

先行認知情報の定式化法構築に向けた基礎研究

Basic Study for Construction of Formulation Method of Preceding Cognition Information

慶應義塾大学理工学部 助教

氏家 良樹

Faculty of Science and Technology, Keio University Research Associate

Yoshiki UJIIE,

ヒトは、視覚による対象の認知において、はじめに対象の全体特徴を大まかに把握したうえで、次第に部分特徴を詳細に把握していく特性を有している。自動車運転時のように短時間での状況把握が必要な場合、全体特徴からの情報取得が先行するため、人間と機械のインターフェース開発においては、全体特徴が有する情報を適切に把握・操作することが肝要となる。全体特徴に関しては、認知心理学（ゲシュタルト心理学）や感性工学の分野で議論が行われてきたが、全体特徴を物理量によって表現する定式化の手法に関しては、十分な知見が得られておらず、全体特徴が有する情報の把握・操作はヒトの主観に基づいて行われている。本研究では、このような背景を受け、視覚認知によって全体特徴から取得される情報を「先行認知情報」と定義し、対象から算出される物理量に基づく定式化法の構築に向けた基礎的知見を得ることを目標とする。

The cognition of the object by vision shifts to detailed grasp of the partial feature from rough grasp of the overall feature. Since it is required to grasp a situation for a short time in automobile operation, grasp of the information from the overall feature precedes rather than that from the partial feature. Therefore, in the interface development of man and a machine, it is important to grasp and operate appropriately the information from the overall feature. About the overall feature, it has had a discussion in the field of cognitive psychology (Gestalt psychology) or KANSEI engineering. However, sufficient knowledge is not acquired about the technique of the formulation which represents the overall feature with the amount of physics. Therefore, grasp and operation of the information from the overall feature are performed based on subjectivity. From these backgrounds, in this research, the information from the overall feature is defined as "Preceding Cognition Information" and it aims at acquisition of the fundamental knowledge towards the construction of formulation method of the information based on the amount of physics computed from an object.

研究背景および目的

ヒトは、視覚による対象の認知において、はじめに対象の全体特徴を大まかに把握したうえで、次第に部分特徴を詳細に把握していく特性を有している。自動車運転時のように短時間での状況把握が必要な場合、全体特徴からの情報

取得が先行するため、人間と機械のインターフェース開発においては、全体特徴が有する情報を適切に把握・操作することが肝要となる。

全体特徴に関しては、認知心理学（ゲシュタルト心理学）や感性工学の分野で議論が行われ、全体特徴としてのゲシュタルトが発現する様々な事例が紹介されるとともに、全体特徴の把握

によって生まれる様々なイメージの階層構造が構築されるなど、多くの知見が得られている。しかし、全体特徴を物理量によって表現する定式化の手法に関しては、十分な知見が得られおらず、全体特徴が有する情報の把握・操作はヒトの主観に基づいて行われている。

本研究では、このような背景を受け、視覚認知によって全体特徴から取得される情報を「先行認知情報」と定義し、対象から算出される物理量に基づく定式化法の構築に向けた基礎的知見を得ることを目標とする。なお、定式化においては、物理量の算出対象である「対象特性」に加えて、対象が認知される「環境特性」および対象を認知する「人間特性」も取り入れた数理モデリングを行うこととする。パターン認識の分野では、環境特性による認知の変動はノイズとして扱い、正規化によるノイズ除去の前処理を行ったうえで物理量の算出を行うか、ノイズによる影響を受けない物理量を用いることが一般的である。しかしながら、本研究で対象とする先行認知情報は、対象・環境・人間特性の相互作用によって発現するものであり、従来のパターン認識とは異なるアプローチが必要であると考えられる。

筆者は、過去の研究において、全体特徴の1つである「複雑さ」の定式化法構築に関する研究を進めるとともに、定式化された複雑さを操作可能な形状生成法の構築に関する研究を進めてきた。そこでは、

曲線形状における複雑さの認知が、提示方向や提示時間の変化という環境特性の影響、および個人差という人間特性の影響を受けにくく、解像度の変化による影響を受けやすいこと

曲線形状における複雑さが、曲率積分とガウス関数による平滑化手法を用いることで定式化可能であること

曲率積分と遺伝的アルゴリズムを用いることで、複雑さを操作した多様な曲線形状の生成が可能であること

曲線形状の同異判定において、複雑さが重要な指標となること

等が主な知見として得られた。2008年度研究においては、これらの知見を踏まえたうえで、特に知見で示された短時間での複雑さの認知可

能性に着目し、先行認知情報としての複雑さに関する詳細な研究を行うために、解像度に対応した複雑さの定式化に関する研究を実施する。

過去の研究においては、ガウス関数による平滑化手法（詳細は後述）のパラメータを任意の値に設定することで、解像度の変化を考慮した複雑さの定式化が可能であることが示されている。なお、ここでの解像度とは、対象のディテールがヒトに認知され得る度合いを意味しており、環境特性はもとより、対象特性および人間特性における様々なファクターが関連する。過去の研究では、これら解像度のファクターに応じた適切なパラメータ設定に関する知見が得られておらず、解像度のファクターを変化させた場合の複雑さの認知と、それに対応するパラメータの関係解析を行い、解像度に応じた適切なパラメータの設定法構築へと繋げていく。

研究経過および成果

はじめに、筆者が過去の研究において構築した複雑さの定式化手法について述べる。本手法は、平面曲線における曲率関数からの曲率積分算出法と、ガウス関数による平面曲線の平滑化手法から構成される。

曲率関数からの曲率積分の算出法は以下の通りである。図1において、縦軸は曲率 κ を、横軸は曲線長 l を、 $\kappa(l)$ は曲率関数を、 L は曲線全長を示す。このとき、曲率積分 I は次式によって算出される。

$$I = \frac{1}{2\pi} \int_0^L \kappa(l) \, dl \quad (I \geq 1) \quad (1)$$

式(1)では、 2π で除すことによって、変曲点が存在しない閉じた平面曲線における曲率積分を基準とした正規化を行っている。

ガウス関数による平面曲線の平滑化手法は以下の通りである。この手法においては、平滑化のためのフィルタ関数として、分散 σ^2 のガウス関数

$$G(u, \sigma) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{u^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

を用いる。この手法では、 σ の値が平滑化パラメータであり、 σ の値を大きくすると、平滑化の度合いが増し、より大きなうねりが除去される。

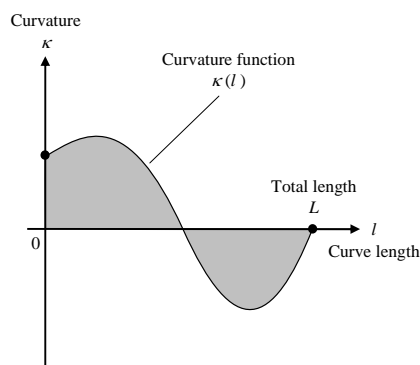


Fig.1 Curvature integration

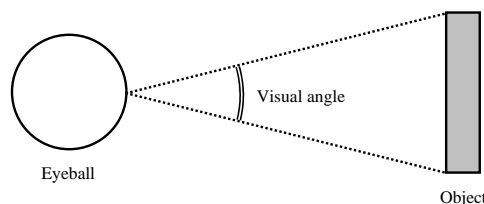


Fig.2 Visual angle

媒介変数で表現された平面曲線を

$$C(u) = (x(u), y(u)) \quad (3)$$

と表すと、平滑化された曲線式は、もとの曲線式とガウス関数の畳み込みにより求められ、

$$X(u, \sigma) = x(u) \otimes G(u, \sigma) \quad (4)$$

$$Y(u, \sigma) = y(u) \otimes G(u, \sigma) \quad (5)$$

と表現される。なお、ガウス関数による平滑化では、 σ の増加によってうねりは必ず滑らかになることが保障されており、新たなうねりが生じることはない。そのため、ガウス関数で平滑化された曲線形状の曲率積分関数 $I(\sigma)$ は単調減少関数である。

筆者の過去の研究においては、曲線形状の複雑さ（ヒトによる定量的な評価値）が、 σ を適切に設定した曲率積分関数 $I(\sigma)$ によって定式化可能であることが示された。しかし、解像度のファクターを考慮したうえで、具体的に σ をどのように設定すれば良いのかという課題が残されており、2008年度研究においては、環境特性、対象特性および人間特性の面から様々な認知実験を実施し、解像度を考慮した σ の設定法構築に向けた知見を得ることとした。本報告においては、特に環境特性に関する結果を中心に述べる。

環境特性を対象とした認知実験の概要は以下の通りである。なお、本実験においては、解像度のファクターとなる要素として特に視角（対象の両端と目を結ぶ二直線がつくる角度のこと、図2参照）に着目し、視角を操作する実験条件として、サンプル - 被験者間の距離およびサンプルの提示サイズを用いることとした。

手法 : 5段階尺度のSD法を採用し、複雑さの評価値を得た。順序効果を考慮し、基準形状とサンプルを交互に提示した。

サンプル : 曲率積分を用いた形状生成方法により生成された曲線形状（曲率積分を3水準とした合計9個の形状）を使用した。

被験者 : 本研究および過去の関連研究についての知識がない男女15名とした。

提示方法 : 提示サイズを固定して距離を変える場合と、提示サイズを変えて距離を固定する場合の2種類を行った。視角としては、2度、9度、16度、23度、30度の5水準とし、距離や提示サイズの設定を行った。また、サンプルの提示時間は500msとした。

まず、視角を操作する実験条件としての距離および提示サイズの相違を調べるため、認知実験で得られた複雑さの評価値を用いて、5水準の視角それぞれにおける評価平均値によるF検定ならびにt検定を行った。その結果、視角2度の場合において、両者の平均値に1%の有意差がみられたが、それ以外の条件では有意な差はみられず、距離による視角の操作と提示サイズによる視角の操作がほぼ同等であることが確認された。

つぎに、任意の視角における最適な σ の設定を探索するため、5水準の視角それぞれにおいて、曲率積分関数 $I(\sigma)$ と評価平均値の相関係数 R および σ の関係解析を行った。その結果、距離による視角の操作と提示サイズによる視角の操作の違いによらず、全ての視角において、平滑化を用いることで相関を高めることが可能であることが確認された。図3に、提示サイズによる視角の操作を行った場合の関係解析結果の一部を例として示す。また、平滑化を行わない

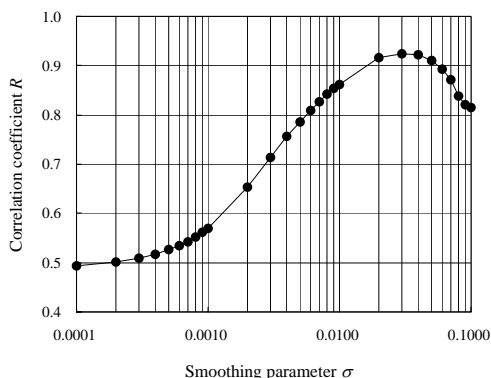


Fig.3 Relationship between σ and correlation coefficient R

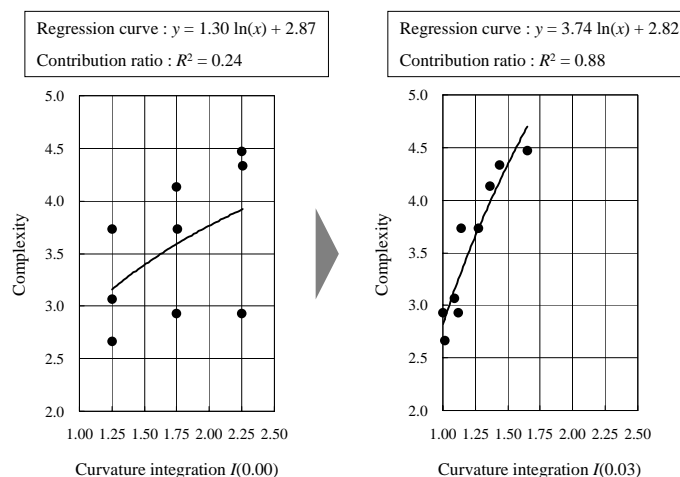


Fig.4 Relationship between curvature integration and complexity

場合と、相関係数が最高となるよう σ を設定して平滑化を行った場合の散布図の比較例を図4に示す。さらに、これらの結果より、視角が2度や9度のように小さい場合には、0.01 オーダーの σ による平滑化が有効となり、視角がそれ以上に大きい場合には、0.001 オーダーの σ による平滑化が有効となる可能性が示された。

さらに、紙面の都合から詳細は割愛するが、2008年度研究においては、対象特性に関する認知実験の結果、曲線形状に施されたテクスチャが解像度のファクターとなる可能性が示され、人間特性に関する認知実験の結果、複雑さの評価が形状認知における並行タスクの有無に影響を受けにくい可能性が示された。

今後の課題および展望

解像度のファクターとして示された視角およびテクスチャと、平滑化パラメータである σ の関係について、より詳細な解析を進めていく。特に、視角の値に対応した σ の設定に関しては大まかな指針は得られたものの、実際のアプリケーションにおいては扱いづらいものであるため、認知実験を重ねることで両者の関係を示す関数式の構築を目指す。

筆者の過去の研究においては、複雑さが同異判定の重要な指標となることが示されており、情報取得の容易性を客観的に評価可能な指標の提供をはじめとする、将来的なインターフェース構成要素の作成支援に向けた

検討を進めていく。具体的な指針の例としては、同一のものとして把握されることを回避する必要があるアイコン等を作成する場合、それらの間の複雑さの差異を大きくすること、などが挙げられる。

先行認知情報として活用可能な新たな全体特徴を探索し、その定式化法構築を試みる。そこでは、2008年度研究で行った、対象・環境・人間特性という3つの観点からのアプローチによる定式化を目指す。

発表論文リスト

- (1) 松永絵美, 川西翔樹, 氏家良樹, 松岡由幸, 「場」とその「境界」の概念を導入したマクロ感性科学, 日本デザイン学会 第55回研究発表大会概要集, (2008), pp.14 - 15.
- (2) Shouki Kawanishi, Emi Matsunaga, Yoshiki Ujiie, Yoshiyuki Matsuoka, Mathematical Formulation of Macroscopic Feature for Digital Style Design, Proceedings of 2008 ASME International Design Engineering Technical Conference & Computers and Information in Engineering Conference, (2008), Published by CD-ROM.
- (3) 川西翔樹, 松永絵美, 氏家良樹, 松岡由幸, マクロ感性科学に基づくマクロ情報の定式化, 日本機械学会 第18回設計工学・システム部門講演会講演論文集, (2008), Published by CD-ROM.