

# 多感覚の刺激呈示による伸長錯覚を発生させる手法の検討

佐藤 希来 【知覚認知脳情報研究室】

## Examination of Methods for Inducing the Elongation Illusion Using Multisensory Stimuli

SATO, Kira 【Perceptual and Cognitive Brain Information Processing Lab.】

### 1 はじめに

VR空間において既存の身体部位が伸びたように感じる錯覚を伸長錯覚という。先行研究では、視覚刺激と合わせて力覚刺激を呈示することで腕が伸長する感覚が得られること [1] や、実際の3倍の長さの腕に対して身体所有感が生じることが報告されている [2]。しかし、これらの先行研究では、伸長錯覚を発生させるために必要な刺激の特性や手続き、触覚刺激を多く受ける指や手の伸長錯覚において有効な刺激が明らかではない。そこで本研究では、伸長錯覚を効果的に発生させる刺激の特性、アバタの呈示方法、身体部位についての検討を統合し、伸長錯覚を発生させる手法を多角的に検討した。実験1・2では、視覚刺激の整合性と、局所的な変形（アバタの指の伸長）と全体的な変化（手アバタの位置ずれ）による視覚刺激の呈示方法の違いが伸長錯覚にどのような影響を与えるかを検討した。実験3では、腕の伸長錯覚の発生に有効であった引っ張りによる力覚刺激が [1]、指の伸長錯覚においても有効かを検討した。

### 2 実験参加者及び実験装置

実験1は36名（男性23名、女性13名）、実験2は実験1に未参加の36名（男性20名、女性16名）、実験3は24名（男性15名、女性9名）が参加し、全実験の参加者が右利きであった。VR空間の呈示には、ヘッドマウントディスプレイ（HMD）のVIVE Pro（HTC社）を、実験中の参加者の位置回答の入力にはVIVE Controller（HTC社）を使用した。手の位置のトラッキングにはVIVE Tracker（HTC社）を使用した。

### 3 実験1・2

#### 3.1 視覚刺激

実験1では、右手のアバタの人差し指の視覚フィードバックを、事前に計測した人差し指の長さから整合条件では2 cm、不整合条件では4 cm伸長させた。実験2では、手の形を維持したまま、整合条件では前に2 cm、不整合条件では前に4 cm手のアバタ全体をずらした。また、質問紙への回答を通じて、参加者がどの部位が伸長したと知覚したかを検討するため、右手のアバタを手首から先の手部のみ呈示した。

#### 3.2 実験条件

ターゲットに触れた時の位置が視覚で整合する条件と不整合な条件を設定した。整合条件では、ターゲットは実空間より2 cm奥に表示されており、VR上のアバタの指がターゲットに触れるとき実物のターゲットに触れ、視覚刺激に整合性があった。不整合条件では、ターゲットは実空間より2 cm奥に表示されているため、実空間でターゲットに触れたときには、VR上のアバタの指がターゲットに埋まる状態になり視覚刺激に整合性がなかった。

#### 3.3 実験手続き

参加者の右手人差し指の長さを測定し、アバタの指の長さを決定した。参加者はHMDとトラッカーを装着して椅子に座り、VR上に表示された板を前後に動かして調整して、右手人差し指先端に知覚される位置に合わせる位置回答課題を行った。次に、アバタの身体化のため、VR上のターゲットに人差し指で触れる課題を100回行った。その後、位置回答課題を3回行った。ここまでの手続きを1試行とし、参加者は整合/不整合条件で3試行ずつ、計6試行を各条件で日を分け2日間で行った。

#### 3.4 実験結果及び考察

実験1・2の各条件について、各参加者の変化量と全参加者の平均値をプロットしたグラフを図1に示す。整合/不整合の各条件について伸長錯覚が発生していたかを検討するため、0との1標本t検定を行った結果、実験1の整合条件では平均値が0より有意に低く ( $t(35) = -2.32, p = .026, d = -0.39$ )、実験1の不整合条件及び実験2の両条件で有意な差は認められなかった ( $p > .05$ )。また、整合/不整合条件の平均値間に差があるかを検討するため、対応ありt検定を行った結果、実験1・2ともに有意な差は認められなかった ( $p > .05$ )。さらに、実験1・2について整合性と視覚刺激の呈示方法を要因とする2要因混合分散分析を行った結果においても、各要因の主効果及び交互作用は有意ではなかった ( $p > .05$ )。整合/不整合にかかわらず実験1・2ともに伸長錯覚が発生しなかったことから、今回の実験で用いたようなターゲットに複数回触れることによる触覚刺

激の呈示の手続きは、伸長錯覚を生起させるには有効ではない可能性がある。これらの結果から、ターゲットへの接触のような受動的な刺激のみではなく、より直接的に伸長を促す刺激が必要であると考えられる。

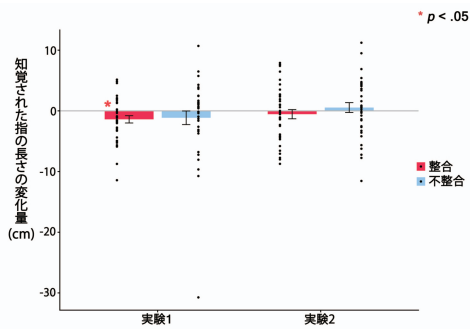


図 1: 実験 1・2: 知覚された平均値

## 4 実験 3

### 4.1 実験条件

引っ張りによる力覚刺激の呈示の有無と、位置回答時のアバタの呈示の有無の要因で2水準ずつ、計4条件を設定した。引っ張りあり条件では図2の装置を用いて、参加者の右手人差し指に接続したゴム紐を空気入れのハンドル部分に接続し、空気入れのハンドルを5秒程度かけて下に移動させることでゆっくりと引っ張られる力覚刺激を呈示した。また、アバタ呈示あり条件では、課題後の位置回答の際に、VR上の視覚刺激である手のアバタを呈示した。

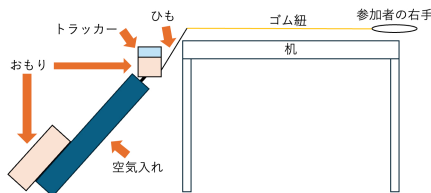


図 2: 引っ張りによる力覚刺激の呈示装置

### 4.2 実験手続き

実験開始前に参加者の右手人差し指の長さを測定し、最初の呈示時はアバタの人差し指の長さを測定値と同じ値とし、伸長時の最大長を測定値の2倍に設定した。参加者はHMDとトラッカーを装着して椅子に座り、身体化のため30秒間のリーチング課題を行った。次に右手を机の上に置き、右手人差し指先端と根本の位置回答課題を実施した。続いて装置を動かし、アバタの人差し指を最大の長さまで伸長させた。引っ張りあり条件では力覚刺激を呈示した。その後、人差し指先端と根本の位置回答課題を再度行った。力覚刺激の呈示がある条件では、位置回答時にも引っ張りによる力覚刺激を維持した。また、位置回答時には、アバタあり条件では人差し指が伸長したアバタを呈示した状態で回答を行った。参加者は2日間に分けて実験に参加した。各日ともに全4条件を実施し、1条件ごとに4試行、計16試行を行った。

## 4.3 実験結果及び考察

各条件について、各参加者の変化量と全参加者の平均値をプロットしたグラフを図3に示す。各条件について伸長錯覚が発生していたかどうかを検討するため0との1標本t検定を行った結果、引っ張りありアバタなしの条件のみ有意差が見られた ( $t(23) = 2.22, p = .037, d = 0.38$ )。また、引っ張りによる力覚刺激の呈示の有無及び位置回答時のアバタの有無を要因とする2要因分散分析を行った結果、引っ張りによる力覚刺激の呈示の有無 ( $F(1, 23) = 8.19, p = .0088, \eta_G^2 = 0.030$ ) と、位置回答時のアバタの有無 ( $F(1, 23) = 6.63, p = .017, \eta_G^2 = 0.087$ ) の主効果がそれぞれ有意であった。一方で、両要因の交互作用は有意ではなかった ( $p > .05$ )。1標本t検定の結果から、引っ張りありアバタなし条件では伸長錯覚が発生したと言える。また、2要因分散分析の結果から、指の伸長錯覚には引っ張りによる力覚刺激が有効であり、指の位置を判断する時にアバタが見えるとかえって指の伸長錯覚が減衰すると考えられる。

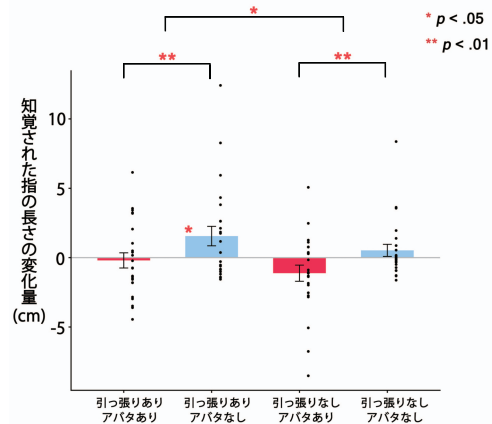


図 3: 実験 3: 知覚された平均値

## 5 まとめ

本研究では、刺激の種類、視覚刺激の呈示方法など、伸長錯覚を生起させる手法について多角的に検討した。実験の結果から、視覚刺激の整合/不整合にかかわらず、ターゲットへの接触による触覚刺激の呈示の手続きは伸長錯覚に寄与しないことが示唆された。一方で、伸長錯覚を効果的に誘発するには、引っ張りによる力覚刺激が有効であること、また、指の伸長錯覚を維持するためには、必ずしも指が伸びたアバタを視覚的に呈示する必要がないことが明らかとなり、伸長錯覚による指の位置知覚の変化においては、体性感覚に与える刺激の特性が強く影響することが示された。

## 参考文献

- [1] SUN HONG, 柴田史久, 木村朝子, "仮想空間における上肢伸長感覚の誘発要因の分析", 情報処理学会研究報告, Vol.2018-HCI-176, No.22, 2018.
- [2] K. Kilteni, J. M. Normand, M. V. Sanchez-Vives, and M. Slater, "Extending body space in immersive virtual reality: a very long arm illusion", PloS one, 7(7), e40867, 2012.