

TDB-CAREE ディスカッション・ペーパー・シリーズ

帝国データバンク企業・経済高度実証研究センター (TDB-CAREE)

一橋大学 経済学研究科

TDB-CAREE ディスカッション・ペーパー・シリーズ、No. J-2020-05
2020年 9月

COVID19 拡大による経済ショック： 企業間取引ネットワークからの考察

今仁 裕輔
(一橋大学、TDB-CAREE研究補助員)
大山 睦
(一橋大学、TDB-CAREE)
平岩 拓也
(一橋大学、TDB-CAREE研究補助員)
平峰 芳樹
(帝国データバンク、TDB-CAREE、九州大学)

〒186-8601 東京都国立市中 2-1

TEL: 042-580-9129

E-Mail: caree@econ.hit-u.ac.jp

URL: <http://www7.econ.hit-u.ac.jp/tdb-caree/index.html>

TDB-CAREE ディスカッション・ペーパー・シリーズは、研究成果を
学術論文の形で広く公開し、活発な議論を展開することを目的として
います。

このディスカッション・ペーパーにおける見解は著者自身の責任にお
いて表明され、著者が所属する組織や TDB-CAREE の見解を代表する
ものではないことに、ご留意ください。

COVID19拡大による経済ショック： 企業間取引ネットワークからの考察

今仁 裕輔*

大山 睦†

平岩 拓也‡

平峰 芳樹§

2020年9月4日

概要

COVID19 拡大期のような負の経済ショックが発生した時に、どの産業や企業を対象にして経済対策を講じることが、経済全体の生産活動への影響を最小限にし、回復の速度を早めるのか？本稿では、経済ショックの特徴と企業間取引に関するネットワークの役割に着目し、この問いを理論と実証の両面から考察する。実証分析では、初期の経済ショックの大きさとその後のショックの大きさに比例的な関係があることが明らかになった。また、ネットワーク中心性の分散が大きくなるにつれて、経済ショックが増幅することも明らかになった。非対称的な取引ネットワークを有している業種と地域では負の経済ショックが増幅する。初期の経済ショックが大きく、非対称的な取引ネットワークを有している業種と地域に経済対策を行うことの有効性を示唆している。

キーワード: 取引ネットワーク, 経済ショック, 産業政策

*一橋大学大学院経営管理研究科 TDB-CAREE

†一橋大学イノベーション研究センター TDB-CAREE

‡一橋大学大学院経営管理研究科 TDB-CAREE

§帝国データバンク TDB-CAREE 九州大学工学府

1 はじめに

新型コロナウイルス感染症 (COVID19) の拡大に伴って、2020年2月下旬から経済活動が大きく停滞した。内閣府発表のGDP速報値(2020年8月17日付)によると、我が国の2020年4～6月期の実質GDPの成長率は前期比でマイナス7.8%、年率換算でマイナス27.8%となり、リーマンショック期の落ち込みを超えて、戦後最大の落ち込みを記録した。

COVID19拡大期のような負の経済ショックが発生した時に、どの産業や企業を対象にして経済対策を講じることが、経済全体の生産活動への影響を最小限にし、回復の速度を早めるのか?この問いに対して、異なる立場から様々なアプローチを取る事ができる。本稿では、経済ショックの特徴と企業間取引に関するネットワークの役割に着目し、この問いを理論と実証の両面から考察する。企業は取引ネットワークを通じて繋がっており、経済ショックが企業間で伝播する可能性がある。そして、企業間で伝播したショックは相殺あるいは増幅することによって、産業や経済全体への影響として顕在化する。したがって、どのようにショックが企業間で伝播し、どのように産業や経済全体の生産活動に影響をもたらすのかを理解することは、適切な経済対策を検討する上で重要な示唆を提供する。本稿の目的は、経済ショック伝播のメカニズムについて理論と実証の両面から分析し、経済対策に役立つ示唆を提供することである。

最初に、ショックの伝播メカニズムを既存の理論研究をもとに考察し、経済対策を考える際の論点を整理する。基本モデルからの重要な洞察は、経済ショックの種類によって、ショックの伝播メカニズムが異なることである。基本モデルでは、経済ショックを生産性に関するような供給ショック、需要消滅に関するような需要ショック、借入制約に関するような信用ショックに区別し、経済ショックの伝播メカニズムを考察している。供給ショックの場合、ショックは下流企業や産業へ伝播する。つまり、サプライヤーからカスタマーへ、そしてそのカスタマーへとショックが伝わる。需要ショックは供給ショックと反対の経路を辿り、ショックは上流企業や産業へ伝播する。つまり、カスタマーからサプライヤーへ、そしてそのサプライヤーへとショックが伝わる。借入制約自体は供給や需要のショックを緩和する効果をもたらすだけである。しかし、供給や需要のショックが信用ショックを引き起こす場合、追加的なショックの役割を果たすことになり、産業や経済全体への影響を増幅させることになる。ショックへの脆弱性も取引ネットワーク構造に依存する。供給ショックの場合は他の企業にたくさん供給している企業へのショックが、需要ショックの場合は他の企業からたくさん需要している企業へのショックが、産業や経済全体の生産活動に大きな影響を与える。企業間の取引ネットワークで中心的な役割を果たしている企業へのショックは、大きなショックとして産業や経済全体に現れることになる。また、取引ネットワークの中心性の分布もショックへの脆弱性に関係している。取引額や取引相手数が類似しているような対称的な取引ネットワークの場合、ショックは伝播する過程で相殺され、産業や経済全体への影響を小さくする。その一方で、取引額や取引相手数が一部の企業に集中しているような非対称的な取引ネットワーク

の場合、ショックは伝播する過程で増幅され、産業や経済全体への影響を大きくする。

実証分析では、帝国データバンク社 (TDB) の景気 DI と企業間取引データを用いて、経済ショックと取引ネットワークの関係を分析する。10 地域と 49 業種の組み合わせによって 490 の取引ネットワークを特定し、取引ネットワークを分析単位としている。帝国データバンク社は、毎月モニター企業に対して景況感についてのアンケートを行ない、景気 DI を作成している。TDB 景気 DI は実態経済を反映しているので、TDB 景気 DI を COVID19 拡大期の経済ショックとその後の経済状況を捉える指標として用いることができる。取引ネットワークの特徴、特に、ネットワーク中心性の分散を計算する際に企業間取引データを用いる。実証分析の主な結論は、ネットワーク中心性の分散が大きくなるにつれて、経済ショックが増幅することである。理論考察を援用すると、非対称的な取引ネットワークを有している業種と地域では負の経済ショックが増幅すると解釈できる。

本稿の構成は以下の通りである。第 2 節において、Carvalho and Tahbaz-Salehi (2019) の論文を参考にしながら、ショックの種類と伝播の関係を理論的に考察し、経済対策の論点と実証分析への示唆を整理する。第 3 節では、TDB 景気 DI と企業間取引データを用いて実証分析を行う。TDB 景気 DI と GDP の関係、COVID19 拡大期の経済ショックの特徴、経済ショックと取引ネットワークの関係を明らかにする。第 4 節では、本稿の分析結果をまとめ、経済対策への示唆を議論する。

2 理論考察

2.1 基本モデルの設定

理論考察では、Carvalho and Tahbaz-Salehi (2019) の論文を参考にし、経済ショックの種類によってショックの伝播のメカニズムが異なることを把握し、経済対策についての論点整理を行う。

第 3 節の実証分析と合わせる為に、 n の企業から成り立っている産業を考える。企業 i は労働 (l) と中間財 (x) を用いて最終財 (y) を生産し、企業 i の生産関数は式 (1) で特定化される。

$$y_i = z_i \zeta_i l_i^{\alpha_i} \prod_{j=1}^n x_{ij}^{a_{ij}} \quad (1)$$

l_i は企業 i で雇用される労働量、 x_{ij} は企業 i が使用する企業 j の中間財、 α_i は企業 i の労働シェア、 z_i は企業 i の生産性である。パラメータ $a_{ij} \geq 0$ が企業間の中間財の需要を決める。 a_{ij} が大きければ企業 i にとって中間財 j は重要となる。一方で、 $a_{ij} = 0$ ならば、企業 i にとって中間財 j は必要とならない。生産関数は収穫一定の仮定である $\alpha_i + \sum_{j=1}^n a_{ij} = 1$ を満たす。

企業は、価格を所与として、利潤を最大化するように生産要素量を選ぶ。最適化の 1 階条

件より、中間財 j と労働の需要は

$$x_{ij} = \frac{a_{ij}p_i y_i}{p_j} \quad (2)$$

$$l_i = \frac{\alpha_i p_i y_i}{w} \quad (3)$$

となる。式 (2) と (3) を生産関数に代入すると、 $\log(\frac{p_i}{w}) = \sum_{j=1}^n a_{ij} \log(p_j/w) - \log(z_i)$ となる。ここで、 $\hat{p}_i = \log(p_i/w)$ 、 $\hat{z}_i = \log(z_i)$ として、行列式を \hat{p} についてを解くと、

$$\hat{p} = -(I - A)^{-1} \hat{z} = L \hat{z}$$

\hat{p} ベクトルの各要素は

$$\hat{p}_i = - \sum_{j=1}^n l_{ij} \hat{z}_j \quad (4)$$

と表せる。行列 L はレオンチェフ行列であり、取引ネットワークの構造を表す。行列 L の要素は

$$l_{ij} = a_{ij} + \sum_{r=1}^n a_{ir} a_{rj} + \dots \quad (5)$$

である。つまり、第 1 項は企業 j が企業 i へのサプライヤーとしての役割を捉え、第 2 項は企業 j や企業 i と取引ネットワーク上で繋がっている他の企業の役割を捉えている。

消費者の効用関数は $u(c_1, \dots, c_n) = \sum_{i=1}^n \beta_i \log(c_i/\beta_i)$ で与えられている。 c_i は i 財の消費量であり、 $\sum_{i=1}^n \beta_i = 1$ を満たす。代表的な消費者の効用最大化問題より、

$$c_j = \frac{\beta_j w}{p_j} \quad (6)$$

を得る。

2.2 供給ショックの伝播

本小節では、供給ショックの源泉を生産性 (\hat{z}) へのショックと捉え、供給ショックの伝播を考察する。結論を先に述べると、供給ショックはサプライヤーからカスタマーへ、そしてそのカスタマーへと取引ネットワークの下流へと伝わる。供給ショックの場合、ショックは取引ネットワークの下流へと伝播することになる。

資源制約式である $y_j = c_j + \sum_{i=1}^n x_{ij}$ に式 (2) と (6) を代入する。そして、 $\lambda_i = \frac{p_i y_i}{w}$ として、この式を λ について解くと、

$$\log(y_i) = -\log\left(\frac{p_i}{w}\right) + \sum_{j=1}^n \beta_j l_{ji}$$

を導出できる。上記の式に式 (4) を代入し、 $\delta_i = \sum_{j=1}^n \beta_j l_{ij}$ を生産性ショックに関係ない項目としてまとめると、

$$\log(y_i) = \sum_{j=1}^n l_{ij} \hat{z}_j + \delta_i \quad (7)$$

となり、企業 i の生産量と供給ショックの関係を表す式となる。

式 (5) と式 (7) から、供給ショックの伝播は以下の 3 つの特徴を有していることが分かる。

- 企業 i の生産への影響は企業 i からの供給ショックだけでなく、他の企業の供給ショックからも影響を受ける。
- 供給ショックの企業 i の生産への影響は、ネットワーク構造であるレオンチェフ逆行列 L によって決定される。
- 供給ショックの項は $l_{ij} \hat{z}_j$ なので、一次の影響としてはサプライヤー企業の j が直接の顧客企業である i の直接ショックを与える。二次の影響としてはサプライヤー企業の j の顧客企業 r が直接影響を受け、その顧客企業である企業の i に間接的なショックを与える。つまり、ショックはサプライヤーから顧客、そしてその顧客へというように下流にショックが伝えられる。

経済学的な解釈は次の通りである。企業 j に負の供給ショックが起きた場合、 L の要素は非負なので、価格 \hat{p}_j は上昇する。この価格上昇は j の中間財の雇用を減らすので、企業 j の顧客の生産に負の影響を与える。これらの顧客企業の価格も上昇し ($\log(\frac{p_i}{w}) = \sum_{j=1}^n a_{ij} \log(p_j/w) - \hat{z}_i$)、同様にそれらの顧客企業の生産に負の影響を与える。

モデルの設定で賃金支払総計と産業の GDP は一致するので ($w = GDP$)、 $\log(p_i/w) = -\sum_{j=1}^n l_{ij} \hat{z}_j$ の関係から、

$$\log(GDP) = \sum_{ji} \beta_i l_{ij} \hat{z}_j + \sum_i \beta_i \log(p_i)$$

が導出できる。消費財の価格を 0 で正規化すると、

$$\log(GDP) = \sum_i \lambda_i \hat{z}_i \quad (8)$$

$$\lambda_i = \sum_{j=1}^n \beta_j l_{ji} \quad (9)$$

上記の式 (8) と式 (9) から産業全体へのショックの伝播の仕方が推察でき、以下のようにまとめることができる。

- 産業の GDP は λ でウェイト付けされた供給ショックの総和となり、 λ が L に依存しているため、ネットワーク構造に依存する。
- l_{ji} が大きくなると、企業 i の λ_i が大きくなる。企業 i が多くの企業に供給している場合、企業 i への供給ショックは、産業の GDP により大きな影響を与えることになる。

2.3 需要ショックの伝播

本小節で需要ショックを考えるために、全ての財には外生的に決まる消費が存在し、その消費量は確率的に決定されるとする¹。需要ショックの伝播を考察する為に、この需要ショックを \tilde{c}_i とし、供給ショックを $\tilde{z} = 0$ と捨象する。供給ショックとは異なり、需要ショックの場合、ショックは取引ネットワークの上流へと伝播することを示す。

資源制約式は $y_j = c_j + \sum_{i=1}^n x_{ij} + \tilde{c}_j$ となり、 $p_j = w$ となる。式 (4) とは異なり、需要ショックは相対価格に変化を及ぼさない。したがって、資源制約式は

$$y_i = \beta_i + \sum_{j=1}^n a_{ji} y_j + \tilde{c}_i$$

となる。この式を生産量 y について解いて、 $\tilde{\delta}_i = \sum_{j=1}^n \beta_j l_{ji}$ を需要ショックに関係ない項目としてまとめると、企業 i の生産は

$$y_i = \sum_{j=1}^n l_{ji} \tilde{c}_j + \tilde{\delta}_i \quad (10)$$

式 (10) から、需要ショックの伝播は以下の 3 つの特徴を有していることが分かる。

- 企業 i の生産への影響は企業 i からの需要ショックだけでなく、他の企業の需要ショックからも影響を受ける。
- 需要ショックの企業 i の生産への影響は、ネットワーク構造であるレオンチェフ逆行列の転置 L' によって決定される。
- 需要ショックの項は $l_{ji} \tilde{c}_j$ なので、一次の影響としてはカスタマー企業の j が直接のサプライヤー企業である i へ直接ショックを与える。二次の影響としてはカスタマー企業の j のサプライヤー企業 r が直接影響を受け、そのサプライヤーである企業の i に間接的なショックを与える。つまり、ショックはカスタマーからサプライヤー、そしてそのサプライヤーへとというように上流にショックが伝えられる。

¹通常は政府支出が想定されており、政府支出は税収で賄われる。

供給ショックと同様に産業全体へのショックの伝播の仕方は

$$GDP = \sum_i \tilde{\lambda}_i \tilde{c}_i \quad (11)$$

$$\tilde{\lambda}_i = \sum_{j=1}^n \beta_j l_{ij} \quad (12)$$

と表すことができる。上記の式(11)と式(12)から産業全体へのショックの伝播の仕方を以下のようにまとめることができる。

- 産業の GDP は $\tilde{\lambda}$ でウェイト付けされた需要ショックの総和となり、 $\tilde{\lambda}$ が L に依存しているため、ネットワーク構造に依存する。
- l_{ij} が大きくなると、企業 i の $\tilde{\lambda}_i$ が大きくなる。企業 i が多くの企業から需要している場合、企業 i への需要ショックは、産業の GDP により大きな影響を与えることになる。

2.4 信用ネットワークの影響

供給や需要のショックの伝播の仕方の考察では、ネットワーク間で取引される財を媒介にしてショックの伝播が発生することに注目していた。しかしながら、財の取引に付随して企業間で金銭授受や信用取引が発生し、それらがショックの伝播に影響を与えるかもしれない。本小節でこの要因を考察するために、企業が借入制約に直面し、その制約を満たすように中間材の取引を行っている状況を考える。

企業 i の借入制約は以下のように表される。

$$wl_i + \sum_{j=1}^n p_j x_{ij} \leq \chi_i p_i y_i \quad (13)$$

変数 χ_i は借入制約の度合いを表し、企業間の信用取引ネットワークや外部資金調達制約に依存する。借入制約条件に直面している時の中間財 j と労働の需要は

$$x_{ij} = \frac{\phi_i a_{ij} p_i y_i}{p_j} \quad (14)$$

$$l_i = \frac{\phi_i \alpha_i p_i y_i}{w} \quad (15)$$

であり、 $\phi_i = \min\{\chi_i, 1\}$ である。

この場合、 $\hat{\phi}_i = \log(\phi_i)$ とすると、産業 i の生産量と供給ショックの関係を表す式は

$$\log(y_i) = \sum_{j=1}^n l_{ij} (\hat{z}_j + \hat{\phi}_j) + \delta_i \quad (16)$$

となり、産業 i の生産量と需要ショックの関係を表す式は

$$y_i = \sum_{j=1}^n l_{ji} \phi_j \tilde{c}_j + \tilde{\delta}_i \quad (17)$$

となる²。

上記の式 (16) と式 (17) は、供給と需要ショックの伝播の方向は変化しないが、ショックの伝わり方が変わることを示している。特に、借入制約が強まるにつれて、伝わるショックが和らぐことを示している。制約条件が供給や需要のショック調整メカニズムに硬直性をもたらしている為である³。しかしながら、供給や需要ショックが借入制約に影響を与える場合、生産への影響が増幅する可能性がある。例えば、負の需要ショックにより借入制約が高まると、生産量への負の影響は増幅される可能性がある。

2.5 ショックへの脆弱性

本小節では、産業のショックへの脆弱性を考察する。多くの企業が経済活動に参加していると、供給や需要ショックを吸収する事になり、ミクロレベルのショックはマクロレベルのショックを引き起こすことがないと考えることができる。その一方で、多くの企業が経済活動に参加していると、取引ネットワークで繋がっている事によりミクロレベルでのショックが増幅して、マクロレベルのショックを引き起こすとも考えることができる。

最初に独立同分布の各企業についての固有ショックを考える。式 (8) と式 (11) より、産業の GDP の標準偏差は

$$\sigma_{\text{供給}} = \text{std}(\log(\text{GDP})) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\alpha^{-2} + \text{var}(v_s)} \quad (18)$$

$$\sigma_{\text{需要}} = \text{std}(\text{GDP}) = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \sqrt{\alpha^{-2} + \text{var}(v_d)} \quad (19)$$

企業 i の v_s と v_d は $v_{s_i} = \sum_{j=1}^n l_{ji}$ と $v_{d_i} = \sum_{j=1}^n l_{ij}$ である⁴。さらに、 $v_{s_i} = 1 + \sum_{j=1}^n a_{ji} v_j$ と $v_{d_i} = 1 + \sum_{j=1}^n a_{ij} v_j$ なので、 v_{s_i} と v_{d_i} はボナチッチ中心性と一致する。式 (18) と式 (19) より、ボナチッチ中心性の分布が産業全体のショックへの脆弱性に影響を与えることを示唆している。特に、取引額や取引相手数が類似しているような対称的な取引関係である場合と取引額や取引相手数が一部の企業に集中しているような非対称的である場合で大きく異なる。

- v_i が全ての企業で同じならば、多くの企業が参加することで、ミクロレベルのショックはマクロレベルのショックを引き起こさない。つまり、取引関係が対称的な場合、ミクロレベルのショックはマクロレベルのショックを引き起こさない。

² δ と $\tilde{\delta}$ はショックに関係ない項目で、 $\phi_i a_{ij}$ を要素に持つ行列 \tilde{A} で与えられる。

³このことは式 (2) が $\frac{p_i v_i}{p_i v_i} = a_{ij}$ 意味し、式 (14) が $\frac{p_i v_i}{p_i v_i} = \phi_i a_{ij}$ 意味することからも理解できる。

⁴ $\beta_i = \frac{1}{n}$ と仮定する事で選好の影響を排除し、 $\sum_i \lambda_i^2 = n \text{var}(\lambda) + \frac{1}{n \alpha^2} \sum_i \lambda_i$ を利用して導出している。

- v_i の分散が大きいほど、多くの企業が参加することで、マイクロショックから大きなマクロショックが発生する。つまり、取引関係が非対称的な場合、ミクロレベルのショックはマクロレベルのショックを引き起こすことになる。

次に、固有ショックを伴う共通ショックで、そのインパクトが各企業によって異なる状況を考える。この場合、生産性ショックは、共通ショックと固有ショックに分解され、 $z_i = z^{\gamma_i} u_i$ と表される。対数変換をすると、 $\log z_i = \epsilon_i$, $\log z = \epsilon^z$, $\log u_i = \epsilon_i^u$ となり、 $\epsilon_i = \gamma_i \epsilon^z + \epsilon_i^u$ と書くことができる。したがって、式 (8) は

$$\log(\text{GDP}) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \epsilon_i = \left(\sum_{i=1}^n \lambda_i \gamma_i \right) \epsilon^z + \sum_{i=1}^n \lambda_i \epsilon_i^u \quad (20)$$

となり、産業の GDP の標準偏差は

$$\sigma_{\text{供給}} = \text{std}(\log(\text{GDP})) = \left((n\alpha)^{-1} + \text{Cov}[v_s, \gamma] \right) \sigma_z + \frac{\sigma_u}{\sqrt{n}} \sqrt{\alpha^{-2} + \text{var}[v_s]} \quad (21)$$

となる。同様に、需要ショックによる産業の GDP の標準偏差も

$$\sigma_{\text{需要}} = \text{std}(\text{GDP}) = \left((n\alpha)^{-1} + \text{Cov}[v_d, \gamma] \right) \sigma_c + \frac{\sigma_u}{\sqrt{n}} \sqrt{\alpha^{-2} + \text{var}[v_d]} \quad (22)$$

と表せる。

- 式 (20) は共通ショックが起きた時に、それに伴う固有ショックが GDP の水準に更なる影響を与えるかを示している。重要な示唆は、共通ショックと固有ショックが必ずしも GDP の水準に同じ方向に影響を与えることではないことである。 ϵ_i^u が平均値 0 の独立同分布の場合、追加的な影響を与えない。一方で、 ϵ_i^u の分布が平均値 0 ではあるが $\sum_{i=1}^n \lambda_i \epsilon_i^u > 0$ となる場合、GDP の水準にプラスの影響を与える。同様に、 $\sum_{i=1}^n \lambda_i \epsilon_i^u < 0$ となる場合、GDP の水準にマイナスの影響を与える。また、 λ_i が全ての企業で同じならば、固有ショックは GDP の水準に追加的な影響を与えない。
- 式 (21) と式 (22) は、ネットワーク中心性の分散が固有ショックのみ関係していることを示している。
- 中心性が大きい企業の共通ショックに関するローディングが相対的に大きいほど、すなわち、 $\text{Cov}[v, \gamma]$ が大きいほど、共通ショックに起因するボラティリティは大きくなる。中心性が大きい企業がよりマクロ経済に感応的であるほど、ネットワーク全体の分散も大きくなる。
- ネットワークにおける中心性のバラツキが大きいほど、すなわち、 $\text{var}[v]$ が大きいほど、固有ショックに起因する分散は大きくなる。

2.6 論点整理と注意点

本小節では、基本的な理論モデルから得られた結論をもとに、政策の目標を COVID19 拡大感染による経済ショックを緩和することに設定して、経済政策の論点整理を行う。まず最初、COVID19 拡大による経済への影響を供給ショックと取るか、需要ショックと捉えるかには議論の余地がある。しかしながら、経済活動の自粛による需要消滅の側面が重要であり、需要ショックと捉えるのが適切であるだろう。COVID19 拡大による経済への影響を需要ショックとして捉えるならば、需要ショックはカスタマーからサプライヤー、そしてそのサプライヤーへと上流にショックが伝わることになる。また、COVID19 拡大によるマクロショックは各企業に特異のショックをもたらしたり、異なったインパクトを与えるかもしれない。このような状況では、企業 i が多くの企業から需要していると、企業 i のショックは産業全体の生産量 (GDP) に大きな影響を及ぼすことになる。さらに、COVID19 拡大による需要ショックが信用ショックを引き起こす場合、各企業と経済全体への負の影響を増大させることになる。カスタマーの観点から見て、取引額や取引相手数が一部の企業に集中するような非対称的なネットワークの場合、経済に参加する企業の数が増えるにつれて、産業全体へのショックは増幅することになる。

したがって、経済ショックを緩和する為には、取引ネットワークの下流に位置している企業、その中でもボナチッチ中心性が高い企業へのショックを和らげる経済対策が有効となる。例えば、経済対策として、それらの企業の需要を喚起するような政策などが考えられる。また、産業レベルにおいてボナチッチ中心性の分布や信用取引ネットワークの構造を把握することによって、ショックへの脆弱性を産業毎に判別でき、経済対策を脆弱な産業へ傾倒させることが有効となるだろう。

基本モデルの結果はいくつかの仮定から導き出されているので、上記の理論分析の結果に注意する必要がある。供給ショックや需要ショックの伝播の仕方の結論は、コブーダグラス型生産関数の仮定に大きく依存している。より一般的な生産関数の下では、ショックに応じて中間財の代替による調整も行われる。したがって、上記の供給ショックや需要ショックのルートに加えて、この要因がショックの伝播の仕方に影響を与えることになる。また、基本モデルでは、取引ネットワークの構造が維持される仮定の下で結果を導いている。しかしながら、供給ショックや需要ショックは利潤マージンに影響を与え、新たな参入や退出を促す事になるかもしれない。このような参入や退出はネットワーク中心性を変化させ、追加的なショックを与えることになる。生産関数の一般化と参入退出の可能性を考慮すると、基本モデルにおけるショックの伝播の仕方と反対の力が働く可能性が生じる。この事に注意しなければならず、どのようにそれらの要因が伝播の仕方に影響を与えるか、相反する力がある場合、どちらがより強く働くかは実証分析での問題となる。

3 実証分析

理論モデルが示唆することは、経済ショックの種類と取引ネットワークの特徴が経済ショックの伝播に影響を及ぼし、最終的に産業全体の生産やサービス活動のレベルを決定することである。本節では、帝国データバンク社の取引情報と景気 DI を用いて、取引ネットワークの特徴と経済ショック伝播の関係を明らかにする。特に、COVID19 拡大による経済ショックの時期を 2020 年 2 月から 2020 年 5 月と特定し、この経済ショックが取引ネットワークを通じて産業全体の生産やサービス活動に及ぼした影響を分析する。

3.1 TDB 景気 DI

帝国データバンク社の景気動向指数 (TDB 景気 DI) を用いて実証分析を行う。TDB 景気 DI は、様々な業種や地域の企業を対象にして、景況感、売上、設備稼働率、従業員数などの質問についての回答をもとに毎月作成されている。概念的には、地域や業界の景況感を総合的に捉える指標であり、実際の経済活動の状態を反映していると考えられる。実証分析を開始するにあたって、TDB 景気 DI と実質 GDP の関係を分析し、TDB 景気 DI が実態経済を反映しているか否かを検討する。TDB 景気 DI が実態経済を反映している場合、TDB 景気 DI を GDP の近似値として扱うことができ、本研究の実証分析に一定の妥当性を与えることになる。

図 1 は 2002 年 1 月から 2020 年 5 月までの TDB 景気 DI と実質 GDP の時系列での変化を明示したものである。TDB 景気 DI は月期の時系列データであり、実質 GDP は四半期の時系列データであるため、両時系列において一対一の対応は厳密には存在しない。また、TDB 景気 DI は調査時点での景況感を捉えているので、実態経済の先行指標の側面を持っている。したがって、両時系列において、タイミングのズレが生じている可能性がある。これらの問題点があることを認めつつも、TDB 景気 DI と実質 GDP が時間を通じて同じように変化していることを図 1 から読み取ることができる。2008 年に発生したリーマンショックによる GDP の落ち込み、その後の GDP の回復の動きを TDB 景気 DI は的確に反映している。また、消費税の引上げ後の 2019 年第 4 四半期と COVID19 の拡大の懸念が高まった 2020 年第 1 四半期において、TDB 景気 DI と実質 GDP とも下落していることが確認できる。

TDB 景気 DI と実質 GDP の関連性を統計的に検証する為に共和分検定を行なう。TDB 景気 DI が先行指標であることを考慮しつつ、月期の時系列データである TDB 景気 DI を四半期データに変換する⁵。

最初に、TDB 景気 DI と実質 GDP の時系列のデータに対して、ADF 検定 (Augmented

⁵最初に 2 カ月のラグをとり、四半期の単純平均値を計算する。データのスムーズ化をおこうなう為、2 期前と 1 期後を使って四半期の移動加重平均を計算している。

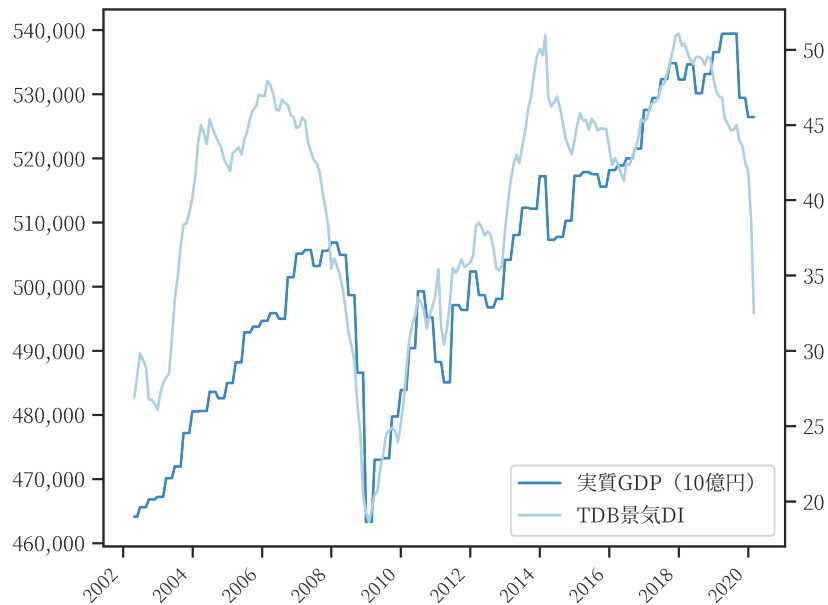


図 1: 経済全体の GDP と景気 DI

表 1: TDB 景気 DI と実質 GDP の共和分検定

	ADF 検定		PO 検定
	TDB 景気 DI	実質 GDP	
統計量	-2.26	-2.33	43.56
帰無仮説	棄却できない	棄却できない	10%で棄却

Dickey-Fuller Test) を行い、単位根過程であるかを検証する。次に、TDB 景気 DI と実質 GDP の時系列データに対して、PO 検定 (Phillips-Ouliaris Test) を行い、共和分関係にあるかを検証する。両検定の結果を表 1 にまとめている。ADF 検定の結果によると、TDB 景気 DI と実質 GDP とともに、単位根過程であるという帰無仮説を棄却することはできない。TDB 景気 DI と実質 GDP の時系列のデータは非定常過程と考えられる。PO 検定の結果によると、共和分関係がないという帰無仮説は 10% の有意水準で棄却される。強い結果ではないが、TDB 景気 DI と実質 GDP には共和分関係にあると考えられる。したがって、TDB 景気 DI と実質 GDP のデータは時間を通じて同じように変化すると捉えることができ、TDB 景気 DI が実態経済の変化を反映しているという主張に一定の妥当性を与えている。

表 2: 産業別の景気 DI の変化

ワースト	2020年1月－5月		2008年8月－12月	
	業種	変化率	業種	変化率
1	旅館・ホテル	-92.4	再生資源卸売	-76.4
2	飲食店	-86.7	輸送用機械・器具製造	-58.6
3	娯楽サービス	-76.5	人材派遣・紹介	-54.5
4	広告関連	-73.2	鉄鋼・非鉄・鋳業	-52.8
5	繊維・繊維製品・服飾品小売	-68.4	電気機械製造	-48.9
ベスト	業種	変化率	業種	変化率
1	各種商品小売	-20.2	電気通信	-8.9
2	化学品卸売	-29.3	専門商品小売	-13.3
3	飲食料品小売	-29.9	家具類小売	-14.3
4	鉄鋼・非鉄・鋳業製品卸売	-32.8	医薬品・日用雑貨品小売	-14.6
5	医薬品・日用雑貨品小売	-32.9	電気・ガス・水道・熱供給	-15.0

表2はCOVID19が拡大した2020年1月から5月にかけての時期とリーマンショックの影響を受けた2008年8月から12月にかけての時期について、TDB景気DIの下落率の上位と下位5つの業種をまとめたものである。この表を使って、3つの点を指摘する。1つ目は、両時期の実態経済への負のショックによって、TDB景気DIが全業種で下落したことである。これらの経済ショックは特定の業種だけに影響を及ぼしたのではなく、負のショックが経済全体に伝わったことが窺える。2つ目は、業種間によって下落率に差があることである。例えば、COVID19拡大期の場合、旅館・ホテル業が92.4%の落ち込みを記録したの対して、各種商品小売業の下落率は20.2%に留まっている。負のショックが経済全体に伝わっているが、その度合いは業種間で差異がある。3つ目は、新型コロナウイルス感染拡大期とリーマンショック期において、負のショックの影響を最も受けた業種が異なることである。COVID19拡大期は、旅館・ホテル、飲食、娯楽サービスなどの消費者と密接に結び付いているサービス業が最も大きな負の影響を受けている。一方で、リーマンショック期は、輸送用機械・器具製造、人材派遣・紹介、鉄鋼・非鉄・鋳業などの供給サイドである製造業において、負の影響が最大になっている。実態経済への負のショックの本質がCOVID19拡大期とリーマンショック期で異なっていることを示唆している。最後の2点が理論的考察と実証分析を結び付ける上で重要な役割を果たす。つまり、ショックの本質が異なるとショックの伝わり方が異なり、業種内の取引ネットワークの特徴もショックの伝わり方に影響を及ぼす。このことは、更なる実

証分析において検証する必要がある。

3.2 取引ネットワークの特徴

業種と地域を組み合わせる取引ネットワークの範囲を特定し、実証分析を行う。TDB 景気 DI の業種分類に基づき、業種を 49 種類に分類している。TDB 景気 DI の業種分類は日本標準産業分類とは異なるが、日本標準産業分類の大分類と中分類の中間に相当する。日本国内を北海道、東北、北関東、南関東、北陸、東海、近畿、中国、四国、九州の 10 の地域に分けて、それぞれの業種と組み合わせる。したがって、分析単位は業種と地域の組み合わせとなり、 $49 \times 10 = 490$ のネットワークが特定される。それぞれのネットワークについて、COVID19 拡大期における TDB 景気 DI の変化率とネットワークの特徴を計算し、実証分析の変数として使用する。

それぞれのネットワークの TDB 景気 DI は、業種と地域の景気 DI の単純平均で算出している⁶。ネットワークの特徴は TDB 取引情報を利用する。最初に各企業のネットワーク指標であるページランクと入次数を計算する。そして、業種と地域の情報をもとに企業をそれぞれのネットワークに割り当て、ネットワーク内における指標の分布を計算し、ネットワークを特徴づける。理論的にはボナチッチ中心性のネットワーク指標を用いるべきであるが、企業単位でネットワークが形成されており、ネットワークの大きさからボナチッチ中心性の計算が実質的に不可能である。したがって、以下の実証分析では、ボナチッチ中心性の特別ケースとしてページランクと入次数を用いる。

表 3: 次数中心性とページランクの分布 (基本統計)

基本統計量	観察数	平均値	標準偏差	第 1 四分位	中央値	第 3 四分位
DI 変化率 (2 月-5 月)	490	-36.45	6.75	-39.57	-35.23	-31.81
DI 変化率初期値 (1 月-2 月)	490	-8.02	3.09	-9.29	-7.78	-6.28
入次数平均値	490	5.82	2.86	3.90	5.26	6.75
入次数分散	490	754.98	584.24	352.41	621.62	927.57
ページランク平均値	490	0.10	0.05	0.07	0.09	0.12
ページランク分散	490	0.30	0.24	0.15	0.25	0.35

注：入次数平均は 10^{-1} 、入次数分散は 10^{-2} 、ページランク平均は 10^4 、ページランク分散は 10^8 でスケールリングして、基本統計を求めている。

表 3 は TDB 景気 DI の変化率とネットワーク指標の平均値と分散値についての基本統計で

⁶TDB 景気 DI を業種と地域のセルで計算すると、サンプル数が少なくなる場合がある為、この計算方法を採用している。幾何平均や調和平均を使用しても、分析結果に大きな影響はない。

ある。TDB 景気 DI の変化率を 2020 年 1 月から 2 月と 2020 年 2 月から 5 月に分けている。次小節の実証分析において、前者を新型コロナ感染拡大によるショックの初期値として、後者をショックの伝播による影響として捉えている。2020 年 1 月から 2 月にかけての TDB 景気 DI の変化率の平均値はマイナス 8 パーセントであり、2020 年 2 月から 5 月にかけての TDB 景気 DI の変化率の平均値はマイナス 37 パーセントである。不要不急のイベントや外出に対する自粛要請によって経済活動が停滞した時期に、TDB 景気 DI も大きく落ち込んでいる。

表 3 において入次数とページランクの単位をスケールリングして表示している。入次数平均の平均値は 58.2 であり、平均的なネットワークにおいて、平均的な企業は約 58 社へ発注し、取引（発注）を行っている」と推察できる。上位 25 パーセントと下位 25 パーセントでの入次数平均の平均値は、それぞれ 67.5 と 39 である。それらの取引ネットワーク間における平均的な企業の取引企業数の差は約 28 社となる。入次数分散は取引ネットワーク内における中心性のばらつきを計測する指標の 1 つである。入次数分散の平均値は 75,498 である。パレート分布を仮定すると、平均的なネットワークにおける形状パラメータは約 2 であると推定できる⁷。したがって、平均的なネットワークにおいて、90%の企業の取引相手数は 3 社以下であり、残り 10%の企業が多く企業と取引をしていると解釈できる。

3.3 ショックの伝播

理論考察において、ボナチッチ中心性の分散が大きくなるにつれて、産業の GDP の変動も大きくなることを導いた。ある一定のショックに対して、取引相手数が一部の企業に集中するような非対称的なネットワークの場合、そのショックが産業の GDP の変動を増幅させる可能性がある。TDB 景気 DI の変化率とネットワーク指標を用いて、この仮説を検証する。その際、最終的な GDP の変動を 2020 年 2 月から 5 月の TDB 景気 DI の変化率で捉え、これを被説明変数とする。また、ボナチッチ中心性の分散の特別ケースとして、ページランクの分散と入次数の分散を用い、これらを主な説明変数とする。初期のショックを 2020 年 1 月から 2 月の TDB 景気 DI の変化率で捉え、主なコントロール変数として利用する。推定式は

$$DI \text{ 変化率}_i = \beta_0 + \beta_1 \text{中心性の分散}_i + \beta_2 \text{初期 } DI \text{ 変化率}_i + \beta_3 X_i + \epsilon_i \quad (23)$$

となる。推定式 (23) は、初期のショックの大きさをコントロールした上で、ネットワークの非対称性と経済活動の変化の関係を推定することになる。DI 変化率が全て負の値を取っていることに注意すると、中心性の分散が大きくなると、DI 変化率は 0 から遠ざかり小さくなる。したがって、共通ショックと固有ショックが同方向に影響を及ぼしていると仮定すると、理論的示唆は $\beta_1 < 0$ を意味する。

表 4 はページランクと入次数を中心性の分散として使った回帰分析の結果である。表 4 の推定結果によると、どの回帰分析においても、中心性の分散についての係数は負の値を取り、

⁷ $\frac{58}{75,498} = 0.0008 = (k-1)(k-2)$ を k について解くと、 $k \approx 2$ となる。

表 4: 次数中心性とページランクとショックの回帰分析

	従属変数: DI 変化率 (2月-5月)			
	DI 変化率 (2月-5月)			
	ページランク		入次数	
	(1)	(2)	(3)	(4)
中心性の分散	-7.50*** (2.82)	-4.28* (2.53)	-0.005*** (0.001)	-0.004*** (0.001)
DI 変化率初期値		0.99*** (0.09)		1.01*** (0.09)
中心性の平均値	44.01*** (14.23)	24.92* (12.80)	0.76*** (0.29)	0.71*** (0.25)
定数	-38.69*** (0.85)	-29.75*** (1.10)	-37.41*** (0.84)	-29.09*** (1.03)
観察数	490	490	490	490
R ²	0.02	0.22	0.02	0.24
Adjusted R ²	0.02	0.22	0.02	0.23

注 1: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

注 2: ページランク分散は 10^8 、ページランク平均は 10^4 、入次数分散は 10^{-2} 、入次数平均は 10^{-1} でスケールリングしている。

統計的に有意となっている。したがって、中心性の分散が大きくなるにつれて、TDB 景気 DI の落ち込みが大きくなるという関係となっている。表 4 の (2) の中心性の分散の推定値を用いると、中心性の分散の 1 標準偏差の変化は、DI 変化率を 1%分だけ、DI 変化率の 0.15 標準偏差分だけ下落させる。表 4 の (4) の推定値の場合、中心性の分散の 1 標準偏差の変化は、DI 変化率を 2.6%分だけ、DI 変化率の 0.39 標準偏差分だけ下落させる。DI 変化率の初期値についての係数は正の値を取り、統計的に有意となっている。したがって、初期における DI 変化率の落ち込みが大きくなるにつれて、その後の景気 DI の落ち込みも大きくなる関係となっている。

ショックの大きさを TDB 景気 DI の初期値でコントロールしていることを考慮すると、中心性の分散が大きような非対称的な取引ネットワークを有している業種と地域において、負の経済ショックが増幅すると解釈できる。理論考察を援用すると、共通ショックに伴う固有ショックが GDP の水準とその変動に影響を与え、共通ショックと固有ショックが同方向に影響を及ぼした推察できる。つまり、ネットワークの非対称性が重要な役割を果たした可能性が高い。図 2 は binsreg を利用して、TDB 景気 DI の変化率と中心性の分散の関係を可視化している。表 4 の回帰分析の結果が示す通り、TDB 景気 DI の変化率と中心性の分散は右下がりの関係になっている。

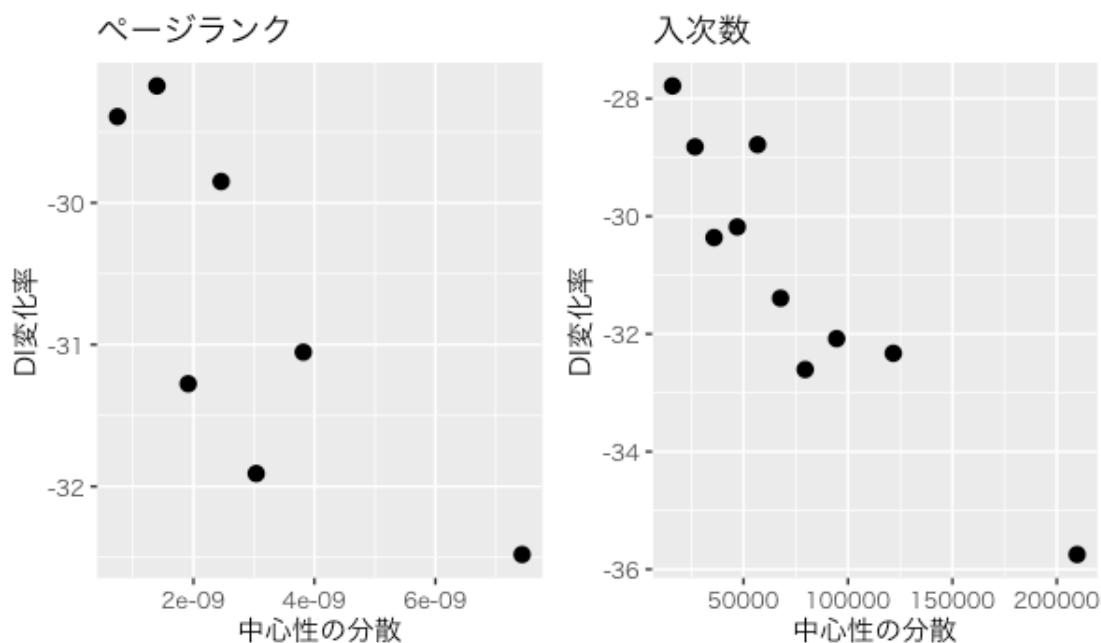


図 2: TDB 景気 DI の変化率と中心性の分散の関係

4 結び

本稿では、経済ショックと取引ネットワークの関係を理論と実証の両面から考察した。理論考察での主な結論は、(i) 経済ショックの本質が供給ショックであるか、需要ショックであるかによって、ショックの伝播の方向が異なること、(ii) 取引ネットワークが非対称的な特徴を有していると、経済ショックが増幅することであった。これらの理論的な考察をもとに、TDB 景気DIとTDB取引関係のデータを用いて実証分析を行った。実証分析の結果は、(i) COVID19拡大期とリーマンショック期では経済ショックの質が異なっていること、(ii) 取引ネットワークの中心性のばらつきが大きくなると、TDB 景気DIの下落が増幅されることであった。

COVID19拡大による経済への影響を供給ショックと捉えるか、需要ショックと捉えるかによって、理論考察による経済政策への示唆は大きく異なる。例えば、不要不急の外出自粛により、在宅勤務や営業停止に追い込まれ、労働供給や稼働率が低下したと考えると、生産性へのショックとして捉えることもできる。しかしながら、TDB 景気DIからも見て取れるように、COVID19拡大による経済への影響は経済活動の自粛による需要消滅の側面が強く、需要ショックと捉えるの適切であろう。この場合、取引ネットワークの下流に位置している企業、多くのサプライヤー企業/産業から調達しているカスタマー企業/産業へのショックを和らげる経済対策が有効となる。例えば、経済対策として、それらの企業の需要を喚起するような政策などが考えられる。また、産業レベルにおいて中心性の分布や信用取引ネットワークの構造を把握することによって、ショックへの脆弱性を産業毎に判別でき、経済対策を脆弱な産業へ傾倒させることが有効となるだろう。

実証分析において因果関係まで確立することはできなかったが、興味深い相関関係を明らかにすることができた。経済ショックと取引ネットワークの関係についての既存研究においては、産業連関表を用いて実証分析が行われており (Carvalho, 2014; Acemoglu et al., 2016)、企業単位で構築された取引ネットワークの特徴とは関連付けられていなかった。この点を克服し、産業と地域の組み合わせから成り立つ490のネットワークから、取引ネットワークの非対称性と経済ショック増幅の関係を一般的に明らかにしたことに、本研究の学術的意義がある。本研究の実証分析は、いくつかの政策示唆も提供する。1つ目は、TDB 景気DIのような実態経済を捉える先行指標を利用することで、経済ショックの影響を迅速に把握でき、政策立案に活用できることである。GDP統計のような正確性はないが、速報性に秀でており、緊急に対応が迫られる経済ショックへの対応に役立つと考えられる。2つ目は、初期の経済ショックの大きさがその後の経済ショックと比例関係にあるのがデータで確認できたことである。このことは、データに基づいて、異なる産業や地域への初期対応の順序付けを可能にする。3つ目は、ショックの種類と取引ネットワークの特徴をデータで把握することにより、経済ショックの影響を定量的に捉えられることである。地域や産業レベルで想定される経済ショックの影響を事前に把握することができ、きめ細やかな対策の検討を可能にする。政策示唆に富む実証結果を得ることができたが、実証分析で用いられた指標や手法について

は精緻化の必要があり、それらは今後の研究課題である。

参考文献

- [1] Acemoglu D., Akcigit U and Kerr W. (2016). Networks and the macroeconomy: An empirical exploration. *NBER Macroeconomics Annual*, 30, 276-335.
- [2] Acemoglu D., Carvalho, V. M., and Tahbaz-Salehi, A. (2012). The network origins of aggregate fluctuations. *Econometrica*, 80(5), 1977-2016.
- [3] Altinoglu, L. (2020). The origins of aggregate fluctuations in a credit network economy. *Journal of Monetary Economics*, 28(4), 23-48.
- [4] Baqaee, D. R. (2018). Cascading failures in production networks. *Econometrica*, 86(5), 1819-1838.
- [5] Baqaee, D. R., and Farhi, E. (2020). Productivity and misallocation in general equilibrium. *The Quarterly Journal of Economics*, 135(1), 105-163.
- [6] Carvalho, V. M. (2014). From micro to macro via production networks. *Journal of Economic Perspectives*, 28(4), 23-48.
- [7] Carvalho, V. M., and Tahbaz-Salehi, A. (2019). Production networks: A primer. *Annual Review of Economics*, 11, 635-663.