

新しい多変量時系列解析手法の開発と その景気循環への応用

家富 洋
立正大学データサーケンス学部

共同研究者：

青山秀明(京都大学名誉教授), 相馬亘(立正大学), 藤原義久(兵庫県立大学)
吉川洋(東京大学名誉教授)

自己紹介

1979年3月 東京大学理学部物理学科卒業

1984年3月 東京大学理学系研究科物理学専攻博士課程修了(理学博士)

1984年4月 – 1993年3月 東京大学理学部・助手(物理学) 高密度プラズマ

1987年9月 – 1989年8月 米国アルゴンヌ国立研究所物質科学部・研究員
計算物性

1993年4月 – 1994年12月 株式会社日立製作所エネルギー研究所・研究員
半導体プロセスプラズマ

1995年1月 – 2002年1月 新潟大学理学部・助教授(物理学)
計算物性

2002年2月 – 2012年3月 新潟大学理学部・教授(物理学)
↓
経済物理 (2005~)

2012年4月 – 2013年4月 東京大学大学院経済学研究科・特任教授

2013年5月 – 2021年3月 新潟大学理学部・教授(数学) 経済物理, 多変量解析
ネットワーク科学

2021年4月 – 現在 立正大学データサイエンス部・教授
データサイエンス

アウトライン

1. はじめに（物理屋からみた景気循環）
2. CHPCAとは
3. CHPCAの有効性
4. CHPCAの効用
 - 景気循環の検出
 - 景気ウォッチャー調査データの先行性の評価
5. まとめ

はじめに

経済物理学とは

原子・分子の運動を統計処理しミクロの世界と
マクロの世界を接続する理論的方法

統計物理学の手法と概念を用いて複雑な経済現象へアプローチ

- 実データに基づく実証主義
- 複雑な経済現象に潜む基本法則の解明
- 主体個々の多様性を組み入れた大規模シミュレーション

経済現象に対する多体問題的視点

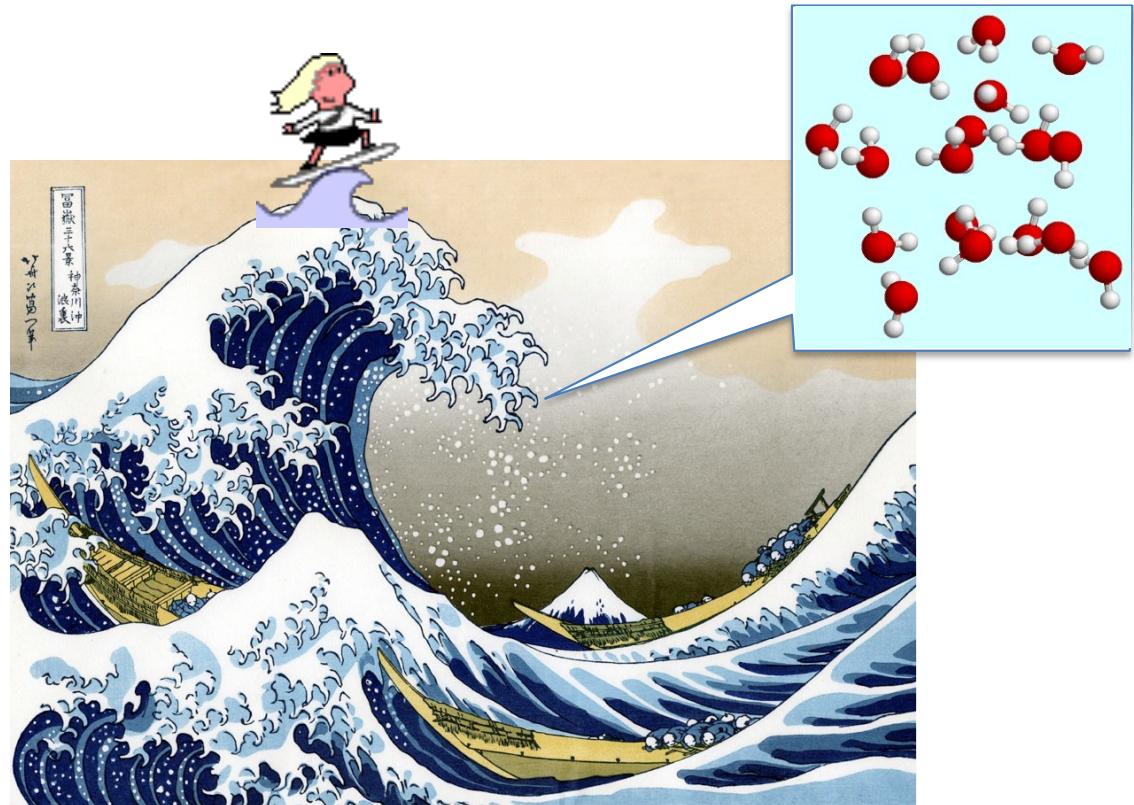
多体問題(物理):

相互作用し合う**多数**の粒子群の集団的運動を扱う問題

- ・株式市場
 市場インデックス

- ・景気循環
 好景気不景気

- ・物価変動
 インフレデフレ



水分子の運動(Micro) vs. 波の運動(Macro)



個別主体の行動 vs. 景気の変動

景気とは何か？

マクロ経済における「景気」



様々なマクロ経済指標同士の**集団運動**

- ・経済主体間の相互作用の重要性
- ・マクロ経済学の存在意義

経済学者による数多の研究!

- Burns and Mitchel (1946)
Stock and Watson (2002)

解析手法

Hilbert変換に基づく複素主成分分析(CHPCA)

- ・Hilbert変換を用いて時系列の複素化
- ・複素時系列から複素相関行列の作成
- ・複素相関行列について固有値問題を解く

→ 固有値から固有モード(主成分)の重要度, 固有ベクトルから時系列間のリード・ラグ関係などの動的相関構造に関する情報

主成分の判定基準

有意な主成分の判定基準として

- ・ランダム行列理論(RMT)
- ・Rotational Random Shuffling(RRS)

を帰無仮説して採用

モードシグナル(主成分スコア)

- ・多体問題における集団座標に対応
- ・得られた固有ベクトル(主成分)で元の時系列を展開
- ・固有ベクトルに対応するモードの時間的なふるまいを読み取ることが可能

CHPCAとは

複素ヒルベルト主成分分析(CHPCA)

> N 個の長さ T の時系列

$$x_\mu(t) \quad (\mu = 1, \dots, N; t = 1, \dots, T)$$

> 時系列の複素化

$$\xi_\mu(t) = x_\mu(t) + iy_\mu(t), \quad y_\mu(t) = -\frac{1}{\pi} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x_\mu(u)}{t-u} du.$$

離散ヒルベルト変換

> 複素時系列 $\{\xi_\mu(t)\}$ から作成した複素相関行列 \tilde{C}

$$\tilde{C} = \frac{1}{T} \Xi \Xi^\dagger \quad \Xi = \begin{pmatrix} \xi_1(1) & \dots & \xi_1(t) & \dots & \xi_1(T) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \xi_\mu(1) & \dots & \xi_\mu(t) & \dots & \xi_\mu(T) \\ \vdots & & \vdots & & \vdots \\ \xi_N(1) & \dots & \xi_N(t) & \dots & \xi_N(T) \end{pmatrix}$$

> 主成分分析は複素相関行列の固有値問題に対応

$$\tilde{C} \alpha_\ell = \lambda \alpha_\ell$$

実時系列データの複素化(1)

Hilbert transformation: $\hat{x}(t) = \mathcal{H}[x(t)] = -\frac{1}{\pi} \text{P} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{x(z)}{t-z} dz$

$$\sin \omega t \rightarrow \sin(\omega t + \pi/2) = \cos \omega t$$

$$\cos \omega t \rightarrow \cos(\omega t + \pi/2) = -\sin \omega t$$

$$x_j(t) = \sum_{\omega \geq 0} [a_j(\omega) \cos \omega t + b_j(\omega) \sin \omega t]$$

G.W.J. Granger in association with
M. Hatanaka, "Spectral Analysis of
Economic Time Series" (1964)



$$\hat{x}_j(t) = \sum_{\omega \geq 0} [-a_j(\omega) \sin \omega t + b_j(\omega) \cos \omega t]$$



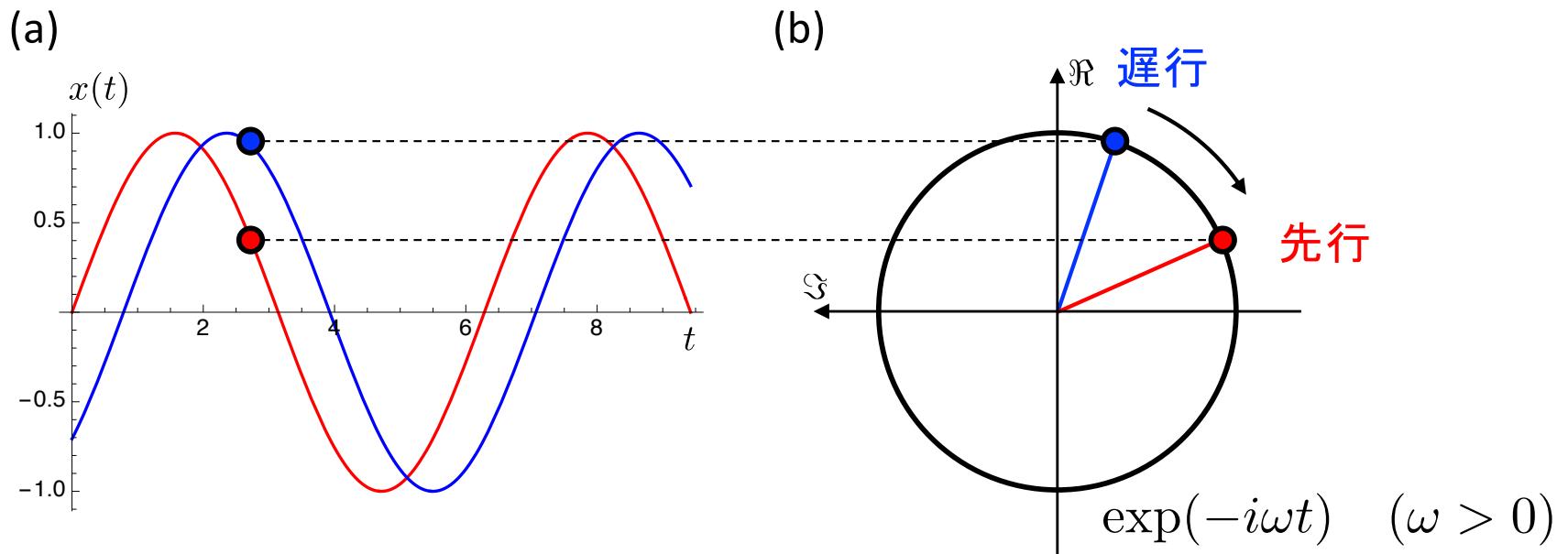
$$\text{Cf. } \dot{x}_j(t) = \sum_{\omega \geq 0} [-a_j(\omega)\omega \sin \omega t + b_j(\omega)\omega \cos \omega t]$$

$$\xi_j(t) = x_j(t) + i\hat{x}_j(t) = r_j(t) \exp(i\theta(t)) = \sum_{\omega \geq 0} [a_j(\omega) + ib_j(\omega)] \exp(-i\omega t)$$

> Magnitude → correlation strength

> Phase → dynamical correlations (lead-lag relations)

実時系列データの複素化(2)



(a) 2つの正弦振動, (b) それらの複素数表示

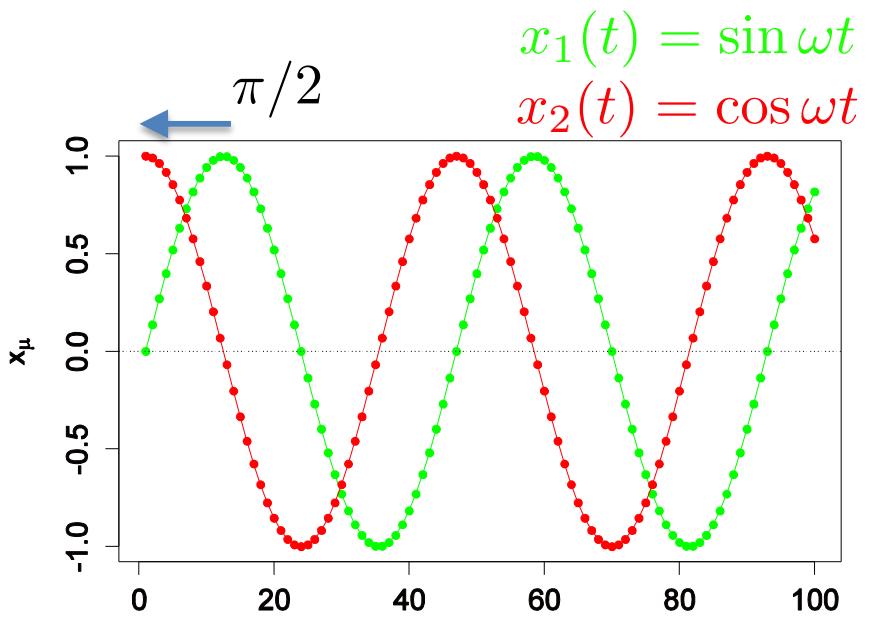
物理学における例：交流の複素数表示

CHPCAの簡単な例

通常の相関行列

$$C = \begin{pmatrix} 1 & -0.046 \\ -0.0046 & 1 \end{pmatrix}$$

相関を検出できない



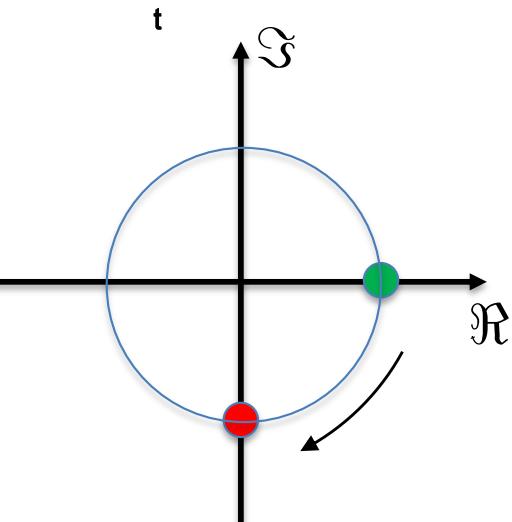
複素相関行列

$$\tilde{C} = \begin{pmatrix} 1 & 0.985e^{i0.515\pi} \\ 0.985e^{-i0.515\pi} & 1 \end{pmatrix}$$

相関を検出できている

第1固有値と対応する固有ベクトル:

$$\lambda_1 = 1.985 \simeq 2 \quad \tilde{\alpha}_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ e^{-i0.515\pi} \end{pmatrix}$$



実際の位相差 $\pi/2$ に近い値が得られる！

相関行列のスペクトル分解

複素相関行列 \tilde{C} は自身の固有値と固有ベクトルで次のように表現することができる。

$$\tilde{C} = \sum_{\ell=1}^N \lambda_\ell \alpha_\ell \alpha_\ell^\dagger$$

λ_ℓ : 第 ℓ 固有値
 α_ℓ : 第 ℓ 固有ベクトル

$$\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \cdots \geq \lambda_N \geq 0$$

$$\sum_{\ell=1}^N \lambda_\ell = N$$

\tilde{C} はエルミートおよび
正定値行列



λ_ℓ : 固有値は非負の実数
 α_ℓ : 固有ベクトル成分は複素数

絶対値 : 相関の大きさ
位相 : リード・ラグ関係

モードシグナル

$$\xi(t) = \sum_{\mu=1}^N \xi_\mu(t) e_\mu = \sum_{\ell=1}^N [a_\ell(t)] \alpha_\ell$$

Mode Signal

$$[a_\ell(t)] = \alpha_\ell^\dagger \cdot \xi(t)$$

Mode signal $a_\ell(t)$ は第 ℓ モードの振幅(集団座標)の時間変化を表している。主成分スコアに対応。

モード強度

$$I_\ell(t) = |a_\ell(t)|^2$$

$$\lambda_\ell = \langle I(t) \rangle_t$$



モード相対強度

$$\tilde{I}_\ell(t) = \frac{|a_\ell(t)|^2}{\sum_\ell |a_\ell(t)|^2}$$

主成分の選択基準

固有値を大きい順に並べたとき、どの固有値(主成分)まで統計的に有意味であるかを判断することは、主成分分析における大きな問題！

1) カイザー基準(相関行列の場合): 固有値 $> \underline{1}$

無相関のときの固有値



2) 固有値の累積和の割合 $> 80\%$

3) スクリープロット (Scree Plot) の折れ曲がり

4) 固有値 $> \underline{\text{ランダム行列理論}}$ から予想される最大固有値

$N \rightarrow \infty, K \rightarrow \infty, N/K: \text{finite}$

Scree (がれ場)

5) 並列分析 (Parallel Analysis)...ランダム化データとの比較

6) 並列分析 + 回転ランダムシャフル法 (RRS) ... 時系列データのとき

自己相関を保存したまま相互相関を破壊

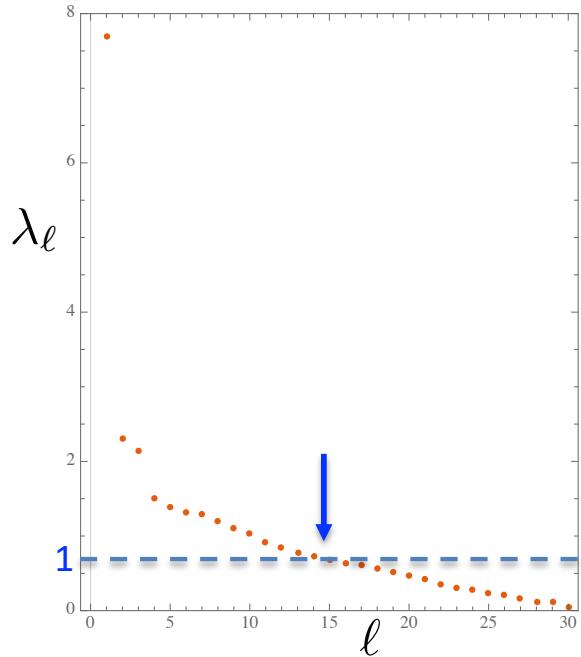
有限長の時系列では自己相関が擬似相互相関を生む



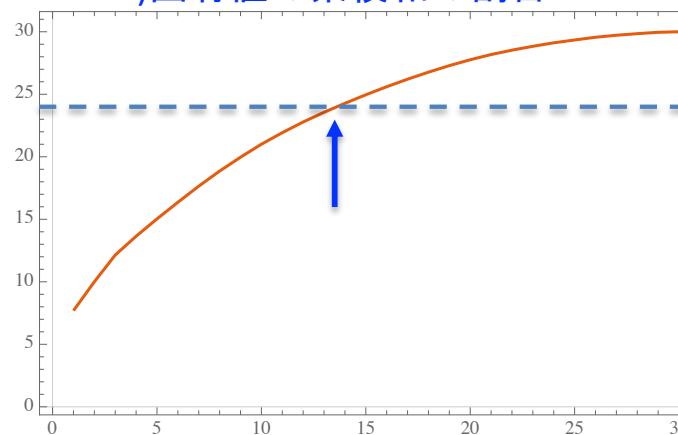
主成分判定基準の例

景気動向指数の基礎指標群(先行, 一致, 遅行) $N = 30, T = 179$ (2000.1 – 2014.12)

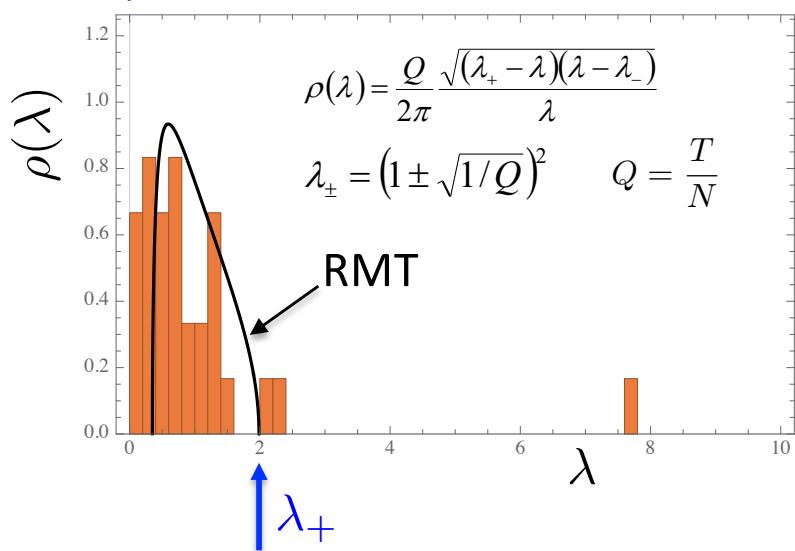
1)カイザー基準: 固有値 > 1 (相関行列)



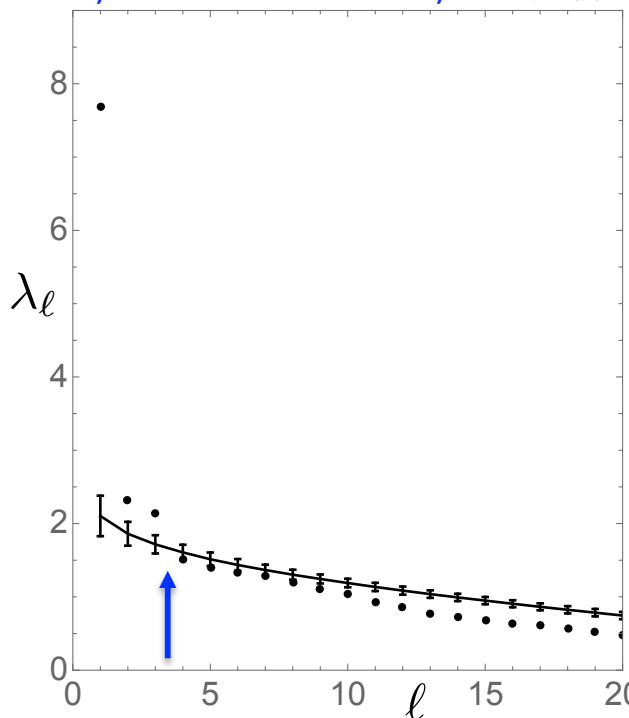
2)固有値の累積和の割合 $> 80\%$



4)固有値>ランダム行列理論の最大固有値



3)スクリープロット & 6)並列分析-RRS



CHPCAの有効性

テストデータ

$$x(t) = \sin\left(\frac{2\pi}{P}t\right) \quad P = \frac{T}{m} (\gg 1) \quad t = 0, 1, \dots, T$$



$$x_i(t) = \sin\left(\frac{2\pi}{P}t - \delta_i\right) + \epsilon_i(t) \quad i = 1, 2, \dots, N$$

$$-\frac{\pi}{2} < \delta_i < \frac{\pi}{2}$$

$$\epsilon_i(t) = \epsilon Z, \quad Z \sim N(0, 1)$$

$$\Delta x_i(t) = x_i(t) - x_i(t-1) \simeq \frac{2\pi}{P} \cos\left(\frac{2\pi}{P}t - \delta_i\right) + \epsilon_i(t) - \epsilon_i(t-1)$$

$$\boxed{\frac{2\pi}{P} \ll 1}$$

信号対雑音比

Ensemble average

$$\begin{aligned}\langle \Delta x_i(t)^2 \rangle &\simeq \left(\frac{2\pi}{P}\right)^2 \cos^2\left(\frac{2\pi}{P}t - \delta_i\right) + \langle (\epsilon_i(t) - \epsilon_i(t-1))^2 \rangle \\ &= \left(\frac{2\pi}{P}\right)^2 \cos^2\left(\frac{2\pi}{P}t - \delta_i\right) + 2\epsilon^2\end{aligned}$$

Time average

$$\overline{\langle \Delta x_i(t)^2 \rangle} \simeq \left(\frac{2\pi}{P}\right)^2 \overline{\cos^2\left(\frac{2\pi}{P}t - \delta_i\right)} + 2\epsilon^2 = \frac{1}{2} \left(\frac{2\pi}{P}\right)^2 + 2\epsilon^2$$

signal noises

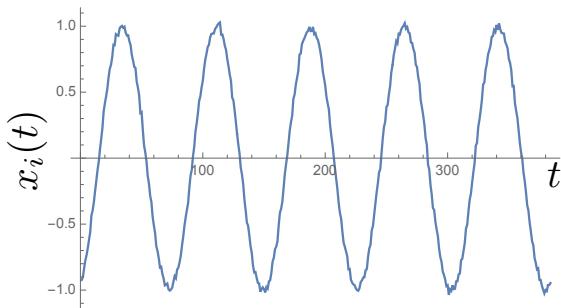
$$P_S = \frac{1}{2} \left(\frac{2\pi}{P}\right)^2, \quad P_N = 2\epsilon^2$$

$$S/N = \frac{P_S}{P_N} = \frac{1}{4\epsilon^2} \left(\frac{2\pi}{P}\right)^2$$

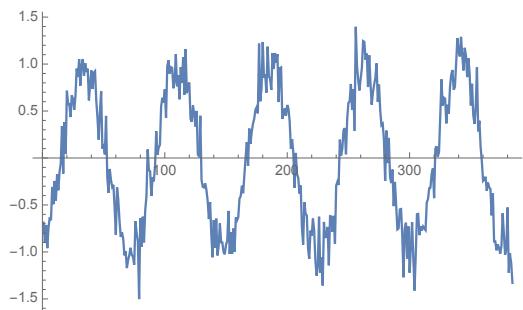
$T = 383$
 $m = 5$

$\epsilon = 0.02$

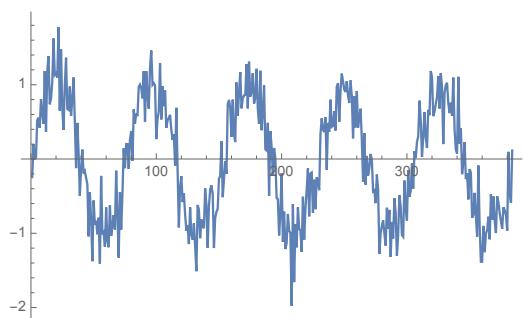
Original time series



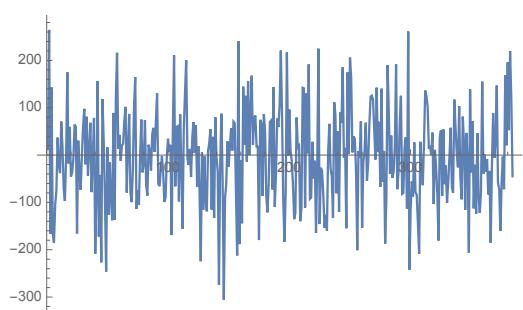
$\epsilon = 0.2$



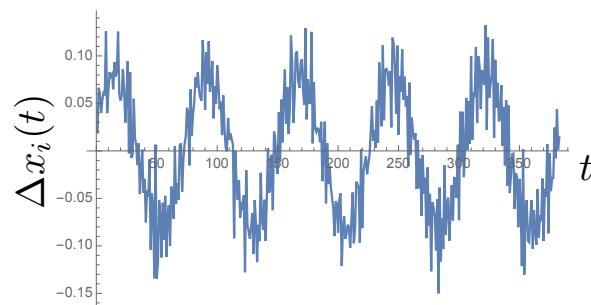
$\epsilon = 0.3$



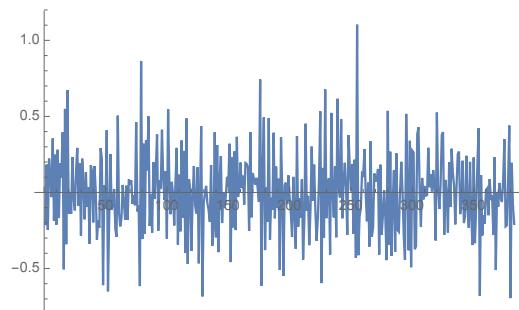
$\epsilon = 100.0$



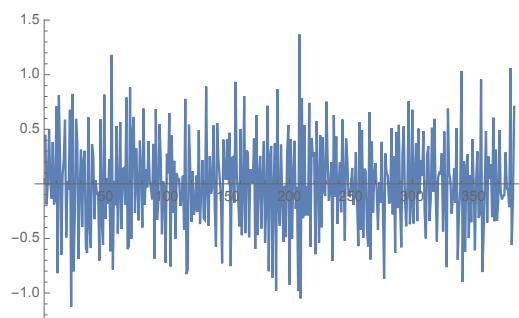
Difference of the original



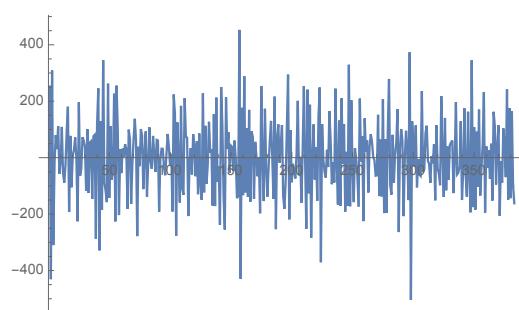
$S/N = 4.2$



$S/N = 0.042$



$S/N = 0.019$



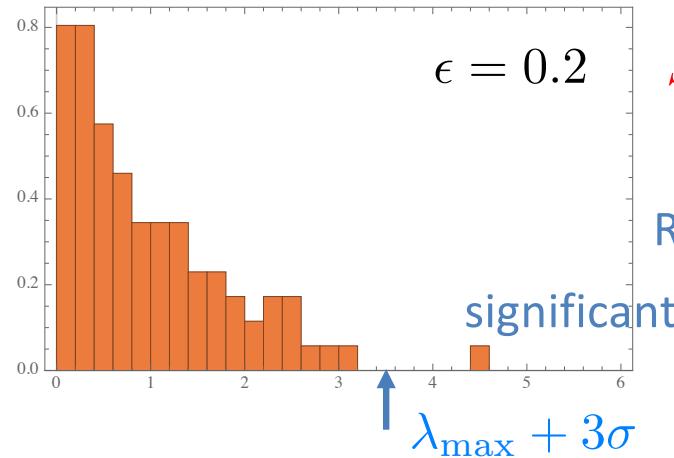
$S/N = 1.68 \times 10^{-7}$

固有值分布

$$N = 87$$

$$T = 383$$

$$P = \frac{T}{5} = 76.6$$



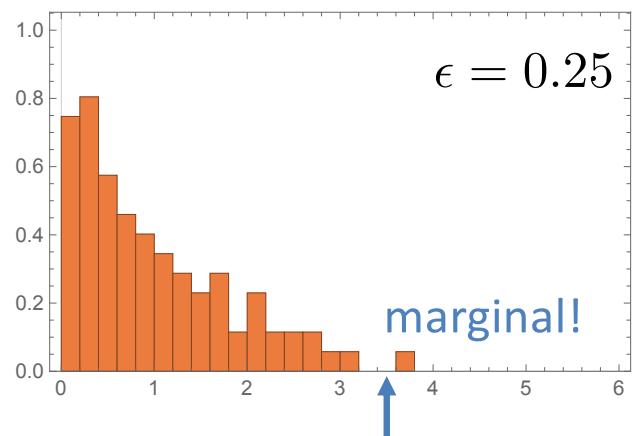
$$\epsilon = 0.2$$

$$S/N = 0.042$$

RRS (finite length, autocorrelations)

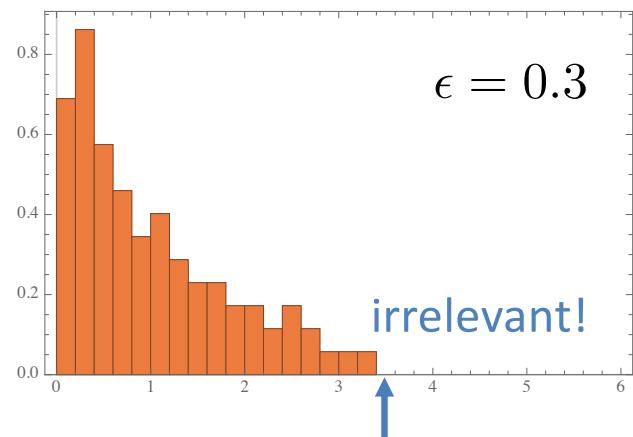
$$\lambda_{\max} = 3.225$$

$$\lambda_{\max} + 3\sigma = 3.475$$



$$\epsilon = 0.25$$

$$S/N = 0.027$$



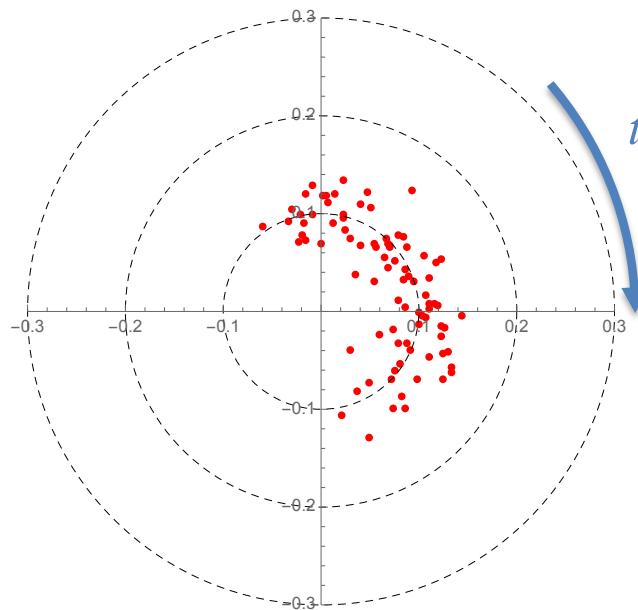
$$\epsilon = 0.3$$

$$S/N = 0.019$$

第1固有ベクトル

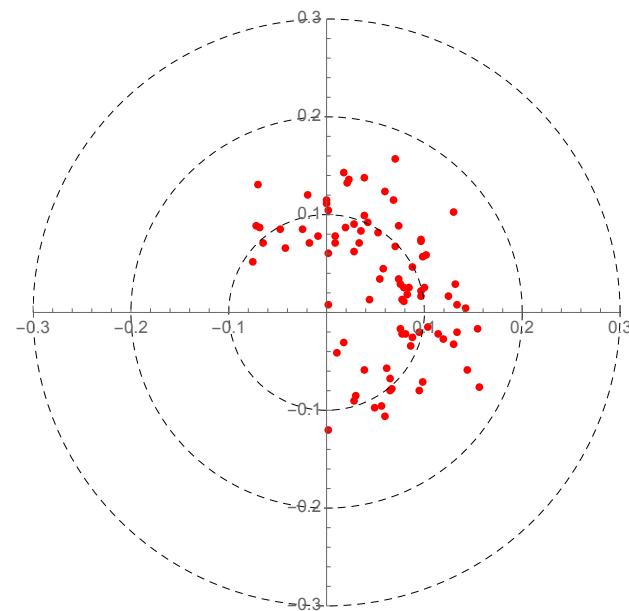
$S/N = 0.042$

$\epsilon = 0.2$



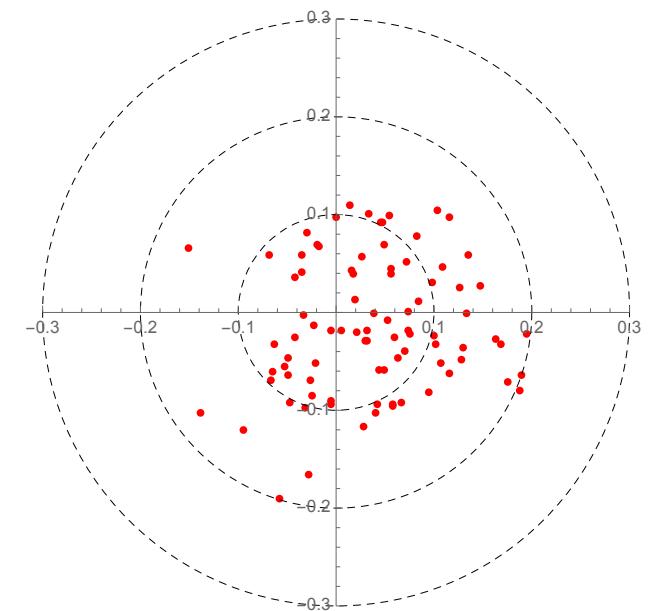
$S/N = 0.027$

$\epsilon = 0.25$



$S/N = 0.019$

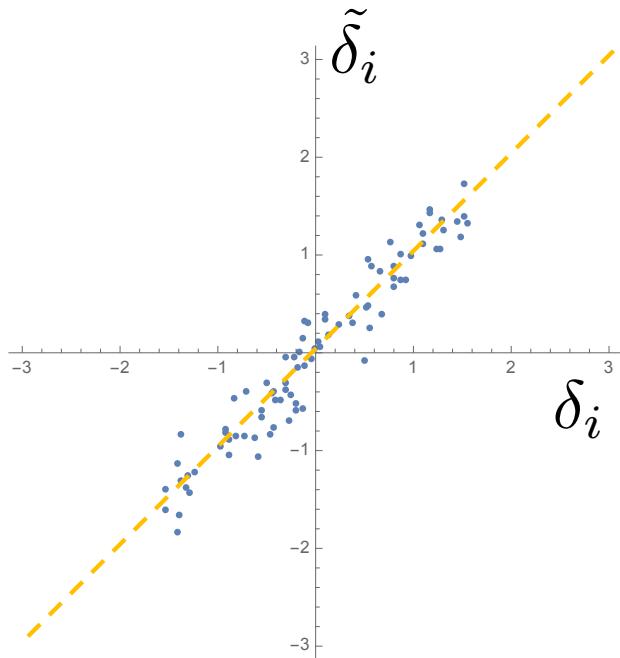
$\epsilon = 0.3$



与えられたリー・ドラグ関係の予測性能

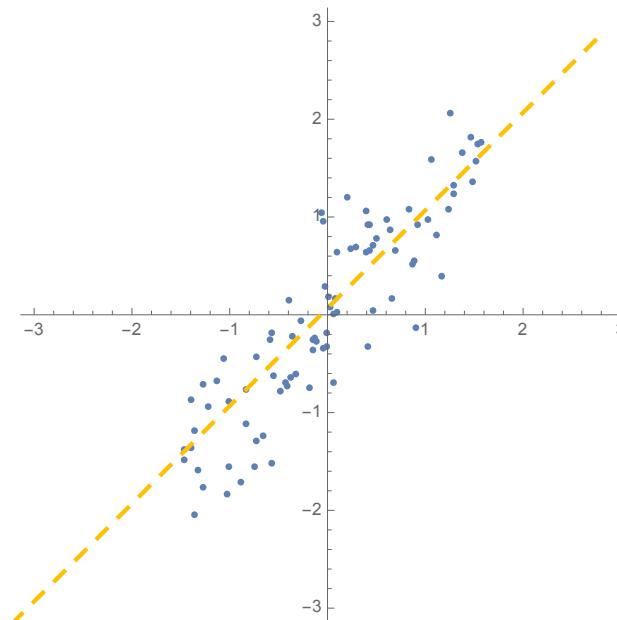
$S/N = 0.042$

$\epsilon = 0.2$



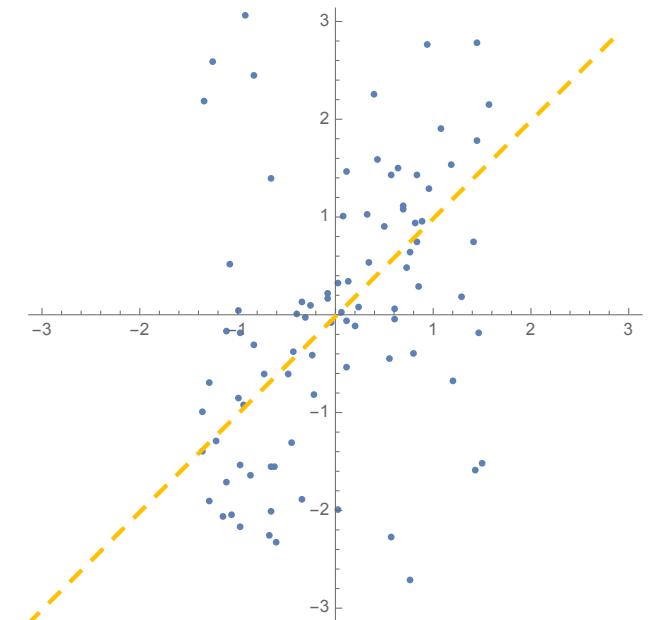
$S/N = 0.027$

$\epsilon = 0.25$



$S/N = 0.019$

$\epsilon = 0.3$



δ_i : given phases

$\tilde{\delta}_i$: phases obtained from the 1st eigenvector

与えられたリードラグ関係の予測性能：まとめ

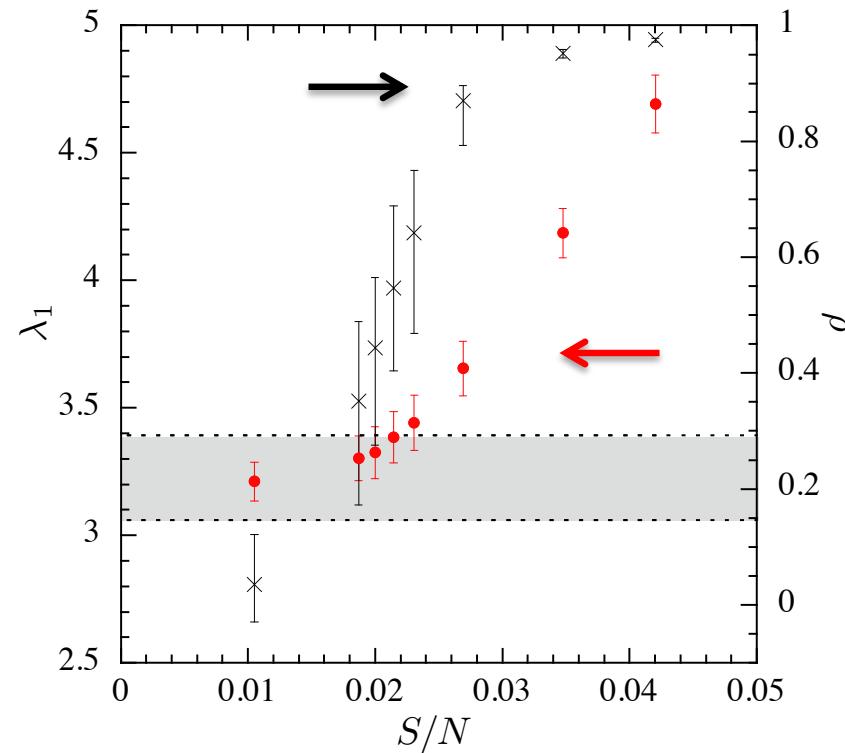
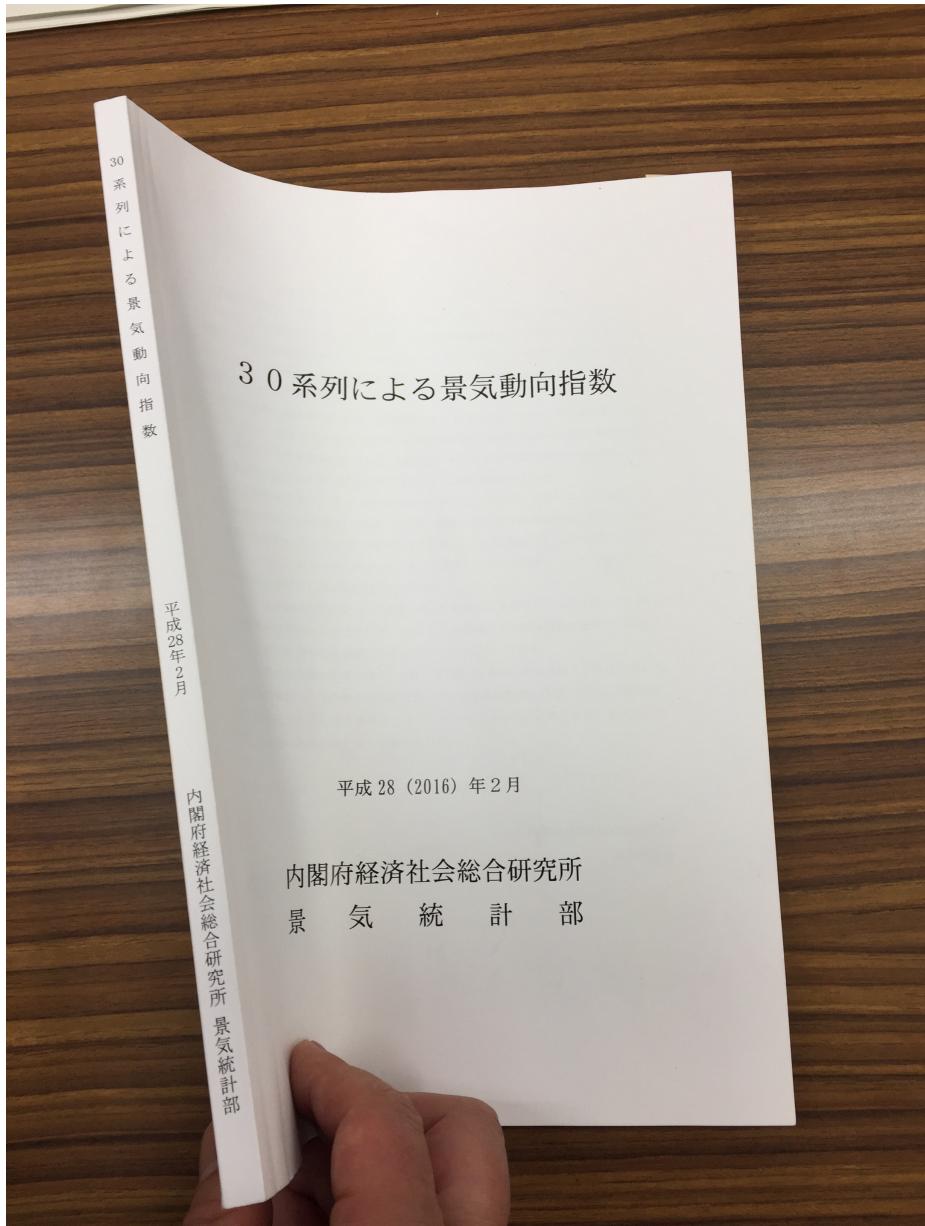


Fig. 5 Capability of the CHPCA method to reproduce the lead-lag relations incorporated into the artificial data, Eq. (15), as a function of the signal-to-noise ratio S/N , where $N = 87$, $T = 383$, and $m = 5$, and hence $P = 76.6$. The solid circles represent the mean of the largest eigenvalue λ_1 of the complex correlation matrix over 100 samples; their error bars, the standard deviation. The crosses represent the corresponding median of the correlation coefficient ρ between the given phases and the extracted phases from the first eigenvector; their error bars, the interquartile range. The gray region shows the 2σ range of the largest eigenvalue determined by the RRS simulation with 1000 samples.

CHPCAの効用：景気循環の検出

景気動向指数



景気動向指数は、昭和 35（1960）年 8 月に公表を開始して以来、日本経済の現状把握、景気基準日付の設定等に用いられており、適切な経済運営を行う上で欠くことのできない統計である。経済構造が時とともに変化していくなか、こうした役割を引き続き適切に果たせるよう、景気動向指数の精度の維持・向上に向けて不斷の見直しを続けていくことが求められているところである。

内閣府経済社会総合研究所では、景気動向指数の改善に向けて内部での検討を進めつつ、平成 25（2013）年度及び平成 26（2014）年度請負調査「景気動向指数の改善に関する調査研究」で設置した有識者研究会（座長：福田慎一 東京大学大学院経済学研究科教授）において、景気動向指数の改善（採用系列の見直し）に関する検討を行った。

これらの結果を参考に、第 16 回景気動向指数研究会（平成 27（2015）年 7 月開催）（経済社会総合研究所長の研究会）（座長：吉川洋 東京大学大学院経済学研究科教授）において、景気動向指数の第 11 次改定（採用系列の見直し）、第 15 循環（平成 21（2009）年 3 月谷～平成 24（2012）年 3 月山～同年 11 月谷）の景気基準日付の確定について、委員の先生方に専門的知見を活かしたご議論をいただいた。

本資料は、景気動向指数の第 11 次改定、第 15 循環の景気基準日付確定に際しての資料及び執務参考資料等をとりまとめたものである。本資料が景気動向指数の理解の一助になるとともに、景気循環分析関係者の方々の参考となれば幸いである。

最後に、今般の景気動向指数の第 11 次改定及び第 15 循環の景気基準日付の確定等にあたり、終始御指導頂いた景気動向指数研究会及び「景気動向指数の改善に関する調査研究」有識者研究会の各先生方に厚く御礼申し上げるとともに、旧経済企画庁以来、景気動向指数に携わって来られた諸先輩に高く敬意を表したい。

平成 28（2016）年 2 月

景気動向指数の基礎指標データ

第13次改定採用系列（2021年3月）

先行

1	L1	最終需要財在庫率指數 <i>(逆サイクル)</i>
2	L2	鉱工業用生産財在庫率指數 <i>(逆サイクル)</i>
3	L3	新規求人數 (除学卒)
4	L4	実質機械受注 (製造業)
5	L5	新設住宅着工床面積
6	L6 (注)	消費者態度指數
7	L7	日経商品指數 (42種)
8	L8	マネーストック (M2) (前年同月比)
9	L9	東証株価指數
10	L10	投資環境指數 (製造業)
11	L11	中小企業売上げ見通SDI

一致

12	C1	生産指數 (鉱工業)
13	C2	鉱工業用生産財出荷指數
14	C3	耐久消費財出荷指數
15	C4	労働投入量指數 (調査産業計)
16	C5	投資財出荷指數 (除輸送機械)
17	C6	商業販売額 (小売業) (前年同月比)
18	C7	商業販売額 (卸売業) (前年同月比)
19	C8 (注)	営業利益 (全産業)
20	C9	有効求人倍率 (除学卒)
21	C10	輸出数量指數

遅行

22	LG1	第3次産業活動指數(対事業所サービス業)
23	LG2	常用雇用指數 (調査産業計) (前年同月比)
24	LG3 (注)	実質法人企業設備投資 (全産業)
25	LG4	家計消費支出 (勤労者世帯) (前年同月比)
26	LG5 (注)	法人税収入
27	LG6	完全失業率 <i>(逆サイクル)</i>
28	LG7	きまつて支給する給与 (製造業、名目)
29	LG8	消費者物価指數 (生鮮食品を除く総合)(前年同月比)
30	LG9	最終需要財在庫指數

(注)「Lg3実質法人企業設備投資(全産業)」は四半期データであるが、月次のCIを計算するため四半期に該当する3か月のそれぞれの変化量を等しいとして線形補間している(4~6月期分であれば6月分に四半期値を代入)。なお、DI算出には、当該四半期値(3,6,9,12月分の値)を用いる。

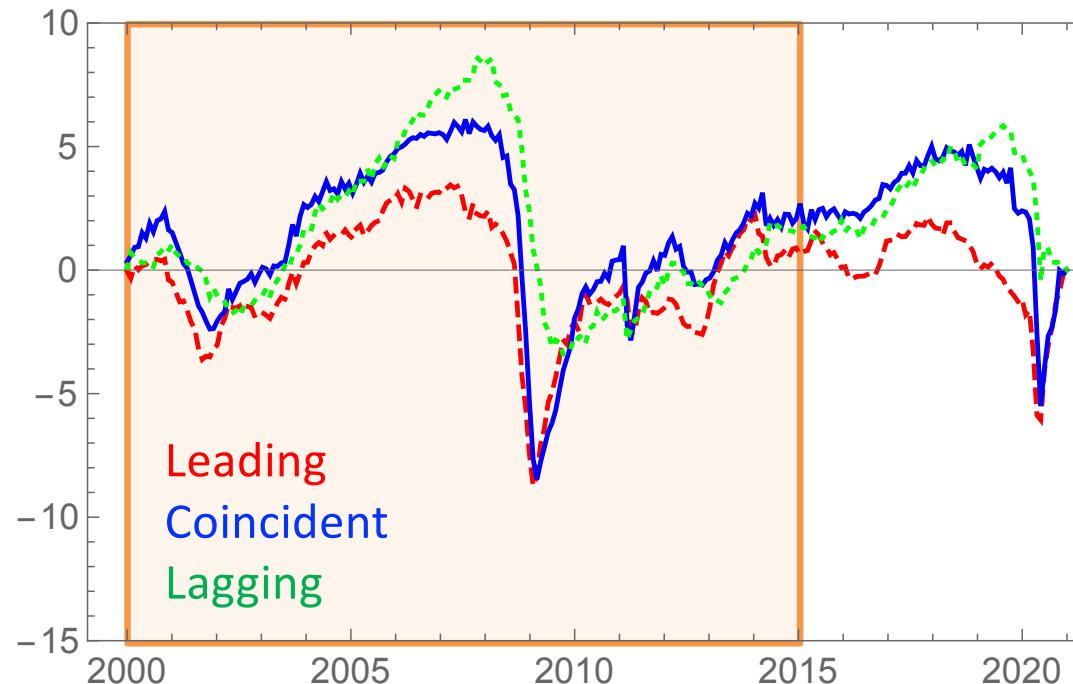
(注)平成30(2018)年1月分～令和元(2019)年12月分の「Lg4家計消費支出(勤労者世帯、名目)(前年同月比)」は、総務省「家計調査」で公表されている「変動調整値」(調査方法変更の影響を調整した推計値)を用いている。

(注)「Lg5法人税収入」には還付金が含まれている。

景気動向指数の時間変化と経済ショック

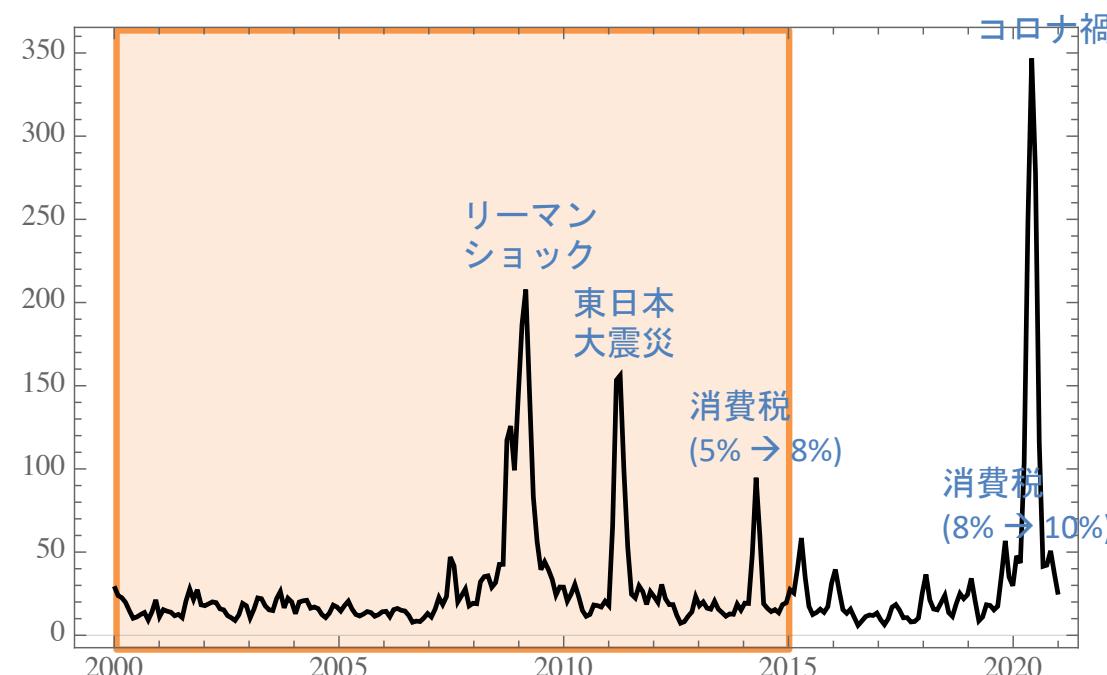
These representative indexes are obtained by simply averaging the components over each of the three categories.

$$\sum_{\mu \in L/C/LG} \xi_\mu(t)$$



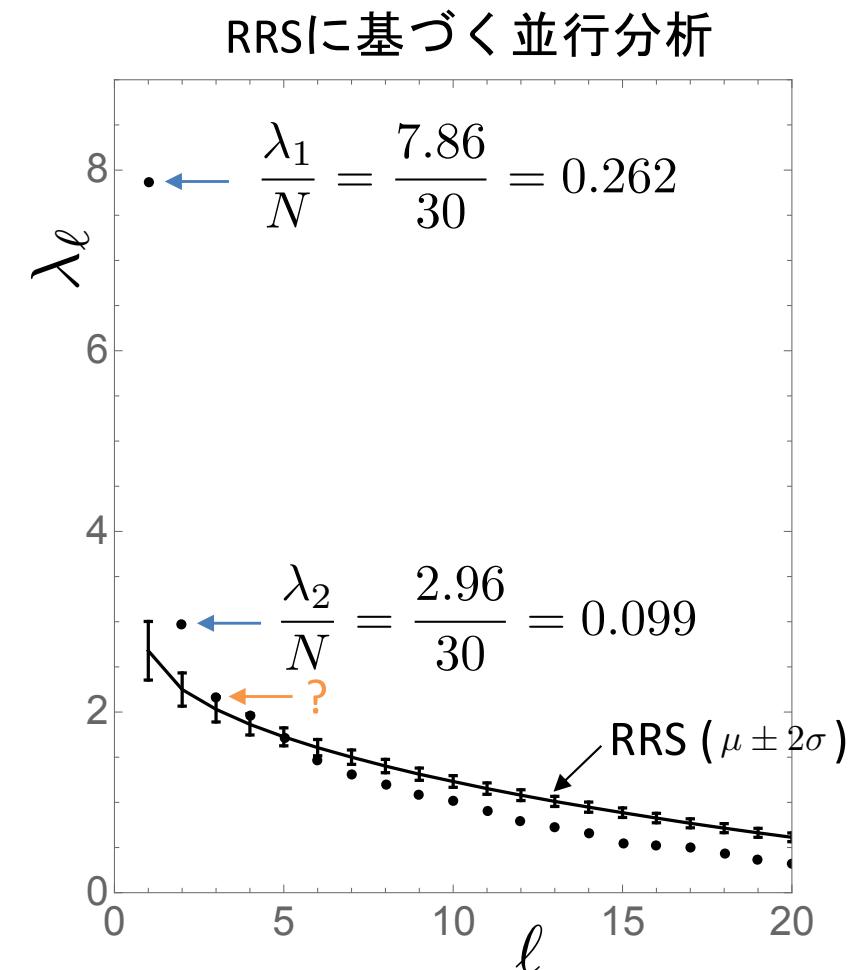
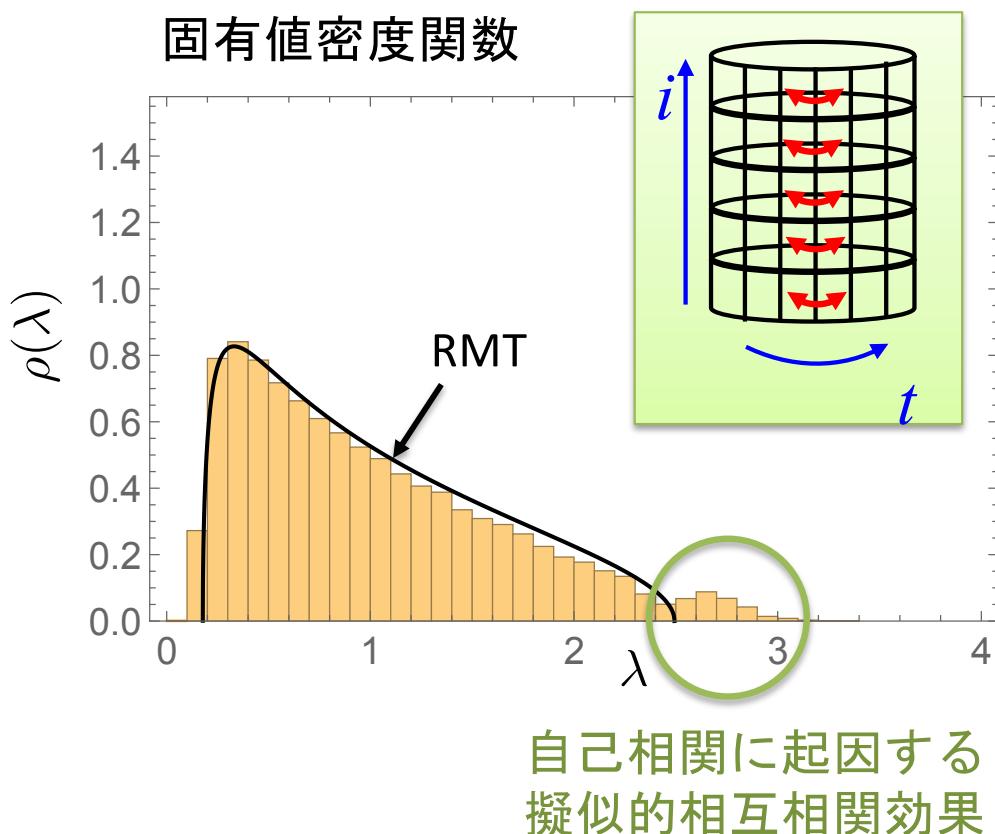
Total intensity of fluctuations: arbitrarily scaled

$$\sum_{\mu=1}^N |\xi_\mu(t)|^2 = \sum_{\ell=1}^N |a_\ell(t)|^2$$



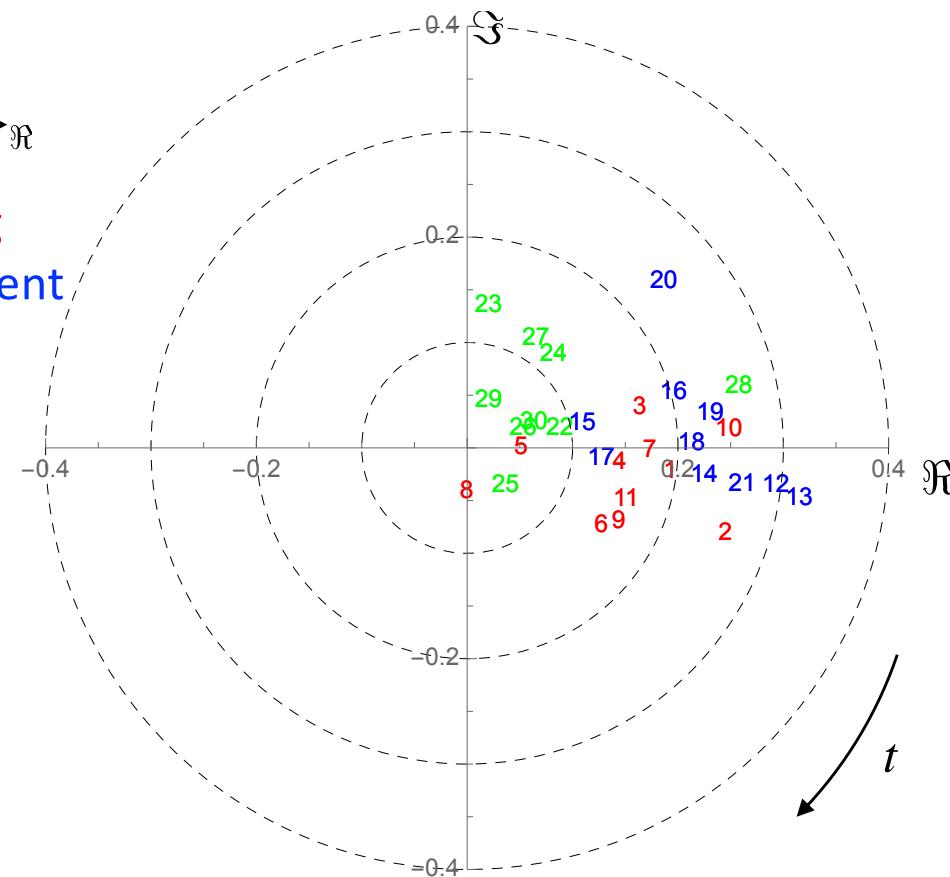
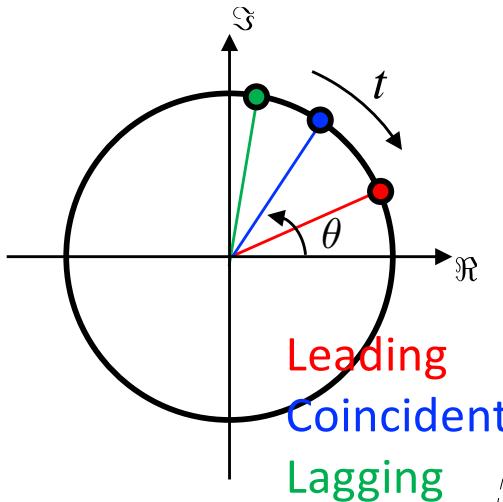
複素相関行列の固有値

Period: 2000.1 – 2014.12

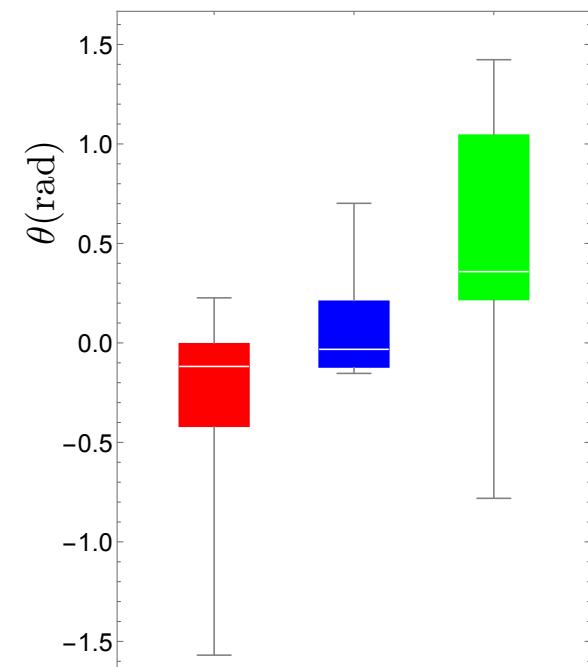


第1, 第2固有値は統計的に有意味であることがわかる。他方、第3固有値は微妙である。

第1固有ベクトル



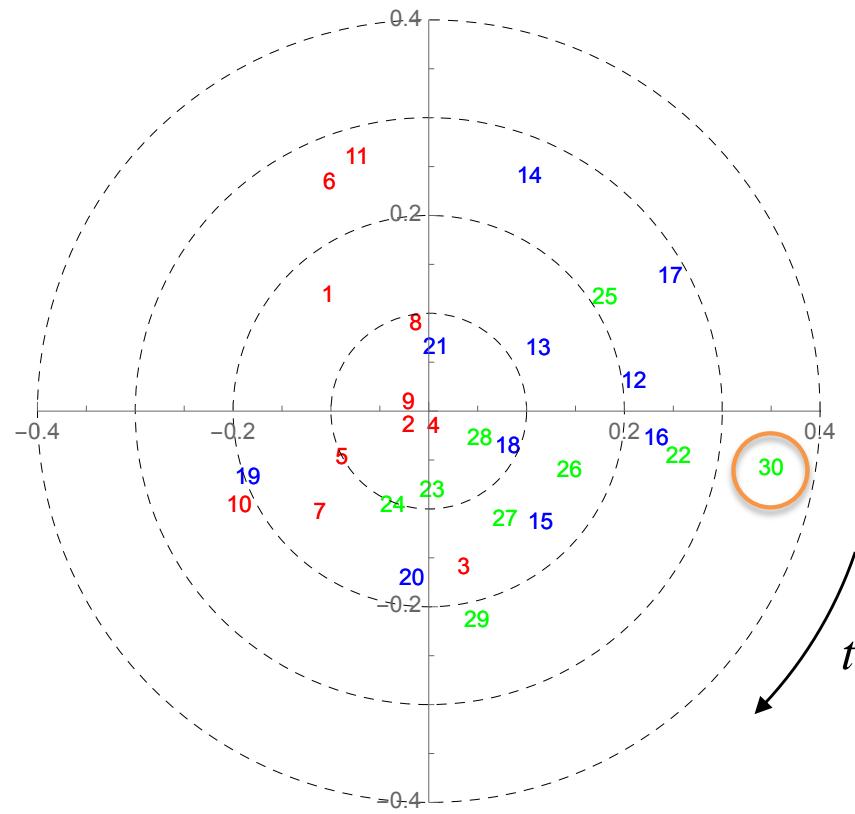
Period: 2000.1 – 2014.12



- > 基礎指標群の集団運動（景気）を検出！
- > 基礎指標群の付されているリード・ラグ関係(先行・一致・遅行性)を概ね再現
- > 20(有効求人倍率)および28(きまって支給する給与)は景気を特徴付ける有力な指標であるがそれぞれ遅行指数、一致指数に分類されるべきか？
- > 3(新規求人数(除学卒)) , 10(投資環境指数(製造業))は一致指数？

第2固有ベクトル

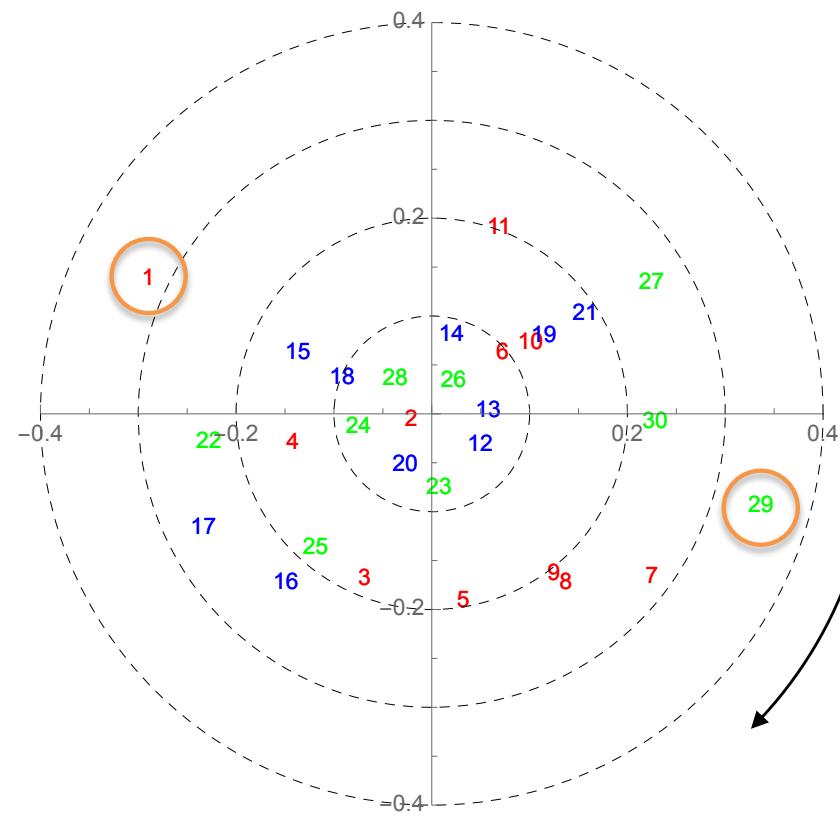
Period: 2000.1 – 2014.12



第2固有モードでは最終需要材在庫指数が主要な役割（在庫調整モード）

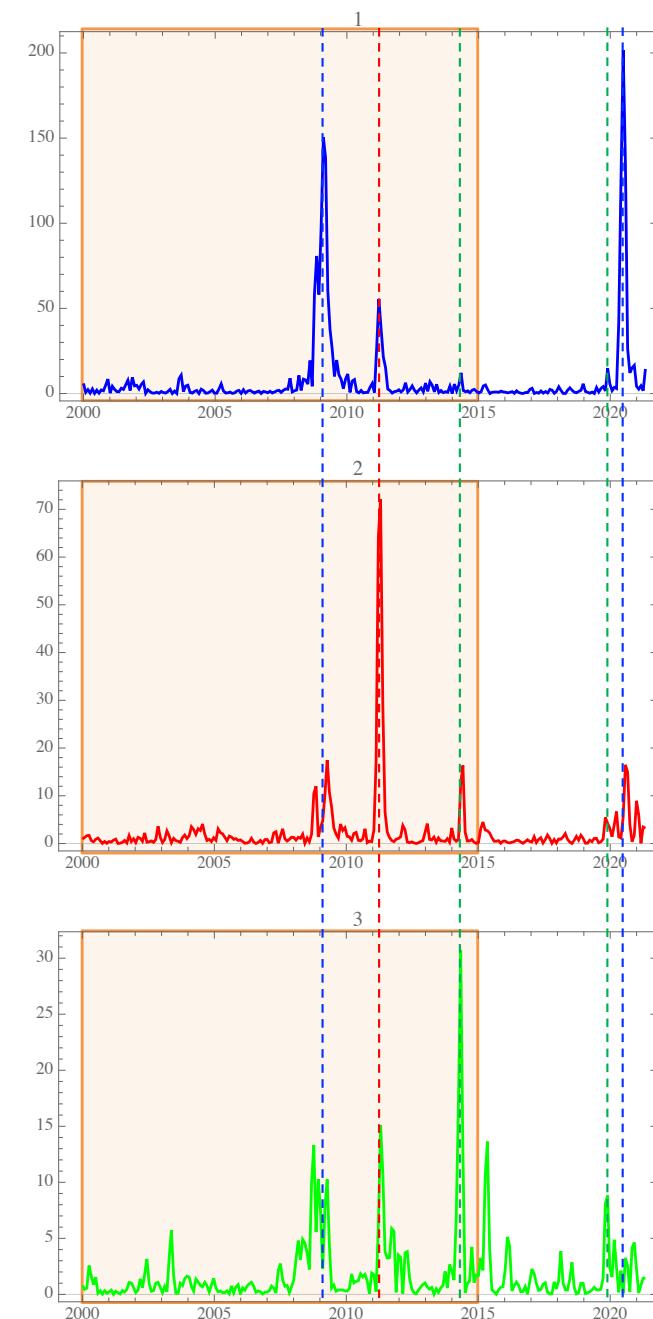
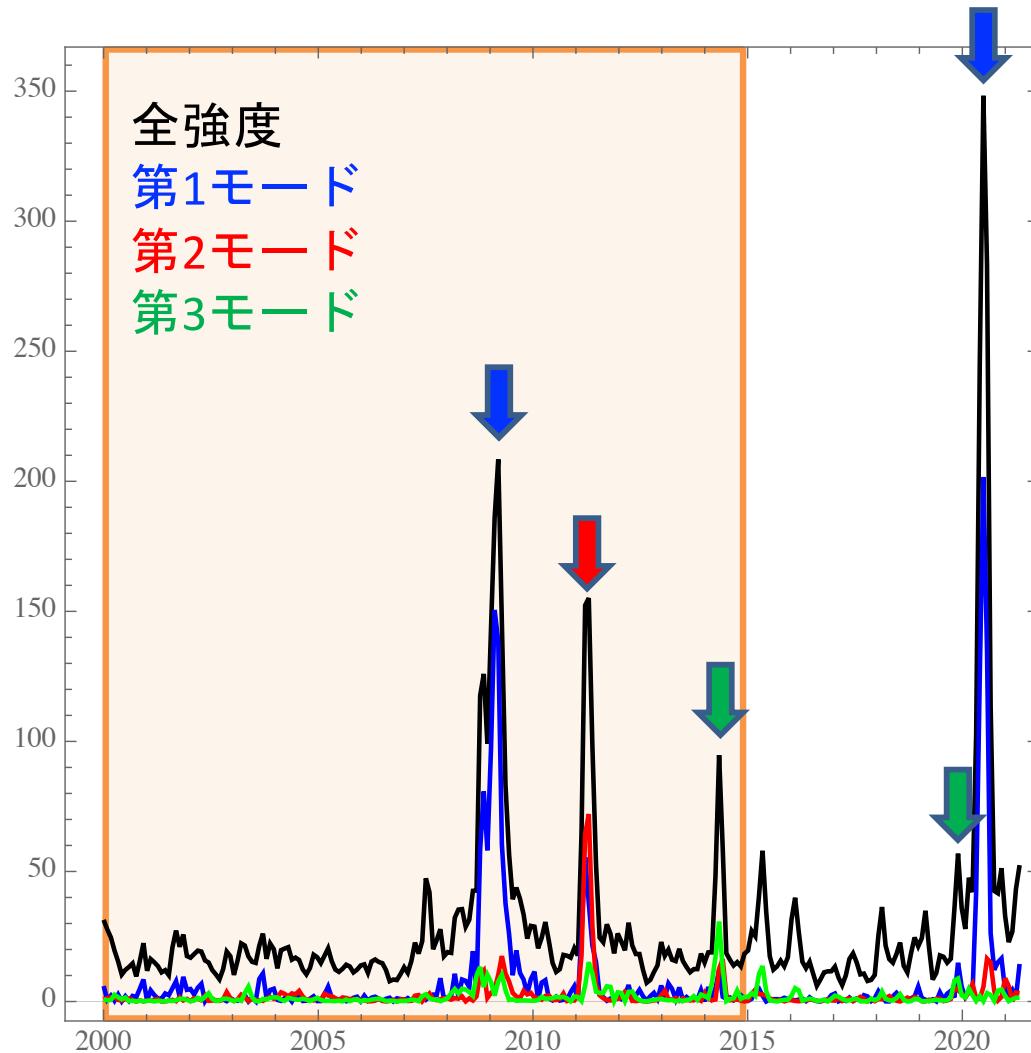
第3固有ベクトル

Period: 2000.1 – 2014.12



第3固有モードは29(消費者物価), 1(最終需要財在庫率指数)が主要な役割を果たしている個別的モード

モードシグナル強度の時間依存性



解析期間の中で3個の大きな経済ショック(リーマン東日本大震災消費税増)が含まれている。第1モードはリーマンショックに一番反応。それに対して第2モードは東日本大震災ショックに第3モードは消費税ショックに一番反応。モードの特性をショックに対する反応性から特徴づけることが可能！

モードシグナルの相対強度

各モードはそれぞれ特徴ある経済ショックによって励起：

第1モード ← リーマンショック, コロナ禍

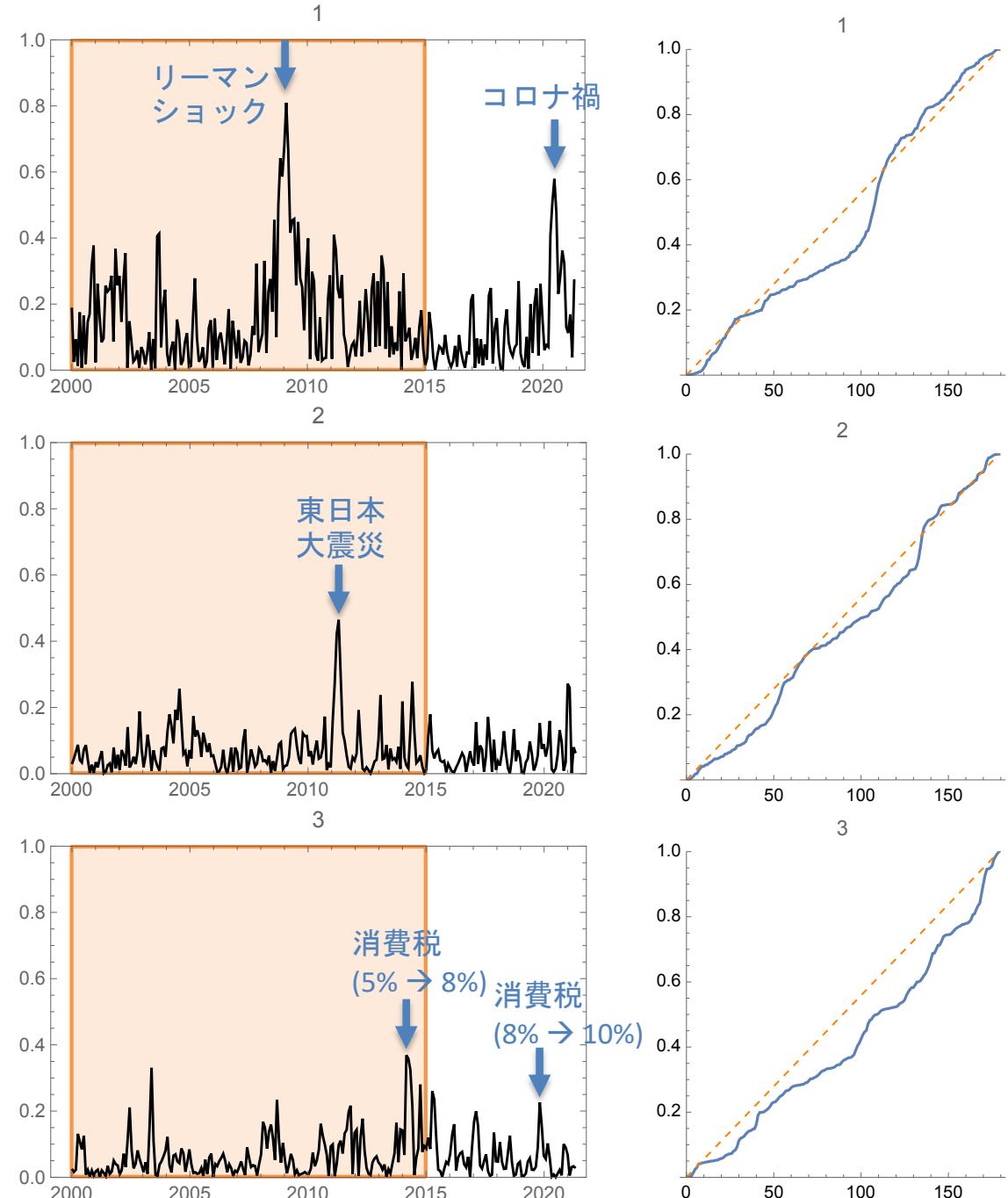
第2モード ← 東日本大震災

第3モード ← 消費税増税

Out-of-sample testing



平常時の自発的ゆらぎ構造(固有モード)が外的ショックによって選択的に励起



経済系において揺動散逸定理（外的ショックに誘起される応答様式が自発的ゆらぎ構造と対応）が成立している可能性を指摘

PHYSICAL REVIEW E **83**, 016103 (2011)

Fluctuation-dissipation theory of input-output interindustrial relations

Hiroshi Iyetomi* and Yasuhiro Nakayama

Department of Physics, Niigata University, Ikarashi, Niigata 950-2181, Japan

Hideaki Aoyama

Department of Physics, Kyoto University, Kyoto 606-8501, Japan

Yoshi Fujiwara

ATR Laboratories, Kyoto 619-0288, Japan

Yuichi Ikeda

Hitachi Research Laboratory, Hitachi Limited, Ibaraki 319-1221, Japan

Wataru Souma

College of Science and Technology, Nihon University, Chiba 274-8501, Japan

(Received 23 February 2010; revised manuscript received 26 October 2010; published 11 January 2011)

In this study, the fluctuation-dissipation theory is invoked to shed light on input-output interindustrial relations at a macroscopic level by its application to indices of industrial production (IIP) data for Japan. Statistical noise arising from finiteness of the time series data is carefully removed by making use of the random matrix theory in an eigenvalue analysis of the correlation matrix; as a result, two dominant eigenmodes are detected. Our previous study successfully used these two modes to demonstrate the existence of intrinsic business cycles. Here a correlation matrix constructed from the two modes describes genuine interindustrial correlations in a statistically meaningful way. Furthermore, it enables us to quantitatively discuss the relationship between shipments of final demand goods and production of intermediate goods in a linear response framework. We also investigate distinctive external stimuli for the Japanese economy exerted by the current global economic crisis. These stimuli are derived from residuals of moving-average fluctuations of the IIP remaining after subtracting the long-period components arising from inherent business cycles. The observation reveals that the fluctuation-dissipation theory is applicable to an economic system that is supposed to be far from physical equilibrium.

CHPCAの効用：景気ウォッチャー調査 データの先行性の評価

景気ウォッチャー調査：「街角景気」の把握

故堺屋太一氏（当時経済企画庁長官）が生みの親。平成12年1月から公表。地域の景気に関連の深い動きを観察できる立場にある人々の協力を得て、地域ごとの景気動向を的確かつ迅速に把握し、景気動向判断の基礎資料とすることを目的。



景気ウォッチャー調査について語る
堺屋太一氏。写真（右）
(平成21年度景気ウォッチャー全
国セミナーにて)

調査の範囲

- 地域： 北海道、東北、北関東、南関東、甲信越、東海、北陸、近畿、中国、四国、九州、沖縄の12地域
- 対象： 家計動向、企業動向、雇用等、代表的な経済活動項目の動向を敏感に反映する現象を観察できる業種の適当な職種の中から選定した2050人（タクシードライバー、コンビニ店長など）



集団的知性の活用

秘

総務省承認 一般統計調査



政府統計
内閣府

景気ウォッチャー調査 調査票

あなたの日々の仕事や仕事を通じて接するお客様の様子から分かる、あなたの身の回りの景気の状況についてご回答ください。

【質問1】

現在の景気についての質問です。今月のあなたの身の回りの景気は、良いと思いますか、悪いと思いますか。

次の5つの中から、答えたい番号のプッシュ・ボタンを押し、最後に # を押してください。
【電話方式】

次の5つの中から、答えたい番号を選択し、右の回答欄に該当の番号を打ち込んでください。
【電子メール方式】

次の5つの中から、答えたい番号を選択し、下の該当の番号のボタンをクリックしてください。
【Web方式】

(各分野共通)

- ①良い ②やや良い ③どちらとも言えない ④やや悪い ⑤悪い

【質問2】

景気が上向きか下向きか、どちらの方向に向かっているかの質問です。今月のあなたの身の回りの景気は、3か月前と比べて良くなっていると思いますか、悪くなっていると思いますか。

次の5つの中から、答えたい番号のプッシュ・ボタンを押し、最後に # を押してください。
【電話方式】

次の5つの中から、答えたい番号を選択し、右の回答欄に該当の番号を打ち込んでください。
【電子メール方式】

次の5つの中から、答えたい番号を選択し、下の該当の番号のボタンをクリックしてください。
【Web方式】

(各分野共通)

- ①良くなっている ②やや良くなっている ③変わらない ④やや悪くなっている
⑤悪くなっている

【質問3】

質問2のご回答の理由として、どのような点に特に着目しましたか。

次の6(5)つの中から、最も適当と思われる番号のプッシュ・ボタンを押し、最後に # を押してください。
【電話方式】

次の6(5)つの中から、最も適当と思われる番号を選択し、右の回答欄に該当の番号を打ち込んでください。
【電子メール方式】

次の6(5)つの中から、最も適当と思われる番号を選択し、下の該当の番号のボタンをクリックしてください。
【Web方式】

(家計動向関連の方の場合)

- ①来客数の動き ②販売量の動き ③単価の動き ④お客様の様子
⑤競争相手の様子 ⑥それ以外

(企業動向関連の方の場合)

- ①受注量や販売量の動き ②受注価格や販売価格の動き ③取引先の様子
④競争相手の様子 ⑤それ以外

(雇用関連の方の場合)

- ①求人件数の動き ②求職者数の動き ③採用者数の動き
④雇用形態の様子 ⑤周辺企業の様子 ⑥それ以外

(次ページへ続く)

【質問4-1】 質問3において次の番号を選んだ方への質問です。

(家計動向関連) ①～③を選択された方。

(企業動向関連) ①、②を選択された方。

(雇用関連) ①～③を選択された方。

今のご回答に、追加することがあれば具体的に教えてください。

ビーという発信音が鳴ったら、30秒以内でお話しください。回答が終了したら、# を押してください。
【電話方式】

今のご回答に、追加することがあれば300字以内で具体的に教えてください。

【電子メール方式】

質問3のご回答に、追加することがあれば300字以内で具体的に教えてください。

【Web方式】

(各分野共通)

自由回答

【質問4-2】 質問3において次の番号を選んだ方への質問です。

(家計動向関連) ④～⑥を選択された方。

(企業動向関連) ③～⑤を選択された方。

(雇用関連) ④～⑥を選択された方。

今のご回答について、具体的な状況を教えてください。

ビーという発信音が鳴ったら、30秒以内でお話しください。回答が終了したら、# を押してください。
【電話方式】

今のご回答について、具体的な状況を300字以内で教えてください。

【電子メール方式】

質問3のご回答について、具体的な状況を300字以内で教えてください。

【Web方式】

(各分野共通)

自由回答

【質問5】

将来の景気についての質問です。今後2～3か月先のあなたの身の回りの景気は、今月よりも良くなっていますか、悪くなっていますか。

次の5つの中から、答えたい番号のプッシュ・ボタンを押し、最後に # を押してください。
【電話方式】

次の5つの中から、答えたい番号を選択し、右の回答欄に該当の番号を打ち込んでください。
【電子メール方式】

次の5つの中から、答えたい番号を選択し、下の該当の番号のボタンをクリックしてください。
【Web方式】

(各分野共通)

- ①良くなる ②やや良くなる ③変わらない ④やや悪くなる ⑤悪くなる

【質問6】

質問5で、そのように回答した理由を教えてください。

ビーという発信音が鳴ったら、30秒以内で自由にお話ください。回答が終了したら、# を押してください。
【電話方式】

質問5で、そのように回答した理由を300字以内で教えてください。
【電子メール方式, Web方式】

(各分野共通)

自由回答

ご協力ありがとうございました。
【電話方式】

<以上ご記入いただきましたら、以下のメールアドレスまで電子メールでお送りください。ご協力ありがとうございました。>
【電子メール方式】

回答内容の最終確認です。以下の内容でよろしいですか。よろしければ、「送信」ボタンを押してください。送信完了しました。ご協力ありがとうございました。
【Web方式】

景気ウォッチャー調査データ

- 現状(方向性)に対する判断

$$x_t - x_{t-3}$$

- 先行き (方向性) に対する判断

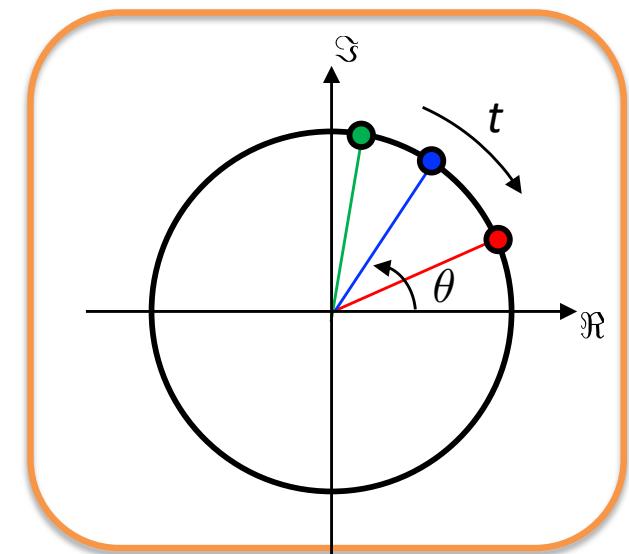
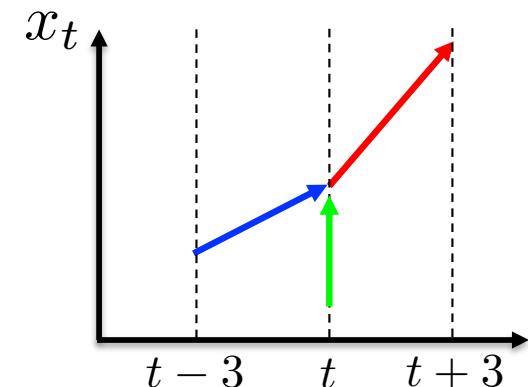
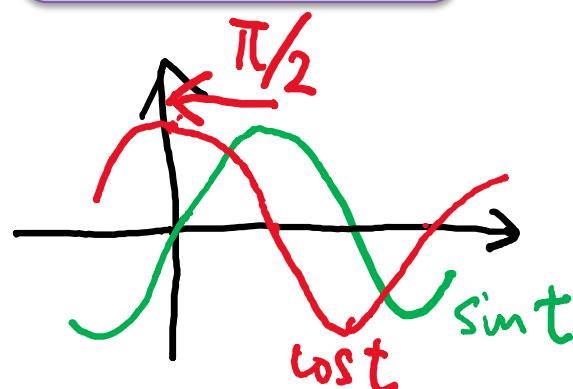
$$x_{t+3} - x_t$$

- 現状 (水準) に対する判断

$$x_t$$

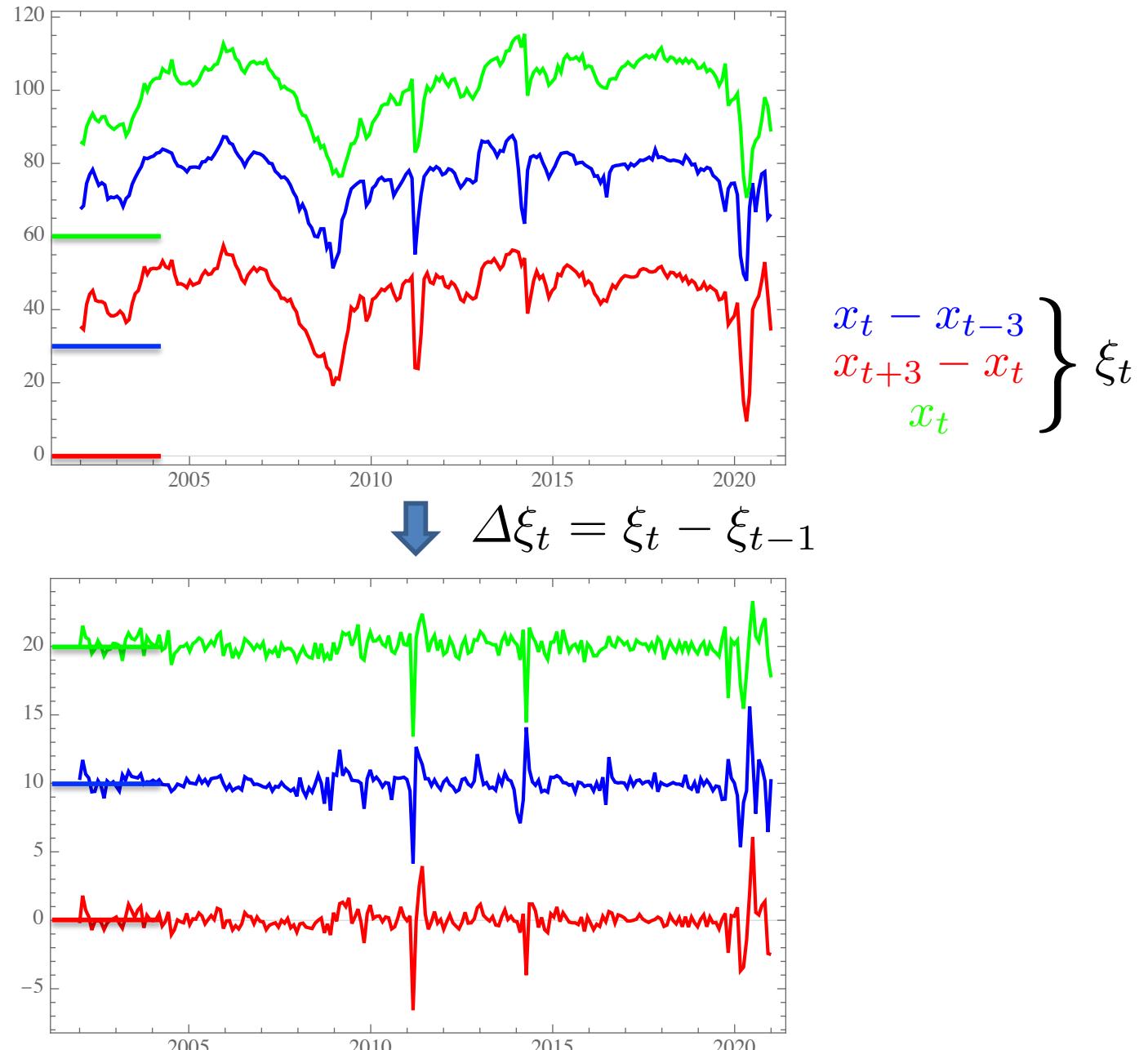
$$x_t = \sin(\omega t + \theta)$$

$$\dot{x}_t = \omega \cos(\omega t + \theta)$$



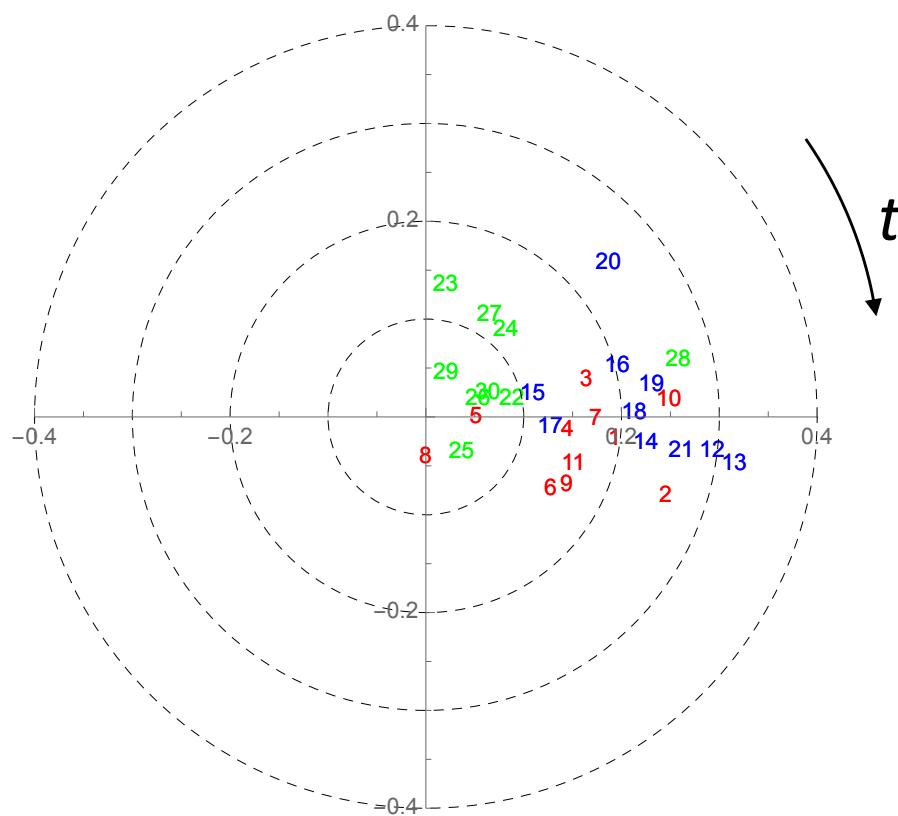
期待される3つの指標間の
リードラグ関係

景気ウォッチャー調査データの前処理

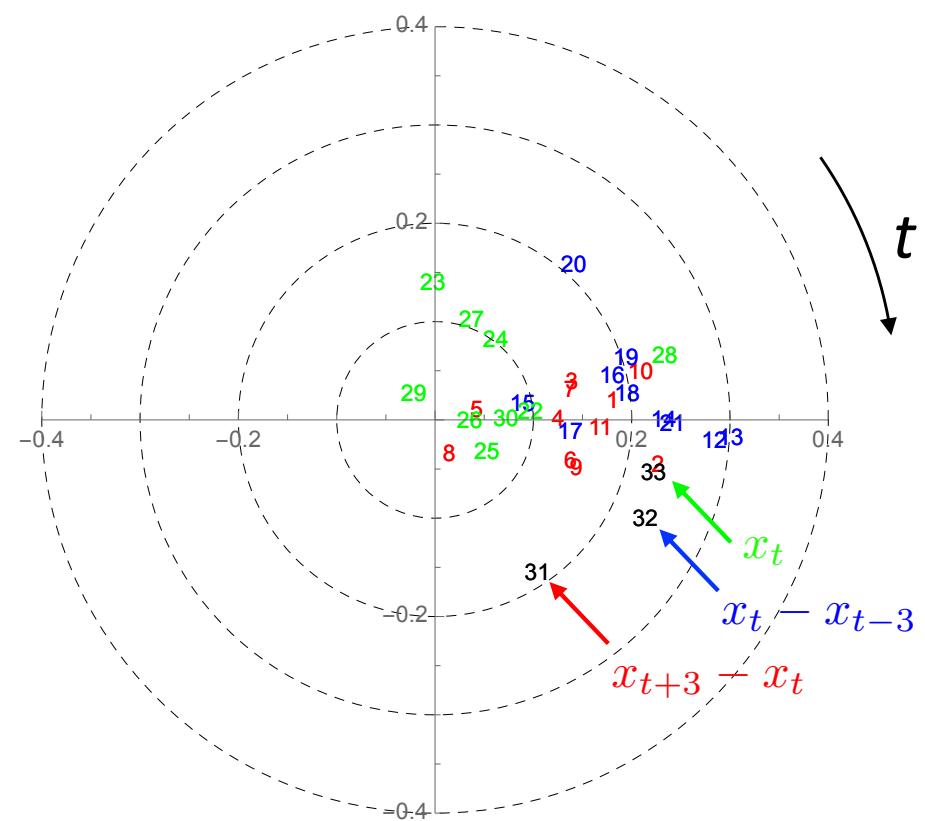


第1固有モード:景気ウォッチャー調査データの有無

2000.1 – 2014.12



2002.1 – 2015.12



まとめ

多変量時系列データに隠された集団運動を抽出する一つの方法として複素ヒルベルト主成分分析(CHPCA)法がある。

1. 実数データの複素数化をはじめとしてCHPCA法の概要を説明し時系列間のリード・ラグ関係の抽出を含めてCHPCA法の有効性をテストデータを使ってデモンストレーション

CHPCA法の計算の複雑さは実数データに基づくPCA法と同程度であり
CHPCA法を使って多変量間の動的相関構造を簡便に分析できる
(CHPCA法を詳細分析の前段として利用)

2. 実際の景気動向基礎指標の解析例を用いてCHPCA法の効用を提示

CHPCA法を用いると景気動向基礎指標間のリード・ラグ関係を機械的に抽出することができる。つまり景気動向の先行・一致・遅行指数を構築するために必要な基礎指標の選択をより客観化できる可能性がある。

3. 景気ウォッチャー調査データの景気本体に対する先行性について検討した結果を報告

景気ウォッチャー調査データは先行基礎指標として非常に有望。

参考論文(CHPCA関連)

- Arai, Y., Yoshikawa, T., & Iyetomi, H. (2013). Complex principal component analysis of dynamic correlations in financial markets. In *Intelligent Decision Technologies* (pp. 111-119). IOS Press.
- Arai, Y., Yoshikawa, T., & Iyetomi, H. (2015). Dynamic stock correlation network. *Procedia Computer Science*, 60, 1826-1835.
- Vodenska, I., Aoyama, H., Fujiwara, Y., Iyetomi, H., & Arai, Y. (2016). Interdependencies and causalities in coupled financial networks. *PloS one*, 11(3), e0150994.
- Aoyama, H., Fujiwara, Y., Ikeda, Y., Iyetomi, H., Souma, W., & Yoshikawa, H. (2017). *Macroeconophysics: new studies on economic networks and synchronization*. Cambridge University Press.
- Kichikawa, Y., Iyetomi, H., Aoyama, H., Fujiwara, Y., & Yoshikawa, H. (2020). Interindustry linkages of prices—Analysis of Japan’s deflation. *PloS one*, 15(2), e0228026.
- Iyetomi, H., Aoyama, H., Fujiwara, Y., Souma, W., Vodenska, I., & Yoshikawa, H. (2020). Relationship between macroeconomic indicators and economic cycles in US. *Scientific reports*, 10(1), 1-12.
- Iyetomi, H. (2020). Collective phenomena in economic systems. In *Complexity, Heterogeneity, and the Methods of Statistical Physics in Economics* (pp. 177-201). Springer, Singapore.