、不安定さが指摘されてきた対外調達において域内におけるネットワークが成長していることが確認できる。

## 6. むすび

本研究は、通貨危機後に経済危機を深刻化させた過度なドル依存からの脱却を目指し、アジア諸国が協働した制度構築がアジアの貯蓄をアジアへの投資へ向かわせる域内資金循環の成長に結びついたかという疑問が動機付けの1つであった。また、米国における利上げが新興国からの資金流出を引き起こしている状況において、アジアの域内資金循環が収縮したのではないかという懸念も本研究の動機である。これらの疑問に答えるため本研究はアジア諸国による国際金融ネットワークの特徴や動態をネット

ワーク分析を適用して観測した。

本研究で得られた知見を三点にまとめる。第一に、CPISにおいて中国のデータが利用できるようになった2015年と米国における利上げ開始後の2022年を比較すると、アジア諸国の対外投資は相対的に大きな伸びを示した。また、対外調達は対外投資ほどではないもののマレーシアを除いて増加した。アジア諸国が資金の出し手へと変化した側面が確認できた。第二に、固有ベクトル中心性を用いて国際金融ネットワークにおける重要性を測定したところ、米国の利上げにも拘わらずアジア諸国の地位が後退した兆候は見られなかった。また、アジア諸国が相対的に緊密なネットワークを形成している国々をコミュニティ抽出によって同定を試みた結果、アジア諸国は日米を中心とする国際金融ネットワークに組み込まれていることが判明した。第三に、域内資金循環の動態を、ネットワークの凝集性を測定する密度を拡張して本研究に適用し、米国の利上げや世界的な証券投資の増加を考慮しても域内資金循環は増加したこと、さらに、アジア諸国による域内資金循環が運用

14 韓国とタイについては投資形態の内訳を確認することや、観測時点を増やすことによって比率の大幅な低下について要因を確認する必要がある。

面では米国に匹敵すること、調達面では域内調達の比率が上昇したことが分かった。

本研究は国際金融ネットワークについて新たな観測手法を提出したが、各国の重要度の測定にはより適切な中心性尺度があるのかを検討することや、有向グラフに基づくコミュニティ抽出を適用するといった改良の余地がある。また、手法の改良だけでなく観測を継続することも必要である。さらに、域内資金循環の成長が資本移動の不安定性を軽減しているのかという課題に答えるため、ネットワーク分析によって測定した変数をモデルに組み込む事が今後の研究戦略になろう。

## 参 考 文 献

- 赤羽裕 (2019)「アジア地域通貨協力への展望」, 小川英治編 (2019)『グローバル化と基軸通貨』東京大学出版会, 第8章所収。
- 浅川雅嗣 (2020)『通貨・租税外交』日本経済新聞出版。
- 今久保圭 (2009)「国際金融ネットワークからみた世界的な金融危機」『日銀レビュー』, 2009-J-9。
- 小川英治編 (2009)『アジア・ボンドの経済学』東洋経済新報社。
- 小川英治・清水順子・武藤誠 (2017)「アジア債券市場と日本の役割」, 福田慎一編 (2017)『金融システムの制度設計』有斐閣, 第8章所収。
- 金木利公・鹿庭雄介 (2015)「マネー激流—グローバルマネーに翻弄されるアジア新興国」, 小川英治・日本経済研究センター編著『激流アジアマネー』日本経済新聞出版社, 第1章所収。
- 川村雄介 (2007)『アジア証券市場と日本』金融財政事情研究会。
- 国宗浩三 (2013)『IMF改革と通貨危機の理論』勁草書房。
- 篠原尚之 (2018)『リーマン・ショック 元財務官の回想録』毎日新聞出版。
- 鈴木努 (2017)『ネットワーク分析 第2版』共立出版。
- 内閣府 (2011)『日本経済2011-2012』。
- 中尾武彦 (2020)『アジア経済はどう変わったか』中央公論新社。
- 堀川卓己, 松井優二郎, 源間康史 (2021)「本邦国債レポ市場のネットワーク分析」日本銀行ワーキングペーパーシリーズ, No.21-J-8。
- 三重野文晴 (2018)「資本がめぐるアジア—成長と資本フロー」, 遠藤環ほか編 (2018)『現代アジア経済論』有斐閣, 第5章所収。
- 安田雪 (1997)『ネットワーク分析』新曜社。
- 山口昌樹 (2022)「金融ショックによる東アジア諸国からの資本流出」『ジャーナル・オブ・クレジット・セオリー』, 第3号, 1-12頁。
- 山口昌樹 (2023)「2010年代における国際証券投資の膨張—国際資金循環の視点から—」『山形大学人文社会科学部研究年報』, 第20号, 21-39頁。
- Clauset, A., Newman, M., and Moore C. (2004), “Finding community structure in very large networks,” *Physical Review E*, 70:066111.
- Grigorian, D.A. (2019), “Nonresident capital flows and volatility: Evidence from Malaysia’s local currency bond market,” *IMF Working Paper*, WP/19/23.
- Menczer, F., Fortunato, S., and Davis, C.A. (2020), *A first course in network science*, Cambridge University Press; Cambridge.
- Reichardt, J., and Bornholdt, S. (2006), “Statistical mechanics of community detection,” *Physical Review E*, 74:016110.
- Shirai, S., and Sugandi, E.A. (2018), “Cross-border portfolio investment and financial integration in Asia and the Pacific region,” *ADB Economics Working Paper Series*. No. 841, Asian Development Bank.

(山形大学人文社会科学部教授)