



# 多様な解釈の誘起を目的とした 二次元遮蔽媒体の設計手法の開発

Development of Design Method for Two-Dimensional Shield as an Information Medium  
to Induce Diverse Interpretations

根本悠樹<sup>1)</sup>, 森川健太郎<sup>1)</sup>, 井上康博<sup>1)</sup>

Yuki NEMOTO, Kentaro MORIKAWA, and Yasuhiro INOUE

1) 京都大学大学院工学研究科 (〒615-8540 京都市西京区京都大学桂, nemoto.yuki.25w@st.kyoto-u.ac.jp)

**概要:** 現代の情報提示技術では、情報を正確に受け取る精度が追求される一方で、明示しないことで生まれる多義性、即ち「含み」を持つ情報提示の重要性も高まっている。だが、そこには明示しすぎても、しなさすぎても、その効果が薄れるというジレンマがある。我々はこの問題を解決する新たな手法として、ユーザの多様な解釈を引き出せるような、適度な不確かさの中で情報提示する手法の実現を目指している。本稿ではその基礎となる、視覚的遮蔽の設計手法を報告する。遮蔽知覚に基づく解釈の多様性を数学的に評価し、2次元の視覚情報を受け取る際に、その解釈が多様となる視覚的遮蔽の最適設計を行う。これにより、情報の「含み」が豊かに体験されることが期待される。

**キーワード:** 情報提示, 遮蔽, 不確かさ, 解釈

## 1. はじめに

### 1.1 研究背景

現代では、スマートフォンやパソコンなどのメディア端末を通じて情報を得ることが日常化している。特にディスプレイなどの視覚的なインタフェースを媒体として、より正確に情報を受容することが可能となった(図 1(i))。ディスプレイで扱われる情報の種類が拡張される中で、正確な情報提示が必ずしも有効とは言えない場面が見出されている。例えばビデオ会議では、正確に情報が並ぶディスプレイを集中的に見つめることにより、対面時と比較して生み出されるアイデアの創造性が低下することが指摘されている[1]。

このような事態を想定し、明示的な情報提示に対して、情報を曖昧に提示する手法が数多く提案されてきた。周辺視野に映る景色や環境音など、曖昧に提示された知覚刺激に対して自発的に気づくことで情報を得るという情報提示のあり方が提案された[2]。この手法は、自分と複数人の他者がリモートワークで協同して作業を行っている状況で、相手の様子を明確に知りたわけではなく、ただその他者の存在を伝えるといった、多義性を包含した情報が必要な場面における利用が想定される[3]。

ところで、人間は視界が遮られて知覚刺激が明示されな

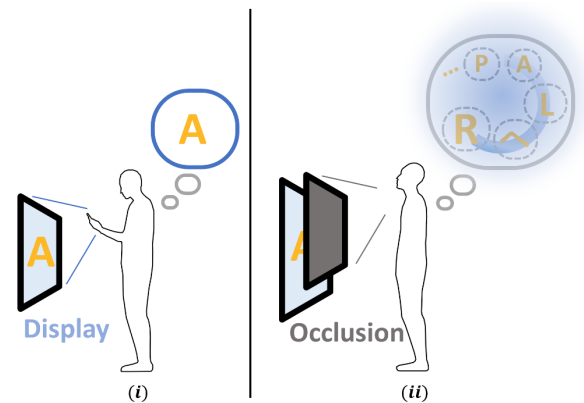


図 1: (i) ディスプレイを媒体とした正確な情報提示. (ii) 視覚的な遮蔽を媒体とした多義性を包含した情報提示.

くとも、遮蔽された領域に存在するものを能動的に解釈するという知覚処理を備えている。神経心理学において、刺激対象が実際に存在しなくとも主体的に知覚される感覚類似体験は心的イメージ[4]と呼ばれる。心的イメージが形成される際には、実際に刺激を受容したときに近い脳領域が活性化することが知られている[5]。人間は見るという行為において、目の前の知覚刺激をありのままに享受するばかりでなく、心的イメージを形成するなど、

能動的な解釈を行う。そこで、インターフェースの設計指針として、情報を意図的に曖昧に提示することで、受動的に情報を受け取るのではなく、その意味付けにユーザが能動的に携わることが可能となることが主張されている[6]。

しかし、情報を曖昧に表現することが多様な解釈をもたらすものとして有効に機能する、すなわち「含み」を持つには次のようなジレンマが存在する。それは、明示しすぎでは多義性が損なわれ、逆に明示しなすぎると不可解なものとして無視されてしまうという問題である。

## 1.2 研究目的

本研究の目的は、情報を曖昧に提示する際に生じるジレンマを解消し、ユーザの多様な解釈を引き出せるような適度な不確かさをもたらす視覚的遮蔽の設計手法を開発することである。図 1(ii)に示すよう、情報提示において視覚的な遮蔽を導入することで、目の前の知覚刺激以上のものを解釈し受容するという人間に備わる性質に即し、ユーザに自由度の高い多様な解釈を誘起する。尚、本研究で扱われるのは 2 次元の視覚情報である。

## 2. 提案手法

本節では、本研究における解釈について述べた後に、解釈の多様性を表す評価指標「解釈の自由度」を定義する。最後に、遮蔽物の設計手法について説明を行う。

### 2.1 人間の解釈としてのアモーダル補完

人間の解釈という複雑な認知機能に対して、本研究ではアモーダル補完と呼ばれる知覚処理に着目する。アモーダル補完とは遮蔽物に遮られ部分的に視覚情報が得られない領域に対して、補完を行うことで視対象の全体像を知覚するという能動的な処理過程である(図 2(i))。本研究ではアモーダル補完された輪郭線形状を、部分的に遮蔽されて全体が見えない視対象に対して人間が主体的に推定することで形成した解釈とみなす。

アモーダル補完において遮蔽物に遮られて不連続となった視対象の輪郭線がどのように補完されて知覚されるかを理解するために、アモーダル補完の数理モデルが数多く提案されている。本研究では、アモーダル補完される輪郭線形状を、不連続となった輪郭線を補完する曲線群の 2 次元分布(図 2(ii))として確率的に表現する Stochastic Completion Field モデル(SCF モデル)[7]を用いる。SCF モデルは、視対象の輪郭線の不連続となった端点の位置及び遮蔽物への入射角という局所的な知覚手掛かりにより、アモーダル補完をシミュレートする数理モデルである。

### 2.2 解釈の多様性の評価指標「解釈の自由度」

本節では、解釈の多様性の評価指標である「解釈の自由度(FoI: Freedom of Interpretation)」を定義する。解釈の自由度とは、曖昧に提示された情報に対して、どれほど多様な解釈が行われるかを定量的に評価する指標である。本研究では、2.1 節に述べた SCF モデルを用いることで、視覚的遮蔽が導入された不確かな視覚情報に対して、アモーダル補完としての人間の解釈を数学的に評価する。

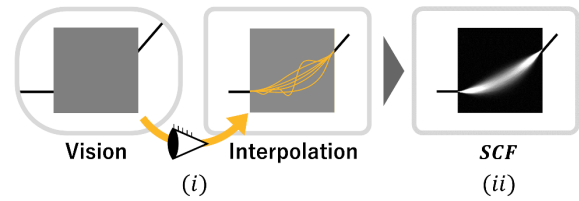


図 2: (i) アモーダル補完. 遮蔽物により視対象の輪郭線が不連続となった端点間に輪郭線を補完する。(ii) アモーダル補完される輪郭線形状を SCF モデルにより確率的に表現した曲線群の通過領域の 2 次元分布。

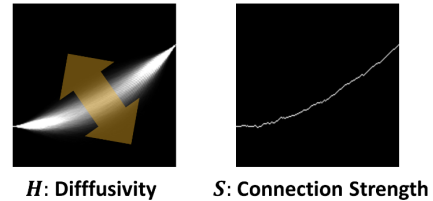


図 3: SCF モデルより得られる 2 次元分布  $C(u, v)$  から計算される、補完輪郭線の発散性  $H$  と、最尤経路を基に計算される妥当性  $S$ 。右図は可視化された補完輪郭線の最尤経路。

ここで、解釈の自由度  $FoI$  を定義するにあたり、解釈の発散性と妥当性という 2 つの要素を取り入れる。これにより、曖昧に情報を提示する際に生じるジレンマを評価指標に反映する。すなわち、情報が明示されすぎの場合には、解釈としての妥当性は増大するが、解釈の発散性は減少するために、解釈の多様性は損なわれる。一方明示されすぎない場合には、解釈の発散性は増大するが、妥当性が減少するために、その解釈は単に不可解なものとなり成立しない。

以上より解釈の自由度  $FoI$  は、補完輪郭線の発散性  $H$  と妥当性  $S$  という 2 つの指標を基に式(1)で定義される。

$$FoI = S^\alpha \cdot H^{1-\alpha} - k \cdot A \quad (1)$$

$\alpha$ ,  $k$  はパラメータ,  $A$  は遮蔽物の面積を表し、第 2 項は遮蔽物のサイズに対してペナルティを加える。

図 3 左図に示すよう、補完輪郭線の発散性  $H$  は、アモーダル補完において不連続となった輪郭線の端点同士の接続関係と、端点間を通過する輪郭線の経路に関する広がり表現する。発散性  $H$  は、SCF モデルにより計算される補完輪郭線の 2 次元分布  $C(u, v)$  の情報エントロピーとして式(2)で定義される。

$$H = \sum_{(u,v) \in R^2} -C(u, v) \log C(u, v) \quad (2)$$

$R^2$  は 2 次元の遮蔽領域を表す。

補完輪郭線の妥当性  $S$  は、不連続となった輪郭線の端点同士の接続関係の強さを表す指標である。まず、2 次元分

布より、図3右図に示す補完輪郭線としての最尤経路を得る。妥当性 $S$ は、SCFモデルによりシミュレートされた補完輪郭線の内、最尤経路上を通過する輪郭線の割合として、式(3)で定義される。

$$S = \frac{\{\text{最尤経路上を通過する補完輪郭線の本数}\}}{\{\text{可能な補完輪郭線の本数}\}} \quad (3)$$

### 2.3 遮蔽物の最適設計法

本研究では、2次元の視覚情報に対してユーザに多様な解釈を誘起する遮蔽物を設計するにあたり、前節に定義される解釈の自由度 $FoI$ を目的関数とした最適設計を行う。

本研究で扱う2次元の視覚情報とは、輪郭線のみから構成される二値化された画像である。視対象である画像に遮蔽物を配置することで、部分的に遮られた画像中の輪郭線は遮蔽物の境界線上で不連続となる。ユーザが不確かとなったその視覚情報を目にしたときに、輪郭線の不連続点の間の遮蔽領域に対して行われるアモーダル補完をSCFモデルによりシミュレートすることで、解釈の自由度 $FoI$ は計算される。

解釈の自由度 $FoI$ は、遮蔽物により不連続となった複数の輪郭線の端点同士の組み合わせと補完輪郭線の経路の広がりにより定まる。解釈の自由度 $FoI$ の最大化するという問題は、遮蔽される輪郭線の本数が遮蔽物を配置するまで不定である組合せ最適化問題である。このことから、大域的最適化問題における解を探索的に求める確率的近似解法の1つであるシミュレーテッドアニーリングを用いて最適化を行う。

## 3. 実装結果

入力画像に対して遮蔽物の設計を行った結果を図4に示す。遮蔽物の形状を円形状に制約して最適設計を行った。図4下段の補完輪郭線の2次元分布SCFより、解探索が進むにつれて、2本から3本とより多くの輪郭線が遮蔽物により分断され、また補完輪郭線の妥当性が保たれる範囲で発散性が大きくなることで、解釈の自由度 $FoI$ が最大化されることがわかる。

図5に、入力画像の計算領域において、1ピクセル単位で円形状の中心位置と半径を変更して網羅的に探索した遮蔽物の解釈の自由度 $FoI$ を示す。図5には、網羅的に行った探索の内、 $FoI$ が最大値を取る円形状が含まれる一部を示す。図5下段に示すよう、本設計手法にて得られた遮蔽物を、網羅的に探索した中で $FoI$ が最大値を取る円形状と比較した結果、解釈の自由度 $FoI$ を最大化する遮蔽物配置となることが確認された。

## 4. 結論と今後の展望

情報を明示しないことで生まれる多義性、すなわち「含み」を持つ情報提示には、情報を明示しすぎても、逆に明示しなすぎても「含み」の効果が薄れてしまうという問題がある。本研究では、情報を曖昧に提示する際に生じる

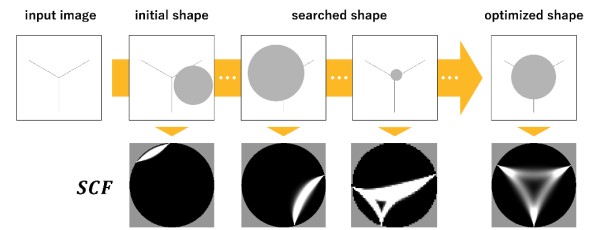


図4: 入力画像に対する遮蔽物の最適設計の過程。下段は各段階における遮蔽物の補完輪郭線の2次元分布SCFを示している。

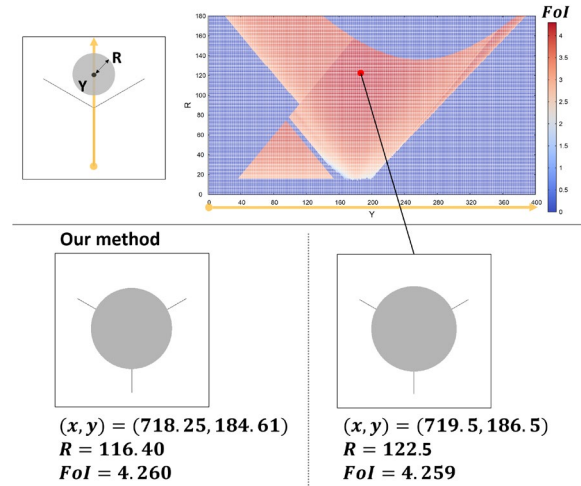


図5: 円形状の中心位置のx座標を入力画像の対称軸(左上図黄色矢印)とした時のy座標を横軸、半径Rを縦軸とした解釈の自由度 $FoI$ のプロット。図中の赤点は網羅的に探索を行った中で $FoI$ が最大値を取る形状を表す。

このジレンマを解消し、ユーザの多様な解釈を引き出せるような適度な不確かさをもたらす視覚的遮蔽の設計手法を開発した。人間の解釈の多様性を、アモーダル補完と呼ばれる視覚処理に着目し、数学的に評価するための指標を定義した。そして2次元の視覚情報を受容する際に受け手の解釈が多様となるような遮蔽物の設計を、解釈の多様性の評価指標を最大化する最適化問題として定式化した。

今後の展望として、本手法より設計される遮蔽物を導入した視覚情報が提示される際、「含み」が有効に機能するか、人の振舞いにどのように影響するのかに関してユーザ評価を行う。また、円形状に限定されない遮蔽物の形状の設計を行う。本研究で行った、解釈の発散性と妥当性に基づく解釈の多様性の概念は、視覚的な情報提示によらない、人間の創造性[8]にも共通する普遍的な概念であり、音などの他の感覚器官から得られる知覚情報による情報提示など、より広範な曖昧な情報提示手法においても一般化することが可能であると期待される。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP23KJ1309 の助成を受けて行われた。

## 参考文献

- [1] M. S. Brucks and J. Levav, "Virtual communication curbs creative idea generation," *Nature (London)*, vol. 605, (7908), pp. 108-112, 2022.
- [2] Craig Wisneski, Hiroshi Ishii, Andrew Dahley, Matt Gorbet, Scott Brave, Brygg Ullmer, and Paul Yarin. *Ambient displays: Turning architectural space into an interface between people and digital information*. In *International Workshop on Cooperative Buildings*, pp. 22-32. Springer, 1998
- [3] Paul Dourish and Victoria Bellotti. *Awareness and coordination in shared workspaces*. In *Proceedings of the 1992 ACM conference on Computer-supported cooperative work*, pp.107-114, 1992.
- [4] S. M. Kosslyn and William L. Thompson and Giorgio Ganis, *The Case for Mental Imagery*. Oxford University Press, 2006.
- [5] M. Olivetti Belardinelli et al, "An fMRI investigation on image generation in different sensory modalities: The influence of vividness," *Acta Psychologica*, vol. 132, (2), pp. 190-200, 2009.
- [6] Gaver, William W., Jacob Beaver, and Steve Benford. "Ambiguity as a resource for design." *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. 2003.
- [7] Lance R Williams and David W Jacobs. *Stochastic completion fields: A neural model of illusory contour shape and salience*. *Neural computation*, Vol. 9, No. 4, pp. 837-858, 1997
- [8] Mark A Runco and Garrett J Jaeger. *The standard definition of creativity*. *Creativity research journal*, Vol. 24, No. 1, pp. 92-96, 2012.