

## 兵庫県の景気動向指数におけるウェーブレット分析

豊原法彦

### 1. はじめに

景気動向指数は内閣府経済社会総合研究所の景気動向指数の利用の手引<sup>1)</sup>によれば、コンポジット・インデックス (CI) とディフュージョン・インデックス (DI) があり、前者は構成する指標の動きを合成することで景気変動の大きさやテンポ (量感) を表す。さらに CI は景気に対し先行して動く先行指数、ほぼ一致して動く一致指数、遅れて動く遅行指数の3つの指数があり、先行指数は景気の動きを予測、一致指数は景気の現状把握、遅行指数は事後的な確認に用いられている。より具体的には、指数を構成する採用系列は各経済部門を代表する指標である必要があり、(1) 生産、(2) 在庫、(3) 投資、(4) 雇用、(5) 消費、(6) 企業経営、(7) 金融、(8) 物価、(9) サービスなどの幅広い経済部門から景気循環の対応度や景気の山谷との関係等を満たすことが求められる。そのために、内閣府では (1) 経済的重要性、(2) 統計の継続性・信頼性、(3) 景気循環の回数との対応度、(4) 景気の山谷との時差の安定性、(5) データの平滑度、(6) 統計の速報性という選定基準がある。そして、各経済部門から景気循環との関係を踏まえ、先行系列は主に需給の変動、一致系列は主に生産の調整、遅行系列は主に生産能力の調整を表すものが採用されている。このような発想はたとえば田村 (1930) には「景気循環指数或は短く景気指数と呼ぶるものは、経済界の全體としての動き、特にその循環的な動き (中略) をば、単純にして一瞥の下に伺ひ得る様な形式を以て表現とするもの」とあり、複数の系列をどのように加工すれば良い指数ができるか検討されている。

現在は全国ならびに各都道府県などで経済状況を総合的に表す指数として景気動向指数が月次データで公表され、ウェブ上からダウンロードできる。

また分析に用いる方法は石油探索などの分野で活用されてきたウェーブレット分析で、たとえば鎌田、稲田 (2003) が主にスケールを $2^n$ とする DWC (Discrete Wavelet Coherence) をもとに経済分野への適用可能性を示唆し、CWC (Continuous Wavelet Coherence) について例えば Crowley (2007) は、ウェーブレット解析を経済データに応用する意義と方法を数式やその図示を通じて体系的な解説と時間一周波数局所化によるパワースペクトラムの有用性を示した。その上で2系列間の時間的・周波数的依存関係を測るウェーブレット・コヒーレンスにも言及し、景気循環や金融変数間の共動分析への応用可能性を強調している。さらに景気指数を扱ったものとしては、Ojo et al. (2024) などによって2系列間の関係、特に先行性などが分析されている。

日本の経済を対象としてウェーブレット分析を試みたものとしては、例えば以下のものがある。石山 (2013) はウェーブレット変換を用いて都道府県別鉱工業生産指数から地域景気循環の共動 (コムーブメント) を定量化し、Funashima (2014) はウェーブレット解析を用いて日本経済の GDP が持つ周期構造を分析し、短期的には外需や在庫調整などの要因が中期的には内需や財政政策が景気変動に大きく寄与することを明らかにし、さらに羽森 (2017) は米英株式収益率について短期では弱く、長期では強くコヒーレンスが見られることを示した。

1) <https://www.esri.cao.go.jp/stat/di/di3.html#link000> (取得日 2025年10月20日)

本稿では以下のような構成である。まずウェーブレット分析について、各系列のパワースペクトラムと2系列間のコヒーレンスについて簡単に説明し、次に1994年1月から2025年7月までの兵庫県景気動向指数CIの先行指数及び一致指数についてそれぞれの系列についてパワースペクトラムを、さらにそれらの間のコヒーレンスに関するグラフを描き、それらの特徴について検討、考察する。最後に、得られた結果から当初想定されている先行性が見られるかについて検討したい。またその中ではコロナ禍の影響を見るために、計算期間を2018年1月から2025年7月までに限定した分析を行い、先行性にどのような変化が見られるかも検討したい。そして最後に補論として、本稿作成に用いた、統計処理ソフトRのスクリプトについて、計算処理に関わる部分について提示しgithubにアップロードすることで、今後の参考としたい。

## 2. ウェーブレットについて

本章ではウェーブレット分析について簡単に説明する。経済データに関わらず周期的変動を明らかにするためにはフーリエ解析が用いられてきた。具体的には時系列データ  $f(t)$  に対して、周波数  $\omega$  についてフーリエ変換を行うと次式のようになる。

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(t) e^{-i\omega t} dt$$

また逆方向の変換、つまり逆フーリエ変換も次のように求められる。

$$f(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} F(\omega) e^{i\omega t} d\omega$$

このようにフーリエ変換を用いると各周波数成分の強度（パワー）を精密に求められるものの、時間情報を完全に失うことになる。つまり、時点ごとで周期性の変動が見込まれる場合には、この手法はあまり向いているとはいえない。

これに対してウェーブレット解析 (Wavelet Analysis) は時間と周波数の両面を同時に捉えることを可能にするように考えられた。ウェーブ

レット変換では、解析対象の時系列  $f(t)$  に対して、ある基底関数（母ウェーブレット）  $\psi(t)$  を平行移動（シフト）と拡大・縮小（スケーリング）した関数群を用いて端から順に重ね合わせ、それだけの数のフーリエ変換を行うことが求められる。

われわれが分析で求める連続ウェーブレット変換 (CWT) は次式で定義される。

$$W_f(a, b) = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^* \left( \frac{t-b}{a} \right) dt$$

ここで  $f(t)$  は時系列、 $\psi(t)$  は母ウェーブレット関数、 $\psi^*$  はその複素共役をしめす。なおパラメタ  $a$  と  $b$  は以下の通り。スケール  $a$  が小さいほど短周期成分（高周波）、大きいほど長周期成分（低周波）を抽出し、ドリフト項  $b$  は対象の幅を示し、 $f(t) \psi^* \left( \frac{t-b}{a} \right)$  によって、各  $a$  と  $b$  ごとにフーリエ解析を行うことになる。そして複素関数の  $W_f(a, b)$  を評価するために用いられるエネルギー（変動強度）を示すパワースペクトラム  $P_f(a, b)$  は

$$P_f(a, b) = |W_f(a, b)|^2$$

から求められる。

さらに経済データ分析を対象としたウェーブレット解析でよく用いられる母関数の一つがモール (Morlet) 型関数であり、次のように定義される。

$$\psi(t) = \frac{1}{\pi^{1/4}} e^{i\omega_0 t} e^{-\frac{t^2}{2}}$$

ここで  $\omega_0$  は中心周波数（通常6程度）であり、この値によって時間分解能と周波数分解能のバランスが調整される。式の形状をみると、 $t$  が0から遠ざかるにつれてこの値が小さくなることがわかる。またモール型ウェーブレットは複素関数であるため、実部 (cos) と虚部 (sin) を用いて局所的な振幅および位相を求めることができ、時間的な先行・遅行関係の分析にも応用できる。

次に時系列  $f(t)$  と  $g(t)$  があるとき、それぞれをウェーブレット解析したものが

$$W_f(a, b) = \int f(t) \psi^* \left( \frac{t-b}{a} \right) dt$$

$$W_g(a, b) = \int g(t) \psi^* \left( \frac{t-b}{a} \right) dt$$

であるとする、時点 $b$ 、スケール $a$ に対応する相関強度コヒーレンス $R^2(a, b)$ は $S(\cdot)$ を時間と周波数に対する平滑演算子とすると、

$$R^2(a, b) = \frac{\left| S\left(\frac{W_f(a, b)W_g^*(a, b)}{a}\right) \right|^2}{S\left(\left|\frac{W_f(a, b)}{a}\right|^2\right)S\left(\left|\frac{W_g(a, b)}{a}\right|^2\right)}$$

となる。

一方で、ウェーブレット解析で経済分析を行う際に、いくつかの制約や計算上の課題も知られている。母ウェーブレット関数にモール (Morlet) 型を用いる際には、滑らかな経済データには適するが突発的な変化をとらえるのは不向きとの指摘もある。解析結果は連続スケール上で求め、積分を数値的に処理する必要があるため、フーリエ解析に比べて計算負荷が大きく、データ長が増えるほど計算時間が指数的に増加する傾向がある。

さらに、ウェーブレット変換は境界条件に依存するため、データの端点近傍では信頼性が低下することが知られている。そのことを図において明らかにするために、有効な範囲を「Cone Of Influence (COI)」として概ね中央部に円錐形に描かれ、それ以外の所と区別されている。

### 3. 実証分析

この章では兵庫県のCI先行指数、CI遅行指数を取り上げる。それらのパワースペクトラムを描き、それらの動きについて説明する。

なお、本学では関西学院大学産業研究所が兵庫県と調査研究に関する協力協定を締結していることから、兵庫県のCI景気動向指数などについて長期データの提供を受けている<sup>2)</sup>。

以下では1994年1月から2025年7月までのCI先行指数とCI一致指数についてまずパワースペクトラムを作成し、その後、CI先行指数とCI一致指数のコヒーレンスを計算しグラフ化することで両指数間の関係を検討する。次に観測期間を2018年以降にすることで、コロナ禍の影響が

どのように表れているかを検討したい。

なお以下で述べるパワースペクトラムとは各時点 $t$ において一定の幅 $b$ を取りスケール $a$ を考慮して、フーリエ変換によって得られる連続ウェーブレット変換 $W_f(a, b)$ をもとに計算された $|W_f(a, b)|^2 = \Re(W_f)^2 + \Im(W_f)^2$ を图示したものである。

<CI先行指数について>

図1は兵庫県のCI先行指数についてパワースペクトラムを描いたものである。

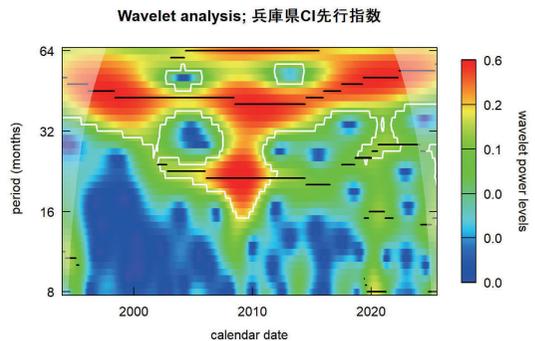


図1 兵庫県CI先行指数のパワースペクトラム

この図は、横軸に時間軸をとり、縦軸には月を単位とする周期をはかっている。上に行くほど長期の変動、下ほど短期の変動(64か月≒約5年、8か月周期≒2/3年)を示す。また色については、右のカラーバーにあるように、 $|W_f(a, b)|^2$ の大きさを表す。具体的には、赤～橙:高パワー、緑～青:低パワーである。さらに図中の黒線はシミュレーションから有意な箇所を示す。他方白線はパワーの等高線を、図中の赤色の領域は強い周期成分が一定期間に集中している。

最後に、左上・右上の斜めの灰色領域はCOI<sup>3)</sup>と呼ばれる境界線の外側で示され、ウェーブレット分析の性質上信頼性が低い領域である。

この図からは次のことが読み取れる。

- 1) 2000年前後および2010年前後に周期32～64か月帯で赤色域が広がっており、中期景気循

2) 2025年度からは兵庫県立大学ソーシャルデータサイエンス研究所のサポートも受けている。

3) Cone of Influence の略

環（約3～5年周期）の振幅が強かった。

- 2) 2015～2020年ではパワーがやや弱まり、一時的に景気変動が不明瞭（＝周期性の低下）。
- 3) 2008～2010年に赤帯が見られる。これはリーマン・ショック期の大きな振動（景気反転）を反映している可能性がある。

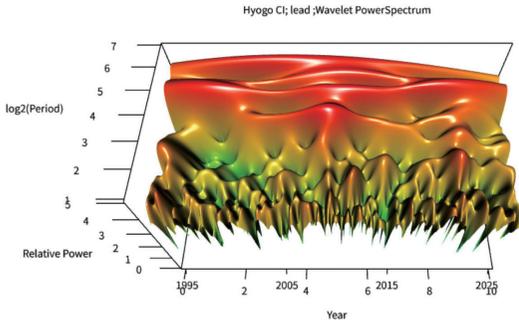


図2 兵庫県CI先行指数のワースペクトラム (3D)

また図2は先の図と同じ結果を用い、ワースペクトラムをz軸に測った3次元グラフである。

このように2次元と3次元では見え方が異なるが、特に3次元では陰影表示ができることから、パワーを地形的に捉えることができ、尾根部分の継続や変遷の様子が明確となる。特に2008年のリーマンショックやコロナ禍に表れる低周期の山の様子が見て取れる。

次に、2018年以降のCI先行指数に関するワースペクトラムを作成した。

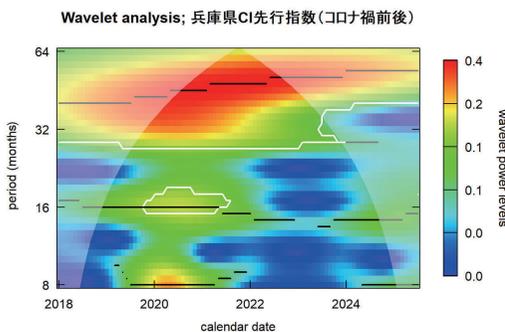


図3 兵庫県CI先行指数のワースペクトラム (2018年以降)

この図3において、期間を3つに分けて検討する。

- 1) 2020年前後には16か月前後の所に、有意（白で囲まれた領域）に強く周期性が見られる。消費税増税（2019年10月）の影響も含め、コロナ禍初期における経済活動の急激な停滞とその回復過程を表しているものと考えられる。
- 2) 次にコロナ禍以降（2021～2023年）に32から48か月帯あたりでパワー強くなりさらに2021年以降は長期側に分布がシフトしていることから、循環が長期化していることがわかる。この時期は景気の回復過程にあることから、堅調な需要と拡大政策に支えられていることを表しているものと考えられる。
- 3) 2022年以降に1年弱の変動が見られない（青色）という特徴も挙げられる。これはコロナ禍による影響がスパイク的で継続しなかったことの証左と見なすことができる。

なお、2024年以降の右端部や2018年以前の左端でも赤の領域がみられるが、境界線COIの外側なので、評価には追加的な情報が必要である。

#### 〈CI一致指数について〉

次にCI一致指数のウェーブレットワースペクトラムを示す図4から、次の点を読み取ることができる。

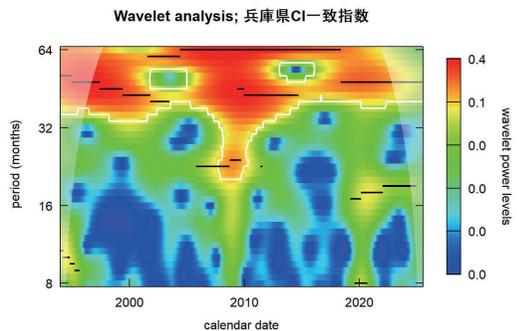


図4 兵庫県CI一致指数のワースペクトラム

- 1) 赤から橙のハイパワー領域が周期約32～64か月に顕著。  
これは、兵庫県のCI一致指数が3～5年程度の中期景気循環（典型的な景気循環周期）を

明瞭を含むことを意味する。

- 2) その中でも 2000 年前後と 2010 年前後のところに赤が濃くなっており、強い周期性が見られる。
  - 3) 2008～2010 年（リーマン・ショック期）には 24 か月あたりにも黒線が見られ、経済活動の急激なショックとリカバリーというプロセスが読み取れる。
  - 4) 2015～2020 年前後は赤から橙の領域が減少し、緑から青が広がっていることから、景気の循環性が弱いと考えられる。
  - 5) コロナ禍（2020 年以降）にリーマンショック期と同様、短周期の変動が見られる。
- 次に図 5 として CI 一致指数の 3 次元図を示す。

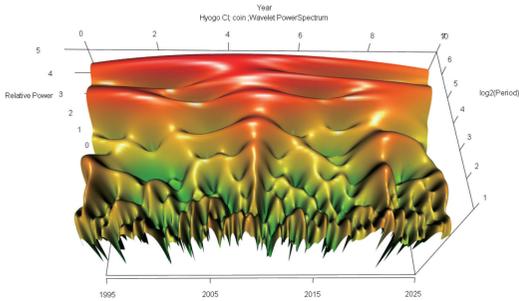


図 5 兵庫県 CI 一致指数のパワースペクトラム (3D)

この図からは、 $\log_2$  が 5 前後、つまり 24 から 48 か月周期での尾根部分が明瞭であり、他方  $\log_2$  が 3 から 4、つまり、8 から 16 か月という短期変動帯では、表面が細かく波打っており、在庫循環などの動きも見られる。さらに 2015 年以降は尾根が全体的に平坦化していることから、周期性が弱まり外部要因の影響が相対的に大きくなったと考えられる。

〈共通点〉

- 1) いずれの指数でも中期（約 32 から 64 か月）周期がみられることから、3 から 5 年程度の中期景気循環（景気循環の基本波）が兵庫県全体に共通して存在すると考えられる。
- 2) 2000 年前後と 2010 年前後に赤から橙がみられることから、全ての指数でこの 2 つの時期に高いパワーが観察され、全国的な景気局面転

換（IT バブル崩壊・リーマンショック期）を反映している。つまり、各系列は異なる位相で反応するが、周期帯と時期は一致していることがわかる。

- 3) 2015 年以降は緑から青が増加していることから、景気変動の明瞭な周期性が低下し、変動の周期性が弱まっている。

〈相違点〉

- 1) 想定通りのパワーの発現タイミング  
CI 先行指数は 2000 年代初期から強いパワーが現れるが、一致指数はそれにややおくれて同じ周期帯でピークをむかえるという強い周期性がみられる。
- 2) パワー強度  
CI 先行指数は最大 0.6 であるのに対して CI 一致指数が最大 0.4 と小さい。つまり、外部ショックを含む景気の変動について、この順で敏感に反応すると考えられる。
- 3) 周期構造の明瞭性  
CI 先行指数は高周期帯（16 から 64 か月）、CI 一致指数は中周期（24 から 48 か月）と明確で強いものが見られる。

4. コヒーレンス

先に示した 2 つの系列間の周期の共通性、コムーメントを示すコヒーレンスにつき、CI 先行指数と CI 一致指数の間でグラフを作成し、検討を行う。

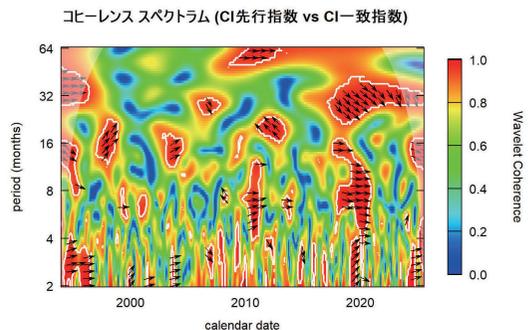


図 6 兵庫県 CI 先行指数と CI 一致指数のコヒーレンス

この図 6 は、CI 先行指数と CI 一致指数間のウェーブレット・コヒーレンスを示したスペクト

ラムであり、縦軸は周期 (period, months)、横軸は時間 (calendar date)、色は時点・周期ごとの相関の強さ (coherence 値) を表す。右側のカラースケールが相関 (同調・共通周期性)、つまりコヒーレンスの強度を示し、1.0 に近いほど高く、0 に近いほど系列間の動きが独立していることを示す。一般には、赤から黄は非常に強い共通周期性をもち強く同期している一方、緑から青は部分的または一時的な共通性を示す。白線で囲まれた領域は統計的に有意な共通周期性をもつ部分を示す。さらに図中の矢印は位相ベクトルと呼ばれ、両系列間の位相関係 (phase difference) を表す。

具体的には、「→」は同位相 (系列が同時に動く)、「↑」は第2系列 (今の場合はCI一致指数) が第1系列 (同CI先行指数) より 90°進む (=先行) 「↓」はその逆で、第2系列が遅れる (=遅行)。「↘」は第1系列がわずかに先行 (位相差 < 45°)、「↗」は第2系列がわずかに先行、「←」は逆位相 (系列が反対方向に動く) を示す。

これらのことから、この図を用いることで、「いつ・どの周期帯で・どちらが先行/遅行しているか」を同時に捉えることができることがわかる。

これらを踏まえて、A) CI 先行指数 vs CI 一致指数のグラフについて検討する。ウェーブレット・コヒーレンスは、全期間を通じて 8 から 32 か月帯で高い共通周期性を示す。特に 2000 年前後、2008 年のリーマン・ショック期、2020 年前後のコロナショック期に強いコヒーレンスが観察される。特に長周期 (16 から 32 か月) のところでは、青い高コヒーレンス領域が持続的に広がっていることから、景気循環 (約 2 から 3 年周期) で両者が強く結びついていることを示し、さらに矢印はやや右下がり (↘) が多いことから、CI 先行指数が CI 一致指数よりも先に動いている (先行している) ことが確かめられる。この傾向はとくに 2000 年初頭と 2020 年前後では顕著である。

また中周期帯 (8 から 16 か月) や周期的な短期景気変動に対してもコヒーレンスは高く、2005 から 2010 年頃に顕著であるが、先の場合と異なり、矢印は主に右向きまたは右下がりであることから、CI 先行指数と CI 一致指数はほぼコムーブメントであるか、CI 先行指数がやや先行しているこ

とがわかる。

短周期 (2 から 8 か月) のところでは、高コヒーレンス領域は断続的であり、両指数がめまぐるしく変動しており、同期は弱まっていることがわかる。

これらのことから、ウェーブレット・コヒーレンスで見える限り、全体として CI 先行指数が景気変動をおおむね先導していることが明確に示された。

特に周期が長くなるほど両者の同期が強化されることから、景気循環のマクロ的な波動では先行性があるといえる。

このコヒーレンスを 3 次元で描くと図 7 が得られる。

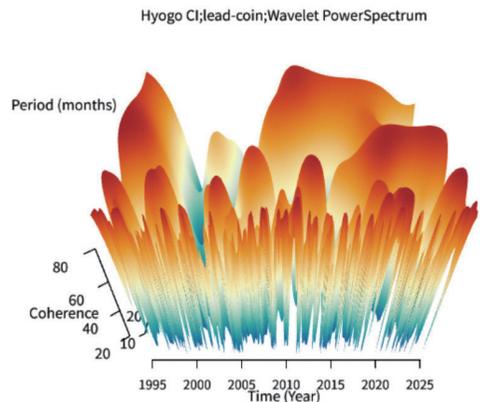


図7 兵庫県 CI 先行指数×CI 一致指数のコヒーレンス

この 3 次元図は、両変数のコヒーレンスを立体的に表現したもので、横軸 (X 軸) は時間、奥行き方向は周期、縦軸 (Z 軸) はコヒーレンスパワーを表す。色彩はパワーの強い方から弱い方に向かって、赤→橙→青のグラデーションで、波動成分が時間と周期の双方でどのように強調されているかを立体的に把握できる。尾根の部分が周期軸方向に連なっており、それぞれ周期帯 (およそ 8 から 32 か月、16 から 64 か月など) での強い支配的周期成分を示す。特に 2000 年代初頭、2010 年前後、2020 年前後には高い尾根が出現し、その時期に景気変動したといえる。また、周期が長いほど (図の奥にいけばそれだけ) 山の裾がなだらかに、逆に短期の変動は細かく鋭い尾根となる。

したがって、この図から周期の長短に応じてパワーの広がりや持続性を視覚的に読み取ることができる。

もちろん、2次元グラフと同じものを表しているが、ピークの「散在パターン」は3次元グラフの方が明確に見られる。特に、周期が16から32か月あたりで高い尾根が連なり、明確な景気循環が見られる。

次に、2018年以降に絞ってCI先行指数とCI一致指数のコヒーレンスをグラフ化すると次のようになる。

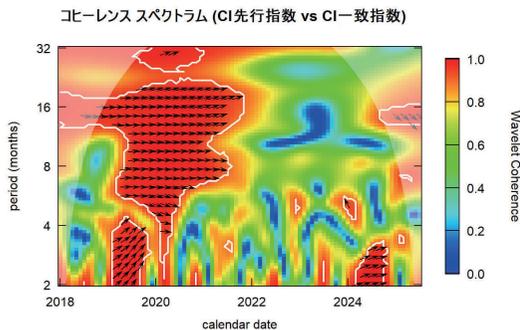


図8 兵庫県CI先行指数×CI一致指数のコヒーレンス(2018年以降)

この図8から、

- 1) 2020年前後で中期周期(8～16か月帯)に強いコヒーレンスが集中し、矢印が右向き(ほぼ同位相)に揃っていることから、両指数がコロナ禍という外部ショックの影響を受けてほぼ同期的に動いたことを意味する。
- 2) コロナ禍初期(2020年前半)には4～8か月帯に高い短期同期がみられるのは、当時の感染拡大や緊急事態宣言による急速な需給変動を反映したものと考えられる。
- 3) 2022年以降、16～24か月帯のコヒーレンスが低下していることから、周波数の面で見ると、景気は定常状態に回復しきれていないことがわかる。

## 5. 結論に代えて

本稿では、兵庫県の景気動向指数(CI)の先行指数と一致指数について1994年から2025年ま

での長期データを用いてウェーブレット分析を行い、その周期構造と相互関係を検討した。ウェーブレット・パワースペクトラムの結果から、いずれの系列にも3～5年(およそ32～64か月)の中期的な景気循環が共通して存在し、2000年前後および2010年前後には振幅の大きな波動が出現していることが確認された。またリーマン・ショック期やコロナ禍初期においては、16か月前後の短中期成分が強まり、外部ショックによる急激な変動が周期構造として明瞭に現れていることが分かった。とりわけコロナ禍の2020年前後では、経済活動の同時的収縮と回復過程が顕著に表れ、短周期帯(4～8か月)でも高いエネルギーを示している。

一方、ウェーブレット・コヒーレンスの結果からは、CI先行指数とCI一致指数の間に8～32か月帯で高い共通周期性が長期間にわたり維持されていることが明らかとなった。特にコロナ禍初期には、両系列が同位相的に動いており、外生的ショックによって先行性が一時的に失われたことを示唆する。これは、感染拡大や行動制限による供給・需要の同時停滞が、景気全体に同時波及した結果と考えられる。2022年以降になるとコヒーレンスがやや低下し、矢印が右下向きに変化していることから、CI先行指数の先行性が再び回復しつつあることが確認された。したがって、ポストコロナ期には再び通常の景気循環構造に戻つつあるといえる。

長期データとの比較においては、コロナ期のコヒーレンスはリーマン・ショック期を上回る広がりや強度を示しており、全周期帯にわたる“マルチスケールの同期化”が起きていた点が特徴的である。これは、世界的なパンデミックという外生ショックが、地域経済における個別産業の時差的反応を超えて、経済全体を同時に変動させたことを意味する。一方で、2021年以降の長期側(32～48か月帯)では新たな緩やかな波動が形成され、回復過程が持続的循環へと移行する兆候も確認された。

総じて、ウェーブレット分析によって兵庫県の景気動向指数における周期構造は、リーマン期・コロナ期といった大規模ショックを通じて短期・

中期・長期の複数スケールが重層的に作用していることが明らかになった。特にコロナ期の同調性の強さは、景気指標間のリード・ラグ構造を一時的に平準化し、経済波動の「同時化」を引き起こした点で特筆される。今後は、ポストコロナ期における長期循環の形成過程と、他地域とのコヒーレンス比較を通じて、地域景気の波動的特性と構造変化をより精緻に検証することが課題である。

### 〈参考文献〉

- Crowley, P. M. (2007), "A guide to wavelets for economists", *Journal of Economic Surveys*, 21 (2), 207-267.
- Funashima, Y. (2014), "A Wavelet Analysis of Output Fluctuations in the Japanese Economy", 『東北学院大学経済学論集』, 183, 57-73.
- Ojo, M. O., Aguiar-Conraria, L., & Soares, M. J. (2024), "The performance of OECD's composite leading indicator", *International Journal of Finance & Economics*, 29 (2), 2265-2277.
- 石山健一 (2013), 「日本の地域景気循環に対するクロスウェーブレット解析」, 『国土館大学政経論叢』, 25 (4), 41-63.
- 鎌田康一郎, 稲田将一 (2003), 「ウェーブレットによる経済分析」, 日本銀行ワーキングペーパーシリーズ 03-2.
- 田村市郎 (1930), 『我國の景気循環と景気指数』, 文雅堂
- 羽森茂之 (2017), 「株式収益率の相互依存関係について—連続型ウェーブレット変換の応用—」, 『経済学論究』, 70(3), 23-45.

### 〈Rを用いた分析のためのスクリプト〉

基本的となるパッケージ；

WaveletComp；ウェーブレット分析用ライブラリー  
ggplot；グラフ作成ライブラリー  
rgl；3次元グラフライブラリー

全体の流れは

- 1) データを読み込む
  - 2) データフレームを作成する。
- その際に

lead\_data に先行指数、coin\_data に遅行指数のデータが入っているとき、

```
tmx<- seq (as.Date ("1994-01-01"), by =
"month", length.out = length (lead_data))
df0<-data.frame (date=tmx,lead=lead_
data,coin=coin_data)
```

のように、月次の日付を日付の形式で格納。

3) パワースペクトラムを図示するには、例えば lead のパワースペクトラムの場合、まず analyze.wavelet で計算しその結果をリスト構造の my.w に格納した後、wt.image で描くという手順をとる。具体的には、次の通り。

```
my.w <- analyze.wavelet (df0,"lead")
wt.image (my.w)
```

なお、wavelet 分析はシミュレーションが中心なので、回数を表す n.sim というパラメタが重要となる。

4) コヒーレンスを図示するには、先と同様にまず analyze.coherency で計算しその結果をリスト構造を持つ my.wc に格納した後、wc.image で描く。具体的には次の通り。

```
my.wc<- analyze.coherency (df0,my.pair=
c ("lead","coin"))
wc.image (my.wc,which.image = "wc")
```

5) またコヒーレンスを3次元表示するには、計算結果を3次元のデータに格納し、描くという手順に従う。具体的には x 軸に年月、y 軸に周期となる月数、z 軸にコヒーレンスをとり、それを surface3d コマンドで描く。詳細は以下を参照のこと。

```
# --- データ準備 ---
coh_mat <- WC$Coherence
periods <- WC$Period
```

## 兵庫県の景気動向指数におけるウェーブレット分析

```
time_vec <- as.numeric (format (tmx, "%Y")) +  
(as.numeric (format (tmx, "%m")) - 1) / 12  
# --- メッシュ生成 ---  
x_mat <- matrix (rep (time_vec, each = length  
(periods)), nrow = length (periods))  
y_mat <- matrix (rep (periods, times = length  
(time_vec)), nrow = length (periods))  
z_mat <- coh_mat  
# --- 3D 描画 ---  
open3d ()  
bg3d ("white")  
  
surface3d (  
  x = x_mat,  
  y = y_mat,  
  z = z_mat * 100,  
)
```

### 〈使用データおよび解析コードの公開について〉

本研究で示した兵庫県のCI先行指数、CI一致指数に加え、CI遅行指数を含めた全ての解析結果（パワースペクトラム、コヒーレンス、位相差、および周期構造）の図表を再現するために必要なExcel形式のデータファイル、R Markdown ファイル (.rmd)、および実行結果 (HTML) をGitHub上に公開している。以下に各ファイルの一覧を示す。

DATA ;

[https://toyohara-norihiko.github.io/Sankenronshu53/hyogo\\_pref\\_ci\\_lead\\_coin\\_lag.xlsx](https://toyohara-norihiko.github.io/Sankenronshu53/hyogo_pref_ci_lead_coin_lag.xlsx)

CI 先行指数、CI 一致指数、CI 遅行指数のパワースペクトラム、コヒーレンス、位相差、周期要素；  
R Markdown (.rmd)

[https://toyohara-norihiko.github.io/Sankenronshu53/Hyogo\\_pref\\_PS\\_Coh2.html](https://toyohara-norihiko.github.io/Sankenronshu53/Hyogo_pref_PS_Coh2.html)

実行結果 (HTML)

[https://toyohara-norihiko.github.io/Sankenronshu53/Hyogo\\_pref\\_PS\\_Coh2.html](https://toyohara-norihiko.github.io/Sankenronshu53/Hyogo_pref_PS_Coh2.html)

CI 先行指数、CI 一致指数、CI 遅行指数間のコヒーレンスの3次元表示；

R Markdown (.rmd)

[https://toyohara-norihiko.github.io/Sankenronshu53/3d\\_coh-lead-coin-lag.rmd](https://toyohara-norihiko.github.io/Sankenronshu53/3d_coh-lead-coin-lag.rmd)

CI 先行指数、CI 一致指数間のコヒーレンス3次元表示 実行結果 (HTML)

[https://toyohara-norihiko.github.io/Sankenronshu53/lead-coin\\_coh3d.html](https://toyohara-norihiko.github.io/Sankenronshu53/lead-coin_coh3d.html)

CI 先行指数と CI 遅行指数間のコヒーレンス3次元表示 実行結果 (HTML)

[https://toyohara-norihiko.github.io/Sankenronshu53/lead-lag\\_coh3d.html](https://toyohara-norihiko.github.io/Sankenronshu53/lead-lag_coh3d.html)

CI 一致指数と CI 遅行指数のコヒーレンス3次元表示 実行結果 (HTML)

[https://toyohara-norihiko.github.io/Sankenronshu53/coin-lag\\_coh3d.html](https://toyohara-norihiko.github.io/Sankenronshu53/coin-lag_coh3d.html)