

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

金融経済データからの産業連関表を活用した為替変動の波及効果の分析と可視化

Analysis and Visualization of the Spillover Effects of Exchange Rate Fluctuations Using Input-Output Tables from Financial and Economic Data

戸田 真聰 (Masato Toda)
u120028@st.pu-toyama.ac.jp

富山県立大学 工学部 情報システム工学科 情報基盤工学講座

11:55-12:10, Monday, February 10, 2025

1.1 研究の背景

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

- 近年、**金融工学**は計算機性能の向上やデータサイエンス手法の進化に伴い、**飛躍的な発展を遂げている。**
- 特に顕著な例として、1990 年代半ばの外国為替証拠金取引の自由化を契機に本格化した外国為替市場の拡大と情報化の進展が挙げられる。
- **将来予測などの分野は成長しているにもかかわらず、外国為替市場の変動が実体経済へ与える影響については、産業間の波及効果を考慮した包括的な分析が十分に行われていない。**

1.1 研究の背景

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

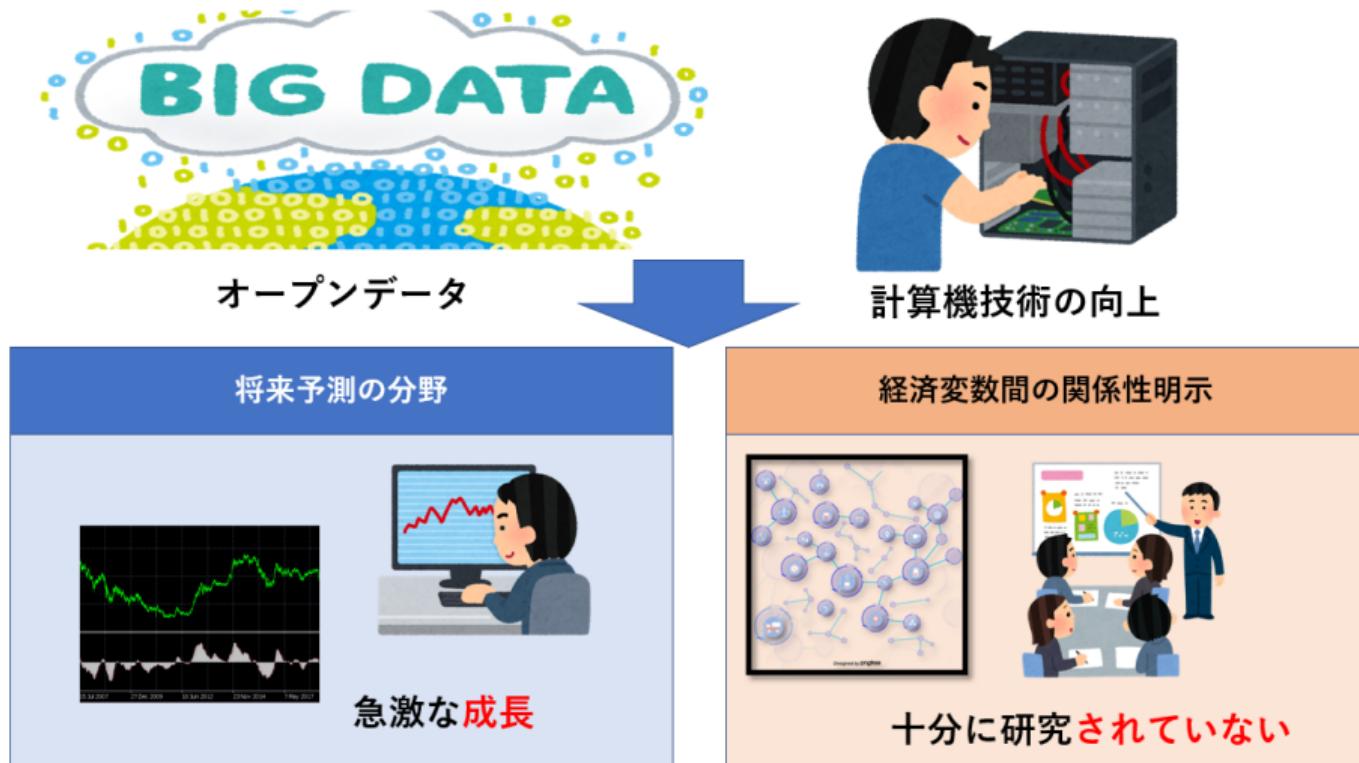


図 1: 本研究の背景

1.2 研究の目的

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

- 産業連関表を活用して、為替変動がどの産業にどの程度の影響を与えるかや、ある産業における為替変動の影響が他の産業にどのように波及するのかを金融経済データとともに分析することによって、**経済動向の把握を支援すること**を目指す。
- 産業連関表の三角化を行い、日本における産業構造を分析することで主要なサプライチェーン構造を抽出し、それを3Dグラフ・ネットワークを用いて描画することで**日本の産業構造が把握できるようなシステムの実装**を目指す。

1.2 研究の目的

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

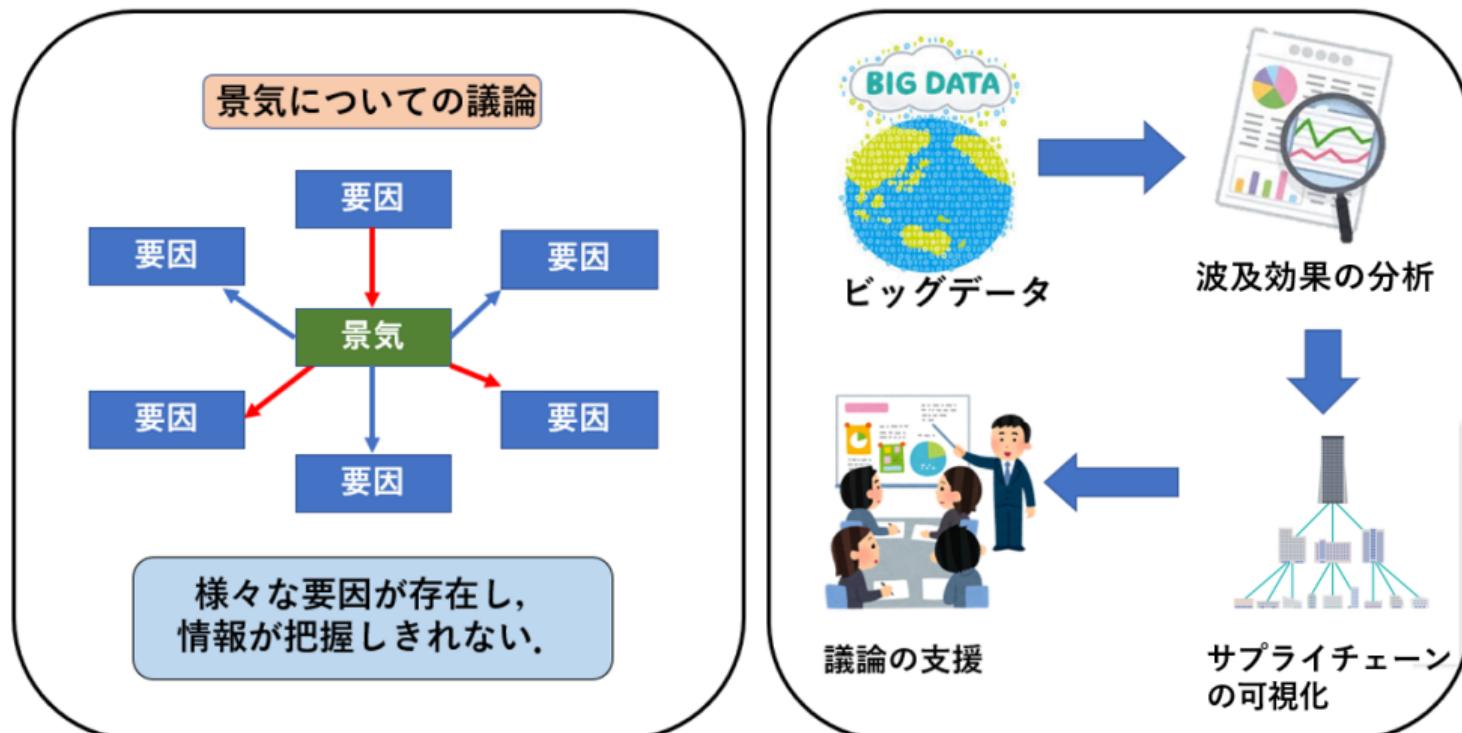


図 2: 本研究の目的

2.1 産業連関分析と具体例

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

- 産業連関表は**1年間において財・サービスが各産業部門間でどのように生産され販売されたか**について、行列の形で一覧表にまとめたものである。
- 表を**縦方向**に見ると各産業が**どれくらい**の原材料や人件費等の費用を使って財・サービスを**生産したか**、表を**横方向**に見ると各産業が**生産した財・サービスをどこに販売したか**がわかる。
- 日本では**原則5年おき**に産業連関表が作成され、イベント開催、観光による経済効果の分析など様々な分析に利用されている。

2.1 産業連関分析と具体例

7/30

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに



【ヨコ】どこに販売したか→

△△△ 何から生産されたか↓

	野菜	種・苗木	肥料	電気・水	加工食品	家計	輸出	生産額
野菜					80	100	20	200
種・苗木	50							
肥料	60							
電気・水	40							
加工食品								
資金	30							
利潤	20							
生産額	200							

大阪府総務部統計課情報企画グループ
 「早わかり！産業連関表」～産業連関表の紹介・見方・使い方～
<https://www.pref.osaka.lg.jp/documents/12508/renkanhyou.pdf>

表この流れを産業連関表で
 表してみると
 ・・

図 3: 産業連関表の構造

2.2 産業連関表からの波及効果の導出

8/30

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

- ある産業に**需要が発生**したとき、その産業の**生産を誘発**するとともに、その産業と取引のある**他産業**にも**原材料需要が発生**し、さらに**他産業**に、といったように**産業全体**に次々に**波及**していくことになる。
- 逆行列係数表は、各部門に対する1単位の需要増があった場合、どの部門の生産がどれだけ誘発されるかを示したものである。
- 逆行列係数を用いることで、容易に**波及効果**を求めることできる。

2.2 産業連関表からの波及効果の導出

9/30

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

○逆行列係数

	小麦	小麦粉	パン
小麦	1	0.4	0.25
小麦粉	0	1	0.625
パン	0	0	1
列和	1	1.4	1.875

例: パンの需要が1,000円増加

逆行列係数			需要	生産誘発額
1	0.4	0.25	0	250
0	1	0.625	0	625
0	0	1	1,000	1,000

$$1 \times 0 + 0.4 \times 0 + 0.25 \times 1,000 = 250$$

$$0 \times 0 + 1 \times 0 + 0.625 \times 1,000 = 625$$

$$0 \times 0 + 0 \times 0 + 1 \times 1,000 = 1,000$$

$$\text{合計} = 1,875\text{円}$$

茨城県企画部統計課 閲覧日2024.2.6
 経済波及効果分析の手引き～産業連関表の活用～
<https://www.pref.ibaraki.jp/kikaku/tokei/fukyu/tokei/betsu/sangyo/documents/bunseki-tebiki.pdf>

図 4: 逆行列係数による波及効果の導出例

2.3 三角化によるサプライチェーンの抽出

10/30

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

- 産業連関表の三角化は、**産業連関表の配列を最終財産業, 中間財産業, 基礎素材産業の順で並べ替え**、産業連関表の対角線下に取引を集めるようにする手法。
- 産業連関表に**三角化を適用**すると、複雑に絡み合った産業取引構造から主要な**サプライチェーン構造を抽出**することができ、産業の性質や経済構造の変化の分析に役立てている。
- サプライチェーンは、原料から製造過程を通じて最終消費者に向かうまでの一連の流れのこと。

2.3 三角化によるサプライチェーンの抽出

11/30

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

公表されている産業連関表を見ただけでは、
産業構造の特徴を把握することは困難である

		01	06	11	
		農林漁業	鉱業	飲食料品	
01	農林漁業	1602758	51	7253568	
	鉱業	383	1276	7050	
11	飲食料品	1410220	0	7720587	

→ 産業構造の特徴をより簡単に把握するため、
三角化を用いて産業連関表の再構成を行う

上からサプライチェーンの下流(消費者に近い産業部門)順に並んでいる



整数計画問題を解くことで**三角化**を行う

$$\text{maximize} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n ((A_{ij} - A_{ji})X_{ij} + A_{ji})$$

subject to

$$0 \leq X_{ij} + X_{jk} - X_{ik} \leq 1 \quad (i < j < k; i, j, k \in N), \\ X_{ij} \in \{0, 1\} \quad (i < j; i, j \in N).$$

A_{ij} : i 行 j 列の投入係数

X_{ij} : i 行 j 列のバイナリ変数

	生産用機械	医療・福祉	教育・研究	対個人サー	飲食料品	農林漁業
生産用機械	1	0	0	0	0	0
医療・福祉	1	1	0	0	0	0
教育・研究	1	1	1	0	0	0
対個人サービス	1	1	1	1	0	0
飲食料品	1	1	1	1	1	0
農林漁業	1	1	1	1	1	1

図 5: 三角化の目的と手法

3.1 為替変動と日経平均株価の関係

12/30

1. はじめに
2 産業連関分析による波及効果

3 金融経済変数の影響の見える化

4 提案手法

5 数値実験並びに考察

6 おわりに

- 株価と為替は密接に関係している。為替の動きが株価に影響を与える場合もあれば、逆に株価の動きが為替に影響を与えることもある。
- 日本において為替と株価との間には、一般的に「正の相関がある」と言われている。

理由として以下のことが挙げられる。

- 日経平均を構成している企業は輸出企業が多く、円安になるとそれらの企業の業績が良くなり、株価が上がる。
- 円高になると外国人投資家が利益を確定させるために日本株を売ることで株価が下がる。

3.1 為替変動と日経平均株価の関係

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

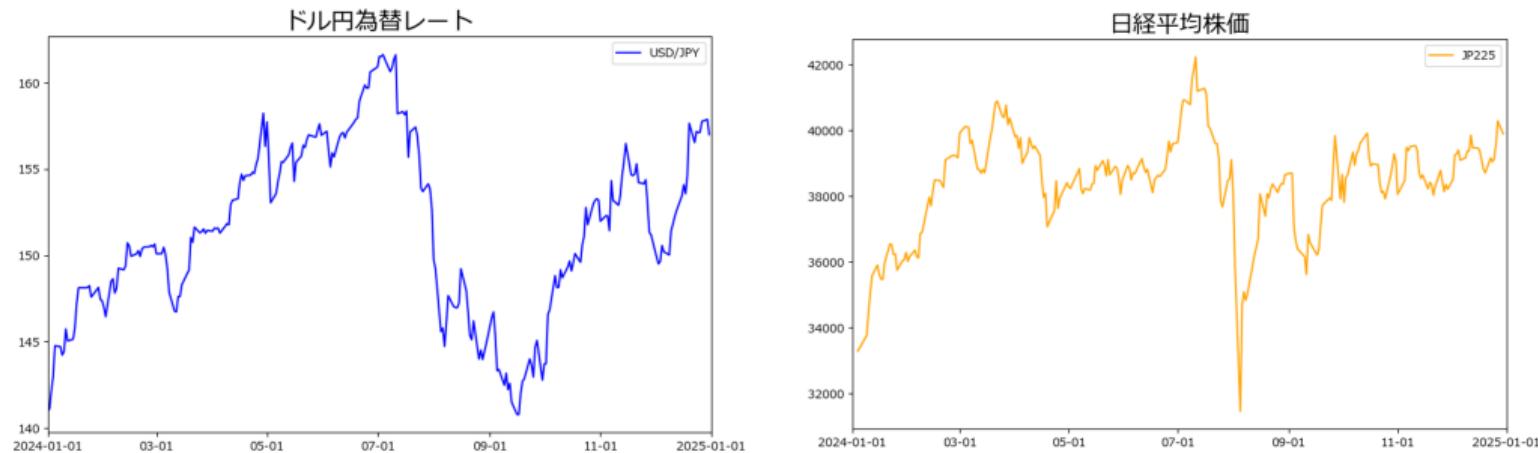


図 6: 直近 1 年間の日経平均株価とドル円為替レートの推移

3.2 金融経済要因の見える化

1. はじめに
2 産業連関分析による波及効果

3 金融経済変数の影響の見える化

4 提案手法

5 数値実験並びに考察

6 おわりに

- グラフネットワークは、複雑なデータ構造を複数のノードとそれをつなぐエッジで表現し、要素の相互作用を可視化するための手法。
- エッジに方向がない無向グラフと、エッジに方向がある有向グラフがあり、影響の大きさを表す値をラベルとしてエッジに付与する重み付きグラフもある。
- 産業連関表は、重み付き有向グラフとして表すことができる。またグラフネットワークを用いて金融経済変数の因果関係を可視化する研究¹もある。

¹蒲田 涼馬，“金融変数と実体経済変数の因果探索と数法則発見法による波及経路のモデル化と可視化-”，富山県立大学学位論文 2024

3.2 金融経済要因の見える化

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

↓

消費者側

生産者側 ⇒

	農業	工業	商業	最終需要	総生産量
農業	80	120	170	70	440
工業	250	230	80	40	600
商業	70	80	190	150	490
付加価値	40	170	50		
総生産量	440	600	490		

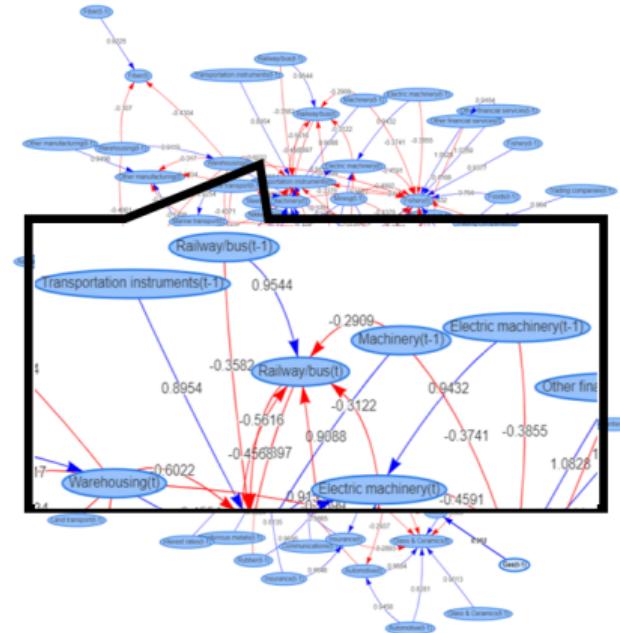
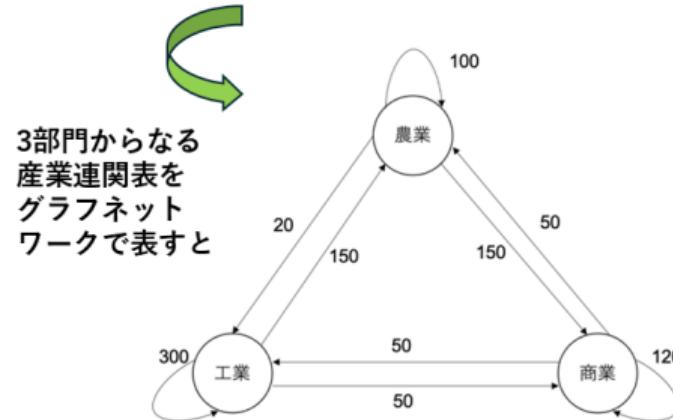


図 7: グラフネットワーク活用の例

3.3 産業連関表による為替変動時の産業への影響

1. はじめに

2 産業連関分析による波及効果

3 金融経済変数の影響の見える化

4 提案手法

5 数値実験並びに考察

6 おわりに

- 従来研究²では、対ドル円相場が10%円安に動き、各産業の輸出入価格が米ドル建て契約の割合だけ上昇した場合、各産業に及ぼす影響を産業連関表(2000年、2005年、2015年の3時点)を用いて試算した。

この研究により、以下のことがわかった。

- 石油・石炭製品部門、ガス・熱供給・電力部門は、生産に占める輸入原材料の比率が高く、輸入価格の影響を直接受けやすい産業である。
- 2000年と比較すると2015年では円安によるそれらの産業へのマイナスの影響が大きくなっている。

²日本経済研究センター 小野寺 敬、落合 勝昭、田原 健吾、"円安メリット薄れる国内産業-原発停止や海外現地生産が背景に-", 2019年11月

3.3 産業連関表による為替変動時の産業への影響

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

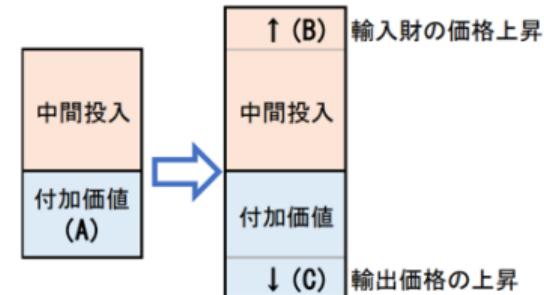
式(1)により、輸入価格上昇による国内価格の押し上げ効果を計算した。図の(B)に相当

$$\Delta P_d = (I - A'_d) \cdot A'_{im} \cdot \Delta P_{im} \quad (1)$$

輸入価格の上昇は、次の2つの要因で捉えることができる
 ・直接的なコスト増（一次波及要因：式(2)で算出）

$$\Delta P_d = A'_{im} \cdot \Delta P_{im} \quad (2)$$

・企業間の取引を通じて国内価格に転嫁される間接的なコスト増（投入構造要因：式(1) - 式(2)で算出）



A_d : 国産品投入係数行列

A_{im} : 輸入品投入係数行列

P_d : 国産品価格ベクトル

P_{im} : 輸入品価格ベクトル

輸入価格変動の影響の算出式 図の(B)/(A)に相当 輸出価格変動の影響の算出式 図の(C)/(A)に相当

$$\Delta P_d \div \text{付加価値額} \div \text{国内生産額}$$

$$\text{輸出価格上昇率} \times \text{輸出額} \div \text{付加価値額}$$

図 8: 為替変動時の産業への影響の算出方法

4.1 3D グラフによるサプライチェーン構造の可視化

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

- 産業連関表の三角化によって得られたバイナリ変数行列を **グラフネットワーク**を用いて表現する。
- 産業連関表の三角化後のバイナリ変数行列は、行列の中身の数値がすべて0か1であり、**産業部門間の取引量の違いを読み取ることができない**。
- 産業連関表の**投入係数を入れること**によって、ある産業部門の国内生産額に占めるその他の産業部門からの供給量の割合を読み取ることができるようにした。

4.1 3D グラフによるサプライチェーン構造の可視化

19/30

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに



	A	B	C	D
1		農林漁業	鉱業	飲食料品
2 農林漁業		1	0	1
3 鉱業		1	1	1
4 飲食料品		0	0	1
5 繊維製品		1	0	1
6 パルプ・紙・木製品		1	0	1
7 化学製品		1	0	1
8 石油・石炭製品		1	0	1
9 プラスチック・ゴム製品		1	0	1
10 窯業・土石製品		1	0	1

	A	B	C
1	from	to	effect
2 農林漁業	農林漁業	飲食料品	0.1905628
3 農林漁業	農林漁業	教育・研究	0.0013825
4 農林漁業	農林漁業	医療・福祉	0.0019559
5 農林漁業	農林漁業	対個人サービス	0.0165897
6 鉱業	鉱業	農林漁業	3.10E-05
7 鉱業	鉱業	飲食料品	0.0001852
8 鉱業	鉱業	繊維製品	0.0002047
9 鉱業	鉱業	パルプ・紙・木製品	0.0021791
10 鉱業	鉱業	化学製品	0.0042466

農林漁業部門のノードから**飲食料品部門**のノードに向かってエッジが伸びているとグラフネットワークでは表現できる



投入係数

図 9: バイナリ変数行列のグラフネットワークによる表現

4.2 為替変動の各産業への影響と金融経済変数との相関

20/30

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

- 従来研究を参考に、ドル円為替レートの日足データを用いて一日ごとの為替変動による各産業への影響を求めた。
- 産業連関表による為替変動時の各産業への影響と業種別株価との相関を求める際に、産業連関表における部門の分け方と株価における業種の分け方とで違いがあるため、24種に統合した。
- 相関を求める計算は、ピアソンの積率相関係数で行っている。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

4.2 為替変動の各産業への影響と金融経済変数との相関

21/30

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

Table 1: 産業連関データと業種別株価データの統合表

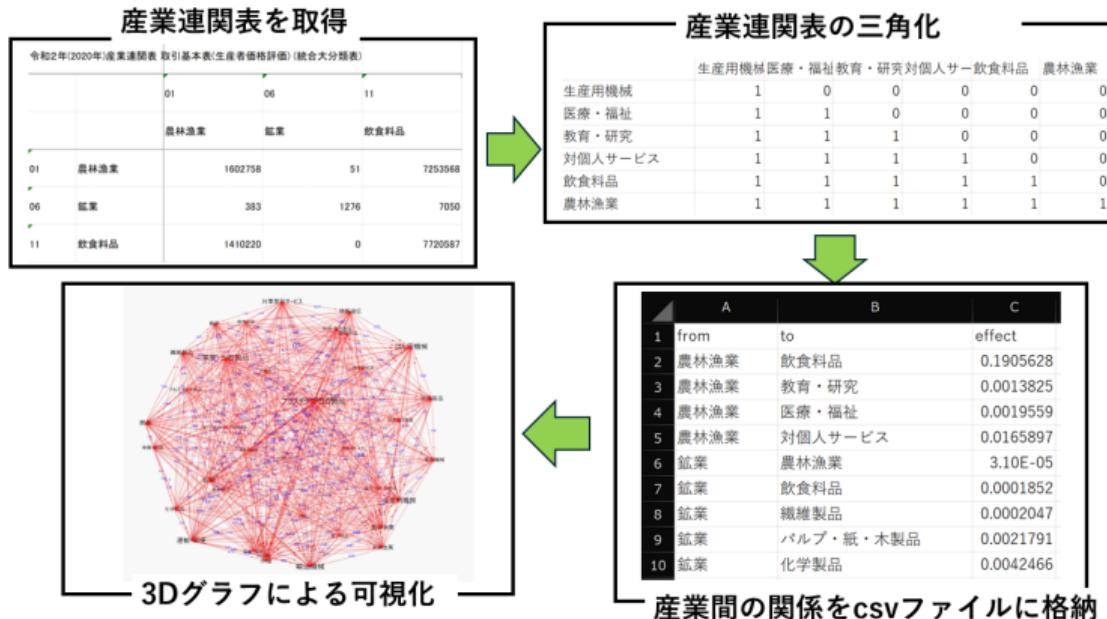
産業連関表(部門)	株価(業種)	産業連関表(部門)	株価(業種)
農林漁業	水産	鉱業	鉱業
飲食料品	食品	繊維製品	繊維
パルプ・紙・木製品	パルプ・紙	化学製品	化学
石油・石炭製品	石油	プラスチック・ゴム製品	ゴム
窯業・土石製品	窯業	鉄鋼	鉄鋼
非鉄金属・金属製品	非鉄金属製品	はん用機械、生産用機械、業務用機械	機械、精密機器
電気機械、電子部品、情報通信機器	電気機器	輸送機械	輸送用機器、造船、自動車
その他の製造工業製品	その他製造	建設	建設
電力・ガス・熱供給	電力、ガス	商業	商社、小売業
金融・保険	銀行、証券、保険、その他金融	不動産	不動産
運輸・郵便	陸運、海運、空運、鉄道、バス、倉庫	情報通信	通信
医療・福祉	医薬品	対事業所サービス、対個人サービス	サービス

4.3 提案手法のアルゴリズム

22/30

- 3D グラフによるサプライチェーン構造の可視化の流れを以下に示す。

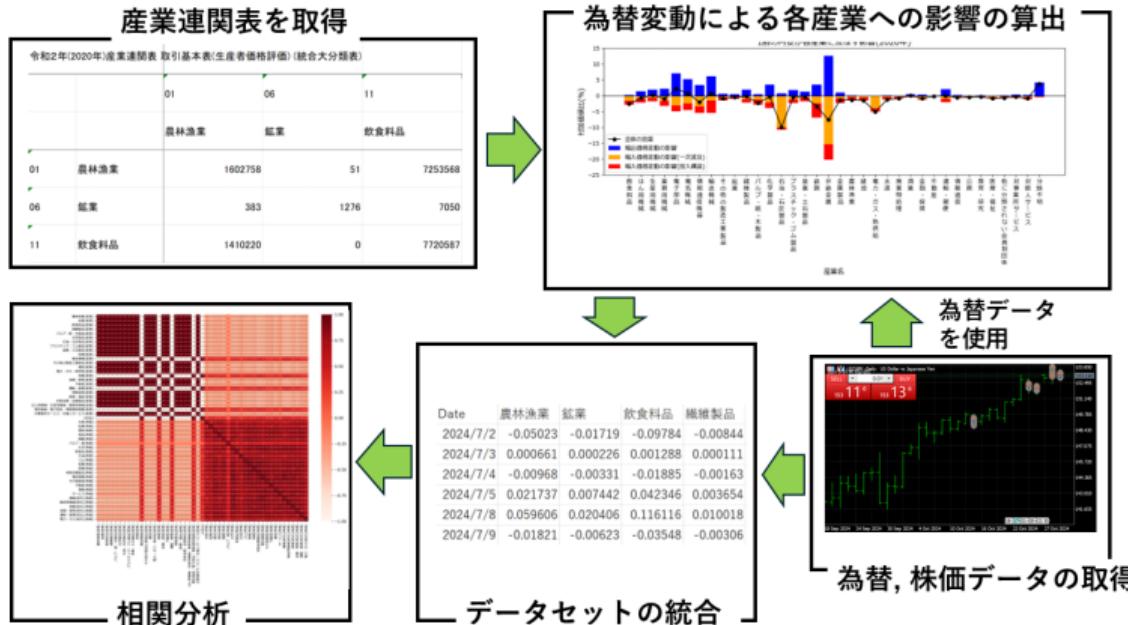
- はじめに
- 産業連関分析による波及効果
- 金融経済変数の影響の見える化
- 提案手法**
- 数値実験並びに考察
- おわりに



4.3 提案手法のアルゴリズム

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

- 為替変動による波及効果、株価との相関分析の流れを以下に示す。



5.1 実験の概要

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

本研究では、主に以下の二つの実験を行った。

- 対象期間の一日ごとの為替変動による各産業への影響値と業種別平均株価との相関を求め、考察を行う。
- 1割の円安が各産業に与える影響を算出し、間接的な影響が大きい産業部門に対して導出したサプライチェーンから波及経路の考察を行う。

5.1 実験の概要

- はじめに
 - 産業連関分析による波及効果
 - 金融経済変数の影響の見える化
 - 提案手法
 - 数値実験並びに考察
 - おわりに

用いるデータ

為替変動の影響分析：

2020年総務相「産業連関表」取引基本表 37部門

輸出・輸入物価指数(2020年基準)2023年12月時点

企業向けサービス価格指数(2020年基準)2024年3月時点

ドル円為替レートの日足データの終値

株価：日経500種平均株価の構成銘柄500企業の日足データの終値を業種別に平均をとったもの

対象期間

2024年7月1日～2024年12月1日

二 相関分析

為替変動の影響分析では、前日と当日のドル円の終値変動率を使用。

業種別株価についても、日足データから終値変動率を算出したデータを使用。

■ 為替、株価データ

	A	為替, 株価データ			D	E
1	Date	usdJPY	水産(株価)	鉱業(株価)	建設(株価)	
2	2024/7/2	0.375991	0.142441	0.536285	0.316716	
3	2024/7/3	-0.00495	-0.55055	-1.5719	0.645906	
4	2024/7/4	0.072447	-1.1644	0.478524	0.722101	
5	2024/7/5	-0.16273	-0.96701	-0.25821	-0.61869	
6	2024/7/8	-0.44621	-0.66357	7.651153	-0.57868	
7	2024/7/9	0.136328	0.084798	-3.42008	0.388803	

為替変動の影響の算出結果

A	為替変動の影響の算出結果			
	Date	農林漁業(産業)	鉱業(産業)	飲食料品(産業)
1	2024/7/2	-0.05022513	-0.01719	-0.097842668
2	2024/7/3	0.000661287	0.000226	0.001288242
3	2024/7/4	-0.009677487	-0.00331	-0.018852537
4	2024/7/5	0.021737143	0.007442	0.042345734
5	2024/7/8	0.059605512	0.020406	0.11611642
6	2024/7/9	-0.018210753	-0.00623	-0.035476038

5.2 実験結果と考察

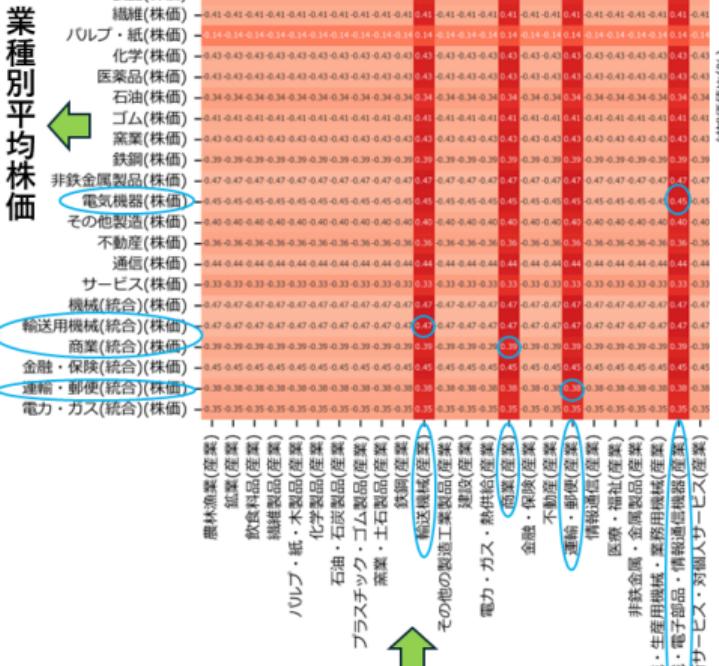
1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

- 円安時にプラスの影響がある産業部門はそれらの業種の株価も上がり、マイナスの影響がある産業部門はそれらの業種の株価も下がると考えられる。
- 実際は**プラスの影響がある産業部門**とそれらの業種の株価は**正の相関**であったが、**マイナスの影響がある産業部門**とそれらの業種の株価は**負の相関**であった。

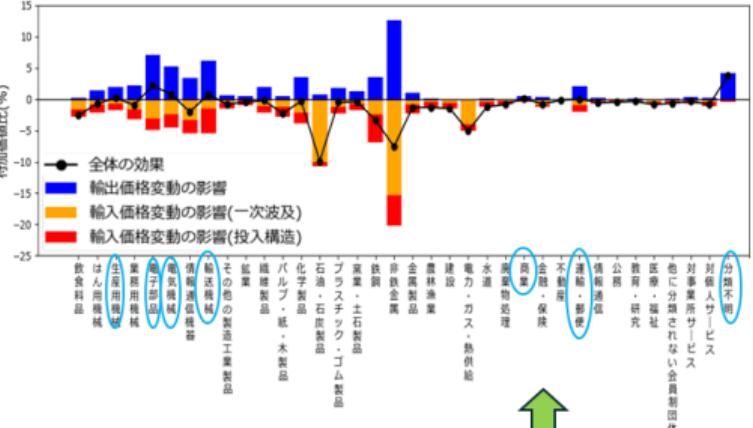
5.2 実験結果と考察

27/30

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに



1割の円安が各産業に与える影響



相関の考察

日経平均株価の構成銘柄に輸出企業が多く含まれているなどの理由により、「ドル円為替レートと日経平均株価は正の相関になる」という背景があるため、このような結果になったと考えられる。

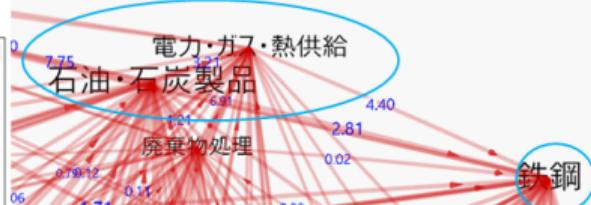
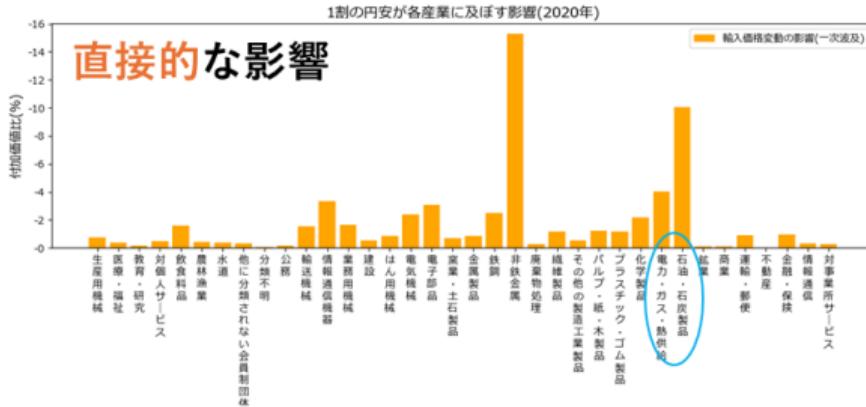
5.2 実験結果と考察

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

- 1割円安時の輸入価格変動の影響を、左から産業連関表の三角化により抽出したサプライチェーンの下流順に産業部門を並び直した。
- 非鉄金属や鉄鋼は為替変動時の間接的な影響が大きいが、それよりもサプライチェーンの上流にいるかつ為替変動時の直接的な影響が大きい産業部門の製品やサービスを多く扱っているからと考察できる。

5.2 実験結果と考察

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに



作成した3Dグラフを確認すると、為替変動時の**直接的な影響**が大きい部門である石油・石炭製品、電力・ガス・熱供給から鉄鋼に向かってエッジが伸びていることが確認できる

6 おわりに

30/30

まとめ

1. はじめに
- 2 産業連関分析による波及効果
- 3 金融経済変数の影響の見える化
- 4 提案手法
- 5 数値実験並びに考察
- 6 おわりに

- 日本の産業構造や経済動向の把握を支援するため、産業連関表を活用した為替変動による波及効果の分析、金融経済データとの相関分析、また3Dグラフによるサプライチェーン構造の可視化を行った。

今後の課題

- 為替変動が各産業や株価に影響を与えるまでのラグについて調べ、それらを考慮した分析を行う。
- 産業連関表の作成当時と分析時とで産業構造が大幅に変化している恐れがあるため、リアルタイム性を考慮した産業連関表を作成する。
- サプライチェーン構造を見やすくするため、3Dグラフのデザインの変更やシステムに新しい機能を追加する。