

平成21年6月12日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18700276

研究課題名（和文）

組分け型ブロック計画の構造分類と関連計画の工学的応用に関する研究

研究課題名（英文）

A study of one structure of group divisible designs and their applications

研究代表者

足立 智子（ADACHI TOMOKO）

東邦大学・理学部・准教授

研究者番号：40366505

研究成果の概要：

実験計画法で用いられるブロック計画（block design）は、その組合せ構造や解析についてさまざまな研究がなされており、RAID（Redundant Arrays of Independent Disks）などの工学系分野にその応用が広がっている。完全三部グラフを用いた RAID のアクセス順序について研究し、関連するブロック計画を用いて RAID のアクセス順序の効率化を検討した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,100,000	0	1,100,000
2007年度	1,000,000	0	1,000,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	300,000	3,400,000

研究分野：統計科学

科研費の分科・細目：統計科学

キーワード：実験計画法、ブロック計画、ディスク・アレイ

1. 研究開始当初の背景

組分け型ブロック計画（group divisible design）は、農場実験において効率的な要因配置を行うための理論として統計科学の分野で発展し、その組合せ構造や解析についてさまざまな研究がなされてきた。また、情報通信分野などにも、その応用が広がってきている。

そこで、本研究では、パラメータに注目することにより組分け型ブロック計画の構造分類を明らかにするとともに、関連す

るブロック計画の工学的応用についても研究を行う。

2. 研究の目的

本研究では、「(1)組分け型ブロック計画の構造の解明および分類」と「(2) 関連するブロック計画の工学的応用」の二点を中心に、理論と応用の両面から研究を進めたいと考えている。

(1) 組分け型ブロック計画の構造の解明および分類:

組分け型ブロック計画は、その性質を決定する上で、重要な5つのパラメータを持つ。この5つの内の2つのパラメータ r と λ_1 に注目する。このパラメータ r と λ_1 が等しいときは特異(singular)である、異なるときは非特異(nonsingular)である、と分類されている。現在、 r と λ_1 の差が1である場合については、その構造が解明されている。しかし、差が2以上の場合については、その構造はまだ知られていない。

そこで、パラメータ r と λ_1 の差が2以上である組分け型ブロック計画について、その構造の特徴を調べ、分類することを目的とする。

(2) 関連するブロック計画の工学的応用:

ブロック計画(block design)には、組分け型ブロック計画(group divisible design)、シュタイナー三項系(Steiner triple system)など多くの種類がある。これらのブロック計画が応用される分野として、暗号・CDMA(Code Division Multiple Access)通信・RAID(Redundant Arrays of Independent Disks)などの工学系分野が挙げられる。なかでも、RAIDは、処理速度と安全性を高める技術として有用である。

本研究では、ある特定の性質を持つRAIDのシステムに注目し、ブロック計画を用いて効率的なRAIDを構築する方法について検討することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究の方法を、「(1)組分け型ブロック計画の構造の解明および分類」と「(2) 関連するブロック計画の工学的応用」の二つに分けて記す。

(1) 組分け型ブロック計画の構造の解明および分類:

組分け型ブロック計画は、重要な5つのパラメータを持つ。本研究では、パラメータ r と λ_1 の差が2以上の組分け型ブロック計画の構造を調べ、分類する。煩雑な計算を要する際には、数式処理支援ソフトウェア Mathematicaを用いる。また、国内外の関連分野の有識者と連絡を取って、議論を行う。そして、得られた研究結果を国内学会および国際会議で発表す

る。

(2) 関連するブロック計画の工学的応用:

組分け型ブロック計画、シュタイナー三項系などのブロック計画が、工学的に応用される分野の一つとして、RAIDが挙げられる。RAIDは、処理速度と安全性を高める技術である。ブロック計画のRAIDへの応用研究について、文献調査を行う。また、ブロック計画をどのようにディスク・アレイに適用するかについて、様々な計算を行う。煩雑な計算を要する際には、数式処理支援ソフトウェア Mathematicaを用いる。さらに、国内外の関連分野の有識者と連絡を取って、議論を行う。そして、得られた研究結果を国内学会および国際会議で発表する。

4. 研究成果

実験計画法で用いられるブロック計画(block design)は、その組合せ構造や解析についてさまざまな研究がなされており、RAID(Redundant Arrays of Independent Disks)などの工学系分野にその応用が広がっている。RAIDは、処理速度と安全性を高める技術であり、ディスクの読み込み・書き込みを複数のディスクで並列に行うことにより処理速度を高め、記憶すべきデータを格納した information diskの他にディスクの破損箇所の発見・修復のための check diskと呼ばれる冗長性を持たせたディスクを用いることによって安全性を高めている。安全性を高めるためとって check diskを多くすると追加のコストが増えるので、安全性と追加コストのバランスを考えることが重要になってくる。RAIDのアクセスコストを低減するため、Cohen等(2001)によって、完全グラフにおいて cluttered ordering という概念が導入された。これは、RAIDの information diskと check diskを完全グラフの辺と頂点に対応させて information diskの順序付けを考察する、というものである。また、Cohen等(2003)は、ブロック計画の1つであるシュタイナー三項系(Steiner triple system)を用いて、RAIDのアクセス順序の効率化を図っている。完全二部グラフを用いたRAIDのアクセス順序については、Muellerとの共著で2005年に研究結果を発表している。これをさらに発展させ、他の系列についても cluttered orderingの構成法を与えた。また、完全三部グラフを用いたRAIDのアクセス順序について研究し、関連するプロ

ック計画を用いて RAID のアクセス順序の効率化を検討した。

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 5 件)

[1] 足立智子, 杉浦智吉: “完全二部グラフを用いた RAID6 での Data と Parity の配置”, 代数、言語のアルゴリズムと計算理論, 京都大学数理解析研究所講究録, **1604** (2008), pp. 19 -30. (査読無)

[2] Tomoko Adachi : “Labelings for the Complete Bipartite Graph and its Applications”, *Algebras, Languages, Computations and their Applications, Publications of the Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University*, **1562** (2007), pp. 99-103. (査読無)

[3] Tomoko Adachi : “Optimal ordering of the complete tripartite graph $K_{9,9,9}$ ”, *Proceedings of the Fourth International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis*, Yokohama Publishers, Inc. , pp. 1-10, 2007. (査読有)

[4] 足立智子: “完全三部グラフを用いた RAID のアクセス順序”, 情報処理学会アルゴリズム研究会技術研究報告, **2006-AL-107** (2006), pp. 51-58. (査読無)

[5] Tomoko Adachi : “Combinatorial structure of group divisible designs

and finite geometry ” , *Algorithmic Problems in Algebra, Languages and Computation Sysmtems, Publications of the Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University*, **1503** (2006), pp. 82-91. (査読無)

[学会発表] (計 7 件)

[1] Tomoko Adachi : “Methods for placing data and parity in disk arrays using complete bipartite graphs” , The 40th Southeastern International Conference on Combinatorics, Graph Theory and Computing, Florida Atlantic University, Boca Raton, USA, 2009, 3.

[2] 光野敏治・足立智子: “RSA分散復号”, 研究集会「代数系アルゴリズムと言語および計算理論」, 京都大学数理解析研究所, 2009年2月.

[3] 杉浦智吉・足立智子: “完全二部グラフを用いた RAID6 での Data と Parity の配置”, 研究集会「代数、言語のアルゴリズムと計算理論」, 京都大学数理解析研究所, 2008年2月.

[4] Tomoko Adachi : “Cluttered orderings of the complete bipartite graph in disk arrays” , International Workshop on Combinatorics 2007, Keio University & RIMS, Kyoto University, Japan, 2007, 6.

[5] Tomoko Adachi : “Labellings for the complete bipartite graph and Disk Array ” , The 38th Southeastern

International Conference on
Combinatorics, Graph Theory and
Computing, Florida Atlantic
University, Boca Raton, USA, 2007, 3.

[6] 足立智子: “完全二部グラフのラベル付
けとディスク・アレイへの応用”, 研究
集会「代数, 形式言語, 計算理論とその
応用」, 京都大学数理解析研究所, 2007
年2月.

[7] 足立智子: “完全三部グラフを用いた
RAIDのアクセス順序”, 第107回情報
処理学会アルゴリズム(AL)研究会, 北
海道大学, 2006年7月.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

足立 智子 (ADACHI TOMOKO)
東邦大学・理学部・准教授
研究者番号: 40366505

(2) 研究分担者

無し

(3) 連携研究者

無し