

厚生労働科学研究費（障害者対策総合研究事業）
分担研究報告書

支援機器の評価・適応判定のための基準・指標に関する指針

研究代表者 硯川 潤 国立障害者リハビリテーションセンター研究所
福祉機器開発部 福祉機器開発室長

研究要旨 本文

昨年度に実施した各技術分野（3Dプリンタ、XR、AI/ICT）における調査結果では、それぞれの技術特性や支援機器分野への適用度合いによって、必要となる規格や評価・適応基準が異なることが示唆された。今年度は、3Dプリンタ、XRそれぞれ分野において、普及促進に向けての対応策を検討した。

3Dプリンタの自助具への応用では、製作・調整の主体となる作業療法士による設計の支援が普及の鍵となる。本研究では大規模言語モデルを利用した形状生成スクリプトの自動生成の活用を試みた。その結果、最低限度の基礎形状生成が可能であり、造形データ作成時の結合処理や、造形後の接着等と組み合わせた設計支援手法への展開が有用であることが示唆された。

VRデバイスを用いたリハビリテーション機器の評価に関する論文では、疾患に共通した評価指標・基準は見られたものの、デバイス特性に起因する共通指標は用いられていなかった。現在多様なVR関連デバイスの製品化が進んでいることから、今後生活支援用途が大きく開拓されることも予想され、技術の普及フェーズに着目しながら必要な評価基準を継続的に検討する必要がある。

A. 研究目的

昨年度に実施した各技術分野（3Dプリンタ、XR、AI/ICT）における調査結果では、それぞれの技術特性や支援機器分野への適用度合いによって、必要となる規格や評価・適応基準が異なることが示唆された。従って、技術横断的な基準・指標ではなく、各分野での調査結果を踏まえ、それぞれの普及フェーズに応じた対応策の提案が重要である。

AI/ICT分野については、スマートフォンのアクセシビリティ設定等の調整に関する情報の不足が普及の疎外の一因であると考えられ、その一部についての解説情報を制作・公開することとした。本稿では、3Dプリンタ、XRそれぞれ分野において、普及促進に向けての対応策を検討する。

まず3Dプリンタ応用については、医療専門職による設計の困難さが普及の阻害因子となっており、その簡易化を目的として生成AIの利用を検討する。XR分野については、生活支援機器としての普及はほとんど例が無いことから、リハビリテーション機器に

おける評価基準について調査し、普及に向けた参考とする。

B. 研究方法

B-1. 3Dプリンタ分野

OpenAI社が提供する大規模言語モデル（LLM）である chatGPT4 をカスタマイズし、FreeCAD（ver0.21.2）のマクロ機能で3Dモデルを作成するためのマクロのコードを作成することを検討した。カスタマイズに際しては、自助具設計で頻繁に用いられる基礎形状15種類¹⁾の生成スクリプトを学習データとして作成した。スクリプト内には、コメントアウトしたテキストとして、各形状のどの要素や寸法に対応したコマンドであるかを記載した。

検証時には、学習データと異なる寸法設定でそれぞれの基礎形状データを生成させることを試みた。chatGPT の出力はランダムに揺らぐため、同一プロンプトで5回試行し、結果を集計した。以下に使用したプロンプトの一例を示す。

パーツ2を作成します。外側の四角柱の幅は50mm、奥行は40mm、内側の四角柱の幅は40mm、奥行は30mmで、パーツの高さは20mmです。

B-2. XR分野

昨年度に実施した当該分野の調査で収集された機器の評価論文について、方法のセクションで述べられている評価指標・項目を抽出し、比較した。機器の使用目的と指標間の関係性を考察することで、XR関連技術に特化して活用できる適応判定基準・指標を検討した。

(倫理面への配慮) 該当なし

C. 研究結果

C-1. 3Dプリンタ分野

生成を試行した15形状のうち7形状で、5回試行中の過半数以上で意図した形状が生成された。一方、5形状では一度も意図した形状が生成されなかった。

円柱や直方体といった、単純な2次元形状の押し出しや回転掃引で作成できる基礎形状は正答率が比較的高かった。一方で、複数の形状のブーリアン演算が必要な基礎形状では、生成コード自体にエラーが含まれる場合や、指示と異なる寸法設定になるなど、正しい形状が得られない頻度が増加した。

基礎形状同士を組み合わせ、所望の自助具形状を得ることも試みたが、2形状間の位置関係が正しく反映されなかった。また、自助具の使用目的から形状を生成させることも困難であった。

C-2. XR分野

表1にVRデバイスを用いたリハビリテーション機器の臨床評価論文について、用いられた評価指標・項目の一覧を示す。これらのリハビリテーション機器は、生活支援ではなく特定の疾患・症状の緩和・治療を目的としている。従って、用いるべき評価指標・項目は機器の目的から自明であることが多く、論文間での重複も見られた。しかし、この一致は対象疾患の共通性に起因するものであり、VRまたはXR機器横断的な指標の利用は見られなかった。

VRデバイスの利用では一般にVR酔いなどが誘発されることが知られている。長時間の利用時には注意すべき事象であるが、治療目的の機器では装着時間が限られていることもあり、関連指標が2次的アウトカムとして測定されている例は見られなかった。

D. 考察

3Dプリンタの自助具への応用では、製作・調整の主体となる作業療法士による設計の支援が普及の鍵となる。本研究では大規模言語モデルを利用した形状生成スクリプトの自動生成の活用を試みた。これまでも大規模言語モデルを利用した対話型の形状生成は試みられているが²⁾、自助具のような正確な寸法設定が必要で、複数のコンポーネントからなる形状の生成はほとんど例がない。今回は先行研究で得られた自助具に共通する基礎形状の生成を試みたが、その組み合わせまでを対話的に実現することは困難であった。しかし、最低限度の基礎形状さえ生成できれば、造形データ作成時の結合処理や、造形後の接着等で所望の自助具形状に到達できる可能性はあり、今後も継続した技術開発が望まれる。

VRデバイスを用いたリハビリテーション機器の評価に関する論文では、疾患に共通した評価指標・基準は見られたものの、デバイス特性に起因する共通指標は用いられていなかった。大きな要因が、生活支援機器としての応用がほとんど存在しないことであり、長時間装用の弊害などが顕在化しない用法であることが考えられる。現在多様なVR関連デバイスの製品化が進んでいることから、今後生活支援用途が大きく開拓されることも予想され、技術の普及フェーズに着目しながら必要な評価基準を継続的に検討する必要がある。

E. 結論

3Dプリンタの自助具応用とXR関連機器の生活支援での活用を促進するために、それぞれの技術特性に合わせた対応策の検討を行った。前者では基礎的な検討から、生成AIの活用が有用な設計支援手段となり得ることが示唆された。また、後者ではリハビリテーション機器の評価論文の調査から、現状では

デバイス特性に関連した共通指標が評価項目に取り入られていないことが示された。

F. 参考文献

- 1) 清水太智, 手嶋吉法, 井上剛伸, 緒方徹, 硯川潤, “医療専門職のための 3D プリント自助具の組み合わせ設計フローの構築.”, 第35回リハ工学カンファレンス講演論文集, pp. 24-25, 2021.
- 2) <https://github.com/gd3kr/BlenderGPT> (最終アクセス: 2024-2-20)

G. 研究発表

1. 論文発表

硯川潤, “支援機器の設計・開発におけるポイント: 当事者参加と医療専門職の役割.”, 日本設計工学会誌, 58(7), pp. 290-295, 2023.

2. 学会発表

硯川潤, “3Dプリンタで作成する自助具について”, 第18回リハ協カフェ, 2023-09-22, オンライン.

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

2. 実用新案登録

3. その他

表 1 文献リスト.

論文タイトル	評価項目・指標
Benefit of an Electronic Head-mounted Low Vision Aid Doi: 10.1111/opo.12646	logMAR chart (visual acuity), Pelli-Robson chart (contrast sensitivity), Letter-by-letter scoring, and MNREAD test (reading performance).
Virtual Reality Oculokinetic Perimetry Test Reproducibility Doi: 10.1016/j.xops.2021.100105	Vivid vision perimetry swift test and Humphrey visual field test
Visual Training in Virtual Reality in Adult Patients with Anisometric Amblyopia Doi: 10.31348/2020/3	Best corrected visual acuity.
The feasibility and positive effects of a customised videogame rehabilitation programme for freezing of gait and falls in Parkinson's disease patients: a pilot study Doi: 10.1186/s12984-018-0375-x	Study-specific questionnaire (7-point Likert scale), Piper Fatigue Revised Scale, Positive and Negative Emotionality questionnaire, and game performance.
Temporal virtual reality-guided dual-task trunk balance training in a sitting position improves persistent postural-perceptual dizziness: proof of concept. Doi: 10.1186/s12984-022-01068-6	Niigata PPPD Questionnaire, and equilibrium tests (stabilometry, foam rubber posturography, velocity of the Romberg's ratio, and etc.).
Effects of a Rehabilitation Program Using a Wearable Device on Upper Limb Function Performance of Activities of Daily Living, and Rehabilitation Participation in Patients with Acute Stroke Doi: 10.3390/ijerph18115524	Fugl-Meyer assessment scale, hand strength test, Jebsen-Taylor hand function test, Korean version of the modified Barthel Index (activities of daily living), and Pittsburgh rehabilitation participation scale.
Effects of Upper-Extremity Rehabilitation Using Smart Glove in Patients with Subacute Stroke: Results of a Prematurely Terminated Multicenter Randomized Controlled Trial Doi: 10.3389/fneur.2020.580393	Fugl-Meyer assessment scale, Jebsen-Taylor Hand Function Test, Box and Block Test, grip strength, Modified Barthel Index upper extremity (MBI-UE), and Carer Burden Scale.
Effects of Virtual Reality-Based Rehabilitation on Burned Hands: A Prospective, Randomized, Single-Blind Study Doi: 10.3390/jcm9030731	Grip strength, Michigan Hand Outcomes Questionnaire, Jebsen-Taylor hand function test, and Purdue Pegboard test.
The Effects of Virtual Upper Extremity Training Using the RAPAEEL Smart Glove on Physical and Cognitive Function in Stroke Survivors -A Single Group Study- Doi: 10.21598/JKPNFA.2019.17.2.199	Box-and-block test, Jebsen-Taylor hand function test, grip strength, Wolf motor function test, and trail making test.
Automated virtual reality therapy to treat agoraphobic avoidance and distress in patients with psychosis (gameChange): a multicentre, parallel-group, single-blind, randomised, controlled trial in England with mediation and moderation analyses. Doi: 10.1016/S2215-0366(22)00060-8	Oxford Agoraphobic Avoidance Scale, Agoraphobia Mobility Inventory-Avoidance scale, Columbia Suicide Severity Rating Scale, and other 14 secondary outcomes.
Effects of sensory stimulation on upper limb strength, active joint range of motion and function in chronic stroke virtual reality training Doi: 10.14474/ptrs.2020.9.3.171	Muscle strength, active joint range of motion, and Manual Function Test.