

疑似体験する手の大きさの変化に応じた 効果的な適応促進

Effective pre-operation in familiarization with experience of different-sized hand

寺林賢司¹⁾，宮田なつき²⁾，太田順³⁾，梅田和昇⁴⁾

Kenji TERABAYASHI, Natsuki MIYATA, Jun OTA and Kazunori UMEDA

1) 中央大学 理工学部

(〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27, terabayashi@mech.chuo-u.ac.jp)

2) 産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター

(〒135-0064 東京都江東区青海 2-41-6, n.miyata@aist.go.jp)

3) 東京大学 工学系研究科

(〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, ota@robot.t.u-tokyo.ac.jp)

4) 中央大学 理工学部

(〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27, umeda@mech.chuo-u.ac.jp)

Abstract : This paper reports the effect of pre-operation intended to familiarizing oneself with vicarious experiences of different-sized hands. To measure this effect, the index of degree of immersion (DOI) is employed, which represents whether observed behavior is appropriate for the presented hand size. The DOI is measured for various sizes of hands when changing type of pre-operation which is classified based on relationship between hands and objects. The experimental results show that the pre-operation is effective for familiarizing the presented sized hand, especially in larger sized hands, and that behavior of touching and controlling an object in position is important for effective pre-operation.

Key Words: vicarious hand, pre-operation, body schema

1. はじめに

身の回りには携帯電話，リモコン，デジタルカメラなどのように手で扱う製品が数多く存在し，近年，多くの機能を小さなスペースに集積することが行われている．これらの形状やレイアウトを設計するには，使いやすさや操作性に大きく影響を与える手の形状を考慮する必要がある，さまざまな手を計算機上にモデル化し製品の事前評価を行う研究がなされている [1][2]．これらに加え，高齢者の身体特性を疑似体験する “Through Other Eyes [3]” のように，異なる形状の手を疑似体験することで，その手にとってより使いやすい製品の設計の促進が期待できる．

そこで我々は，設計支援ツールとして，異なる大きさの手の疑似体験システム（図 1）を提案しており，これまでに主観的な手の大きさの制御や手の大きさに応じた行動の再現を行ってきた [4][5]．本システムでは，異なる大きさの手を疑似体験するための事前作業（以後，没入タスクと呼ぶ）として，ボタン押し作業を行う．設計支援ツールという観点からは，この没入タスクは付随作業であり，できるだけ

簡易であることが望ましい．これまでに，疑似体験する手の大きさの遷移方向に応じて，没入効果の非対称性が確認されており，手が小さく遷移する際には没入タスクが不要である [6]．そこで本稿では，疑似体験する手が大きく遷移する場合に着目し，どのような種類の没入タスクが効果的であるかを検証することを目的とする．

以降，第 2 章では，異なる大きさの手を疑似体験するシステムについて説明し，第 3 章では，手と物体との関係に基づき没入タスクを分類する．第 4 章では，異なる大きさの手の疑似体験を定量化する指標として没入度について述べる．第 5 章では，疑似体験する手が大きく遷移する場合について，分類した没入タスクの効果を実験的に検証する．最後に，第 6 章では，本稿をまとめる．

2. 異なる大きさの手の疑似体験システム

異なる大きさの手の疑似体験は，手の大きさのみが視覚的に変化させ，それ以外の感覚を視覚と整合するように提示することで実現する．具体的には，光学系と相似形物体

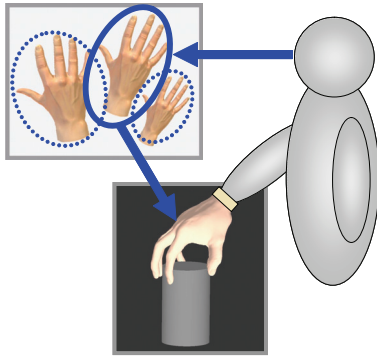


図 1: 異なる大きさの手の疑似体験の概念

	Experience of large hand		Experience of small hand	
Subject's view				
Real size				
Optical scaling	Up	Non	Down	

図 2: 光学系と相似形物体を用いた異なる大きさの手の提示

を用いて図 2 のように異なる大きさの手を提示する。図 2 において、第 1 行のように視覚的に手の大きさのみを変化させて提示するためには、第 2 行に示す相似形物体と手を第 3 行の光学系を通すことで実現することができる。以上のような構成をとることで、自己身体の拡張の可能性を示す研究 [7][8][9] によって重要性が述べられている、感覚間の整合性を高リアリティで実現することが可能である。

図 3 は、異なる大きさの手の疑似体験システムの外観であり、相似形物体、カメラ、計算機、ディスプレイ、2 枚の鏡から構成される（図 4）。右手と相似形物体は鏡を介してカメラでキャプチャされ、その映像はディスプレイから鏡を通して提示される。本システムで使用したカメラは、Sony DFW-VL500 (VGA, 30[fps]) であり、システムの最小視覚遅延は 38[ms] である。

本システムでは、異なる大きさの手の疑似体験のために、提示した大きさの手へなじむことを目的として没入タスクとして行う。これまでに、図 5 のようなボタン押し作業（4 桁の数字を 5 回）を没入タスクとすることで、提示した手へ十分に没入することを確認している [5]。

3. 没入タスクの分類

没入タスクは、手と物体との関係に基づき、以下のよう

- Category 1: 物体との接触がなく、手のみが運動する場合
- Category 2: 手の位置をコントロールし、物体に接触する場合（「照明のスイッチを押す」など）

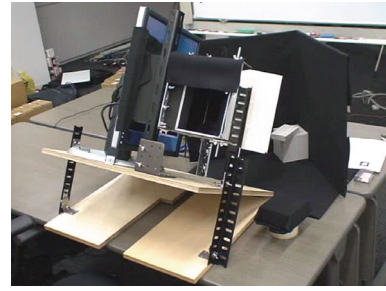


図 3: 異なる大きさの手の疑似体験システムの外観

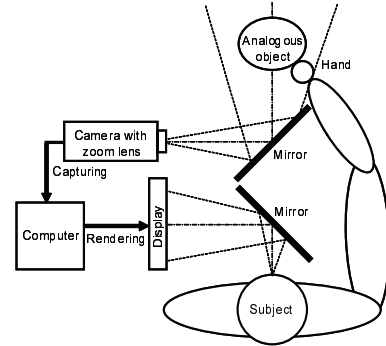


図 4: 異なる大きさの手の疑似体験システムの構成

- Category 3: 手で物体を把持し、その位置姿勢をコントロールする場合（「テニスラケットを振る」など）
- Category 4: 手で物体を把持しながら、さらに手の姿勢をコントロールし、物体を操作する場合（「携帯電話のボタン操作」など）

これらの分類は、Category 1 のみ物体との接触がなく、その他 Category 2 から Category 4 は接触がある場合における運動の違いである。分類の番号が大きくなるほど、その運動を通して得られる感覚情報が多く、没入効果が期待されるが、一方、設計支援の観点からは、作業がより簡単である小さい分類番号のものが望ましい。

前章で述べたボタン押し作業（図 5）は、Category 4 に分類され、疑似体験する手が大きく遷移する場合についても、没入効果が十分であることが確認されている [6]。

4. 疑似体験の定量化指標

本章では、提示した大きさの手への没入の大きさを定量化する指標として、手の大きさに応じた行動が適切に得られるかを基準とした、没入度を導入する。具体的には、手の大きさに応じた行動戦略が明らかとなっている正三角柱の把握行動 [10] を用いる。

これまでの研究から、異なる大きさの手の疑似体験システムによって、手の大きさに適切な把握戦略が観測されることを確認しており、提示した大きさの手に十分没入したときの把握パターンの観測確率が既知である [5]。これを用いて、観測された把握パターンから提示している大きさの手へ没入している確率をベイズ推定により計算することができる。

提示された正三角柱が v_j 、観測された把握パターンが g_k



図 5: 没入タスクの例

であるときに，疑似体験している手の大きさが h_i である確率は，次式により計算することができ，本稿ではこれを没入度（Degree Of Immersion: DOI）と定義する．

$$p(h_i|v_j, g_k) = \frac{p(g_k|v_j, h_i)p(v_j, h_i)}{\sum_l p(g_k|v_j, h_l)p(v_j, h_l)} \quad (1)$$

ここで， $p(g_k|v_j, h_i)$ は上述の先行研究により既知であり， $p(v_j, h_i)$ は実験条件に応じて一様な確率として決められる．

5. 没入タスク効果の検証実験

本章では，没入タスクが必要となる，提示される手が大きく遷移する場合について，没入タスクの種類に関して議論する．第 3 章で分類した没入タスクの種類と，十分な没入効果が既知であるボタン押し作業（5 回）を比較することで，十分な没入効果得られる，より簡便な没入タスクの検討を行う．

5.1 実験条件および手順

疑似体験する手が大きく遷移する場合について，各没入タスクの没入度を計測する．

第 3 章で行った没入タスクの分類に基づき，以下の 5 種類の没入タスクを扱う．

- C-1: 手を握って開く動作を 3 回行う（図 6 (a)）．
- C-2: 手の位置をコントロールして，人差し指で円筒の上面を触る（図 6 (b)）．
- C-3: 円筒を把持して，回転させるように振る（図 6 (c)）．
- C-4-1: 図 5 の物体を把持し，その上のボタンを 4 桁の数字にそって 1 回押す（図 6 (d)）．
- C-4-2: 図 5 の物体を把持し，その上のボタンを 4 桁の数字にそって 5 回押す（図 6 (d)）．

提示する手の大きさの倍率は，実データ [11] に基づき 0.67, 1.00, 1.20 とし，それぞれを Small, Normal, Large と称する．提示する手の大きさの遷移条件は，これら 3 つの手の大きさの組み合わせとした（表 1）．

被験者は，健康な男性 5 名である．各没入タスク，および各遷移条件において，被験者は以下の作業を行う．

- 遷移前の手の大きさにおいて，ボタン押し作業（C-4-2）を行う．



(a) 没入タスク C1

(b) 没入タスク C2



(c) 没入タスク C3

(d) 没入タスク C4

図 6: 各種没入タスク

表 1: 疑似体験する手の遷移条件

Condition index	Presented hand size	
	Pre-transition	Post-transition
NL	Normal	Large
SN	Small	Normal
SL	Small	Large

- 遷移後の手の大きさにおいて，設定条件の没入タスクを行う．
- 遷移後の手の大きさにおいて，正三角柱を把握する．このときの把握パターンは，没入度計算のために記録される．

5.2 実験結果

各没入タスクに対する平均の没入度をまとめたものが図 7 であり，没入効果が十分であることが既知である没入タスク C-4-2 と他の没入タスクを没入度について多重比較した結果をあわせている．図 7 より，没入タスク C-4-2 と C-1，C-2 のそれぞれの間に有意差があることが分かる．このことから，物体との接触がない場合や，把持を行わない接触だけでは，没入効果が不十分であることが分かる．

没入タスクの番号は，作業の複雑さに応じるものであるように設定したことから，有意差の認められなかったもののうち最も番号の小さい，没入タスク C-3 が，簡単かつ十分な没入効果を持つものと考えられる．

6. おわりに

本稿では，疑似体験する手が大きく遷移する場合に着目し，没入タスクの効果について検証を行った．実験の結果，手と物体との関係に基づき分類した没入タスクの中で，物体を把持しながらその位置姿勢をコントロールする種類の

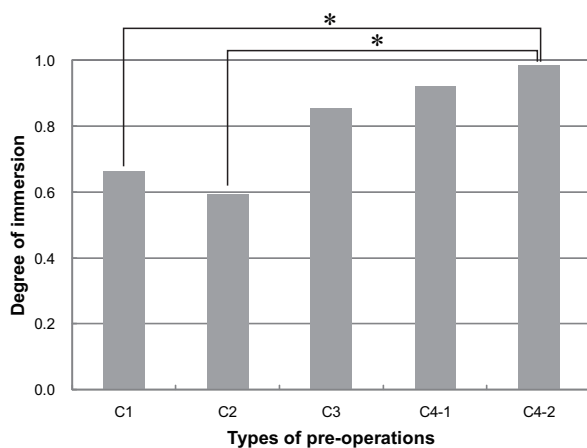


図 7: 各没入タスクの平均没入度と多重比較の結果 (*: $p < 0.05$)

没入タスクが、簡単かつ十分効果的であることが確認された。したがって、設計支援という観点からは、この種類の没入タスクが望ましいと考えられる。

謝辞

本研究は、科研費 (21700147) の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] M. Kouchi, N. Miyata and M. Mochimaru, "An analysis of hand measurements for obtaining representative Japanese hand models," *Proceedings of SAE 2005 Digital Human Modeling for Design and Engineering Conference*, pp. 2005-01-2734, 2005.
- [2] N. Miyata, M. Kouchi, T. Kurihara and M. Mochimaru, "Modeling of Human Hand Link Structure from Optical Motion Capture Data," *Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 2129-2135, 2004.
- [3] Through Other Eyes. Available on line from <http://www.capacitybuilders.ca/training/tow/tow-overview.htm>
- [4] K. Terabayashi, N. Miyata, M. Kouchi, M. Mochimaru, and J. Ota, "Experience of Various Sized Hands: Visual Delay Effect," *Proceedings of Human Computer Interaction International 2007 Posters*, pp. 1009-1013, 2007.
- [5] K. Terabayashi, N. Miyata and J. Ota, "Grasp Strategy when Experiencing Hands of Various Sizes," *eMinds: International Journal on Human-Computer Interaction*, Vol. I, No. 4, pp. 55-74, 2008.
- [6] 寺林賢司, 宮田なつき, 太田順, 梅田和昇, "疑似体験する手の大きさの変化に対する適応特性," 日本バーチャルリアリティ学会第 13 回大会予稿集, pp. 292-295, 2008.
- [7] M. Botvinick and J. Cohen, "Rubber hands 'feel' touch that eyes see," *Nature*, 391, pp. 756, 1998.

- [8] K. C. Armel and V. S. Ramachandran, "Projecting sensations to external objects: evidence from skin conductance response," *Proceedings of the Royal Society of London-B*, Vol. 270, Iss. 1523, pp. 1499-1506, 2003.
- [9] A. Iriki, M. Tanaka and Y. Iwamura, "Coding of modified body schema during tool use by macaque postcentral neurones," *Neuroreport*, Vol. 7, No. 14, pp. 2325-30, 1996.
- [10] T. Shirai, M. Kaneko, K. Harada and T. Tsuji, "Scale-Dependent Grasps," *Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Mechatronics (ICAM'98)*, pp. 197-202, 1998.
- [11] ADULTDATA The Handbook of Adult Anthropometric and Strength Measurements - Data for Design Safety, Government Consumer Safety Research, Department of Trade and Industry, pp. 132, 1998.