

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 27 日現在

機関番号：23702

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25730020

研究課題名(和文) 遺伝的交配実験計画の最適性、構成法および応用に関する研究

研究課題名(英文) Optimality, constructions and application of diallel and triallel cross designs

研究代表者

小澤 和弘(OZAWA, Kazuhiro)

岐阜県立看護大学・看護学部・准教授

研究者番号：20336639

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：トリアレル交配実験計画や既存品種と新品種を持つダイアレル交配実験計画について、各品種の主効果や品種間の交互作用効果を推定する際に、一般的に知られている最適性を満たす交配実験計画の統計的条件を導出した。さらに、それら最適性を満たす交配実験計画の構成法を与えた。また、split-plot designやsplit-block designについて、multistratum分析を用いた主効果と交互作用効果の推定に関してgeneral balanceの性質を持つ実験計画、および各効果の推定効率を表すefficiency factorを与えた。

研究成果の概要(英文)：We considered the optimality of triallel cross experiments and diallel cross experiments with control and test treatments for estimating main effects and interaction effects. We gave the constructions of optimal triallel and diallel cross experiments. Moreover, we characterized split-plot designs and split-block designs with respect to the general balance property, and we gave the stratum efficiency factors for such designs.

研究分野：実験計画法・組合せ論

キーワード：実験計画法 ダイアレル交配実験計画 トリアレル交配実験計画 最適性 構成法

1. 研究開始当初の背景

遺伝子実験や品種改良試験など多くの分野において、遺伝的交配を用いた実験計画（以下、遺伝的交配実験計画とする）の有効性はよく知られており、動植物や細菌などの微生物における交配品種の遺伝的能力、遺伝子組み換えによる遺伝的效果を測定する際などに、実際に遺伝的交配実験計画が利用されている。

遺伝的交配実験計画は、主に2種類に分類され、1対1の交配を実験単位とする場合をダイアレル交配実験計画と呼び、2対1の場合をトリアレル交配実験計画と呼ぶ。これらの実験では、品種自体の遺伝子による能力（以下、主効果とする）、品種間の交配による相乗的な能力（以下、交互作用効果とする）を推定することが求められる。

ダイアレル交配実験計画では、主効果と交互作用効果を推定する際に、A最適、D最適、E最適など一般的に知られている最適基準をすべて満たす一般的最適（universally optimum）となる必要条件が与えられており、その最適な実験計画が釣合い型不完備ブロック計画や triangular 計画で構成できることが示されている。トリアレル交配実験計画では、主効果の推定に関して最適となる実験計画の最適性と構成法が示されたに留まっており、交互作用効果の最適性や構成法に関して未解決の問題が残されている。

また、ある程度効果が知られている既存品種（コントロール処理）と新品種（テスト処理）の効果を比較する遺伝的交配実験計画の研究が近年盛んに行われている。本研究代表者は、既存品種と新品種の比較を目的とした主効果の推定に関し、A最適となるダイアレル交配実験計画の条件を解明しているが、交互作用効果の推定に関する最適性の研究は未解決である。

2. 研究の目的

本研究では、遺伝的交配実験計画における最適性の解明と構成法の導出、既存品種と新品種の比較のための最適条件の解明、さらに応用分野の開拓を目的にしており、主な内容は次の3点である。

遺伝的交配実験計画において、主効果や交互作用効果を推定する際に、A最適などの一般的に知られた最適基準を満たす統計学的な必要条件を明らかにする。さらに、それら最適基準を満たす遺伝的交配実験計画の構成法を与える。

次に、既存品種と新品種を比較する遺伝的交配実験計画において、既存品種と新品種の主効果やこれらの品種間の交互作用効果を最適に推定するための統計学的性質を明らかにする。また、それら最適な遺伝的交配実験計画の構成法を与える。

さらに、遺伝的交配実験計画の特性を活用できる他分野や他の実験計画への応用を開拓する。

3. 研究の方法

本研究では、ブロック構造を持つ実験計画を考え、各品種の主効果、品種間の交互作用効果、ブロック効果を考慮した統計モデルを前提に、一般化最小二乗法などの推定方法を用いて主効果や交互作用効果を推定する手法を用いる。

トリアレル交配実験計画の最適性においては、ダイアレル交配実験計画の先行研究結果と統合することで、一般化最小二乗推定法により主効果および交互作用効果が universally optimum となる必要条件を検討する。まず交互作用効果として、2品種間の交互作用効果のみを含む統計モデルを検討し、その後、統計モデルに3品種間による交互作用効果を含めた統計モデルを用いる。そして、主効果と2品種間および3品種間の交互作用効果を含む統計モデルにおいて、各効果の推定値における分散共分散行列の構造解析から、すべての効果の推定に関して universally optimum やそれに近い準最適基準を満たす統計学的な必要条件を求める。また、universally optimum の最適条件を満たすトリアレル交配実験計画の構成法について、組合せ論の見地から構成法を体系化し、それら構成法から実際に得られる最適な交配実験計画の実用的な構成表を構築する。

既存品種と新品種を比較するダイアレル交配実験計画においても、一般化最小二乗法を用いて、既存品種と新品種、および新品種間の交互作用効果の推定が A 最適を満たすための統計的性質について、交互作用効果の推定における分散共分散行列から検討する。なお、分散共分散行列の構造については、具体的なパラメータによるシミュレーションを活用しながら固有値と最適性の関係性を定式化する。

また、Nelder (1965a, 1965b)、Ceranka, Chudzik and Mejza (1986)、Ozawa, Tsushima and Jimbo (2009)などの先行研究をもとに、MultiStratum 分析による主効果や交互作用効果を推定する際の最適性についても検討する。

4. 研究成果

既存品種と新品種を持つダイアレル交配実験計画について、それら既存品種と新品種、および新品種間の交互作用効果を比較するためのダイアレル交配実験計画に対する統計モデルを定義した。そして、一般化最小二乗法を用いて交互作用効果の対比を推定する際に、既存品種と新品種の異なる2つの交配が含まれるブロックの総数、および2つの新品種の異なる2つの交配が含まれるブロックの総数がそれら交配の選び方によらず一定であれば、交互作用効果の対比の推定に関して A-最適となることを明らかにした。さらに、その最適基準を満たすダイアレル交配実験計画 rectangular partially balanced incomplete block design と triangular

partially balanced incomplete block design を用いて構成できることを示した。これらの成果については、国際的な学術誌への投稿に向け、現在準備中である。

トリアレル交配実験計画について、主効果と2品種間の交互作用効果を考慮した統計モデルを仮定し、そのモデルに対して2つの交配が含まれるブロックの総数が交配の選び方によらず一定であれば、交互作用効果の対比の推定に対してA最適であることを明らかにした。さらに、A最適となるトリアレル交配実験計画がbalanced incomplete block designを用いて構成されることを示した。なお、交互作用効果の対比の推定に対してuniversally optimumとなる条件については継続課題である。また、3品種間の交互作用効果を含む場合については、2品種間の交互作用効果と同じような結果が得られると予想しているが、こちらも継続課題である。これらの成果については、国際的な学術集会において発表し、現在、国際的な学術誌への投稿に向けて準備中である。

交配実験計画と因子構造等が類似しているsplit-plot designについて、multistratum分析を用いて主効果と交互作用効果の基本対比を推定する際に、generally balancedとなる実験計画が2つのalpha-resolvable designで構成できることを示し、efficiency factorを導出した。同様に、分割型ブロック計画においても、alpha-resolvable designsとaffine alpha-resolvable designsを用いて構成される実験計画がgenerally balancedとなることを示し、efficiency factorを導出した。また、既存品種と新品種を持つnested row-column design with split unitsにおいて、主効果と交互作用効果の基本対比を推定する際に、generally balancedとなる実験計画がcyclic designとsquare lattice designで構成できることを示し、efficiency factorを与えた。これらの成果については、国際的な学術集会において発表し、国際的な学術誌へ投稿中である。また、さらなる成果の発展に向けて研究を進めている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

Hirokazu Ito, Misao Miyagawa, Kazuhiro Ozawa, Tetsuya Tanioka, Yuko Yasuhara, Mutsuko Kataoka, Beth King, Masahito Tomotake, Rozzano C. Locsin, The Development of the Japanese Psychiatric Nursing Assessment Classification System (PsyNACS©), Open Journal of Psychiatry, 査読有, 6 (1), 2016, pp. 20-33

DOI: 10.4236/ojpsych.2016.61003

Mika Kataoka, Kazuhiro Ozawa, Tetsuya Tanioka, Rozzano Locsin,

Clarifying the strengths-oriented attitude among nurses in psychiatric hospitals in Japan, Health, 査読有, 7 (6), 2015, pp. 776-787

DOI: 10.4236/health.2015.76092

Shinji Kuriki, Iwona Mejza, Kazuhiro Ozawa, Stanislaw Mejza, Control treatments in designs with split units generated by Latin squares, Biometrical Letters, 査読有, 51 (2), 2014, pp. 125-142

DOI: 10.2478/bile-2014-0009

〔学会発表〕(計5件)

Kazuhiro Ozawa, Optimality and construction of triallel cross experiments, The fourth Joint Statistical Meeting Deutsche Arbeitsgemeinschaft Statistik (DAGStat2016), May 2016, Göttingen (Germany).

Kazuhiro Ozawa, Shinji Kuriki, Incomplete split-block designs constructed by affine alpha-resolvable designs, Designed Experiments: Recent Advances in Methods and Applications 2015, December 2015, Sydney (Australia).

Kazuhiro Ozawa, Shinji Kuriki, Incomplete split-plot designs constructed by alpha-resolvable designs, The 11th IMT-GT International Conference on Mathematics, Statistics and Its Applications 2015 (ICMSA 2015), November 2015, Pattaya (Thailand).

Kazuhiro Ozawa, Shinji Kuriki, Two-factor experiment with split units constructed cyclic designs and square lattice designs, 61. Biometrisches Kolloquium, March 2015, Dortmund (Germany).

Kazuhiro Ozawa, Iwona Mejza, Stanislaw Mejza, Shinji Kuriki, Repeated Latin and Youden squares with whole plot and subplot control treatments, The International Conference on Trends and Perspectives in Linear Statistical Inference (LinStat2014), August 2014, Linköping (Sweden).

〔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〕 なし

6. 研究組織

(1)研究代表者

小澤 和弘 (OZAWA, Kazuhiro)

岐阜県立看護大学・看護学部・准教授

研究者番号：20336639

(2)研究分担者 なし

(3)連携研究者 なし

(4)研究協力者 なし