

道具の身体化現象の評価方法に関する研究 —指示棒接触による錯視の時間変化の検討—

堀内 智貴^{*1} 上杉 繁^{*2}

Evaluation Method on a Phenomenon of Embodiment of a Tool into a Body —Temporal Switching of Optic Illusion during Touching with a Pointing Tool—

Tomotaka Horiuchi^{*1} and Shigeru Wesugi^{*2}

Abstract - The research of an evaluation method about a phenomenon of embodiment of a tool into a body has not advanced yet. In order to aim at proposing an evaluation method to investigate an extent of the phenomenon, authors experimented about an optical illusion that happens during seeing the 3D Necker Cube. And, authors have analyzed the change frequency of seeing of depth when subjects touched the 3D Necker Cube with the hand or the tool. In the present study, authors pay attention to the temporal switching of optic illusion and analyze the transition of seeing and the distribution of the frequencies of duration when subjects touch the Cube with the hand or tool.

Keywords: embodiment of a tool into a body, optic illusion, 3D Necker cube and pointing tool

1. はじめに

ラケットやペンなどの道具を利用している際に、道具自身に注意を向けなくてもその道具を自在に扱ったり、道具を介して伝わってくる振動や慣性、摩擦といった物理的な刺激が対象のテクスチャなどとして知覚されるような経験を私たちは日常的にしているだろう。このような経験に対して、私たちは「道具へ身体が拡張している」や「道具が身体化している」などの言葉で表現をしている^[1]。また昨今では、携帯電話を始めとした様々な道具・機器を常に身につけ、あたかも身体の一部の様に扱ったり、文字通り身体化を要するようなブレイン・コンピュータ・インタフェースやサイボーグ技術に関する研究なども進められている。このような状況において、「身体化する道具」のデザインや道具と人間との関係の評価を考える上で、あらためて道具の身体化という問題を扱う必要性があるかと著者らは考えている。

道具の身体化と呼ばれる現象は、道具使用時に注意を道具自身やその操作方法に向けることなく道具を操作できるような状態^[2]であり、その際の使用者の注意は道具を介して操作している対象や周囲の環境などに向けた状態である。あるいは知覚面では、道具で扱っている対象に注意を向けることで、単なる物理的な刺激をテクスチャなどの意味として認知できる状態であると考えられる。著者らは道具の身体化現象は注意の焦点が意図せずに移

動するような潜在的な働きに関係していると考えている。

道具の身体化現象に関連して、このような潜在的な働きに着目した実験としては、交差感覚種消去に着目した実験^[3]や Cross-modal Interference^[4]と呼ばれる手法が提案されている。しかし、これらの実験手法は道具使用後の手に与えた振動刺激への反応を計測する方法であり、道具使用中の注意の変化を計測した実験ではない。

道具の身体化現象に関する評価方法が十分に研究されていない現状において、著者らは実体ネッカーキューブを見ているときに起こる錯視現象に着目をした実験システムを先に提案した^[5]。そして、手や指示棒で実体ネッカーキューブに触れながら見ている場合と見ているだけの場合を実体ネッカーキューブの見えが変化する回数に着目して比較した。その結果を踏まえ、道具の使用が錯視現象に対して手で触れることと類似した影響を与える可能性について検討した。

そこで本研究では、この実体ネッカーキューブに手で触れた場合と、指示棒で触れた場合の影響を変化回数以外の視点から調査するために、この錯視現象の見えの時間的な変化に着目をして実験・解析を行ったので報告する。

2. 実体ネッカーキューブの錯視現象

2.1 実体ネッカーキューブ

道具の身体化とは注意の潜在的な働きに関係すると著者らは考えており、潜在的な認知活動に関係する現象であり、手や指などで直接触れることが可能な現象であることを考慮した実験を考える必要がある。そのような現象として実体ネッカーキューブ（図 1）を見ている際に起こる錯視現象に着目をした実験方法を先に提案した^[5]。

*1: 早稲田大学大学院 創造理工学研究科

*2: 早稲田大学理工学術院

*1: Graduate School of Creative Science and Engineering,
Waseda University

*2: Faculty of Science and Engineering, Waseda University

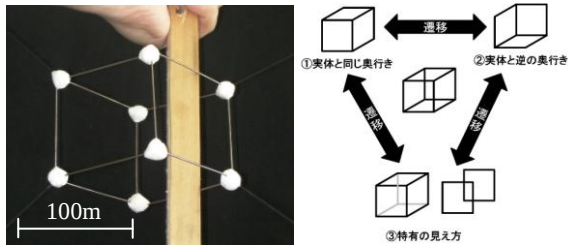


図1 実体ネッカーキューブとその見えの種類
Fig.1 3D Necker Cube and the seeing

この実体ネッカーキューブを見ている際には、2次元画像のネッカーキューブと同様の奥行きが反転した2つの見え方のほかに、正方形が2つ重なった平面図形や、対角にある2つの頂点がどちらも手前側に見えるような特有の見え方が生じる（図1）。しかし、このような見え方の生起は被験者によって異なるので、ひとまとめにし、3種類の見えの変化として扱うことにした。

2.2 実験システム

実体ネッカーキューブを見ている際に起こる3種類の見えの変化を時系列的に計測するために先に開発した実験システム（図2）を用いて実験を行う。

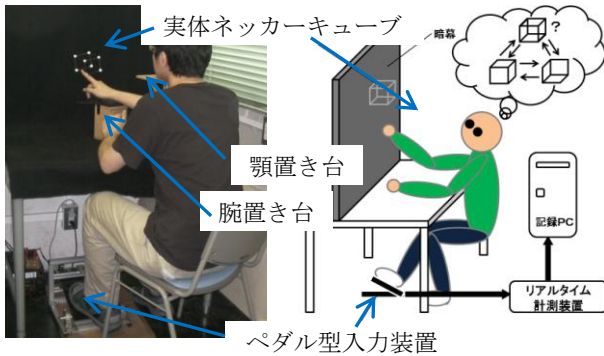


図2 実験システム
Fig.2 Experiment System for 3D Necker cube

実験時には手で指示棒を操作したり、直接キューブに触れることになるので、足の操作により見えの変化を報告できるようにペダル型入力装置を用いる。被験者には実体ネッカーキューブを見ている際の3種類の見え（図1）を、入力装置の踏み込み具合に対応させて報告する。入力装置により報告された見えの時間的な変化はリアルタイム計測装置（サンプリング周波数：50[kHz]、分解能：24[bit]）を介して記録用PCに記録される。

3. 錯視の時間的変化の記録

3.1 実験目的

著者らの先の研究で、指や指示棒で実体ネッカーキューブに触れながら見ている場合には、何も触れずに見ているだけの場合と比較して錯視現象の見えの変化回数が減少する可能性があることについて検討したが、先の実験では変化回数が増加した被験者も少人数存在していた。

そこで、変化回数の減少のほかに、指や指示棒で実体ネッカーキューブに触れることによる、錯視の見えの変化への影響の類似点や違いについて検討することにした。

3.2 実験方法

被験者8名（20代、成人男性）を対象に実体ネッカーキューブの見え方を時系列的に記録する実験を行った。

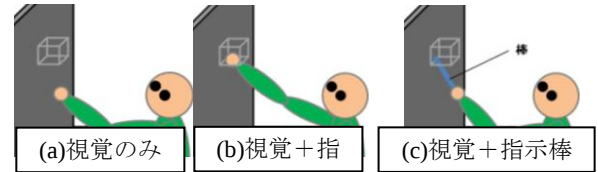


図3 3種類の実験条件
Fig.3 Three Experimental Conditions

図3に実験条件を示すが、(a)実体ネッカーキューブに触れずキューブを見ているだけの場合（以下、(a)視覚のみ）、(b)被験者に指を実体ネッカーキューブの辺上で左右に動かしながらキューブを見てもらった場合（以下、(b)視覚+指）、(c)被験者に指示棒を実体ネッカーキューブの辺上で左右に動かしながらキューブを見てもらった場合（以下、(c)視覚+指示棒）の3条件である。

それぞれの実験条件で5分間のキューブの観察を1試行とし、1分のインターバルを挟んだ2試行を連続で実施し、合計で10分間の錯視変化を時系列的に記録した。また、3条件の実施順序は順序効果による影響を考え、被験者ごとに変更し、異なる実験条件間には3分間のインターバルを挟んだ。また、実験中のインターバルの間は被験者には目を閉じているように指示した。

錯視現象などの知覚闘争の生起頻度は最初の数分間で過渡期を過ぎ定常状態に入る^[6]ことが知られている。そこで、先の実験ではペダル操作と見えの対応関係の習熟も兼ねた報告練習を(a)視覚のみの条件で3分間行った。しかし、一部の被験者では実体ネッカーキューブの錯視現象が定常状態に入っていなかった可能性が考えられたため、報告練習を5分間にて実験を行った。

3.3 解析方法

本実験では見えの変化が図4のように時系列的に記録され、そこから錯視の見えの時間変化を検討するために以下の点に着目した解析を行った。

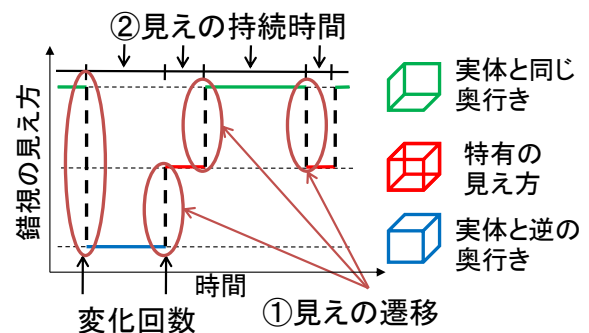
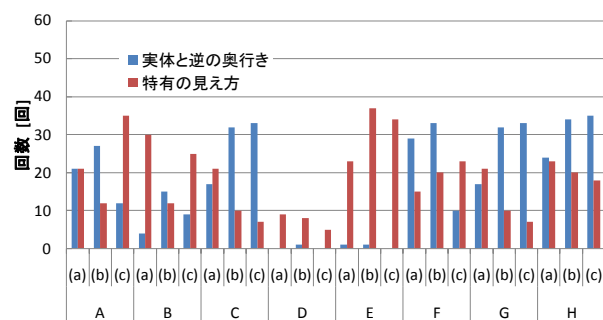


図4 解析方法
Fig.4 Method of Analyses

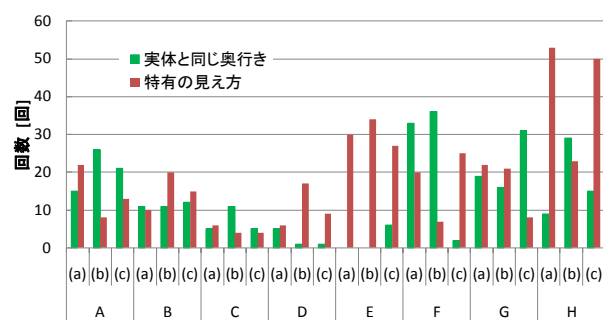
まず、見えの変化の前後関係から見えの遷移 (図 4①) の変化を実験条件間で比較し、検討を行う。次に、それぞれの見えが持続する時間 (図 4②) を解析し、その頻度分布を実験条件間で比較し、検討を行った。

3.4 見えの遷移に関する結果

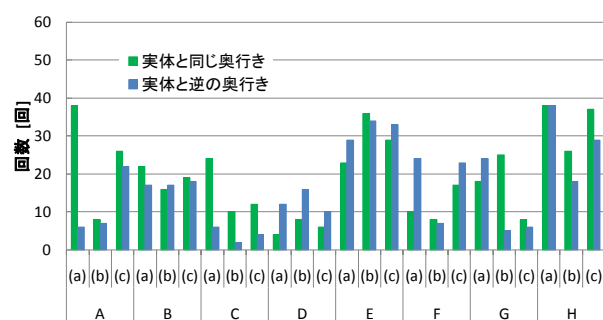
ある見え方から特定の見え方へ遷移のしやすさの特徴を調べるために見えの遷移の変化を調べた。



(a)実体と同じ奥行きへの遷移



(b)実体と逆の奥行きへの遷移



(c)特有の見え方への遷移

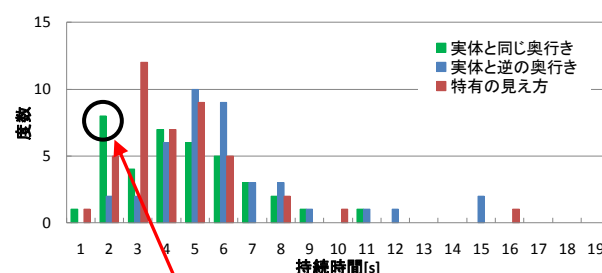
図5 見え方への遷移のしやすさ
Fig.5 Easiness of Switching to the Seeing in the 3D Necker Cube

まず実体と同じ見え方へ遷移した回数に関して視てみると、図 5(a)より、被験者 C, G, H では指や指示棒では (b)視覚+指や(c)視覚+指示棒の条件では、(a)視覚のみの条件より実体と逆の奥行きからの変化回数が増加し、特有の見え方からの変化回数が減少しているが、被験者 A, E, F では(c)視覚+指示棒の条件が(a)視覚のみの条件より実体と逆の奥行きからの変化回数が減少している。このように、実体と同じ見え方へ遷移した回数に関しては、特定の傾向やグループ分けは困難であった。

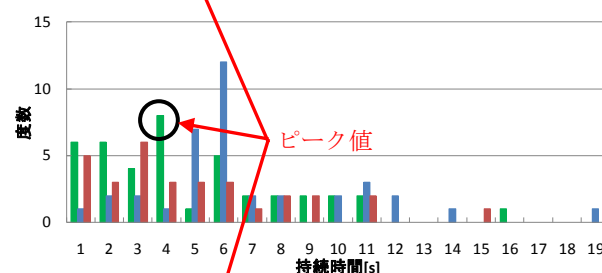
同様に実体と逆の奥行きや特有の見え方への遷移においても、図 5 (b), (c)を見る限り、指や指示棒で触れた際に回数が減少する被験者と増加する被験者がおり、手や指示棒で触れることによる影響は分らなかった。

3.5 見えの持続時間の分布

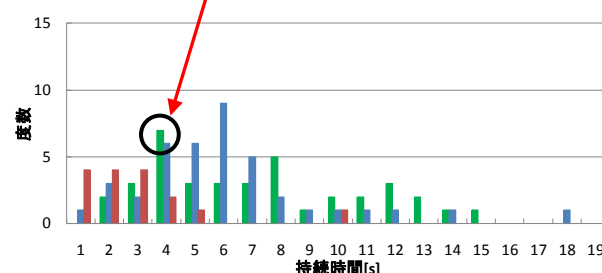
実体ネッカーキューブを見ている際に起こる 3 種類の見えが持続する時間の長さの頻度分布として、被験者ごとに 2 試行分 (10 分間) のデータを用いて 1[s]きざみでヒストグラムを作成し、分布のピークを調べた。条件間での分布のピークの変化の特徴がもっともよく見られた被験者 G の条件ごとのヒストグラムを図 6 に示す。



(a)視覚のみ



(b)視覚+指



(c)視覚+指示棒

図6 見えの持続時間の頻度分布
Fig.6 Histogram of Duration of Seeing

図 6 から、実体と同じ奥行きに見える見え方の持続時間の分布が、持続時間が長くなる方へと移動している。

そこで、すべての被験者に対して、実体ネッカーキューブが実体と同じ奥行きに見える場合の持続時間のヒストグラムから分布のピークを図 7 にまとめた。

図 7 より B 以外の 7 名の被験者で (b)視覚+指の条件では (a)視覚のみの条件と比較して実体と同じ奥行きに見える場合の持続時間の分布のピークは持続時間が長いほう

に移動していることが分かる。

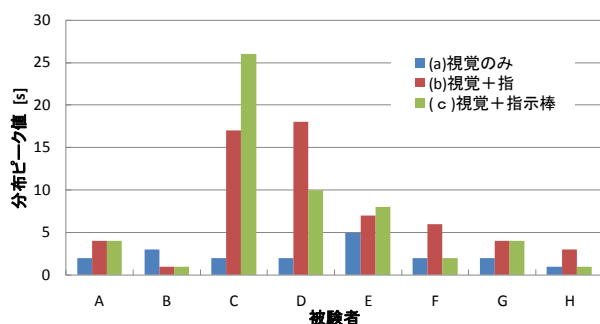


図7 実体と同じ見えの持続時間のピーク
Fig.7 Peak of the Same Seeing as the 3D Necker Cube

また(c)視覚+指示棒の条件でもBを除く7名の被験者で(a)視覚のみの条件と比較して、持続時間が変化しないか長いほうにピークが移動している。しかし、(b)視覚+指の条件と比較すると被験者C, Eは持続時間が長いほうに移動しているが、被験者D, F, Hの3名は短い方に移動し、被験者A, B, Gの3名は変化がなかった。

また、実体の逆の奥行きの見えの場合や特有の見え方のピークの移動に関しては持続時間の分布のピークが大きく移動している被験者と全く移動していない被験者がおり、顕著な特徴は見られなかった。

4. 考察

解析結果から実体ネッカーキューブに指や道具を介して触れることにより、単に見るだけと比較して、実体と同じ奥行きに見えている際の持続時間の頻度のピークが長くなる方に移動する可能性が考えられる。

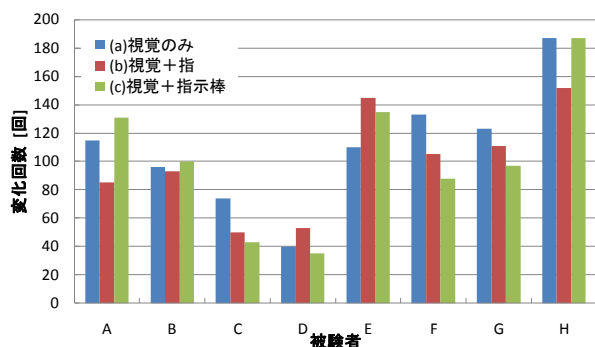


図8 見えの変化回数
Fig.8 Change Frequency of Seeing

ここで、先の実験で調べた見えの変化回数との関係について検討してみる。図8に見えの変化回数を示すが、被験者D, Eでは(b)視覚+指の条件での錯視の変化回数が(a)視覚のみの条件より増加しているが、実体と同じ奥行きの見えの持続時間の頻度のピークに関しては(b)視覚+指の条件での錯視の変化回数が(a)視覚のみの条件より減少している被験者のうちBを除いた5名の被験者と同様の傾向が見られた。

見えの持続時間の頻度のピーク値が、見えの持続時間としての本質的な意味をもつならば、指や道具で実体ネッカーキューブに触れることは実体と同じ見え方に見える時間を持続させやすくする方向に影響を与える可能性があると考えることができよう。

その理由として、本実験では指や指示棒を実体ネッカーキューブの辺上を奥行き方向に向かって前後に動かす動作をさせているが、この指や腕の前後の動きが空間的な奥行き方向の知覚に影響を与えていると推察できる。すなわち身体動作が見えの知覚に対して潜在的に影響を与えたために実体ネッカーキューブと同じ奥行きの見え方が安定しやすくなった可能性が考えられる。この点に関しては指や指示棒を動かさずに触れているだけの条件や、縦の辺上を上下に動かす奥行き方向と異なる動かし方の条件などで実験を行い検討していく必要がある。

5. おわりに

日常的に使用する道具が身体の一部に感じられるような「道具の身体化」現象を注意の潜在的働きに着目して検討していくために、実体ネッカーキューブに起こる錯視現象に着目した実験を行った。この錯視現象の見えの時間的な変化に着目をした解析を行ったところ、指で直接や指示棒を介して触れることには、実体ネッカーキューブの実体と同じ見え方が持続する時間の分布のピークを持続時間が長くなる方に移動させる可能性が示された。

一方、指で触れた場合と比較し、指示棒で触れた場合特有の傾向というものは見られなかった。そこで今後は、道具使用中の注意の変化に着目をして道具特有の傾向や、手で触れることと道具で触れことの影響の差などについて調査していきたい。

参考文献

- [1] 市川浩：「身」の構造—身体論を超えて；講談社(1993).
- [2] マルティン ハイッデガー(著)、桑木務(訳)：存在と時間；岩波文庫(1963)
- [3] Farne,A., Ladavas,E.: Dynamic size-change of hand peripersonal space following tool use; Neuroreport, 11 (8), pp.1645-1649 (2000).
- [4] Maravita,A., Iriki,A.: Tools for the body (schema); Trends in Cognitive Sciences, Vol.8, Iss.2, pp.79-86 (2004).
- [5] 堀内, 上杉: 道具使用における実体ネッカーキューブの錯視変化に関する基礎的研究; 情報処理学会研究報告 2009-HCS-134 (2009)
- [6] Kenneth T. Brown: Rate of apparent change in a dynamic ambiguous figure as a function of observation-time; American Journal of psychology, 68, pp.358-371 (1955)