

定量的解析手法による西ヨーロッパの一人あたり GDP の長波分析

Analysis of long wave in per capita GDP of west Europe by the use of quantitative analysis method

大手 方如 (おおて まさゆき・Masayuki OTE)

Information and communication technology division, Kanto Regional Bureau,
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, specialist¹

[Abstract]

To bring out the existence of 'K wave' in west Europe, I analyzed the growth rate of GDP per capita of 12 countries in west Europe with 'the standardized method for long wave analysis', which I showed in 2007, combined 3 frequency analysis method - Fast Furrier Transfer (FFT), Maximum Entropy Method (MEM), Continues Wavelet Transfer (CWT) - In the result, I found the capability of existing 40-80 year continues cycles in the growth rate GDP per capita of 11 countries except U.K. In addition, I seared the phase difference of fluctuations in each country with CWT, I found around 40-60year cycle phase synchronized from 1910s'.

[キーワード]

長波、コンドラチェフの波、FFT法、MEM法、wavelet法、GDP

1. はじめに

1920年代に、コンドラチェフは資本主義経済には、約50年の周期性が存在することを示した。これは、後に“コンドラチェフの波”といわれることになる。このような、経済指標に長周期の変動(長波)が存在するという研究およびその説明原理についての研究は、以後、シュンペーターⁱ、ロストウⁱⁱ、ヴェオランドⁱⁱⁱ、ファン・ダイン^{iv}、村上泰亮^vや公文俊平^{vi}など多くの研究者により発表されている。

一方で、長波の存在を定量的に示そうという試みは、バーンズ・ミッチェル^{vii}をはじめとする多くの研究がなされたが、その多くは長期循環に否定的なものである。

筆者は2007年に「定量的解析手法による日米の一人あたりGDPの長波分析」において適切なデータ処理およびCWT (Continues Wavelet Transform) 法を含む複数の周波数解析手法を用いる「長波解析のための標準的な手法」^{viii}を提示し、その手法を用いてアメリカおよび日本の一人あたりGDPデータを解析した。

その結果、アメリカには約50年周期、日本には約60年周期の長波が存在する可能性を示した。特に日本においては強い長波が存在することを示した。

本稿では、2007年の研究に引き続き同じ手法を用いて、西ヨーロッパの13カ国について一人あたりGDPの成長率に長波が存在するかについて検討する。

2. 解析手法および解析手順について

本稿で扱う一人あたりGDPデータは最大点数181点である。これは、筆者が以前「定量的解析手法による日米の一人あたりGDPの長波分析」において分析したデータ点数と同程度であり、一般の自然科学や一部の定量経済学で扱うデータ点数と比べると少ない。

よって、本稿においても、「定量的解析手法による日米の一人あたりGDPの長波分析」で示した「長波解析のための標準的な解析手法」に従って解析を進める。

解析手法はノンパラメトリック法の周波数解析手法であるFFT (Fast Furrier Transform) 法、パラメトリック法の周波数解析手法であるMEM(Maximum Entropy Method)、時間と周波数の解析を同時に解析する手法であるCWT (Continues Wavelet Transform) 法を用いる。

解析の手順は元データの加工を行った後、FFT法による解析、MEM法による解析、CWT法による解析を行う。元データの加工は成長率の算出、リニアトレンドの除去、を行った後、ADF検定により加工されたデータが定常性を持つことが確認できた後、ローパスフィルタを適用する。周期性についてはFFT法、MEM法、

CWT法の解析結果を総合的に判断して各データに長波が存在するかどうかを確認する。

図1.に「長波解析のための標準的な解析手法」のフロー図を示す。

2.1. 元データの加工

2.1.1. 定常性の確保

定常性を持たない(非定常確率過程に属する)データはFFT法およびMEM法ではスペクトル解析を行っても正しい結果が得られない可能性がある(CWT法は非定常データを解析することが可能である)。

よって、本稿では「定量的解析手法による日米の一人あたりGDPの長波分析」と同様に元データの階差(あるいは成長率)をとった後、リニアトレンドを除去したものを解析対象のデータとする。

そして、このデータに単位根検定を行い、棄却域： $\alpha=1\%$ としたときに、帰無仮説が棄却されれば定常確率過程であるとして議論を進める。

具体的な手順としては、まず、各国の一人あたりGDPの成長率を算出する。次にリニアトレンドの除去を行う。これは前手順で算出されたGDPの成長率データに最小二乗法で一次の近似曲線をとることでリニアトレンド成分を算出し、元のデータからリニアトレンド成分を引き算することで行っている。そして、このデータの単位根検定を行う。単位根検定とは「単位根 $|a|=1$ が存在する」という帰無仮説検定である。ADF検定の帰無仮説には定常性(stationary)を用い、棄却域： $\alpha=1\%$ で帰無仮説が棄却されれば、単位根過程ではなく定常確率過程とする。あるデータが定常性を持たない場合、爆発過程、単位根過程が考えられる。本稿では、一人あたりGDPの成長率の様なデータは爆発過程ではないと仮定して、解析対象データは単位根過程か定常過程のどちらかであるとする。よって、単位根検定で単位根をもつ可能性が棄却されれば、定常確率過程とする。単位根検定にはAugmented Dickey Fuller(ADF)検定を用いる。ADF検定のラグには、検定対象データをAR過程と仮定して、赤池のAICが最小になる次数を用いている。

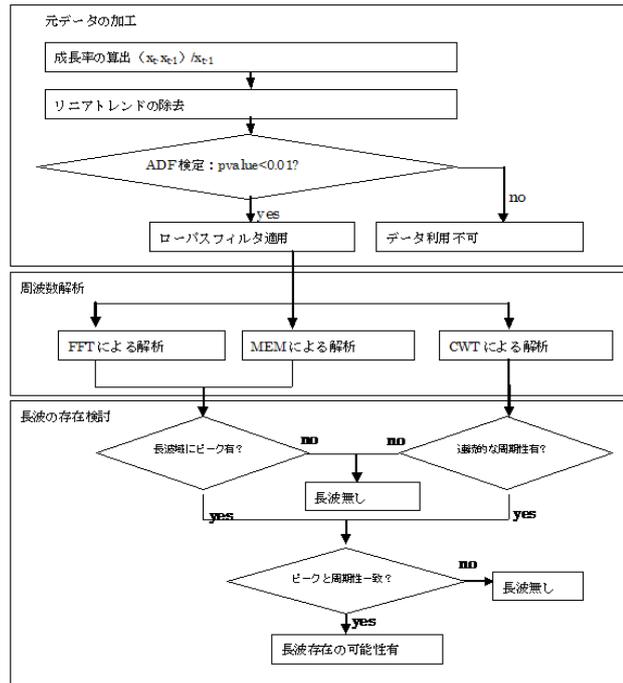


図1. 長波解析のための標準的な手法フロー図

2.1.2. band pass filter (low pass filter)の適用

ノイズ成分が多い場合、生データにband pass フィルター(長波なら low pass)をかけることにより、議論したい周波数領域だけ取り出せるようにする。特に長波の様に抽出したい周波数領域が決まっている場合には有効である。本稿では5次の非巡回型(FIR)のローパスフィルタを適用する。本稿で検討する周期は50Hz付近以上であるため、カットオフ周波数を0.067Hz(15年周期)とする。ローパスフィルタの形状を図2に示す。なお、本稿では位相の遅れを避けるため、かなり緩い形状のフィルター

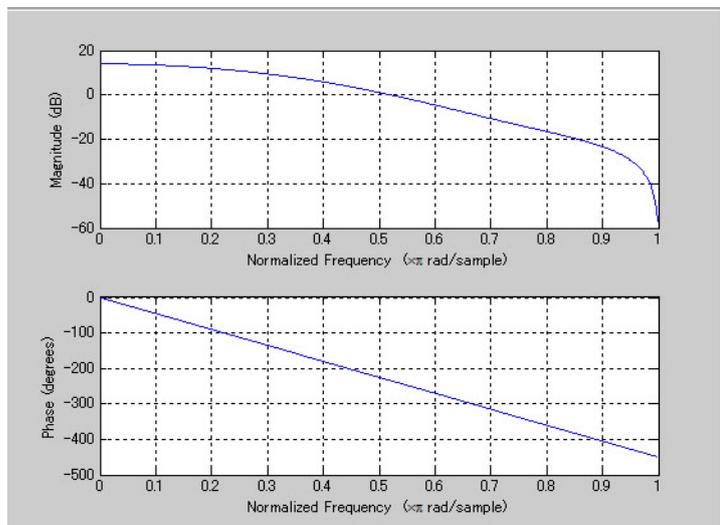


図2. 適用したローパスフィルタの形状

を作成したが、これは、後のCWT法の結果で明らかになるように、第一次、第二次世界大戦の影響と思われる、短周期の一時的な変動を十分除去しきれていない。これらの影響を除去するためには、再度フィルターの設計をする必要があるかもしれない。

2.2. 周波数解析

2.1.の処理をしたのち、複数の周波数解析手法を用いて、解析を行う。

本稿では、処理アルゴリズムが異なり、かつ一般的な3種類を用いる。

各種法の特徴は「定量的解析手法による日米の一人あたりGDPの長波分析」^{ix}を参考されたい。

2.3. 長波存在の検討

3種類の周波数解析結果より、長波の存在を検討する。まず、FFT法とMEM法による解析で、長波領域(50~60年周期前後)にピークが存在するかを、各国ごとに見る。ピークが存在した場合、CWT法による解析結果画面からその周期に対応するFFT法およびMEM法で検出されたピークと一致するかどうかを検討し、一致していれば、長波が存在する可能性があるとする(図1参照)。

3. 西ヨーロッパの一人あたりGDPの長波解析

解析対象はアンガス・マディソンの「世界経済史2001」^xのデータを用いた。解析対象国を表1に示す。

なお、オーストリア、アイルランド、ギリシャは他国に比べ長期のデータが存在しなかったため解析対象外とした。

表1. 一人あたりGDPの解析対象国リスト

country	data period (A.D.)	country	data period (A.D.)
Belgium	1846~2001	Norway	1865~2001
Denmark	1820~2001	Sweden	1820~2001
Finland	1860~2001	Switzerland	1850~2001
France	1820~2001	Spain	1850~2001
Germany	1850~2001	Portugal	1865~2001
Italy	1860~2001	United Kingdom	1830~2001
Netherlands	1820~2001		

3.1. 元データの加工

図1のフローに従って、各国のデータから成長率を算出し、リニアトレンドを除去した。リニアトレンドを除去した各国の成長率のデータをn次のAR過程と仮定して、赤池のAICが最小となる次数nを探して、この次数をADF検定のラグとして採用した。

ADF検定の結果(表2)より、スウェーデンのGDPの成長率のADF検定結果は単位根過程である可能性を1%棄却域では棄却できない。よって、本稿では、スウェーデンのGDPの成長率を解析対象から除外する。

なお、ADF検定のP値がスウェーデンのGDPの成長率のみ大きくなってしまった理由として、赤池のAICが最小となる次数が17と他国のGDPの成長率と比較して大きくなっていることがあげられる。ただし、定性的に考えるとスウェーデンのデータだけが、単位根過程であるという可能性は高いとは思われない。今後の研究

においては、AICの計算方法に問題がなかったかやBICの計算なども考慮に入れてスウェーデンのデータを再検討する必要があると思われる。元データの加工の最後としてスウェーデン以外のデータにローパスフィルタを加え、周波数解析を行った。

表 2. ADF 検定結果

	ARの次数	AICの値	ADF 検定の P 値	帰無仮説
france	5	-407.99	0.01 以下	stationary
Sweden	17	-651.09	0.31	stationary
Netherland	2	-412.21	0.01 以下	stationary
UK	6	-675.69	0.01 以下	stationary
Belgium	5	-495.65	0.01 以下	stationary
Spain	1	-441.09	0.01 以下	stationary
Swiss	0	-422.78	0.01 以下	stationary
German	2	-322.76	0.01 以下	stationary
Italy	1	-350.28	0.01 以下	stationary
Portogul	1	-418.9	0.01 以下	stationary
Norway	5	-447.74	0.01 以下	stationary
Finland	4	-429.58	0.01 以下	stationary

3.2. 周波数解析

3.2.1. FFT 法による解析

図3～図6に3.1.で得られたデータをFFT法により周波数解析した結果を示す。

図3～図6より、50年から60年付近にピークがあった国は、ベルギー、デンマーク、フィンランド、ドイツ、イタリア、スイス、ノルウェイ、スペインである。ただし、図5、6より、フランス、ポルトガル、オランダの解析結果では43年もしくは85年付近にはピークが見られる。今回の解析対象としたデータはデータ点数が181点から136点とFFTの解析対象のデータとしては比較的少ない。よって、低周波数領域（長波領域）ではピークとなる周期の年数の間隔が広く、実際のピーク位置が正しく示されていない可能性もある。

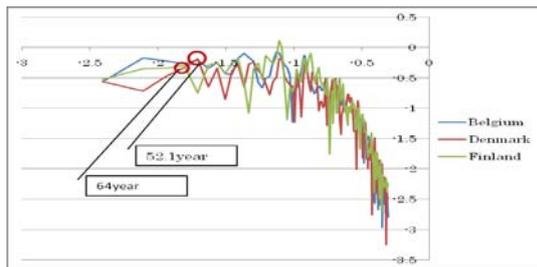


図 3. FFT 法によるベルギー、デンマーク、フィンランドの解析結果

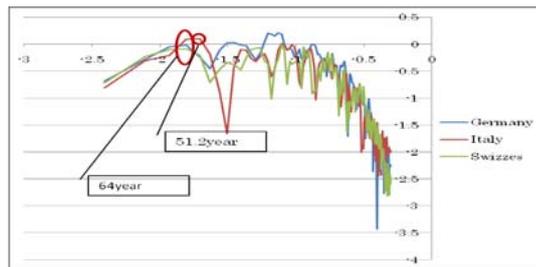


図 4. FFT 法によるドイツ、イタリア、スイスの解析結果

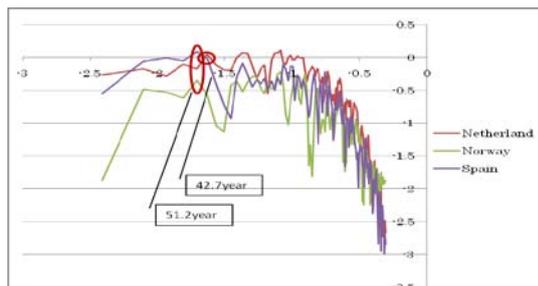


図 5. FFT 法によるオランダ、ノルウェイ、スペインの解析結果

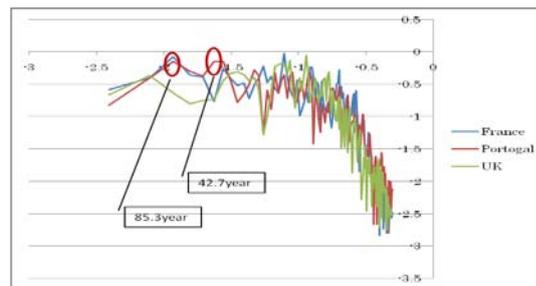


図 6. FFT 法によるフランス、ポルトガル、イギリスの解析結果

3.2.2. MEM 法による解析

図7～図10に3.1.で得られたデータをMEM法により周波数解析した結果を示す。

図7～図10より、デンマーク、イギリス、ベルギー、スペイン、スイス、ドイツ、イタリア、ポルトガル、フィンランドには、50年～60年付近にピークが存在する。一方、ノルウェイ、オランダ、フランスには、50～60年付近のピークが見られなかった。ただし、43年もしくは85年付近にはピークが見られる。

MEM法はFFT法と比して、短いデータからもスペクトルの推定が可能であるが、やはり低周波数領域(長波領域)ではピークとなる周期の年数の間隔が広く、実際のピーク位置が正しく示されていない可能性もある。

表にFFT法とMEM法で得られた結果をまとめた。

表3より、デンマーク、ベルギー、スペイン、スイス、ドイツ、イタリア、フィンランドではFFT法、MEM法どちらでも、50～60年付近のピークが見られた。イギリス、ポルトガル、ノルウェイでは、FFT法、MEM法のどちらかで、50～60年付近のピークが見られた。オランダ、フランスではそれぞれFFT法、MEM法どちらでも42.7年、85.3年のピークが見られた。よって、オランダ、フランス以外の国の一人当たりGDPの成長率には50～60年付近の長波が存在する可能性がある。また、長波の概念を70～40年程度まで拡張すれば、オランダ、フランスにも長波が存在する可能性がある。

表3. FFT法とMEM法による周波数解析結果
 (50年～60年付近にピークが見られた解析結果を太字にした。)

	cycle peak around 50 -60 year	
	FFT法	MEM法
Denmark	51.2	51.2
Netherland	42.7	42.7
France	85.3	85.3
UK	-	64
Belgium	51.2	51.2
Spain	51.2	64
Swizzes	64	64
Germany	64	64
Italy	51.2	51.2
Portugal	85.3 & 42.7	64
Norway	51.2	42.7
Finland	64	51.2

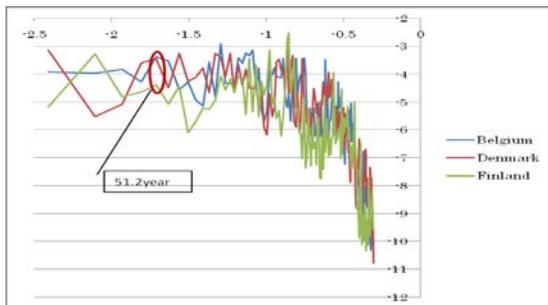


図7. MEM法によるベルギー、デンマーク、フィンランドの解析結果

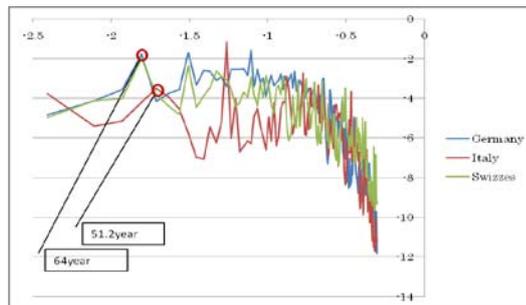


図8. MEM法によるドイツ、イタリア、スイスの解析結果

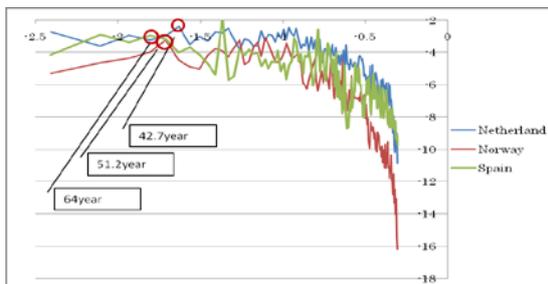


図9. MEM法によるオランダ、ノルウェイ、スペインの解析結果

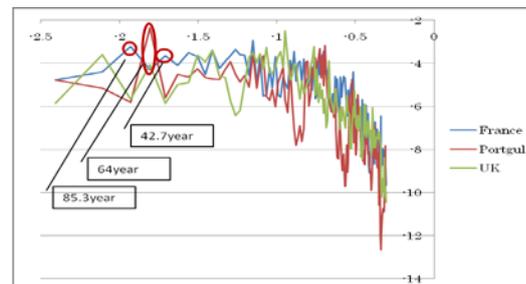


図10. MEM法によるフランス、ポルトガル、イギリスの解析結果

3.2.3. CWT法による解析

図15～図26に3.1.で得られた結果をCWT法によって、解析した結果を示す。

CWTの解析には mother wavelet として Gabor 関数^{xii} ($=e^{-\frac{x^2}{\sigma^2}} e^{ix}$ ただし、 $\sigma=8$ とする)を用い、解析で得

られた実部と虚部の二乗平均を行っている。

ここで、CWT法の解析結果はX軸が時間、Y軸が周期、Z軸がスペクトルの強度の3次元であらわされることに留意する必要がある。図11、図12はそれぞれ、周期60年の連続波をmother waveletにgaber8を用いてCWT法で解析した結果である(図11はパワースペクトル、図12はスペクトルの実部)。ただし、図11、図12の様な3次元グラフでは、グラフ上のすべての時間-周波数領域でピークを読み取ることが困難であるため、本稿では図11、図12を2次元にして、図13、図14のようにスペクトルの強度を色で判別したグラフを用いている。

図15~図26から、ベルギー、デンマーク、イタリア、ノルウェー、スペインには50~60年付近周期の連続的な変動が見られる。また、オランダ、ドイツ、フィンランド、フランス、スイス、ポルトガルには40年付近と70年付近周期の連続的な変動が見られる。そこで、この結果と表3を比較したものを表4に示す。

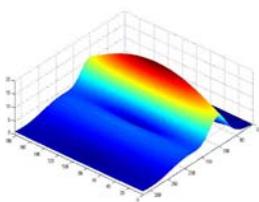


図11.周期60年の解析結果
(gaber8 power 3D表現)

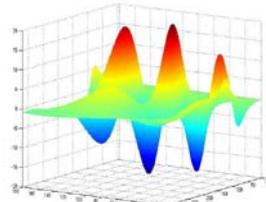


図12.周期60年の解析結果
(gaber8 real 3D表現)

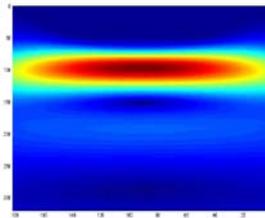


図13.周期60年の解析結果
(gaber8 power 2D表現)

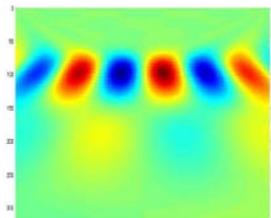


図14.周期60年の解析結果
(gaber8 real 2D表現)

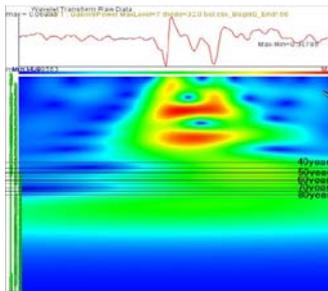


図15. Belgium (CWT power spectrum))

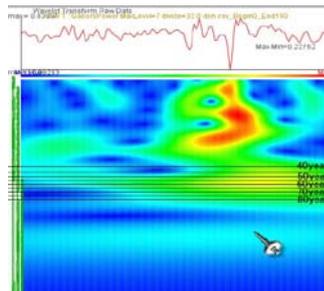


図16. Denmark (CWT power spectrum))

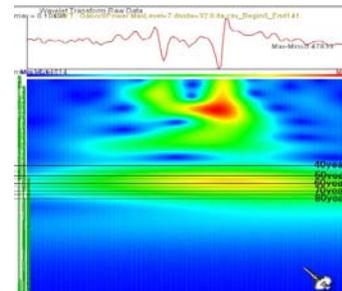


図17. Italy (CWT power spectrum))

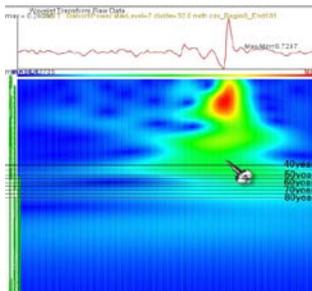


図18. netherlands (CWT power spectrum))

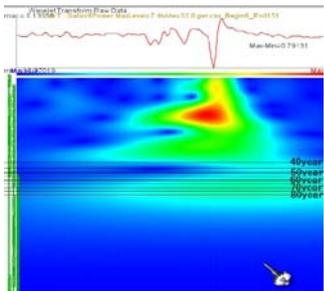


図19. Germany (CWT power spectrum))

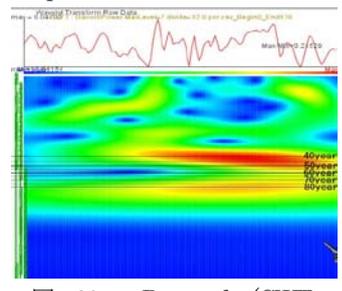


図20. Portugal (CWT power spectrum))

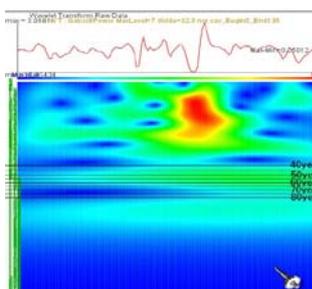


図21. Norway (CWT power spectrum))

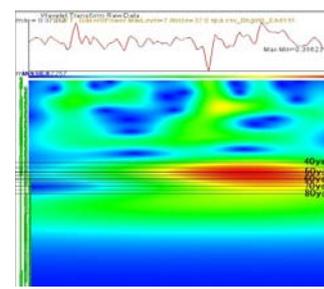


図22. Spain (CWT power spectrum))

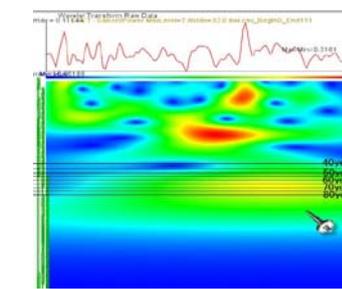


図23. Swisses (CWT power spectrum))

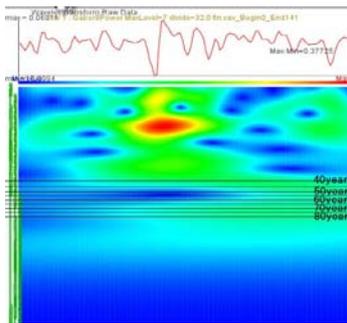


図 24. Finland (CWT power spectrum))

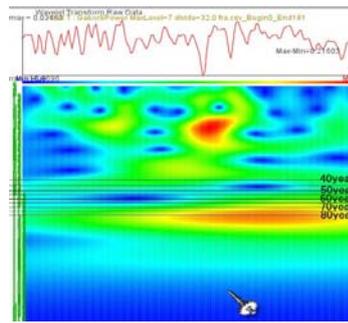


図 25. France (CWT power spectrum))

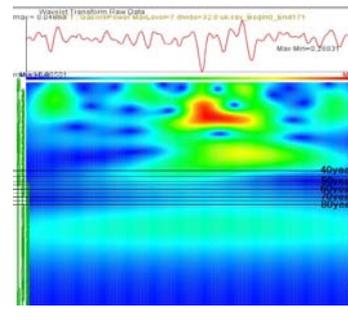


図 26. U.K. (CWT power spectrum))

表 4 より、デンマーク、ベルギー、スペイン、イタリアは FFT 法、MEM 法、CWT 法すべての解析結果で 50 年～60 年の周期が見られることが分かった。また、スイス、ドイツはおそらく本来のピークは 70 年付近で、データ点数の不足による周波数間隔の粗さから、FFT 法、MEM 法では 64 年にピークが立ったと思われる。一方でオランダには 40 年～50 年付近にピークが存在すると思われる。フランスには、80 年付近にピークが存在すると思われる。イギリス、ポルトガル、ノルウェイ、フィンランドには 3 種類の解析方法から総合的に判断すると明確に長波が存在するとは言えない。ただし、FFT 法と CWT 法の結果のみを考えるとポルトガルには 45 年付近、ノルウェイには 50 年付近、フィンランドには 70 年付近の長波が存在する可能性がある。以上より、長波の概念に 40 年から 70 年程度に周期の幅を持たせると、デンマーク、ベルギー、スペイン、イタリア、スイス、ドイツ、オランダ、には明確に長波が存在する可能性がある。また、ポルトガル、ノルウェイ、フィンランドにも明確ではないが長波が存在する可能性がある。一方、フランスは 80 年の周期が明確に存在する可能性がある。今回の解析ではイギリス、ポルトガルには明確な長波が存在することを指摘できない。

ただし、FFT 法と MEM 法ではデータ点数の不足から 40～80 年付近の周期間隔が非常に粗く、原理的に長波のピークを捉える事が困難であることがわかる。CWT 法の結果からだけならば、ポルトガルに 45 年付近のピークが存在する可能性もある。一方、イギリスには FFT 法、MEM 法、CWT 法で得られた周期のピークの結果がばらばらであり、長波の存在を指摘できる解析結果は得られなかった。

イギリス以外には各国の一人あたり GDP の成長率には、長波が存在する可能性があることがわかった。よって、こんどは各国の一人あたり GDP の成長率の周期の位相のずれを確認する。同じ Gaber 関数 ($\sigma = 8$) を mother wavelet に用いて解析した結果の実部のみを図 23～34 図に示す。図 23～34 図において、図 12 と同様、赤い部分が周期の“山”にあたり、青い部分が周期の“谷”にあたる。一定の周期が存在する場合、X 軸に平行な直線上に赤と青が一定間隔で並ぶ。

図 27～図 38 から、各国の長波の周期には 40～80 年程度の幅が見られるにもかかわらず、どの国の解析結果も西暦 2000 年に近い部分 (図の右端の領域) は“谷”になっているように見える。このことから「解析対象とした国の一人あたり GDP の成長率は 2000 年付近に近づくに従って同期しつつある」という仮説が考えられる。そこで、図 23～図 34 のデータの平均値 (各国の wavelet 解析結果の実部データすべてを加算して、加算したデータ数' 12' で割り算) したものを、図 35 に示す。

図 35 より、50～60 年を中心とした 40 年～80 年の周期性が少なくとも西暦 1910 年頃からみられる。

さらに、2000 年に近い領域の一波長はその前の一波長より振幅が大きくなっている。このことは「解析対象とした国の一人あたり GDP の成長率は 2000 年に近づくに従って同期しつつある」という仮説を裏付けると考えられる。

4. 考察

本稿における解析の結果より、長波の概念を 40 年～80 年周期に拡張すれば、解析対象 12 カ国のうち 8 カ国において一人あたり GDP の成長率に長波が存在することがわかった。また、FFT 法と MEM 法の観測点

表4. FFT法、MEM法、CWT法の解析結果比較

	cycle peak around 50 - 60 year		
	FFT	MEM	CWT
Denmark	51.2	51.2	55
Netherland	42.7	42.7	45 & 70
France	85.3	85.3	40 & 80
UK	-	64	30
Belgium	51.2	51.2	55
Spain	51.2	64	60
Swizze	64	64	40 & 70
Germany	64	64	40 & 70
Italy	51.2	51.2	55
Portugal	42.7 & 85.3	64	45 & 80
Norway	51.2	42.7	50
Finland	64	51.2	45 & 70

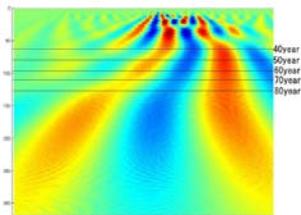


図 27. Belgium (CWT real spectrum))

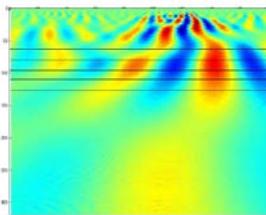


図 28. Denmark (CWT real spectrum))

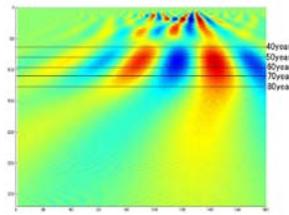


図 29. Italy (CWT real spectrum))

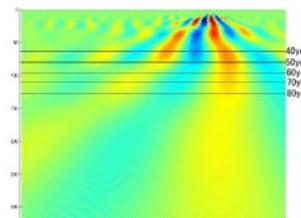


図 30. Netherland (CWT real spectrum))

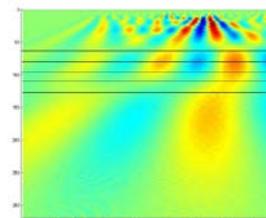


図 31. Norway (CWT real spectrum))

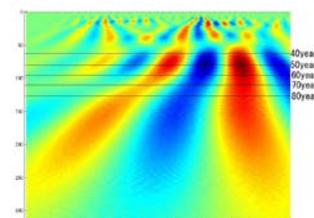


図 32. Spain (CWT real spectrum))

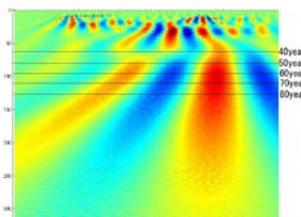


図 33. Swizzes (CWT real spectrum))

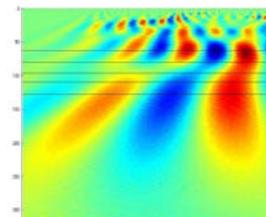


図 34. Portugal (CWT real spectrum))

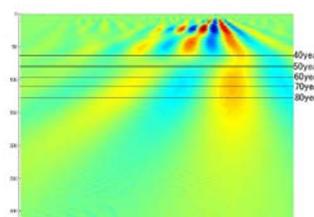


図 35. Germany (CWT real spectrum))

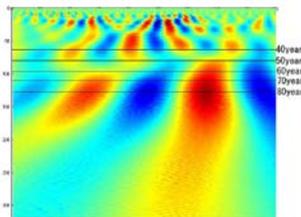


図 36. Finland (CWT real spectrum))

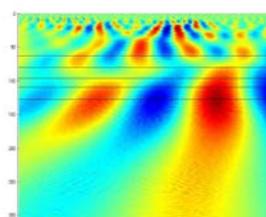


図 37. France (CWT real spectrum))

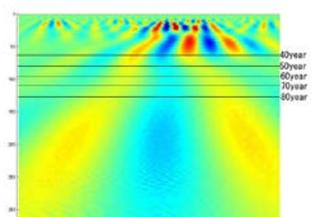


図 38. U.K. (CWT real spectrum))

数の少なさに起因する、解析周波数間隔の粗さを考慮すると、残りの4カ国のうちイギリスを除いた3カ国についても長波が存在する可能性がある。ここで、長波の概念を40年～80年に拡張することの妥当性を考察する必要がある。

ここで、コンドラチェフに立ち返ってみる。コンドラチェフは長波を50年付近の周期を持つことを示したが、彼が示した長波の期間区分には39年から65年の幅があるⁱ。また、ヴォラントによるK波の研究も40～60年の周期について論じているⁱⁱ。公文は日本について固有の60年周期説を唱えているⁱⁱⁱ。よって、長波を40～60年程度に拡張することに大きな反論はないと考える。

一方で、長波を肯定する多くの研究は50年付近の周期を持つ長波の存在を前提としているため、この周期から大きく外れるような70～80年付近の長期的な変動については論じていないと考えられる。そこで、とりあえず、本稿では40年～80年程度の周期の連続的な変動を「長波」と考える立場をとる。

ここで、問題となるのは各国に固有の長波の周期が存在することである。

ロストウは世界商品の価格の動きを規定するオーバーシュート[行き過ぎ]とラグ[遅れ]の問題に据えることで、彼の世界経済史解釈の構築に長期波動思想を用いたが^{iv}、本稿では、長波の生成原理として、ロストウの説にオーバーシュートやラグが発生する原因として、国家の持つ「何か」のサイズによって変化する「慣性力」的な力が存在することを仮定したい*。このようなモデルならば、国家の「何か」のサイズによって、国固有の長波の周期が変化することを定量的に説明できるため、40年～80年という幅も許容できる可能性があると考えられるからである。ただし、このようなモデルを主張するには、各国の人口やGDP、面積等と検出された長波との関係を調査する必要があり、今後の課題としたい。

さらに、CWT法の実部の解析結果から、2000年近くで強く同期しているように見えることについては、2001年以降、現在までの約10年のデータを追加して解析し直すことにより、よりはっきりすると思われる。このことも今後の課題とする。

一方、ボーチャートの技術移行（輸送インフラストラクチャーおよび支配的エネルギー資源の交代）^vのような、時期別の編成が、決定論的カオスの非線形的動態から生じる位相構造および体制の結果かもしれないこと^{vi}が、リチャード・デイとジャン-リュック・ウオーターによって示されている。ここで、もし、カオス的な現象により各国の一人あたりGDPの成長率の変動が支配されているとすれば、必ずしも同じ周期で変動が起こるとはいえないことになる。リチャード・デイらの主張するように「主要な発明と技術革新の連鎖が内在的な過程（決定論的な過程）である」^{vii}としても、カオス振動であるならば同じ規模の変動が同じサイクルで起こる保証はない。実際、本稿における解析においても、どの国の解析結果も2000年により近い長波の振幅の方が大きく見える。さらには、各国CWTの解析結果を平均したグラフ（図35）をみると1970年付近を中心に約40年周期付近から長周期領域に連続的にピークが広がっているように見える。このことは、1970年付近で何らかの変動があり、このことが長波領域の変動を大きくしていると考えの方が自然かもしれない。この現象を説明するには1970付近のデータを削除して解析し直す必要があり、今後の課題としたい。

5. 結び

* 日本に固有の長波が存在するという仮説について公文俊平は「共同体アイデンティティ仮説」を唱えている（公文俊平、「2005年日本浮上」、pp141）。対して、筆者はあくまでモデルの定量化を行いたいという考えから、国家の持つ何かの「サイズ」と、長波の周期が関係しているという仮説を立てた。この仮説は「新技術は主導的な成長部門としての役目を果たしつつ、都市と地域の発展パターンを形成する」といったボーチャートの「技術誘導的代替」の考え方に近い。

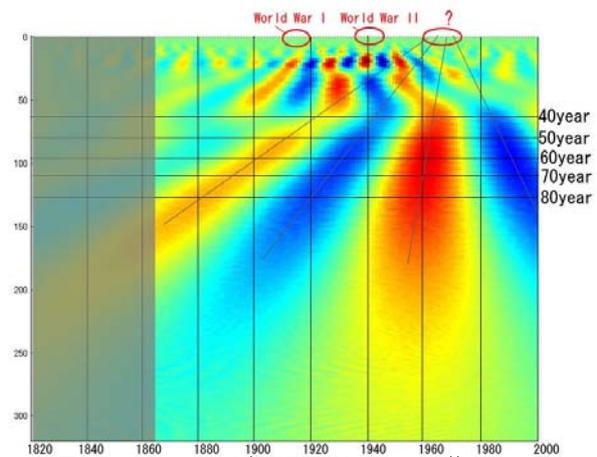


図 39. averaged (CWT real spectrum)

本稿では、解析対象とした12ヶ国中イギリスをのぞく11ヶ国に疑問の余地はあるものの長波が存在する可能性を示すことができた。また、長波の周期は国によって40年～80年と大きくばらつく可能性があることがわかった。一方、長波の周期の振幅が一定しない、解析の結果現れた1910年から2000年の長周期は一時的な変動による見せかけの周期である可能性があるなど、古典的な「一定周期の長波が存在する」という考えに疑問を呈するような結果も得られた。

長波の存在およびその説明原理はコンドラチェフが初めてK波を示した時代より現在まで様々な議論がなされているが、統一的なコンセンサスが得られるような解析結果を筆者は見えていない。今後は本稿で示した課題について、データを2010年頃まで追加して再度解析・検証したい。また、特に経済物理学の分野で近年短期の経済データを解析した結果得られているべき乗則やフラクタルについても視野にいれつつ研究を進めたい。

謝辞

60年周期説およびS字波理論について、ご教授・ご指摘くださった公文俊平先生に感謝致します。論文全般にわたり様々なご提言・ご指摘および監修をしてくださった山内康英先生に感謝致します。

参考文献

-
- ⁱ ソロモン・ソロス著, 笹倉和幸訳, 長期波動の経済分析, 東洋経済新聞社, 1997, pp6
 - ⁱⁱ Craig S. Volland, A comprehensive theory of long wave cycles, *Technological Forecasting and Social Change* Volume 32, Issue 2, September 1987, PP 123-145
 - ⁱⁱⁱ 公文俊平, 2005年日本浮上, NTT出版, 1998
 - ^{iv} Walt Whitman Rostow, *The World Economy: History and prospect*, 1978, pp109-110
 - ^v Craig S. Volland, A comprehensive theory of long wave cycles, *Technological Forecasting and Social Change* Volume 32, Issue 2, September 1987, PP 123-145
 - ^{vi} Richard Day and Jean-Luc Walter, *Economic Growth in the Very Long Run: On the Multiple-Phase Interaction of Population, Technology, and Social Infrastructure*. In *Economic Complexity*, Cambridge University Press, 1989, pp253-289
 - ^{vii} Richard Day and Jean-Luc Walter, *Economic Growth in the Very Long Run: On the Multiple-Phase Interaction of Population, Technology, and Social Infrastructure*. In *Economic Complexity*, Cambridge University Press, 1989, pp285
(2011年5月1日受理)