

Title	技術革新と経済発展の循環と関連
Author(s)	弘岡, 正明
Citation	年次学術大会講演要旨集, 29: 232-235
Issue Date	2014-10-18
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/12435
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般講演要旨

技術革新と経済発展の循環と相関

○弘岡正明（テクノ経済研究所）

要旨：1925年、ロシアの経済学者 N.D.Kondratiev は、世界経済が 50～60 年の周期で景気変動しているとの提案をして、世界に大きな反響を呼んだ。当時の Kondratiev の提案は、各種の経済指標を用いて、西欧諸国の経済が 50～60 年の周期の景気変動があると指摘したものである。彼はその背景にゴールドラッシュや技術革新などの外的要因を排除し、経済変動そのものにその原因を求めた。しかし、J. A. Schumpeter は、この景気変動のサイクルを技術革新の進展に伴う経済の活性化による経済システムの非線形的発展と考え、「創造的破壊の嵐（Gale of Creative Destruction）」という卓越した考えを提示した。この問題を大きく進展させたのが英国 Sussex 大学、SPRU の Chris Freeman であった。彼は技術革新によって経済システムがいかに組み上がって行くかを検証し、「新技術システム」という考えを提示した。これは、イノベーションの普及が集団化して進展するという認識であり、その集団が景気循環の背景として重要な役割を果たしているという概念である。Freeman はこの技術システムで Kondratiev の長期循環を説明しようとした。それぞれの波動の立ち上がりで、どのようなイノベーションが市場を形成しているのかの指摘があり、それらの集団を解析している。しかし、10 年周期の Juglar 波にこだわったために、50 年周期の因子の背景を明確には指摘できなかった。筆者はこの普及の動態をロジスティック式で記述できることに注目し、それぞれの波動の形成をロジスティック S カーブで表示し、図示することを試みた。その結果、50 年周期の要因としてコンドラチェフ波の上昇期を多くのイノベーションの普及の集団として、明確に描くことができた。

1. 景気変動に対する経済学的諸説

経済の動向に学問的な視点で取り組んだ最初の論文が 1776 年の Adam Smith の国富論であるとするれば、周期的な変動があると指摘した最初の仕事は、フランスの医者であり経済学者であった J.C.Juglar が 7～10 年の周期で景気が循環するという説を 1862 年に提唱したものである。後に Schumpeter はこの循環を「ジュグラー波」と名付けた。これは投資循環である。1923 年、アメリカの経済学者 J.A. Kichin は経済に約 40 ヶ月の変動周期があることを指摘した。これは後に Schumpeter によって、「キチン循環」と名付けられた。これは在庫循環ともいわれる。1930 年には、アメリカの経済学者 Simon Smith Kuznets が、世界経済は約 20 年の周期の景気循環があることを示した。これは「建築循環」と呼ばれる。一方、ロシアの経済学者 Nikolai .D. Kondratiev は 1926 年、資本主義経済では約 50 年の景気変動のサイクルがあることを発見、後に長期波動、「コンドラチェフサイクル」と言われるようになった。ロシア国内では、資本主義経済が崩壊して、社会主義社会に移行するとしていたのに、資本主義経済が復活するというのは、社会主義思想に反するとして、シベリア送りとなり、スターリンの指示で銃殺刑となり、46 歳でこの世を去るという悲惨な結末となった。

これらを要するに、経済は 40 ヶ月のキチン波（在庫循環）、10 年のジュグラー波（投資循環）、20 年のクズネッツ波（建築循環）、50 年のコンドラチェフ波（長期循環）が認識されていることになる。

2. コンドラチェフ長期循環とその解釈

キチン波が在庫循環、ジュグラー波が投資循環、クズネッツ波が建築循環ということで、その循環の本質が指摘されているのに対して、コンドラチェフ循環がどういう原因で周期的な振る舞いをするのかについては、多くの経済学者によって議論が別れている。Kondratiev は 1925 年に指摘した長期波動の現象を、1780 年から 1920 年の 140 年間にイギリス、フランス、アメリカの物価指数、利子率、賃金、外国貿易額、輸出入額、石炭の産出・消費高、銑鉄、鉛の産出高についての長期時系列データを分析し、ジュグラー波の影響を消去するために、9 年の移動平均をとって解析した。その結果、50 年周期の景気波動があることを発見した。Kondratiev は、この周期の発現の解釈に、技術革新、戦争、革命、金産出、フロンティアの開発などの外的要因を厳しく排除し、資本主義に内在する諸因子の相互作用によるものとして、総合的に把握しようとした。特に、工業製品と農産物の相対価格水準の大循環的変動を通じて解明しようとした。おりしも、1929 年にアメリカで大恐慌が発生、多くの経済学者がこのような激しい経済変動を説明し、的確な対処法を模索している時であったので、強い関心を呼んだ。

3. シュンペータの解釈と創造的破壊の嵐

Schumpeter, J.A.は、このコンドラチェフ景気波動説に強い関心を示し、Kondratiev が主要因でないと否定した技術革新を軸に据えた考えで経済発展論を再構築した。Schumpeter によるコンドラチェフ景気波動の解釈は、技術革新は継続的に起こるのではなく、断続的に密集して生起し、経済の活性化を誘導、新しい制度的特色が成立する変化を起こすものであるとした。それぞれの景気上昇期に主要な技術革新が普及するとの認識であり、第1波は第一次産業革命による繊維工業の勃興、第2波は蒸気機関と鉄鉄、第3波は電気、化学工業、自動車の普及、第4波は1953年に始まると予測した。

Schumpeter は、技術革新の重要性を鋭く指摘してきたが、それは単なる技術の革新ではなく、新しいイノベーションがこれまでの経済社会の制度、体制を打ち破る形で入り込む、新結合 (Neue Kombination) という概念で示されるものであり、その実現の様相を創造的破壊の嵐 (gale of creative distraction) と表現した。駅馬車をいくら改良しても鉄道は生まれないのであり、全く違うコンセプトから新しいイノベーションが具体化される。そこでは、新産業が市場に割って入ってくるために、従来の産業が押し退けられ、経済の浮沈が生じ、沈滞と犠牲の上に繁栄が進む。これを創造的破壊の嵐と表現したといえる。

さらに重要なことは、一度イノベーションが新しい市場を形成すると、周辺的环境も活性化され、繁栄が経済全体に及ぶようになる。Schumpeter はこの波及効果を第2次波動と呼んでおり、振幅を拡大する重要な要素と考えた。Schumpeter はその解析に当たって、10年周期のジュグラー波を軸に構想をまとめ、6つのジュグラー波で一つのコンドラチェフ波が形成され、一つのジュグラー波は3つのキチン波で構成されるとの前提で考えた。しかし、この考え方で説明できるのは第1、第2循環だけであり、第3循環では第1次世界大戦とその後の不況で上昇期が変形しているので、ジュグラー波の適用を諦め、キチン波でその不備を埋めるのに使われた。そのため、技術革新の普及がコンドラチェフ波の上昇期にどのような貢献をしたのかの議論が主題から外されてしまった。1941年になって、Hansen A.は、この矛盾をコンドラチェフ波のピークが1929年にあるとして、Schumpeter の複合循環論を支持した。しかし、Hansen は周期20年の建築循環、クズネツ波を加えた複合循環に解決を求めたので満足な解明が進まず、Schumpeter の技術革新論はその後、十分な支持を得ることなく過ぎてしまった。

4. 戦後のコンドラチェフ波の経済学的所見

戦後になって多くの経済学者によって、コンドラチェフ景気循環の成因について活発な議論が行われるようになった。Freeman C.は世界経済の長期波動について集大成を行い、多くの研究者の意見を集約して総合的な解析を試みた。多くの見解を集約すると、技術革新説 (Schumpeter, Mensch, Kleinknecht, van Duijn), 資本蓄積説 (Mandel, Forester, Wallerstein, Gordon), 労働蓄積説 (Freeman, Gordon), 相対価格説 (Rostow), 戦争誘因説 (Dickinson, Goldstein, Modelski) など多様な見方が出されることとなった。これらの解析から、Freeman らはコンドラチェフの上昇期の経済発展は、イノベーションの普及が集団化していることによる経済の刺激であることを認知した。Marchetti は Mensch のデータの解析を検証し、その Fisher・Pry plot から、それがロジスティック式に従う関係にあることを明らかにした。

5. イノベーション普及のロジスティック性

新製品の普及がロジスティック性を持っていることから、その経過を図示して記述することができるようになった。さらに筆者はイノベーションの背景にある新技術発展の経緯 (技術軌道)、それらの技術が多く用途に展開する開発経緯 (開発軌道)、開発された製品群が市場を形成する普及経緯 (普及軌道)、を個別に同定し、それらの軌道をSカーブで表示することを試みた。その結果、それら3つの軌道が時系列的に進展してイノベーションの発展経緯が記述できることを明らかにした。その普及軌道の発展経緯がコンドラチェフ波動の上昇期を構成していることが明確に示された。

イノベーション軌道の具体的事例として、エレクトロニクスのイノベーションの軌道3要素を図1に示した。Shockley らによるトランジスターの原理の発見、Kilby による固体回路の開発、Noyce による集積回路の開発を経てIBMによる微細加工技術の成功までの一連の技術開発を約25年のスパンでロジスティックSカーブの技術軌道として示すことができる。開発軌道は集積度の進展の経緯であり、普及軌道は半導体素子の市場形成の展開である。

各種イノベーションの普及軌道を製品の生産高の推移によってコンドラチェフ波の上にプロットすると、図2のような結果が得られた。それぞれのイノベーションの普及が、コンドラチェフ波の上昇期を形成していることが明らかに読み取れる。これは、Schumpeter がそれぞれのイノベーションの普及

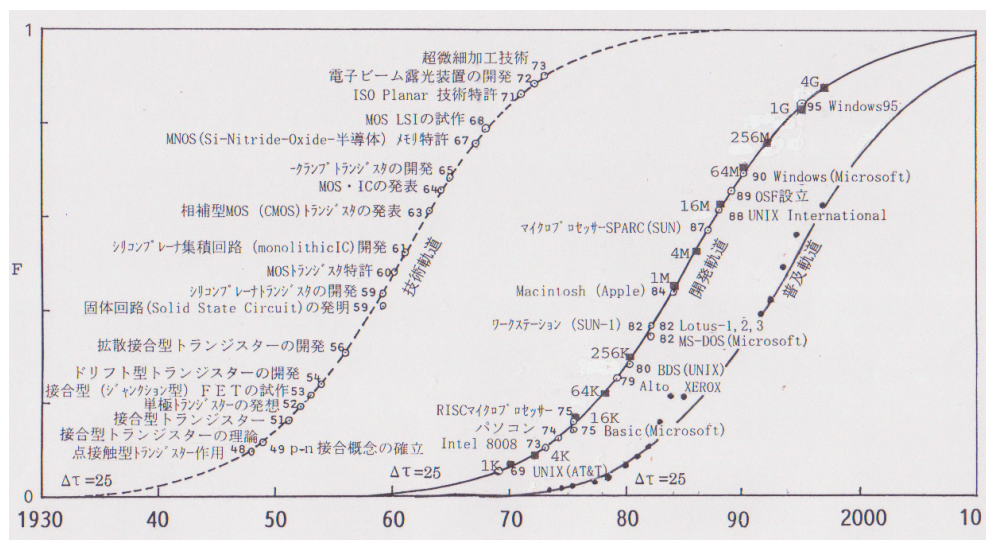


図 1. エレクトロニクスのイノベーション軌道

について示したタイミングを明示的に示すものであり、コンドラチェフ波の上昇期に複数のイノベーションが束になって普及したことがコンドラチェフ波の上昇期を形成する結果となったことが、図示すると一目瞭然となる。コンドラチェフ波のピークとボトム的位置づけは、図の上にしたように、各研究者によって多少異なるが、それらの平均的な重みづけでコンドラチェフ波の位置を特定した。コンドラチェフ第4波の頂点の窪みは石油ショックによる経済の停滞を表示したものである。どうして主要なイノベーションが束になって普及するのか、重要な視点である。多分、イノベーションの発生が初めから集中したものでもなく、その普及は、経済の状態が豊かな時に促進され、不況時には停滞が起こることが集団化する要因の一つと考えられる。あるいは、イノベーションの相互依存性があるということがより本質的な要因かもしれない。

6. 近代文明社会の形成と将来展望

産業革命以来、多くのイノベーションが重畳して発現し、近代文明社会を形成してきた。当初は蒸気機関、鉄道、自動車などのインフラがらみのイノベーションが中心であったが、経済社会の環境が整うにつれて、経済的にマイナーなイノベーションも普及の可能性が大きくなり、豊かで多様性のある経済構造へと進化してきた。重要なことはイノベーションが普及するインフラ母体の受容性であるといえる。そのような受容体制の進化が、指数関数的に経済が発展する重要な要因となっていると思われる。しかしながら現代社会では、産業の基幹となる主要なイノベーションの普及がすでに成熟期にあり、多様なイノベーションの普及でその恩恵を享受している。これからの世界経済はどう進むのか。成熟の後には衰退があるのか？世界人口の増大は現在の60億人が2100年には100億人に達するといわれている。しかし、世界の耕地は有限で、10億haを増やすことができないことから、飢餓人口の増大を招き、将来が危ぶまれる。すでに現在10億人近い飢餓人口があり、年間1,500万人が餓死している。一方で、日本の人口は平成18年をピークに出生率の低下から減少に転じ、死亡率の低下から65才以上の老人人口の増大に伴い、労働人口が老人を扶養する比率が急増しており、近い将来年金制度が破綻することになる。一方で、日本の食糧自給率は、1996年で先進国中最低の26%に落ち込み、北朝鮮の53%を遥かに下回っている。中国ですら94%を確保しているのに、日本の食糧セキュリティは深刻である。

一方で、資源・エネルギー問題を考えると、世界の石油生産は2006年にピークを過ぎ、減耗の時代に入っている。サウジですらすでに2009年に埋蔵量のピークに達している。20年後の2033年には世界の石油生産量は今の45%しか採掘できなくなる。これは、欧州、石油研究機構ASPOのCampbellらが、Hubbert Peakの概念から推定した、かなり確かな判断である。自然エネルギーは石油を代替するに十分な量と質がないから、後は原子力に頼るしかなくなる。現在のウラン型原子炉を増設することはないであろうから、炉心溶融が起こらないトリウム型原子炉が唯一の解決策だと思われる。しかし、政府はこの問題に全く関心がなく、将来のエネルギー政策は霧の中である。

20年後の日本はどうなる？この問題は資源・エネルギー問題だけでなく、地球気候が大きく変貌する可能性が考えられる。現代はヴルム氷河期の中にあり、幸い温暖で気候が安定した間氷期にある。しかし、過去200万年の現代氷河期の記録を見ると、間氷期は3,000年から1万年ぐらいしか続かないから、すでに1.1万年経過した現在、いずれ近い将来、少なくとも10万年は続く氷河期に転落することは確かではある。

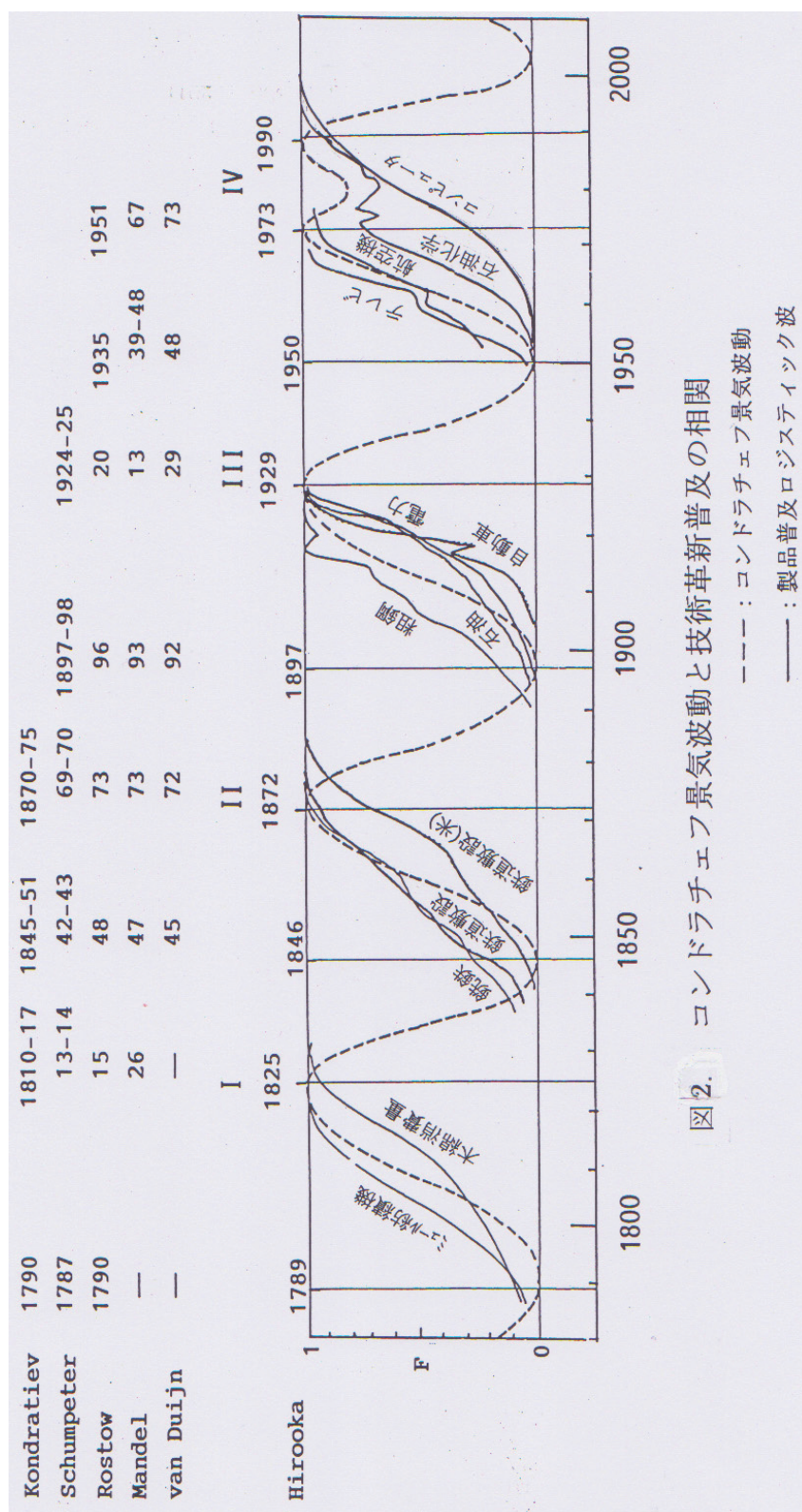


図2. コンドラチェフ景気波動と技術革新普及の相関

--- : コンドラチェフ景気波動

— : 製品普及ロジスティック波

参考文献

弘岡正明、「シュンペータとコンドラチェフーその循環と相関」進化経済学会、金沢（2014）

Masaaki Hirooka, "Innovation Dynamism and Economic Growth", Edward Elgar, UK (2006)