

令和 3 年 5 月 31 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K05347

研究課題名（和文）指定した成分数の2-因子とハミルトン閉路の差

研究課題名（英文）A study on the difference between Hamilton cycles and 2-factors with a prescribed number of cycles

研究代表者

千葉 周也（CHIBA, Shuya）

熊本大学・大学院先端科学研究部（工）・教授

研究者番号：80579764

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ハミルトン閉路と指定された成分数を持つ2-因子の差をそれらの存在性を保証する十分条件の観点から考察することで、両者間の関係性を明らかにした。特に、指定された成分数を持つ2-因子に対する位数、連結度および独立数に関する次数条件を与えることに成功し、ハミルトン閉路に関する既存の結果の改良と成分数指定の2-因子問題を解決するための新たなアプローチを提供した。また、特定のグラフクラスにおけるより良い十分条件や、指定された成分数を持つ2-因子をさらに一般化した構造に対する十分条件を与えることで、当該研究分野を進展させた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

与えられたグラフのハミルトン性を決定する問題は巡回セールスマン問題との関わりからグラフ理論のみならず、組合せ最適化、計算複雑性理論や情報理論など、幅広い分野において重要なものとなっている。本研究では、ハミルトン閉路の一般化となる構造である指定された成分数を持つ2-因子に焦点を当て、その存在性に対する十分条件の改良やハミルトン閉路から指定された成分数を持つ2-因子を構成する方法を与えた。本研究成果はグラフ上のより良い構造を探索するアルゴリズムの考察と構築に繋がるものであり、理論と応用の両面においてハミルトン閉路問題と2-因子問題の研究に対する新たな知見を与えている。

研究成果の概要（英文）：In this research, we focused on the study concerning the difference between Hamilton cycles and 2-factors with a prescribed number of cycles in terms of sufficient conditions. In particular, we gave degree conditions on the order, the connectivity and the independence number for 2-factors with a prescribed number of cycles, and we provided a new improvement of the known results and a new approach toward the 2-factor problem. Moreover, we made progress in this research area by finding better sufficient conditions in some particular graph classes and considering generalizations of a 2-factor with a prescribed number of cycles.

研究分野：グラフ理論

キーワード：2-因子 ハミルトン閉路 道因子 コード付き閉路 次数条件 連結度 独立数

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

グラフのすべての頂点を通る閉路(つまり全域閉路)をハミルトン閉路と呼ぶ。与えられたグラフのハミルトン性を決定する問題(ハミルトン閉路問題)は巡回セールスマン問題との関わりからグラフ理論のみならず、例えば、組合せ最適化、計算複雑性理論や情報理論など、幅広い分野において重要なものとなっている。しかしながら、その決定問題は NP 完全のクラスに属することが知られており、組合せ論的には“難しい”問題の1つである。そのため、「ハミルトン性に対する十分条件に関する研究」がグラフ理論における研究の中心の1つとなっている。特に、その研究は以下の2つの方向性から発展してきた。

- (1) ハミルトン閉路の存在性に対する“より良い”十分条件
- (2) ハミルトン閉路を“緩和”した構造の存在性

例えば、1960年のOreによる「位数  $n \geq 3$  のグラフの任意の非隣接2頂点次数和が  $n$  以上ならば、そのグラフにはハミルトン閉路が存在する」という結果はグラフ理論における古典的で有名な定理の1つであり、この定理を動機付けとした(1)に関する研究が数多く存在する。特に、下記は現在までに考察されてきた十分条件の代表例である。

- 非隣接2頂点次数和に関する条件(Ore型条件)
- 独立数と連結度の関係性に関する条件(Chvatal-Erdos型条件)
- 独立集合の平均次数に関する条件(Bondy型条件)
- 独立集合内の2頂点次数和に関する条件(Yamashita型条件)

一方、上記(2)の例として、2-因子に関する研究が挙げられる。2-因子とは、各成分が閉路である全域部分グラフのことである。従って、ハミルトン閉路は“成分数1”の2-因子となる。ハミルトン閉路問題とは対照的に、2-因子の存在性に対しては必要十分条件が知られており(Tutte 1952)、マッチング問題に帰着することで高速に求めることができる。従って、両者間のより厳密な境界を調べるために、特定の制約を付加した2-因子に対する研究が盛んに行われている。その代表例が「指定された成分数を持つ2-因子に関する研究」である。しかしながら、各自然数  $k$  に対して、成分数  $k$  の2-因子問題はNP困難のクラスに属することが知られている。従って、ハミルトン閉路の場合と同様に“より良い”十分条件に関する研究が中心の1つとなっている。特に、1997年のBrandt et al.による「Oreの定理の次数条件は指定された成分数を持つ2-因子の存在性をも保証する」という結果は2-因子に対するOre型条件の研究を大きく動かした。実際、この定理を動機付けとして、“指定された頂点(または辺)を通る2-因子”等の種々のタイプに対する に関する結果が数多く示されている。

しかしながら、ハミルトン閉路の場合とは異なり、指定された成分数を持つ2-因子の場合においては、上記で述べた②～④に関する結果がほとんど知られていなかった。その原因はグラフの独立数と連結度による“2因子の成分数のコントロール”の難しさにあった。特に、ハミルトン閉路に対する証明手法を成分数が複数の場合に適用する方法が明らかになっていなかった。

### 2. 研究の目的

「1. 研究開始当初の背景」で述べたように、「指定された成分数を持つ2-因子に関する研究」ではOre型条件以外の次数条件に関する結果がほとんど知られていない。そこで、本研究ではハミルトン閉路の存在性に対する上記①～④の代表的な条件が、指定された成分数を持つ2-因子の存在性においてどのような役割を果たし、どのような影響を与えるのかを詳細に解析することにより、「指定された成分数を持つ2-因子」と「ハミルトン閉路」の“差”を十分条件の観点から明確にすることを目標とした。その解析を通して成分数指定の2-因子問題に対する新たな証明手法の確立と、成分数指定の2-因子問題ならびにそれに類似する問題を肯定的に解決することで、当該研究分野を大きく進展させることを目的とした。

### 3. 研究の方法

まず始めに、グラフの閉路問題において有用な手法である区間交換論法の利用法の見直しを図った。区間交換論法とは、閉路上のある区間をその閉路に属さないものに(繰り返し)置き換えることで、所望の性質を満たす閉路を構成する方法である。グラフ上の  $k$  個の点素な(頂点を互いに共有しない)閉路のうちどれか1つの閉路を、閉路外の成分の近傍によって  $k$  に依存する個数の区間に分割し、その区間内の頂点と閉路外の頂点の隣接関係ならびに残りの閉路内の頂点との隣接関係を調べることで、成分数  $k$  の2-因子の存在性に対する独立数と連結度の関

係性を調べた。次に、その考察から得られる区間交換論法の新たな利用法に対する理論的枠組みを構築し、成分数  $k$  の 2-因子の存在性に対する②～④の条件について考察した。

次に、さらに制約が付加された成分数  $k$  の 2-因子(より強い性質を満たす 2-因子)に焦点を当てることで、上記の研究で構築した理論的枠組みの利用の幅を調べた。特に、本研究では追加の制約として、各閉路に指定された本数のコード(閉路上の 2 頂点を結ぶ閉路上以外の辺)を見出すことにした。また、グラフクラスを制限した場合の成分数  $k$  の 2-因子の存在性や閉路を弱めた構造の存在性、ならびに特殊ケースであるハミルトン閉路の存在性についても考察することで本研究を推進した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 指定された成分数を持つ 2-因子に対する次数条件

1997 年の Brandt et al.による結果 (J. Graph Theory, 1997) を Yamashita 型の条件に改良することに成功した。特に、グラフの連結度と指定された成分数に依存する大きさの独立集合に次数条件を課すと、区間交換論法を用いることで所望の性質を満たす閉路を構成できることが明らかとなった。また、この結果から成分数  $k$  の 2-因子に対する Chvatal-Erdos 型条件と Bondy 型条件を与えることにも成功した。

##### (2) 点素な閉路・道の存在性に対する次数条件のサーベイ調査

2000 年代初頭から現在までにかけて発表されてきた「点素な閉路・道の存在性に対する次数条件」の結果をサーベイ調査することで、既存の定理の関係性を明らかにすることに成功した。特に、(i) 指定された成分数を持つ 2-因子と葉数が制限された全域木、(ii) 有向ハミルトン閉路と指定された成分数および指定された端点をもつ道因子、(iii) 有向 2-因子と二部グラフ上の 2-因子、等の関係性に注目することで本研究課題に関する結果の意味や重要性を明確にした。

##### (3) 指定された成分数を持つ 2-因子の一般化に対する次数条件

区間交換論法による閉路の構成法と非交差コードによる閉路の分割法を用いることで、Ore 条件が、成分数  $k$  の 2-因子で各閉路が指定された本数のコードを持つ(コード付き閉路となる) 2-因子の存在性を保証することを示した。これにより、Ore 条件は完全グラフの緩和構造への分割という非常に強い構造の存在性を保証することが明らかとなり、Ore の定理とグラフの染色数の間の新たな関係性を見出すことに成功した。

##### (4) ライングラフ上の指定された成分数を持つ 2-因子に対する連結度条件

(3) の研究における非交差コードを非交差道に一般化した議論を用いることで、位数の十分大きい最小次数 6 以上のライングラフ上において、ハミルトン閉路から指定された成分数を持つ 2-因子を構成する方法を示した。特に、2012 年の Kaiser and Vrana による結果 (European J. Combin., 2012) と組み合わせることで、ライングラフ上の指定された成分数を持つ 2-因子に対する連結度条件を与え、ハミルトン閉路問題における有名な予想の 1 つである Matthews-Sumner 予想の研究に対する新たな知見を見出した。また、本研究課題と Matthews-Sumner 予想に関連する研究として、3-辺連結 3-正則グラフ上の点素な“長い”閉路で、グラフ上の各辺がそれら閉路上の頂点を端点として持つものの存在性を明らかにした。

##### (5) 指定された成分数を持つ道因子に対する次数条件

区間交換論法と部屋割り論法の利用法を精査することで、1981 年の Bermond et al.による「指定された長さの有向道」に対する次数条件の結果 (Combinatorica, 1981) を、有向グラフ上の Ore 型条件に改良することに成功した。また、その結果を利用することで、「指定された成分数を持つ有向道因子で、各有向道が指定された長さを持つもの」に対する次数条件を与える方針を定めた。本研究結果は、有向グラフ上の 2-因子問題および道因子問題に対する有用なアプローチになり得るので、本研究課題の発展研究成果の 1 つである。

##### (6) ハミルトン閉路に対する次数条件

2008 年に Ozeki and Yamashita が提起したハミルトン閉路の存在性に対する Bondy 型条件に関する問題 (Graphs Comb., 2008) を肯定的に解決することに成功した。その条件はグラフの位数、連結度および独立数を考慮した次数和条件であり、1980 年に Bondy が証明した結果よりもはるかに強い結果である。また、その証明手法をさらに解析することで、指定された頂点集合を通る閉路の存在性に対する類似の結果を与えることも今後の発展として期待できる。

以上のように本研究課題の目的について十分な成果を得ることができた。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 7件 / うちオープンアクセス 0件）

|   |                           |
|---|---------------------------|
| 1. 著者名<br>Roman Cada, Shuya Chiba, Kenta Ozeki, Kiyoshi Yoshimoto   | 4. 巻<br>31                |
| 2. 論文標題<br>On dominating even subgraphs in cubic graphs   | 5. 発行年<br>2017年           |
| 3. 雑誌名<br>SIAM Journal on Discrete Mathematics  | 6. 最初と最後の頁<br>890 ~ 907   |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1137/16M1066622  | 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>該当する              |
| 1. 著者名<br>Shuya Chiba   | 4. 巻<br>61                |
| 2. 論文標題<br>On the difference between hamilton cycles and 2-factors with a prescribed number of cycles           | 5. 発行年<br>2017年           |
| 3. 雑誌名<br>Electronic Notes in Discrete Mathematics  | 6. 最初と最後の頁<br>239 ~ 245   |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.endm.2017.06.044  | 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>千葉 周也   | 4. 巻<br>-                 |
| 2. 論文標題<br>指定した成分数の2-因子と次数和条件   | 5. 発行年<br>2017年           |
| 3. 雑誌名<br>日本数学会2017年度秋季総合分科会応用数学科会講演アブストラクト   | 6. 最初と最後の頁<br>31 ~ 40     |
| 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>Shuya Chiba, Tomoki Yamashita   | 4. 巻<br>340               |
| 2. 論文標題<br>A note on degree sum conditions for 2-factors with a prescribed number of cycles in bipartite graphs | 5. 発行年<br>2017年           |
| 3. 雑誌名<br>Discrete Mathematics  | 6. 最初と最後の頁<br>2871 ~ 2877 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.disc.2017.07.028  | 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>Shuya Chiba, Tomoki Yamashita  | 4. 巻<br>34           |
| 2. 論文標題<br>Degree conditions for the existence of vertex-disjoint cycles and paths: a survey | 5. 発行年<br>2018年      |
| 3. 雑誌名<br>Graphs and Combinatorics   | 6. 最初と最後の頁<br>1 ~ 83 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1007/s00373-017-1873-5  | 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>Shuya Chiba, Nicolas Lichiardopol                                   | 4. 巻<br>236           |
| 2. 論文標題<br>On the existence of vertex-disjoint subgraphs with high degree sum | 5. 発行年<br>2018年       |
| 3. 雑誌名<br>Discrete Applied Mathematics  | 6. 最初と最後の頁<br>84 ~ 95 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.dam.2017.10.029                         | 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>該当する          |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Shuya Chiba, Tomoki Yamashita   | 4. 巻<br>32              |
| 2. 論文標題<br>On directed 2-factors in digraphs and 2-factors containing perfect matchings in bipartite graphs | 5. 発行年<br>2018年         |
| 3. 雑誌名<br>SIAM Journal on Discrete Mathematics  | 6. 最初と最後の頁<br>394 ~ 409 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1137/16M1108959  | 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>Shuya Chiba  | 4. 巻<br>341               |
| 2. 論文標題<br>On degree sum conditions for 2-factors with a prescribed number of cycles | 5. 発行年<br>2018年           |
| 3. 雑誌名<br>Discrete Mathematics   | 6. 最初と最後の頁<br>2912 ~ 2918 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.disc.2018.06.045                               | 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>Shuya Chiba, Suyun Jiang, Jin Yan  | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>Degree sum conditions for partitioning graphs into cycles with a specified number of chords             | 5. 発行年<br>2018年 |
| 3. 雑誌名<br>Proceedings of the Engineering Workshop 2018 in Kumamoto (Mechanical System Engineering and Mathematics) | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 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>該当する    |

|  |                         |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Shuya Chiba, Yoshimi Egawa, Jun Fujisawa, Akira Saito, Ingo Schiermeyer, Masao Tsugaki, Tomoki Yamashita | 4. 巻<br>88              |
| 2. 論文標題<br>On 2-factors with a specified number of components in line graphs                                       | 5. 発行年<br>2019年         |
| 3. 雑誌名<br>Acta Mathematica Universitatis Comenianae  | 6. 最初と最後の頁<br>541 ~ 546 |
| 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>該当する            |

|   |                 |
|---|-----------------|
| 1. 著者名<br>Shuya Chiba, Eishi Mishio, Pierre Montalbano                | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>On degree conditions for directed path-factors in digraphs | 5. 発行年<br>2019年 |
| 3. 雑誌名<br>Proceedings of the 14th ICAST2019 in Kumamoto University    | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 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>該当する    |

|  |                 |
|--|-----------------|
| 1. 著者名<br>千葉 周也, 藤沢 潤  | 4. 巻<br>-       |
| 2. 論文標題<br>A proof of Broersma's conjecture on Hamiltonicity of claw-free graphs | 5. 発行年<br>2019年 |
| 3. 雑誌名<br>2019年度応用数学合同研究集会予稿集  | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 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>Shuya Chiba, Michitaka Furuya, Kenta Ozeki, Masao Tsugaki, Tomoki Yamashita                          | 4. 巻<br>26      |
| 2. 論文標題<br>A degree sum condition on the order, the connectivity and the independence number for Hamiltonicity | 5. 発行年<br>2019年 |
| 3. 雑誌名<br>Electronic Journal of Combinatorics  | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.37236/5480  | 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>Guantao Chen, Shuya Chiba, Ronald J. Gould, Xiaofeng Gu, Akira Saito, Masao Tsugaki, Tomoki Yamashita | 4. 巻<br>343     |
| 2. 論文標題<br>Spanning bipartite graphs with high degree sum in graphs   | 5. 発行年<br>2020年 |
| 3. 雑誌名<br>Discrete Mathematics  | 6. 最初と最後の頁<br>- |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1016/j.disc.2019.111663  | 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>該当する    |

|   |                         |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名<br>Shuya Chiba, Suyun Jiang, Jin Yan                                   | 4. 巻<br>94              |
| 2. 論文標題<br>Partitioning a graph into cycles with a specified number of chords | 5. 発行年<br>2020年         |
| 3. 雑誌名<br>Journal of Graph Theory   | 6. 最初と最後の頁<br>463 ~ 475 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>10.1002/jgt.22534                                 | 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>該当する            |

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 11件)

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Shuya Chiba  |
| 2. 発表標題<br>2-factors with a prescribed number of cycles in claw-free graphs           |
| 3. 学会等名<br>9th Workshop on the Matthews-Sumner Conjecture and Related Problems (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Shuya Chiba  |
| 2. 発表標題<br>Sufficient conditions for 2-factors with a prescribed number of cycles in graphs |
| 3. 学会等名<br>The 10th Anniversary Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Shuya Chiba  |
| 2. 発表標題<br>On the difference between hamilton cycles and 2-factors with a prescribed number of cycles     |
| 3. 学会等名<br>European Conference on Combinatorics, Graph Theory and Applications 2017 (EuroComb2017) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2017年   |

|                                      |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>千葉 周也                     |
| 2. 発表標題<br>指定した成分数の2-因子と次数和条件        |
| 3. 学会等名<br>日本数学会2017年度秋季総合分科会 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2017年                      |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Shuya Chiba   |
| 2. 発表標題<br>On degree sum conditions for 2-factors with a prescribed number of cycles |
| 3. 学会等名<br>5th International Combinatorics Conference (5ICC) (国際学会)                  |
| 4. 発表年<br>2017年  |



|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Shuya Chiba   |
| 2. 発表標題<br>Degree conditions for partitioning graphs into chorded cycles                         |
| 3. 学会等名<br>The Japanese Conference on Combinatorics and its Applications 2018 (JCCA 2018) (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>千葉 周也   |
| 2. 発表標題<br>2-factors with a prescribed number of cycles in line graphs |
| 3. 学会等名<br>2018年軽井沢グラフと解析研究集会II  |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Shuya Chiba  |
| 2. 発表標題<br>Partitioning a graph into cycles with a specified number of chords |
| 3. 学会等名<br>30th Workshop on Topological Graph Theory (TGT30) (国際学会)           |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Shuya Chiba, Suyun Jiang, Jin Yan   |
| 2. 発表標題<br>Degree sum conditions for partitioning graphs into cycles with a specified number of chords |
| 3. 学会等名<br>The 2018 Engineering Workshop in Kumamoto (国際学会)  |
| 4. 発表年<br>2018年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Shuya Chiba, Suyun Jiang, Jin Yan  |
| 2. 発表標題<br>Degree conditions for partitioning a graph into cycles with a specified number of chords         |
| 3. 学会等名<br>The 41st Australasian Conference on Combinatorial Mathematics and Combinatorial Computing (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2018年   |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Shuya Chiba, Yoshimi Egawa, Jun Fujisawa, Akira Saito, Ingo Schiermeyer, Masao Tsugaki, Tomoki Yamashita |
| 2. 発表標題<br>On 2-factors with a specified number of components in line graphs  |
| 3. 学会等名<br>European Conference on Combinatorics, Graph Theory and Applications 2019 (EuroComb2019) (国際学会)           |
| 4. 発表年<br>2019年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>千葉 周也   |
| 2. 発表標題<br>Degree conditions for directed path-factors in digraphs |
| 3. 学会等名<br>第4回軽井沢グラフと解析研究集会  |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Shuya Chiba   |
| 2. 発表標題<br>The existence of a 2-factor with a specified number of components in a line graph |
| 3. 学会等名<br>Japan-Mongolia Joint Workshop on Pure and Applied Mathematics (招待講演) (国際学会)       |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>Shuya Chiba, Eishi Mishio, Pierre Montalbano  |
| 2. 発表標題<br>On degree conditions for directed path-factors in digraphs  |
| 3. 学会等名<br>The 14th International Student Conference on Advanced Science and Technology ICAST 2019 Kumamoto (国際学会) |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>千葉 周也, 藤沢 潤   |
| 2. 発表標題<br>A proof of Broersma's conjecture on Hamiltonicity of claw-free graphs |
| 3. 学会等名<br>2019年度応用数学合同研究集会  |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Shuya Chiba  |
| 2. 発表標題<br>Induced nets and Hamiltonicity of claw-free graphs                               |
| 3. 学会等名<br>Hakata Workshop; Winter Meeting 2020 -Discrete Mathematics and its Applications- |
| 4. 発表年<br>2020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 |
|---------------------------|-----------------------|----|
|---------------------------|-----------------------|----|

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                    |                     |                            |  |
|---------|----------------------------|---------------------|----------------------------|--|
| ドイツ     | TU Bergakademie Freiberg   |                     |                            |  |
| フランス    | Polytech Clermont-Ferrand  | Lycee Craponne      |                            |  |
| 米国      | Georgia State University   | Emory University    | University of West Georgia |  |
| 中国      | Jiangnan University        | Shandong University |                            |  |
| チェコ     | University of West Bohemia |                     |                            |  |
|         |                            |                     |                            |  |
|         |                            |                     |                            |  |
|         |                            |                     |                            |  |
|         |                            |                     |                            |  |
|         |                            |                     |                            |  |
|         |                            |                     |                            |  |
|         |                            |                     |                            |  |
|         |                            |                     |                            |  |