

網羅的企業取引ネットワークを用いた感染症対策シミュレーション

兵庫県立大学 井上寛康

1 研究の背景と目的

新型コロナウイルスにより、世界の生活・経済が急激な変化を余儀なくされ、その変化は長期的に持続する可能性がある。我々は企業・経済の競争力をその被害から守らねばならない。競争力の背景には多様な財やサービスの生産があり、その実現には高度に張り巡らされた企業間の取引、サプライチェーンが必要となる。しかしサプライチェーンが高度化することは、多様な財やサービスを製造できる反面、脆弱性の要因ともなりうる。近年では、グローバルに人・モノ・サービスが交流するため、ある国で起きた災害が日本の生産活動を広範に止めるなどといった、予想もつかない現象が起きうる。従来研究では、実際のサプライチェーンが持つ複雑性を排除してしまっており、そのことが現実問題を取り扱えない原因となっている。本研究の目的は、大規模かつ網羅的なサプライチェーンデータを用いることで、複雑性を排除せずに企業の生産活動をモデル化し、富岳コンピュータを用いたシミュレーションにより、感染症対策による各企業および経済全体の被害推計を行うことである。

2 研究方法・研究内容

本研究の目的は、大規模かつ網羅的なサプライチェーンデータを用いることで、複雑性を排除せずに企業の生産活動をモデル化し、富岳コンピュータを用いたシミュレーションにより、感染症対策による各企業および経済全体の被害推計を行うことである。具体的には、国内においては各企業が持つ事業所間のレベルでサプライチェーンをシミュレートし、被害がどのような速さで、また地理的にどのように広がっていくかなど、従来できなかった詳細な分析を行う。また、各々の事業所における輸入・輸出のデータから、国際的なサプライチェーンショックがどのように国内に影響するかについても分析する。さらに、新型コロナウイルスの広がりや顕在化したサプライチェーンリスクに対応するため、企業はサプライチェーンの強靱化を進めていることに合わせ、ポストコロナ社会においてどのようなサプライチェーンがよい形であるのか、コストとベネフィットの両面を考慮し、シミュレーションで検討する。

3 研究成果

本研究課題以前の報告者の研究においては、サプライチェーンの実データとして、企業の本社レベルデータを用いてきた。たとえば、2011年のサプライチェーンデータには1,109,549社、5,106,081の取引関係が含まれている。一方で、正確な地理的分析を行うためには、本社だけを地理情報として扱う場合には推計の歪みが生じる問題があった。そこで、政府統計である経済センサスデータを用いて新たにサプライチェーンモデルを構築した。このデータには5,880,504事業所が含まれている。これは納税している全事業所が含まれている一方で、非常に小さい町の商店なども含まれている。サプライチェーンにおいては重要でないものでこれらのデータは省かれ、上記サプライチェーンデータにおいて役割を果たしているといえる事業所、1,014,673事業所を特定し、サプライチェーンモデルに統合した。図1は全事業所の位置を可視化したもの

である。

このモデルの有用性を明らかにするため、まず我々の従来モデルと比べて経済予測の精度を比較した。その結果が図2である。図2のヒストグラムは、シミュレーションのパラメータを変化させたとき、実際の経済の再現においてどれだけ誤差があるかを示したものである。図2によると、本社レベルのシミュレーターよりも、事業所レベルのシミュレーターの方が、現実の経済動向を再現する際の誤差が少ないシミュレーションが可能であることを示している。このモデルを用いて、サプライチェーンの影響について今後より空間的に正確な推計が可能となることが示された。このモデルにより感染症対策の影響の詳細な分析が可能となった。

このようなモデルの上で、各々の事業所における輸入・輸出のデータから、国際的なサプライチェーンショックがどのように国内に影響するかについて分析した。国際サプライチェーンの混乱のリスクは、パンデミック、自然災害、そして悪化する地政学的安定性によりますます高まっているため、このような分析を行った。輸入の混乱による負の影響は、下流への伝播のために、期間やレベルが増加するにつれて指数関数的に増加することが分かった。また、輸入業者のネットワークトポロジー（影響を受けるノードの数や上流での位置）によって、経済的影響の伝播が大きく影響を受ける。しかし一方で、これまでの文献で重視されていた中心性によって必ずしも影響を受けるわけではない。さらに、国内サプライチェーンの再編成によって、輸入の混乱の影響を緩和することができることが分かった。より具体的には、再編成が2ステップだけ離れた（競合するような）顧客企業同士だけで行われても、きわめて高い効果があるという結果が得られた。

上記において感染症が起きたときの企業の供給面がいかに関わるかについてサプライチェーンによるシミュレーションを行い大いに成果を得ることはできたが、最終需要の分析がまだシミュレーションに統合できていない。これらを統合し、より正確な推計につなげていくのが今後の課題となっている。

研究業績一覧

1. H.Inoue and Y.Todo, Disruption of international trade and its propagation through firm-level domestic supply chains: A case of Japan, PLOS ONE, 18(11), 2023.
2. H.Inoue, Y.Okumura, T. Torayashiki, and Y.Todo, Simulation of supply chain disruptions considering establishments and power outages, PLOS ONE, 18(7), 2023.
3. H. Inoue, Y. Murase, Y. Todo, Supply-chain simulations for shaping lockdown policies, Spatial Economic Analysis 2023.
4. H. Inoue and Y. Todo, Has COVID-19 Permanently Changed Online Consumption Behavior?, EPJ Data Science, 12:1, 2023.
5. Y.Kimura, T.Seki, S.Miyata, Y.Arai, T.Murata, H.Inoue, and N.Ito, "Hotspot analysis of COVID-19 infection using mobile-phone location data." Artificial Life and Robotics 2022: 1-7.
6. H.Inoue, "Propagation of International Supply-Chain Disruptions between Firms in a Country", Journal of Risk and Financial Management, 14(10), 461, 2021.
7. H. Inoue, Y. Murase, Y. Todo, "Do economic effects of the anti-COVID-19 lockdowns in different regions interact through supply chains?", PLOS ONE, 16(7), e0255031, 2021.

4 生活や産業への貢献および波及効果

これまでの大型計算機のシミュレーションは、ほぼすべて普遍的な物理法則を前提としているため、個別の関係性の情報、異質性を必要としていない。一方で、本研究のように社会・経済を対象にすると、膨大かつ多様な個別の関係性の情報が必要となる。そして社会・経済の動きを理解するためには、その膨大かつ異質な関係の上で、複雑なふるまいを再現する必要がある。このようなシミュレーションは、これまでほとんど例がなかった。

上記のような状況のもと、本研究の社会・経済の複雑なふるまいの再現をした本シミュレーションは、日本社会に対する大きなインパクトを示すことができた。実際に、2021年度には内閣官房プロジェクトに参加し、政策決定の参考資料を提供することができた。また2022年度には、震災を中心としたシミュレーションではあるが、2023年3月5日のNHKスペシャルで取り上げられた。加えて、本研究の成果である国際貿易の途絶については、2023年3月2日の国会の衆院予算本会議において質疑に用いられた。さらに2023年度には、2024年3月11日のBSテレビ東京ニュース9プラスに出演し、研究を紹介する機会があった。

COVID-19のパンデミックに世界は対応することができたが、パンデミックは克服されたかのように錯覚していた現代社会は新たな感染症に対して今でも大きな影響を受けうることを露呈した。これを受けて、次のパンデミックがどのような形態で発生するのか、WHOをはじめとして多くのシナリオが議論されている。そのそれぞれについて、特に経済への影響を測定することが重要であるが、本研究の成果はそれに十分資するものである。

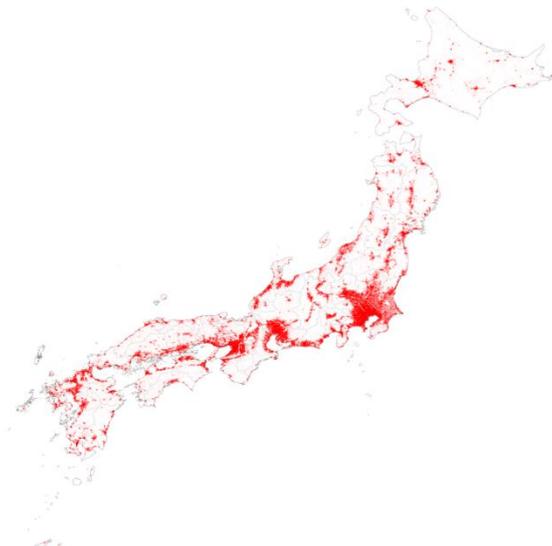


図 1 サプライチェーンに追加された事業所の位置

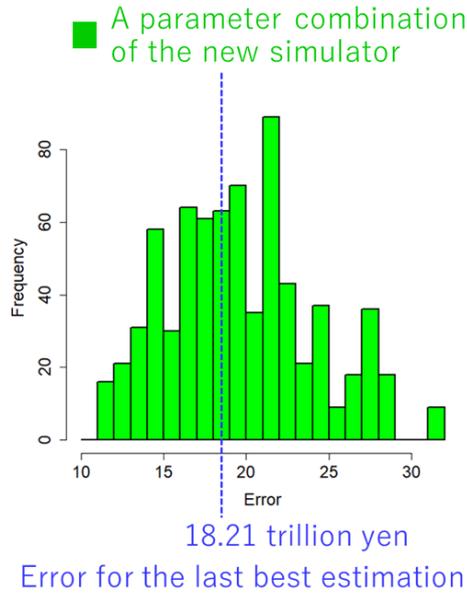


図 2 新たなモデル上で異なるパラメータを調べたときの再現性の誤差の分布と旧モデルとの比較: 緑がさまざまパラメータでモデルの再現が実際と合っているかの誤差の分布、青が旧モデルでの最善の誤差。誤差が小さいものが得られているのがわかる。

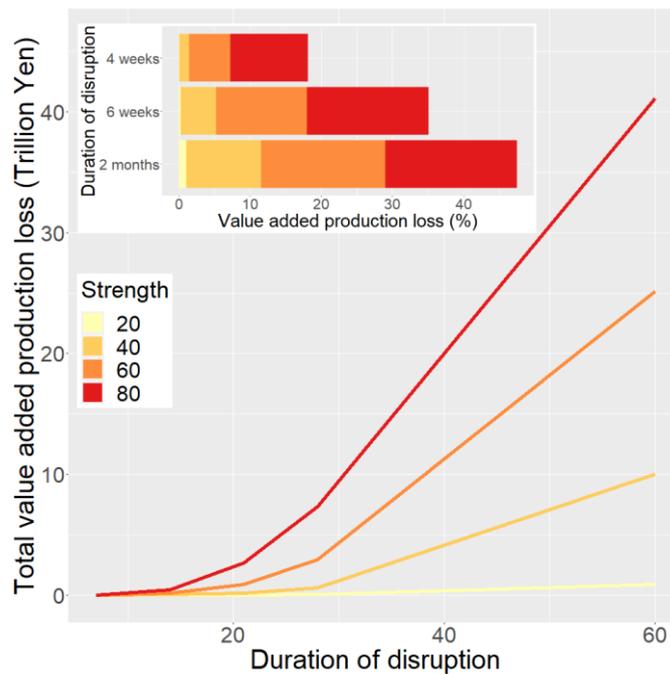


図 3 世界からの輸入の混乱が国内生産に与える影響: メインパネルには、世界からの輸入が特定の強度 (20~80%) で特定の期間 (2 週間から 2 ヶ月) 混乱した場合、日本の付加価値生産の総損失が表示されている。挿入されたパネルは、世界からの輸入と輸出が特定の強度で 4 週間、6 週間、2 ヶ月に混乱した場合における、付加価値総生産に対する損失率が表示されている。各棒の色の右端には、対応する強度 (20%、40%、60%、または 80%) における損失率が示されている。