

音響感覚で形状理解を助ける視覚障害者のためのオブジェクト触知支援 Object tactile support for the visually impaired to assist shape understanding by acoustic senses

異 久行⁽¹⁾ 村井 保之⁽²⁾ 徳増 眞司⁽³⁾ 関田 巖⁽¹⁾ 宮川 正弘⁽¹⁾
Hisayuki Tatsumi Yasuyuki Murai Shinji Tokumasu Iwao Sekita Masahiro Miyakawa

1. はじめに

視覚障害者に環境内の状況等を把握した行動認識や振る舞いを行わせることは難しい。その理由は、環境内にあるオブジェクトの配置やその形状が言語化し難いからであり、例え言語化できたとしても、単なる一次元的な聴覚の伝達では理解が不十分となるからである。本研究は現状の視覚障害補償機器の制約内で触知手法を向上させることにより、視覚障害者自身が触察でオブジェクトの認識や理解ができるような支援手段を開発することを目的としている。

本研究では、簡易的な 2 次元や 3 次元の基本形状を、合成・分割することで生成した擬似オブジェクト形状による触知支援手法を考察している[1]。視覚障害者がオブジェクトを触察する場合、連続的な触知面が多いオブジェクト（例えば球など）の認識は比較的容易であるが、非連続的な触知面のあるオブジェクトほど（例えば柱体など）被験者の触知力の差が激しい傾向にある。触知面同志（さらには、オブジェクト同志）の演算はファジィ論的に解釈できるので、触知面に対応する擬似音響とファジィ演算で合成された触知面同志の交差に対応する合成擬似音響を生成すれば、触知における交差面での形状理解の助けになる可能性がある。よって、触知と合わせて擬似音響を上手く生成できれば、形状認識の有効な補助ツールとなり得る。

2. 擬似オブジェクト形状の触知化

オブジェクトを触知化して視覚障害者に形状を伝達する研究があまり進展していないのは、現状の触知機器の表示能力では正確にオブジェクトの形状を認識して理解させるほどの分解能がない点にある。しかし著者等は、このような形状のオブジェクトが環境内にあると触察させれば、視覚障害者に行動認識を誘起させ得ると考えている。触知させたい形状の生成に膨大なデータを使用せずに、単純で基本的な形状のみ（2次元情報として四角形や円など、3次元情報として直方体や球などの、典型的なデータのみ）を用意して、それらを組み合わせれば（和集合、積集合、差集合などの基本演算を施して擬似的な複合オブジェクトが生成できれば）良い。オブジェクトを触知する際の、表示要求に応じた自由度が高い擬似オブジェクトの生成手法の確立が必要であると考えている。

距離場空間モデル[2]とは、図 1 に示されるような距離場と呼ばれる対象物 G と参照点 P との位置的な関係を示すベクトル場：

$$(IQ, d, Q, KIND) \quad (1)$$

として表現される。ここで距離場の各データは次の通りとする。

IQ 点 P の内外属性 (IN/OUT) .

d 点 P と図形境界との距離, または, その下側近似値.

Q 点 P に対する境界上 δG の最短距離点, 求まらないときは NIL.

KIND d と Q が求まる時 1, それ以外 2.

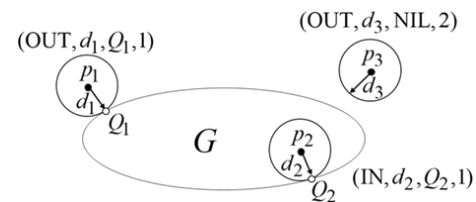


図 1. 距離場データ

次に、距離場空間モデルが一種のファジィ空間モデルとして解釈できることを示す。ユークリッド距離空間 E^n 上で定義された通常の点集合を A とし、集合 A の補集合、内部、外部、境界および閉包を、それぞれ、記号 A^c , A^i , A^e , \bar{A} , \bar{A} で表すものとする。今、 E^n に関わる A 上のファジィ集合 $[A]$ を、次のようなメンバシップ関数で定義する。

$$\mu_{[A]}: E^n \rightarrow R \quad (2)$$

$$\begin{cases} \mu_{[A]}(x) > 0 \ \& \ B(x, \mu_{[A]}(x)) \subset A^i, & \text{if } x \in A^i \\ \mu_{[A]}(x) < 0 \ \& \ B(x, -\mu_{[A]}(x)) \subset A^e, & \text{if } x \in A^e \\ \mu_{[A]}(x) = 0, & \text{if } x \in \bar{A} \end{cases}$$

但し、 $B(P, r)$ は $B(P, r) = \{Q \mid \overline{PQ} < r\}$ で定義された点 P の r 近傍と呼ばれる開球である。

ここで、式(2)で構成されたファジィシステムが、距離場空間モデルのファジィ論的解釈になっている。即ち、 E^n 上に構築された距離場空間モデルのもとで、集合 A の距離場 df_A が定義されているものとする、 $[A]$ のメンバシップ関数 $\mu_{[A]}$ は、 df_A と次式のように関係づけられる。

$$\mu_{[A]}(x) = \begin{cases} +d \text{ of } df_A, & \text{if } x \in A \\ -d \text{ of } df_A, & \text{if } x \in A^c \end{cases} \quad (3)$$

(1) 筑波技術大学, Tsukuba University of Technology

(2) 日本薬科大学, Nihon Pharmaceutical University

(3) 神奈川工科大学, Kanagawa Institute of Technology

このように、上記ファジィシステムは距離場空間モデルから導出され、物体Aの形状が未知ないしは不確定であるときに、空間上の参照点xが集合Aに属するという確かさの程度であるとして解釈できる。結局、ファジィシステムと距離場空間モデルには、互いに一方から他方を誘導するメカニズムが構成できるので、自然な対応が存在していると言える。

なお、距離場空間モデル上のメンバシップ関数の演算は、次のようにファジィ論的に解釈できる。

$$\begin{cases} \mu_{[A]^c}(p) = -\mu_{[A]}(p) \\ \mu_{[A] \cup [B]}(p) = \max(\mu_{[A]}(p), \mu_{[B]}(p)) \\ \mu_{[A] \cap [B]}(p) = \min(\mu_{[A]}(p), \mu_{[B]}(p)) \\ \mu_{[A] - [B]}(p) = \min(\mu_{[A]}(p), \mu_{[B]^c}(p)) \end{cases} \quad (4)$$

図2に、3次元の複合オブジェクトで表された擬似オブジェクトの形状生成過程の例を示す。触察対象のオブジェクトの形状はすべて基本的なオブジェクトから合成された擬似オブジェクトとする。その理由は、触知機器の能力に沿った仕様に合わせやすいことにある(図2は、基本的な図形である立方体と球を合成し、基本演算を施しながら、差図形や積図形のような擬似オブジェクトを距離場空間モデルで生成している)。

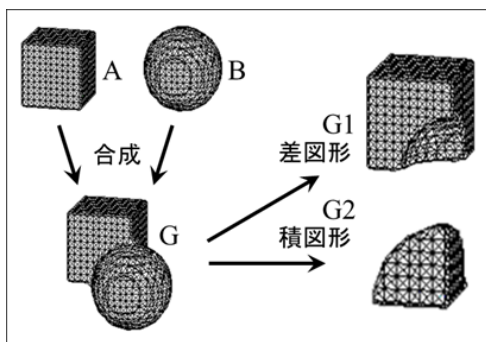


図2. 擬似オブジェクトの形状生成過程

3. 擬似音響の生成

図3は、擬似オブジェクトへの触指の誘導を示す。この際、四指(親指, 人差し指, 中指, 薬指)にLEDマーカーを付けて、モーションキャプチャ装置による触指の追跡を行っている。同図において、擬似オブジェクトの重心位置(図内の赤丸)、被験者である視覚障害者の両耳間の頭部中央位置(図内の緑丸)、被験者の人差し指位置(図内の青丸)の空間座標は分かっているので、擬似オブジェクトの重心から発する音響(図中の \vec{a})を頼りに触指(図中の \vec{b})を近づける。このとき、擬似オブジェクトへの触指の誘導(即ち、 $\vec{a} - \vec{b}$)を擬似音響で生成する。

音源がどの位置にあるように感じるかということを実感と呼ぶ。MIDIプログラミング(再生はMIDI API)では、MIDI音源へのメッセージ送信として、音色を切り替えるプログラムチェンジ(General MIDIでは128種類の楽器が

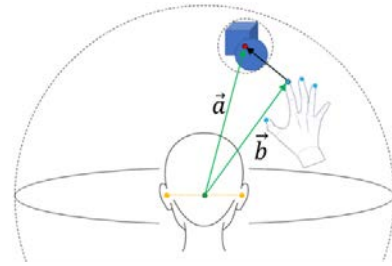


図3. 触指の誘導

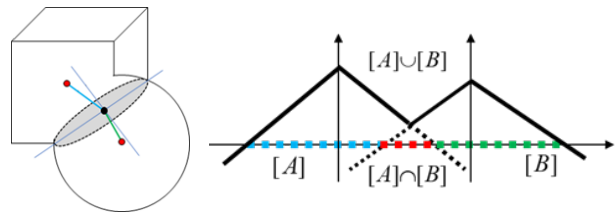


図4. 触察時の擬似音響生成

ある)と、音に変化をつけるコントロールチェンジがある。音色を構成する各音符には、音の変化(音符情報, MIDI用語ではノート)として、音の高さ, 音の長さ, 音の強さの三要素がある。擬似オブジェクトへの触指の誘導では、音色は固定で、音の強さで遠近を、音の高さで緯度方向を、音の長さで経度方向を、それぞれ割り当てて検討している。

擬似オブジェクトを触察する際は、式(4)より、基本図形の形状(集合[A]と集合[B])をもとに擬似音響を生成する。図4に、触察時の擬似音響の生成手法を示す。基本図形ごとに音色を割り当て、基本図形の各重心(左図内の赤丸)を中心として、音の高さで緯度方向を、音の長さで経度方向を、それぞれ割り当てる。基本図形同志の交差は、各基本図形の音色を合成、もしくは、別の音色を割り当てる。その際、図4の左図に示す各基本図形の重心からの距離で、同右図に示す交差(即ち、集合[A] ∩ [B])のメンバシップ関数を求めて、擬似音響の生成に利用している。

4. まとめ

現在、擬似オブジェクトの形状生成が、実際のオブジェクトの空間的な構成や正確さ、特に、拡大・縮小時の分解能に適した擬似オブジェクトの生成過程に満足のいく結果が得られていない。そのため、触力覚とは別の手段として、擬似音響による触察の可聴化を考察している。

謝辞: 本研究は2020年度の科研費(18H03656)の助成を受けて行われている。ここに深く謝意を表す。

参考文献

[1] 巽, 村井, 関田, 徳増, 宮川: “擬似触覚形状の生成による視覚障害者のオブジェクト認識の向上”, 第17回情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol.3, No. K-032, p.377-378, 2018.
 [2] 徳増, 巽, 村井, 仁尾: “距離場空間モデルによる汎オフセット概念とその応用”, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.1, pp.26-37, 2001.