

機関番号：34310

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500244

研究課題名 (和文) 図の読解研究へ連絡する、グラフィック表現の高次情報の形式意味論

研究課題名 (英文) Formal semantics of higher-level information of graphical representations that informs the study of diagrams comprehension

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

研究成果の概要 (和文) : 図は詳細度・抽象度の異なる情報を同時に表現することが知られている。本研究では、図の読解において抽象度の高い情報(「高次情報」という)が実際に利用されているかを、読解時の視線の運動を分析することによって確かめた。その結果、実際に高次情報が利用されていることが確認された。また、それを利用する際に人間が図の構成要素に向ける注意を特殊な仕方で制御しており、そうした制御を容易にすることが、テキスト表現とは異なる図的表現の主たる機能であるという仮説が得られた。

研究成果の概要 (英文) : It is known that diagrams simultaneously express information with different specificity and abstractness. We examined eye movements of people who read diagrams in order to determine whether high-abstraction information (called “higher-level information”) was actually used in diagram comprehension. We found that it was actually used, and obtained the hypothesis that there is a specific way people control their attention to diagram elements and making such a control easier is a main function of diagrammatic representations as opposed to text-based information.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード：推論、問題解決、図の読解、図的推論、形式意味論

## 1. 研究開始当初の背景

認知心理学においては、図のいわゆる「高次情報」の重要性が指摘されていたが、図の意味論的研究においては顧みられることが少なかった。このため、形式意味論的な取り扱いが可能な図情報の範囲が限定的で、図が担う情報のうち、厳密にどの範囲が高次情報に

あたるかについての基準は明確ではなかった。このため、図の読解時に発生する認知タスクの詳細は明らかでなかった。

## 2. 研究の目的

そこで、本研究では、図がもつ高次情報を、日常的なグラフィック表現系のケーススタ

ディを通じて意味論的に分析することを目的とした。これにより、図の読みやすさに関する Pinker の仮説や、図読解の熟達を高次情報の処理能力とみなす仮説を、詳細に検証する実験的研究に貢献すると考えられた。また、従来の意味論研究で対象にされてきた、ベン図やオイラー図、制約図といった、比較的単純なグラフィック系を越えて、地図や統計図、グラフなど、複雑であるが一般性の高いグラフィック系の意味機能が明らかになることが期待された。

### 3. 研究の方法

その方法として、本研究は、研究対象とするグラフィック表現系を選択するためのケース調査、グラフィック系で表現される情報を洗い出す図情報サーベイ、高次情報を中心とした図情報を意味論的に分析する図情報分析という3つの段階を経て行われた。

### 4. 研究成果

(1) 配列図がもつ高次情報の分析を行うための準備として、配列図のより基本的な推論機能を視線計測データを用いて検証した。一般に、グラフィック表現系は、特定の情報の集合をその系で表現すると、その情報の集合から論理的に帰結する別の情報が表現されるという機能 (Free ride 特性という) をもつことが知られている。この機能が、実際に人間が配列図を用いて推論課題を行う際に利用されているかどうかを調べるために、各課題において自動的に表示される情報を読み取るために必要となる視線運動を予測し、実際にその視線運動が観察されるかどうかを確かめた。

その結果、多くの場合で予想通りの視線運動が見られた。この結果は、各課題における配列図に対する視線の周辺到達点 (outer reach) の座標の定量的評価によって統計的に検証された。

たとえば、図1に示す課題では、視線がシンボル B の上部に移動することが予想されるケースであり、画面の右下端を原点とした場合、視線の最上到達点の y 座標が大きいと予想される。検定の結果、このケースの最上到達点の y 座標は、実際に視線がシンボル A の下部に移動すると予想される課題の場合 (図2) と比べて、大きかった。

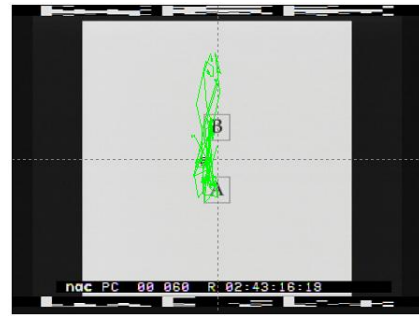


図 1

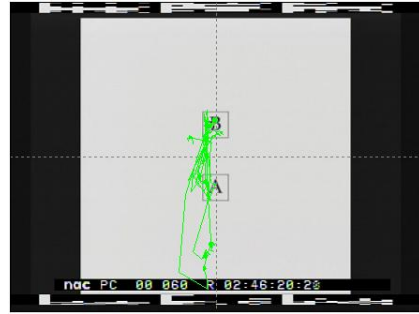


図 2

同様の結果は、水平方向の配列図でも見られた。たとえば、図3に示す課題では、視線がシンボル B の左部に移動することが予想されるケースであり、そのため、視線の最左到達点の x 座標が大きいと予想される。検定の結果、このケースの最左到達点の x 座標は、視線がシンボル A の右部に移動すると予想される課題の場合 (図4) と比べて、有意に大きかった。

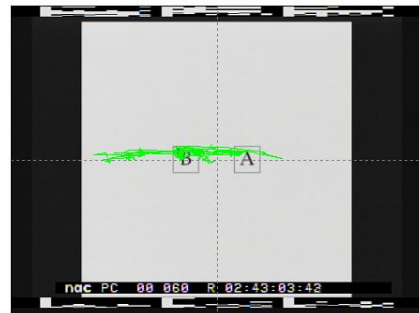


図 3

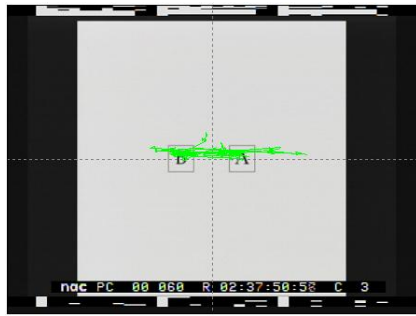


図 4

この結果は次の 2 点において重要である。

- ① 制約図の **Free ride** 特性が実際に利用されていることが行動データにより確かめられた。これは、図の構造に対する空間的制約が人間の推論において利用されていることを意味する。従来、認知における外的資源の利用は、情報の外化による記憶の補助について確かめられてきたが、本研究により、推論の省力化のために外的資源が利用されるという事実とその大まかなメカニズムが発見された。
- ② 今回の課題は、**Free ride** に必要な情報の集合のすべてではなく、その一部だけが表現された制約図を用いて行われた。取得された視線データから、実験研究協力者が与えられた図に対して視覚インデクスの機構により仮想的に描画を行い、残りの情報を表現していることが確かめられた。これは、外的な図に対する仮想的描画の存在を示すと同時に、グラフィック系の **Free ride** 特性の利用が、すべての必要な情報を物理的に描画できる状況だけではなく、部分的にしか描画できない状況においても起こることを意味しており、**Free ride** 特性の利用の一般性を示している点で重要である。

上記の結果は、**Cognitive Science Society** 年次大会、**Diagrams** 国際学会において発表され、後者においては最優秀論文賞を授与された。

(2) ケース調査、図情報サーベイ、図情報分析のプロセスを経て、特定の表の系における高次情報を特定した。具体的には、図 2 にあるような単純な表において、表の各マスが表現している低次情報（例：人物 2 が団体 B に属している）と、行全体が表現する高次情報（例：人物 2 が 2 つの団体に属している）と列全体が表現している高次情報（例：三人が団体 B に属しているか）を分け、表の読解において、低次情報のみならず、高次情報が実際に利用されているかどうかを視線データに基づいて確かめた。

	A	B	C	D
1	□	□	■	□
2	■	■	□	□
3	■	■	□	□
4	□	■	■	□

図 2

その結果、各列や各行における停留の回数の観点から、こうした高次データが実際に読み取られている証拠が得られた。このデータは、最近の注意研究において明らかにされつつある視覚インデクスと対象ベース注意の観点から解釈され、視覚表現の読み取り方略として、推論志向読解と知覚志向読解が区別でき、一般にグラフィック系の機能は知覚志向読解を支援することに存するという仮説が立てられた。この仮説は、グラフィック表現の読解機能を説明するものとしてきわめて有望であり、申請者らは現在のその仮説の検証に取り組んでいる。

上記の結果および仮説は、**Diagrams** 国際学会、空間認知国際学会において発表された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

① Atsushi Shimojima, "Sketching Formal Semantics of Graphical Meaning Derivation." (査読なし) 『哲学論叢』, 35 巻, pp. 1-21, 2008.

[学会発表] (計 4 件)

① Atsushi Shimojima and Yasuhiro Katagiri, "Hypothetical Drawing in Embodied Spatial Reasoning." Thirtieth Annual Meeting of the Cognitive Science Society. 2008年7月25日, Washington, D.C., U.S.A.

② Atsushi Shimojima and Yasuhiro Katagiri, "An Eye-Tracking Study of Exploitations of Spatial Constraints in Diagrammatic Reasoning." Fifth International Conference on the Theory and Application of

Diagrams, 2008年9月19日, Herrsching,  
Germany.

③Atsushi Shimojima and Yasuhiro Katagiri,  
"Attending to and maintaining hierarchical  
objects in graphics comprehension." Sixth  
International Conference on the Theory and  
Application of Diagrams, 2010年8月10日,  
Portland, U.S.A.

④Atsushi Shimojima and Yasuhiro Katagiri,  
"An Eye-Tracking Study of Integrative  
Spatial Cognition over Diagrammatic  
Representations." Spatial Cognition VII.  
2010年8月19日, Mt. Hood, U.S.A.

## 6. 研究組織

### (1) 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