

3D CAD 操作支援のための 巻き尺を用いたサイズ感提示デバイスの開発

一色潤^{1,a)} 高田 峻介²

概要: 3D プリンタの普及に伴い 3D CAD の利用者が増えている。3D CAD 初学者にとって、特に画面内のサイズ感と実サイズ感の差の把握が難しいことが指摘されている。そこで、巻き尺型デバイスを用いた実サイズ感の把握を支援する手法を提案する。提案手法はロータリエンコーダ、ジャイロセンサ、ステッピングモータを搭載した巻き尺型デバイスを用いて、巻き尺の長さや姿勢と 3D CAD 内のモデルを同期させることで、3D モデルのサイズ感を視覚・触覚的に把握できる。

1. はじめに

家庭用 3D プリンタの普及に伴い、3D CAD を用いたモデリングの需要が高まっている。しかし、3D CAD の習得はハードルが高い。特に、実空間に無い物体を想像で設計する空間認識能力が、物体を設計する際に重要であることが報告されている [1][2]。また中学生を対象とした製図教育の調査 [4] では、空間認識能力の差異によって 3D CG による学習方法の有効性が異なることが分かっている。空間認識能力の中でも特に「適切な長さ」を的確にイメージすることは容易ではない。そこで我々は、巻き尺を活用した、3D CAD 向けのサイズ感把握を支援する巻き尺型デバイスを提案する (図 1)。本デバイスはロータリエンコーダ、ジャイロセンサ、ステッピングモータを搭載しており、巻き尺の長さや姿勢と 3D CAD 内のモデルをリアルタイムに同期できる。3D CAD の一種である Blender[3] と併用することで、画面上の 3D CG では補えない、実空間上の長さをユーザに視覚・触覚的に提示できる。

2. 関連研究

提案手法は、3D CAD の操作を支援するための形状変化するインタフェースである。関連した研究を以下に述べる。

2.1 3D CAD を簡単化する方法

3D CAD の設計を容易にする手法が研究・開発されている。秋山ら [5] は専用の紙に実寸の二面図をマーカで書き、それらを画像解析することで 3D モデルへと変換する手法

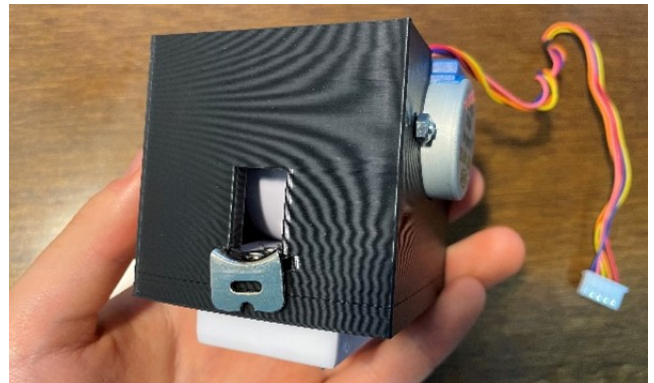


図 1 巻き尺型デバイスのプロトタイプ

を提案している。また、サイズ感を合わせたい対象物の画像を撮影し、その輪郭を手書きすることで、自動で適切なサイズの造形物を印刷する手法を提案している [6]。他にも手書きの絵や画像から 3D モデルへと変換する同様の機能は、一部の市販の 3D プリンタにも搭載されている [7]。

これらの手法に対し提案手法は、3D モデルにおける 3 軸の寸法を視覚的かつ触覚的に把握できるという点で異なる。

2.2 形状が変化するインタフェース

3D モデルと同期して形状変化するインタフェースが研究されている。LineFORM [8] は、蛇型ロボットを参考にした形状変化するインタフェースであり、一機能として 3D モデルを操作する手法を開発した。多様な曲線を手で触りながら操作出来るとともに、レンダリングヒンジやミラーリング等の機能も搭載したインタフェースとなっている。Follmer ら [9] は、ジャミング転移による状態変化を活用したインタフェースを 3D モデルの制作に用いている。LineFORM と同様に、ユーザは手で触りながらモデルを変形できるた

¹ 神戸市立工業高等専門学校 機械工学科

² 神戸市立工業高等専門学校 電子工学科

^{a)} r119110@g.kobe-kosen.ac.jp

め、幾何学的に定義されていない形状でも簡単に3Dモデルへと変換できる。

これらの手法に対し提案手法は、寸法の視覚・触覚的な決定に絞る、収納時はコンパクトという点で異なる。

3. 巻き尺型デバイス

3D CADにおける3Dモデリング時の、サイズ感を提示するための巻き尺を活用したデバイスを提案する。

3.1 実装

本研究で使用するデバイスは、巻き尺、ロータリエンコーダ (KY-040)、ジャイロセンサ (MPU-6050)、ステッピングモータ (28BYJ-48) によって構成されている (図2)。ユーザが伸ばした巻き尺の距離はロータリエンコーダの回転角度を用いて計測されており、計測値はArduino UNO R3へシリアル通信で送信される。ジャイロセンサは3軸の識別に利用され、入力された計測距離がx軸・y軸・z軸のどれに対応しているかを判定する。また、巻き尺型デバイスの筐体側面に取り付けられたステッピングモータを用いて、指定した長さ分に巻き尺を伸縮できる。

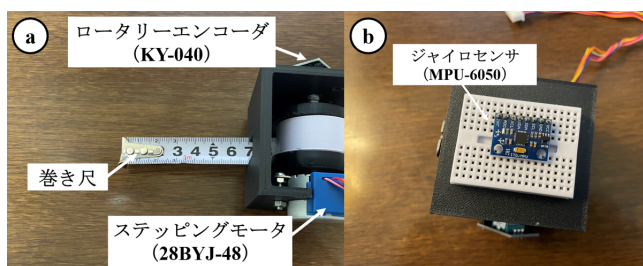


図2 巻き尺型デバイスの構成

3.2 3Dモデルと巻き尺型デバイスの長さの同期機能

提案手法におけるインタラクションの概要を図3に示す。巻き尺型デバイスから送信された長さや軸情報を用いて、BlenderのPythonスクリプトで処理し、3Dモデルのサイズに反映する。さらに、Blender上にて3Dモデルのサイズを変更し、特定の辺を指定すると巻き尺型デバイスを伸縮させ、実サイズを視覚・触覚的にユーザに提示する。

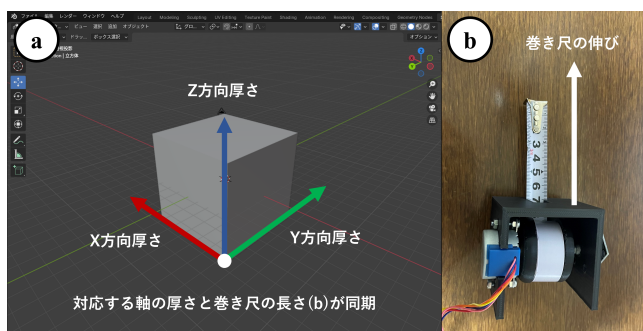


図3 提案手法におけるインタラクション

表1 巻き尺型デバイスの長さの計測精度評価結果

伸ばした長さ (mm)	計測値	換算値 (mm)	誤差率 (%)
100	33	98.489	1.511
200	66	196.978	1.511
300	100	298.451	0.5163
400	134	399.925	0.0188
500	168	501.398	0.2796

3.3 長さの計測精度調査

巻き尺型デバイスを伸ばさせた際の長さの計測精度を調査した。調査結果を表1に示す。表1内の計測値は、ロータリエンコーダの回転角度を変換した値のことであり、巻き尺の半径から算出すると、回転角度から換算値が求まり、そこから誤差率を導出した。結果から分かるとおり、誤差率は約1%であり、ユーザがサイズ感を把握するには十分な本デバイスの長さの計測精度であった。

4. まとめ

本稿にて、3D CAD初学者が3Dモデルのサイズ感と実サイズ感の差の把握が難しい問題を支援するために、巻き尺型デバイスを用いた実サイズ感を提示する手法を提案した。提案手法は、ロータリエンコーダ、ジャイロセンサ、ステッピングモータを搭載した巻き尺型デバイスを用いて、巻き尺の長さや姿勢と3Dモデルを同期させることで、3Dモデルのサイズ感を視覚・触覚的に把握できる。また、実装した巻き尺型デバイスの長さの計測精度を評価した結果、誤差率約1%と十分な精度であることが確認された。今後、巻き尺型デバイスを3基組み合わせさせた3軸でのサイズ感の同時提示の実装や、ユーザーレビューを実施する。

謝辞 本研究を行うにあたり、神戸市立工業高等専門学校機械工学科の早稲田一嘉教授、同校機械工学科4年の牧嶋蓮斗氏に多大なるご協力を頂戴したので感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 紺谷正樹, 山本利一. “3D CADを用いた空間認識能力と製図技能の習得を関連付けた指導過程の提案,” 埼玉大学教育学部附属教育実践総合センター紀要, (19), 2021年.
- [2] 比護智洋. “空間認識力を育む教材に関する研究,” 新潟大学教育学部数学教室, 『数学教育研究』, 第47巻, 第1号, 146-165, 2012年.
- [3] Blender. <https://www.blender.org/>. (Accessed on 2023/12/22)
- [4] 三浦吉信, 上之園哲也, 島田和典, 森山潤. “中学校技術科における生徒の立体描画能力の形成を支援する製図学習の検討-立体認識能力の差異に着目して,” 兵庫教育大学教科教育学会紀要, (23) 17-24, 2010年03月
- [5] 秋山 耀, 宮下 芳明. “3Dプリンタのための Paper User Interface,” 第24回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集 (WISS2016), 185-191, 2016年12月
- [6] Yoh Akiyama, Homei Miyashita. “Fitter: A System for Easily Printing Objects that Fit Real Objects”, In Ad-

junct Proceedings of the 29th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '16 Adjunct). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp. 129–131, Oct. 2016.

- [7] KOKONI EC 2. <https://www.kokoni3d.com/ja/products/kokoni-ec2>. (Accessed on 2023/12/22)
- [8] Ken Nakagaki, Sean Follmer, Hiroshi Ishii. “LineFORM: Actuated Curve Interfaces for Display, Interaction, and Constrain”, In Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology (UIST '15). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp. 333–339, Nov. 2015.
- [9] Sean Follmer, Daniel Leithinger, Alex Olwal, Nadia Cheng, Hiroshi Ishii. “Jamming user interfaces: programmable particle stiffness and sensing for malleable and shape-changing devices”, In Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '12). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp. 519–528, Oct. 2012.