

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 15 日現在

機関番号：34403

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24530237

研究課題名(和文) 非定常パネルデータの新しい検定手法に関する精度評価及び改良

研究課題名(英文) Test performance and improvement of new tests for nonstationary panels

研究代表者

松木 隆 (MATSUKI, Takashi)

大阪学院大学・経済学部・教授

研究者番号：60319564

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,800,000円

研究成果の概要(和文)：非定常パネルデータに対する新しい検定手法の検定パフォーマンスの評価と検定の拡張及び実データへの適用を行った。特筆すべき事柄は以下の3点である。ブートストラップ法に基づくRomano and Wolf (2005)の多重検定をパネル単位根・共和分検定に応用することで、多重性問題を回避し、従来の多重検定手法が持つ検出力の低さを補い、実用に耐えうる検定となることが示された。他のパネル検定手法に比べて経済構造変化や非線型性といったデータの特性を検定に取り込み易く、検定パフォーマンスの面においても十分な性能を持つことが示された。実データを用いた為替・金融市場の分析において、有意義な結果を得た。

研究成果の概要(英文)：This study investigates the test performance of new methods of testing for unit roots or cointegration in nonstationary panels. The study extends these tests to deal with data with structural breaks or nonlinearity. It also applies them, in their original or extended forms, to actual data. I use Romano and Wolf's (2005) multiple testing based on the bootstrap method and observe the following three noteworthy points in the results: (1) The test can avoid the multiplicity problem (over-rejection of the null hypothesis caused by the repeated use of a single test) and increase test power, while other multiple testing methods suffer from a lack of power. (2) The test can be easily extended to consider cases where structural breaks or nonlinearity is observed in the data; it exhibits good test performance even in these cases. (3) The obtained empirical results are meaningful when some tests are applied to actual exchange rates or financial data.

研究分野：計量経済学

キーワード：非定常パネルデータ 単位根 共和分 多重検定 経済構造変化 非線型性

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年実証分析で広く用いられている Im, Pesaran and Shin (IPS) 検定などのパネル単位根検定は、パネルデータを構成する1つ1つの系列(時間軸方向にデータを捉えた場合の系列)の単位根の有無を同時帰無仮説として検定するため、仮に帰無仮説が有意に棄却されたとしても、「個別にはどの系列が $I(0)$ なのか特定できない」という本質的な問題を抱えている。

(2) パネルデータに含まれる個々の系列の定常性を判定するために、Augmented Dickey-Fuller 検定などの単一時系列を対象とする検定を用いて、それぞれ個別に系列を検定していくという方法も考えられるが、この方法では、検定全体として誤って真の帰無仮説を棄却する確率(familywise error rate (FWE))が事前に設定した検定の有意水準(第1種の過誤の確率)を超えてしまう多重性問題(multiplicity problem)に直面する。

2. 研究の目的

(1) 上記「研究の背景」において述べられた2つの問題を緩和または解決することが可能と考えられる検定手法について、既存検定の検定精度を様々な条件の下で評価する。

(2) 既存検定手法の改良や、時系列データが経済構造変化や非線型性などの特徴を持つ場合を考慮可能なように拡張を行い、その精度評価を行う。

(3) (1)(2)の手法について、現実データへ適用し、既存研究の結果との相違点などを検討や、得られた結果から導かれる新たなインプリケーションについて議論する。

3. 研究の方法

(1) モンテ・カルロ・シミュレーションにより、既存検定のパフォーマンスについて、特に FWE (検定全体の過誤の確率) のコントロールや検出力の大きさを観察し考察する。ここでは、主に以下の項目について、様々な値を設定して計算を行う。横断面次元 (N) と時系列次元 (T) の大きさ。クロスセクション間の相関強度。各系列の攪乱項を $u_{i,t} = \alpha_i f_t + \varepsilon_{i,t}$ とするときのパラメータ α_i の大きさ ($i=1, \dots, N, t=1, \dots, T$ であり、 f_t は common factor、 $\varepsilon_{i,t}$ は idiosyncratic error である)。idiosyncratic error を ARMA (p, q) モデルで表現するときの AR パラメータ及び MA パラメータの大きさ及び符号。クロスセクション間の相関構造を捉える際のブートストラップ法の違い。線型タイム・トレンドの屈折や非線型性の存在の有無。個別検定統計量の違い。

(2) 既存研究において用いられている sieve bootstrap を moving blocks bootstrap に変更し検出精度の向上を確認する。また、moving blocks bootstrap における edge effect を除去するために circular blocks bootstrap も使用する。

(3) 複数回の経済構造変化の存在や Exponential Smooth Transition Autoregressive (ESTAR) モデルで表される非線型性の存在を許すように既存検定を拡張し、その精度評価を行う。

(4) 上記(1)(2)(3)において考察した検定について、そのいくつかを実際のデータを用いた分析に用い、得られた結果を確認・検討する。

4. 研究成果

(1) モンテ・カルロ・シミュレーションにより、単一時系列を対象とする検定の繰り返し適用と Romano and Wolf (2005)、Hanck

(2009)の手法の検定パフォーマンスを比較考察した。帰無仮説に単位根過程、対立仮説に定常過程を考えた場合、Romano and Wolf (2005)、Hanck (2009)の逐次多重検定に基づいた検定手法は、多重性問題（帰無仮説の過剰棄却）を緩和すると同時に、十分な検出力を持つことが明らかとなった（Table 1）。

Table 1

The familywise error rates and average powers of single and multiple tests					
T	N	Familywise error rates		Average powers	
		$\omega = 0.3$		$\omega = 0.3$	
		Single test	Multiple test	Single test	Multiple test
50	5	0.154	0.078	0.302	0.750
	10	0.278	0.053	0.304	0.572
100	5	0.172	0.089	0.724	0.987
	10	0.290	0.074	0.713	0.979
200	5	0.180	0.088	0.941	1.000
	10	0.346	0.082	0.940	1.000

（表はクロスセクション間の相関 ρ が 0.3 の場合）

Table 1 において、Single test が単一検定の繰り返し適用、Multiple test が逐次多重検定である。Table 1 を含むシミュレーション結果において、多重検定は、Familywise error rates を 5% を大きく超えない範囲でコントロールできているのに対して、単一検定では 0.15 ~ 0.35 程度と大きくなり、単位根帰無仮説の過剰棄却が発生している。また、検出力（Average powers）も総じて多重検定が高いことが分かった。

(2)時系列に経済構造変化が存在する場合について、それを考慮した多重検定と単一検定のモンテ・カルロ・シミュレーションは以下のようになった（Table 2）。

Table 2

The familywise error rates and average powers of single and multiple tests (One structural break under the alternative)									
T	N	Familywise error rates				Average powers ^a			
		$\omega = 0.3$		$\omega = 0.3$		$\omega = 0.3$		$\omega = 0.3$	
		Single test	Multiple test	Single test	Multiple test	Single test	Multiple test	Single test	Multiple test
50	5	0.133	0.106	0.095	0.487	0.241	0.707	0.528	0.902
	10	0.267	0.065	0.104	0.308	0.244	0.605	0.529	0.859
100	5	0.133	0.150	0.247	0.939	0.421	0.972	0.679	0.989
	10	0.246	0.087	0.244	0.909	0.417	0.964	0.678	0.987
200	5	0.145	0.163	0.683	1.000	0.789	1.000	0.900	1.000
	10	0.259	0.072	0.680	0.999	0.784	1.000	0.898	1.000

^a The break fraction β is 0.5. Average powers are calculated as the ratio of the rejected null hypotheses against all the null hypotheses (N) for 2,000 replications.

（クロスセクション間の相関 ρ が 0.3、経済構造変化の大きさ $\beta = 1, 3, 5$ の場合）

Table 2 を含む結果から、軽微な過剰棄却は発生するものの多重検定の方が単一検定の繰り返し適用よりも第 1 種の過誤が小さいことが分かった。また、検出力も全ての場合において高い。

(3) ESTAR モデルで表される非線型性が対立仮説で存在する場合について、それを考慮した多重検定と単一検定のモンテ・カルロ・シミュレーションは以下のようになった（Table 3）。

Table 3

The familywise error rates and average powers of single and multiple tests					
T	N	Familywise error rates		Average powers ^a	
		$\omega = 0.3$		$\omega = 0.3$	
		Single test	Multiple test	Single test	Multiple test
50	5	0.289	0.063	0.276	0.154
	10	0.457	0.043	0.277	0.051
100	5	0.248	0.059	0.501	0.432
	10	0.440	0.035	0.495	0.275
200	5	0.254	0.074	0.806	0.958
	10	0.431	0.046	0.807	0.908

^a The adjustment speed parameter λ is 0.1.

（クロスセクション間の相関 ρ が 0.3、調整スピード $\lambda = 0.1$ の場合）

Table 3 を含む結果から、多重検定では FWE が適切にコントロールされているのに対して、単一検定では最大 0.47 となり、深刻な帰無仮説の過剰棄却が発生する。検出力では、時系列数 (T) が 100 以下の場合において、多重検定は十分な値を示さないが、T = 200 の場合で、単一検定を上回る十分な値を示す。このことから、非線型性を考慮する場合においては、比較的長い時系列数がなければ、検出力不足となりうるといえる。

(4) pairwise cointegration (時系列のペアごとの共和分関係) について、特に非線型性を持つ場合を考慮した検定についてもその検定パフォーマンスを考察した (Table 4)。

Table 4 The familywise error rates and average powers of the individual and multiple tests based on the NEG statistic with $(\sigma_{13}, \sigma_{23}) = (-0.5, -0.5)$

T	N'	Familywise error rates		Average powers ^a			
		Individual test	Multiple test	$\lambda \sim \text{i.i.d.}N(0.1^{1/2}, 1)$			
				= 0.2		= 0.3	
50	3	0.138	0.090		0.161		0.175
	5	0.334	0.050	0.136	0.028	0.145	0.040
	7	0.568	0.038		0.009		0.012
70	3	0.149	0.085		0.333		0.335
	5	0.306	0.044	0.199	0.069	0.213	0.075
	7	0.539	0.030		0.025		0.036
100	3	0.129	0.086		0.521		0.533
	5	0.330	0.054	0.304	0.198	0.321	0.232
	7	0.522	0.031		0.091		0.118
150	3	0.133	0.096		0.806		0.806
	5	0.318	0.041	0.462	0.568	0.463	0.563
	7	0.540	0.026		0.338		0.390
200	3	0.134	0.114		0.929		0.909
	5	0.329	0.055	0.557	0.827	0.536	0.803
	7	0.542	0.039		0.696		0.671

^a Average powers are calculated as the ratio of the rejected null hypotheses against all the null hypotheses (N) for 2,000 replications.

ここでのデータ生成過程は以下で表される。

$$y_{1,t} = \beta_i y_{2,t} + u_{i,t}$$

$$y_{2,t} = y_{2,t-1} + v_{i,t}$$

$$u_{i,t} = \lambda_i f_t + \varepsilon_{i,t}$$

$$\begin{pmatrix} f_t \\ \varepsilon_{i,t} \\ v_{i,t} \end{pmatrix} \sim N \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{12} & 1 & \sigma_{23} \\ \sigma_{13} & \sigma_{23} & 1 \end{bmatrix} \right)$$

また、対立仮説の下では、 $\varepsilon_{i,t}$ は

$\Delta \varepsilon_{i,t} = \phi_i \varepsilon_{i,t-1} \{1 - \exp(-\theta_i \varepsilon_{i,t-1}^2)\} + \xi_{i,t}$ と想定する。また上式第4式における $\varepsilon_{i,t}$ は $\xi_{i,t}$ に置き換えられる。

$$\begin{pmatrix} f_t \\ \xi_{i,t} \\ v_{i,t} \end{pmatrix} \sim N \left(\begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 1 & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{12} & 1 & \sigma_{23} \\ \sigma_{13} & \sigma_{23} & 1 \end{bmatrix} \right)$$

Table 4 では、 $(\sigma_{13}, \sigma_{23}) = (-0.5, -0.5)$ 、 $\lambda \sim N(0.1^{1/2}, 1)$ であり、調整スピード = 0.2、0.3の場合を示している。Table 4 を含む結果より、多重検定に基づく pairwise cointegration 検定は、帰無仮説の下で、FWE を適切にコントロールしていることが分かった。一方、単一検定(表では Individual test と表記)は 0.5 を超える大きな値を示すこともあり、深刻な多重性問題が見られる。検出力に関しては、時系列数が中程度以下 (T = 150 以下) であり、クロスセクション数 (ここでは N' と表記) が N' = 5 または 7 程度の時、多重検定は単一検定に劣るが、時系列数が大きく、クロスセクション数が比較的小さい時には十分な検出力を持つことが分かった。

(5) 日本を含む東アジア 10 カ国の実質為替レートについて、その定常性の確認を目的として実証分析を行った。ここでは、1997 年に発生したアジア通貨危機のデータへの影響を考慮して、1 回の構造変化を考慮可能な検定手法を用いた。

Table 5 The results of stepwise multiple testing

Country	Regression Equation	
	w/o Break	w/ Break
	p-value	p-value
China	0.042 *	0.043 *
Hong Kong	0.301	0.735
Indonesia	0.095	0.263
Japan	0.034 *	0.025 *
Korea	0.374	0.747
Malaysia	0.480	0.002 *
Philippines	0.608	0.714
Singapore	0.628	0.736
Thailand	0.564	0.050 *
Taiwan	0.742	0.130

* denotes statistical significance at the 5% level in terms of the familywise error rate.

Note: The p-values are calculated from the finite sample distribution of the test statistic obtained from a Monte Carlo simulation with 288 observations based on 5,000 replications.

上記 Table 5 は、得られた結果の一つであるが、これより経済構造変化を適切に考慮すれば、考慮しない場合 (10 カ国中 2 カ国を定常と判断) と比較して、より多くの国について、定常性を確認できる (10 カ国中 4 カ国を定常と判断)。また、同テーマを扱った既存研究では、単一検定の繰り返し適用を行っているが、ここでは多重性問題を考慮し、適切に FWE をコントロールしており、より頑健な結果が得られたと考える。

(6) ASEAN-5 (インドネシア、マレーシア、フィリピン、シンガポール、タイ) について、自国通貨建て債券のリターン指数について、それらの間に長期連動性が存在するかどうかを確認する分析を行った。為替レートや株価指数のリターンが均衡水準から乖離した時、時間をかけて均衡水準に戻る際の挙動は非線型であるとの先行研究の指摘から、ここでは非線型性を考慮した pairwise cointegration の多重検定を用いた。

Table 6

Pairs	Data type		
	Raw data	Demeaned data	Detrended data
IND-MAL	-1.345	-2.350	-2.137
IND-PHI	-2.182	-3.317 **	-3.380 *
IND-SIN	-1.075	-2.609	-2.603
IND-THA	-1.388	-2.402	-2.363
MAL-PHI	-1.519	-3.344 **	-3.101
MAL-SIN	-0.926	-2.371	-2.445
MAL-THA	-2.990	-2.866 *	-2.538
PHI-SIN	-0.464	-1.791	-3.209
PHI-THA	-1.209	-3.464 **	-3.197
SIN-THA	-0.989	-3.327 **	-3.301

上記 Table 6 は、得られた結果の一つであるが、これより5つのペアについて、債券リターン¹の長期的な連動性の存在が確認できる。この結果は、単一検定の結果（1つのペアの連動性を確認）や非線型性を考慮しない場合の結果（3つのペアの連動性を確認）と比較して、より多くのペアの連動性を確認できている。また、得られた結果と IMF の Coordinated Portfolio Investment Survey (CPIS)などのデータから、自国通貨建てアジア債券市場の発展に伴い、アジア域内における資本移動の増加が、市場間連動性の強化につながったと解釈できる。

<引用文献>

Romano, J.P., Wolf, M. (2005) “Stepwise multiple testing as formalized data snooping,” *Econometrica*, 73, 1237–1282.

Hanck, C. (2009) “For Which Countries Did PPP Hold? A Multiple Testing Approach,” *Empirical Economics*, 37, 93-103.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計8件)

Takashi Matsuki, Linear and nonlinear comovement in Southeast Asian local currency bond markets: A stepwise multiple testing approach, *Empirical Economics* (forthcoming) (査読有)。

Takashi Matsuki, Performance of multiple testing in nonstationary panels and empirical applications, The 77th International Atlantic

Economic Conference 報告論文, 2014 (査読無し)。

Kimiko Sugimoto, Takashi Matsuki, Yushi Yoshida, The global financial crisis: An analysis of the spillover effects on African stock markets, *Emerging Markets Review*, vol.21, pp.201-233, 2014 (査読有)。

<http://dx.doi.org/10.1016/j.ememar.2014.09.004>

Takashi Matsuki and Kimiko Sugimoto, Stationarity of Asian real exchange rates: An empirical application of multiple testing to nonstationary panels with a structural break, *Economic Modelling*, vol.34, pp.52–58, 2013 (査読有)。

<http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2012.11.056>

〔学会発表〕(計6件)

松木 隆, Performance of multiple testing in nonstationary panels, 統計関連学会連合大会 (東京大学), 2014年9月14日。

Takashi Matsuki, Performance of multiple testing in nonstationary panels and empirical applications, The 77th International Atlantic Economic Conference (Madrid), April 3, 2014.

松木 隆, Linear and nonlinear comovement in Southeast Asian local currency bond markets: A stepwise multiple testing approach, 関西計量経済学研究会 (京都大学), 2014年1月12日。

松木 隆, Linear and nonlinear comovement in Southeast Asian local currency bond markets: A stepwise multiple testing approach, 滋賀大学経済学部講演会, 2013年11月19日。

Takashi Matsuki, Linear and nonlinear comovement in Southeast Asian local currency bond markets: A stepwise multiple testing

approach, The 9th Asia Pacific Economic Association Conference (Osaka University), July 28, 2013.

Takashi Matsuki, Linear and nonlinear comovement in Southeast Asian local currency bond markets: A stepwise multiple testing approach, The 75th International Atlantic Economic Conference (University of Vienna) (Vienna), April 5, 2013.

6 . 研究組織

(1)研究代表者

松木 隆 (MATSUKI, Takashi)

大阪学院大学・経済学部・教授

研究者番号 : 60319564