

平成 29 年 6 月 5 日現在

機関番号：32641

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K13019

研究課題名(和文) 個別産業分野の変動における固有振動成分の存在とその抽出の研究

研究課題名(英文) Identification and extraction of characteristic vibrations in fluctuations of industries' production index

研究代表者

鳥居 昭夫 (TORII, akio)

中央大学・経済学部・教授

研究者番号：40164066

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：企業の外部環境が循環性を示さなくとも、企業固有の理由で生産水準を循環的に変動させることが合理性であることがある。特に生産の循環的変動を同期することは事業所間の取引決定において重要であり、企業間取引ネットワーク形成の1要因となる。有機化学工業において、生産活動は実際に平準化されず循環的性格を持つこと、それら変動は出荷の変動という外生的な要因が反映されたものではなく、自律的に生じたものであることを実際に確認できる。

研究成果の概要(英文)：Firms may intentionally vibrate their production levels cyclically although there are no cyclical fluctuations in their environments. Synchronizing phases in production cycles between enterprises is especially important to determine which company to trade, so that it is a factor in forming inter-company trading networks. In Japan's organic chemical industries, a discrete Fourier transformation analysis on time-series data in productions and shipments shows that they exhibit cyclical fluctuations and some of fluctuations are independent from those in shipments, which imply their autonomous characteristics of the fluctuations.

研究分野：経済政策

キーワード：生産の循環的変動 企業間関係 取引ネットワーク 生産管理

1. 研究開始当初の背景

Metzler (1941) に始まる在庫循環モデルにおいては、代表的企業の生産量等意思決定が、市場全体で集計された需要等のマクロの指標に依存する形で定式化され、定差方程式や微分方程式の解の動きが解析されてきた。適切なマクロの指標がある場合には、個々の企業もマクロ指標を部分的に意思決定の参考にすることはあるかもしれない。

しかし、こうしたモデルにおいては、企業を過去から継続している特定の取引相手との相対取引の推移を観察し、それらの実績を下に次期の生産計画等の意思決定を行うと考える主体としてとらえることはない。個別相対取引を行う主体として企業をとらえるということは、相対取引のネットワークの一つのノードとして企業をとらえるということでもある。通常、密接な取引関係にある企業において様々な理由によって、生産水準の変動が生じている場合、それら変動を考慮して自らの生産水準をコントロールすることが自然であると思われる。取引を行う双方の企業は、その取引が重要であればあるほど、互いの生産活動水準の変動に応じて、在庫費用を含めた総生産費用を最小化すべく、調整が行われると思われる。しかし、従来の在庫循環モデル等においては、取引相手である企業の生産性変動を独立なものとしてとらえ、マクロ指標以外に互いに何らかの同期を持つ可能性を考慮してこなかった。

需要の予期せぬ拡大縮小や、生産調整の必要等、何らかの取引の擾乱が生じると、企業は個々に独立した調整を行おうとする。この個別の調整の結果として、擾乱が取引ネットワーク上を伝播する。これまで、カスケードと呼ばれる波及過程が生じると考えられることもある(Acemoglu et al.(2012))が、一般にはこれらの擾乱は時間の経過と共に減衰すると考えられてきた。

2. 研究の目的

本研究は、個別市場における生産活動等の変動において、企業の意図した循環的変動が存在し得ることを、モデル分析によって理論的に説明し、さらに、それら固有振動と考えられる成分を、特定市場において観測されたデータから、実際に抽出を試みることを目的としている。具体的には、A.生産水準の循環的変動が存在することを説明する理論モデルの構築、B.循環的変動の特性の、特に企業間関係のネットワークとしての特性との関係における分析、C.特定の産業における生産時系列データを用いた循環的成分の抽出を試みるものである。

3. 研究の方法

目的Aについては、大規模事業所において、出荷する製品の取引先の数が増える多く、そのため出荷量が連続的とみなされる場合にも、在庫水準が循環的変動を示す可能性が

あることを示すことによって実現する。従来の在庫管理モデルにおいては、出荷量が連続的である場合、生産量をあえて循環的に変動させる合理性を説明できない。こうした場合には、逆に生産をいかに平準化させるかが多くの文献の課題となってきた。説明される個別企業の生産活動の循環的性質は自律的に定まるものであり、企業ないしは事業所の固有な性質に依存して発生するものである。すなわちこの循環性は、外部環境に存在する循環性を反映して発生する循環性ではなく、外部環境が循環性を示さなくとも企業固有の理由で発生する循環性である。個々の事業所において在庫水準が自律的に循環的変動を示す可能性があることが示されると、在庫循環を多くの事業所における個別の循環的変動の同期化ととらえることができ、経済循環にこれまでとは異なる視点を与える可能性がある。

目的Bについては、当初、企業が築いている、取引関係における複雑なネットワークを主たる対象として、ネットワークが特定の形態を持つとき、擾乱が複数の伝達経路において伝達され、それら伝達経路上で、擾乱どうしが互いに干渉することによって発生する固有の循環的変動要素を実証的に確認することによって実現しようと考えていた。しかし、個別事業所の詳細なデータのアベイラビリティ、および予算制約による入手可能な企業関連データの規模により目的を修正し、集計された生産水準データにおける循環的変動の分析が、目的Aで明らかにされた循環的変動を同定するのに十分であることを説明する根拠を確認することとした。具体的には、対象とする産業内において、直接取引関係にある企業、同一仕入れ先を持つ企業を一つのグループと見なし、これらの企業の集合が取引先と築いている販売ネットワークの特性を分析し、集計される生産活動データの分析によって個々の企業に予想される循環的変動の分析がどの程度有効であることを確認することを目的としている。

目的Cについては、目的Aで対象とした個別企業の生産水準における自立的な循環的変動を、公表されている『経済産業省生産動態統計調査』を用いて確認することによって実現する。具体的には、生産動態統計化学工業編の月次データを用いて、生産水準月次データおよび出荷水準月次データを対象に離散的フーリエ解析を行い、パワースペクトル成分を比較することによって、企業にとって外生的ともなる出荷水準の循環的性質に依存しない、生産水準に固有のパワースペクトル成分が存在することを確認する。

4. 研究成果

(1) 従来の在庫循環理論において、主たる変動の要因として考えられている意図せざる在庫、すなわち、事業所にとって外的なショックが与えられたとき、一般に事業所はそ

の外的ショックを吸収する形で対応するものと想定されているので、それだけでは循環的変動をもたらすメカニズムを説明するものとはならない。そのため、外的な要因ではなく、企業の生産活動および在庫蓄積の意思決定のうち、循環的変動をもたらす要因が存在することを説明するモデルを作成する。循環的変動の主たる要因として考察するのは、生産費用構造の凹性である。生産活動において固定費部分が存在するなどの要因があると、事業所の総費用関数に凹性が表れる。この生産構造の凹性が循環的変動をもたらすことを説明するモデルを作成する。

このモデルは、単一の製品を製造・出荷している事業所を考えている。この事業所のある期日における操業について、生産活動水準に凹性をもって依存した費用が発生すると仮定する。さらに、この事業所からは単位時間あたり一定の出荷が連続的に行われる。事業所は出荷のために製品在庫を維持する。この在庫水準は出荷水準を安定的に実現する必要最小水準の在庫水準であるものとする。1単位あたり時間あたり一定の在庫費用および、生産活動の変更には変更速度の2乗に比例する調整費用がかかると仮定する。

このような仮定の下に作成したモデルについて、費用最小化問題を特定する。ここでは、生産水準ないしは在庫水準に循環的変動を与えることの合理性を説明することを目的とするので、代表的な循環の形である正弦波およびで示される関数形に限定して、この問題の解の性質を解析する。正弦波の周波数を n とおくと、最適な周波数 n の値は、単位調整費用の単位在庫費用に対する比の値の3分の1乗に比例することが分かる。すなわち、調整費用が大きいほど、在庫費用が小さいほど最適な周波数は大きくなる。適当なパラメータの値をこのモデルに設定することによって、周波数0、すなわち、生産水準に循環的変動を設定せず、一定の平準化された値に生産水準を保つより低い費用を実現できる領域が存在することを示すことができる。より詳細に変動の内容を観察すると、1つの生産周期の前半は在庫を積み増し、後半は在庫を用いて生産量を節約することによって、生産を時期的に集中化し生産費用の節約を実現することが分かる。その一方で、平均的な在庫量は増大しているので、在庫費用は循環的変動によって嵩んでいる。さらに、生産を変動させることによる調整費用も循環的変動をもたらすための費用となる。費用関数の凹性による生産費用節約の効果が、これら在庫費用と調整費用との和よりも大きいと、総費用節約が実現できる。正弦波の振動数を調整し、生産水準ないしは在庫水準の循環的変動の周期を調整することによって平均的な在庫量を調整することができる。定常的な生産と在庫量の維持を目指しているとき、需要構造に発生した何らかの外的ショックによって意図せざる在庫が発生した

場合には、その効果を平準化して解消するために細かな調整が必要である。一方、循環的変動として日常的に在庫量を変動させているときには、在庫の上限と下限とを設定してその範囲内に在庫量があるように調整することはより容易であることから、以上の方法の実現は十分に可能であると考えられる。

循環的変動を実現する方法は、正弦波に限られない。上述の方法において、正弦波を三角波に変更して同様の分析を行った。この場合には、最適な周波数 n は調整費用の在庫費用に対する比の平方根に比例する。正弦波を用いる方法に比べてパラメータの値により三角波がより低いコストを実現できる領域が存在することが示される。振動数が少ないときには正弦波を用いた方が総費用を節約する上で優れているが、振動数が多いときには、三角波を用いた方が総費用節約に優れている。

以上の過程では、需要は時間あたり一定の値をとり、平準化されていると仮定している。生産費用構造に凹性がある場合には、生産水準および在庫水準を循環的に変動させる合理性がある。したがって、取引先の経済活動も同様に循環的変動を示す可能性があることを考えねばならない。その場合にも、やはり生産活動を循環的に変動させる合理性があることを示すことができる。この命題はシミュレーションによって分析される。

生産活動と出荷の周期が異なると、在庫水準の変動が重なる結果、一時的に安定的出荷に必要な最低限の在庫量を下回る可能性が生じる。出荷量が一定の場合には、生産量が正弦関数で変動をしても、必ず生産量の増大に生産量の減少が続くため、初期に最小水準を満たしていれば期間を通して最小水準を下回ることはいない。しかし、出荷量が独立した循環を示し生産量の循環と同期しない場合、一時的に大きく在庫量が減少することがある。その場合にも最小限の在庫量を確保するためには、全体の在庫水準を底上げしなければならない。シミュレーションの結果、出荷に循環的変動がある場合には、生産の循環的変動の振動数が異なると、より大きく総費用の差になって表れることが示された。生産が出荷の循環的変動にうまく同期すれば費用を節減できるが、同期に失敗すると総費用が必要在庫の積み増し分だけ増大してしまう。このことから次の仮説を立てることができる。すなわち、もし効率的生産を目指すために循環周期の同期が取引相手の選択の条件となるとすると、系列化と類似する取引ネットワークの形成が観測されるであろう。さらに、取引先と循環的変動を同期することが可能であれば、高い効率性を発揮できるので、取引相手と同期が可能であるかどうかが取引相手選択の動機となる可能性がある。ないしは、同期に成功した場合、高い効率性を実現でき競争力を高めることができる。そうした取引関係が生き残るとすれば、各企業の

生産が同期した企業クラスターが観測できるだろう。

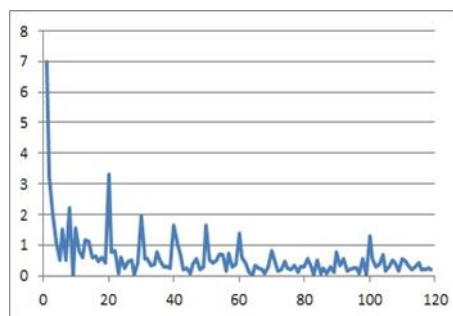
(2) (1)の循環的生産計画モデルから、A. 生産費用関数に凹性があり、かつ生産水準の変更に調整費用がかかる場合、生産水準をあえて循環的に変動させることにより総コストを節約できる場合がある。B. 事業所がそのような生産構造を持つ場合、取引相手の事業所がやはり循環的生産を持つために要求される出荷周期が異なると在庫水準が著しく大きな変動を示す場合がある。このとき取引相手どうして生産活動の循環を同期するインセンティブがある。たとえば、フィナンシャル等の系列に属さなくとも、こうした理由であたかもグループ内の企業どうしの取引関係が系列であるように固定的になる可能性がある、ということが分かった。ここでは前記「研究の方法」で説明した理由により、産業に集計された月次生産・出荷データで確認する方法を採用した。仮説A.B.のそれぞれを日本標準産業分類 中分類 16 : 化学工業、小分類 163 有機化学工業製品製造業、細分類 1631 石油化学系基礎製品製造業（一貫して生産される誘導品を含む）および同 1632 脂肪族系中間物製造業（脂肪族系溶剤を含む）において確認した。これらの産業を選択した理由は、産業内取引の割合が高いからである。

産業内取引が多い場合には、もし上述の仮説が成り立てば、たとえ個別事業所における頻度の高い時系列生産データが得られなくとも、高い割合の企業がその生産活動を同期するため、産業別に集計された時系列データにおいても、生産時系列データの循環的性格を観測することができる可能性が高い。この有機化学工業製品製造業においては『経済産業省生産動態統計化学工業統計』として、生産量・出荷量・在庫量の月次データが公表されている。そのため、(株)東京商工リサーチによる、取引関連データによってこの有効性を確認する。東京商工リサーチは各企業の仕入先、販売先のデータを収集している。このうち、産業分類 1631 および 1632 に関わるデータを取得した。

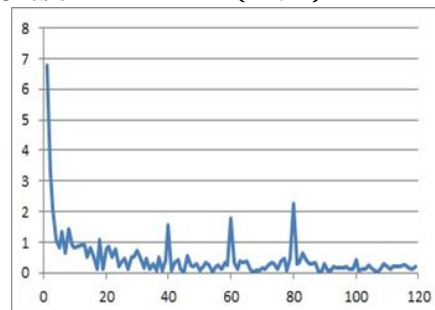
産業コード 1631 について確認すると、各企業について、売上構成比の高い順に日本産業分類に準拠した産業コードが3業種つけられている。これらの中に 1631 を含む企業を抽出し、産業 1631 に属する企業とみなす。これを企業の集合 A と呼ぶ。次に、集合 A に属する企業と取引実績を持つ企業のコードを得る。取引先企業も同じ集合 A に属する場合、その企業を同一グループの企業であるとみなす。さらに同じ仕入先企業を持つ企業も同一グループの企業であるとみなす。以上の過程により集合 A に属する全企業をグループ分けする。取引先企業が集合 A に属する複数の企業と取引があった場合、それをグループにまたがる取引と呼ぶ。こうして得たグルー

プをまたがる取引は、産業 1631 において、集合 A に属する企業の販売取引 427 のうち、20 を占めるにすぎない。集合 A に属する企業の総数は 89 である。これらの企業は 32 グループに類別される。最大の企業グループは 45 社から構成される。この最大のグループに属する企業の販売取引は全 427 取引のうち、324 を占める。次に大きいグループは、2 社からなるにすぎない。また、販売取引数におけるシェアで見た次に大きなグループによる取引数は 13 である。以上のことから、取引において1つのクラスターと呼ぶことのできる企業グループ内の取引が、この産業における取引の大部分を占めることがわかる。これらの企業がもし循環的な生産計画を持つ場合、生産計画を同期するインセンティブを持つ。同様の分析を産業 1632 について行い、同じ性質を確認する。すなわち産業 1632 においても、一つのグループを構成する企業が取引の大半を占めていることがわかる。以上のように、多くの事業所を1つのグループに属していると見なすことができる。したがって、前述の仮説が正しいとした場合、これらの企業の生産は同期化されるので、生産動態統計のように集計されたデータにおいても個々の事業所における生産活動の循環的変動を観測できる可能性があることが確認される。

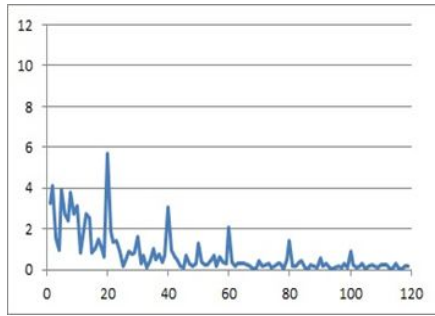
次に、産業 1631 および 1632 について、代表的品目である、エチレン、ベンゼン、トルエン、キシレン、低密度ポリエチレン、高密度ポリエチレン、ポリプロピレン、MMA モノマーの8品目について、その生産、出荷、在庫の月次時系列データに対して離散フーリエ解析を行い、そのパワースペクトル成分を比較した。以下では、その一部結果の概略を示す。



高密度ポリエチレン（生産）



高密度ポリエチレン（出荷）



高密度ポリエチレン（在庫）

産業 1632 の高密度ポリエチレンについて月次データとして1997年1月から2016年12月まで計240ヶ月の生産データを対象とした。この離散データについて離散フーリエ解析を行うと、スペクトルのピークと見なせる周期は1年、8ヶ月、6ヶ月、5ヶ月、4ヶ月、10週間である。同出荷データを、同じ240ヶ月について離散フーリエ解析した結果によると、6ヶ月、4ヶ月、3ヶ月に顕著なピークを認める。他に2ヶ月には弱いピークを認める。しかし、生産で認められる、1年、5ヶ月、10週間には特にピークを認められない。また、出荷の2ヶ月周期のピークは生産データでは認められない。同時期の在庫データについて離散フーリエ解析した結果は、1年、6ヶ月、4ヶ月、3ヶ月にピークを認める。在庫データについては、生産データと出荷データにおけるパワースペクトルの両方の傾向を認められる。

産業 1632 の MMA モノマーについて月次データとして2003年1月から2016年12月まで計168ヶ月の時系列データを対象とする。生産データについてのパワースペクトルは特に4ヶ月において強いピークを認める。他に6ヶ月、3ヶ月に弱いピークが認められる。同出荷データによると、生産において特徴的だった4ヶ月の強いピークは認められない。在庫のパワースペクトルは6ヶ月、4ヶ月にピークを認める。

これらの分析により、

一般に出荷と生産のパワースペクトルの特性は同一品目においても異なっている。すなわち、出荷に見られるピークが、生産においても確認できるわけではないし、生産に見られるピークが、出荷においても確認できるわけではない。

生産においては特に4ヶ月周期の循環が認められるケースが多い。加えて12ヶ月周期、3ヶ月周期、10週間周期が比較的認められることが多い。他に8ヶ月周期、5ヶ月周期等を観測することがある。

出荷においては6ヶ月、4ヶ月、3ヶ月の各周期が認められる傾向にある。しかし、生産で認められるような5ヶ月周期、10週間周期が出荷データで認められることはない。

という傾向を確認できる。以上の分析により、第1に、生産活動は必ずしも平準化されてお

らず、循環的性格を持っていることを確認できる。第2に、それら生産に見られる循環的性格の一部は、周期が出荷におけるものと明らかに異なっていることを確認できる。すなわち、生産における周期的循環は、必ずしも出荷における、事業所にとっては調整を必要とする取引先の外生的な循環的性格が反映されたものだけではないことが分かる。これは、生産の循環的性格が自律的であるという仮説に反する結果ではない。すなわち、(1)の成果で示唆された仮説を肯定的に確認することができる。

従来、外生的要因から発生する変動を平準化することが生産管理の主な目的であるとされてきたが、以上の研究成果はこの見解を再考することが必要であることを示している。今後、細かな事業所別生産水準の高頻度の生産・出荷データを得てこれらの性質を確認する必要が生じるだろう。さらに、今回の研究の範囲外になった、各企業の循環的変動の干渉という問題がマクロレベルで生じる可能性があることが示唆されるが、景気変動を議論する上で重要な論点となる可能性が有り検証がまたれる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

鳥居昭夫、「企業の生産活動の自立的変動に関するノート」、『中央大学経済研究所年報』、査読無、No.49、掲載予定

6. 研究組織

(1)研究代表者

鳥居 昭夫 (TORII, akio)

中央大学・経済学部・教授

研究者番号：40164066