

視点情報量に基づく3次元物体の代表的景観の選択

Best View Selection Based on Viewpoint Information Quantities for 3D Objects

加藤 達郎[†] 猪飼 武夫[†] 青木 茂樹[‡] 泉 正夫[†] 福永 邦雄[†]
 Tatsuhiro Kato Takeo Ikai Shigeki Aoki Masao Izumi Kunio Fukunaga

1. まえがき

対象物体の特徴を最も良く捉える代表的視点の選択と、それが与える代表的景観の獲得は、物体認識などの種々の分野において重要な課題である。本研究では、ロボットが対象物体を観測し、その物体を認識するための代表的景観を求める動的な視点探索の実現を目指している。ここでは、対象物体のクラスにおける普遍性のある3次元モデル(プロトタイプ)をロボットが持つことによって遂行する方式を導入する。一般性を保つため、色情報などを除いた形状情報のみのプロトタイプを用いることとし、視点探索の評価指標として3次元物体の形状情報を集約する平面型視点情報量 [1] を用いる。この視点情報量は、3次元物体の表面形状の変化に着目した形状情報量を、視点からのすべての可視表面から集約したスカラー量であり、情報量が多いほど対象表面の凹凸変化など3次元特徴を把握する視点を与える。視点情報量が極値となる視点の与える景観は、認知科学における景観可能性 [2] と呼ばれる対象物体の典型的景観とも相関がある。仮想空間に配置したプロトタイプの平面型視点情報量に対して、勾配法を適用することによって、視点情報量が極大値となる代表的視点を探索する。得られた探索経路にしたがってロボットは実世界で視点を移動することによって、対象物体の代表的景観を獲得する。得られた代表的景観は対象物体の特徴を良く捉える画像であるから、物体の識別に適していると考えられる。

2. 視点情報量 [1]

2.1 Weber-Fechner 型情報量

平面の面積などの形状の変化に着目した形状情報量を定義する。ここで、面積などは確率的量ではないので、Shannon 型の情報量を用いることができない。そこで感覚器官の特性である刺激に対する反応の対数特性を表す次の Weber-Fechner の法則に着目する。

$$R = k \log_2 S/S_0 \quad (k: \text{const}) \quad (1)$$

R は感覚量、 S_0 は刺激閾、 S は原刺激強度である。この式 (1) に基づいて Weber-Fechner 型情報量 I を次のように定義する。

$$I = \log_2(q/\gamma + 1) \quad (2)$$

q は刺激量であり、 γ は設計パラメータである。情報量 I は非負の量である。

2.2 平面型視点情報量

多面体などの場合、形状として平面かあるいは稜線に着目した形状情報量が考えられる。ここでは平面に着目した平面型情報量を導入する。平面の場合、平面に垂直な

無限遠視点の受け取る情報量が最大となるように定義する。したがって Weber-Fechner 型情報量式 (2) における q に平面の面積を用い、その面積に等しい光の刺激を受けていると解釈する。ここでは、 $\gamma = 1$ とする。平面の面積を S とすると、平面型情報量は $\log_2(S+1)$ となり、平面の法線ベクトルと視線ベクトルのなす角(視法角)を θ とすると、この視点の受け取る情報量は $\cos\theta \log_2(S+1)$ で与えられる。

本稿では、3角パッチ表現された3次元物体を対象とする。物体を原点におく半球面上に視点 z を考え、視点からの可視三角形の集合を $T(z)$ 、可視三角形 $t \in T(z)$ の面積を $S(t)$ 、 t の法線ベクトルと z のなす視法角を $\theta(t, z)$ とすると、視点がそのすべての可視面から受ける情報量の総和を視点情報量と定義し、視点情報量 $Info(z)$ を次のように導入する。

$$Info(z) = \sum_{t \in T(z)} \cos\theta(t, z) \log_2(S(t) + 1) \quad (3)$$

ここで、平面型視点情報量の認知的有用性を検証するため、認知科学における「景観可能性」[2] と呼ばれる対象物体の典型的景観との比較を考える。具体例とし乗用車を挙げる。景観可能性によると乗用車の景観は計量的には無数に存在するが、質的には8つの景観の1つに分類できると言われる。そこで、式 (3) によって得られる極大値および極小値と景観可能性を比較した結果を図1に示す。平面型情報量の極値に対応していることから、平面型視点情報量は心理学的にも有用であることがわかる。

3. プロトタイプと視点選択

対象物体の集合として、一つのカテゴリー、例えば自動車の集合を考え、カテゴリーは乗用車の集合など幾つかの下位のクラスに分かれるとする。その上で各クラス

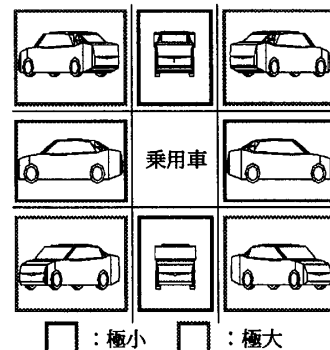


図1: 景観可能性と平面型視点情報量の極値

[†]大阪府立大学大学院 工学研究科, Graduate School of Engineering, Osaka Prefecture University

[‡]大阪府立大学 総合教育研究機構, Faculty of Liberal Arts and Sciences, Osaka Prefecture University

に一つの3次元モデルのプロトタイプを定める。ロボットはこのプロトタイプを仮想空間において所有し、これを用いて対象物体の代表的景観を得る視点を探索する。

3.1 初期視点位置推定

カテゴリーに属する対象物体が与えられたとき、ロボットはその対象物体を観測し、ロボットの初期視点からの対象物体の景観(初期視点画像)を得る。次に、獲得した初期視点画像がどのプロトタイプに対応し、仮想空間上のどの視点から観測した景観であるかを推定する。この推定は景観可能性に従い予め用意した8種類のプロトタイプの輪郭画像と対象物体の輪郭画像との類似度を算出し、類似度の高い景観をもとに初期視点位置候補として選択する。

3.2 代表的景観の動的探索と初期視点の同定

3.1で推定した仮想空間上におけるプロトタイプに対する初期視点位置候補を探索の開始位置として、プロトタイプの視点情報量が増加する方向に視点を移動することによって、視点情報量の極大値を探索し、その視点からの代表的景観を得る。ここでは、プロトタイプの全ての構成面をより多く観測できる、最小個の代表的景観を勾配法を用いて探索している。以上で算出した探索経路に従って、実世界で視点を移動させることにより、ロボットは対象物体の代表的景観を獲得する。

初期視点位置候補が複数の場合、ここで補正を行う。挙げられた候補各々を仮想空間上の初期視点位置として、動的探索により代表的景観への経路を算出し、実世界でその算出経路を順に実現する。そして、仮想空間と実世界各々の経路上で得る景観を比較し、最も類似度の高い経路から初期視点位置を同定し、その経路上における代表的景観を対象物体の代表的景観とする。

4. 実験

実験では自動車というカテゴリーにおいて、乗用車、トラック、バスの3つのクラスを設定し、それらの対象物体に対して代表的景観を探索した。本稿では、認識対象物体として、3次元CGで表した各クラスに属する複数の自動車をを用いた。ロボットが持つプロトタイプは、クラスのそれぞれに対応する3種類とし、初期視点位置推定の為に視点の高さを0°に固定した各8枚の景観を準備した。ここで準備した8枚の景観は景観可能性に従って選択している。なお、探索範囲はロボットの視点の高さを考慮し仰角φを0° ≤ φ ≤ 45°、方位角θを0° ≤ θ ≤ 360°と制限し、探索終了の条件は全構成面が90%以上観測できた時とした。

実験の結果、全ての対象物体に対して自動車の特徴を良く表す代表的景観が得られていることを確認できた。実験結果の例を図2に示す。図2(a)はロボットが獲得した初期視点画像とその輪郭を示しており、図2(b)は輪郭から推定したプロトタイプの初期視点位置候補を示している。この例では、2つの初期視点位置候補が得られている。これら2つの初期視点位置候補から探索を開始し、得られた代表的景観を図2(c)に示す。これらと実世界での景観を比較することによって図2(b)の左側の初期視点位置が妥当であると判断し、その初期視点から始めた探索によって得られた対象物体の代表的景観が図



図 2: 実験結果

2(d)である。

5. むすび

本稿では、物体を認識するための、代表的景観を求める動的な視点探索手法を提案した。実験では本手法によって対象物体の特徴を良く表す代表的景観を得ることができた。本手法を用いた物体認識手法としては、次のような手順が考えられる。まずカテゴリーに属している与えられた対象物体に対するロボットの初期視点画像から、本手法により代表的視点を探索する。つぎにその視点からの代表画像(カラー画像)とデータベース内の既存のデータ画像との2次元照合[3]を行う。各々の代表画像が未知画像ならばそれぞれをデータベースに格納し、すべての代表画像の照合が成功するならば対象物体の識別が完了する。このように対象物体を提示することにより、データベースの拡大(学習)と物体認識を自動化する方式が可能である。こうした方式の実現のためには、プロトタイプを用いた対象物体の所属クラスの決定と初期視点の推定精度の向上などが必要である。

参考文献

[1] 大場, 猪飼, 山下, 青木, 泉, 福永: “3次元物体の形状および視点情報量に基づく視点選択” MIRU2006,0055.
 [2] 岩波講座: 認知科学3, “視覚と聴覚”, 岩波書店 1994.
 [3] 鷲尾, 泉, 福永: “部分画像と色・輪郭類似度による物体認識” 信学総大 2004,D-12-131.