

令和 4 年 6 月 6 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17K06508

研究課題名(和文) 計算統計学と進化計算を融合した機会制約問題の大域的最適化手法の開発

研究課題名(英文) Global optimization method for chance constrained problems combining computational statistics and evolutionary computation

研究代表者

田川 聖治 (Tagawa, Kiyoharu)

近畿大学・理工学部・教授

研究者番号：50252789

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：実世界の諸問題を定式化した現実的な機会制約問題(CCP: Chance Constrained Problem)を解くためには、不確実性を表現する確率分布から無作為抽出した膨大な数の標本を用いて、解候補が制約条件を満たす確率を推定する必要がある。本研究では、従来の無作為抽出法よりも遥かに少ない標本から、上記の確率を推定できる手法を考案した。さらに、標本数の削減法と進化計算アルゴリズムの1種である差分進化を組み合わせたCCPの大域的最適化手法を開発し、その有効性を複数の現実的なCCPで確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

実世界の不確実性を含む諸問題は機会制約問題(CCP)に定式化できる。しかし、従来の確率計画法に基づく最適化手法では、解候補が制約条件を満たす確率を膨大な数の標本から推定する必要があり、現実的なCCPを解くことが難しい。本研究で開発した現実的なCCPに対する最適化手法は、CCPの応用分野を広げるものであり、不確実性を含む諸問題の解決に寄与することが期待される。また、新たに考案した標本数の削減法は、経験分布の構築や確率の推定のほか、機械学習における教師データの作成など、様々な分野での利用が考えられる。

研究成果の概要(英文)：In order to solve practical Chance Constrained Problems (CCPs), which are formulations of various real-world problems under uncertainties, it is necessary to estimate the probability that a candidate solution satisfies the constraint conditions using a large number of samples selected randomly from a probability distribution. In this study, we devised a method that can estimate the above probability from a much smaller number of samples than the conventional random sampling method. Furthermore, by combining the above sample reduction method and an evolutionary algorithm called differential evolution, we developed a global optimization method for CCPs and confirmed its effectiveness on several practical CCPs.

研究分野：数理情報工学

キーワード：機会制約問題 最適化手法 進化計算

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

現実の世界において、様々な意思決定に関わる諸問題の多くは、予測が難しい不確実性を含む最適化問題である。このため、不確実性を考慮した最適化問題が長年に渡って研究されてきた。それらの最適化問題の記述法(定式化)は、非確率論的なものと確率論的なものに大別される。非確率論的なロバスト最適化問題では、あらゆる状況に対応する解を求めるため、その解は保守的過ぎるものとなる。機会制約問題(CCP: Chance Constrained Problem)とは、確率論的な問題の定式化の1つであり、ロバスト最適化問題の制約条件を確率的に緩和したものである。リスクが確率で評価された現実的な解が得られるため、CCPには様々な分野での応用が期待される。CCPはおもに確率計画法[1][2]の分野において精力的に研究されている。しかし、現実の問題をCCPに定式化し、既存の確率計画法で解く場合、以下のような難点があった。

#### (1) 膨大な数の標本による確率の推定

CCPの定式化において不確実性は正規分布など確率分布によりモデル化される。確率計画法では不確実性を含む制約条件の値の確率分布を導出することで、CCPの解が制約条件を満たす確率や信頼区間などを求める。しかし、現実的なCCPでは制約条件の定義式が非常に複雑であったり、その値を計算機シミュレーションで求める必要があったりするため、制約条件の値の確率分布を解析的に導出できない。このため、モンテカルロ法で生成した不確実性の確率分布に従う膨大な数の標本から、CCPに対する解候補が制約条件を満たす確率を推定する必要がある、その計算負荷の大きさが現実の諸問題をCCPに定式化して解決する際の障害となっている。

#### (2) 数理計画法に基づく最適化手法

確率計画法でCCPを解くために用いられる最適化手法は、関数の凸性や微分可能性を前提とした数理計画法の理論に基づく局所的最適化手法(降下法)である。しかし、現実的なCCPでは制約条件の定義式が非常に複雑であったり、その値を計算機シミュレーションで求める必要があったりするため、上記のような数理計画法に基づく従来の最適化手法は適用できない。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、現実の諸問題をCCPに定式化して解決するため、モンテカルロ法による確率の推定で必要となる標本数を大幅に削減できる新たな手法を考案するとともに、その削減法と進化計算アルゴリズム(EA: Evolutionary Algorithm)を組み合わせ、現実的なCCPにも有効な大域的最適化手法(ヒューリスティック法)を開発し、その有効性を評価することである。

### 3. 研究の方法

#### (1) 標本数の削減法

重み付き経験分布( $W\_ECDF$ : Weighted Empirical Cumulative Distribution Function)[3]によれば、モンテカルロ法において一般的な無作為抽出法(SRS: Simple Random Sampling)よりも遥かに少ない標本数でCCPの解候補が制約条件を満たす確率を推定できる。 $W\_ECDF$ とは重点サンプリングの1種であり、不確実性をモデル化した確率分布の確率密度関数の値により標本を重み付けすることで、1次元の確率分布における分位点を推定する。このため、 $W\_ECDF$ は制約条件ごとに確率が指定される個別CCPに対してのみ適用可能である。そこで、複数の $W\_ECDF$ をコンピュータで結合することで、多次元の確率分布における確率を推定し、複数の制約条件を同時に満たす確率が指定される同時CCPに対しても適用可能な標本数の削減法を考案する。

#### (2) 進化計算アルゴリズムに基づく最適化手法

差分進化(DE: Differential Evolution)[4]は強力なEAの1種であり、制御パラメータの調整が不要な適応型DEのほか、DEを拡張した幾つかのEAも提案されている。そこで、現実的なCCPに対する大域的最適化手法をDEに基づき構築する。しかし、一般的なEAと同様、DEは制約条件のない最適化問題を対象とする。制約条件のある最適化問題にEAを適用するため、EAにおける制約条件の取扱法が幾つか提案されている[5]。それら既存の制約条件の取扱法も踏まえて、CCPにおける制約条件の特徴や、前述の削減法を考慮した新たな手法を考案する。

#### (3) SAWフィルタの設計問題による提案手法の評価

現実的なCCPに対する提案手法の有効性を、表面弾性波(SAW: Surface Acoustic Wave)フィルタの設計問題において評価する。SAWフィルタの周波数特性は、圧電体の基板の上に形成された電極構造に依存する。そこで、基板の特性のバラツキや、電極の加工誤差を不確実性とし、SAWフィルタの設計問題をCCPに定式化する。次に、そのCCPに対して標本数の削減法とDEを組み合わせた大域的最適化手法を適用する。ここで、SAWフィルタの周波数特性に対する不確実性の影響を調べるため、既存の等価回路モデルに基づくシミュレータ[6]を拡張する。

### 4. 研究成果

当初の研究計画で予定していたコンピュータによる  $W\_ECDF$  の拡張は、確率分布が 3 次元以上となる場合は困難であることが判明した。そこで、Bonferroni 不等式を利用して  $W\_ECDF$  を多次元に拡張する手法 [7] のほか、多次元の確率分布に従う標本の生成に切断 Halton 列 [8] を使用することで、同時 CCP に対しても有効な標本数の削減法を考案した。さらに、確率分布による不確実性のモデル化は困難であるが、不確実性に起因する大規模データが利用可能な状況を想定し、不確実性の確率分布を使わずに標本数を削減できる重み付き層化抽出法 [9] を考案した。

CCP に DE のような EA を適用する場合、目的関数値の評価に比べて、解候補が制約条件を満たす確率の評価に大きな計算負荷が掛かることを考慮し、CCP を対象とした EA のための新たな制約条件の取扱法 [9] を考案した。さらに、実行可能領域が高次元空間内の凸多面体で表現される場合、制約条件のある最適化問題を無制約の最適化問題に変換することで、本来の EA の処理を変更することなく、制約条件のある最適化問題に EA を適用する手法も考案した [10]。

当初の研究計画では、DE に基づく大域的最適化手法を評価するための現実的な CCP として、SAW フィルタの設計問題のみを考えていたが、SAW フィルタの設計問題 [11] のほか、森林の保水力と貯水池を用いた治水計画 [7] や、ポートフォリオ最適化問題（分散投資問題） [12] も CCP に定式化し、それらの現実的な CCP において、大域的最適化手法の有効性を確認した。

下記に本研究で得られた幾つかの成果について、具体例を挙げて説明する。

### (1) 重み付き経験分布 ( $W\_ECDF$ ) による累積分布関数の近似 [7]

従来の CCP の解法では確率の値を推定するため、想定した不確実性の確率分布に従う標本をランダムに生成する。一方、 $W\_ECDF$  では一様分布に従う標本を生成し、それらを不確実性の確率密度関数の値で重み付けする。図 1 に不確実性の確率分布を 2 次元の正規分布とし、ランダムに生成した標本セットの一例を示す。図 2 に  $W\_ECDF$  による標本セットの一例を示す。

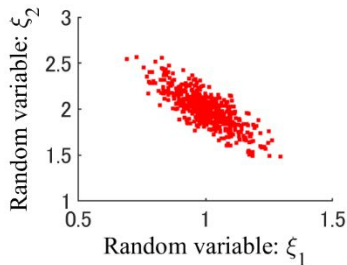


図 1：正規分布による標本

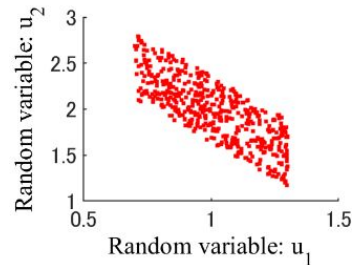


図 2：一様分布による標本

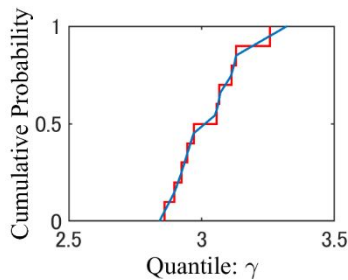


図 3：経験分布

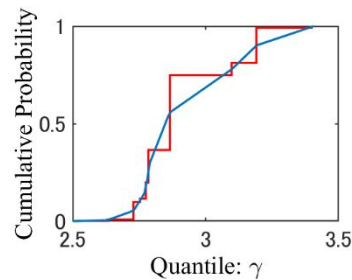


図 4：重み付き経験分布

不確実性を含む関数値の累積分布関数を、標本セットから構築した経験分布で近似することで、個別 CCP の解候補が制約条件を満たす確率を評価する。図 3 は正規分布に従う 10 個の標本から構築した経験分布（横軸は関数値、縦軸は確率）である。図 4 は  $W\_ECDF$  による 10 個の重み付き標本から構築した重み付き経験分布である。 $W\_ECDF$  では不確実性の確率分布の種類に関わらず一様に標本を生成するため、図 3 の経験分布と比較し、図 4 の重み付き経験分布の方が横軸の関数値の範囲が広くなり、確率分布の裾の分位点をより正確に推定することができる。

### (2) 切断 Halton 列による標本セットの生成 [8]

同時 CCP に対する解候補が制約条件を満たす確率を評価するため、 $W\_ECDF$  と同様、一様に生成した標本に確率密度関数の値で重み付けする手法を考案した。ただし、一様な標本セットの生成には多次元の超一様分布列（Halton 列）を使用した。図 5 に 2 次元の Halton 列を用いた標本セットの一例を示す。図 6 に切断 Halton 列の標本セットを示す。切断 Halton 列では重みの値が微小な標本を除くことで、上記の確率の推定に用いる標本数を削減している。

図 7 でランダムに生成した標本 (RS)、重み付け Halton 列による標本 (WHS)、切断 Halton 列による標本 (THS) を用いた場合の確率の推定誤差を比較する。図 7 の横軸は標本数であり、切断 Halton 列によれば少ない標本で確率を推定できる。切断 Halton 列の有効性は、CCP とし

て定式化した治水計画で確認した。図 8 に治水計画における河川形状を示す。図 8 の 5 つの流域における降水量が不確実性であり、森林や貯水池に関する 10 個の決定変数を最適化する。

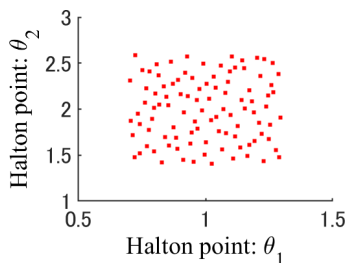


図 5：重み付き Halton 列

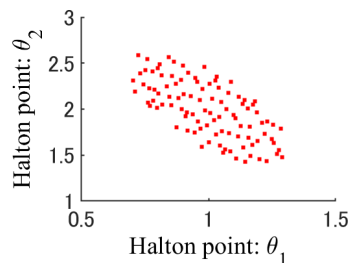


図 6：切断 Halton 列

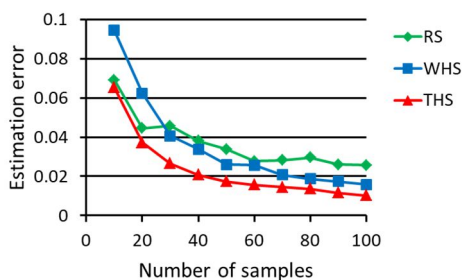


図 7：確率の推定誤差の比較

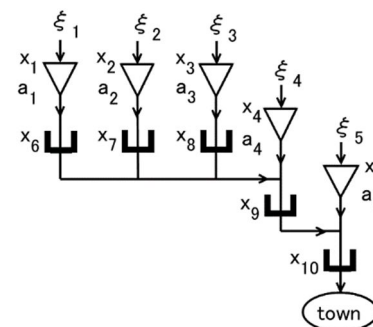


図 8：河川形状と治水計画

### (3) 重み付き層化抽出法による標本セットの生成[9]

近年、情報通信技術の飛躍的な発展により、様々な分野で膨大なデータが蓄積され、その有効な活用方法が模索されている。そこで、不確実性が確率分布ではなく、大規模データで与えられた CCP における標本数の削減法として、重み付き層化抽出法 (WSS) を考案した。WSS では大規模データを複数のセル (層) に分割した後、それぞれの層の中心点を標本とし、各層のデータの数を標本の重みとする。図 9 に大規模データ、図 10 に WSS による標本セットを示す。数値実験の結果から、一般的な無作為抽出法と比較し、WSS は少ない標本で確率を推定する。

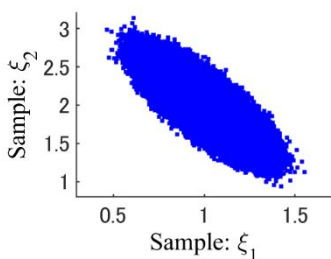


図 9：大規模データ

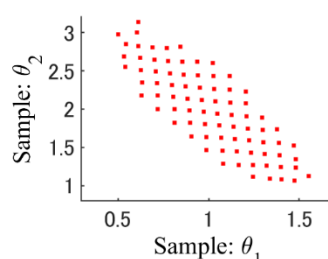


図 10：重み付き層化抽出法

### (4) 凸包写像による最適化問題の無制約化[10]

一般的に EA は制約条件のない最適化問題を対象とする。そこで、DE を含む EA を CCP のような制約条件のある最適化問題に適用するため、最適化問題を無制約化する凸包写像を考案した。通常、EA の探索空間は超立方体で規定され、その中に EA は個体と呼ばれる解候補の集団を保持する。一方、制約条件のある最適化問題の実行可能領域は高次元空間内の多面体であり、その頂点の座標は既知であると仮定する。このとき、凸包写像は探索空間内の個体を、実行可能領域内の解に変換する。ここで、提案した凸包写像は探索空間から実行可能領域への全写像であることを証明した。したがって、凸包写像を用いて個体を解に変換すれば、本来の EA により制約条件のない最適化問題を解くことで、制約条件のある最適化問題の実行可能解が得られる。

図 11 の各点は 2 次元の探索空間内でランダムに生成した個体である。図 12 は最適化問題の実行可能領域であり、各点は図 11 の個体を凸包写像で変換した実行可能解である。図 12 から凸包写像による解集団は、探索空間内の個体集団と同様、実行可能領域内に広く分布する。



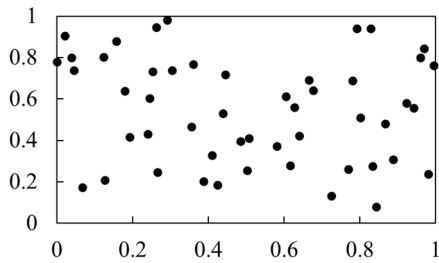


図 11 : 探索空間における個体集団

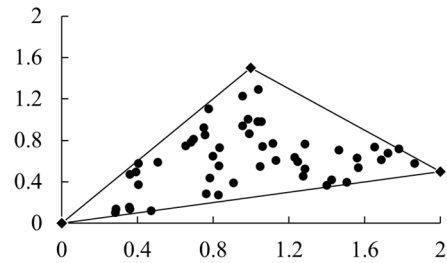


図 12 : 解空間における解集団

(5) 不確実性を考慮した SAW フィルタの電極構造設計[11]

図 13 に示す SAW フィルタの電極構造設計を CCP に定式化し、本研究で開発した適応型 DE に基づく大域的最適化手法を適用した。解候補が制約条件を満たす確率の評価には、切断 Halton 列と  $W\_ECDF$  を使用した。また、CCP の解候補（電極構造）の優劣は、SAW フィルタの周波数特性から評価した。図 14 は  $W\_ECDF$  により推定した最良解に対する通過特性の信頼区間である。

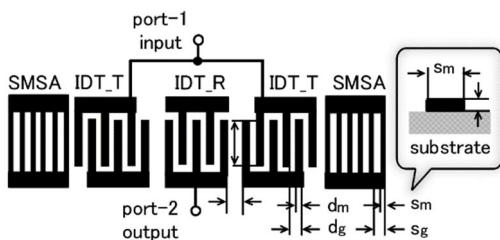


図 13 : SAW フィルタの電極構造

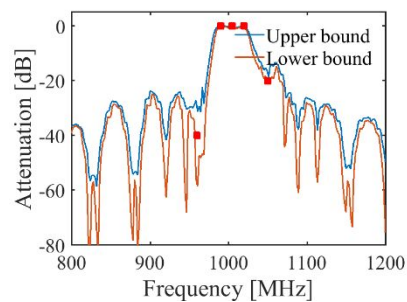


図 14 : SAW フィルタの通過特性

< 引用文献 >

- [1] 椎名孝之：確率計画法，朝倉書店（2015）
- [2] A. Prekopa：Stochastic Programming, Kluwer Academic Publishers (1995)
- [3] K. Tagawa：A statistical sensitivity analysis method using weighted empirical distribution function, Proc. of the 4th IIAE International Conference on Intelligent Systems and Image Processing, pp. 79-84 (2016)
- [4] K. V. Price, R. M. Storn, and J. A. Lampinen：Differential Evolution - A Practical Approach to Global Optimization, Springer (2005)
- [5] E. M. Montes and C. A. Coello Coello：Constraint-handling in nature-inspired numerical optimization: past, present and future, Swarm and Evolutionary Computation, Vol. 1, pp. 173-194 (2011)
- [6] 田川, 佐々木, 中村：Differential Evolution による SAW フィルタの多目的最適設計，電気学会論文誌 C, Vol. 130, No. 7, pp. 1238-1246 (2010)
- [7] 田川, 宮永：重み付き経験分布と差分進化による機会制約問題の解法と治水計画への応用，電気学会論文誌 C, Vol. 138, No. 10, pp. 1260-1268 (2018)
- [8] K. Tagawa：An approach to chance constrained problems using truncated Halton sequence and differential evolution with application to flood control planning, WSEAS Trans. on Systems, Vol. 18, pp.119-128 (2019)
- [9] K. Tagawa：An approach to chance constrained problems based on huge data sets using weighted stratified sampling and adaptive differential evolution, MDPI Computers, Vol. 9, No. 32, pp. 1-20 (2020)
- [10] K. Tagawa and Y. Orito：A mapping-based constraint-handling technique for evolutionary algorithms with its applications to portfolio optimization problems, SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration, pp. 1-15 (2022)
- [11] K. Tagawa：Critical fractile optimization method using truncated Halton sequence with application to SAW filter design, Proc. of PPSN 2018, pp. 464-475 (2018)
- [12] 田川聖治：銀行預金と銀行融資を利用した機会制約ポートフォリオ最適化問題の適応型差分進化に基づく解法，情報処理学会論文誌，TOM53, Vol. 12, No. 2, pp. 59-68 (2019)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計21件（うち査読付論文 20件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Tagawa Kiyoharu, Orito Yukiko	4. 巻 15(1)
2. 論文標題 A mapping-based constraint-handling technique for evolutionary algorithms with its applications to portfolio optimization problems	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration	6. 最初と最後の頁 62 ~ 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/18824889.2022.2040268	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 Tagawa Kiyoharu	4. 巻 -
2. 論文標題 A Mapping-Based Convex Constraint-Handling Technique for Evolutionary Algorithms	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. of the SICE Annual Conference 2021	6. 最初と最後の頁 808 ~ 813
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 田川聖治、折登由希子	4. 巻 12
2. 論文標題 融資を利用したポートフォリオ最適化問題に対する差分進化アルゴリズムの適用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 進化計算学会論文誌	6. 最初と最後の頁 26 ~ 35
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 Tagawa Kiyoharu	4. 巻 9
2. 論文標題 An Approach to Chance Constrained Problems Based on Huge Data Sets Using Weighted Stratified Sampling and Adaptive Differential Evolution	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computers	6. 最初と最後の頁 32 ~ 32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/computers9020032	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 Tagawa Kiyoharu, Orito Yukiko	4. 巻 140
2. 論文標題 Simultaneous Optimization of Interest Rate and Portfolio For Diversified Investment using Loan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 1257 ~ 1263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjeiss.140.1257	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 Tagawa Kiyoharu	4. 巻 -
2. 論文標題 An Interest Rate Decision Method for Risk-averse Portfolio Optimization using Loan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 5th International Conference on Complexity, Future Information Systems and Risk	6. 最初と最後の頁 15 ~ 24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5220/0009208400150024	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 Kiyoharu Tagawa	4. 巻 -
2. 論文標題 A support vector machine-based approach to chance constrained problems using huge data sets	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 52nd ISCIE International Symposium on Stochastic Systems Theory and Its Applications	6. 最初と最後の頁 46 ~ 53
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 Kiyoharu Tagawa	4. 巻 -
2. 論文標題 Data reduction via stratified sampling for chance constrained optimization with application to flood control planning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 25th International Conference on Information and Software Technologies	6. 最初と最後の頁 485-497
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 Kiyoharu Tagawa	4. 巻 -
2. 論文標題 A big data based approach to chance constrained problems using weighted stratified sampling and differential evolution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SICE Annual Conference 2019	6. 最初と最後の頁 1473-1478
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 田川聖治	4. 巻 12(2)
2. 論文標題 銀行預金と銀行融資を利用した機会制約ポートフォリオ最適化問題の適応型差分進化に基づく解法	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌, 数理モデル化と応用	6. 最初と最後の頁 59-68
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 Tagawa Kiyoharu	4. 巻 -
2. 論文標題 Group-based Adaptive Differential Evolution For Chance Constrained Portfolio Optimization Using Bank Deposit and Bank Loan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE Congress on Evolutionary Computation	6. 最初と最後の頁 1557-1564
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CEC.2019.8790109	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 Kiyoharu Tagawa	4. 巻 18
2. 論文標題 An approach to chance constrained problems using truncated Halton sequence and differential evolution with application to flood control planning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 WSEAS Transactions on Systems	6. 最初と最後の頁 119-128
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 Kiyoharu Tagawa	4. 巻 -
2. 論文標題 Chance constrained portfolio optimization using loan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IARIA The 12 International Conference on Information, Process, and Knowledge Management	6. 最初と最後の頁 34-39
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 Kiyoharu Tagawa	4. 巻 -
2. 論文標題 Extension of weighted empirical distribution and group-based adaptive differential evolution for joint chance constrained problems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Genetic and Evolutionary Computation Conference Companion	6. 最初と最後の頁 223-224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3205651.3205711	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 Kiyoharu Tagawa	4. 巻 11101
2. 論文標題 Critical fractile optimization method using truncated Halton sequence with application to SAW filter design	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Parallel Problem Solving from Nature XV, Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 464-475
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-99253-2_37	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 田川聖治, 宮永峻	4. 巻 138(10)
2. 論文標題 重み付き経験分布と差分進化による機会制約問題の解法と治水計画への応用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C	6. 最初と最後の頁 1260-1268
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.138.1260	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 Tagawa Kiyoharu	4. 巻 -
2. 論文標題 Truncated Halton Sequence and Adaptive Differential Evolution to Solve Joint Chance Constrained Problems with Application to Flood Control Planning	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 2nd European Conference on Electrical Engineering & Computer Science	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/EECS.2018.00087	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 Kiyoharu Tagawa, Shun Miyanaga	4. 巻 102(3)
2. 論文標題 An approach to chance constrained problems using weighted empirical distribution and differential evolution with application to flood control planning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Electronics and Communications in Japan	6. 最初と最後の頁 45-55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ecj.12148	査読の有無 無
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 Kiyoharu Tagawa	4. 巻 2
2. 論文標題 Chebyshev inequality based approach to chance constrained portfolio optimization	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Mathematical and Computational Methods	6. 最初と最後の頁 66-71
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 Tagawa Kiyoharu, Miyanaga Shun	4. 巻 -
2. 論文標題 Weighted empirical distribution based approach to Chance Constrained Optimization Problems using Differential Evolution	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proc. of IEEE Congress on Evolutionary Computation	6. 最初と最後の頁 97-104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CEC.2017.7969301	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 Tagawa Kiyoharu, Fujita Shohei	4. 巻 -
2. 論文標題 Chebyshev Inequality Based Approach to Chance Constrained Optimization Problems Using Differential Evolution	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 8th International Conference on Swarm Intelligence ICSI2017	6. 最初と最後の頁 440-448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-61824-1_48	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18件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 田川聖治
2. 発表標題 線形制約付き最適化問題に対する凸包写像に基づく制約対処法
3. 学会等名 2021年 電気学会 電子・情報・システム部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田川聖治
2. 発表標題 大規模不均衡データに対する2段階無作為抽出法の提案
3. 学会等名 第133回数理モデル化と問題解決研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 田川聖治、坂本和誠
2. 発表標題 大規模データに基づく機会制約問題に対するサポートベクトルマシンの学習法
3. 学会等名 計測自動制御学会 システム・情報部門 学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田川聖治、鈴木裕也
2. 発表標題 融資を利用した分散投資問題に対する適応型差分進化の適用
3. 学会等名 令和2年電気関係学会関西連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田川聖治
2. 発表標題 重み付き層化抽出法と差分進化によるビッグデータに基づく機会制約問題の解法
3. 学会等名 電気学会, システム/分野横断型新システム創成合同研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田川聖治, 折登由希子
2. 発表標題 融資を利用した分散投資問題
3. 学会等名 情報処理学会, 第127回数理モデル化と問題解決研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田川聖治, 綿谷剛至
2. 発表標題 銀行預金と銀行融資を利用した機会制約ポートフォリオ最適化
3. 学会等名 情報処理学会, 第120回数理モデル化と問題解決研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田川聖治
2. 発表標題 切断Halton列によるフラクタイル最適化と表面弾性波フィルタ設計への応用
3. 学会等名 計測自動制御学会, システム・情報部門学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田川聖治
2. 発表標題 銀行の預金と融資を利用したポートフォリオ最適化の検討
3. 学会等名 電気学会, システム産業計測制御合同研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田川聖治
2. 発表標題 ビッグデータに基づく機会制約問題の適応型差分進化による解法
3. 学会等名 情報処理学会, 第122回数理解モデル化と問題解決研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田川聖治, 綿谷剛至
2. 発表標題 多目的機会制約問題に対するチェビシェフの不等式に基づく差分進化
3. 学会等名 第11回コンピュータショナル・インテリジェンス研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田川聖治, 藤田翔平
2. 発表標題 機会制約問題のチェビシェフの不等式に基づく解法
3. 学会等名 電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 綿谷剛至, 田川聖治
2. 発表標題 多目的機会制約問題のチェビシェフの不等式に基づく解法
3. 学会等名 電気関係学会東北支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮永峻, 田川聖治
2. 発表標題 同時機会制約問題に対する差分進化
3. 学会等名 計測自動制御学会四国支部学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤田翔平, 田川聖治
2. 発表標題 多目的同時機会制約問題に対する差分進化の高速化
3. 学会等名 計測自動制御学会四国支部学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田川聖治, 綿谷剛至
2. 発表標題 差分進化アルゴリズムによる機会制約ポートフォリオ最適化
3. 学会等名 計測自動制御学会四国支部学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田川聖治
2. 発表標題 重み付き経験分布と差分進化による機会制約問題の解法
3. 学会等名 第116回数理モデル化と問題解決研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田川聖治
2. 発表標題 重み付き経験分布と適応型差分進化による機会制約問題の解法
3. 学会等名 第45回知能システムシンポジウム
4. 発表年 2018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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------