

# 統計科学と金融工学

研究代表者 谷口 正信  
(基幹理工学部 応用数理学科 教授)

## 1. 研究課題 統計科学と金融工学における統計数理基礎理論

近年、統計科学と金融工学においては、膨大な統計手法が用いられ、実証分析的な成果がえられてきた。本研究では、との統計数理基礎を、明らかにすることを主題とした。具体的には用いられた統計手法の最適性の研究である。以下研究成果で述べるように多様な分野、題目で研究成果が得られた。

## 2. 主な研究成果

### (1-1) 高次元時系列解析

近年、高次元の時系列観測に対する需要が高まってきている。本研究では、そのもっとも基本になる標本共分散行列の推測に於いて、観測次元数と観測系列の長さが、適当なオーダーで発散する設定での漸近理論の構築を行った。結果は、有限次元の時系列観測と異なり、推測方法も変えねばならず、また一致性のオーダーも異なってくることが判明した。さらには、高次元時系列の未知母数を、Threshold ピリオドグラム行列に基づく Whittle 推定量で推測することを提案し、この推定量の漸近的性質を明らかにした。

### (1-2) 従属標本に対する縮小推定量による推測論

独立標本に対する縮小推定量については、過去膨大な研究蓄積があるが、従属標本に対しては、未開な状態である。本研究では、多次元定常過程の平均ベクトルの推測に於いて、James-Stein 型や、経験ベイズ型推定量の漸近的性質を調べ、標本平均を改善する十分条件を導出した。また、局確率分布モデルの曲母数に対する縮小推定量を提案して最尤推定量を改善する十分条件を導出した。またこの結果を、シミュレーションで検証して、金融、年金ポートフォリオ推測にも応用した。

### (1-3) 分位点スコアによる時系列推測、及び予測

従来の回帰手法では、平均的指標の推測になるが、分位点スコアを用いると、攪乱項の分布の分位点に対応するモデル指標が推測可能になる。本研究では時系列攪乱項を持つモデルで分位点スコアでの推測論の構築、また  $p$ -次ノルムに基づく予測子、補間子の導出を行った。 $p$  は 正整数値だけでなく、 $0 < p < 1$  の場合も含むので、2次モーメントを持たない確率過程に対する予測、補間も可能になったので、金融観測にも応用可能になった。

#### (1-4) 母数が境界にある場合の検定統計量に対する高次漸近理論の研究

統計的検定理論では関与の母数は母数空間の内点である想定での議論である。しかしながら実際問題では、関与の母数は母数空間の境界にある場合が重要である。例えばランダム成分があるかないか?の問題におけるランダム要素の分散が0か否か?などである。本研究では、このような設定で、代表的な検定統計量(尤度比、Wald検定等)の仮説の下での3次の漸近分布を導出し、それらが混合 $\chi^2$ 乗分布になることを示した。また、それらのBartlett調整可能性を議論し、シュミレーションによる理論検証を行った。

#### (1-5) 時系列観測に対する分散分析と判別解析

独立標本に対して、分散分析と判別解析は、古典的な話題で、多様な手法提案と応用が発展してきた。しかしながら、従属標本に対しては、分散分析や判別解析は、未開な部分が多い。分散分析では、ANOVAモデルで攪乱項が多次元確率過程で群間平均が等しいという仮説のもと独立標本で提案された検定統計量の帰無分布を導出し、それが漸近カイ $2$ 乗分布になる十分条件を導出した。結果はシュミレーションで検証され、福島県の放射線データに適用した。また時系列の判別解析に於いては、データが高次元であると仮定すると、従来の統計量がバイアスを持つことが分かり、その修正等を議論した。

#### (1-6) 二値過程による推測理論と判別解析の理論構築

株価の観測において、上昇 $=1$ 、下降 $=0$ 、で見ると株価過程を2値で変換した確率過程(2値過程)が観測される。本研究では、2値過程から確率過程の未知母数の推測や、判別解析を行うことを試みた。2値過程は、情報を失うので、推測、判別の効率は落ちるということが判明したが、実世界の観測では、外れ値が混入することが通常であるので、外れ値に対しては、2値過程にもとづく解析が頑健性をもつことが示され、尤度原理にないポテンシャルが見出された。

#### (1-7) 円周分布と高次のスペクトル分布の関係

方向データの分布は、円周分布で記述される。該当分野では多種の円周分布が提案されて、適合度が議論されてきた。ただ、円周型同時分布など、解析が未開な状態であるが、谷口は、定常過程の高次のスペクトル分布が、これを極めて一般的に記述できることを突き止め、この関係性の指摘と、局所漸近正規性に基づく最適推測理論を展開している。これは、円周分布の分野でも、新しい流れを築くもので、今後、この流れを強力に進める予定である。

#### (1-8) 一般化観測データに対する一般化因果性の導入とその最適推測理論と応用

半世紀前、経済学者Grangerが2本の経済時系列に対して、予測誤差の観点から因果性の概念を導入した(Granger因果性)。その後Granger因果性は、遺伝子解析、グラフ、ネットワーク、等膨大な分野に適用され進展中である。本研究では、時空間観測やトポロジカルな観測、医用画像、等の観測にまで適用される一般化因果性を導入し、その最適推測

論の構築、また結果を膨大な対象に適用することを目論んでいる。まず手始めに、金融データは2次モーメントを持たないと実証認識があるので、そのような現象の数理モデルである安定過程に対する Granger 因果性の研究を経験尤度解析と絡めて展開中である。

### 3 共同研究者

明石 郁哉 (理工総研、数理科学研究所講師)

木村 晃敏 (理工総研次席研究員)

谷田 義之 (基幹理工学部助手)

### 4 研究業績 (MS ゴシック、太字、11 ポイント)

#### 4.1 学術論文

(1) Akashi, F., Odashima, H., Taniguchi, M. and Monti, A.C. (2018). A new look at portmanteau test. *Sankhya*, Vol. 80, A. Part I, 121-137.

DOI 10.1007/s13171-017-0109-3.

(2) Monti, A.C. and Taniguchi, M. (2018). Adjustments for a class of tests under nonstandard conditions. *Statistica Sinica*, 28-3, 1437-1458,

DOI 10.5705/ss.202016.0093.

(3) Liu, Y., Tamura, Y. and Taniguchi, M. (2018). Asymptotic theory of test statistic for sphericity of high-dimensional time series. *J. Time Ser. Anal.*, 39-3, 402-416.

DOI:10.1111/jtsa.12288.

(4) Shiraishi, H., Taniguchi, M. and Yamashita, T. (2018). Higher-order asymptotic theory of shrinkage estimation for general statistical models. *J. Multivariate Anal.* 166, 198-211.

DOI.org/10.1016/j.jmva.2018.03.006.

(5) Nagahata, H. and Taniguchi, M. (2018). Analysis of variance for multivariate time series. *Metron.* 76-1, 69 - 82.

(6) Nagahata, H. and Taniguchi, M. (2018). Analysis of variance for high-dimensional time series. *Stat. Inference Stoch. Process.* 21-2, 455 - 468.

(7) Giraitis, L., Taniguchi, M. and Taqqu, M.S. (2018). Estimation pitfalls when the noise is not i.i.d. *Jpn. J. Stat. Data Sci.* DOI 10.1007/s42081-018-0004-8

#### 4.2 英文著書

(1) Taniguchi, M., Shiraishi, H., Hirukawa, J., Kato, H.S. and Yamashita, T. (2018).

"Statistical Portfolio Estimation" Financial Mathematics Series.  
Chapman and Hall/CRC, New York, 377 pages.

(2) Liu, Y., Akashi, F. and Taniguchi, M. (2018). " Empirical Likelihood and Quantile Methods for Time Series" Springer Briefs in Statistics, Springer-Verlag, 136 pages.

#### 4.3 招待講演

(1) THE CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL SOCIETY FOR  
NONPARAMETRIC STATISTICS, JUNE 11-15, 2018, SALERNO, ITALY

における2講演:

(1-1) High Order Asymptotic Theory of Shrinkage Estimation for General  
Statistical Models

(1-2) Joint circular distributions in view of higher order spectra of time series

(2) Bologna 大学 (伊) セミナー講演、2018年9月13日

Statistical Estimation of Optimal Portfolios for Dependent Returns

(3) Bergen 大学 (ノルウェー) セミナー講演、2018年9月17日

High Order Asymptotic Theory of Shrinkage Estimation for General Statistical Models

(4) 9th Workshop on New Developments in Econometrics and Time Series での講演  
21 September, 2018,

於 Royal Danish Academy of Sciences and Letters, Copenhagen (デンマーク)

Joint circular distributions in view of higher order spectra of time series

#### 4.4 受賞・表彰

なし。

#### 4.5 学会および社会的活動

(i) 日本数学会 企画特別講演 での招待講演、2018年9月27日、於 岡山大学  
題目: 時系列解析へのいざない。

(ii) 日本数学会 一般講演 3件 2018年9月27日、於 岡山大学

・後藤祐一、谷口正信: 「Zero crossings 推定量の漸近理論と頑健性」

・後藤祐一、谷口正信: 「バイナリ時系列に基づく判別解析」

・谷田義之、谷口正信: 「時系列における経験ベイズ推定量」

シンポジウム・ワークショップ等の開催状況

(iii) Waseda International Symposium

“Introduction of General Causality to Various Data & its Innovation of the Optimal Inference”

Date: October 22 – October 24, 2018.

Venue: Waseda University,

Organizer: Masanobu TANIGUCHI

JSPS KAKENHI Kiban (S) Grand-in-Aid No. 18H05290 (M.Taniguchi)による。

([http://www.taniguchi.sci.waseda.ac.jp/WIS\\_20181022\\_24\\_fullprogram.pdf](http://www.taniguchi.sci.waseda.ac.jp/WIS_20181022_24_fullprogram.pdf))

(iv) Nanzan University Symposium

“ Various studies of statistical analysis for asymptotic theory, circular or time series “

2018年10月25日—27日

Venue: Nanzan University

Local organizer: Toshihiro Abe

JSPS KAKENHI Kiban (S) Grand-in-Aid No. 18H05290 (M.Taniguchi)による。

## 5 研究活動の課題と展望

本学年度より 科研費 基盤研究 (S) (18H05290)

“広汎な観測に対する因果性の導入とその最適統計推測論の革新”

研究代表者：谷口正信、 研究期間：2018年6月—2023年3月

が採択され、一般化因果性導入と統計解析をスタートしている。項目2で述べた成果の因果性研究と絡んでおり、今後、これらと並行して統計解析の諸結果を強力に因果性推測に展開していき、さらなるシナジー成果を得る予定である。