

Title	Construction Method of Combinatorial Designs and its Applications
Author(s)	井戸, 伸彦
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/42424
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	井 戸 伸 彦
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学位記番号	第 1 6 3 2 9 号
学位授与年月日	平成13年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科情報数理系専攻
学位論文名	Construction Method of Combinatorial Designs and its Applications (組み合わせデザインの構築法とその応用)
論文審査委員	(主査) 教授 菊野 亨 (副査) 教授 柏原 敏伸 教授 藤原 融

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、組み合わせデザイン理論にて最も重要なデザインのひとつである BIBD (Balanced Incomplete Block Design) と t -デザインについて、その構築法、及び、構築法を応用したデザインの評価手法に関する研究をまとめたものである。

まず、組み合わせデザインの構築法に関しては、デザインの種類である戦略的構造 (tactical configuration) を構造的に表現する“組織 (organization)”と呼ぶ記法を案出し、これに基づく BIBD 及び t -デザインの構築法を提案している。

戦略的配置の組織は、これを分割することにより得られる、より小さい (あるいは下位レイヤの) 戦略的配置の集まりとして定義する。下位レイヤの戦略的配置を、“器官 (organ)”と呼び、組織を器官に分割していくことを、“組織化過程 (organizing process)”と呼ぶ。組織化過程を繰り返すことにより、各々の器官は徐々に小さくなり、ついには最小の器官となる。元となった戦略的配置は、最小な器官の集合により定められることとなる。BIBD (あるいは t -デザイン) は戦略的配置であるため、BIBD の性質を保ちながら組織化過程を繰り返すことにより、提案のスキームを適用することが出来る。①組織の形式で表現された BIBD の性質を表す方程式を導き出すこと、②“巡回的組織化 (cyclic organizing)”と呼ぶ組織化の定義に基づき“位相 (phase)”と呼ぶ座標系を導入すること、③導入した位相により BIBD の性質を部分的にモジュロ線形方程式に置き換えることにより、下位組織の計算を可能とした。結果として、 $3-(14, 5, 5)$ を含む新しいデザインの構築に成功した。 $3-(14, 5, 5)$ は、その存在の是非についても未知であったデザインである。

応用の分野では、ソフトウェアのテストを効率的に行うために研究されてきたファクターカバレッジデザインを取り上げた。その性質は、交点を拡張して定義した“結合交点 (combined intersection)”を用いて記述することが出来、これに関連する基本的な方程式を提示した。さらに、それらの方程式に整数線形計画法を適用することにより、テストの量の下界を評価した。下界の評価は、特殊な場合以外は知られていなかった。

論文審査の結果の要旨

BIBD (Balanced Incomplete Block Design) 等の組み合わせデザインは、配置を数学的に記述したものであり、符号/暗号/実験計画法を始め様々な応用分野を持つ。また、情報科学においても組み合わせ最適化問題の解を与える配置として利用される。一方、BIBDを求めることは一般には容易でなく、古くから多くの研究がある。本論文では、新たな BIBD の構築法を提案し、これにより新たなデザインの構築に成功している。本論文の成果を要約すると、以下の通りである。

- (1)組織 (Organization) と呼ぶデザイン表記法を考案し、この組織を階層的に詳細化することにより BIBD を求める構築法を提案している。提案法では、組織を詳細化する過程を、座標系を導入してモジュロ線形多項式等々を解く問題に帰着することにより、BIBD のパラメタの性質に依らない高速な組織の計算に成功している。また、提案の構築法の枠組みは、従来の等差集合/等差属/1-ローテーション等による構築法を包含するものとなっており、組織による一般的な BIBD の分類法を示している。
- (2)提案の構築法を用いて、従来得られていなかったデザインの構築に成功している。特に、パラメタセット $3-(14, 5, 5)$ により示されるデザインについては、存在するか否かも未解決の問題であったが、本論文にて構築結果が示されている。
- (3)提案の構築法を応用して、ソフトウェアの試験項目に利用されるファクターカバーリングデザインのサイズの下界評価法を提案している。ファクターカバーリングデザインは、ソフトウェア生産性の向上という産業上重要な意義を持っており、より小さいサイズのデザインを求めて近年盛んに研究されている。本論文では、BIBD 構築法で用いた接点の概念を拡張し、導出した接点の数に関する基本式に整数線形計画法を適用することでサイズの下界を評価している。従来、下界評価の報告例は無く、本論文が最初のものである。

以上のように、本論文は、組み合わせデザインの構築に関して重要な成果を示しており、情報科学、特に組み合わせ最適化問題の理論分野に貢献するところが大きい。よって本論文を学位論文として価値あるものと認める。