

令和 6 年 4 月 22 日現在

機関番号：17104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20K11954

研究課題名(和文) ルール生成による不完全情報表からの機械学習とその応用

研究課題名(英文) Machine learning from incomplete information table by rule generation and its application

研究代表者

酒井 浩 (Sakai, Hiroshi)

九州工業大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：60201513

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)：実装しているNIS-アプリアリ法(不完全な情報表NISから確実ルールを生成する)を利用して、表データにおける欠損値補完の手法を研究した。対象xの属性Aが欠損値である場合、属性Aを決定属性にした確実ルールを生成し、xにヒットした最も強い確実ルールの結論部で欠損値を補完する。本枠組みは従来に無い手法と考えられ、そのための新たな実行環境を実現した。交差検証による実験では、一様に都合のよい補完を得なかったが、属性Aへの強い依存関係を有する属性がある場合には高い精度で真値を補完できた。UCIのCongressional Votingデータでは強い確実ルールが存在し、精度93%で真値を補完できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

表データにおける欠損値の問題は古くから取り上げられており、主に統計的な手法が用いられる。しかし、表データがカテゴリカルな値を持つ場合、例えば血液型データのように平均や分散などの統計量が明確にならないことも考えられる。今回提案している欠損値補完法はカテゴリカルな値を研究対象にしており、統計的手法にはなじまない場合の新たな欠損値補完法に繋がると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Using the implemented NIS-Apriori method (generating certain rules from an incomplete information table NIS), we studied a method for missing value imputation in tabular data. If attribute A of instance x is missing, certain rules with attribute A as the decision attribute are generated, and the missing value is filled in with the conclusion part of the strongest certain rule that hits x. This framework is considered an unprecedented method, and we have created a new execution environment. In cross-validation experiments, we did not obtain uniformly favorable imputation. Still, when an attribute had a strong dependency on attribute A, we could impute the true value with high accuracy. The Congressional Voting data in the UCI repository has strong certainty rules, and our method imputed the true value with an accuracy of 93%.

研究分野：データサイエンス

キーワード：表データ解析 ルール生成 不完全情報 NIS-アプリアリアルゴリズム 欠損値補完 データマイニング  
ルール生成による機械学習 ラフ集合と粒状計算

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 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

研究代表者は Pawlak のラフ集合と Agrawal のアプリアリ法を融合し、ルール生成の手法 DIS-アプリアリ法 (通常の情報表 DIS からルールを生成する)、NIS-アプリアリ法 (欠損値を含む情報表 NIS から確実ルールと可能性ルールを生成する) を提案し、およそその実装を行っていた。

例えば、UCI データレポジトリにある Phishing 表データセット DIS (1353 件のウェブサイトのデータとそのサイトの判定、Result=1 (Normal)、Result=0 (Suspicious)、Result=-1 (Phishing)) において DIS-アプリアリ法により、下記ルール

```
('popUp', '1')==>('Result', '-1') support=0.123, accuracy (confidence)=0.918
```

```
('popUp', '-1')('SSL', '-1') ==>('Result', '1') support=0.092, accuracy=0.969
```

```
('SFH', '1')('Request', '0') ==>('Result', '-1') support=0.116, accuracy=0.929
```

などを容易に得ることができた。実装した処理系は欠損値を含む表データも様に処理できるためその汎用性が高く、得られたルールの応用を検討できた。それらを以下に列挙する。

- (1) 得られたルールを利用する意思決定支援環境の構築とその応用
- (2) 得られたルールを利用する欠損値補完
- (3) 繰り返し欠損値を補完することによる NIS から DIS を学習する体系
- (4) 記述子の再定義による大規模表データから変換された頻度付き表データのルール生成
- (5) 情報の不完全性の定義を変化させた場合のルール生成の数理的意味付け

具体的なルール生成環境が無ければ、(1)から(5)を検討してもその裏付けを検証する手段が無くアイデアだけで終わるため、これらの設定は難しかったと思われる。しかし、ルール生成環境が整ったことにより、次なる課題としてこれらの設定を行うことができた。科研における研究課題として特に(2)と(3)を前面に出し、ルール生成による機械学習のタイトルの下(1)から(5)の研究を進めた。(5)については研究協力者が主体となり研究を進めることにした。そして、(1)から(5)に取り組む過程で、次の2課題を新たに追加した。

- (6) 得られたルールを利用する属性間の依存関係検出
- (7) 表データ以外のデータも利用するルール生成、異種データを統合したルール生成

### 2. 研究の目的

情報に不完全性が無い場合の表データ解析に加えて、情報に不完全性がある場合の表データ解析を進展させることを研究目的としている。DIS-アプリアリ法から NIS-アプリアリ法へと発展させたルール生成は、この研究目的に対する1つの達成事項である。しかし、この達成事項が確立したことで、また新たな課題(当初の背景の(1)から(5)および(6)と(7))への取り組みが可能となった。これらの課題への対応を検討することで表データ解析の守備範囲を広げることができる。と考える。

また、ルールは統計学における回帰式に相当すると考えられる。数値表データ解析には主に統計的な手法が用いられる。しかし、表データがカテゴリカルな値を持つ場合、例えば血液型データのように平均や分散などの統計量が明確にならないことも考えられる。新たな課題は統計的手法になじまない部分を対象にしており、統計的枠組みの補強にも繋がると考える。

### 3. 研究の方法

基本、表データ DIS で通常行われている解析手法をどのように展開すれば NIS の解析手法に発展できるかを検討し、数理的体系を構築、その後シミュレーションプログラムの作成、具体的データの解析実験、実行結果から数理的体系の評価を行う手順で研究を進めた。当初、SQL 言語によるシミュレーションプログラムを考えていたが、研究室の学生の協力も受けて研究2年目ころから Python 言語による実装を図った。実験用の DIS や NIS には UCI レポジトリ中のデータを用いた。

### 4. 研究成果

上記、課題(1)から(7)に対する活動とその成果を列挙する。

- (1) 得られたルールを利用する意思決定支援環境の構築とその応用  
結論が不明なインスタンスの要件が与えられる場合に、要件にヒットするルールの結論部により結論付けを行うツールを実装した。意思決定支援への一応用である。図1は先に示した Phishing データに基づく例である。中央上部のファイルにルール生成の定義、左上は

support $\geq$ 0.001 , accuracy $\geq$ 0.8 による条件部が 1 個の極小ルール , 左下は条件部が 2 個の極小ルールの一部である . 各リストの最後の値は lift 値である . 右上のファイルで 2 つの要件が指定されており , 右下では要件にヒットするルールで accuracy 値最大のルールの適用 , lift 値最大のルールの適用が成されている . 要件にヒットするのはルール 12 だけであり , Result=-1(Phishing)を結論付けている . ルール生成の定義 , 要件をファイルに指定することでほぼ自動的に結論を得ることができる . 詳しい成果は , 発表論文 IJSKM692 , jsoft33.1\_506 , jsoft32.4\_747 にある .

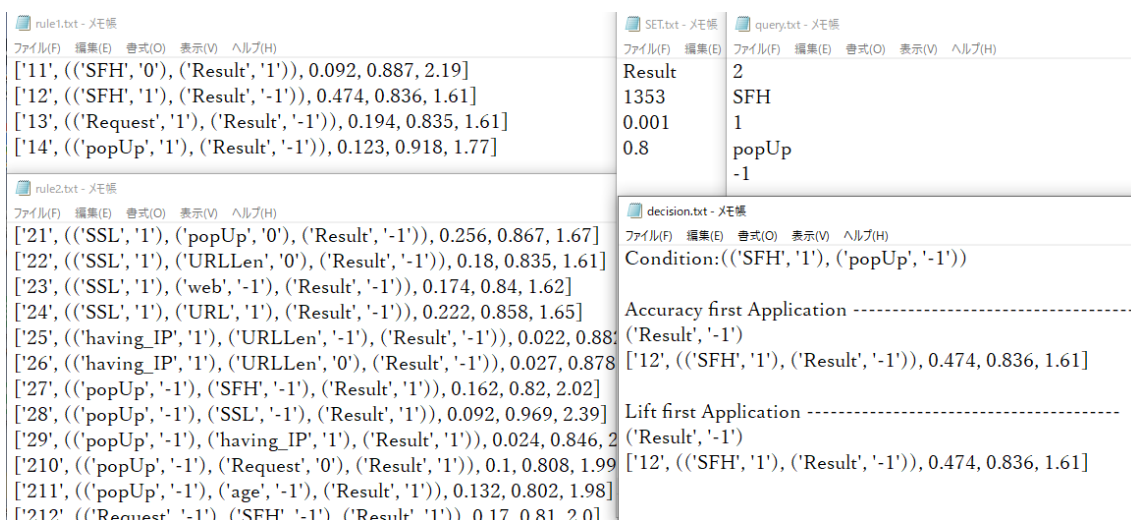


図 1 . 要件にヒットするルールによる結論付けの実行例 .

(2) 得られたルールを利用する欠損値補完

図 1 の中央上部の決定属性の指定(ここでは Result)を変えることで , 異なる結論部を持つルールを生成できる . この性質を用い NIS の属性 A に欠損値がある場合 , A を決定属性にして(1)の枠組みを応用すれば欠損値を補完できる . この際 , NIS- アプリオリ法は確実ルールを生成するので , 情報に不完全性があっても(1)の枠組みを実行できる .

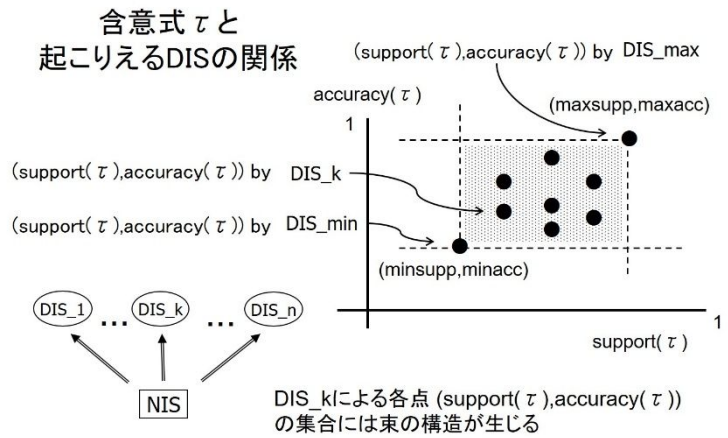
研究では , 本補完法の妥当性と精度の保証を実験を通して調べた . 属性 A を決定属性とし , A に欠損値があるインスタンスをすべて取り除き , 改めて A にランダムに欠損値を追加して NIS\* を作った . NIS\* では属性 A の真値がわかっており , 補完後の値と真値の一致の度合いを補完の精度として計算した . 結果 , 各 NIS\* で一様に都合のよい補完にはならなかったが , 属性 A への強い依存関係を有する属性がある場合には高い精度で真値を補完できた . UCI の Congressional Voting データ NIS ( 米国の議会の例 , 435 インスタンス , 15 条件属性 , 決定属性は a1 で属性値は democrat または republic , 288 欠損値 ) では属性 a1 から a5 への下記 2 つの強い確実ルールが存在し , a5 の 29 個の欠損値中 27 個を真値で補完(精度 93%)できた .

( 'a1', 'dem') ==> ( 'a5', 'n'), minsupp=0.5, minacc=0.935  
 ( 'a1', 'rep') ==> ( 'a5', 'y'), minsupp=0.457, minacc=0.981

この 2 つのルールは , 情報の不完全性のために起こりえる表の数が 2 の 288 乗(10 の 80 乗程)ある中で , どの表においても accuracy 値が 0.935 や 0.981 以上の値を取り , 不完全な情報下においても強く主張できる式になっている . NIS- アプリオリ法はこのようなルールを生成できる . 通常 , 10 の 80 乗個の DIS に依存する計算は難しいと考えられる . しかし , この問題に対しラフ集合の同値類の概念により下記の性質を証明し , 効果的計算法を開発している .

- (A) 含意式ごとに , support 値と accuracy 値を同時に最小にする表 DIS\_min が存在する . そのときの値を minsupp , minacc と記述している .
- (B) 含意式ごとに , support 値と accuracy 値を同時に最大にする表 DIS\_max が存在する . そのときの値を maxsupp , maxacc と記述している .
- (C) 4 つの値 minsupp , minacc , maxsupp , maxacc は同値類の変種 inf と sup を用いおよそそれらの多項式時間で計算でき , DIS\_min と DIS\_max が満たす要件も決まる .
- (D) この手順は起こりえる表の個数に依存しない .

この結果より , 含意式ごとに図 2 が示す配置となる . 起こりえる表による点(support , accuracy)の集合には束の構造が発生し , DIS\_min と DIS\_max の 2 点を調べることで確実ルール(起こりえる表いづれでもルールになる)と可能性ルール(起こりえる表の少なくとも 1 つでルールになる)を判定できる . アプリオリアルゴリズムにこの指標値のチェックを組み込んで , NIS- アプリオリアルゴリズムとしている . 詳しい式は発表論文 jsoft32.4\_747 , jsoft35.4\_746 にある .



$$\text{minsupp}(\tau) = \frac{|\text{inf}(\wedge_{A \in \text{CON}} [A, \text{val}_A]) \cap \text{inf}([\text{Dec}, \text{val}])|}{|\text{INS}|}$$

$$\text{minacc}(\tau) = \frac{|\text{inf}(\wedge_{A \in \text{CON}} [A, \text{val}_A]) \cap \text{inf}([\text{Dec}, \text{val}])|}{|\text{inf}(\wedge_{A \in \text{CON}} [A, \text{val}_A])| + |\text{OUTACC}|}$$

$$\text{OUTACC} = \{ \text{sup}(\wedge_{A \in \text{CON}} [A, \text{val}_A]) \setminus \text{inf}(\wedge_{A \in \text{CON}} [A, \text{val}_A]) \} \setminus \text{inf}([\text{Dec}, \text{val}]).$$

図2. 起こりえる表と含意式の評価値との関係, minsupp と minacc の計算式.

(3) 繰り返し欠損値を補完することによるNISからDISを学習する体系

NISにおける欠損値を含む属性に対して(2)を逐次適用することで, NISからDISを得ることも考えられる. これをルール生成によるNISからDISへの機械学習として提案した. シミュレーションプログラムを作成し, 実験を行った. UCIレポジトリのマンモグラフィックデータの実行例, 図3を使い概要を述べる.

図3, 左端のLSETファイルに補完する属性の順番と确实ルールの要件を指定し, この順に(2)を適用した. 左下のcondition\_learn.txtファイルによると学習プログラムは約2.6(sec)で178個の欠損値に対して100個の補完を行っている. 補完された部分には, その値と用いた最強な确实ルールの番号, minsupp値, minacc値が表示されている. これらの指標値の強さが補完の妥当性を保証している. 一般に, 定義におけるminacc値を上げると補完の個数は減り補完の精度は上がる. 逆の場合には補完の個数が増えその精度は下がる. この手法には追加情報は必要なく, 教師なし学習になっている. 本手法の妥当性については, さらなる検討が必要であると考え. (2)と(3)の詳しい成果は, 発表論文jsoft35.4\_746にある.

	A	B	C	D	E	F	G
1	object	assess	age	shape	margin	density	severity
2	1	5	elder	3	5	3	1
3	2	4	middle	1	1	"(3)[14', 0.409, 0.883]	1
101	100	4	middle	2	1	3	0
102	101	5	senior	2?	"(3)[11', 0.322, 0.878]	0	
103	102	4	elder	2?	"(3)[12', 0.254, 0.881]	0	
104	103	4	senior	4	4	"(3)[17', 0.376, 0.872]	0
105	104	4	young	2	"(1)[11', 0.045, 0.86]	"(3)[18', 0.039, 0.822]	0
106					1	"(3)[16', 0.315, 0.842]	0
107					1	"(3)[16', 0.315, 0.842]	0
108					1	"(3)[14', 0.409, 0.883]	1
109					1?		0
110					1	3	0

図3. マンモグラフィックデータの各欠損値を要件にヒットする最強な确实ルールで属性ごとに逐次補完した例. このとき, 4の178乗(10の100乗程度)の起こりえる表がある.

(4) 記述子の再定義による大規模表データから変換された頻度付き表データのルール生成

UCI レポジトリの Htru2 データ DIS (超新星爆発のデータ, 17898 インスタンス, 8 条件属性, 決定属性は class=0 (超新星でない), class=1 (超新星)) は数値データであり, そのまま処理すると support 値がおよそ 1/17898 となり不都合であるため離散化と記述子の再設定をした. この際, 異なるインスタンスが同じタプルになり, 確認すると 17898 インスタンスが 144 の新たなインスタンスになった. 離散化により異なる 4431 インスタンスが 1 インスタンスとなる場合もあった. この性質を利用し頻度付きデータ用の FDIS-アプリオリ法 (DIS-Apriori with Frequency) を提案・実現した. FDIS-アプリオリは DIS-アプリオリと同じルールを生成し, Htru2 の場合実行時間が 2.33(sec) から 0.08(sec) に向上した. 詳しい成果は発表論文 IFIP 誌にある.

(5) 情報の不完全性の定義を変化させた場合のルール生成の数理的意味付け

本課題では, ラフ集合とファジイ集合の関係でルール生成を行う際の数理的特徴付けが検討された. 研究協力者が積極的に内容を進め, Lipski の体系と Kryszkiewicz の体系の比較検討を行っている. 詳しい成果は, 第一著者が Nakata である発表論文にある.

(6) 得られたルールを利用する属性間の依存関係検出

(2)と(3)を進めながら本課題の必要性を認識した. 欠損値補完の精度はおよそ属性間の依存関係に影響されると把握できたため, 依存関係があれば都合の良い補完をできるし, そうでなければ信頼できる補完は難しいと考えられる. 依存関係の把握には通常, 条件属性と決定属性を決めてその依存度を計算しその値によって判断するが, 全条件属性のべき集合の扱いになるため計算の手間は重い. ところが, ルールの集合がある場合には注目する属性を含むルールの support 値の和を取れば, およその依存度を把握できると認識した. 現在, DIS や NIS から得られたルールによる属性の依存関係把握を詰めており, 受理された国際会議論文の研究発表を近く行う予定である.

(7) 表データ以外のデータも利用するルール生成, 異種データを統合したルール生成

本課題は(4)への取り組みから派生した. 今まで, 暗黙のうちに表データにおける属性と属性値の組を記述子とし, 記述子の含意式でルールを記述してきた. しかし, 表以外のデータも利用してルールを作れば望ましい. そこで, 「表データで定義される記述子を用い, 表が定義する同値類を利用してルールを作る」から「データに対する記述子与え, その記述子に付随する同値類をデータから作りルールを作る」体系を Descriptor-based Information System (DbIS)として提案した(図 4). 異種データの組み合わせではインスタンスの集合が異なる場合, 組み合わせ時に欠損が生じることもあるが, NIS の利用によりこの問題を解決できる. 詳しい成果は, 発表論文 IUKM2023, SCIS2022 誌にある.

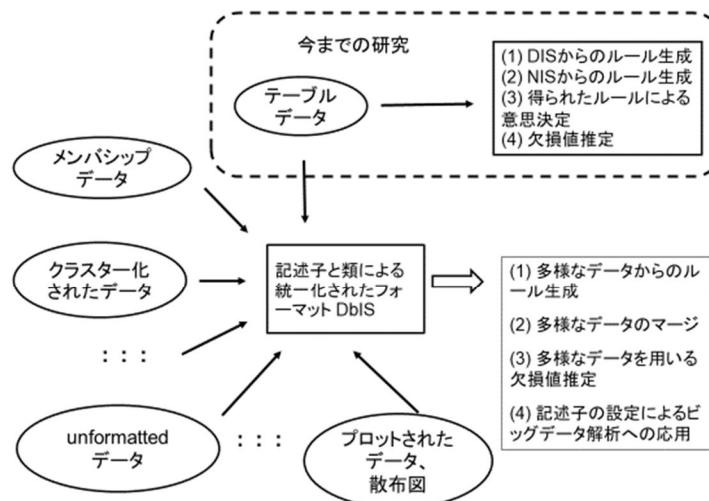


図 4. DbIS による統合された異種データからのルール生成.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 16件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Sakai Hiroshi, Nakata Michinori	4. 巻 14376
2. 論文標題 Descriptor-Based Information Systems and Rule Learning from Different Types of Data Sets with Uncertainty	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. IUKM2023, Springer LNAI	6. 最初と最後の頁 255 ~ 266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-46781-3_22	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 酒井浩、中田典規	4. 巻 35
2. 論文標題 ラフ集合非決定情報解析における欠損値補完とルール生成による機械学習に向けた試み	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 知能と情報 : Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 746 ~ 758
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3156/jsoft.35.4_746	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 Hiroshi Sakai, Zhiwen Jian	4. 巻 7 (1)
2. 論文標題 Rule Generation from Several Types of Table Data Sets and Its Application: Decision-Making with Transparency and an Improved Execution Environment	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Service and Knowledge Management ( International Institute of Applied Informatics )	6. 最初と最後の頁 1-17 (IJSKM692)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.52731/ijskm.v7.i1.692	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 Nakata Michinori, Saito Norio, Sakai Hiroshi, Fujiwara Takeshi	4. 巻 14481
2. 論文標題 Kryszkiewicz 's Relation for Indiscernibility of Objects in Data Tables Containing Missing Values	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. Rough Sets. IJCRS 2023. LNCS, Springer	6. 最初と最後の頁 170 ~ 184
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-50959-9_12	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 Nakata Michinori, Saito Norio, Sakai Hiroshi, Fujiwara Takeshi	4. 巻 14376
2. 論文標題 Extending Kryszkiewicz ' s Formula of Missing Values in Terms of Lipski ' s Approach	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proc. IUKM2023, Springer LNAI	6. 最初と最後の頁 294 ~ 305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-46781-3_25	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 Sakai Hiroshi, Nakata Michinori	4. 巻 no
2. 論文標題 Apriori-based Rule Generation with Three-way Decisions for Heterogeneous and Uncertain Data	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings - SCIS-ISIS 2022	6. 最初と最後の頁 1-6 (T-3-E-2)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SCISISIS55246.2022.10001979	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 Nakata Michinori, Saito Norio, Sakai Hiroshi, Fujiwara Takeshi	4. 巻 39
2. 論文標題 Rough Sets and Rule Induction by an Approach Based on Coverings in Information Tables	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Multiple-Valued Logic and Soft Computing	6. 最初と最後の頁 463 ~ 484
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 Nakata Michinori, Saito Norio, Sakai Hiroshi, Fujiwara Takeshi	4. 巻 13199
2. 論文標題 The Lattice Structure of Coverings in an Incomplete Information Table with Value Similarity	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. IUKM2022, LNAI ( Springer )	6. 最初と最後の頁 16 ~ 28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-98018-4_2	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 Sakai Hiroshi	4. 巻 46
2. 論文標題 Studies on Association Rule-based Table Data Analysis and Its Applications - New Mathematics for Data Sciences -	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Combinatorics, Information & System Sciences	6. 最初と最後の頁 115 ~ 230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.32381/JCISS.2021.46.1-4.3	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 Sakai Hiroshi, Jian Zhiwen	4. 巻 623
2. 論文標題 Granulated Tables with Frequency by Discretization and Their Application	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IFIP Advances in Information and Communication Technology, Springer	6. 最初と最後の頁 137 ~ 146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-74826-5_12	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 Sakai Hiroshi, Jian Zhiwen	4. 巻 no
2. 論文標題 Rules from Table Data Sets and Their Application to Decision Support	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings IIAI-AAI 2021 ( IEEE )	6. 最初と最後の頁 16 ~ 22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IIAI-AAI53430.2021.00003	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 簡志文、酒井浩	4. 巻 33
2. 論文標題 アプリアリ法によるルール生成とルールによる説明可能な結論付けの機能について	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 知能と情報 : Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 506 ~ 510
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3156/jssoft.33.1_506	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 Nakata Michinori, Saito Norio, Sakai Hiroshi, Fujiwara Takeshi	4. 巻 12872
2. 論文標題 Possible Coverings in Incomplete Information Tables with Similarity of Values	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proc. IJCRS2021, LNAI ( Springer )	6. 最初と最後の頁 83 ~ 89
掲載論文のDOI ( デジタルオブジェクト識別子 ) 10.1007/978-3-030-87334-9_7	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 酒井浩、中田典規、和多田淳三	4. 巻 32
2. 論文標題 ラフ集合非決定情報解析とNIS-アプリオリシステム - 可能世界意味論に基づくルール生成システム -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 知能と情報 : Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 747 ~ 758
掲載論文のDOI ( デジタルオブジェクト識別子 ) 10.3156/jsoft.32.4_747	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 Jian Zhiwen, Sakai Hiroshi, Ohwa Takuya, Shen Kao-Yi, Nakata Michinori	4. 巻 12179
2. 論文標題 An Adjusted Apriori Algorithm to Itemsets Defined by Tables and an Improved Rule Generator with Three-Way Decisions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IJCRS 2020, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Cham.	6. 最初と最後の頁 95 ~ 110
掲載論文のDOI ( デジタルオブジェクト識別子 ) 10.1007/978-3-030-52705-1_7	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 Nakata Michinori, Sakai Hiroshi, Hara Keitarou	4. 巻 77
2. 論文標題 Rough Sets and Rule Induction from Indiscernibility Relations Based on Possible World Semantics in Incomplete Information Systems with Continuous Domains	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Studies in Big Data, Springer, Cham.	6. 最初と最後の頁 3 ~ 23
掲載論文のDOI ( デジタルオブジェクト識別子 ) 10.1007/978-3-030-59338-4_1	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6件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 酒井浩
2. 発表標題 自己取得したルールを用いる欠損値推定について
3. 学会等名 第38回日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sakai Hiroshi
2. 発表標題 Rule Generation from Table Data Sets and Its Application
3. 学会等名 Second Virtual International Conference on Robotics, Intelligent Automation and Control Technologies (RIACT 2021) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 酒井浩
2. 発表標題 ラフ集合非決定情報解析と機械学習について
3. 学会等名 第37回日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 酒井浩
2. 発表標題 ラフ集合、アプリアリ法、アンサンブル学習と 説明可能なAIに関する考察
3. 学会等名 第36回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroshi Sakai
2. 発表標題 A Consideration about Rough Sets, the Apriori Algorithm, Ensemble Learning, and the Rule-based Functionality for Explainable AI
3. 学会等名 FIM2020 - SYNERGIES IN COMPUTATIONAL, MATHEMATICAL, STATISTICAL AND PHYSICAL SCIENCES ( Stella Maris College Campus, Stella Maris College Campus, Chennai, India (Virtual conference) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroshi Sakai
2. 発表標題 Granulated Tables with Frequency by Discretization and Their Application
3. 学会等名 The Fourth International Conference on Intelligence Science (ICIS2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>下記ウェブページに行った実験の実行動画をUpしている。  <a href="https://www.mns.kyutech.ac.jp/~sakai/RNIA/">https://www.mns.kyutech.ac.jp/~sakai/RNIA/</a></p>
---

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
研究協力者	中田 典規  (Nakata Michinori)		

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