

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H04067

研究課題名(和文)データの学習容易性解析に基づく実ケース学習理論の確立

研究課題名(英文) Establishing a practical learning theory based on the analysis of learning from easy data

研究代表者

瀧本 英二 (Takimoto, Eiji)

九州大学・システム情報科学研究所・教授

研究者番号：50236395

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：データそのものの容易性を表す指標を導入し、学習アルゴリズムの性能に対して、より精密な理論保証を与えるための理論体系の確立を目指して、種々の問題に取り組み、主に以下の成果を得た。(1) データの圧縮率を容易性指標とし、圧縮率が高いほど高速に動作する学習アルゴリズムや組合せ最適化アルゴリズムの開発を行った。(2) 行列のランクやマージンなどを容易性指標とした、種々のオンライン意思決定アルゴリズムの開発を行った。(3) 広い学習問題のクラスが、特定の学習問題に、汎化性能(すなわちデータの学習容易性)が保存されるという意味で還元可能であることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

圧縮データ上の学習や最適化に関する成果は、圧縮が単にメモリの節約になるだけでなく、計算効率も向上することにつながることを示したという点で意義が高い。また、圧縮データに基づき拡張定式化を自動生成する手法は、極めて汎用性が高く、おそらく世界初のものである。オンライン意思決定に関する成果は、商品推薦システムにおいて、商品間の類似関係と顧客の購買傾向に相関がある場合に、高い確度で、顧客が欲する商品を提示することができることを意味しており、データ容易性に自然で有用な解釈を与えたという意味でも意義が高い。学習問題間の還元に関する成果は、学習容易性還元という新たな概念を生み出し、今後の展開が期待できる。

研究成果の概要(英文)：Introduceing various easiness measures of data, we worked on various topics with the aim of establishing a theory that provides more precise theoretical guarantees for the performance of learning algorithms. We obtained the following main results. (1) Using the data compression rate as an easiness measure, we developed learning algorithms and combinatorial optimization algorithms that operate faster as the compression rate increases. (2) We developed various online decision making algorithms using matrix rank and margin as easiness measures. (3) We showed that any of a wide class of learning problems is reducible to a specific learning problem in the sense that generalization performance (that is, the easiness of data to learn) is preserved.

研究分野：計算学習理論

キーワード：計算学習理論 オンライン意思決定 情報圧縮 バンディット問題 決定ダイアグラム 組合せ最適化

### 1. 研究開始当初の背景

計算学習理論は、学習アルゴリズムがおかれた環境、アルゴリズムが利用できる計算資源、アルゴリズムが出力する仮説の品質に関する基準等を厳密に定式化し、その枠組みの下で、アルゴリズムの性能やリスクに対して理論的な保証を与えるとともに、性能改善の限界を見極めるための理論体系であり、あらゆる機械学習システムの理論的基盤となっている。ところが、近年の爆発的な人工知能ブームにより、機械学習の手法を活用した様々な人工知能システムの開発競争が激しさを増す一方、その性能やリスクを評価するための理論の方が追い付いていない状況が生じている。すなわち、人工知能技術は理論基盤が脆弱なまま実用化の局面を迎え、驚くべき勢いで社会に浸透しつつある。この背景には、従来の計算学習理論が、専ら最悪時評価に基づいており、現実のデータに対するアルゴリズムの振る舞いを正しく解析する道具にはなっていないことがあげられる。

実際、実データに対しては、優れた(最悪時の)理論保証を持つ手法より、理論保証の無い/悪い発見的手法の方が良い性能を示すという現象が度々観察される。例えば、深層学習やクラスタリングなど多くの手法は最適化アルゴリズムとして定式化されるが、解くべき最適化問題はNP困難であり、誤差伝播法やEM法などの単純な局所探索法によって最適解を出力する可能性はほとんどないはずである。にもかかわらず、多くの実データに対して、局所探索法は驚くべき性能を示す。理論と実践のギャップを示すこのような現象は、直観的には、そのデータが最悪のインスタンスではなかったこと、すなわち、「データの単純さ」に起因すると考えられる。しかし、データの単純さ、すなわち学習容易性を定量化し、アルゴリズムの性能をデータの学習容易性と結び付けて解析しない限り、本質的な理解を得ることはできない。

データの容易性解析については、いくつかの研究が個別に行われており、本研究の遂行にあたり有用と考えられる。

- 単純データからの学習 (Learning from easy data)  
理論と実践のギャップを解析することにより、より優れた学習法を設計しようという問題意識のもとで、「単純データからの学習」という概念が2013年ごろに提唱され、機械学習の一つのコミュニティが形成されている。これまで、特にオンライン予測の基本的な問題に対していくつかの成果が得られているが、データの「次モーメント」に関する Bernstein condition と呼ばれるテクニカルな統計量の議論に還元されるものがほとんどで、それ以上の進展・深化が滞っている。
- パラメータ化計算量理論 (Parameterized complexity theory)  
この理論は、従来の最悪の計算量に代わり、データの複雑さを表す値(パラメータ)を用いて精密に評価した計算量を用いることにより、これまで見えなかった計算の複雑さの構造を新たに見出したことで注目され、近年、盛んに研究されている。今のところ、この理論の対象は計算容易性の解析にとどまっているが、学習容易性の解析への転用が期待される。
- スパースモデリング (Sparse modeling)  
スパースモデリングは、与えられたデータから情報源を再構築する問題において、説明変数が最小となるモデルを採用すべきという指導原理であり、画像復元など実問題でその有効性が確認されている。スパースモデリングによるデータ生成源の解析を通して、学習容易なデータが生成されるメカニズムを解明する手掛かりが得られる可能性がある。

### 2. 研究の目的

上述したように、本研究課題に関連する研究の進展が個別にみられる。本研究課題で目指すものは、これらの研究を融合することにより、実データに対する学習アルゴリズムの設計と解析に関する理論的な基盤を構築することである。具体的には、以下の4つの大きな目標を掲げる。

データの学習容易性を特徴づける様々な指標を与える。

既存の様々な学習アルゴリズムの性能の評価を、学習容易性の指標を用いて精密化し、理論と実践のギャップの解消を図る。

最悪ケースでの理論保証を保持しつつ、学習容易なデータに対しては、それに特化した手法と同等の性能を発揮するように、データの容易性に自動適応する手法を開発する。

データ生成源に対する自然科学的・人文科学的な知見を与える。

### 3. 研究の方法

データの学習容易性は、仮説表現や学習の計算資源など、学習の問題設定に強く依存する。そこで、具体的な学習の問題をとりあげ、本研究の目的の項で掲げた ~ の研究を推進し、事例研究を積み重ねることを基本方針とする。具体的には、主に以下のテーマに取り組んだ。

- オンライン意思決定問題におけるデータ容易性解析
- 圧縮データからの学習 (学習容易性指標: 圧縮率)

- 協調フィルタリングにおける行列補完（学習容易性指標：行列のランク）
- 学習容易性保存還元性
- 次世代通信ネットワークにおける諸問題の定式化（実問題への応用研究）

#### 4. 研究成果

(1) 集合族を圧縮表現するデータ構造として広く用いられている ZDD (Zero-suppressed binary Decision Diagram) に非決定的な遷移を導入することで、圧縮率を向上させた NZDD (Non-deterministic ZDD) と呼ばれるデータ構造を提案した。また、その応用として、与えられた訓練データを NZDD により圧縮表現した上で、(ハード)マージンが最大となる超平面分類器を構築する効率の良い学習アルゴリズムを与えた。このアルゴリズムは、AdaBoost\* と呼ばれるブースティングアルゴリズムを完全に模倣するが、各繰り返し過程の計算時間は、訓練データではなく NZDD のサイズにのみ比例するため、圧縮率が高いほど高速に動作するという特長がある。これは、NZDD の圧縮率が学習容易性の指標となることを意味する。また、NZDD のサイズは最悪でも元の訓練データのサイズを超えることがないため、この成果は、目標  $\epsilon$ 、 $\delta$  を達成するものと言える。

(2) NP 困難なスケジューリング問題の一つである順序制約付き流れ時間最小化問題は、MDD (Multi-valued Decision Diagram) 上の最短路問題に帰着して解けることが知られていたが、制約が少ないほど MDD のサイズが指数的に増大し、計算効率が悪くなるという問題があった。本研究では、制約を満たす順序集合（実行可能解集合）上に、ある同値関係を導入し、実行可能解の中で同値類の代表元のみを表す MDD を構築すれば十分であることを示した。この MDD は、既存手法による MDD のサイズを超えることはない一方、制約が非常に少ないときにサイズが極めて小さくなるという性質があるため、計算量を著しく改善することに成功した。この成果も、目標  $\epsilon$ 、 $\delta$  を達成するものである。

(3) 古文書の認識は、くずし字のセグメンテーション法が確立されていない等の理由で、依然として困難である。そこで、画像認識における物体検出の技術を活用する新しい手法を提案した。ただし、学習時に、各文字の位置を表す矩形データ (Bounding Box) の情報を付与するアノテーションのコストを削減するため、精度の低い文字認識器をアノテーターとして用い、得られた矩形データ付きの訓練データから文字認識器を再学習するというプロセスを繰り返すことで、認識器の精度向上を図った。本手法は、電子情報通信学会 PRMU 研究会主催のくずし字認識チャレンジ 2019 で総合 4 位の認識精度を達成し、表彰された。理論的には、このような自己参照による精度の向上がいつでも可能とは限らないため、この成果は、目標  $\epsilon$ 、 $\delta$  に関連した示唆を与えるものと言える。

(4) オンライン負荷分散問題に対し、最適な理論保証を持つ初の多項式時間アルゴリズムを構築することに成功した。この問題は、Blackwell ゲームに帰着できることが知られているが、従来の帰着手法では良い性能保証が得られていなかった。本研究では、Blackwell ゲームへの帰着の過程において、特殊なメトリックを導入したこと、および、ゲームの解法を二次錐計画問題として定式化したことで、性能と計算量を共に改善したものである。得られた成果は、リグレットの理論保証を与えるものであるため、目標  $\epsilon$ 、 $\delta$  を達成するものと言える。

(5) 時系列データに対する学習問題を一般化した Multiple-Instance 学習 (MIL) の問題に対し、新しい定式化を与えるとともに、汎化性能が保証されたアルゴリズムを与えた。長さ不定の時系列データに対し、シェイプレットと呼ばれるいくつかの基準パターンとの類似度からなる特徴ベクトルを構成する特徴抽出の手法が知られているが、どのシェイプレットを何個用意すれば良いかということについて、理論的な指針が全くなかった。提案手法は、ある種のカーネルトリックによって、ヒルベルト空間上の非可算無限個のシェイプレット候補から、有用なシェイプレットを適応的に選択するとみなすことができるため、目標  $\epsilon$ 、 $\delta$  と関連している。

(6) 次世代の通信ネットワークでは、デバイス間のトポロジーを把握することでルーティングを動的に確立することが求められる。また、センサーネットワークにおいては、スループットとエネルギー消費効率の両方を最適化するように近隣のセンサーを選んでルーティングを動的に確立する必要がある。本研究では、これらの問題を、バンディット問題として定式化することでリグレット保証を持つアルゴリズムを提案した。リグレット保証とルーティングの保証にはギャップがあるにも関わらず、計算機実験により、自然な状況のもとでの有効性が明らかとなった。この成果は、目標  $\epsilon$ 、 $\delta$  に関連した示唆を与えるものと言える。

(7) オンライン行列補完問題は、推薦システムの基盤となる問題である。この問題では、各試行において、アルゴリズムが 0-1 行列を予測すると、環境から行列のある成分  $(i, j)$  における真の値が与えられる。アルゴリズムの目標は、予測の誤り回数を最小化することである。従来手法は、初めに真値行列に関する補助情報が与えられると一般化した上で、オンライン半正定値計画

(OSDP)問題に帰着するものであるが、タイトな誤り回数の上界を達成できていなかった。本研究では、この帰着において、OSDP 問題を解くアルゴリズムで用いる正則化項を、補助情報を用いて補正することで、誤り回数のタイトな上界を導出することに成功した。上界には、データの学習容易性を表すマージンの項が現れているため、この成果は、 $\epsilon$ 、 $\delta$  を達成するものである。

(8) エキスパート統合問題において、学習容易性解析に基づき、現実的な仮定のもとで非自明なリグレット上界を導出した。既存研究では、環境が開示する損失ベクトルを並べることにより得られる損失行列のランクを学習容易性指標とするものがあるが、損失行列が低ランクであるという強い仮定をおく必要があった。また、この仮定を緩和し、損失行列が低ランク行列で近似可能とした場合の研究もあるが、その低ランク行列に関する情報をアルゴリズムに与えておく必要があり、実用的ではなかった。本研究では、そのような事前情報を与えることなく、損失行列が低ランク行列で近似できる場合に、非自明なリグレット上界を導出することに成功した。本成果は、目標  $\epsilon$ 、 $\delta$  を達成するものである。

(9) マルチクラス学習、補ラベルからの学習、マルチラベル学習、マルチタスク学習を含む広い学習問題のクラスが、(5)で述べた MIL と呼ばれる特定の学習問題に、汎化誤差が保存されるという意味で還元できることを示した。MIL は、一般には DC 計画問題として定式化される計算困難な問題であるが、還元後に計算容易な LP 問題となることがあり、学習容易性解析に重要な示唆を与える成果といえる。

(10) RIS (Reconfigurable Intelligent Surfaces) と呼ばれる反射板を用いて無線通信環境を動的に制御する問題に対し、マルチプレイヤーバンディットの手法を用いて、スループット向上と RIS の各デバイスの負荷分散を両立する手法を提案し、実験的に有効性を示した。また、ドローンに RIS を搭載してホットスポットにおける無線通信環境を提供する問題に対し、文脈付きバンディットの手法を用いて、ドローンの飛行時間の制約のもとでスループットの最大化を目指す動的制御手法を提案し、実験的にその有効性を示した。さらに、車載ソフトウェアの無線アップデートでは、信号待ちなどで停止するたびに、路側装置から適切なセグメントを効果的にダウンロードする必要があるが、バンディットの手法で広く用いられているトンプソンサンプリングの技法を用いて、適切な周波数帯域を高速に選択する手法を提案し、実験的にその有効性を示した。実問題に関するこれらの成果は、目標  $\epsilon$ 、 $\delta$  に関連した示唆を与えるものである。

(11) 与えられた訓練データを NZDD により圧縮表現することにより、ソフトマージン最適化問題における実行可能解領域を、決定ダイアグラムの経路長制約を表す線形制約集合として生成する手法を提案した。このとき、生成される制約数は決定ダイアグラムのサイズにのみ依存するため、そのサイズは学習容易性の指標の一つと考えられる。また、圧縮率を高める効果的な後処理手法を与えることに成功した。また、本手法は、線形制約を含む一般の数値最適化問題に適用することができ、元の問題と等価な拡張定式化(の表現)を生成する。この成果は、目標  $\epsilon$ 、 $\delta$  を達成するものである。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Sherief Hashima, Mostafa M. Fouda, Kohei Hatano, Eiji Takimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Advanced Learning Schemes for Metaverse Applications in B5G/6G Networks	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE International Conference on Metaverse Computing, Networking and Applications (MetaCom)	6. 最初と最後の頁 799-804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/METACOM57706.2023.00150	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する
1. 著者名 Sherief Hashima, Mostafa M. Fouda, Kohei Hatano, Eiji Takimoto, Zubair Md Fadlullah	4. 巻 -
2. 論文標題 Multi-Armed Bandit-Aided Near-Optimal Over-The-Air Updates in Multi-Band V2X Systems	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the 5th International Conference on Computer Communication and the Internet (ICCCI 2023)	6. 最初と最後の頁 179 - 184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICCCI59363.2023.10210156	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する
1. 著者名 Sherief Hashima, Kohei Hatano, Eiji Takimoto, Ehab Mahmoud Mohamed	4. 巻 12
2. 論文標題 Budgeted Thompson Sampling for IRS Enabled WiGig Relaying	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Electronics	6. 最初と最後の頁 1146 - 1146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/electronics12051146	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 Sherief Hashima, Ehab Mahmoud Mohamed, Kohei Hatano, Eiji Takimoto, Mostafa M. Fouda, Zubair Md Fadlullah	4. 巻 -
2. 論文標題 On Enhancing WiGig Communications With A UAV-Mounted RIS System: A Contextual Multi-Armed Bandit Approach	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the 34th IEEE Annual International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC 2023)	6. 最初と最後の頁 1 - 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/PIMRC56721.2023.10293924	査読の有無 有
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Ehab Mahmoud Mohamed, Sherief Hashima, Kohei Hatano, Eiji Takimoto, Mohamed Abdel-Nasser	4. 巻 11
2. 論文標題 Load Balancing Multi-Player MAB Approaches for RIS-Aided mmWave User Association	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 15816 - 15830
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2023.3244781	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 Daiki Suehiro, Eiji Takimoto	4. 巻 180
2. 論文標題 Simplified and Unified Analysis of Various Learning Problems by Reduction to Multiple-Instance Learning	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 38th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI 2022), PMLR	6. 最初と最後の頁 1896 - 1906
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 Yaxiong Liu, Ken-ichiro Moridomi, Kohei Hatano, Eiji Takimoto	4. 巻 10
2. 論文標題 An Online Semi-Definite Programming with a Generalized Log-Determinant Regularizer and Its Applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Mathematics	6. 最初と最後の頁 1055 - 1055
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/math10071055	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 Yaxiong Liu, Xuanke Jiang, Kohei Hatano, Eiji Takimoto	4. 巻 157
2. 論文標題 Expert advice problem with noisy low rank loss	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 13th Asian Conference on Machine Learning (ACML 2021), PMLR	6. 最初と最後の頁 1097 - 1112
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 Yaxiong Liu, Ken-ichiro Moridomi, Kohei Hatano, Eiji Takimoto	4. 巻 157
2. 論文標題 An online semi-definite programming with a generalised log-determinant regularizer and its applications	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 13th Asian Conference on Machine Learning (ACML 2021), PMLR	6. 最初と最後の頁 1113 - 1128
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 オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sherief Hashima, Ehab Mahmoud Mohamed, Kohei Hatano, Eiji Takimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 WiGig Wireless Sensor Selection Using Sophisticated Multi Armed Bandit Schemes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 13th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Network (ICMU 2021)	6. 最初と最後の頁 1 - 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/ICMU50196.2021.9638849	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 Yaxiong Liu, Kohei Hatano, Eiji Takimoto	4. 巻 12607
2. 論文標題 Improved Algorithms for Online Load Balancing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 47th International Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science (SOFSEM 2021), LNCS	6. 最初と最後の頁 203 - 217
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-67731-2_15	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 Sherief Hashima, Kohei Hatano, Eiji Takimoto, Ehab Mohamed Mohamed	4. 巻 -
2. 論文標題 Minimax Optimal Stochastic Strategy (MOSS) For Neighbor Discovery and Selection In Millimeter Wave D2D Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 23rd International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC 2020)	6. 最初と最後の頁 1 - 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/WPMC50192.2020.9309495	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 Daiki Suehiro, Kohei Hatano, Eiji Takimoto, Shuji Yamamoto, kenichi Bannai, Akiko Takeda	4. 巻 32
2. 論文標題 Theory and Algorithms for Shapelet-Based Multiple-Instance Learning	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neural Computation	6. 最初と最後の頁 1580 - 1613
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1162/neco_a_01297	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 Sherief Hashima, Kohei Hatano, Eiji Takimoto, Ehab Mahmoud Mohamed	4. 巻 24
2. 論文標題 Neighbor Discovery and Selection in Millimeter Wave D2D Networks Using Stochastic MAB	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Communications Letters	6. 最初と最後の頁 1840 - 1844
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LCOMM.2020.2991535	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 Takahiro Fujita, Kohei Hatano, Eiji Takimoto	4. 巻 806
2. 論文標題 Boosting over non-deterministic ZDDs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Theoretical Computer Science	6. 最初と最後の頁 81 - 89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tcs.2018.11.027	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 Yiping Tang, Kohei Hatano, Eiji Takimoto	4. 巻 -
2. 論文標題 Recognition of Japanese Historical Hand-Written Characters Based on Object Detection Methods	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 5th International Workshop on Historical Document Imaging and Processing, HIP@ICDAR 2019	6. 最初と最後の頁 72 - 77
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3352631.3352642	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 Fumito Miyake, Eiji Takimoto, Kohei Hatano	4. 巻 LNCS 11638
2. 論文標題 Succinct Representation of Linear Extensions via MDDs and Its Application to Scheduling Under Precedence Constraints	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 30th International Workshop on Combinatorial Algorithms (IWOCA 2019)	6. 最初と最後の頁 365 - 377
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-25005-8_30	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 黒河 祐太, 三星 諒太郎, 浜崎 晴輝, 畑埜 晃平, 瀧本 英二, Horakou Rahmanian
2. 発表標題 決定ダイアグラムに基づく線形制約付き最適化問題の拡張定式化
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2023 年春季研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 三星 諒太郎, 畑埜 晃平, 瀧本 英二
2. 発表標題 フランク・ウルフ法に基づく1-ノルム正則化ソフトマージン最適化
3. 学会等名 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2023 年春季研究発表会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Jiang Xuanke, Sherief Hashima, Kohei Hatano, Eiji Takimoto
2. 発表標題 Online Job Scheduling with K Servers
3. 学会等名 冬のLAシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鹿間 翔太, 中山 寛文, 畑埜 晃平, 瀧本 英二
2. 発表標題 差集合演算の導入による非決定性ZDDの拡張と集合間類似検索への応用
3. 学会等名 冬のLAシンポジウム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 黒河 祐太, 三星 諒太郎, 浜崎 晴輝, 畑埜 晃平, 瀧本 英二, Horakou Rahmanian
2. 発表標題 決定ダイアグラムに基づく拡張定式化
3. 学会等名 第25回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS 2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三星 諒太郎, 畑埜 晃平, 瀧本 英二
2. 発表標題 フランク・ウルフ法としてのブースティング
3. 学会等名 第25回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS 2022)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryotaro Mitsuboshi, Kohei Hatano, Eiji Takimoto
2. 発表標題 Compressed ERLPBoost
3. 学会等名 夏のLAシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浜崎 晴輝, 黒河 祐太, 三星 諒太郎, 畑埜 晃平, 瀧本 英二
2. 発表標題 非決定性ZDDに基づく整数計画問題の拡張定式化
3. 学会等名 夏のLAシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三星 諒太郎, 畑埜 晃平, 瀧本 英二
2. 発表標題 2次元空間上の線形閾値関数
3. 学会等名 冬のLAシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大塚 玲, 小永吉 健太, 畑埜 晃平, 瀧本 英二
2. 発表標題 Blackwell ゲームへの帰着に基づく一般化順列のオンライン予測
3. 学会等名 冬のLAシンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yaxiong Liu, Xuanke Jiang, Kohei Hatano, Eiji Takimoto
2. 発表標題 Expert advice problem with noisy low rank loss
3. 学会等名 第24回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS 2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yaxiong Liu, Ken-ichiro Moridomi, Kohei Hatano, Eiji Takimoto
2. 発表標題 An online semi-definite programming with a generalised log-determinant regularizer and its applications
3. 学会等名 第24回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS 2021)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三星 諒太郎, 畑埜 晃平, 瀧本 英二
2. 発表標題 $O(m \log m)$ 時間で更新するブースティングの枠組み
3. 学会等名 STRセミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平 理輝, 畑埜 晃平, 瀧本 英二
2. 発表標題 一般化された順列集合上での線形近似可能関数のブラックボックス最適化
3. 学会等名 STRセミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小永吉 健太, 畑埜 晃平, 瀧本 英二
2. 発表標題 順列ベクトルに対するBlackwell ゲームに基づくオンライン線形最適化
3. 学会等名 STRセミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 飯田 一樹, 畑埜 晃平, 瀧本 英二
2. 発表標題 あるオンラインスケジューリング問題に対する Blackwell ゲームに基づくアプローチ
3. 学会等名 STRセミナー
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 黒河 祐太, 三星 諒太郎, 畑埜 晃平, 瀧本 英二, Holakou Rahmanian
2. 発表標題 データの決定ダイアグラム表現に基づく1ノルム正則化ソフトマージン最適化
3. 学会等名 第23回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2020)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 早田 圭吾, 瀧本 英二, 畑埜 晃平
2. 発表標題 非線形損失に対するオンライン組合せ最適化
3. 学会等名 夏のLAシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yaxiong Liu, Kohei Hatano, Eiji Takimoto
2. 発表標題 Improved algorithms for online load balancing
3. 学会等名 情報処理学会アルゴリズム研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三星 諒太郎, 畑埜 晃平, 瀧本 英二
2. 発表標題 線形計画法に基づくブースティング手法の収束性解析
3. 学会等名 第22回情報論的学習理論ワークショップ (IBIS2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 唐 一平, 畑埜 晃平, 瀧本 英二
2. 発表標題 第23回PRMU研究会アルゴリズムコンテスト実施報告 ~ くずし字認識チャレンジ2019 ~
3. 学会等名 電子情報通信学会PRMU研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 黒河 祐太, 畑埜 晃平, 瀧本 英二
2. 発表標題 ZDD圧縮データ上のマージン最大化
3. 学会等名 冬のLAシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三星 諒太郎, 畑埜 晃平, 瀧本 英二
2. 発表標題 乱択と線形計画法に基づくソフトマージン最適化
3. 学会等名 電子情報通信学会IBISML研究会
4. 発表年 2020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
研究 分担 者	畑 堃 晃平  (Hatano Kohei)  (60404026)	九州大学・システム情報科学研究所・教授    (17102)	

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			
米国	Microsoft	Amazon	Idaho State University	
エジプト	Aswan University			
サウジアラビア	Prince Sattam Bin Abdulaziz University			
カナダ	Western University			
スペイン	University of Rovira i Virgili			