

# リニアアクチュエータを用いた形状情報呈示手法の精緻化に関する研究

## A study on refinement of shape presentation method using linear actuators

岩淵 有真<sup>\*1</sup>, 本吉 達郎<sup>\*2</sup>, 高木 昇<sup>\*2</sup>, 澤井 圭<sup>\*2</sup>, 増田 寛之<sup>\*2</sup>

布施 陽太郎<sup>\*2</sup>, ミヤグマルドラム ビルグウンマ<sup>\*2</sup>,

Yuma IWABUCHI<sup>\*1</sup>, Tatsuo MOTOYOSHI<sup>\*2</sup>, Noboru TAKAGI<sup>\*2</sup>, Kei SAWAI<sup>\*2</sup>, Hiroyuki MASUTA<sup>\*2</sup>

Yotaro FUSE<sup>\*2</sup>, Bilguunmaa MYAGMARDULAM<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 富山県立大学大学院工学研究科

<sup>\*1</sup> Toyama Prefectural University Graduate School of Engineering

<sup>\*2</sup> 富山県立大学工学部

<sup>\*2</sup> Toyama Prefectural University Faculty of Engineering

Email: u254004@st.pu-toyama.ac.jp

**あらまし:** リニアアクチュエータを用いて物の形状を指先に呈示するシステムの開発と評価に取り組んでいる。これまでの試作機では、ユーザの探索位置に応じてリニアレール上をリニアアクチュエータが自由に移動できる方式を採用していたが、ユーザの操作速度によっては呈示する物体側面のエッジ感を伝えられないことがわかった。この問題を解決するためにリニアアクチュエータの平面位置制御を可能にする移動機構を開発し、評価を行った。

**キーワード:** リニアアクチュエータ, 視覚障がい者, 形状情報呈示システム, 平面移動制御機能

### 1. はじめに

晴眼者は視覚によって外界から多くの情報を得ている。このことから全盲やロービジョンを含む視覚障がい者は晴眼者と比べて外界からの情報取得に困難を強いられる。そこで、触覚により情報伝達を支援するツールがある。そのツールとして立体コピー機、点図ディスプレイ<sup>(1)</sup>、および3Dプリンタがある。しかし、これらのツールは平面的な情報呈示に限られる、または呈示情報を更新できないという問題点を持っている。以上から、高さ情報を利用して立体的な形状情報を呈示することができることに加え、呈示情報を更新できるシステムが開発された。

### 2. 形状情報呈示システムの試作

水島ら<sup>(2)</sup>は立体的形状情報を呈示できることに加え、呈示情報の更新可能なシステムを開発した。4基の高精度で位置制御が可能なリニアアクチュエータを用いて4本の指先に高さ情報を呈示することで立体構造の物体の呈示が可能である。本稿では、水島らが開発したシステムを“試作機”と呼ぶ。

### 3. 試作機を用いた形状情報の正確性の検証

本稿では、物体側面の垂直な情報を感じ取ること“エッジ感”と定める。本研究では、リニアアクチュエータ(以下、PCS-9RD)の平面位置に対応した高さを伝達することで形状情報を呈示する手法を用いている。しかし、試作機ではPCS-9RDの平面位置はユーザによって常に変えられるため、PCS-9RDは平面位置に応じた高さを伝達できない可能性がある。そこで、22歳~23歳の晴眼者の男性3名に試作機を使用してもらい、直方体を呈示した際のPCS-9RD可動部の軌跡を取得し、その軌跡と理想軌跡の比較を行った。直方体の形状は130(W)×100(D)×50(H)(mm)とした。検証の前には被験者に対して野球ボール程

度の大きさの物体の形状を触って確かめるスピードで探索位置を呈示可能範囲の左端から右端まで動かすよう指示した。ただし、探索位置の移動経路は直方体側面に対して垂直となるようにシステムの移動機構に工夫を施した。PCS-9RD可動部の軌跡の結果を図1に示す。ただし、図1はPCS-9RD可動部が上昇を開始してから直方体上面の高さ50mmに到達するまでの軌跡を示している。なお、理想軌跡も図1に示している。図1からすべての軌跡が理想軌跡とは異なることがわかり、試作機では直方体側面のエッジ感を損なう可能性があると言える。そこで、直方体側面に到達した際にPCS-9RDの水平位置を固定し、ストロークが目標位置に到達すると固定を解除するような機能の実装に取り組むこととした。

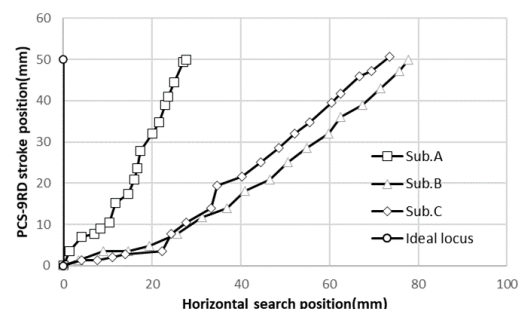


図1 PCS-9RD 可動部の軌跡

### 4. 2軸制御式平面移動機構を実装した形状情報伝達システム

3節の機能の実現に向けてPCS-9RDを平面内で移動させる機構にアクチュエータ(以下、SKR26)を採用した。本システムは、指先に高さ情報を伝達する高さ呈示部、および高さ呈示部を平面内で移動させるための2軸制御式平面移動機構から構成される。本システムの外観を図2に示す。高さ呈示部は、4基のPCS-9RDおよび移動機構を動作させるための

ジョイスティックから構成される。2軸制御式平面移動機構は、X方向に1基、Y方向に1基の合計2基のSKR26により構成され、高さ呈示部をXY平面内で移動できる。2基のSKR26およびX方向に設置されているSKR26をY方向に移動させるためのリニアガイドを用いることにより左右に210mm、前後に160mm移動できる。試作機の物体側面のエッジ感を得られない可能性があるという問題点を解決するために、「PCS-9RDが目標の高さを呈示するまでPCS-9RDの平面移動を停止する」という機能を提案する。本機能を用いることでPCS-9RDの平面位置に対応した高さ情報を伝達でき、より精緻な形状情報を呈示できると考えられる。以下、本機能を“平面移動制御機能”と呼ぶ。

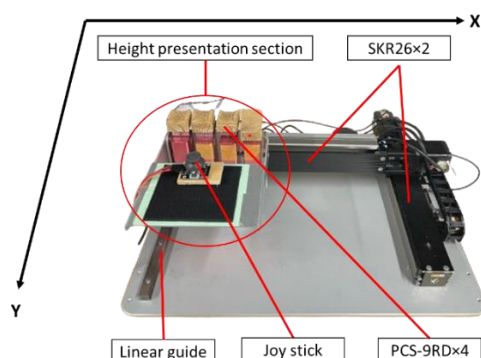


図2 形状情報呈示システム

## 5. 平面移動制御機能の有用性の検証

試作機を用いて踏み面の奥行が小さい階段形状の物体を探索する際のエッジ感を得られず、段差の数を把握できない可能性が考えられる。そこで、本実験では平面移動制御機能なしの場合とありの場合で階段形状の物体の呈示を行い、被験者が知覚できる形状精度の違いを比較する。

### 5.1 実験概要

本実験では、21歳～24歳の晴眼者10名(男性8名、女性2名)を被験者とした。被験者が本システムを用いて触察する際は、アイマスクを着用してもらいPCS-9RDの動きや位置を視覚的に認識できないようにした。探索時間に制限は設けなかった。

呈示する階段は直階段であり、2段、4段、および6段の3種類とした。1段分の高さはすべて7mmとした。踏み面の奥行は、2段の場合は18mm、4段の場合は9mm、6段の場合は6mmとし、奥行の合計が36mmになるよう設定した。踏み面の幅はすべて100mmとした。また、各階段でシステムのX軸の正方向(以下、X+方向)に上昇する場合とY軸の正方向(以下、Y+方向)に上昇する場合の2通りの配置を設定した。段数が異なる3種類の階段、2通りの向き、および平面移動制御機能のなしとありの組み合わせの一覧を表1に示す。被験者には組み合わせ1から12(以下、C1～C12)を無作為に並べた順番で探索を行ってもらい、各探索後に階段の段数を口頭で回答してもらった。

表1 組み合わせの一覧

	階段の段数	階段の向き	平面移動制御機能のあり/なし
C1(C7)	2 (2)	X+ (Y+)	あり(あり)
C2(C8)	2 (2)	X+ (Y+)	なし(なし)
C3(C9)	4 (4)	X+ (Y+)	あり(あり)
C4(C10)	4 (4)	X+ (Y+)	なし(なし)
C5(C11)	6 (6)	X+ (Y+)	あり(あり)
C6(C12)	6 (6)	X+ (Y+)	なし(なし)

### 5.2 実験結果

C1からC12における被験者の認識段数の正答率の結果を表2に示す。平面移動制御機能あり/なしのみが異なる2対の条件の正答率の違いに関して、手法ありが手法なしを下回ることはなかった。また、平面移動制御機能あり/なしのみが異なる条件間で正答率に差がみられるかどうかを有意水準5%でマクネマー検定(イェーツの補正あり)を行った結果、C11とC12の間で有意差が認められた( $p=0.023$ )。

表2 認識段数の正答率

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
正答率	100%	60%	70%	60%	40%	30%
	C7	C8	C9	C10	C11	C12
正答率	70%	70%	90%	50%	80%	10%

### 5.3 考察

C11とC12の間で有意差が認められたことから段数が6段、向きがY+方向の階段において平面移動制御機能なしに比べて、ありのほうが高い正答率を持っている可能性が示された。また、平面移動制御機能あり/なしのみが異なる2対の条件の正答率の違いでは、手法ありがなしを下回ることはなかった。これらのことから、平面移動制御機能により物体のエッジ感を取得しやすい可能性があると言える。

## 6. まとめ

検証実験では、平面移動制御機能により物体のエッジ感を取得しやすい可能性が示唆された。今後は、本研究の呈示目標である洪水ハザードマップとフロアマップを呈示情報とし、システムの評価を行うべきと考える。また、視覚障がい者にシステムの体験をしてもらい、評価を受ける必要があると考える。

### 参考文献

- (1) 大舘直哉, 高木昇, 澤井圭, 本吉達郎, 増田寛之, “視覚障がい者の利用を目的としたオブジェクト指向図形記述言語とそれを用いた作図支援システム開発”, 第37回ファジイシステムシンポジウム 講演論文集, pp.342-347(2021)
- (2) 水島颯汰, 本吉達郎, 澤井圭, 玉本拓巳, 増田寛之, 小柳健一, 大島徹, “リニアアクチュエータを用いた形状情報呈示システムの提案”, 日本機械学会北陸信越支部, 第55期総会・講演会 講演論文集, No.187-1(2018)