

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15H02716

研究課題名(和文) 図的推論における抽象情報処理の総合的研究

研究課題名(英文) An integrated approach to the processing of abstract information in diagrammatic reasoning

研究代表者

下嶋 篤 (Shimojima, Atsushi)

同志社大学・文化情報学部・教授

研究者番号：40303341

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)： 図的推論における抽象情報処理を論理的・計算論的・心理学的アプローチにより総合的に研究した。論理的アプローチでは、数量グラフ、連結図、行列図等の異なる構造をもった図的表現が共通の意味論的機序をもつことを示し、それにより、多くの図的表現のもつ柔軟な抽象情報表示の能力を説明した。計算論的アプローチでは、文と図を併用する混成的証明における情報の交換を証明論的に分析し、図的推論における抽象情報の処理を数学的に解明する道を拓いた。心理学的アプローチでは、図からの抽象情報の読み取りにおいて本質的な役割をもつ大域的読解の脳内機序および注意の分布を明らかにすることで、大域的読解の心的特性を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

図的推論とは、地図、イラスト、行列図、包含図、連結図、数量グラフ、配置図などを使いながら行われる思考を指す。図的推論の典型は、幾何学の証明を考えるとときや、地図を見ながら道順を考えるとときに起こる。こうした図的推論が成功する要因の一つは、具体的な情報と連動して図に表されている抽象的情報を、自分に与えられた課題に適合する形で抽出できるかということである。

本研究は、この「図的推論における抽象情報の処理」の問題に焦点を絞り、論理学、計算論、心理学のそれぞれの見地から、図が表現する抽象情報の範囲、その処理の形態、その処理の心的特性に関して総合的な知識の体系を提供するものであり、世界に類を見ない。

研究成果の概要(英文)： We studied the abstract information processing in diagrammatic reasoning by combining a logical, computational, and psychological approach. Under the logical approach, we showed that structurally diverse diagrammatic representations such as numerical graphs, connection diagrams, and tabular representations have a common semantic mechanism. We used this finding to give a general explanation for why many diagrams can exhibit abstract information in a flexible manner. Under the computational approach, we applied a proof-theoretic method to analyze the exchange of information in heterogeneous proofs that use both sentences and diagrams, and thus pioneered a mathematical way to elucidate abstract information processing in diagrammatic reasoning. Under the psychological approach, we clarified the neurological mechanism and the attentional characteristics of global reading of diagrams, which is the quintessential process of extracting abstract information from diagrams.

研究分野：認知科学

キーワード：図的推論 思考 推論 問題解決 読解

1. 研究開始当初の背景

本研究でいう「図的推論」とは、地図、イラスト、行列図、包含図、連結図、数量グラフ、配置図などを使いながら行われる思考を指す。図的推論の典型は、幾何学の証明を考えるときに起こるし、地図を見ながら道順を考えるときにも起こる。より特殊なケースとして、科学的大発見の背後に図の利用があったこともあるし、適切な図を利用せずに他人に説明をしようとしたために大惨事に至ったケースもある。このように、図を使った思考は、私たちの理解、判断、意思決定に大きな影響を与えているにもかかわらず、人間の思考プロセスにおける図の役割は十分に理解されていない。これを解明することは、1990年代以降、国際的に盛んに行われている図的推論研究の目的であり、認知の外的資源を考える分散認知研究や身体性認知研究の観点からも重要視されている。

2. 研究の目的

図的推論は論理的・計算論的・心理学的アプローチによって研究されることが多いが、従来これらは別々に適用され、その成果が統合されることはほとんどなかった。これに対し本研究の構想は、図を介した抽象情報の処理を中心問題とし、それを基軸に各アプローチを拡張・統合すれば、人間の思考プロセスにおける図の役割を総合的に理解できるというものである。一般に、図表現における抽象情報は、(a) 視覚的境界が必ずしも明瞭でない図要素の集まりによって表示され、また、(b) 具体的な情報とセットでないと表示されないという特性をもつ。それにより、図的推論の過程の十分な理解には、3つのアプローチを統合的に適用する必要が生まれ、それを組織的に実施することに本研究の重要な意義がある。

3. 研究の方法

本研究では、論理的・計算論的・心理学的アプローチの3つを同時に適用する。その際、図における抽象情報の処理を中心問題とし、各アプローチにこの問題を共有させることによって、アプローチ間の連絡を確保する。具体的には、(a) 利用可能なオブジェクトへの相対化と、(b) 図における情報表示の制約の影響という共通の視点の上で、各アプローチの担当者が協働して図的推論のプロセス・モデルを構築する。

4. 研究成果

4-1. 論理的アプローチの成果

図的推論の従来の論理学的研究は、ベン図、オイラー図などの図的表現系を個別に取り上げ、その統語的、意味論的、証明論的特性を明らかにしてきた。こうした個別的なアプローチが大勢を占める中で、本研究課題における論理的アプローチのもっとも顕著な成果は、より統括的なアプローチを採用し、数量グラフ、連結図、行列図などのまったく異なる構造をもった図的表現が共通の意味論的機序をもつことを示したこと、またその知見に基づいて、図的表現のもつ、きわめて柔軟な抽象情報表示の能力を説明したことにある。

具体的に、その共通性とは、それら多くの図的表現系の従う意味規則が、(a) 図要素と表現対象の要素の1対1対応、および、(b) 前者のもつ選択的性質の集合(変数)と後者のもつそれとの1対1対応によって完全に決定されることに存する(Shimajima & Barker-Plummer 2016)。本アプローチでは、こうした種類の意味規則をもつ図的表現の系を「一変数表示系(Single-Feature Indicator System)」と呼び、それをベースにしてさらに多くの種類の図的表現の系が文化的な進化によって生じる可能性を、一変数表示系の機能を変換・拡張するいくつかの重要な操作を特徴づけることによって示した(Shimajima & Barker-Plummer 2018)。そうした操作の中には、当該の系で扱える変数を増やすもの、扱える対象の要素を増やすもの、特定の選択的性質を表示しないようにするものが含まれ、かなり幅広い図的表現系が、一変数表示系の意味論的機序をベースに機能していることを示している。この発見は、それらの図的表現系の多様な意味論的特性を、一括して把握するという本研究のアプローチの基礎を提供した。

その上に立ち、論理学的アプローチでは、一変数表示系をベースにする図的表現系が表示できる抽象的情報の範囲を理論的に決定するという課題に取り組んだ(Shimajima & Barker-Plummer 2020a)。その方法として、一変数表示系に対する reification という操作に着目し、情報フ

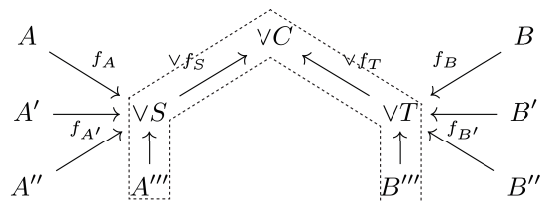


図 1

ローの論理学的研究として知られる Barwise & Seligman (1997) のチャンネル理論に基づくモデルを構築した(図1)。そのモデルによると、抽象的情報とは、当該の図的表現系のベースである一変数表示系の表示する具体情報の集合に選言操作を加えたものと論理的に同値な情報のことであり、また、そういうものとし

て一律に把握することができる。さらに、選言操作が適用される具体的な情報の集合には理論的な制限はなく、このため、与えられた問題に対応する異なる抽象度の幅広い情報を図は表示することになる。論理的アプローチではさらに、こうして表示される抽象情報が、同時に表示されている具体情報の正確さとは独立に、論理的に妥当な仕方であり取り扱える理由を、同一のモデルのもとで説明した (Shimajima & Barker-Plummer 2020b)。

論理的アプローチにおけるこれらの分析は、それ自身の学術的意義に加え、本研究課題における他のアプローチである、計算論的、心理学的アプローチのための基礎理論として重要な役割を果たした。

4-2. 計算論的アプローチの成果

証明論の目的の一つは、ある論理体系において証明を検索・構成する効果的な方法を、主として証明の統語的特性に着目して明らかにすることであり、その手法は論理式とプログラムタイプ、証明とプログラムの対応に基づいて、推論の計算論的特性を明らかにする有効な方法である。本研究課題における計算論的アプローチのもっとも顕著な成果は、文と図を併用する混成的証明 (heterogeneous proofs) における、文と図の間の情報の交換を証明論的に分析することにより、図的表現における抽象情報の処理を数学的に解明する道を拓いたことである。

とくに、ミクロ経済学の需要・供給グラフに基づく質的推論を対象としたケース・スタディ (Takemura 2016) は、重要な成果をあげた。たとえば、図2のようなグラフによって需要関数、供給関数が図示され、かつ、(1) 需要量が減少、(2) 供給量が増加したが、(3) 前者の減少量が後者の増加量より相対的に少ないという追加情報が与えられたとき、それらの変化は、たとえば図3のようにグラフ上に反映される。このグラフからは、(4) 均衡量が増加し、(5) 均衡価格が減少するという情報を「フリーライドで」読み取ることができ、これは、本課題の論理的アプローチでも研究される図的推論に特徴的な導出の形式である。しかし、ここでとくに注目すべきは、こうした導出が特定の需要関数、供給関数や、追加情報として与えられる需要量と供給量の特定の値に依存せず、(6) 需要・供給の変化が線形的で同一の割合であるという関数に関する抽象的な情報と、(1)~(3) の抽象的な追加情報にのみ依存して行われる情報処理であるということである。このケース・スタディは、こうした抽象情報の処理を、証明論的方法によって厳密に捉えたものとして、本研究課題に大きく貢献した。

計算論的アプローチではさらに、こうした証明論的分析方法をより一般化し、オイラー図、ベン図、対応表などを用いる、より広い範囲の混成的証明に対し、一貫して適用できる証明論的方法の存在を示した (Takemura 2018)。具体的には、従来では文のみを用いた同質的証明 (homogeneous proofs) についてのみ研究されてきた証明の簡約規則を、混成的な証明についても定式化し、それに基づいて、一定範囲の混成的な証明がいわゆる「回り道 (detour)」を含まない標準型に変換できることを示した功績は大きい。これにより、図的表現を用いた推論が、本質的には、図に情報を付加したり、図を統合したりして情報的に最大の図的表現を獲得する第1のフェーズと、そうした図的表現から図要素を削除したり、情報を抽出したりする第2のフェーズから成ることが明らかとなった。さらに、この解明の過程で、第1フェーズで付加される情報が、対象となる図的表現に照らして選言的である場合には、この研究で想定される操作をより一般化した操作が必要であることが明らかになった。これは、図的表現における抽象情報処理の重要な特性を示すものであり、この研究によって、その

特性の解明の端緒・基礎が整えられた意味は大きい。

図3

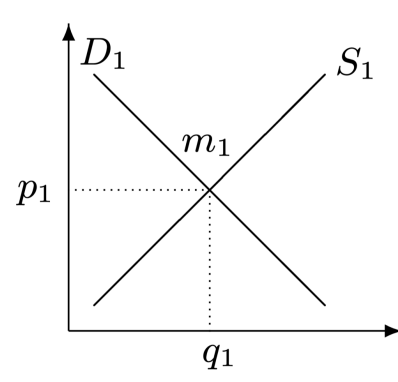
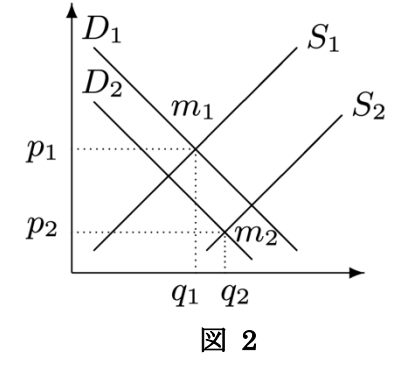


図2



4-3. 心理学的アプローチの成果

図的表現の大域的読解は、個別の図要素の属性から情報を読み取る局所的読解と違い、複数の図要素が形成する知覚的パターンや、そうしたパターンの関係から情報を抽出するものであり、図的表現からの抽象情報の読み取りの多くの場合で本質的な役割をもつ。本研究課題における心理学的アプローチにおけるもっとも顕著な成果は、図的表現の大域的読解の脳内機序を明らかにすることで、大域的読解の心的特性を明らかにする研究領域を開拓したことである。

具体的には、表形式の表現に対して、個々のマスの内容を読み取る局所的読解課題に対して、行全体もしくは列全体の内容を読み取る大域的課題を対比させ、二つの課題の間での脳活動の違いをfMRIデータを用いて分析した結果(杉尾2015)、図表現に対する反応の準備段階においては、大脳基底核(淡蒼球・被殻)および前頭前野背外側部の活動が両課題に共通してみられた。それに対して反応の実行段階では、前部島皮質および下前頭接合部における活動が両課題に共通していた(図4)。こうした結果は、図表現に対する読解において課題に応じて内的な方略の切替がおこなわれていることを示している。さらに、反応の準備段階では、尾状核が大域的読解時により活動が高くなっていったのに対して、局所的読解では中側頭回後部の活動がより高くみられた(図5)。中側頭回後部の活動が文脈に適した意味情報の活性化を示しているのに対して、尾状核の活動は行為の抑制的制御を示唆するものと考えられる。これらの活動領域の違いは、両課題における心的プロセスの違いを反映している。

さらに、実験課題により外的妥当性をもたせた実験においても(杉尾2017)、大域的読解と局所的読解における脳活動領域の違いが見られた。具体的には、脳内の反応抑制経路の活動が、大域的読解時に局所的読解時よりも有意に高いという結果が得られ、これは、大域的読解時に課題セットを設定する過程において抑制的処理が働いていることを示唆している。こうした抑制的処理は、課題目的に対して適切な関係を読み取るために、それ以外の優勢なグルーピングや局所的要素に対する反応を抑制する形で働いていると考えられており、大域的読解の心的特性について重要な示唆を与えるものである。

心理的アプローチではさらに、複数の小構造からなる階層的構造をもつ図的表現において、小構造間の構造的同異を判断する過程に対し、標的以外的小構造の構造的特性がどのような影響を及ぼすかについて検討を行った(杉尾2018)。その結果、小構造間の大域的構造の一致・不一致が有意に同異判断に影響することに加え、比較される小構造間の空間的關係が同異判断に影響すること、さらに、階層的構造上の注意の空間バイアスが判断に影響することが示唆された。こうした知見は、図的表現の大域的読解に働く認知的制約を反映していると考えられる。

階層的構造をもつ図的表現を刺激として用いた別の実験では(Sugio2018)、図的表現上の注意の分布と、それに影響を与える階層構造の特性および図のカテゴリーに関する知識が検討された。さらに、棒グラフを刺激として用いた実験では(杉尾2020)、棒グラフの視覚属性が快感情を喚起させる条件において大域的な視覚処理が優先され、その結果、データの大域的特性に関する読み取りが多くなるという仮説が検討され、実際に、グラフの視覚特性によって、特定の大域的読解の方略が誘導されることが分かった。

本研究課題における心理的アプローチではこのように、従来心理学的研究において焦点を当てられることが少なかった図の大域的読解について、確実な実験的データが収集されると同時に、その認知的特性の解明において大きく前進し、論理学的アプローチと計算論的アプローチとの連携における図的表現の抽象情報の処理に関する研究に重要な知見を提供した。

《参考文献》

Barwise, Jon, and Jerry Seligman. *Information flow: the logic of distributed systems*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 1997.

Shimajima, Atsushi and Dave Barker-Plummer. "A logical investigation of heterogeneous reasoning with graphs in elementary economics." *Diagrammatic Representation and Inference*, Lecture Notes in Computer Science. LNAI 9781. pp.83-97. Springer, Cham, 2016.

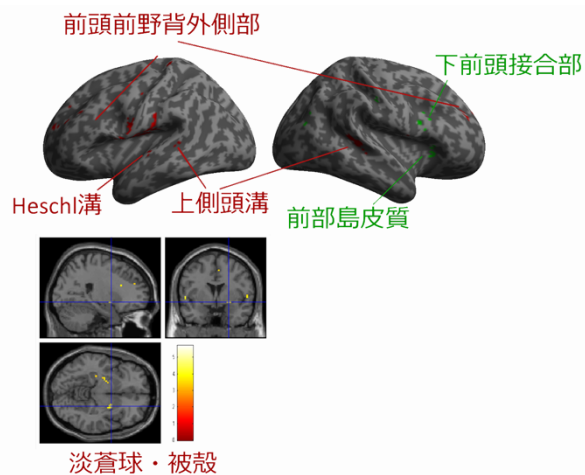


図4 (左: 大域的読解、右: 局所的読解)

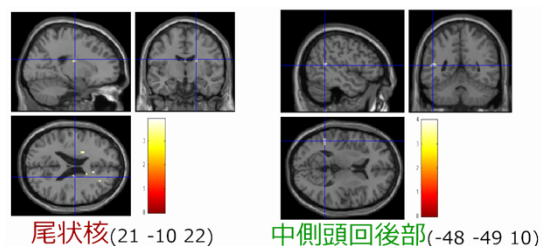


図5 (赤: 大域的読解、緑: 局所的読解)

Shimajima, Atsushi and Dave Barker-Plummer. "Operations on Single Feature Indicator Systems." *Diagrammatic Representation and Inference, Lecture Notes in Computer Science*. LNAI 10871. pp.296-312. Springer, Cham, 2018.

Shimajima, Atsushi and Dave Barker-Plummer. "Channel-Theoretic Account of Reification in Representation Systems." *Logique & Analyse*. To appear. 2020a.

Shimajima, Atsushi and Dave Barker-Plummer. "Channel-Theoretic Account of the Semantic Potentials of False Diagrams." *Diagrammatic Representation and Inference, Lecture Notes in Computer Science*. To appear. Springer, Cham, 2020b.

杉尾武志「表の読解における認知的制御の脳内メカニズム」日本心理学会大会発表論文集 日本心理学会第 79 回大会. 公益社団法人 日本心理学会, 2015.

杉尾武志「表の読解における抑制的制御の関与」日本心理学会大会発表論文集 日本心理学会第 81 回大会. 公益社団法人 日本心理学会, 2017.

杉尾武志「階層的パターンの知覚における空間的・構造的制約」日本心理学会大会発表論文集 日本心理学会第 82 回大会. 公益社団法人 日本心理学会, 2018.

Sugio, Takeshi. "The Role of Top-Down Knowledge in Spatial Cueing Using Hierarchical Diagrams." *Diagrammatic Representation and Inference, Lecture Notes in Computer Science*. LNAI 10871. pp.500-508. Springer, Cham, 2018.

杉尾武志「グラフの視覚属性が読み取り方略の選択に与える影響」日本心理学会大会発表論文集 日本心理学会第 84 回大会. 公益社団法人 日本心理学会, 2020.

Takemura, Ryo. "A Logical Investigation of Heterogeneous Reasoning with Graphs in Elementary Economics." *Diagrammatic Representation and Inference, Lecture Notes in Computer Science*. LNAI 9781. pp.98-104. Springer, Cham, 2016.

Takemura, Ryo. "Towards a Proof Theory for Heterogeneous Logic Combining Sentences and Diagrams." *Diagrammatic Representation and Inference, Lecture Notes in Computer Science*. LNAI 10871. pp.607-623. Springer, Cham, 2018.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 11件 / うち国際共著 5件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Shimojima A., Barker-Plummer, D.	4. 巻 10871
2. 論文標題 Operations on Single Feature Indicator Systems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Diagrammatic Representation and Inference	6. 最初と最後の頁 296-312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/978-3-319-91376-6_28	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 Stapleton G., Shimojima A., Jamnik M.	4. 巻 10871
2. 論文標題 The Observational Advantages of Euler Diagrams with Existential Import	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Diagrammatic Representation and Inference	6. 最初と最後の頁 313-329
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/978-3-319-91376-6_29	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 Takemura R.	4. 巻 10871
2. 論文標題 Towards a Proof Theory for Heterogeneous Logic Combining Sentences and Diagrams	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Diagrammatic Representation and Inference	6. 最初と最後の頁 607-623
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/978-3-319-91376-6_55	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 Sugio T.	4. 巻 10871
2. 論文標題 The Role of Top-Down Knowledge in Spatial Cueing Using Hierarchical Diagrams	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Diagrammatic Representation and Inference	6. 最初と最後の頁 500-508
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/978-3-319-91376-6_45	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 Gem Stapleton, Mateja Jamnik, and Atsushi Shimojima	4. 巻 26
2. 論文標題 What makes an effective representation of information: a formal account of observational advantages	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Logic, Language and Information	6. 最初と最後の頁 143-177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s10849-017-9250-6	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 該当する

1. 著者名 竹村亮, 片桐恭弘	4. 巻 -
2. 論文標題 オイラー図を用いたヘテロジニアス推論---ルールベースとモデルベースの推論---	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本認知科学会第34回大会発表論文集	6. 最初と最後の頁 294-301
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 下嶋篤	4. 巻 -
2. 論文標題 なぜ図の特定の知覚的パターンが意味をもつのか	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本認知科学会第34回大会発表論文集	6. 最初と最後の頁 710-711
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 杉尾武志	4. 巻 -
2. 論文標題 図的表現の視覚認知メカニズム	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本認知科学会第34回大会発表論文集	6. 最初と最後の頁 311-316
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 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 Gem Stapleton, Mateja Jamnik, and Atsushi Shimojima	4. 巻 26
2. 論文標題 What Makes an Effective Representation of Information: A Formal Account of Observational Advantages	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Logic, Language and Information	6. 最初と最後の頁 143-177
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10849-017-9250-6	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 該当する

1. 著者名 Atsushi Shimojima and Dave Barker-Plummer	4. 巻 9781
2. 論文標題 A Generic Approach to Diagrammatic Representation: The Case of Single Feature Indicator Systems	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Diagrammatic Representation and Inference, Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 83-97
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-42333-3_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 Ryo Takemura	4. 巻 9781
2. 論文標題 A Logical Investigation of Heterogeneous Reasoning with Graphs in Elementary Economics	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Diagrammatic Representation and Inference, Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 98-104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-319-42333-3_8	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 Yuri Sato and Koji Mineshima	4. 巻 24
2. 論文標題 How Diagrams Can Support Syllogistic Reasoning: an Experimental Study	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of Logic, Language, and Information	6. 最初と最後の頁 409-455
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10849-015-9225-4	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34件(うち招待講演 2件/うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Shimojima A., Barker-Plummer, D.
2. 発表標題 Operations on Single Feature Indicator Systems
3. 学会等名 10th International Conference on the Theory and Application of Diagrams, Diagrams 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Stapleton G., Shimojima A., Jamnik M.
2. 発表標題 The Observational Advantages of Euler Diagrams with Existential Import
3. 学会等名 10th International Conference on the Theory and Application of Diagrams, Diagrams 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takemura R.
2. 発表標題 Towards a Proof Theory for Heterogeneous Logic Combining Sentences and Diagrams
3. 学会等名 10th International Conference on the Theory and Application of Diagrams, Diagrams 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sugio T.
2. 発表標題 The Role of Top-Down Knowledge in Spatial Cueing Using Hierarchical Diagrams
3. 学会等名 10th International Conference on the Theory and Application of Diagrams, Diagrams 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 下嶋篤
2. 発表標題 ジェネリック意味論：その発想と図研究への応用
3. 学会等名 同志社哲学会2018年度大会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 杉尾武志
2. 発表標題 階層的パターンの知覚における空間的・構造的制約
3. 学会等名 日本心理学会第82回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 竹村亮
2. 発表標題 図形と論理式を組合わせたヘテロジニアスな証明の特徴づけ
3. 学会等名 RIMS共同研究（公開型）「証明論と証明活動」（証明論研究会2017）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹村亮
2. 発表標題 オイラー図を使った推論：証明構成と反例構成
3. 学会等名 日本大学哲学会第68回（平成29年度）学術研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 竹村亮, 片桐恭弘
2. 発表標題 オイラー図を用いたヘテロジニアス推論---ルールベースとモデルベースの推論---
3. 学会等名 日本認知科学会第34回大会 (オーガナイズドセッション)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉尾武志
2. 発表標題 図的表現の視覚認知メカニズム
3. 学会等名 日本認知科学会第34回大会 (オーガナイズドセッション) (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤有理, 下嶋篤
2. 発表標題 情報視覚化の認知研究: 背景説明
3. 学会等名 日本認知科学会第34回大会 (オーガナイズドセッション)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 下嶋篤
2. 発表標題 なぜ図の特定の知覚的パターンが意味をもつのか
3. 学会等名 日本認知科学会第34回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉尾武志
2. 発表標題 表の読解における抑制的制御の関与
3. 学会等名 日本心理学会第81回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Atsushi Shimojima, David Barker-Plummer
2. 発表標題 日本心理学会第81回大会
3. 学会等名 The 11th International Conference on Cognitive Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Atsushi Shimojima and Dave Barker-Plummer
2. 発表標題 A Generic Approach to Diagrammatic Representation: The Case of Single Feature Indicator Systems
3. 学会等名 Diagrammatic Representation and Inference: 9th International Conference, Diagrams 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yuta Takahashi and Ryo Takemura
2. 発表標題 Completeness of Second-Order Intuitionistic Propositional Logic with Respect to a Proof-Theoretic Semantics
3. 学会等名 The 3rd Asian Workshop on Philosophical Logic (AWPL 2016) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ryo Takemura
2. 発表標題 A Logical Investigation of Heterogeneous Reasoning with Graphs in Elementary Economics
3. 学会等名 Diagrammatic Representation and Inference: 9th International Conference, Diagrams 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Gem Stapleton, Mateja Jamnik, and Atsushi Shimojima
2. 発表標題 Effective Representation of Information: Generalizing Free Rides
3. 学会等名 Diagrammatic Representation and Inference: 9th International Conference, Diagrams 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Atsushi Shimojima
2. 発表標題 Cognitively Relevant Formal Properties of Diagrams
3. 学会等名 Logic and Cognition 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 下嶋篤, 濱田勇輝, 福治菜摘美
2. 発表標題 新聞図表現における情報の網羅性判断: 意味論的アプローチ
3. 学会等名 日本認知科学会第33回大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 下嶋篤
2. 発表標題 図表現の意味特性とその認知ポテンシャル
3. 学会等名 応用哲学会第八回年次大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Atsushi Shimojima and Dave Barker-Plummer
2. 発表標題 A Generic Approach to Diagrammatic Representation: The Case of Single Feature Indicator Systems
3. 学会等名 Ninth International Conference on the Theory and Application of Diagrams (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Gem Stapleton, Mateja Jamnik, and Atsushi Shimojima
2. 発表標題 Effective Representation of Information: Generalizing Free Rides
3. 学会等名 Ninth International Conference on the Theory and Application of Diagrams
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 下嶋篤
2. 発表標題 The Barwise-Seligman Model of Representation Systems: A Philosophical Explication
3. 学会等名 2015年度科学基礎論学会秋の研究例会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 片桐恭弘
2. 発表標題 あべこべの意味論
3. 学会等名 平成25年度意味と理解研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Yasuhiro Katagiri and Katsuya Takanashi
2. 発表標題 Concern-Alignment Analysis of Consultation Dialogues
3. 学会等名 Nineteenth Workshop on the Semantics and Pragmatics of Dialogue
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 杉尾武志
2. 発表標題 ダイアグラムの読解における制御機構
3. 学会等名 日本心理学会第79回大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 杉尾武志
2. 発表標題 表の読解における認知的制御の脳内メカニズム
3. 学会等名 日本心理学会第79回大会
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Ryo Takemura
2. 発表標題 A Logical Investigation of Heterogeneous Reasoning with Graphs in Elementary Economics
3. 学会等名 Ninth International Conference on the Theory and Application of Diagrams
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ryo Takemura
2. 発表標題 Euler Diagrams As an Introduction to Set-Theoretical Models
3. 学会等名 Fourth International Conference on Tools for Teaching Logic (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Yutaro Sugimoto and Yuri Sato
2. 発表標題 A Specification-Aware Modeling of Mental Model Theory for Syllogistic Reasoning
3. 学会等名 Thirteenth International Conference on Cognitive Modeling (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Yuri Sato, Sayako Masuda, Yoshiaki Someya, Takeo Tsujii, and Shigeru Watanabe
2. 発表標題 An fMRI Analysis of the Efficacy of Euler Diagrams in Logical Reasoning
3. 学会等名 2015 IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric Computing (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Yuri Sato and Koji Mineshima
2. 発表標題 Human Reasoning with Proportional Quantifiers and Its Support by Diagrams
3. 学会等名 Ninth International Conference on the Theory and Application of Diagrams (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 佐藤 有理, 杉本 雄太郎, 植田 一博
2. 発表標題 拡張現実物を用いた条件文理解
3. 学会等名 日本認知科学会第32回大会
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Atsushi Shimojima	4. 発行年 2015年
2. 出版社 CSLI Publications	5. 総ページ数 186
3. 書名 Semantic Properties of Diagrams and Their Cognitive Potentials	

〔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	杉尾 武志 (Sugio Takeshi) (60335205)	同志社大学・文化情報学部・教授 (34310)	

6. 研究組織（つづき）

	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	片桐 恭弘 (Katagiri Yasuhiro) (60374097)	公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授 (20103)	
研究分担者	竹村 亮 (Takemura Ryo) (70583665)	日本大学・商学部・准教授 (32665)	
研究分担者	佐藤 有理 (Sato Yuri) (90750480)	東京大学・総合文化研究科・研究員 (12601)	