

遠隔地間でのリモートデザイン手法の研究開発

－ローエンドのVR技術を活用したデザインプロセスの有用性検証－

餘久保優子* 太田翔平*

本研究では、中小企業を対象としたデザイン開発において遠隔地間での相互理解を深め、効率化を図ることを目的としてリモートデザイン手法を構築し、それを登山用杖のグリップのデザイン開発に試行した。従来のプロセス、1次試作のみVRを活用したプロセス、設計と試作全般にVRを活用したプロセスの3つにおいて、作業効率・相互理解・身体適合性の3項目で検証した結果、1次試作のみVRを活用したプロセスは全項目で高評価が得られた。設計と試作全般にVRを活用したプロセスは作業効率・相互理解が高い傾向を示したが、身体適合性は最も低い傾向を示した。そのため、製品の用途に応じてプロセスを使い分けることが重要であると考え、各プロセスを整理し、県内企業のデータ作成や機器操作スキルの向上を目的に操作マニュアルを作成した。

キーワード: リモートワーク, バーチャルリアリティ, デザインプロセス

Study of Design Methods Between Remote Locations

- Verifying the Usefulness of Simple and Inexpensive VR Technology in the Design Process -

Yuko YOKUBO and Shohei OTA

In this study, a remote design method was proposed to enhance mutual understanding and efficiency among remote locations in design development for small and medium-sized companies, and this method was tested in the design development of a grip for a mountaineering cane. Three processes were evaluated in terms of work efficiency, mutual understanding, and physical compatibility: a conventional process, a process utilizing VR only for the first prototype, and a process utilizing VR for the entire design and prototype. As a result, the process that utilized VR only for the first prototype was highly evaluated in all three categories. The process that utilized VR for both design and prototyping displayed a tendency for high work efficiency and mutual understanding, however the process that utilized VR for physical compatibility displayed the lowest tendency, indicating that it is important to use different processes for different product applications in the future. Each process was organized, and an operation manual was prepared to improve the data preparation and equipment operation skills of companies in Ishikawa prefecture.

Keywords: remote working, VR, design process

1. 緒 言

新型コロナウイルス感染症の流行に伴い急速に普及したリモートワークは、現在ではポスト・コロナ時代の新たな働き方として推進され、政府のDX(デジタルトランスフォーメーション: デジタル革新)政策の一つに掲げられている。自動車製造業や建築業などの大手企業では、遠隔地間でVRやAR技術を活用し、仮想的にデザインレビューを試行するなど、革新的な取り組みが進められている²⁾。しかし県内の中小企業にお

いては、その要望がありながらも設備投資に伴う費用対効果の不明確さや操作スキルの習得などが課題となり、導入に至っていない。

そこで本研究では、中小企業を対象とした製品と人体の適合性を重視したデザイン開発において遠隔地間での相互理解を深め、効率化を図ることを目的としてリモートデザイン手法の構築を検討した。本手法を人間工学の評価が必要な登山用杖のグリップの開発において活用し、従来のプロセスと比較して有用性を検証した事例を報告する。

*繊維生活部 デザイン開発室

2. デザイン手法の構築

2. 1 課題・要望の調査

遠隔地間のデザイン開発に関して、課題や要望を研究に反映するため、県内のデザイン業務に従事する22名(18社)を対象に以下の3項目について複数回答形式に自由記述欄を加えてアンケート調査を行った。

(1)遠隔地間のデザイン開発の課題

(2)デザイン開発に活用したい機器

(3)VR技術などの活用に向けた課題

得られた結果を以下に示す。

(1)遠隔地間のデザイン開発の課題

結果を図1に示す。「相手の反応がわかりにくい」が最も多く、「質感や細部が伝わりにくい」「色味が伝わりにくい」「操作性が伝わりにくい」「一方通行になりがち」「サイズ感が伝わりにくい」の順であった。その他、「真意が伝わらない」「対話の双方向性が損なわれる」「リアリティ不足」「適合性や操作性、色や質感は実機が必要」「画面の大きさやPCのスペックが効率に影響する」といった意見が示された。テレワークに関する先行調査³⁾でも同様の回答が得られており、オンラインは対面のコミュニケーションより、相槌の仕方などの伝え方を工夫する必要がある。これらより、本研究では相互理解を高めるには相手の反応がわかりやすい双方向のコミュニケーションが重要であると考えた。そこで仮想現実空間上で表情機能を有するアバターを用いて、相互にディスカッションしながら3Dモデルを多方向から確認・編集できるようにした。

(2)デザイン開発に活用したい機器

結果を図2に示す。「ヘッドマウントディスプレイ(以下HMD)」が最も多く、「3Dプリンタ」「モーションキャプチャ(以下Mocap)」「アイトラッカー」と「全身スキャナ」の順であった。その他、「3Dプリンタモデルを事前送付してモノを共有して検討する」「デジタル機器はモデルチェンジが激しいため費用対効果が課題」「平面のプリンタが必要」「精度の高い同時通訳機能」「スーパーインポーズ(文字や画像を動画と重ねて表示する)機能」などが示された。

本研究では、調査結果と導入コストの制約や必要性を考えて、ニーズが高かった上位3つの機器(HMD,3Dプリンタ,Mocap)を遠隔地間のデザインプロセスに活用することとした。3Dプリンタに関しては出力サービスが展開されており、外部の設備利用を想定して機器構

成を図ることとした。

(3)VR技術などの活用に向けた課題

結果を図3に示す。「導入コスト」が最も多く、「データ作成のスキル」「機材の操作」「セキュリティ」と「人体への影響」および「寸法精度」の順であった。その他「費用対効果が不明」「有用性がわからず予算取りが困難」「通信環境との親和性」「安全な場所の確保」などが挙げられた。

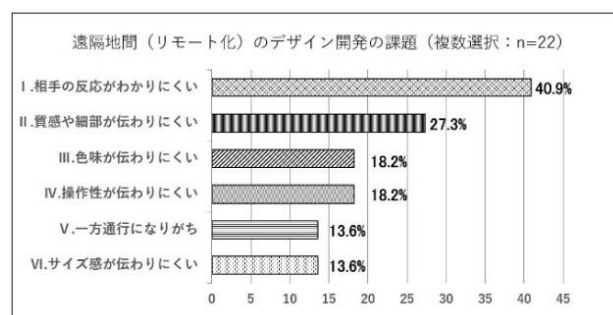


図1 遠隔地間のデザイン開発の課題の調査結果

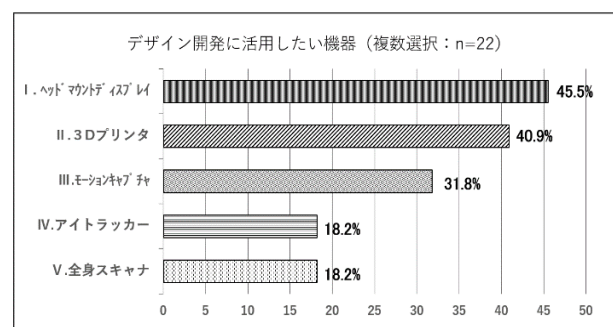


図2 デザイン開発に活用したい機器の調査結果

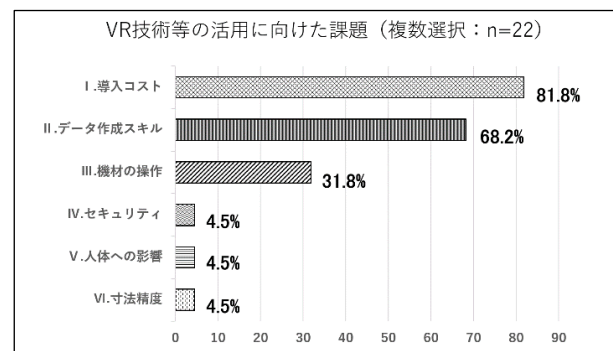


図3 VR技術などの活用に向けた課題の調査結果

2. 2 デザインプロセスと機器構成

本研究の調査結果からVR導入に懸念される課題が挙げられたが、先行調査⁴⁾の結果でも、コンテンツ制作コスト、初期投資、VRの効果や導入方法が不明であることなどが挙げられている。

そこで本研究では、安価で簡易な機器構成でVR技術を活用することが重要と考え、デザインプロセスを図4に示すような機器構成で構築し、データ互換性の検証や応用事例によるノウハウの獲得に取り組んだ。

プロセス①の三次元動作計測には、モーションキャプチャデバイス(Perception Neuron・Noitom)と専用ソフト(Axis Neuron Ver.3.8.42.8591・Noitom)。

プロセス②の人体の3D動作入力には、統合型3DCG作成ソフト(Blender・Blender財団)。

プロセス③の製品の3D設計には3Dモデリングソフト(Rhinoceros Ver.7.26.23009.7001・Robert McNeel & Associates)。

プロセス④のVR表示にはHMD(Oculus quest2 64GB・Meta)。

プロセス⑤のVR3D編集にはVRデザインプラットフォーム(Gravity Sketch Ver. 6.0.6-9c・Gravity Sketch)。

プロセス⑥の3Dプリンタ試作にはフルカラー石膏用3Dプリンタ(Projet660pro・3DSYSTEMS)を採用した。

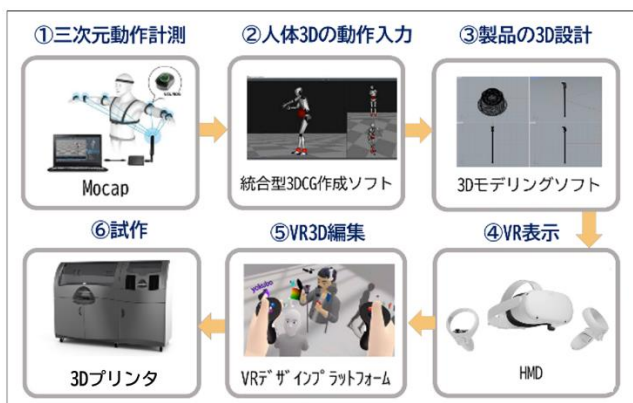


図4 デザインプロセスと機器構成

3. データ互換性評価

3.1 検証方法

機器の選定には、各プロセスで用いる機器間のデータ互換性が重要である。そこで互換性を検証する方法として、製品の3Dデータに加えて人体の3Dモデル3種類((一社)人間生活工学研究センターが所有する日本人の3次元全身形状データの中から、高齢者の平均身長男性・女性・高身長男性の3体を選定・編集)を用い、3動作環境(平地・坂・階段)においてVR空間上で製品と人体の3Dシミュレーションを試行した(図5)。

3.2 結果と考察

各プロセスで用いる機器間のデータ互換性が比較的

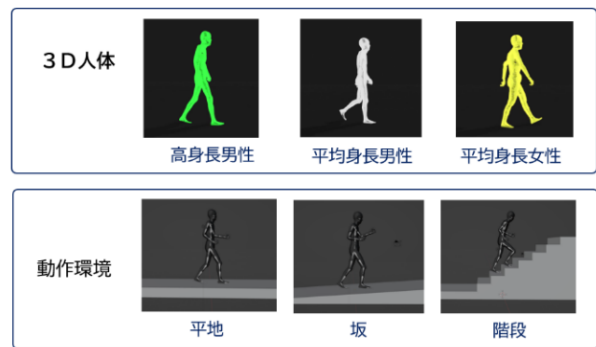


図5 試行した3つのプロセス

良好であったファイルフォーマットを以下に示す。

- ①三次元動作計測→②人体の3D動作入力:fbx方式
- ②人体の3D動作入力→③製品の3D設計:obj形式など
- ③製品の3D設計→④VR表示:obj形式など
- ④VR表示→VR3D編集:obj形式など
- ⑤VR3D編集→3Dプリンタ試作:obj形式など

三次元動作計測をMocapで行い、人体の3Dモデルに入力した結果では、リグ(モデルの骨組みなどを動かす仕組み)情報の入出力が可能なfbx形式の互換性が高かった。手の指や足先の再現性が計測する度に異なり、目視で関節が不自然と判る状態であったが、手動でリグを設定することで体型の異なる3人体で、歩行動作を再現することができた。

VR3D編集のプロセスにおいて、動く3Dモデルではfbx形式、静止した3Dモデルではobj形式を使用することで機器間でのデータ入出力の際にエラーが生じにくいことが示された。

また、本研究で活用したMocapは、安価で簡易ながら、性能の高さには定評があるが⁵⁾、計測する度に手の指や足先の再現性が異なった。Mocapは内蔵センサー方式であり、磁気干渉の少ない場所で使用するよう注意を促されており⁶⁾、作業環境の影響と、動作作業計測での誤差累積⁷⁾が相まって生じたものと推察される。

4. 事例による手法の有用性検証

4.1 方法

VR技術を有効活用した前例の多くは、費用対効果から、試作にコストや時間がかかるサイズの大きい建築物や車両などを対象としており、製品と人体の適合性が重要なものについては、まだ多くの課題が残されている⁸⁾。そこで本研究では、これまで検証されることの



図6 登山用杖のグリップ

少なかった手との適合性が重要な登山用杖のグリップ(図6)で事例検証した。

本研究の構成機器(図4)を活用し、筆者らが通常行うVRを活用しない「従来のプロセス」と、従来プロセスの1次試作にVR技術を活用した「VR活用プロセスI」、設計と試作全般にVR技術を活用した「VR活用プロセスII」の3つを試行した。

従来のプロセスは、3Dスキャナやプリンタを活用した3Dモノづくりのプロセス⁹⁾である。1次試作において開発者4名で10点の粘土原型(ラフモデル)から、登山用杖としての握りやすさの観点で1点を選出し、2次試作では開発者1名が、ディスカッションで出された改善点をふまえて粘土原型(プロトタイプモデル)を作製した。その後に3Dスキャン・3D編集を行って3Dプリンタで出力した。

VR活用プロセスIは、1次試作において従来のプロセスと同じであるが、2次試作でVR技術を活用したものである。ラフモデルを3Dスキャンして3Dデータ化したものを仮想現実空間上に表示した。開発者4名が表情機能を有するアバターを通してディスカッションしながら、コントローラを用いて3Dデータを共同で編集し、その後3Dプリンタでモデルを出力した。

VR活用プロセスIIは原型を製作せず、仮想現実空間上で開発者4名がアバターを通してディスカッションしながら共同で3Dデータのモデリングと編集を行ったものである。最初にMocapで人間の動作を三次元動作計測した後、そのデータを体型の異なる3Dモデルに入力して動作する3Dモデルを作製した。それらを要所で静止状態にし、仮想現実空間上に入力して、人体と製品の3Dデータが適合するように共同で作製・編集して3Dプリンタでモデルを出力した。

各プロセスの作業効率、相互理解、適合性(握りやすさ)について開発者4名に対して次の方法で評価を行った。

- ・作業効率の評価：4名の設計・試作時間の積算
- ・相互理解の評価：各プロセスの相互理解の満足度が、とても高い=7、とても低い=1として7段階のリッカート法¹⁰⁾を用いて主観評価
- ・適合性の評価：各3Dプリンタモデルの適合性に対する満足度が、とても高い=7、とても低い=1として7段階のリッカート法を用いて主観評価

4. 2 結果と考察

登山用杖のグリップ開発にVR技術を活用し、従来のプロセス、VR活用プロセスIとIIの3つで比較検証した流れを図7に示す。

作業効率は、従来に比較してVR活用プロセスIが約1.6倍、VR活用プロセスIIが約3.9倍向上した(図8)。



図7 試行した3つのプロセス

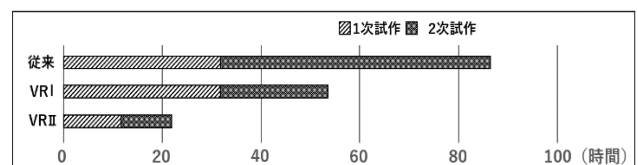


図8 作業効率(時間)

相互理解は従来プロセスよりVR活用プロセスIとIIが高い傾向を示した(図9)。

身体適合性は従来プロセスよりVR活用プロセスの方がやや高い傾向を示した。VR活用プロセスIIは最も低い傾向がみられた(図10)。

VR活用プロセスIIは、従来手法に比較して試作の作業効率が向上し、さらに相互理解、身体適合性が向上する傾向がみられた。従来手法は、関係者間でラフモデルを触感で確認した後に、出された改善点に基づい

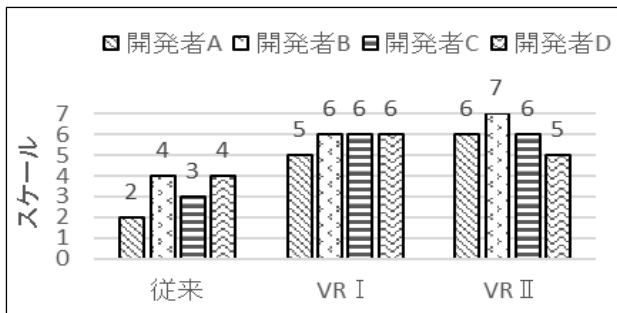


図9 相互理解(満足度)

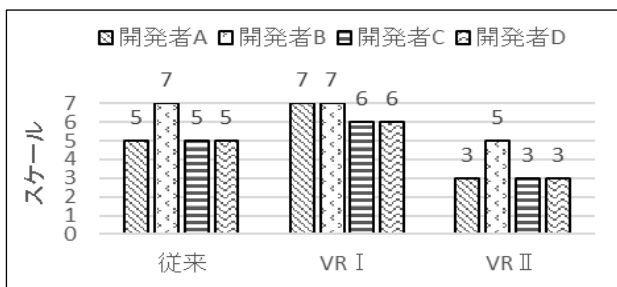


図10 身体適合性(満足度)

て2次試作を行うのに対し、VR活用プロセスIではラフモデルの確認後に、仮想空間上において共同で3D編集作業を行うことで、効率化され相互理解と適合性が向上したと推察される。

VR活用プロセスIIは作業効率と相互理解が向上する傾向がみられたが、適合性が低い傾向が示された。これは、最初から粘土原型で試作しないことで効率化が進み、設計・編集の全工程をVR空間上で手の3Dモデルに合わせて共同で3D編集作業を行うことで作業効率と相互理解が高まったと考えられる。

また、適合性が低かった理由として、Mocapの再現性の課題に加えて、モノを握る際に干渉によって手に圧力がかかり、肉や骨が変形することを3Dモデルに反映する必要があるが¹¹⁾、本研究では変形が生じない3Dモデルを用いたためと推察される。

これらより、触感など力学的相互作用が重要な製品はVR活用プロセスIを、そうでない場合はVR活用プロセスIIを運用し、製品の特徴に応じてプロセスを使い分けていくことが必要である。

県内企業への成果普及を目的にVR活用プロセスIとIIの手順を整理し、ソフトウェア間のデータ互換性や操作方法を可視化したマニュアル(手引書)を作成した(図11)。

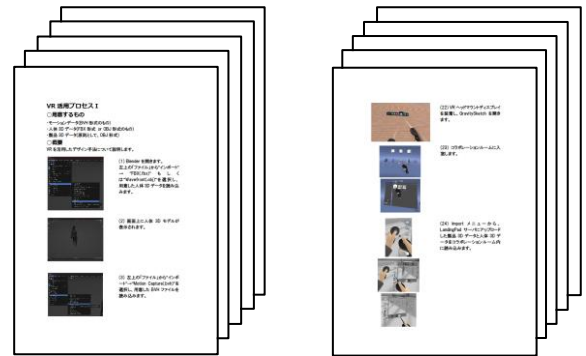


図11 作成したマニュアル2種

5. 結 言

本研究で製品と人体の適合性を重視した遠隔地間のデザイン開発において県内企業の課題分析を行い、相互理解を深め、効率化と適合性を図ることを目的にリモートデザイン手法の構築に取り組んだ結果、以下の成果が得られた。

- (1) 県内企業への導入のしやすさを目的としてローエンドの機器構成でデータ互換性を検証し、VR活用プロセスを整理し、これを基に操作手順を可視化したマニュアルを作成した。
- (2) VR活用プロセスIは、初期の原型試作の段階において仮想現実空間上で共同作業を行うことで、従来に比較して作業効率、相互理解、身体適合性が向上する傾向が示された。
- (3) VR活用プロセスIIは、原型試作無しで、作業効率と相互理解が向上する傾向が示されたが、Mocapの再現性や触感が得られず、身体適合性が低下する傾向がみられた。

今後は、触感など力学的相互作用が重要な製品はVR活用プロセスIを、そうでない場合はVR活用プロセスIIを運用し、製品の特長に応じてプロセスを使い分けることで、さらなる効率化と高度化を図る。

謝 辞

本研究を遂行するに当たり、アンケートにご協力頂きました県内のデザイン従事者の皆様、石川県プロダクトデザイン協会および日本インダストリアルデザイン協会北陸ブロックの会員の皆様に感謝します。また、本研究の遂行にあたり、適切なお助言を頂いた富山大学教授内田和美氏に謝意を表します。研究の事例検証にご協力頂いた(株)スミタ代表取締役社長墨田雄二氏に感謝します。

参考文献

- 1) 総務省. “テレワークの推進”. 総務省ホームページ. https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/telework/, (参照 2023-07-31).
- 2) フォルクスワーゲン. “VRゴーグルを使った車両の開発：フォルクスワーゲンが仮想ワークフローを仕様する方法”. フォルクスワーゲンホームページ. <https://sp.volkswagen.co.jp/way-to-zero/development-using-vr-glasses-how-volkswagen-uses-virtual-workflows/>, (参照 2023-07-31).
- 3) 筑波大学 働く人への心理支援開発研究センター. “テレワークによる社内コミュニケーションの変化に関する調査結果(速報)”. 筑波大学ホームページ. <https://www.human.tsukuba.ac.jp/counseling/center/teleworksurveyreport/>, (参照 2023-07-31).
- 4) (株)デジタル・ナレッジ. “企業研修におけるVR活用に関する調査報告書(2019年)”. eラーニングのデジタル・ナレッジ. <https://www.digital-knowledge.co.jp/archives/20100/>, (参照 2023-07-31).
- 5) 小野夏実. “全身運動を対象としたIMU式モーションキャプチャシステムの正確性の検証”. スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2020論文集. オンライン. 2020-11-13/15. 日本機械学会. 2020, p. A-1-2.
- 6) アユート.“よくある質問 NOITOM”. (株)アユートホームページ. https://www.aiutojp.co.jp/products/page_30.php, (参照 2023-07-31) .
- 7) 佐藤眞平. “モーションキャプチャシステムの計測原理と運用上の留意点”. 計測と制御. 2020, vol. 59, no. 10, p. 739-742.
- 8) 篠田裕之. “ものづくりにおける触覚フィードバックの活用”. 精密工学会誌, 2017, vol. 83, no. 6, p. 489-493.
- 9) 餘久保優子, 佐々木直哉, 梶井紀孝, 奥谷潤, 前川満良, 江頭俊郎. 石膏3Dプリンタの利活用を目的としたデザイン開発の研究. 石川県工業試験場研究報告. 2016, no. 65, p. 35-38.
- 10) 小杉考司. 心理学データ解析応用. 心理統計研究室. Kindle ダイレクト・パブリッシング. 2022, p. 28-29.
- 11) 広瀬憲麻, 多田充徳, 宮田なつき, 金井理, 伊達宏昭. “メッシュ変形に基づく人体有限要素モデルの高速姿勢変更手法の開発 -SSDとMVCを用いた人体四面体メッシュの変形-”. 精密工学会春季大会学術講演会講演論文集. 東京, 2017-3-13/15, 精密工学会誌, 2017, p. 617-618.