

咬合力 VR インタフェースによる重量感覚呈示とクロスモーダル表現による

効果向上に関する研究

Study on presentation of weight sensation by occlusal force VR interface and  
improvement of effect by cross-modal expression

1w173091-6 董 若霖

指導教員 河井 隆史 教授

Dong Ruolin

Prof. KAWAI Takashi

概要：必要とするスペースの低減や業務効率化のため、手を使わない XR デバイスを利用できるハンズフリーインタフェースの需要が高まっている。また、没入感を高めるため、視覚や聴覚以外の五感情報を再現することが求められる。そこで本研究は、先行研究である白倉らのインタフェースは持ち上げた後の物体の挙動の不自然さが重量感覚の生起を阻害していたため、そこで平尾らの重量感を呈示する物体の挙動の表現を適用することで、この不自然さを解決するとともに、重量感を生起する効果の向上も目指すことを求める。そこで、ものを持ち上げる時に現実空間と VR 空間においてものの移動の遅延というインタラクションを付加することによって重量感覚を提示する手法を二つ提案する。

キーワード：VR MR XR インタフェース 力学 遅延 速度 咬合力

Keywords: VR MR XR interface mechanics delay speed occlusal force

の咬合力がないとものを持ち上げられないという手法で重量感覚の提示に成功し、キャリブレーションで測った最大咬合力の「10%~30%」、「60%」、「80%」の重さを三段階で弁別可能ということもわった。その成果を注目し、物体を持ち上げる挙動の不

## 1.はじめに

白倉らの研究では、咬合力を用いたハンズフリーインタフェースを開発し、一定以上

自然さの改善，感じられる重量感覚の強度の個人差の軽減，重量感覚の差異に対する弁別閾の精緻化，インタフェース使用時の疲労感の軽減の四つの目的のもとに，クロスモーダル表現による効果向上を求める2つの手法を提案した。

## 2.提案手法

まずは今回提案する二つの手法と既存手法の違いを紹介する。(図 2.1)

力	物		力	物		力	物	
	軽い	重い		軽い	重い		軽い	重い
弱い	持ち上げる	持ち上げられない	弱い	持ち上げ、動きに遅延が少ない	持ち上げ、動きに遅延が多い	弱い	持ち上げ、動きに遅延が少ない	持ち上げ、動きに遅延が多い
強い	持ち上げる	持ち上げる	強い	持ち上げ、動きに遅延がない	持ち上げ、動きに遅延が少ない	強い	持ち上げ、動きに遅延がない	持ち上げ、動きに遅延が少ない
既存手法			提案手法1			提案手法2		

図 1.2:既存手法と提案手法の概略

提案手法1は疲労軽減を意図した表現手法，噛む力の強さ10[%]以上の咬合力を出せば，仮想質量がどれだけ大きくてもオブジェクトを持ち上げることが可能であるが，その速度変化の原理については，オブジェクト追従速度は入力する咬合力と比例し，常に変化する。それに対し，提案手法2はクロスモーダルによる重量感表現方法で，持ち上げるオブジェクトの重さに比例する動きの遅延が発生する仕組みである。

しかし，実験1で二つの手法の優位性を調査するところ，手法1ではセンサーの精度に大きく影響され，誤差を発生するため，重さを判別しにくい結論に至り，破棄することにした。そのため，実験2では提案手法2と既存手法の違いを注目し調査する。便利のため，以降，既存手法を“条件1”，提案手法2を“条件2”と称する。

## 3.実験方法

実験2では図3.1のような空間において，外見が全く同じキューブ型オブジェクトをおき，実験参加者は重さを知られていない状態で自由に二つのオブジェクトを噛んで持ち上げることでその重さを感じる。



図 3.1 実験の VR 空間

具体的には左のオブジェクトは標準刺激で仮想質量50[%]，つまり最大咬合力の50%以上で噛むことで持ち上げられる。右の方は比較刺激として，仮想質量は20,35,65,80[%]を各ランダムで3回出現する仕組みである。合計で一人につき2条件をそれぞれ12試行計24試行を行い，その左のオブジェクトが質量100とした時右の重さを直感的に答えるタスクである。

## 4.実験結果

実験参加者15名(男性11名，女性6名)となった。マグニチュード推定法により参加者参加者別の折れ線グラフを図4.1に示す。

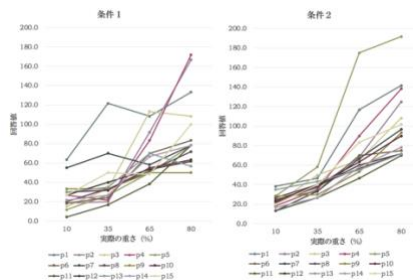


図 4.1 参加者別の折れ線グラフ

各刺激(重さ20, 35, 65, 80[%])と条件(既

存手法, 提案手法)を要因とし, 対応ありの二元配置分散分析と多重比較を行った結果, 条件1では20%~35%, 65%~80%の二段階で重さの弁別が可能であり, それに対して, 条件2では20%~35%, 65%, 80%の三段階で弁別可能である.

また, 疲労感VAS検査の結果も各測定の時間(実験前と実験後)と条件(既存手法, 提案手法)を要因とし, 対応ありの二元配置分散分析を行った結果, 条件とわず, 実験前と実験後の疲労さの差の平均値には有意義の差があるが, 同じ測定時間においての条件1と条件2においての有意義の差がなかった.

## 5. 考察及び結論

定の力を出すことで持ち上げられる用いる仕組みに重さによって追従速度が異なる視覚的な要素を加わることで, ユーザーに対して挙動の不自然さが改善でき, より精確かつ自然な重量感覚を提示する事が可能であると明らかになった. また, 個人差もある程度軽減できたと考えられ, 疲れについては先行研究と比べることができなかったが, この実験においてのセンサーの改善や, 測定の難しさを表したのではないかと考えられる.