

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00093

研究課題名（和文）トーラス結合網における確率的耐リンク故障経路選択手法の確立

研究課題名（英文）A Stochastic Link-fault-tolerant Routing Method in Torus Networks

研究代表者

金子 敬一（Kaneko, Keiichi）

東京農工大学・工学（系）研究科（研究院）・教授

研究者番号：20194904

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究による主要な成果としては、トーラスにおける確率的耐故障経路選択アルゴリズムを提案したことが挙げられる。次に、本研究活動を通じてトーラスの構造を深く理解した結果、 $k$ 進 $n$ 次元トーラスにおけるノード対間の素な経路問題、およびノード集合間の素な経路問題といった未解決問題を、それぞれ $k$ と $n$ の多項式時間で解くアルゴリズムを開発することができた。さらに、確率構造を用いた耐故障経路選択アルゴリズムを他の位相に対して適用した結果、ローカリーツイステッドキューブ、フォールデッドハイパーキューブ、デュアルキューブにおける確率的耐故障経路選択アルゴリズムの開発に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

トーラスにおける耐故障経路選択に関する先行研究では、前処理で故障ノードを包含する凸形状の故障ブロックを確定し、局所的な故障情報を用いるものが主流であったため、多くの非故障ノードが使用不能になる。本研究では、トーラスに適した制限された大域情報を新たに設計して活用するアルゴリズムを開発した。その成果は、独創的であり、画期的である。実験の結果、従来の到達率を大幅に上回る性能を発揮した。トーラスは、並列システムの相互結合網として最も利用されている位相であるため、本研究による成果は、社会の情報インフラに対して大きな意義を持つ。

研究成果の概要（英文）：The main result of this research is the development of the stochastic link-fault-tolerant routing algorithm in torus networks. Next, as a result of deep understanding of the torus structure, we could develop polynomial-time algorithms that can solve the problems such as the pairwise disjoint paths and the set-to-set disjoint paths in tori. Also, we have applied our method to other topologies and obtained stochastic fault-tolerant routing algorithms in locally twisted cubes, folded hypercubes, and dual-cubes.

研究分野：情報工学

キーワード：高信頼システム ディペンダブルコンピューティング

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、逐次計算が性能限界に近付き、並列処理への期待が高まっている。これに伴い、その相互結合網のための位相も数多く提案されている。位相に関する問題は、プロセッサをノード、プロセッサ間のリンクをエッジとして、グラフ理論の問題に帰着可能である。本研究では、相互結合網のための汎用的位相として最も採用されているトーラスを対象とする (図 1 参照)。トーラスは、「京」(Ajima ら 2009)のような超並列計算機から商用サーバに至るまで幅広く使用されており、本研究の成果が与えるインパクトは非常に大きい。

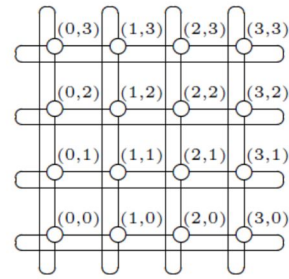


図 1: 4 進 2 次元トーラス

多くのプロセッサやリンクを持つ並列システムでは、故障要素の存在を無視して運用することは困難である。故障発生の際にシステムを停止し、故障要素を修理・交換することは、稼働率の低下を招く。また、予備要素を配置する手法では、その数の推定が難しく、多数の遊休要素が発生したり、予備要素が不足したりする問題点がある。そのため、故障要素の存在を前提としたアルゴリズム、特に耐故障経路選択手法の確立が重要である。すべての故障要素の情報(大域的情報)を集中管理したり、各非故障ノードが保持したりすれば、最適な経路選択が可能となる。しかしながら、付加的なハードウェアのコスト、情報収集・保持のための時間・空間計算量の観点から、このアプローチは実用的でない。逆に、各非故障ノードが近傍の故障要素の情報(局所的情報)だけを使って経路選択しても、高い到達率を達成することができない。そのため、各非故障ノードが、圧縮された故障要素の情報(制限された大域情報)を保持し、耐故障経路選択の際にこれを利用するアプローチが提案されている。トーラスの特殊な形である、ハイパーキューブについては、到達保証性やそれを改良した到達確率といった制限された大域情報を用いる多くの先行研究が存在する。しかしながら、トーラスに対しては、その複雑さが制限された大域情報を用いることを困難にしてきた。

故障ノードを包含する凸形状の故障ブロックを前処理で確定し、局所的情報を使って、これを迂回する手法は、米国の Duato ら(Gomez 2004)、Boppana ら(1995)、Linder ら(1991)などによって、これまでも提案されている。これらの手法では、非故障ノードも故障ブロックに含めて使用不能とってしまうこと、高次元になると故障ブロックが巨大化して使用可能ノード数が著しく低下すること、故障リンクに対応できないこと、が問題であった。また、日本では法政大学の Li(2005)らが、ノードの故障率 30%に対して 90%以上という高い到達率を示す耐故障経路選択手法を提案している。しかしながら、これは、3次元トーラスに特化したものとなっており、故障リンクに対応できないという問題点も持つ。以上のように、現時点では、故障リンクにも対応可能で、なおかつ非故障ノードを使用不能とせず、高い到達率を達成する手法は、未だ見当たらない。

### 2. 研究の目的

本研究では、並列システムの相互結合網として最も使用されている位相であるトーラスを対象に、リンク故障に対して、耐故障性のある経路選択手法を確立することを目的とする。

申請者らは、科研費基盤研究(C)「ケイリーグラフにおける確率的耐故障経路選択手法の開発」(平成 25~27 年度)などを実施し、種々の位相における確率的耐故障経路選択手法に関して多くの知見を得た。その中で、ハイパーキューブにおいて、制限された大域情報を用いる耐リンク故障経路選択手法を確立した。故障プロセッサに対しては、グラフ理論において、対応するノードに接続する全エッジを故障とみなすことで、対応可能である。逆に、故障ノードだけを仮定す

る手法では、故障エッジに適切に対応することはできない。現在では、申請者らの確率的耐故障経路選択手法が世界最高水準の到達率を達成している。先行研究として、ヨルダンの Al-Sadi ら(2001)による確率的手法が有名である。しかし、彼らの手法では確率推定が不正確であり、より正確な確率推定を行う申請者らの手法が大幅な優位性を持つことを計算機実験により示した(図 2 参照)。また、彼らの手法は、ノード故障のみ想定しているのに対し、申請者らの手法は、リンク故障、ノード故障の混在にも対応可能であり、この点においても優れている。申請者らの手法で到達確率を高速に推定するために組合せ数を活用しており、この過程において、本研究の着想に至った。

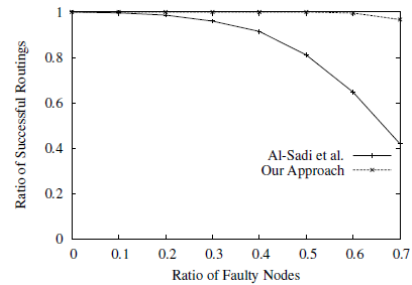


図 2 故障ノード率と到達率

申請者らがハイパーキューブ用に開発した確率的耐故障経路選択手法は、ハイパーキューブに特化して設計されたものである。したがって、そのままではトーラスに適用することはできない。そこで、本研究において、3年間の研究期間内に実現を目指した項目を次に示す。

(a) トーラスの性質を活用可能な制限された大域情報の設計

先行手法を解析し、トーラスに適した制限された大域情報について解明する。

(b) 確率的耐故障経路選択アルゴリズムの開発

制限された大域情報を抽象化して利用可能な耐故障経路選択アルゴリズムを開発する。

(c) 提案手法の拡張による、通信時間を考慮した最適な耐故障経路選択手法への応用

エッジの故障を 0, 1 で表す代わりに、0 から 1 の連続値で表現することで、通信時間の逆数を表すことが可能となり、これを用いて、通信時間に基づく制限された大域情報を設計する。

(d) 代替手法として、位相の再帰性を利用した耐故障経路選択手法の確立

位相の再帰性を利用した確率的耐故障経路選択手法の知見をトーラスに応用して、代替の手法についても確立を目指す。

トーラスにおける耐故障経路選択に関する先行研究では、前処理によって故障ノードを包含する凸形状の故障ブロックを確定し、局所的な故障情報を用いるものが主流である。このため、多くの非故障ノードが使用不能になってしまう。それに対して、今までに得られた知見を集積し、トーラスに適した制限された大域情報を新たに設計し、これを活用するアルゴリズムを開発しようとする**本研究は独創的であり、画期的**である。また、通信時間と耐故障性を統合することによる最適経路選択手法は、まったく新しいアプローチであり、相互結合網における経路選択の研究分野で、**新しい理論的な枠組みを世界に先駆けて構築**することができる。

収集情報を活用して経路選択することで、**従来の到達率を大幅に上回る性能を期待**することができる。トーラスは、並列システムの相互結合網として最も利用されている位相である。このため、**本研究による成果は、社会の情報インフラに対して大きな意義**を持つ。また、通信時間を考慮した耐故障性はすべての位相に応用可能であり、**先行研究すべての見直しにつながるほどの意義**を持つ。

### 3. 研究の方法

本研究では、研究代表者が研究統括・理論創成・手法構築を担当し、研究室の大学院生約 10 名が手法の実現・検証を担当する研究体制で遂行する。平成 29 年度には、トーラスに対する制限された大域情報の設計を目指した。研究開始時点では、目的ノードまでの距離とハミング距離を指標とした到達確率を設計し、これを推定するための漸化式を考案していた。このため、まず、

その有用性を確認した。平成 30 年度以降には、まず、到達確率に基づく耐故障経路選択アルゴリズムの構築を目指した。その有用性が確認できたため、これに引き続いて、計算機実験を実施し、十分な性能評価を行った。

具体的な研究実施の方法について、以下に示す。

**【研究体制】**

本研究では、研究代表者の他に研究代表者の研究室に所属する大学院生 10 名程度を研究協力者として加えた計 10~12 名程度の研究体制で遂行した。研究代表者、研究協力者の主な分担は次の通りであった。

研究代表者：金子...研究統括，理論創成，手法構築

研究協力者：大学院生 10 名程度...手法実現，計算機実験

**【平成 29 年度の計画】**

制限された大域情報の設計

年度前半までに、 $k$  進  $n$  次元トーラス  $T_{k,n}$  に対する確率的耐故障経路選択手法に利用可能な制限された大域情報の開発を目指した。ただし、 $T_{k,n}$  は、 $\{0, 1, \dots, k-1\}^n$  がノード集合であり、2 ノード  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ ,  $b = (b_1, b_2, \dots, b_n)$  間には、距離  $d(a, b) = \sum_{i=1}^n ((a_i - b_i) \bmod k) = 1$  のときに限り、エッジが存在するものとする。そのため、まず、申請者らが開発した  $n$  次元ハイパーキューブ  $Q_n$  における手法を解析した。 $Q_n$  は、 $\{0, 1\}^n$  がノード集合であり、2 ノード  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ ,  $b = (b_1, b_2, \dots, b_n)$  間には、ハミング距離  $H(a, b) = \sum_{i=1}^n (a_i \oplus b_i) = 1$  のときに限り、エッジが存在する(図 3 参照)。ただし、 $(a_i \oplus b_i)$  は、 $a_i$  と  $b_i$  の排他的論理和を表す。

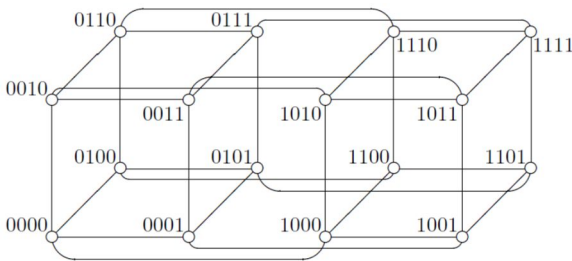


図 3: 4 次元ハイパーキューブ  $Q_4$

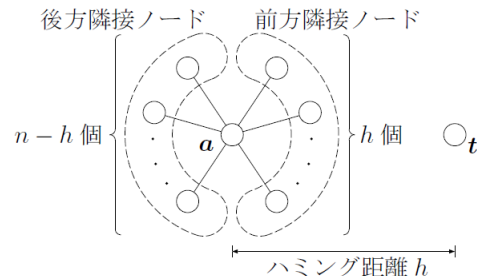


図 4: 前方隣接ノードと後方隣接ノード

申請者らの手法では、各ノード  $a$  で、 $a$  からハミング距離  $h$  に位置する任意のノードに対する到達確率  $P_h(a)$  を計算し、これを隣接ノードと交換することで制限された大域情報を収集する。 $Q_n$  では、ノード  $a$  の隣接ノード集合を  $N(a)$  とすると、その要素数  $|N(a)| = n$  となる。現在ノード  $a$  と目的ノード  $t$  に対して、ハミング距離  $H(a, t)$  が  $h$  となる時、 $N(a)$  のうち、 $t$  へ近づくもの(前方隣接ノード)は  $h$  個あり、 $t$  から遠ざかるもの(後方隣接ノード)は  $(n-h)$  個ある(図 4 参照)。ノード  $a$  は、自分自身に必ず到達できるため、 $P_0(a) = 1$  とし、これを隣接ノード同士で交換する。全隣接ノード  $n \in N(a)$  から  $P_{h-1}(n)$  を受け取った後、ノード  $a$  は、式(1)によって  $P_h(a)$  を計算する。ただし、 $\alpha(a, n)$  は、エッジ  $(a, n)$  が非故障のとき 1, 故障のとき 0 をとる関数とする。

$$P_h(a) = \sum_{\substack{I \subset N(a) \\ |I|=h}} \max_{n \in I} \{ \alpha(a, n) P_{h-1}(n) \} / n C_h \quad (1)$$

ここで、 $\max_{n \in I} \{ \alpha(a, n) P_{h-1}(n) \}$  は、要素数  $h$  の任意の隣接ノード集合  $I$  に対し、その  $I$  によって定まる目的ノードに経路選択する際、 $I$  が含むノードの中で最も到達確率の高いものを選択することを意味する。したがって、式(1)は、 $a$  からハミング距離  $h$  に位置する任意のノード  $t$  に対して、前方隣接ノードのうち最大到達確率を持つものを経路選択するときの、 $a$  から  $t$  への到達確率を示す。各ノードでは、 $h = 0$  から  $n$  に至るまで、交換と計算を反復する。計算機実験を行ったところ、最高性能を示していた Al-Sadi らによる従来手法よりも良い結果となった(図 2 参

照) .

$T_{k,n}$  に対する制限された大域情報として考案していたものは、現在ノード  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  と目的ノード  $t = (t_1, t_2, \dots, t_n)$  との距離  $d$  および  $a_i \neq t_i$  となる  $i$  の数で定義されるハミング距離  $h$  を指標とする到達確率  $P_{h,d}(a)$  であった。  $T_{k,n}$  では、ノード  $a$  に対して、  $|N(a)| = 2n$  となる。 現在ノード  $a$  と目的ノード  $t$  に対して、ハミング距離  $H(a, t)$  が  $h$  となると、  $a$  の前方隣接ノードは  $h$  個ある。  $Q_n$  では、常に  $h = d$  が成り立つため、前方隣接ノードにメッセージを転送すると、  $h$  の値も 1 減る。 しかしながら、  $T_{k,n}$  では、  $h$  の値が 1 減る場合と、変わらない場合がある。 ノード  $a$  から距離  $d$  かつハミング距離  $h$  のノード数は、  ${}_{d-1}C_{h-1}$  個あり、このうち、前方隣接ノード  $n$  にメッセージ転送した結果、ハミング距離が 1 減るものは、  ${}_{d-2}C_{h-2}$  個、不変のものは  ${}_{d-2}C_{h-1}$  個ある。 したがって、  $a$  における到達確率  $P_{h,d}(a)$  ( $h < d$ ) に対する漸化式として次の式(2)を得る:

$$P_{h,d}(a) = \sum_{n \in N(a)} \alpha(a, n) ({}_{d-2}C_{h-2} P_{h-1, d-1}(n) + {}_{d-2}C_{h-1} P_{h, d-1}(n)) / 2n {}_{d-1}C_{h-1} \quad (2)$$

この漸化式は、  $Q_n$  の手法のように最大値を選択するという操作を反映していない。 しかし、第 1 次近似としては有効に働き、先行研究による手法を大きく上回る性能を達成すると予想した。

平成 29 年度には、この漸化式と  $h = d$  のときには、  $Q_n$  に対する漸化式を使用して、制限された大域情報を収集する手法の確立を目指した。 さらに、申請者および研究室所属の大学院生 5 名がこの手法を実現し、簡単な計算機実験により、正しく到達確率を推定していることを確認した。

#### 【平成 30 年度以降の計画】

前年度の結果、十分な有用性を確認することができたので、到達確率を用いた耐故障経路選択アルゴリズムの開発を目指した。 アルゴリズムの実現には、平成 29 年度に大学院 4 名の支援を仰ぎ、平成 30 年度中の完成を目指した。 その後、平成 31 年度前半までには、計算機実験用の環境を構築・稼働させ、さらに、大規模評価実験を実施し、詳細な実行データの収集を目指した。

#### 4. 研究成果

本研究による主要な成果としては、トーラスにおける確率的耐故障経路選択アルゴリズムを提案したことが挙げられる。 次に、本研究活動を通じてトーラスの構造を深く理解した結果、  $k$  進  $n$  次元トーラスにおけるノード対間の素な経路問題、およびノード集合間の素な経路問題といった未解決問題を、それぞれ  $k$  と  $n$  の多項式時間で解くアルゴリズムを開発することができた。 さらに、確率構造を用いた耐故障経路選択アルゴリズムを他の位相に対して適用した結果、ローカリーツイステッドキューブ、フォールデッドハイパーキューブ、デュアルキューブにおける確率的耐故障経路選択アルゴリズムの開発に成功した。

上記以外に、代替の耐故障経路選択アルゴリズム、およびその前段階として、最短経路選択アルゴリズムを様々な位相において開発した。 具体的には、  $n$  次元の有効双射結合グラフにおける素な経路問題を  $n$  の多項式時間で解くアルゴリズムを開発した。 また、デュアルキューブにおける耐故障経路選択アルゴリズムを開発した。  $n$  次元ツイステッドクロストキューブにおける、ノード間の素な経路問題を  $n$  の多項式時間で解くアルゴリズムを開発した。 クロストキューブにおける耐故障経路選択アルゴリズムを開発した。 ハイパースターグラフにおける耐故障経路選択アルゴリズムを開発した。 クロストキューブにおける完全適用的最短経路選択アルゴリズムを開発した。  $n$  次元メビウスキューブにおいて、ノード間およびノード集合間の素な経路問題をそれぞれ  $n$  の多項式時間で解くアルゴリズムを開発した。 スパインドキューブにおける最短経路選択アルゴリズムを開発した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Bui Thi Thuan, Lam Boi Ngoc, and Keiichi Kaneko	4. 巻 74
2. 論文標題 A Stochastic Link-fault-tolerant Routing Algorithm in Folded Hypercubes	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Supercomputing	6. 最初と最後の頁 5539-5557
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11227-018-2456-9	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Antoine Bossard and Keiichi Kaneko	4. 巻 18
2. 論文標題 Torus Pairwise Disjoint-path Routing	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 3912(16p)
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s18113912	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Keiichi Kaneko and Antoine Bossard	4. 巻 7
2. 論文標題 A Set-to-Set Disjoint Paths Routing Algorithm in Tori	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Networking and Computing	6. 最初と最後の頁 173-186
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 David Kocik and Keiichi Kaneko	4. 巻 E100-D
2. 論文標題 Node-to-Node Disjoint Paths Problem in a Mobius Cube	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1837-1843
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transinf.2016EDP7475	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Junsuk Park, Nobuhiro Seki, and Keiichi Kaneko	4. 巻 E100-D
2. 論文標題 Stochastic Fault-tolerant Routing in Dual-Cubes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1920-1921
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2017EDL8046	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yo Nishiyama, Yuko Sasaki, Yuki Hirai, Hironori Nakajo, and Keiichi Kaneko	4. 巻 34
2. 論文標題 Fault-tolerant Routing based on Routing Capabilities in a Hyper-Star Graph	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Information Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 1353-1366
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.6688/JISE.201811_34(6).0001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 KANEKO Keiichi	4. 巻 E103.D
2. 論文標題 Node-Disjoint Paths Problems in Directed Bijective Connection Graphs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 93~100
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transinf.2019EDP7197	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Seiya Kuramochi, Yu-on Chatchakan, Kousuke Mouri, and Keiichi Kaneko
2. 発表標題 Stochastic Link-fault-tolerant Routing in a Torus
3. 学会等名 The 15th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kaito Satoh, Kousuke Mouri, and Keiichi Kaneko
2. 発表標題 A Fully Adaptive Minimal Routing Algorithm in a Crossed Cube
3. 学会等名 The 2018 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Antoine Bossard and Keiichi Kaneko
2. 発表標題 On the Torus Pairwise Disjoint-path Routing Problem
3. 学会等名 The 18th IEEE International Conference on Computer and Information Technology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Antoine Bossard, Keiichi Kaneko and Frederick C. Harris Jr.
2. 発表標題 On the Crossing Number of Tori
3. 学会等名 The Fourth International Conference on Electronics and Software Science (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroki Nagashima, Mouri Kousuke, and Keiichi Kaneko
2. 発表標題 Node-to-node Disjoint Paths in Twisted Crossed Cubes
3. 学会等名 The 10th International Conference on Advances in Information Technology (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Koji Otake, Kousuke Mouri, and Keiichi Kaneko
2. 発表標題 Fault-tolerant Routing Methods in Crossed Cubes
3. 学会等名 The 10th International Conference on Advances in Information Technology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Ngoc Boi Lam and Keiichi Kaneko
2. 発表標題 Link-fault-tolerant Routing in Folded Hypercube using Directed Routing Probability
3. 学会等名 The 2017 Sixth ICT International Student Project Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yudai Takano and Keiichi Kaneko
2. 発表標題 Stochastic Fault-tolerant Routing in Locally Twisted Cubes
3. 学会等名 The 2017 Sixth ICT International Student Project Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kaito Satoh, Keiichi Kaneko, Thi Hong Hanh Phan, and Thi Thanh Binh Huynh
2. 発表標題 Shortest-path Routing in Spined Cubes
3. 学会等名 The 2017 Sixth ICT International Student Project Conference (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keiichi Kaneko
2. 発表標題 An Algorithm for Set-to-Set Disjoint Paths Problem in a Mobius Cube
3. 学会等名 The 2017 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Nobuhiro Seki, Kousuke Mouri, and Keiichi Kaneko
2. 発表標題 Fault-tolerant Routing based on Fault Information of Cross-edges in Dual-cubes
3. 学会等名 The 2019 International Conference on Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考