

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K14600

研究課題名（和文）経済データを用いた多元分割表のモデル提案と正確検定についての研究

研究課題名（英文）The models for multi-way contingency tables and exact test using economic data

研究代表者

生亀 清貴（IKI, Kiyotaka）

日本大学・経済学部・准教授

研究者番号：30711593

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、 $3 \times 3 \times 3 \times 3$ の多元分割表に対して対称性に関するモデルを合計7つ定義した。提案モデルの当てはまりの良さを調べるために、解析データとして東証一部上場企業の株価の推移を抽出した。2009年の8月の株価に着目し、AICによって最適なモデルを選択したところ、解釈としては1週目の株価よりも4週目の株価の方が高い企業の割合と、同様の株価が低い企業の割合が同等であるという解釈が得られた。すなわち、この月は、株価が上昇した企業と下落した企業の割合が同等であるとみることができる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では多元分割表に対して、数学的な妥当性はもちろんのこと、解釈のしやすさを念頭においてモデルの考案を行った。また、連続値を「意味のある差」に基づいていくつかのカテゴリに分類することで分割表を作成することを試みた。株価のデータを分割表に変換し解析を行うことで、分割表解析の観点から、新たな解釈を与えることに成功した。提案手法は経済データのみならず、医学、スポーツ科学、アンケート調査といった様々な分野に応用が可能である。

研究成果の概要（英文）：In this study, we defined the seven kinds of model of symmetry for a  $3 \times 3 \times 3 \times 3$  contingency table. In order to investigate the goodness-of-fit the proposed model, we extracted the changes in the stock prices of companies listed on the First Section of the Tokyo Stock Exchange as analysis data. Focusing on the stock price in August 2009 and selecting the best fitting model by AIC, it was interpreted that the percentage of companies with a higher stock price in the 4th week than the stock price in the 1st week is equivalent to the percentage of companies with similar low stock prices. In other words, it can be seen that the ratio of companies whose stock prices have risen and those whose stock prices have fallen is equal in this month.

研究分野：統計科学

キーワード：数理統計学 多元分割表 対称性 リスク資産データ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

二元分割表における主な関心の一つは、母集団の未知の確率に対して、行変数と列変数が独立かどうかを調べることである。しかしながら、行変数と列変数が同じ分類からなる正方分割表においては、分類間の相関が強く、統計的独立性は成り立たないことが多い。よって正方分割表の解析に際しては、独立モデルよりも対称性に関するモデルが用いられる。対称性に関するモデルとしては、対称モデル(Bowker, 1948)をはじめ様々なモデルが提案されている。

行変数と列変数に時間の順序を含んでいるとき、一般に測定回数が T 回ならば T 元分割表と呼ばれる多元分割表が作成できる。Bhappkar and Darroch (1990) は対称モデルを多元分割表に拡張しており、またこれまで様々な対称性に関するモデルが提案されてきた。

しかし、多元分割表に対する対称性のモデルは、数学的には意味のある拡張であるものの、解釈がしにくく、実データ解析の枠組みでは有用な知見が得られにくいという難点がある。したがって、解析者にとって解釈のしやすいモデルが必要であり、そのための理論の構築と検証が急務である。

### 2. 研究の目的

本研究では、解析データとして日本の一部上場企業の株価を用いる。これらのデータを株式会社全体に対する代表値とみなし、日本経済全体の株価の変動を推測することを試みる。株価の推移を四半期ごとの値にまとめることで、一年の株価の変動を四つの値に集約する。さらに、基準(カットポイント)を設けて株価を相対的に(1)高い(2)中程度(3)低いの三つのカテゴリに分類する。これらの処理により一年間の株価データを  $3 \times 3 \times 3 \times 3$  の 4 元分割表に変換することが可能となり、1700 ある一部上場企業は 81 セルのどれかに分類される。このとき、四つの変数は時間の順序をもつ変数であることに注意する。本研究の一番の目的はこのようにして作成されたデータに対して、株価の推移の対称構造を表すモデルを提案することである。特に、数学的な妥当性はもちろんのこと、解釈のしやすさを念頭においてモデルの考案を行う。

連続値を「意味のある差」に基づいていくつかのカテゴリに分類することは、主に医学の分野ですで行われている。また「意味のある差」に基づく検定としては、同等性試験や優越性試験などが挙げられる。この考えを株価に取り入れ、解析を試みるのが本研究の独創的な点のひとつである。株価のデータを分割表に変換し解析を行うことで、分割表解析の観点から、新たな経済指標を生み出すことを目指す。さらに解析対象とする多元分割表をより一般的な次元数、カテゴリ数に拡張することも視野に入れる。提案手法は経済データのみならず、医学、スポーツ科学、アンケート調査といった様々な分野に応用が可能である。以上より、本研究は多元分割表の解析手法の中でも、新たな一体系をなすための足がかりとなる研究である。

### 3. 研究の方法

本研究では 2. 研究の目的を達成するため、以下の 3 つにわけて研究を進めていく。

#### (1) 多元分割表における対称性を表すモデルの提案

株価データを離散変換してできた多元分割表に対して、株価の推移の対称構造を表すモデルを複数提案する。このとき提案するモデル群には、制約の厳しさによって包含関係が存在するように定義する。たとえば、一年間に(第 1 四半期から第 4 四半期にかけて)株価が「高い」から「中程度」に変動する確率と、「中程度」から「高い」に変動する確率の同等性を示すモデルを考えたとき、変動するタイミングを考慮するかしないかで、少なくとも二種類のモデルを定義することができる。すなわち、時期を指定せず一カテゴリだけ推移する確率の同等性をみるか、第 2 四半期から第 3 四半期という特定の時期にかけて一カテゴリ推移する確率の同等性をみるかといった違いがある。後者のモデルが棄却されても前者のモデルが採択されれば、一年間に株価が一カテゴリ推移する確率は同等だが、第 2 四半期から第 3 四半期の間だけでみたときには、推移確率は対称的ではない(偏りが生じている)という解釈を行うことができる。以上のように、数理的な包含関係と株価データの解釈可能性といった両面を考慮しながら、モデル群を形成することに取り組む予定である。

#### (2) 年ごとの比較

分割表データは年ごとに作成することができるため、年ごとに最適なモデルを調べることがで

きる。過去数十年のデータを分析することで、解析結果から年代による株価の推移の差異を明らかにすることが可能となる。当時の社会情勢や景気変動と照らし合わせることで、提案モデルがそれらをどのように反映しているかも検証する。

### (3) 正確検定の提案

2 研究の目的で述べたように将来的には次元数、カテゴリ数を拡張することを検討している。一般に次元数、カテゴリ数が増えるほど各セルの観測度数は減少することが想定される。そのような疎な分割表に対しては、適合度検定におけるカイ二乗近似がうまくいかないおそれがあり、近似の精度をシミュレーションで確認するとともに、正確検定の考案も検討する必要がある。2 × 2 の正方分割表における対称性の正確検定としては、マクネマー検定が知られており、また Krample et al. (2011) は準対称モデル(Caussinus, 1965) の正確検定を導出している。それらの手法を元に、MCMC 法などを用いて近似的に有意性を調べることも視野に入れ、新たな検定手法の確立を目指す。

## 4. 研究成果

該当期間において以下の論文を投稿し、また出版が決定した。(9)については本研究の直接の成果であり、(1)～(8)、(10)は本研究を進める上で関連する内容をまとめたものである。

(9)の概要としては、週ごとの終値を測定値し、それらを4週にわたって測定し、4次元の分割表とすることになった。過去三ヶ月分の株価の推移から最大値・最小値を求め、それに基づいて3つのカテゴリに分類することを試みた。時間の推移に関する対称性を表すモデルを7つ定義し、それらの包含関係などについてまとめた。最後に2009年8月のデータに対して各モデルを適用し、最適なモデル及びその下での解釈を述べた。

(1) Iki, K., Nakano, H. and Tomizawa, S. (2019): Directional measure for marginal homogeneity in square contingency tables with ordered categories. *Biometrical Letters*, 56, 1-11.

(2) Iki, K., Nemoto, D. and Tomizawa, S. (2019): Generalized diagonal exponent conditional symmetry models for square contingency tables with ordered categories. *Journal of Statistics: Advances in Theory and Applications*, 21, 139-155.

(3) Ando, S., Takeuchi, T., Iki, K. and Tomizawa, S. (2019): Two-dimensional measure vector of departure from marginal homogeneity in square contingency tables. *Journal of Advanced Statistics*, 4, 13-21.

(4) Shinoda, S., Tahata, K., Iki, K. and Tomizawa, S. (2019): Extended marginal homogeneity based on complementary log-log transform for multi-way tables. *SUT Journal of Mathematics*, 55, 25-37.

(5) Yoshimoto, T., Tahata, K., Iki, K. and Tomizawa, S. (2019): Moment symmetry models decompositions of symmetry for multi-way tables. *Calcutta Statistical Association Bulletin*, 71, 83-98.

(6) Iki, K. and Tomizawa, S. (2020): Measure of departure from point symmetry and decomposition of measure for square contingency tables. *Journal of Statistical Theory and Applications*, 19, 526-533.

(7) Nakagawa, T., Namba, R., Iki, K. and Tomizawa, S. (2021): Improved approximate unbiased estimators of the measure of departure from partial symmetry for square contingency tables. *SUT Journal of Mathematics*, 57, 167-183.

(8) Iki, K., Yamamoto, K. and Tomizawa S. (2021): Measure of departure from point-symmetry for the analysis of collapsed square contingency tables. *Open Journal of Statistics*, 11, 1062-1071.

(9) Iki, K. (2022): Analysis of stock prices using symmetry models for multi-way contingency tables. *日本大学経済学部経済科学研究所『紀要』*, 52, 27-33.

(10) Momozaki, T., Nakagawa, T., Iki, K. and Tomizawa, S. (2022): An index for the degree and directionality of asymmetry for square contingency tables with ordered

categories. Austrian Journal of Statistics, to appear.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Iki, K.	4. 巻 52
2. 論文標題 Analysis of stock prices using symmetry models for multi-way contingency tables.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本大学経済学部経済科学研究所『紀要』	6. 最初と最後の頁 27-33
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Momozaki, T., Nakagawa, T., Iki, K. and Tomizawa, S.	4. 巻 -
2. 論文標題 An index for the degree and directionality of asymmetry for square contingency tables with ordered categories.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Austrian Journal of Statistics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Iki, K., Yamamoto, K. and Tomizawa S.	4. 巻 11
2. 論文標題 Measure of departure from point-symmetry for the analysis of collapsed square contingency tables.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Open Journal of Statistics	6. 最初と最後の頁 1062- 1071
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Nakagawa, T., Namba, R., Iki, K. and Tomizawa, S.	4. 巻 57
2. 論文標題 Improved approximate unbiased estimators of the measure of departure from partial symmetry for square contingency tables.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 SUT Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 167-183
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iki, K. and Tomizawa, S.	4. 巻 19
2. 論文標題 Measure of departure from point symmetry and decomposition of measure for square contingency tables.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Statistical Theory and Applications	6. 最初と最後の頁 526-533
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yoshimoto, T., Tahata, K., Iki, K. and Tomizawa, S.	4. 巻 71
2. 論文標題 Moment symmetry models decompositions of symmetry for multi-way tables.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Calcutta Statistical Association Bulletin	6. 最初と最後の頁 83-98
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shinoda, S., Tahata, K., Iki, K. and Tomizawa, S.	4. 巻 55
2. 論文標題 Extended marginal homogeneity based on complementary log-log transform for multi-way tables.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SUT Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 25-37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Iki, K., Nakano, H. and Tomizawa, S.	4. 巻 56
2. 論文標題 Directional measure for marginal homogeneity in square contingency tables with ordered categories	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Biometrical Letters	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2478/bile-2019-0001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Iki, K., Nemoto, D. and Tomizawa, S.	4. 巻 21
2. 論文標題 Generalized diagonal exponent conditional symmetry models for square contingency tables with ordered categories	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Statistics: Advances in Theory and Applications	6. 最初と最後の頁 139-155
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18642/jsata_7100122063	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ando, S., Takeuchi, T., Iki, K. and Tomizawa, S.	4. 巻 4
2. 論文標題 Two-dimensional measure vector of departure from marginal homogeneity in square contingency tables	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Statistics	6. 最初と最後の頁 13-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22606/jas.2019.43001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 生亀清貴
2. 発表標題 正方分割表における俟約な2変量t分布型対称モデル
3. 学会等名 日本数学会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------