

疑似体験する手の大きさの変化 に対する適応特性

Adaptation to the Change in Size of Hand to Experience

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 : In the experience of different sized hand, the effect of pre-operation intended to familiarizing oneself with this experience is reported. To measure this effect, the index of degree of immersion (DOI) is proposed, which represents whether the observed behavior is appropriate for the presented hand size. To compare the conditions with or without pre-operation, the DOI is measured when changing the presented hand size variously. The experimental results show that the pre-operation is effective for familiarizing the presented sized hand, especially larger sized hands.

Key Words: vicarious hand, task for familiarization, asymmetric effect

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. 本稿では, 異なる大きさの手の疑似体験にとって必要十分な没入タスクを明らかにする

第一ステップとして, 没入タスクの効果の有無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, 異なる大きさの手の疑似体験への没入の度合いを示す評価基準を没入度として導入する. 第 4 章では, 没入タスクの効果を検証する実験について述べ, 続く第 5 章で実験結果を示し考察を加える. 最後に, 第 6 章では, 本稿をまとめる.

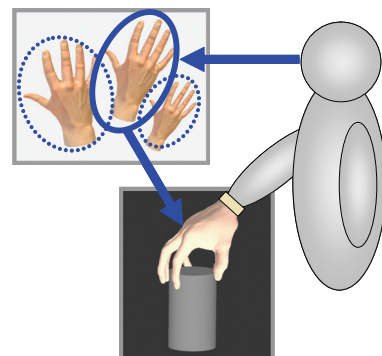


図 1: 異なる大きさの手の疑似体験の概念

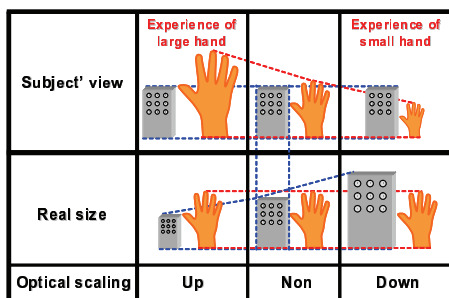


図 2: 光学系と相似形物体を用いた異なる大きさの手の提示

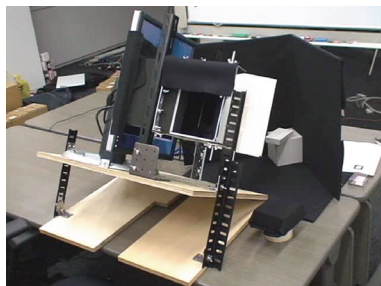


図 3: 異なる大きさの手の疑似体験システムの外観

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、自己身体の高張の可能性を示す研究 [6][7][8] 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。本システムで使ったカメラは、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. 没入度の導入

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 [9] 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

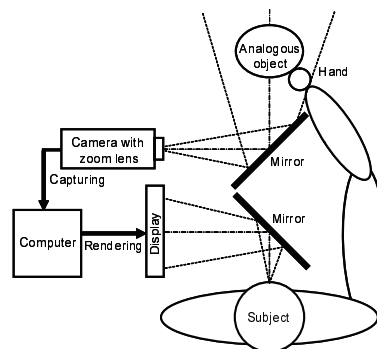


図 4: 異なる大きさの手の疑似体験システムの構成

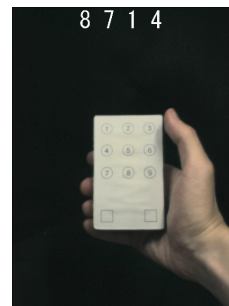


図 5: 没入タスクの例

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 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、 $p(v_j, h_l)$ は実験条件に応じて一様な確率として決められる。

4. 没入タスクの効果の検証実験

異なる大きさの手の疑似体験における没入タスクの効果をも没入度の観点から検証する。具体的には、提示する手の大きさを遷移させたときの没入タスクの有無を比較する。

提示する手の大きさの倍率は、実データ [10] 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 10 名である。順序効果をなくすために、5 名を遷移条件順序“(i)-(ii)-(iii)-(iv)-(v)-(vi)”へ割り当て、残りの 5 名を遷移条件順序“(iv)-(v)-(vi)-(i)-(ii)-(iii)”とした。

各遷移条件において、被験者は以下の作業を行う。

表 1: 提示する手の大きさの遷移条件

Condition index	Presented hand size	
	Pre-transition	Post-transition
(i) NS (<u>N</u> ormal <u>S</u> mall)	Normal	Small
(ii) SL (<u>S</u> mall <u>L</u> arge)	Small	Large
(iii) LN (<u>L</u> arge <u>N</u> ormal)	Large	Normal
(iv) NL (<u>N</u> ormal <u>L</u> arge)	Normal	Large
(v) LS (<u>L</u> arge <u>S</u> mall)	Large	Small
(vi) SN (<u>S</u> mall <u>N</u> ormal)	Small	Normal

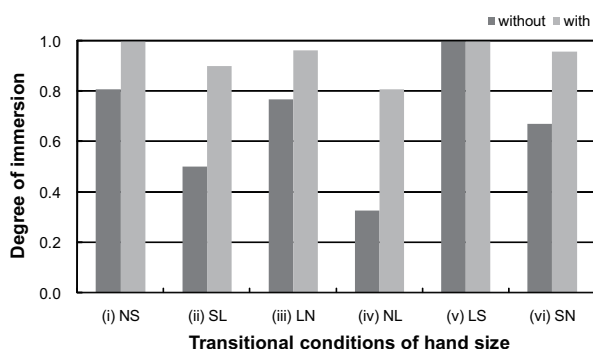


図 6: 没入タスクの有無および遷移条件に関する平均没入度

- 遷移前の手の大きさにおいてボタン押し作業を行う。
- 没入タスクありの条件では、遷移後の手の大きさにおいてボタン押し作業を行う。
- 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. 実験結果と考察

5.1 異なる大きさの手の疑似体験における没入タスクの効果

図 6 は、没入タスクの有無および各遷移条件における没入度の平均値を示したものであり、没入タスクありの条件において、没入度が高い傾向が確認できる。

没入タスクと遷移条件が没入度へどのように影響を与えているかを検証するために、2 要因反復測定分散分析を行った。その結果を示したものが表 2 である。この表から、没入タスク、遷移条件それぞれについて主効果があり、相互作用が存在しないことが確認できる。以上から、提示した大きさの手になじむために、ボタン押し作業という没入タスクが効果的であるという結果が得られた。

5.2 手の大きさの遷移条件に応じた没入タスクの効果

前節において、2 要因反復測定分散分析の結果から、異なる大きさの手の疑似体験において没入タスクが効果的であることが示された。また同様に、手の大きさの遷移条件によって、没入度に差があることが明らかとなった。本節では、手の大きさの遷移条件について、実験結果を詳しく考察する。

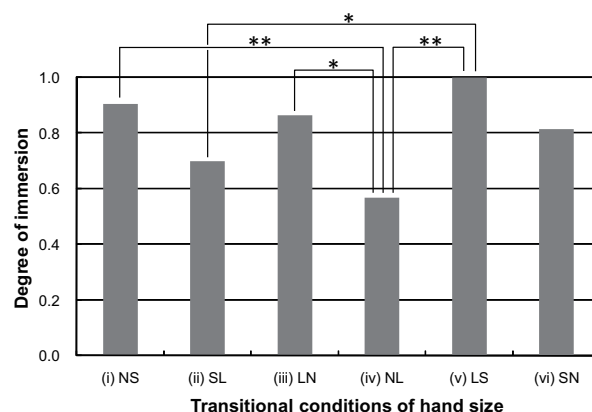


図 7: 遷移条件に対する平均没入度と多重比較結果 (**: $p < 0.05$, *: $p < 0.10$)

実験結果 (図 6) を手の大きさの遷移条件について整理し、遷移条件間の多重比較の結果をまとめたものを図 7 に示す。ここで確認された有意差は、没入タスクにかかわらず、手の大きさの遷移の難しさそのものに差があることを示している。これらの結果は、手の大きさの遷移方向による違いが存在する可能性を示すものと考えられる。そこで、表 1 に示した遷移条件を、遷移方向に応じて縮小、拡大の 2 つのカテゴリに分類し (それぞれを Shrink, Enlarge と称する)、没入タスクの効果を検討する。

図 8 は、没入タスクおよび遷移方向に関して平均没入度を整理し、多重比較結果をまとめたものである。没入タスクなしに着目すると、遷移方向による有意差が確認できる。このことは、手の大きさが小さく遷移するよりも、大きく遷移するほうが難しいことを示している。

一方、没入タスクありに着目すると、没入タスクなしにおいて存在していた遷移方向間の有意差が無くなっていることが確認できる。没入タスクを行うことで、遷移方向間の差をなくすことができていることから、没入タスクは提示する手が大きく遷移する場合においてより効果的であると言える。

人間は成長の過程において小さい手の経験を蓄積してきているため、小さい手への遷移が比較的容易であり、逆に手の大きさが大きく遷移する場合が難しいのではないかと考えられる。また、このことが没入タスクの効果の非対称性を生み出しているものと考えられる。

6. おわりに

本稿では、異なる大きさの手の疑似体験における没入タスクの効果について検証を行った。そのために、提示した大きさの手への適応の具合を、手の大きさに応じた行動が観測されるかということに基づき、没入度として定義した。没入タスクの有無を手の大きさの遷移条件を変えながら検証したところ、手の大きさが小さく遷移するよりも大きく遷移する方が適応が難しく、また没入タスクの効果が大きいという結果が得られた。

表 2: 2 要因反復測定分散分析の結果 (*: $p<0.05$)

Dependent variables	Main effect		Interaction
	Pre-operation	Transition	Pre-operation × Transition
Degree of immersion	$F(1.0,9.0) = 22.12 *$	$F(2.9,25.9) = 5.27 *$	$F(2.5,22.5) = 1.11$

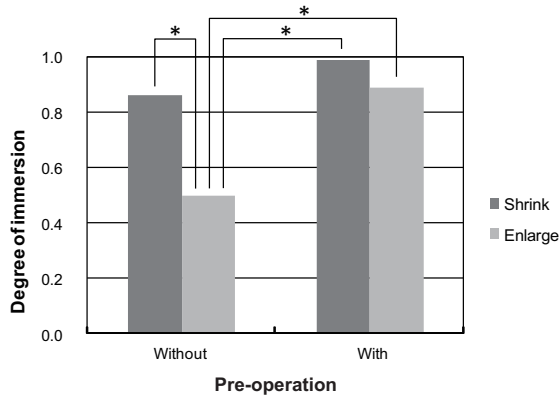


図 8: 没入タスクおよび遷移条件に関する平均没入度および多重比較の結果 (*: $p<0.05$)

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] M. Botvinick and J. Cohen, "Rubber hands 'feel' touch that eyes see," *Nature*, 391, pp. 756, 1998.
- [7] K. C. Armel and V. S. Ramachandran, "Projecting sensations to external objects: evidence from skin conductance response," *Proceedings of the Royal So-*

ciety of London-B, Vol. 270, Iss. 1523, pp. 1499-1506, 2003.

- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.