

# デプスカメラを用いた物体検知と方向提示による視覚支援デバイス

森山大翔<sup>†1</sup> 秋田純一<sup>†2</sup>

**概要**：本研究は、デプスカメラで取得した距離情報から最も近い物体の方向を推定し、サーボモータで指先に提示することで、視覚障害者が手元周辺の物体までの方向を把握できるデバイスを開発した。距離画像から近距離画素を抽出して物体中心を推定し、複数物体が存在する場合も最初に検知した物体を継続的に追従することで自然で安定した方向提示を実現する。

## 1. はじめに

視覚障害者の生活の質（Quality of Life; QOL）は、社会関係性は比較的良好である一方、自立性や移動性が低評価であることが報告されている[1]。この課題を解決するため、視覚障害者の環境把握を支援するデバイスが近年さまざま提案されており、たとえば Masud らは杖型デバイスを開発し、歩行時の障害物回避を可能にしている[2]。一方、机上などの近接環境においては、物体の位置を把握し、かつその方向を提示するための有用性の高い支援デバイスは十分に確立されていない。

本研究では歩行時ではなく身の回り、特に机上の物体位置を把握することを目的とし、近接環境での物体探索に特化した方向提示デバイスの開発を行った。

### 近接物体の探索が可能な視覚支援デバイス

秋田らは、人間の知覚における探索行動との関係に着目し、ユーザーの探索行動にあわせて対象物までの距離という一次元の情報を提示する装置によって、対象物の形状を知覚することが可能であることを示してきた[3]。また、Bansal らは、近接環境での視覚支援デバイスとして、超音波センサを用いて前方障害物までの距離を取得し、それを触覚的フィードバックによって提示するシステムを提案している [4]。

これらの方式は、進行方向の障害物検知に有効である一方で、取得できる情報が1次元的であり、左右方向の分布を同時に把握することが困難であるという制約を持つ。

そこで本研究では平面全体の距離分布を2次元画像として取得できるデプスカメラを使用することにした。

開発した視覚支援デバイスは、デプスカメラによって取得された物体の位置情報をもとに、サーボモータを用いてユーザーに物体の方向を触覚的に提示する。ユーザーは、図1に示すように、デバイス本体に取り付けられたサーボモ

ータ上に指を載せることで、物体の左右位置を直感的に把握することができる。図2に、本デバイスを実際に装着して使用している様子を示す。

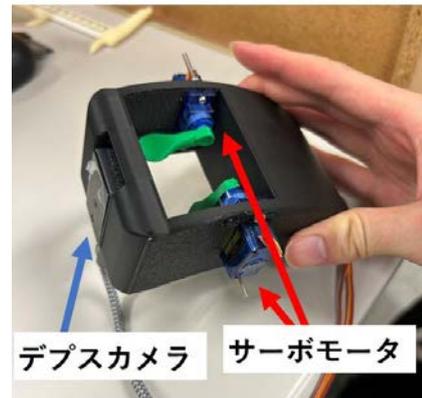


図1 デバイス外観



図2 デバイスを装着した様子

### 1.1 物体検知方法

物体の検知には SiPEED 社製のデプスカメラ MS-A010 を用いた。このカメラは Time-of-Flight (ToF) 方式を採用しており、対象物までの距離を 100×100 ピクセルの距離画像として取得することができる。各画素は、35～255 の範囲で距離値をもち、これは約 0.2m～2.5m の距離に対応して

<sup>†1</sup> 金沢大学 自然科学研究科 電子情報通信学専攻

<sup>†2</sup> 金沢大学 融合研究域 融合科学域

いる。データは UART 通信を通じて毎秒最大 20 フレームの頻度でリアルタイムに取得可能である。取得した距離画像には、ノイズ低減のため 3×3 の中央値フィルタを適用する。物体の検出は、画像中央付近（例：垂直方向 35～65 ピクセル）の範囲を対象とし、距離が最小となる画素群を選択する。検知対象範囲を図 3 に示す。

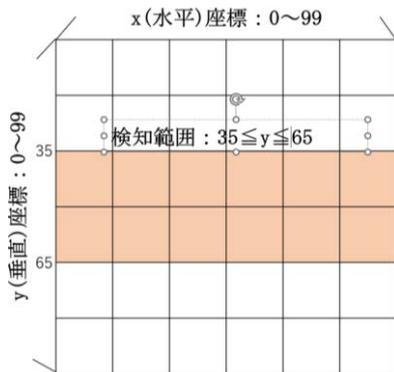


図 3 物体検出に使う距離画像の範囲

検知対象範囲の最小距離値に対して差が+5 以下の画素を抽出し、各画素に対して距離に応じた重みを付与する。重みは最小値との差が小さいほど大きくなるように設定しており、具体的には図 4 に示す一次関数によって定義されている。この重み付きで x(水平)座標および y(垂直)座標の平均を計算することで、物体の中心位置を推定する。このような手法により、検知対象範囲内の近距離点の分布をもとに安定した物体の位置検出が可能となる。得られた物体の x 座標は、ユーザー正面に対する左右方向の情報として後段の提示機構に引き渡される。

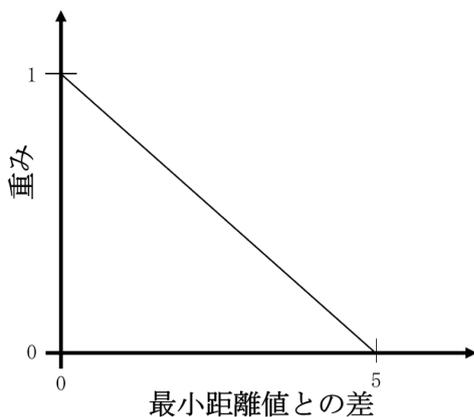


図 4 最小距離値との差に応じた重み付け関数

## 1.2 複数物体が存在する場合の処理

前章で述べた物体検出方法では、検知範囲内から最小距離に近い画素を抽出し、その重心付近を物体中心として推定するため、検知範囲内に物体が 2 つ以上存在する場合でも、それらが 1 つの大きな物体としてまとめて扱われてし

まう可能性がある。特に、奥行き差が小さい物体が近接して配置された状況では、重心が両者の中間に位置してしまい、サーボモータが実際のどちらの物体も正確に指し示さないという課題が生じる。このため、複数物体が同時に存在する状況への拡張が必要となる。

そこで検出される最小距離値に対して差が+5 以下の画素を抽出し、その空間的なまとまりごとにクラスターとして分離することで、複数の物体候補を推定する。各クラスターについて重み付き平均により中心位置を算出し、その結果として複数の物体中心座標が得られる。

さらに、複数の物体が検出された場合でも、ユーザーへの提示は「一度選択した物体を継続的に追従する」方針とした。具体的には、最初に物体が検出されたフレームにおいて、その時点で最も近い物体を「追従対象」として登録する。その後のフレームでは、複数の物体中心座標のなかから、前フレームにおける追従対象の中心座標に最も近い物体を同一物体とみなし、追従対象として更新する。これにより、新たな物体が検知範囲内に侵入した場合でも、サーボモータは原則として最初に注目していた物体を指し示し続ける。

この設計方針は、人がある物体を見続けている状況を想定したものである。人は一度注視した物体がある場合、視野内に別の物体が入り込んでも、すぐにはそちらへ視線を移さず、元の物体を見続けることが多い。本デバイスにおいても同様に、追従対象を安易に切り替えず、初めに検知した物体を継続的に追従することで、ユーザーにとって自然で一貫性のある方向提示が行えると考えられる。

## 1.3 方向提示方法

デバイスは、検出された物体の左右方向の位置 (x 座標) に応じて、2 つのサーボモータを動作させることで、ユーザーに物体の方向を触覚的に伝える。図 5 にその仕組みの概要を示す。左側のサーボは、物体の x 座標と画像左端 (x = 0) との距離に対応し、右側のサーボは、x 座標と画像右端 (x = 99) との距離に対応して角度が決定される。物体が左にある場合には左のサーボ角度が大きくなり、右にある場合には右のサーボ角度が大きくなる。物体が中央 (x = 50) にある場合には、両方のサーボがほぼ同じ角度となり、ユーザーは「正面に物体がある」と認識できる。このように、両指の角度差を感じ取ることで、視覚に頼らず物体の方向を把握できる。

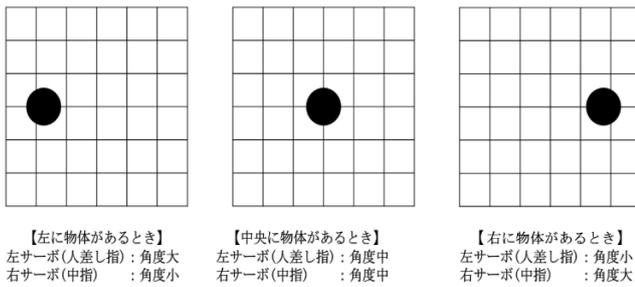


図 5 物体の位置に応じた方向提示の仕組み

## 2. 評価について

本研究で開発した視覚支援デバイスを函館で開催された展覧会「気配の触覚」\*にて来場者に使用してもらった。数十名の参加者に対して、机上に図 6 のような物体を配置し、図 7 のように参加者に目をつむった状態で本デバイスを用いて物体の位置を探索する課題を行ってもらった。



図 6 参加者に探索してもらう対象



図 7 参加者が物体を探索している様子

その結果、理想的な使用条件では参加者は物体の方向を把握し、多くの場合、スムーズに対象物へ手を伸ばすことができた。このことから、本デバイスの水平面における方向提示は、視覚情報を遮断した状況下でも十分に有効に機能することが確認された。

一方で、一部の参加者は手首を回転させながらデバイスを使用しており、その場合には本デバイスとデプスカメラ自体が同時に回転してしまうため、物体の絶対的な方向を

保持できず、誘導が困難になるという課題も明らかになった。本デバイスは水平方向の提示のみを対象としているため、手首の姿勢変化に影響を受けやすく、ユーザーの操作方法によって性能が左右されることが分かった。

展覧会で得られた知見をふまえ、本デバイスの定量的な評価実験を現在計画しており、その結果については本シンポジウム時に報告する予定である。

## 3. まとめと今後の展望

本研究では、デプスカメラによって取得した距離画像から近傍物体の位置を推定し、サーボモータを用いて方向提示を行うデバイスを開発した。重み付き平均による物体の中心位置の推定に加え、複数物体が存在する状況では最初に検知した物体を継続的に追従する仕組みを導入することで、より自然で一貫性のある提示が可能となった。一方で、本デバイスの方向提示は水平方向（左右方向）のみに限定されており、垂直方向の提示ができないことや手首の姿勢変化に弱いという課題が残っている。

今後の展望としては、より広範な方向提示を実現するために、仮想力覚による 2 次元平面上の全方向提示へ拡張する可能性がある。暦本先生の仮想触力覚デバイス Traxion[5] は、振動子の振動パターンによって実際には存在しない方向性の力を知覚させる手法であり、この技術を応用することで、2 次元平面全体にわたる連続的な方向ベクトルの提示を可能とし、机上や壁面に広がる物体配置をより直感的に理解できるデバイスへと発展できると考えられる。

## 参考文献

- [1] C. B. A. Rebouças, M. M. Araújo, F. C. Braga, G. T. Fernandes, and S. C. Costa, "Evaluation of the quality of life of visually impaired," *Revista Brasileira de Enfermagem*, vol. 69, no. 1, pp. 64-70, 2016.
- [2] U. Masud, T. Saeed, H. M. Malaikah, F. U. Islam, and G. Abbas, "Smart Assistive System for Visually Impaired People Obstruction Avoidance Through Object Detection and Classification," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 13428-13441, 2022.
- [3] 秋田他, CyARM:非視覚モダリティによる空間認識装置, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.7, pp.1693--1700, 2005.7
- [4] V. Bansal, K. Balasubramanian, and P. Natarajan, "Obstacle avoidance using stereo vision and depth maps for visual aid devices," *SN Applied Sciences*, vol. 2, no. 1131, 2020.
- [5] 暦本 純一, Traxion:仮想力覚提示デバイス 日本ソフトウェア科学会インタラクティブシステムとソフトウェアに関する研究会 (WISS2013), pp91-96, 2013

\*FUTURE BODY PROJECT 「気配の触感」  
<https://hakomachi.com/townnews3/2025/08/civic0829/>