

氏名	BOSSARD ANTOINE
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博工甲第744号
学位授与年月日	平成23年9月21日
学府・専攻	工学府 電子情報工学専攻
指導を受けた大学	東京農工大学
学位論文名	Disjoint-path Routing in Hypercubes and their Variants ハイパーキューブと関連位相における互いに素な経路選択

## 論文の内容の要旨

現在のスーパーコンピュータは、数万ノードを結合する超並列システムである。ノード数は、さらに着実に増加しており、将来のスーパーコンピュータは、必ず数百万ノードを利用するであろう。この際、性能を保持するために特別なネットワークの位相を用いて、このように非常に多くのノードを結合することは大変重要である。初期の段階からスーパーコンピュータでは、ノードを結合するために単純なネットワーク位相を利用してきた。例えば、ハイパーキューブ型、メッシュ型、トーラス型、リング型などがよく使われてきた。しかしながら、最新のスーパーコンピュータでは、効率のために単純なネットワーク位相が複雑な高等ネットワーク位相によって置き換えられつつある。これには、連結度の高い相互結合網がよく利用されている。しかし、物理的な制限による実行可能性のために、他の要件を満たす必要もある：例えば、ネットワークの直径などは重要な指標である。

本論文では、ハイパーキューブおよび「完全階層型ハイパーキューブ」といった、それに関連する位相を持つ複数の相互結合網において、いくつかの経路選択アルゴリズムを提案する。このような位相において、ノードとノード集合間の互いに素な経路選択問題やノード集合とノード集合間の互いに素な経路選択問題といった、複数の互いに素な経路選択問題の解法を提案する。ノードとノード集合間の互いに素な経路選択問題は、1個の出発ノードと複数の目的ノードを結ぶ、共通の中間ノードを持たない素な経路をできるだけ多く選択する問題である。ノード集合とノード集合の間の互いに素な経路選択問題は、複数の出発ノードと複数の目的ノードを結ぶ、素な経路を選択する。このような問題を解くために、最短経路選択アルゴリズムや耐故障経路選択アルゴリズムといった、経路選択に関する様々なアルゴリズムの提案や改良を行う。

本論文では、互いに素な経路が鍵となる。非常に多くのノードを含むシステムでは、故障ノードが存在する確率が高くなる。したがって、利用不可能なノードを含まない経路を

見つけるため、互いに素な経路の選択が重要となる。さらに、デッドロックやライブロックの状態を回避するためにも、素な経路の選択が重要となる。実際、各ノードが、高々1本の経路に含まれている場合は、デッドロック状態が起こらない。このように、互いに素な経路を選択するアルゴリズムの開発は非常に重要である。

研究されるネットワーク位相のうち、「完全階層型ハイパーキューブ」と「メタキューブ」は、2階層のハイパーキューブ型構成である。クラスタ（低層）は、ハイパーキューブを構成している。スーパーコンピュータに含まれるクラスタ構造を表現するため、このような階層型の構成を研究するのは重要である。

第1章では、本研究の背景を概説する。現在のスーパーコンピューティングと超並列システム的环境、および本研究の目的を説明する。本研究の重要性が理解されるよう、具体例を用いた解説を行っている。

第2章では、グラフ理論の包括的な定義や表記を示す。また、本研究の環境を理解するため、先行研究による結果の多くを報告する。多くの位相とその経路選択アルゴリズムを紹介する。

第3章では、本論文において研究対象とする相互結合網の正確な定義を導入する。ハイパーキューブ、完全階層型ハイパーキューブ、およびメタキューブを定義する。完全階層型ハイパーキューブやメタキューブは、同じノード数のハイパーキューブと比較して、低い次数と低い直径を持ち、超並列システムの相互結合網として有望である。また、基本経路選択アルゴリズムも示す。例えば、ハイパーキューブにおける最短経路選択アルゴリズムを簡単に紹介する。

第4章では、ハイパーキューブにおけるノードとノード集合間の互いに素な経路選択アルゴリズムを提案する。第5章では、この経路選択アルゴリズムを利用する。

第5章では、完全階層型ハイパーキューブにおけるノードとノード集合間の互いに素な経路選択アルゴリズムを提案する。

第6章では、メタキューブにおけるノードとノード集合間の互いに素な経路選択アルゴリズムを提案する。

第7章では、完全階層型ハイパーキューブにおけるノード集合とノード集合間の互いに素な経路選択アルゴリズムを提案する。

最後に第8章で本稿をまとめる。また、この章は、今後の課題を含む。