

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01251

研究課題名（和文）プライバシーに配慮した組織横断的データ活用による意思決定支援モデルに関する研究

研究課題名（英文）Decision Aiding Models for Cross-Organizational Data Usage with Privacy Concern

研究代表者

円谷 友英（Entani, Tomoe）

兵庫県立大学・応用情報科学研究科・准教授

研究者番号：10346702

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：プライバシーに配慮した組織間データの共有の在り方を検討して、包絡分析法（DEA）に基づいた効率性評価に焦点をあてて研究を実施した。小規模組織が単独で持つデータによる分析では不十分な場合に、他組織のデータが利用できればその質が向上することは容易に想像できる。そこで、効率性評価におけるプライバシーに配慮してデータを共有する具体的な手法を提案し、共有に際して生じる情報量と計算量のトレードオフを定量的に測定することで実用可能性を示唆した。その研究成果は国際会議で発表するとともに論文誌にも発表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的意義は、効率性評価手法であるDEAでは時系列・大規模・欠損といった多様なデータの取り扱いが提案されているものの、まだまだ検討されていなかったプライバシーへの配慮が必要なデータ、たとえば、他組織のデータの利用にまで進展させることができた点にある。また、多組織間のデータ共有で分析の質向上だけでなく、評価される対象である個別データ提供者は他組織も考慮した公平な評価や他組織に属すると仮定した評価を知ることができる。こういった多面的な評価を実現することには社会的意義がある。

研究成果の概要（英文）：As an example of the cross-organizational data usage concerning privacy, we focused on efficiency evaluation based on data envelopment analysis (DEA). Because of insufficient data, it is difficult for a small organization to ensure a high-quality analysis. So, it is eager to use the data of other organizations, while there is often a barrier of privacy. Therefore, we proposed a method to share the data concerning privacy in DEA and measured the trade-off between the information reduction and calculation cost for applying real problems. These researches are presented in international conferences and published in the journals.

研究分野：意思決定支援

キーワード：意思決定支援 匿名化 不完全性

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

パーソナルデータの利活用を可能とする法整備が整いつつあることを受けて、その利用のためのデータ処理・解析技術や特性を活かした活用法に関する研究開発が行われている。高度情報化社会においては、より詳細な分析のために、個人識別性を有するデータが収集されることも増えている。たとえば、顧客-購入商品の購買履歴データのような2項間の関連性をもとにした関係性データ解析が重要性を増しているものの、一方では個人が特定されることへの懸念も広がっている。組織内での利用に限定されている間は非常に有用である個人識別性ありのデータだが、それを組織横断的に相互利活用するにはプライバシーへの配慮が欠かせない。組織横断的に分散・蓄積されている関係性データの有効活用のアプローチのひとつとして、匿名化によるプライバシー保護を考慮してデータ共有を促すことによるより汎用なデータに基づいた意思決定支援モデルの開発がある。

2. 研究の目的

情報通信機器の発展によりビックデータのような大量のデータからの情報や知識の獲得は注目を集めており、さまざまな組織や集団で多くのデータが蓄積されている。組織ごとに収集されたデータは、たとえ同種のデータであったとしても相互利用には困難を伴う。そこで、本研究の目的は、集団意思決定手法のグループ区間 AHP 手法にクラスタリングによる k-匿名化手法を融合することで、異なる組織や集団が収集した同種のデータを匿名性と情報量に配慮しながら相互利用できるモデルを提案して、データ提供者の意思決定に有用な情報をフィードバックする集合知に基づく意思決定支援システムを構築することである。

3. 研究の方法

本研究の位置づけは、多くの組織に眠る未活用データの活用の実現に寄与することである。複数の組織間で個々の不足を補ったより汎用性が高いデータを共有して各組織で個人の意思決定を支援するために、プライバシー保護と個人へのフィードバックの2つの要素研究でアプローチした。一つ目のアプローチとして、組織横断的なデータ相互利用のために、利用目的を踏まえて個人識別性ありデータを要約データに変換する方法を提案した。ここではプライバシーの保護レベルのみならず、データ分析に必要な情報量にも配慮した。データの匿名化における情報損失を低減に関する指標は汎用性が高い既存の基準だけでなく利用目的に整合した評価基準の導入を検討した。二つ目のアプローチとして、個人特性を明確化については、個人が与えるあいまいなデータから他者や集団との関係性を適宜反映しながら個性の発見を実現した。データ相互利用が可能になると、自組織の個人識別性ありデータに基づいた分析だけでなく、他組織からの匿名化データを用いた分析、さらには両データを融合した仮想グループに対する分析へと展開が必要となる。それにより個人はより多面的な観点からのフィードバックを得ることができる。このとき、個人識別性ありのデータとそうでない要約データという異なる種類のデータを同時に取り扱えるようモデル設計を工夫した。

4. 研究成果

プライバシーへの配慮が求められるパーソナルデータに関する情報収集を行い利活用のトレンドを把握した。インターネット上でのプライバシーに法律やルールに基づいた定義はあるものの、個人個人で認識が異なるため一律に扱うことができないことからデータ提供者の価値観にも配慮が必要であることが明らかになった。したがって、具体的なデータ分析の目的に即した組織間データ共有のあり方を検討することとして効率性評価をひとつの題材とした。各組織は複数の評価対象に関するデータを所有しているとき、2つ以上の組織がもつデータを活用すれば俯瞰的により公平な立場で評価対象を評価することができ、そのような評価結果は評価対象の納得性も確保しやすい。互いの組織で生データやそれらが推測できるデータをやりとりせずに評価対象の相対的効率値を求めるため、区間 DEA(包絡分析法)をベースにしたモデルを提案した。具体的には、相対的に効率性評価を行うには個々のデータではなくそれらによってどのような領域が構成されるかがキーとなることから、オリジナルデータから領域を表すデータへと変換した。データ変換により計算量は増加するが、自組織と他組織の両方のデータを生データやそれらが推測できるデータをやりとりせずに互いの組織で分析に用いることができるメリットは十分に大きい。

評価される対象の立場からは、自組織に限られた評価だけでなく、他組織も含めた大きなグループ内での評価や仮に他組織内で評価される場合の仮想評価を知ることができる。評価対象に有益な情報を提供することができることのみならず、こういった多面的な評価を実現することは社会的にも意義がある。そして、データ変換に関わる計算を簡略化した。オリジナルデータを共有する場合と比べると効率値の精度低下は止むを得ない。これは異なる組織間のデータの相関を考慮できないことが要因である。この低下が受け入れられる程度であるかを検討するために効率値の精度を示す指標を差分と比率の2点から定義して、各組織が大きい場合と小さい場合という明示的な例題を用いて検証した。図1に改良前と改良後の変換データを用いた場合の効率値の差分の累積分布を示す。これより、組織が小さい方が計算簡略化による影響は大きいですが、精度低下は他組織のデータを反映できることを鑑みると実用的に許容される範囲であり、改良モデルの有効性が示された。ここまでは自組織と他組織という一対一の関係を取り扱っていい

たが、他組織が複数ある場合、すなわち、一对多の関係へと容易に拡張することができる。これによりデータ利活用で不利とされる小規模な組織でも、データ収集・蓄積力において優位とされる大規模組織と同等の性能を持つシステムを構築できる可能性がある。

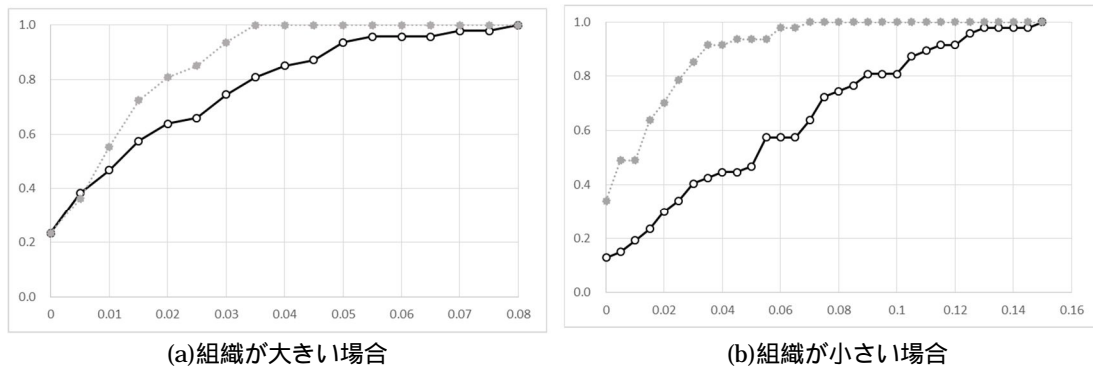


図 1：改良前後の効率値の差分

ここで、組織を個人に置き換えて考えると、個人が自分以外の者のデータを有効に取り込んだ俯瞰的な視点で自己評価を行なうができる。この点に新たな意義を見出して、個人活動の評価の一例として、具体的に外国語作文添削に應用して対象個人の評価を同じ小グループに属する他者を踏まえて行なう手続きで実験を行なった。図 2 に単独での評価と他者を考慮したときの評価の相違を示す。対象個人単独では見落とされてしまう基準 B が他者を考慮することで個性として浮かび上がる。こうして得られた結果を専門家（添削者）に示したところ、概ね理解できるというだけでなく一部には自身があまり意識していなかったものの指摘されて納得できる点もあったというコメントが得られた。加えて、自分以外の添削者の評価結果との比較が知りたいという要望があった

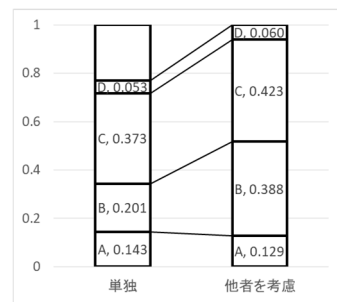


図 2：他者も考慮

ので複数の添削者に対応できるよう改良の必要がある。さらに別の応用可能性としては、マーケティングの視点からは他者との比較から導いた個人の嗜好に基づいた商品推薦やパーソナルデータの活用という視点からは健康や財務状況の評価が挙げられる。

組織間データ共有により自組織のオリジナルデータと他組織からの要約データを用いた分析を行うと、データ提供元である各対象に対して、その対象に関する多面的評価だけでなく他組織と比較した自組織の評価もフィードバックすることができる。個別評価を詳細に検討すると、対象の自組織や他組織を含めた分析により、たとえば、ランキングを知ることができる。このとき、自組織と他組織を同等に扱うだけでなく、自組織内での評価を補完する形で他組織のデータを用いることも考えられ、他組織の影響力を最大限に高めるとあたかも他組織に属しているかのような評価が得られる。このような自組織のみ考慮した場合から他組織のみ考慮した場合へと個別評価の連続的な変化を知ること対象に関するより深い洞察が可能となる。

それだけでなく、対象の特性を詳細に知るために有効な複数の評価基準の優劣や得手不得手を表すような個別内部評価を得ることができる。個別内部評価は評価基準の優劣を要素とするベクトル(図 3 横)で表される。一方で、各評価基準での正しい評価を知るためには対象を相互比較した対象の優劣を要素とするベクトル(図 3 縦)が不可欠である。このとき、対象は他の対象すべてと順に比較されるので評価を

	評価基準i	評価基準ii	...
対象1			
対象2			
...			

図 3：個別内部評価

一意に求めることはできず、その優劣は区間ベクトルで表される。したがって、評価基準ごとに得られた評価を個別内部評価にまとめるためには特殊な正規化を行なう必要があり、区間確率に基づいたその正規化方法を提案した。個別内部評価は自組織の他の対象や他組織の対象と関係があることから、それぞれが影響している程度を両区間ベクトルの共通部分で定義した。そして、用いるデータから想定されるすべての場合をファジィ集合で表現して、そのしきい値を自由に調整できるように拡張した。さらに、ここで取り扱うデータは要素が欠損していたり互いに不整合であったりするため、こういった不完全性を包含関係に帰着させて取り扱う方法を提案した。いずれも包含関係に落としこむことで、独立性や従属性といった互いの関係を考慮することができる。これは不完全なデータの取り扱いの一提案となっており、ここにも本研究の意義が見いだされたといえる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tomoe Entani	4. 巻 24
2. 論文標題 Interval Data Envelopment Analysis for Inter-Group Data Usage	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 113 ~ 122
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.20965/jaciii.2020.p0113	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 Tomoe Entani	4. 巻 -
2. 論文標題 Group Assessment of Comparable Items from the Incomplete Judgments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fuzzy Techniques: Theory and Applications, Proceedings of the 2019 Joint World Congress of the International Fuzzy Systems Association and the Annual Conference of IFSA/NAFIPS'2019	6. 最初と最後の頁 61 ~ 72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-21920-8_6	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 Tomoe Entani	4. 巻 2018
2. 論文標題 Two Approximation Models of Fuzzy Weight Vector from a Comparison Matrix	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Fuzzy Systems	6. 最初と最後の頁 1 ~ 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2018/1975768	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 Tomoe Entani, Miho Isobe	4. 巻 22
2. 論文標題 Inner Evaluation of Writing in a Foreign Language Based on Expert Judgment for Correction	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 759 ~ 766
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2018.p0759	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 Tomoe Entani, Isobe Miho	4. 巻 11471
2. 論文標題 Normalization of Multiple Efficiency Intervals by Interval Data Envelopment Analysis from Different Frameworks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 13~25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-14815-7_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 Tomoe Entani	4. 巻 F0343
2. 論文標題 Estimating Fuzzy Weight Vector from Interval Pairwise Comparison matrix with Various Processed Matrices	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of 2017 IEEE International Conference on Fuzzy Systems	6. 最初と最後の頁 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/FUZZ-IEEE.2017.8015605	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 Tomoe Entani	4. 巻 10758
2. 論文標題 Measuring Efficiency Intervals in Multiple Groups with Privacy Concerns	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Lecture Notes in Computer Science book series	6. 最初と最後の頁 48,59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-75429-1_5	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 Tomoe Entani	4. 巻 -
2. 論文標題 Individual decisions affected by group decision based on surely assigned weight	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 2016 Joint 8th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems (SCIS) and 17th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (ISIS)	6. 最初と最後の頁 558,563
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/SCIS-ISIS.2016.0122	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 Tomoe Entani	4. 巻 -
2. 論文標題 Bottom Up Review of Criteria in Hierarchically Structured Decision Problem	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proc. of 5th Integrated Uncertainty in Knowledge Modelling and Decision Making	6. 最初と最後の頁 99,109
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-49046-5_9	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11件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 6件)

1. 発表者名 Tomoe Entani
2. 発表標題 A Fuzzy Approach to Weight Vector from a Group of Pairwise Comparison Matrices Based on Inclusion Relation
3. 学会等名 2018 Joint 10th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Advanced Intelligent Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoe Entani
2. 発表標題 Inter-group Data Usage under Consideration of Privacy in Interval Data Envelopment Analysis
3. 学会等名 The 15th International Conference on Modeling Decisions for Artificial Intelligence (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoe Entani
2. 発表標題 A Fuzzy Weight Vector From a Group of Crisp Pairwise Comparison Matrices
3. 学会等名 IEEE International Conference on Fuzzy Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 円谷友英
2. 発表標題 2種類の一対比較行列グループによる個別内部評価
3. 学会等名 第34回ファジィシステムシンポジウム FSS2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoe Entani
2. 発表標題 Relative inner evaluation of an individual by Interval group AHP
3. 学会等名 21st conference of the international federal of operational research societies (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 円谷友英
2. 発表標題 意思決定問題にあるあいまいさに基づいたウェイト割り当て
3. 学会等名 第60回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 円谷友英
2. 発表標題 あいまいさを反映した評価基準の実数ウェイト導出
3. 学会等名 第32回ファジィシステムシンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 円谷友英
2. 発表標題 相対比較による一対比較値を用いた個人内評価
3. 学会等名 第26回 インテリジェント・システム・シンポジウム
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 円谷友英
2. 発表標題 グループ区間を用いた個人選好の導出
3. 学会等名 2017年日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tomoe Entani
2. 発表標題 Group Decision Support by Hierarchical Clustering
3. 学会等名 28th European Conference on Operational Research (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Tomoe Entani
2. 発表標題 Pairwise comparison based on relative evaluation by DEA
3. 学会等名 19th Czech Japan Seminar on Data Analysis and Decision Making under Uncertainty (国際学会)
4. 発表年 2016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
--	---------------------------	-----------------------	----