

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 9 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2011～2015

課題番号：23510187

研究課題名(和文)測定方法の統計的精度評価法の確立

研究課題名(英文)Development of Statistical Methods to Evaluate Precision of Measurement Methods

研究代表者

尾島 善一(OJIMA, YOSHIKAZU)

東京理科大学・理工学部・教授

研究者番号：50169299

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：測定データが適切な精度で得られていることは当然のこととされている。新たな測定方法が開発されると、その測定結果の精度評価が標準的な共同実験によって行われる。一般に、これらの統計的方法は、実際の観点から十分に研究されたものにはなっていない。本研究では、これらの問題を科学的・統計的に検討し、共同実験の参加試験室数に関する基準、及び、共同実験で著しく精度の劣る“外れ試験室”の判定法等について、有用な指針を得た。

研究成果の概要(英文)：It is naturally required that all measurements data are obtained with appropriate precision. Standard precision experiments are usually applied to new developed measurement method. However, the experiments are not well established from the practical viewpoint. In this research, we studied problems related to the experiments, and found some guidelines including the number of cooperated laboratories, and criteria for outlying laboratories.

研究分野：複合新領域

キーワード：品質管理 統計的方法の応用

1. 研究開始当初の背景

(1) 測定結果の精度の確立の重要性

近年、品質・環境・リスクなどのマネジメントシステムなどが注目をあびているが、これらのマネジメントシステムを有効に機能させるためには、その実際の状況を正しく伝えるデータが不可欠である。データは一般に何らかの測定の結果として得られるが、そのデータが適切な精度で得られていること、及びデータに代表性があることは当然のこととされている。

精度には、併行精度(短時間の繰り返し測定から求められる精度)、再現精度(複数の試験室で同一試料を測定した結果から求められる精度)及びその中間にあたる中間精度(同一試験室内で測定日などを変えて測定して結果から求められる精度)の3種類がある。併行精度は測定結果について異常値の有無をチェックするために用いられる。中間精度は試験室の日常の精度管理に用いられる。再現精度は売り手と買い手間での測定結果の整合性をチェックするために用いられる。これらの精度の求め方は国際規格 ISO 5725 (= JIS Z 8402: 測定方法と測定結果の精度)に規定され、工業製品・材料のみならず食品、農産物、医薬品などの多くの分野で用いられている。

(2) 測定結果の精度を求める方法と問題点

新たな測定方法が開発されると、その測定結果の精度評価が共同実験によって行われる。この共同実験は、ISO 5725 の第2部・第3部に規定された方法で実施されることが多い。ISO 5725 は ISO/TC 69/SC 6 で制定され、その一致規格として日本工業規格 JIS Z 8402 が制定されている。ISO は国際標準化機構、TC 69 は統計的方法の適用を担当する専門委員会、SC 6 は測定方法と測定結果に関する統計的方法を担当する分科委員会である。日本では ISO/TC 69 国内委員会が原案審議と JIS 化を担当している。

ISO/TC 69 も国内委員会も規格原案の作成・審議を行う団体であり、これらの規格で用いられる統計的方法の科学的な研究を行う場とはなっていない。このため、ISO 5725 に応用されている統計的方法は、科学的に十分に研究されたものにはなっていない。例えば、ISO 5725 には共同実験の参加試験室数に関する規定は十分に検討されていなかった。また、共同実験で著しく精度の劣る“外れ試験室”の判定の基準に関する統計的方法も未開発であった。

しかし、ユーザである各分野では“これらの規格は公共の知識”と考えており、統計的方法の開発研究に興味を示していない。統計学の分野は、本研究課題の重要性をほとんど認識していない。

2. 研究の目的

研究代表者は測定方法と測定結果に関する

広範囲な統計的方法の研究に関心があるが、本研究課題では

(1) 水準によって分散が異なる場合の多試験室多水準共同実験の研究

外れ試験室の検出法の研究

推定される併行精度と再現精度の推定性能の評価と必要な試験室数の研究

(2) スタッガード型枝分かれ計画による併行精度、中間精度、再現精度の推定性能評価を目的として研究を進める。

目的の(1)は、ISO 5725 の第2部に関連が深い。ISO 5725-2 では一つの分析試験法について複数の試験室が繰り返し測定を行うという一元配置による解析法を規定している。しかし、実際の共同実験、例えば鉄鋼中の微量元素の分析では、一回の実験で多種類の微量元素に対し複数の含有率レベルを対象に二元配置で行っている。現行の規定では、一成分一含有率ごとに分散が異なるという理由で一元配置としており、試験室に関する情報を有効に活用していない。(1)の「外れ試験室の検出法」では、複数水準の情報から外れ試験室の有無を検出する方法を検討し、「推定性能の評価と必要な試験室数」では実際に即した一元配置による解析法を検討する。

目的の(2)は、ISO 5725-3 に規定された枝分かれ計画の一つであり、繰り返しの入れ方が特殊であり、その性能はいまだに充分には検討されていない。これについても、外れ試験室の検出の問題と推定された精度の精度さについて検討する。

ここに述べた目的の研究は現在の精度評価の方法の性能を科学的・統計学的に明らかにすることが目的である。ISO 5725 は精度評価に関する基本規格であり、本研究で得られた知見を ISO 5725 の改訂に反映させることにより、広く国際的に貢献することが可能になる。

3. 研究の方法

目的の(1)の「外れ試験室の検出法」に関してはその方法論は既に「Tomomichi SUZUKI, Seiichi YASUI, Yoshikazu OJIMA, Ling FENG, “Detecting Outlying Laboratories in Precision Experiments”, 2006」で提案しており、これを実際に適用できるようにするためには検定の精密な棄却限界値の導出が必要となる。用いる統計量が複雑なためモンテカルロ法によって求める導出せざるを得ず、これには設備備品で申請した高速で大容量のコンピュータによって検定の精密な棄却限界値を導いた。導出にあたっては「Seiichi YASUI, Yoshikazu OJIMA, Tomomichi SUZUKI, “A Quantile Estimation with Local Smoothing for Obtaining Critical Values”, 2003」で提案した方法を適用した。

目的の(1)の「推定性能の評価と必要な試験室数」に関しては、既に「Michiaki OKUDA,

Yoshikazu OJIMA and Seiichi YASUI , “ Estimating Reproducibility of Measurement Results by Precision Experiments ” , 2006」で再現精度推定量の分布の近似分布について検討を行っていたこと、また「Yoshikazu OJIMA, et al., “ The Probability of the Occurrence of Negative Estimates in the Variance Components Estimation by Nested Precision Experiments ” , 2006」で既に結果の一部を得ていた。この問題は、一つの因子に関して不等分散の場合の二元配置データの解析であり、まず一般化線形モデルによるアプローチで解決を試みた。さらに、外れ値検定の結果生じる繰り返しが不揃いになった場合の解析法も検討した。

目的の(2)は、OJIMA (1988), “ General formulae for expectations, variances and covariances of the meansquares for staggered nested designs ” *Journal of Applied Statistics*, と OJIMA (2000), “ Generalized Staggered Nested Designs for Variance Components Estimation ” , *Journal of Applied Statistics* の結果を応用したアプローチで解決することにした。外れ値が検出され、それを除去した場合の解析法は、繰返し数が不揃いの枝分かれ計画になるので OJIMA (1983), “ The Use of Canonical Form for Estimating Variance Components in Unbalanced Nested Designs ” *Reports of Statistical Application Research, JUSE* を適用するアプローチで解決できると考えられた。

4 . 研究成果

(1) 目的の(1)の「外れ試験室の検出法」に関してはその方法論は既に「Tomomichi SUZUKI, Seiichi YASUI, Yoshikazu OJIMA, Ling FENG , “ Detecting Outlying Laboratories in Precision Experiments ” , 2006」で提案しており、これを実際に適用できるようにするためには検定の精密な棄却限界値の導出が必要となる。用いる統計量が複雑なためモンテカルロ法によって求める導出せざるを得ず、これには設備備品で申請した高速で大容量のコンピュータによって検定の精密な棄却限界値を導いた。導出にあたっては「Seiichi YASUI, Yoshikazu OJIMA, Tomomichi SUZUKI , “ A Quantile Estimation with Local Smoothing for Obtaining Critical Values ” , 2003」で提案した方法を適用した。

この結果については、ISO/TC 69 国際会議で発表し、その具体化、特に国際規格への反映等を検討している。

(2) 目的の(1)の「推定性能の評価と必要な試験室数」に関しては、既に「Michiaki OKUDA, Yoshikazu OJIMA and Seiichi YASUI ,

“ Estimating Reproducibility of Measurement Results by Precision Experiments ” , 2006」で再現精度推定量の分布の近似分布について検討を行っていたこと、また「Yoshikazu OJIMA, et al., “ The Probability of the Occurrence of Negative Estimates in the Variance Components Estimation by Nested Precision Experiments ” , 2006」で既に結果の一部を得ていた。この問題は、一つの因子に関して不等分散の場合の二元配置データの解析であり、まず一般化線形モデルによるアプローチで解決を試みた。さらに、外れ値検定の結果生じる繰り返しが不揃いになった場合の解析法も検討した。

この結果については、十分な成果を得て、報告を行っている。

(3) 目的の(2)は、OJIMA (1988), “ General formulae for expectations, variances and covariances of the meansquares for staggered nested designs ” *Journal of Applied Statistics*, と OJIMA (2000), “ Generalized Staggered Nested Designs for Variance Components Estimation ” , *Journal of Applied Statistics* の結果を応用したアプローチで解決することにした。外れ値が検出され、それを除去した場合の解析法は、繰返し数が不揃いの枝分かれ計画になるので OJIMA (1983), “ The Use of Canonical Form for Estimating Variance Components in Unbalanced Nested Designs ” *Reports of Statistical Application Research, JUSE* を適用するアプローチで解決できると考えられた。

この研究は予想を超えて進捗し、その成果は、満足のいく結果となった。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 17 件)

1. "A SYNTHESIZED ESTIMATOR IN UNBALANCED NESTED DESIGNS WITH TWO STAGES", Seiichi Yasui and Yoshikazu Ojima, *Proceedings of XXI IMEKO WORLD CONGRESS*, 査読有, (2015), 電子媒体

2. "Exact Results of Modified Moving Sum of Conforming Run-Lengths Charts", Seiichi Yasui, Yoshikazu Ojima, Tetsuya Watanabe, *Proceedings of ANQ congress 2015 Taipei*, 査読有, (2015), 電子媒体

3. "Factor Allocation Reflecting the Priority of Interactions to Taguchi's

Orthogonal Array", Yuhei Yaegaki, Seiichi Yasui and Yoshikazu Ojima, *Proceedings of ANQ congress 2015 Taipei*, 査読有, (2015), 電子媒体

4. "Bayesian Lasso with Effect Heredity Principle", Hidehisa Noguchi, Yoshikazu Ojima, and Seiichi Yasui, *Frontiers in Statistical Quality Control* 11, 査読有, pp. 355-365, (2015)

5. "マルコフ劣化モデルに基づいた製品の故障率曲線に関する研究", 八重垣雄平、安井清一、尾島善一, 日本品質管理学会第44回年次大会 研究発表会 研究発表要旨集, 査読無, pp. 189-192, (2014)

6. "ISO/TC69 (統計的方法の適用) ウィーン総会報告", 尾島善一, 鈴木知道, 仁科健, 加藤洋一, 椿 広計, 石山一雄, 小池昌義, 馬場厚次, 標準化と品質管理, 査読無, 67 卷 11 号, pp.26-29, (2014)

7. "Practical Decipher of Generalized Resolution, Minimum G Aberration and Minimum G2 Aberration", Yuhei Yaegaki, Seiichi Yasui, Yoshikazu Ojima, *Proceedings of ANQ Congress 2014 Singapore*, 査読有, (2014), 電子媒体

8. "Prediction Intervals of Simple Linear Regression for Interval-Valued Data", Issei Wakatsuki, Seiichi Yasui, Yoshikazu Ojima, *Proceedings of ANQ Congress 2014 Singapore*, 査読有, (2014), 電子媒体

9. "ISO/TC69 (統計的方法の適用) ミルウォーキー総会報告", 尾島善一, 鈴木知道, 仁科健, 加藤洋一, 椿 広計, 石山一雄, 小池昌義, 馬場厚次, 標準化と品質管理, 査読無, 66 卷 10 号, pp.22-25, (2013)

10. "A Moving CCC-r control chart for high yield processes", Tetsuya Watanabe, Seiichi Yasui, Sama-Ae Armir, Yoshikazu Ojima, *Proceedings of ANQ Congress 2013 Bangkok*, 査読有, (2013), 電子媒体

11. "Bayesian Lasso with Effect Heredity Principle", Hidehisa Noguchi, Yoshikazu Ojima, Seiichi Yasui, *Proceedings of XIth INTERNATIONAL WORKSHOP on Intelligent Statistical Quality Control* 2013, 査読有, pp.317-329, (2013)

12. "ISO/TC69 (統計的方法の適用) 東京総会報告", 尾島善一(1 番目), 他 7 名, 標準化と品質管理, 査読無, 65 卷 10 号, pp.18-22, (2012)

13. "A Robust Detection Procedure for Multiple Change Points of Linear Trends", Seiichi Yasui, Hidehisa Noguchi, and Yoshikazu Ojima, *Frontiers in Statistical Quality Control*, 査読有, pp.197-206, (2012)

14. "A Practical Variable Selection for Linear Models", Hidehisa Noguchi, Yoshikazu Ojima, and Seiichi Yasui, *Frontiers in Statistical Quality Control*, 査読有, pp.349-360, (2012)

15. "Proposal of Advanced Taguchi's Linear Graphs for Split-Plot Experiments", Tomomichi Suzuki, Hironobu Kawamura, Seiichi Yasui, and Yoshikazu Ojima, *Frontiers in Statistical Quality Control*, 査読有, pp.339-348, (2012)

16. "ISO/TC69 (統計的方法の適用) ベルリン総会報告", 尾島善一(1 番目), 他 6 名, 標準化と品質管理, 査読無, 64 卷 12 号, pp.31-35, (2011)

17. "Bayesian Lasso with the Heredity Principle", Hidehisa Noguchi, Yoshikazu Ojima, Seiichi Yasui, *Proceedings of ANQ2011*, 査読有, (2011), 電子媒体

〔学会発表〕(計 0 件)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究代表者

尾島 善一 (OJIMA YOSHIKAZU)

東京理科大学・理工学部・教授

研究者番号：5 0 1 6 9 2 9 9