

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2007～2010

課題番号：19510158

研究課題名(和文) 測定方法の精度に関する統計的評価法の確立

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

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.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学・社会システム工学

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確さ) 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

① 外れ試験室の検出法の研究

② 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所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①「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、②「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確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①「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②「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①「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、学会発表⑧のほか、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。これについて雑誌論文⑫及び雑誌論文⑭でも報告を行っている。

(2) 目的の(1)の②「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、まず一般化線形模型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、雑誌論文⑬及び雑誌論文⑯として発表した。これについて雑誌論文⑤及び雑誌論文⑨でも報告を行っている。

(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、その成果は学会発表③、雑誌論文①、雑誌論文⑧、雑誌論文⑩に発表するなど、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18件)

- ① “Estimation of Variance Components in Unbalanced Nested Designs” Motohiro Yamasaki, Yoshikazu Ojima, Seiichi Yasui, *Journal of Quality* 査読有 469-482、(2010)
- ② “Statistical Analysis of the process for large data sets and some variation patterns” Seiichi Yasui, Hidehisa Noguchi, Yoshikazu Ojima *Proceedings of The Xth International Workshop on Intelligent Statistical Quality Control* 査読有 297-305 (2010)
- ③ “A Practical Variable Selection for Linear Models” Hidehisa Noguchi, Yoshikazu Ojima, Seiichi Yasui *Proceedings of The Xth International Workshop on Intelligent Statistical Quality Control* 査読有 1-13 (2010)
- ④ “Improving Taguchi's linear graphs for split-plot experiments” Tomomichi Suzuki, Hironobu Kawamura, Seiichi Yasui, Yoshikazu Ojima *Proceedings of The Xth*

- International Workshop on Intelligent Statistical Quality Control* 査読有 29-36 (2010)
- ⑤ “ISO/TC 69 (統計的方法)における不確かさ関連規格” 尾島善一 日本機械学会関東支部第 16 期総会講演会講演論文集 査読無 437-440 (2010)
- ⑥ “On Identifying Dispersion Effects in Unreplicated Fractional Factorial Experiments” Seiichi Yasui, Yoshikazu Ojima, Tomomichi Suzuki *Frontiers in Statistical Quality Control* 9 査読有 329-339 (2010)
- ⑦ “Evaluating Adaptive Paired Comparison Experiments” Tomomichi Suzuki, Seiichi Yasui, Yoshikazu Ojima *Frontiers in Statistical Quality Control* 9 査読有 341-350 (2010)
- ⑧ “Approximated Interval Estimation in the Staggered Nested Designs for Precision Experiments” Motohiro Yamasaki, Michiaki Okuda, Yoshikazu Ojima, Seiichi Yasui, Tomomichi Suzuki *Frontiers in Statistical Quality Control* 9 査読有 351-367 (2010)
- ⑨ “ISO/TC69 (統計的方法の適用) マレーシア総会報告” 尾島善一 (他 6 名、1 番目) 標準化ジャーナル 39 巻 10 号 査読無 5-9 (2009)
- ⑩ “Bayesian variable selection with effect heredity principl” Hidehisa Noguchi, Yoshikazu Ojima, Seiichi Yasui *Proceedings of The 9th conference, ENBIS* 査読有 12 pages in CD-ROM (2009)
- ⑪ “Estimation of Reproducibility in the Three-stage Unbalanced Nested Designs for the Precision Experiments” Motohiro Yamasaki, Yoshikazu Ojima, Seiichi Yasui *Proceedings 7th ANQ Congress Tokyo 2009* 査読有 10 pages in CD-ROM (2009)
- ⑫ “ISO/TC69 (統計的方法の適用) 中国総会報告” 尾島善一 (他 6 名、1 番目) 標準化ジャーナル 39 巻 1 号 査読無 8-12 (2008)
- ⑬ “Estimation of Variance Components in Unbalanced Nested Designs” Motohiro Yamasaki, Yoshikazu Ojima, Seiichi Yasui *Proceedings of 6th ANQ (Asian Network for Quality) Congress* 査読有 10 pages in CD-ROM (2008)
- ⑭ “ISO/TC69 (統計的方法の適用) デンマーク総会報告” 尾島善一 (他 5 名、1 番目) 標準化ジャーナル 37 巻 11 号 査読無 9-13 (2007)
- ⑮ “On Identifying Dispersion Effects in Unreplicated Fractional Factorial Experiments” Seiichi YASUI, Yoshikazu OJIMA, Tomomichi SUZUKI *Proceedings of The IXth International Workshop on Intelligent Statistical Quality Control* 査読有 337-344 (2007)
- ⑯ “Interval Estimation of Reproducibility in the Staggered Nested Designs for the Precision Experiments” Motohiro YAMASAKI, Michiaki OKUDA, Yoshikazu OJIMA, Seiichi YASUI, Tomomichi SUZUKI *Proceedings of The IXth International Workshop on Intelligent Statistical Quality Control* 査読有 324-336 (2007)
- ⑰ “New Adaptive EWMA Control Charts” Seiichi YASUI, Yoshikazu OJIMA *Proceedings of Seventh Annual ENBIS Conference* 査読有 8 pages in CD-ROM (2007)
- ⑱ “A study on adaptive paired comparison experiments” Tomomichi Suzuki, Seiichi Yasui, Yoshikazu Ojima *Proceedings of The IXth International Workshop on Intelligent Statistical Quality Control* 査読有 249-257 (2007)
- [学会発表] (計 8 件)
- ① “Hereditiy Principleを考慮したLassoによる変数選択” 野口 英久 尾島 善一 安井 清一, (社) 日本品質管理学会 第 40 回年次大会 研究発表会, 成城大学, 2010 年 10 月 30 日
- ② “線形トレンドを含むプロセスデータに対するロバストな変化点推定” 安井 清一 野口 英久 尾島 善一, (社) 日本品質管理学会 第 40 回年次大会 研究発表会, 成城大学, 2010 年 10 月 30 日
- ③ “アンバランスな一元配置における分散成分の推定” 安井 清一, 山崎 元大, 尾島 善一, (社) 日本品質管理学会 第 39 回年次大会研究発表会, 大阪大学 (大阪市吹田市・大阪大学工学部), 2009 年 10 月 31 日
- ④ “自己相関プロセスに適用するAR(2)タイプ管理図” 森 光弘, 尾島 善一, 安井 清一, (社) 日本品質管理学会 第 86 回 研究発表会, (財) 日本科学技術連盟 東高円寺ビル, 2008 年 5 月 31 日
- ⑤ “Adaptive EWMA 管理図の性能評価” 江黒 裕昭, 尾島 善一, 安井 清一, (社) 日本品質管理学会 第 86 回 研究発表会, (財) 日本科学技術連盟 東高円寺ビル, 2008 年 5 月 31 日
- ⑥ “変動係数のEWMA管理図” 志田 翔平, 稗貫 政志, 尾島 善一, 安井 清一, (社) 日本品質管理学会 第 86 回 研究発表会, (財) 日本科学技術連盟 東高円寺ビル, 2008 年 5 月 31 日
- ⑦ “累乗事前分布に基づいたパラメータ推

定” 野口 英久, 尾島 善一, 安井 清二, (社) 日本品質管理学会 第86回  
研究発表会, (財) 日本科学技術連盟 東  
高円寺ビル, 2008年 5月 31日

- ⑧ “精度評価実験における外れ試験室検出  
のための統計的解析” 小山 純也, 鈴木  
省吾, 尾島 善一, 安井 清二, (社)  
日本品質管理学会 第86回 研究発表  
会, (財) 日本科学技術連盟 東高円寺ビ  
ル, 2008年 5月 31日

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔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: 50169299

### (2) 研究分担者

安井 清一 (YASUI SEIICHI)

東京理科大学・理工学部・助教

研究者番号: 90434026

鈴木 知道 (SUZUKI TOMOMICHI)

東京理科大学・理工学部・准教授

研究者番号: 50251369

(H19のみ)