

平成21年 5月28日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18540136
 研究課題名（和文） コントロールをもつ分割型2因子実験の構成法の研究
 研究課題名（英文） Research on the construction methods for two-factor experiments of split types with controls
 研究代表者
 栗木 進二（KURIKI SHINJI）
 大阪府立大学・工学研究科・教授
 研究者番号：00167389

研究成果の概要：2つの因子のそれぞれの水準のいくつかをコントロール、すなわち、標準的な処理（たとえば、実際に評価されている小麦の品種）とし、その他の水準をテスト処理（たとえば、新しく開発された小麦の品種）とする。テスト処理、コントロールの効果を比較し、どのテスト処理がコントロールより効果があるか、また、どのテスト処理、コントロールの組合せに効果があるかを調べるためのコントロールをもつ分割型2因子実験の構成法を与えた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	900,000	0	900,000
2007年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	720,000	4,020,000

研究分野：統計数学

科研費の分科・細目：数学・数学一般（含確率論・統計数学）

キーワード：統計数学，実験計画法，構成法，コントロール，分割型実験，2因子実験，
 Split-block design, Split-plot design

1. 研究開始当初の背景

本研究の背景・動機として、次の2つが挙げられる。

(1) 分割型2因子実験に対する従来の構成法は、実験回数が多く、実用的ではない。そこで、実験回数のより少ない実用的な分割型2因子実験の構成法が必要となる。このことが基盤研究(C)(2)(2004～2005年度)研究課題名「実験計画法における計画の構成法の研究」(研究代表者：栗木進二，課題番号：16540114)の研究テーマであり、我々はいくつかの構成法を与え、その分割型2因子実験

の統計的性質を明らかにした。

(2) 通常ブロック計画において、コントロールをもつ場合が議論され、コントロールをもつ最適なブロック計画の構成法に関する多くの結果があり、農事試験、薬事試験等において、その応用がみられる。また、効率的なブロック計画の構成法に関しても多くの結果があり、我々はコントロールをもつ効率的なブロック計画の構成法を提案し、多くのパラメータに対して、多くの実用的で効率的なブロック計画を与えた。

2. 研究の目的

本研究の対象となる計画はコントロールをもつ分割型2因子実験であり、本研究は「1. 研究開始当初の背景」に記載された2つの事項を融合させようとするものであった。2つの因子をA,Bとし、2因子実験がいくつかのブロックに分けられているとする。さらに、各ブロックはp行q列に分けられ、行に因子Aの水準（行処理という）を割り付け、列に因子Bの水準（列処理という）を割り付けて、分割型2因子実験を構成する。関心のある効果の比較（対比という）はテスト処理の主効果とコントロールの主効果の対比、テスト処理の主効果の対比、テスト処理とコントロールの交互作用効果の対比、テスト処理とテスト処理の交互作用効果の対比であり、これらの対比を精度良く推定できる分割型2因子実験が望まれる。本研究の主たる目的は次の2つであった。

(1) 実験回数のより少ない実用的なコントロールをもつ分割型2因子実験の構成法を提案する。

(2) (1)の方法によって構成されるコントロールをもつ分割型2因子実験の統計的性質を明らかにする。

3. 研究の方法

コントロールをもたない通常の分割型2因子実験について、従来の構成法は2つのブロック計画のクロネッカー積による方法であり、我々は、「1. 研究開始当初の背景」にある研究課題名の研究において、クロネッカー積を一般化し、セミクロネッカー積による構成法を提案し、その分割型2因子実験の統計的性質を明らかにした。コントロールをもつ分割型2因子実験についても、2つのブロック計画のセミクロネッカー積による構成法を用い、そのコントロールをもつ分割型2因子実験の統計的性質を明らかにすることを考えた。分割型2因子実験においては、無作為化を考慮した混合モデルを考え、多重層解析を用いて標準対比の推定を行うが、同じ標準対比の推定量が多重層解析の各層から得られる（この性質をgenerally balancedという）ことが重要であり、さらに、どの標準対比が各層においてどれくらいの効率で推定されるかを表す層効率因子が重要である。統計的性質を明らかにすることはこの標準対比と層効率因子を一般的に表すことを意味している。また、因子A,Bのコントロールをどのようにブロックに割り付けるかについては、様々なパターンを考えたが、このことは「4. 研究成果」の項で述べることにする。

4. 研究成果

分割型2因子実験においては、2種類の無作為化が考えられ、ブロックの無作為化、各ブロックにおける行の無作為化、各ブロックにおける列の無作為化を考えると、その分割型2因子実験をsplit-block designといい、ブロックの無作為化、各ブロックにおける行の無作為化、各ブロックの各行における列の無作為化を考えると、split-plot designという。本研究の主たる成果を列記する。

(1) 各ブロックに、因子Aのコントロールがs個ずつ現れ、因子Bのコントロールがt個ずつ現れる場合を考える。因子A,Bのテスト処理に対して、square lattice designsを用い、それらのsquare lattice designsのセミクロネッカー積によって、コントロールをもつsplit-block designの構成法を与え、その統計的性質を明らかにした。また、因子A,Bのテスト処理に対して、それぞれresolvable design, square lattice designを用い、それらのセミクロネッカー積によって、コントロールをもつsplit-plot designの構成法を与え、その統計的性質を明らかにした。

(2) (1)のコントロールをもつ分割型2因子実験においては、標準対比の種類が多く、少し複雑であり、より実用的なコントロールをもつ分割型2因子実験として、因子A,Bのコントロールとコントロール、テスト処理とテスト処理を組合せて実験を行う場合を考え、各ブロックに、コントロールの組合せがs個ずつ現れる場合を考える。このときにおいても、(1)と同様に、コントロールをもつsplit-block design, split-plot designの構成法を与え、それらの統計的性質を明らかにした。

(3) (2)のコントロールをもつ分割型2因子実験について、各ブロックに、コントロールの組合せがsあるいはt ($s \neq t$) 個ずつ現れる場合を考える。このとき、(2)と同様に、コントロールをもつsplit-block design, split-plot designの構成法を与え、それらの統計的性質を明らかにした。

本研究において、1.にある研究課題名の研究成果であるresolvable design, 特に、square lattice designの共生起行列の固有ベクトルに関する結果が大きな役割を果たしている。共生起行列の固有値は一般的に求められるが、固有ベクトルは一般的には求められないというのが通常であり、その意味で、この固有ベクトルに関する結果は興味深いものである。分割型2因子実験に関する研究は、現在、このような実験を実際に行っているヨーロッパ諸国等で盛んであり、本研究成果はそれらの諸国の実験計画法の研究者（海外共同研究者であるMejza, S.教授がそうであるが）に大きなインパクトを与えると考え

ている。最後に、Mejza, S. 教授はポーランドのポズナニにある生命科学大学に所属し、実験計画法の理論家であると同時にポーランドの農事試験に深く関わり合いをもつ実家でもあり、この研究期間の3年間に3度の10日間程度のMejza, S. 教授との共同研究を行ったことは非常に有意義であったことを付記する。

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16件)

- (1) Mejza, I., Mejza, S., Kuriki, S., Square lattice designs in incomplete split-block designs, J. Statistics and Applications. (掲載決定) (査読有)
- (2) Mejza, S., Kuriki, S., Kachlicka, D., Repeated Youden squares with subplot treatments in a group-divisible design, J. Statistics and Applications. (掲載決定) (査読有)
- (3) Nakamoto, A., Shirakura, T., Tazawa, S., An alternative enumeration of self-complementary graphs, Utilitas Math.. (掲載決定) (査読有)
- (4) Uehara, H., Jimbo, M., A positive detecting algorithm for DNA library screening based on CCCP, J. Japan Statist. Soc.. (掲載決定) (査読有)
- (5) Uehara, H., Jimbo, M., A positive detecting code and its decoding algorithm for DNA library screening, IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics. (掲載決定) (査読有)
- (6) Tanaka, H., Sufficient conditions for the admissibility under LINEX loss function in regular case, Comm. Statist. Theory and Method. (掲載決定) (査読有)
- (7) 達川真史, 田中秀和 (2009) LINEX 損失関数の下での多変量正規分布における線型推定量の許容性と非許容性について, 数理解析研究所講究録 1621, 161-170. (査読無)
- (8) Yagi, S., Mimura, K., Jimbo, M. (2008) A construction of $OA(s^t, t+1, s, t)$ by nonlinear functions and some classification for $s=4$, J. Statistical Planning and Inference 138, 3309-3315. (査読有)
- (9) 田中秀和 (2008) LINEX 損失関数の下での一般化 Bayes 推定量の許容性について, 数理解析研究所講究録 1603, 142-153. (査読無)
- (10) Kuriki, S., Nakajima, K. (2007) Square lattice designs in incomplete

- split-plot designs, J. Statistical Theory and Practice 1, 417-426. (査読有)
- (11) Ghosh, S., Shirakura, T., Srivastava, J.N. (2007) Model identification using search linear model and search designs, In Entropy, Search, Complexity (Imre Csiszar, etc., Eds.), The Series Bolyai Mathematical Studies 16, 85-112. (査読有)
 - (12) Jimbo, M., Mishima, M., Janiszewski, S., Teymorian, A.Y., Tonchev, V.D. (2007) On conflict-avoiding codes of length $n=4m$ for three active users, IEEE Transactions on Information Theory 53, 2732-2742. (査読有)
 - (13) Momihara, K., Müller, M., Satoh, J., Jimbo, M. (2007) Constant weight conflict-avoiding codes, SIAM J. Discrete Math. 21, 959-979. (査読有)
 - (14) Ozawa, K., Kuriki, S. (2006) Incomplete split-plot designs generated from α -resolvable designs, Statistics & Probability Letters 76, 1245-1254. (査読有)
 - (15) Ozawa, K., Mishima, M., Kuriki, S., Jimbo, M. (2006) Constructions for rectangular designs, Utilitas Math. 71, 179-196. (査読有)
 - (16) Tanaka, H. (2006) Location and scale parameter family of distributions attaining the Bhattacharyya bound, Comm. Statist. Theory and Method 35, 1611-1628. (査読有)

[学会発表] (計27件)

- (1) Tanaka, H., Tatsukawa, M., On the admissibility of linear estimator in a multivariate normal distribution under LINEX loss, The 8th Annual Hawaii International Conference on Statistics, Mathematics and Related Fields, 2009年1月15日, Hawaii, USA
- (2) 白倉暉弘, 検索可能計画について, 研究集会「計算による数理学の展開」, 2009年1月9日, 神戸大学
- (3) Jimbo, M., A Steiner quadruple systems on Z_p^m admitting all units as multipliers, International Conference on Combinatorial Design Theory, 2008年11月13日, Banff, Canada
- (4) 李京国, 末次武明, 白倉暉弘, MEP.2 plan とその検索確率のシミュレーションによる比較, 日本計算機統計学会, 2008年11月6日, 神戸
- (5) 神保雅一, 城本啓介, Quantum jump code と組合せデザイン, 研究集会「代数的符号理論と組合せデザイン」, 2008年10月15日,

京都大学数理解析研究所

(6) 田中秀和, Sufficient condition for admissibility under LINEX loss in non-regular case, 日本数学会, 2008年9月25日, 東京工業大学

(7) Yoshikawa, S., Jimbo, M., A construction of cyclic SQS(2p) for prime p, 研究集会「離散数学の統計科学および関連分野への応用」, 2008年9月18日, 下呂

(8) 市村尚代, 丸山芳人, 田中秀和, 栗木進二, 非小細胞肺癌患者のデータ解析, 研究集会「離散数学の統計科学および関連分野への応用」, 2008年9月17日, 下呂

(9) Uehara, H., Jimbo, M., Group testing algorithm for DNA library screening based on BP and CCCP, International Conference on Group testing in life science, 2008年7月13日, Dagstuhl, Germany

(10) 木村隆志, 栗木進二, あるコントロールをもつ incomplete split-plot designs, 日本数学会, 2008年3月25日, 近畿大学

(11) 田中秀和, Sufficient condition for admissibility under LINEX loss function, 日本数学会, 2008年3月25日, 近畿大学

(12) Tanaka, H., Sufficient condition for admissibility under LINEX loss function, The 7th Annual Hawaii International Conference on Statistics, Mathematics and Related Fields, 2008年1月17日, Hawaii, USA

(13) 藤君鵬, 末次武明, 白倉暉弘, MEP. 2 plan の検索力, 研究集会「実験計画法と統計的推測理論の展開」, 2007年11月29日, 城崎

(14) 木村隆志, 栗木進二, あるコントロールをもつ incomplete split-plot designs, 研究集会「実験計画法と統計的推測理論の展開」, 2007年11月28日, 城崎

(15) 魚住浩之, 栗木進二, 不完備順位付け問題における BIB designs, 研究集会「実験計画法と統計的推測理論の展開」, 2007年11月28日, 城崎

(16) 神保雅一, 城本啓介, Quantum jump code と組合せデザイン, 研究集会「計算代数統計学の展開」, 2007年10月26日, 豊橋

(17) 魚住浩之, 栗木進二, 不完備順位付け問題における BIB designs, 日本数学会, 2007年9月24日, 東北大学

(18) 藤君鵬, 末次武明, 白倉暉弘, MEP. 2 plan の検索力とシミュレーションによる比較, 統計関連学会連合大会, 2007年9月8日, 神戸大学

(19) 神保雅一, 組合せデザインとその情報通信への応用, 組合せ論サマースクール, 2007年9月3日, 宜野湾

(20) 神保雅一, 上原啓明, ゲノム塩基配列識別アルゴリズムとベイジアンネットワーク, 応用統計学会, 2007年5月24日, 東京

工業大学

(21) Tanaka, H., On a family of distributions attaining the Bhattacharyya bound, The 6th Annual Hawaii International Conference on Statistics, Mathematics and Related Fields, 2007年1月17日, Hawaii, USA

(22) 奥田崇夫, 栗木進二, Incomplete split-plot designs with controls, 研究集会「デザイン理論とその周辺」, 2006年11月21日, 上山

(23) 藤君鵬, 末次武明, 白倉暉弘, 検索可能計画とその検索確率のシミュレーションによる比較, 日本計算機統計学会, 2006年10月26日, 東京大学

(24) 栗木進二, コントロールをもつ incomplete split-plot designs, 日本数学会, 2006年9月21日, 大阪市立大学

(25) Kuriki, S., Square lattice designs in incomplete split-plot designs, SCRA 2006 - FIM XIII, Interdisciplinary Mathematical and Statistical Techniques, 2006年9月2日, Tomar, Portugal

(26) 栗木進二, Square lattice designs in incomplete split-plot designs, 国際数理科学協会年会, 2006年8月17日, 大阪大学

(27) 藤君鵬, 末次武明, 白倉暉弘, 検索可能計画と最適性, 国際数理科学協会年会, 2006年8月17日, 大阪大学

〔その他〕

ホームページ

<http://www.ms.osakafu-u.ac.jp/~kuriki/index-j.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

栗木 進二 (KURIKI SHINJI)

大阪府立大学・工学研究科・教授

研究者番号：00167389

(2) 研究分担者

白倉 暉弘 (SHIRAKURA TERUHIRO)

神戸大学・人間発達環境学研究所・教授

研究者番号：30033913

神保 雅一 (JIMBO MASAKAZU)

名古屋大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：50103049

田中 秀和 (TANAKA HIDEKAZU)

大阪府立大学・工学研究科・講師

研究者番号：50302344

(3) 連携研究者

なし