

令和 4 年 6 月 24 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04908

研究課題名(和文) 多次元多状態に拡張した多目的ネットワークの統一的最適設計方法の研究

研究課題名(英文) Optimal Design Method for the Multi-Objective Network Systems with Extending to the Multi-Dimension and Multi-State Systems

研究代表者

秋葉 知昭 (Akiba, Tomoaki)

千葉工業大学・社会システム科学部・教授

研究者番号：60505767

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の主要成果は次の4点である。(1)二分割したネットワークの最適な連結構造を見つけるアルゴリズムの提案を行った。(2)解の疎密範囲の関係を考慮したGAによるパレート最適解導出効率化方法の提案により、ノード数が増加してもリーズナブルな計算時間で解の導出が可能となった。(3)ネットワーク流量を考慮したパレート最適解導出効率化方法の提案により、流量を確保して総合コストの小さな経路と流量配分を見つけるアルゴリズムを提案した。(4)拡張連続型k-システムとその関連システムにおける最適設計方法の提案により、システム最適設計の一種であるコンポーネント最適配置の必要条件の提案と高速アルゴリズムを提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

多様な多目的ネットワークの統一的な最適設計方法提案のためには、計算困難であるネットワーク信頼度算出問題の改善と、多目的ネットワーク最適化問題の効率的解法提案の両面からの取り組みが必要である。本研究の成果により、それぞれの課題の効率化が図られた。その結果、従来では計算困難な中規模のネットワークのパレート最適解導出が可能となった。この成果は大規模・複雑化した現代のネットワークシステムにおいて最適化を図る問題の解法の一助となると考える。

研究成果の概要(英文)：The main results are follows.

(1) We proposed an algorithm for obtaining solution for the topological optimization problem of separate subsystems. (2) Our proposed efficient method for obtaining Pareto solutions by GA that takes into account the relationship between the sparse and dense ranges of solutions has made it possible to solutions in reasonable computation time even when the number of node is increasing. (3) Obtaining method for Pareto solution considering the network flow was proposed to find the route and flow distribution with the smallest total cost by securing the flow rate. (4) Proposed an optimal design method for extended consecutive k-systems and its related systems, and proposed a necessary condition and a fast algorithm for optimal component assignment, which is a kind of system optimal design.

研究分野：信頼性工学, オペレーションズリサーチ

キーワード：多状態ネットワークシステム 積層ネットワーク 多次元・多状態ネットワーク 最適設計 パレート最適

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

複数の情報を活用し、合理的な意思決定を行う問題を定式化する方法の一つとして、ネットワーク構造を考慮したモデルを用いる方法がある。特に大規模・複雑化した現代のシステムにおいて最適化を図る問題、例えば、様々な付加情報を考慮したナビゲーションシステムのルート案内問題や、様々なプロトコルの協調伝送を考慮した情報ネットワークにおける最適ルーティング問題、迅速な情報交換のできる生産情報システムにおける生産物流スケジューリング問題などは、ネットワーク設計問題として定式化できる[A1]。本研究では、エッジやノードが有する複数の情報を目的関数として表したネットワークを**多目的ネットワーク**に注目する。

多目的ネットワークにおける最適解導出問題は、例えば CO<sub>2</sub> 排出量と移動コストを同時に最小とするルート案内問題のように、複数の目的関数を各々最大または最小にする多目的最適化問題であり、競合する全ての目的関数が同時に最適となる解（完全最適解とも呼ばれる[A2]）は一般的に存在せず、**パレート最適解**（Pareto Optimal Solution）を求める必要がある。しかし、多目的ネットワークのパレート最適解導出はノード数や目的関数の増加に伴い計算量が増大し、計算困難になることが知られている。研究背景として問題をより現実的なシステム運用問題に適用するために、**多状態や従属性**を考慮したネットワーク（以降“**多様な多目的ネットワーク**”）の新たな最適解の厳密解導出方法に取り組む必要性を考えた。従来研究には複雑な多目的最適化問題に対してシミュレーションや多目的 GA(MOGA)等のメタヒューリスティクスによる近似解法の提案が多い[A1 他]が、近似解法の頑強性を評価するために小規模な場合の厳密解との比較が用いられるため、厳密解導出方法は新たな近似解法の提案と評価にも有用である。しかし計算量の更なる増大が予想されるため、計算効率化を図る新たなアイデアが必要であった。

[A1] ネットワークモデルと多目的 GA, 玄光男・林林, 共立出版, 2008

[A2] 多目的線形計画法, 坂和正敏, 線形システムの最適化, 森北出版, 1984

### 2. 研究の目的

本研究は多目的ネットワークのパレート最適解導出問題に注目し、a) 全ノードを連結する全点間信頼度を考慮した場合のパレート最適解導出の効率化を検討し、小中規模なシステムにおいて各目的関数値の関係を活用した解探索空間制約方法提案に加え、全点間信頼度を高めるノードとエッジの連結関係を検討する。また b) 2 点間を連結する多目的ネットワークの最適経路導出効率化として、パレートフロントを構成する基準経路の導出による効果的な解探索空間制約方法の提案により、パレート最適解導出の効率化に取り組む。

併せて、多目的ネットワークシステムの特別な場合の一つとして、“**拡張連続型  $k$ -システム**”（“ある一定範囲内”に集中して故障（稼働）が生じた場合にシステム故障（稼働）が生起するシステムにおいて多次元もしくは複数状態を考慮したシステムの総称）の効率的な評価指標の算出アルゴリズムの提案と、それに基づく最適設計の提案に取り組む。連続型  $k$ -システムがネットワークの一種であることに注目すると、多状態連続型  $k$ -システムの最適配置導出の際に得られた知見を、多様な多目的ネットワークの最適解導出問題に応用可能と考えられる。特に多状態ネットワークの問題と似た性質を持つシステムである“**多状態連続型  $k$ -システム**”と“**多次元連続型  $k$ -システム**”の研究を進め、システム内のコンポーネント配置を信頼度（もしくはシステム状態確率分布の期待値）が最大となる最適配置問題の効率的解法の提案を行う。

### 3. 研究の方法

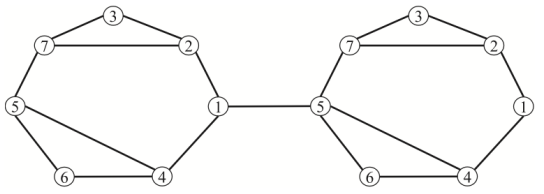
本研究は多様な多目的ネットワークの統一的な最適設計方法提案の準備段階の研究と位置付け、多目的ネットワークにおける部分ネットワークの最適解と全体ネットワークの最適解の関係や、対象問題でパレート最適解の疎密範囲等を精査し、(1)ネットワークの連結構造を活用した中規模以上の多目的ネットワークのパレート最適解導出効率化、及び、(2)パレート最適解の疎密範囲の関係を考慮した  $k$  点間を連結する中規模以上の多目的ネットワーク問題のパレート最適解の導出方法提案を考える。更に(3)複数のエッジ・ノードの状態とネットワーク状態の生起を考慮した**多状態ネットワークの評価に適用される評価尺度と最適解導出方法の提案**、(4)通信負荷に応じて帯域制限を調整する情報通信ネットワークのように、各エッジが持つ目的関数値が連結ノードもしくは連結エッジの状態に依存して変化する**従属な多目的ネットワークの評価尺度と最適解導出方法提案**を考える。以上の成果を踏まえ、(5)対象問題におけるパレート最適解の集中・過疎範囲を考慮することで、**多様な多目的ネットワークの統一的な最適解導出方法の提案**を考える。

### 4. 研究成果

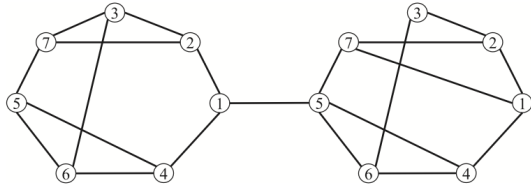
本研究であらためて関連研究を調査した結果を含め、成果として得られた結果は以下の 5 つに大別される。

#### (1) 部分ネットワークの連結構造の特徴によるパレート最適解導出効率化方法の提案

本研究の全体的アプローチは全点間信頼度と全体の構築・運用コストを考慮した課題であり、ネットワークシステムの全点間信頼度を第 1 目的関数、構築コストを第 2 目的関数とした 2 目的ネットワークの最適設計に注目している。この問題は多目的最適化問題の一つであり、全点間



Optimal topology in the case of  $n = 14, s = 2,$  and  $P = 0.85.$



Optimal topology in the case of  $n = 14, s = 2,$  and  $P = 0.95.$

図 1 確率の違いによる最適トポロジーの違い

解を求め、ネットワーク全体を構成する際の部分ネットワーク間の連結構造に基づいて全点間信頼度制約付き構築コスト最小化問題の解法に取り組んだ (図 1). 特にネットワークを二分した部分ネットワークと、部分ネットワーク間を 1 本のエッジで連結した構造の形状で表されるネットワークの場合に、最適な連結構造を見つける動的計画法によるアルゴリズムの提案と評価を行った. 上記内容を雑誌論文 1 件, 学会発表 1 件で報告している. (雑誌論文 4, 学会発表 15)

## (2) パレート最適解の疎密範囲の関係を考慮したメタヒューリスティクスによるパレート最適解導出効率化方法の提案

(1) で説明した通り、2 目的ネットワークの最適設計問題は計算困難な課題である. 本研究では多目的最適化問題のリーズナブルな解法として有用なメタヒューリスティクス (遺伝的アルゴリズムなど) を本問題に適用し、準パレート最適解導出方法提案を行い、より規模の大きなネットワークシステムにおける  $k$  点間を連結する多目的ネットワーク問題のパレート最適解の導出方法の計算効率化の研究を行った.

メタヒューリスティクスとして遺伝的アルゴリズム(GA)に注目した際に、目的関数とパレート最適解の疎密範囲の関係を考慮した効率化を考え、図 2 に示すようなパレートフロント (パレート最適解により描かれる解集合の境界線) に対する複数の探索空間制限方法を用いることで、計算可能なネットワークの規模の拡大と、より厳密解に近い準最適解の導出を図った. この探索空間制限は遺伝的アルゴリズムの「個体選択(Selection)」の操作に適用している. しかし、本研究テーマである多目的ネットワークの問題に対して GA の手法の違いによる差異は数値依存であることが予測できる. そのため本研究では複数の探索空間制限方法の提案と、その方法による解の発見率を評価し、エッジの付与された情報と探索空間制限方法の有効性の検証を行った.

同時に、GA による世代交代を進める際に、事前に生成された個体情報を記憶し、それを次世代の個体の評価の際に活用するアプローチにも挑戦することで計算を効率化している.

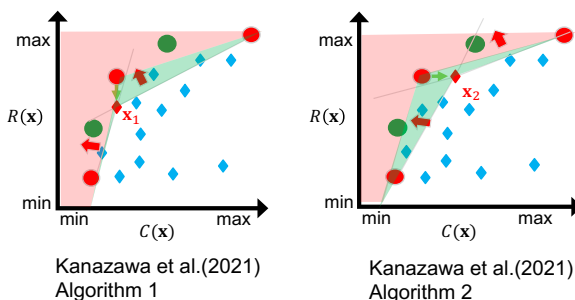
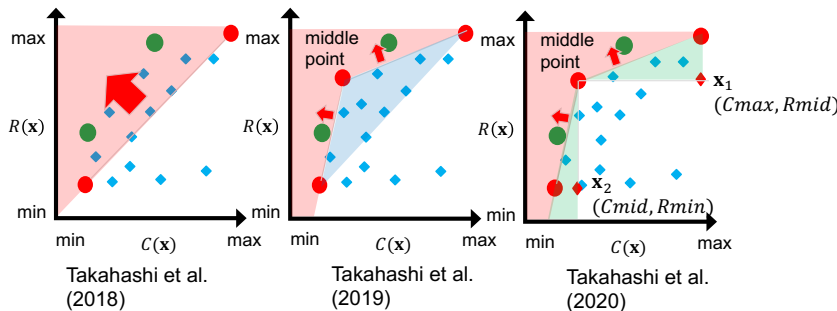


図 2 本研究で提案した解探索空間削減方法

信頼度がネットワークのエッジ数増大に伴い計算困難である点に加え、エッジ数とノード数が増加するにつれて状態の組み合わせが指数的に増大し、極めて計算困難な課題になる. しかし、より規模の大きなネットワークシステムを想定した場合には、信頼度がネットワークのエッジ数増大に伴い計算困難である点が問題となる.

社会に存在するネットワークは連結構造 (ネットワークトポロジー) が制約されている場合が多い. そこで、ネットワークの連結構造に注目することで中規模以上の多目的ネットワークのパレート最適解導出効率化を提案した.

ネットワーク全体を部分ネットワーク (ネットワークの一部を切り取った小さなネットワークシステム) に分解して、部分ネットワークの最適解導出を小問題として

その結果、従来手法ではノード数 6 (エッジ数 15 本) の場合のパレート最適解導出がリーズナブルな計算時間内では限界であったところに対して、準パレート最適である (厳密なパレート最適の保証がない) 解ではあるものの、ノード数 9 (エッジ数 36 本) の規模でもリーズナブルな計算時間でパレートフロントを構成する解の導出が可能となった. 上記内容

導出が可能となった. 上記内容

を学会発表 8 件で報告している。(学会発表 1,3,4,5,6,12,13,16)

### (3) ネットワーク流量を考慮したパレート最適解導出効率化方法の提案

2 目的ネットワークの最適設計問題にはネットワーク内の流量とコストに注目した問題もある。本研究ではこの問題の一種である最小費用流問題に注目した。この提案はより規模の大きなネットワークシステムにおける  $k$  点間を連結する多目的ネットワーク問題のパレート最適解の導出方法の計算効率化の一助となる。本研究では従来提案のアルゴリズムの改善提案を行い、2 点間の流量を確保しつつ、総合コストの小さな経路と流量配分を見つけるアルゴリズムを提案した。上記内容を学会発表 2 件で報告している。(学会発表 10,17)

### (4) 拡張連続型 $k$ -システムとその関連システムにおける最適設計方法の提案

拡張連続型  $k$ -システムはネットワークシステムの特異な条件のシステムであり、連結構造、並びに、システム故障が生起する条件が「ある形状」で同じように表される場合である。この構造に注目することで、1980 年代以降、システム信頼度、並びに、最適設計問題の効率的な解法が提案されている。

本研究において、連続  $k$ -システムとその関連システムにおける最適設計方法が役立つと考えて取り組んだ。これは将来的な多状態ネットワークの評価に適用される評価尺度と最適解導出方法の提案と、各エッジが持つ目的関数値が連結ノードもしくは連結エッジの状態に依存して変化する従属な多目的ネットワークの評価尺度と最適解導出方法提案において有用と考えたためである。本研究の結果、2次元に拡張した連続  $k$ -システムと、構成コンポーネントが複数の状態をもつ連続  $k$ -システムにおいて、システム最適設計の一種であるコンポーネント最適配置の必要条件の提案と、最適配置を高速に求められるアルゴリズムを提案した。上記内容を論文 2 件、学会発表 7 件で報告している。(雑誌論文 1,5, 学会発表 2,7,8,9,11,14,18)

### (5) 連続 $k$ -システムとその関連システムの調査研究報告

連続  $k$ -システムについてこれまでの研究を調査整理した。その結果をシステムの定義、信頼度計算問題の解法、最適設計問題としての最適配置問題と最適保全政策問題の解法を整理し、調査研究報告としてまとめた。上記内容を論文 3 件として報告している。(雑誌論文 2,3,6)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

|   |                       |
|---|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Taishin Nakamura, Hisashi Yamamoto, Tomoaki Akiba   | 4. 巻<br>4             |
| 2. 論文標題<br>On The Necessary Conditions for Optimal Arrangement in A Circular Connected-(1,2)-or-(2,1)-out-of-(2,n):F System | 5. 発行年<br>2022年       |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Japan Industrial Management Association  | 6. 最初と最後の頁<br>295-303 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.11221/jima.72.295  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-             |
| 1. 著者名<br>山本 久志, 秋葉 知昭, 中村 太信, 周 蕾  | 4. 巻<br>14            |
| 2. 論文標題<br>システムの信頼度評価と最適設計 連続型k-システムを例として   | 5. 発行年<br>2021年       |
| 3. 雑誌名<br>電子情報通信学会 基礎・境界ソサイエティ  | 6. 最初と最後の頁<br>287-296 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/essfr.14.4_287  | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-             |
| 1. 著者名<br>山本久志、秋葉知昭、中村太信  | 4. 巻<br>30            |
| 2. 論文標題<br>連続型k-システムの過去、現在、未来   | 5. 発行年<br>2020年       |
| 3. 雑誌名<br>経営システム  | 6. 最初と最後の頁<br>193-198 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし  | 査読の有無<br>無            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-             |
| 1. 著者名<br>MURASHIMA Yoshihiro, NAKAMURA Taishin, YAMAMOTO Hisashi, XIAO Xiao  | 4. 巻<br>E104.A        |
| 2. 論文標題<br>Topological Optimization Problem for a Network System with Separate Subsystems                                   | 5. 発行年<br>2021年       |
| 3. 雑誌名<br>IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences                           | 6. 最初と最後の頁<br>797-804 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1587/transfun.2020EAP1066  | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難  | 国際共著<br>-             |

|  |                        |
|--|------------------------|
| 1. 著者名<br>Taishin Nakamura, Hisashi Yamamoto, and Tomoaki Akiba  | 4. 巻<br>-              |
| 2. 論文標題<br>Reliability of a Toroidal Connected-(r,s)-out-of-(m,n):F Lattice System                                       | 5. 発行年<br>2020年        |
| 3. 雑誌名<br>Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part 0: Journal of Risk and Reliability (Early Access) | 6. 最初と最後の頁<br>10 pages |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1109/TR.2019.2925142  | 査読の有無<br>有             |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難   | 国際共著<br>-              |

|  |                    |
|--|--------------------|
| 1. 著者名<br>Tomoaki Akiba <sup>1</sup> , Taishin Nakamura, Xiao Xiao and Hisashi Yamamoto                              | 4. 巻<br>-          |
| 2. 論文標題<br>Evaluation Methods for Reliability of Consecutive-k System, in Systems Engineering                        | 5. 発行年<br>2019年    |
| 3. 雑誌名<br>Reliability Analysis using k-out-of-n Structures, Mangey Ram and Tadashi Dohi (eds.) ,Chapter 1, CRC Press | 6. 最初と最後の頁<br>1-24 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし   | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難   | 国際共著<br>-          |

〔学会発表〕 計18件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件)

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>金澤悠璃, 秋葉知昭, 高橋奈津美                          |
| 2. 発表標題<br>全点間信頼性を考慮した二目的ネットワーク問題のパレート最適解の解探索空間削減法の検証 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会信頼性(R)研究会                          |
| 4. 発表年<br>2021年                                       |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>中村太信, 秋葉知昭, 山本久志                                 |
| 2. 発表標題<br>隣接三角形格子システムに対する信頼度算出問題 ~ 再帰方程式とマルコフ連鎖を用いた方法の比較 ~ |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会信頼性(R)研究会                                |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Natsumi Takahashi, Shao-Chin Sung, Tomoaki Akiba, Tetsushi Yuge                             |
| 2. 発表標題<br>Genetic Algorithm Approach with Network Configuration for Bi-objective Network Optimization |
| 3. 学会等名<br>31st European Safety and Reliability Conference (国際学会)                                      |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Yuri Kanazawa, Natsumi Takahashi, Tomoaki Akiba   |
| 2. 発表標題<br>Search Space Restrictiion of Genetic Algorithm for Pareto Solutions of Bi-Objective Network |
| 3. 学会等名<br>Reliability and Maintenance Engineering Summit 2021 (国際学会)                                  |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>金澤悠璃, 高橋奈津美, 秋葉知昭                        |
| 2. 発表標題<br>遺伝的アルゴリズムを用いた2目的ネットワークの準パレート最適解の導出方法の新提案 |
| 3. 学会等名<br>2021年度日本経営工学会春季研究大会                      |
| 4. 発表年<br>2021年                                     |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Natsumi Takahashi, Tomoaki Akiba, Hisashi Yamamoto, Shao-Chin Sung  |
| 2. 発表標題<br>Bi-objective Optimization of Network Reliability by Genetic Algorithm   |
| 3. 学会等名<br>2020 Asia-Pacific International Symposium on Advanced Reliability and Maintenance Modeling (APARM2020) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Taishin Nakamura, Sawa Murata, Hisashi Yamamoto   |
| 2. 発表標題<br>Algorithm for Finding the Optimal Arrangement of Consecutive-k-out-of-n:F Systems with Multiple Types of Components |
| 3. 学会等名<br>2020 Asia-Pacific International Symposium on Advanced Reliability and Maintenance Modeling (APARM2020) (国際学会)       |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>須井教大, 山本久志, 中村太信, 秋葉知昭, 新里隆                                 |
| 2. 発表標題<br>長方形型Connected-(1,2)-or-(2,1)-out-of-(2,n):F システムの最適配置に関する研究 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 信頼性研究会(R)  |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>本間一新, 山本久志, 中村太信  |
| 2. 発表標題<br>Birnbbaum重要度と最適配置の必要条件に基づいたACOによるLinear-Consecutive-k-out-of-n:Fシステムの最適配置探索アルゴリズム |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 信頼性研究会(R)  |
| 4. 発表年<br>2020年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Tomoaki Akiba and Natsumi Takahashi   |
| 2. 発表標題<br>Evaluation for the Quasi-Optimization Algorithm of Minimum Cost-Flow Problem Using Iterative Deepening Depth-First Search |
| 3. 学会等名<br>The 20th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems (APIEMS 2019) (国際学会)                                  |
| 4. 発表年<br>2019年  |



|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Taishin Nakamura, Hisashi Yamamoto, Tomoaki Akiba and Koji Shingyochi                        |
| 2. 発表標題<br>Algorithm for the Component Assignment Problem in Redundant Consecutive-k-out-of-n:F Systems |
| 3. 学会等名<br>The 20th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems (APIEMS 2019) (国際学会)     |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Nastumi Takahashi, Shao-Chin Sung, Tomoaki Akiba and Hisashi Yamamoto                             |
| 2. 発表標題<br>Optimal Design of Bi-objective Reliable Network Using Genetic Algorithm                           |
| 3. 学会等名<br>Proceedings of the 22nd Czech-Japan Seminar on Data Analysis and Decision Making (CJS2019) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Nastumi Takahashi, Tomoaki Akiba and Hisashi Yamamoto  |
| 2. 発表標題<br>Improvement Ideas of GA-Based Algorithm for Obtaining Quasi-Pareto Solutions of Bi-Objective Networks  |
| 3. 学会等名<br>Proceedings of the 25th ISSAT International Conference on Reliability and Quality in Design (ISSAT RQD2019), pp.122-126, Hollywood(USA) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Taishin Nakamura, Ken Kudo, Hisashi Yamamoto and Tomoaki Akiba                             |
| 2. 発表標題<br>On the Optimal Arrangement of Multi-state Consecutive-k-out-of-5:F System                  |
| 3. 学会等名<br>The 11th International Conference on Mathematical Methods in Reliability (MMR 2019) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>村島慶洋, 山本 久志, 中村太信, 肖 霄       |
| 2. 発表標題<br>信頼度制約付き分割ネットワークシステムの設計に関する研究 |
| 3. 学会等名<br>第10回横幹連合コンファレンス              |
| 4. 発表年<br>2019年                         |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>高橋奈津美, 秋葉知昭, 山本久志, 新里 隆           |
| 2. 発表標題<br>遺伝的アルゴリズムによる信頼度を考慮した2目的ネットワークの設計法 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 信頼性研究会                   |
| 4. 発表年<br>2019年                              |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>秋葉知昭, 高橋奈津美, 山本久志         |
| 2. 発表標題<br>反復深化深さ優先探索を用いた最小費用流問題解法評価 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 信頼性研究会           |
| 4. 発表年<br>2019年                      |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>中村太信, 山本久志, 秋葉知昭                                    |
| 2. 発表標題<br>トーラス型connected-(r,s)-out-of-(m,n):Fシステムのシステム信頼度算出方法 |
| 3. 学会等名<br>電子情報通信学会 信頼性研究会                                     |
| 4. 発表年<br>2019年  |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

|           | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)                           | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)  | 備考                            |
|-----------|---|--|-------------------------------|
| 研究<br>分担者 | 山本 久志<br><br>(Yamamoto Hisashi)<br><br>(60231677)   | 東京都立大学・システムデザイン研究科・名誉教授<br><br><br>(22604)                               | 2021年度まで東京都立大学教授，2022年4月より現職名 |
| 研究<br>分担者 | 高橋 奈津美<br><br>(Takahashi Natsumi)<br><br>(60780319) | 防衛大学校（総合教育学群、人文社会科学群、応用科学群、電気情報学群及びシステム工学群）・電気情報学群・講師<br><br><br>(82723) |                               |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
|---------|---------|