

Shape-COG Illusion: 複合現実感体験時の 視覚刺激による重心知覚の錯覚現象(第2報)

面迫 宏樹^{*1*3} 木村 朝子^{*1} 柴田 史久^{*1} 田村 秀行^{*2}

Shape-COG Illusion: Psychophysical Phenomenon

in Sense of Center-Of-Gravity Influenced by Mixed-Reality Visual Stimulation (2)

Hiroki Omosako^{*1*3}, Asako Kimura^{*1}, Fumihisa Shibata^{*1}, and Hideyuki Tamura^{*2}

Abstract --- Mixed reality (MR) is the technology which merges real and virtual worlds in real-time. In MR space, a real object can be changed its visual appearance by superimposing a CG image (CGI) on it. We confirmed that the presence of center-of-gravity (COG) can be changed by MR visual stimulation in our previous work. And we named this illusion the "Shape-COG Illusion". In this paper, we verify effects of superimposing virtual object of a pole on a real pole. We measured the perceived COG of 180 combinations of real objects and virtual objects. We analyzed relationship between COG of real/virtual objects and perceived COG.

Keywords: Center-of-Gravity, Illusion, Psychophysical Influence, Visual Stimulation

1 はじめに

近年、現実空間と仮想空間を実時間で重ね合わせる複合現実 (Mixed Reality; MR) 空間において、視覚や聴覚による触力覚への影響といった多感覚刺激を活用する研究が注目を集めている [1]-[8]。人の触力覚が視覚から影響を受けることは一般に知られているが、視覚が触力覚に及ぼす影響を分析することで限られた触力覚ディスプレイの能力を最大限に有効利用することが可能となる。更に、MR 技術を活用すれば、現実空間に重畳描画される人工的な視覚情報によって、より効果的に擬似的な触力覚を提示できると考えられる。例えば、中原らはMR環境での視覚刺激が触印象や物体の形状知覚に与える影響 [1][2] を、新島らは MR による視覚刺激位置が触知覚位置に与える影響を分析している [3]。

視覚刺激が力覚に影響する例として、Charpantier [9] が発見した錯覚現象 Size-Weight Illusion がよく知られているが、[10][11] は同現象の視覚刺激をCG画像とした場合にも、重量知覚に影響を及ぼすことを示している。また、鳴海らは実物体に重畳描画するCG画像の色が重量知覚に影響することを明らかにしている [4]。

物体を把持した際の力覚としては、重量以外に重心知覚が考えられる。重心知覚はダイナミックタッチ [12]

として心理学分野において研究が進められている。ダイナミックタッチとは、振る・持つ・叩く等の能動的な筋肉運動により重さや長さといった物体の性質を知覚できるという感覚であり、VR 分野においても触力覚刺激を付与することで、物体の長さや重さ知覚に錯覚を生じさせる手法が検討されてきた [13]。

我々はこれまでに MR 技術を積極的に活用し、視覚刺激や聴覚刺激が触力覚に及ぼす影響について系統的に実験、分析を行い、多くの客観的な知見を得ることに成功した [5-8]。その中で、重心知覚に着目し、実験を行ったところ、実物体と重心位置の異なるCG画像を重畳描画した場合、重心位置がMR型視覚刺激に引きずられ、知覚される重心位置が変化する錯覚現象を発見し、Shape-COG Illusion と名付けた [4]。同研究では実物体の錘を封入したプラスチックケースと、仮想のアタッチケースを模したCG画像を使用していたが、実物体の正確な重心位置を測定することが難しくまたCG画像についても「アタッチケースは別の物体を内蔵できる」という性質から、アタッチケースに対する事前知識が重心知覚に影響を及ぼす可能性があった。加えて、過去の実験においては、CG画像の重心位置の変化のみに着目しており、実物体の重心位置の変化による影響については確認してこなかった。

そこで本論文では、単純な形状の物体に対して、実物体・CG画像の重心位置を様々に変化させた際にShape-COG Illusion によって知覚される重心位置の変化の傾向を確認する。

*1 立命館大学大学院理工学研究科

*2 立命館大学総合科学技術研究機構

*3 現在、任天堂株式会社

*1 Graduate School of Science & Engineering, Ritsumeikan University

*2 Research Organization of Science and Technology, Ritsumeikan University

*3 Nintendo Corp.

2 実験準備

2.1 実験に使用する実物体・CG 画像

実験に使用する実物体および CG 画像は「把持が容易」「特定の材質や性質が連想されない」「重心位置の計測が容易」であることが望ましい。これらの条件を満たすものとして、CG 画像として丸棒の CG 画像を、実物体として丸棒を用いる。

CG 画像には特定の材質を想起させることを防ぐため、表面は白色無地とし、長さの異なる 9 種類の丸棒状の CG 画像を用いる(表 1)。実物体には、材質 A(バルサ材)、材質 B(杉集合材)、材質 C(塩化ビニールパイプ)の 3 種類の材質の棒を用意し、重さと長さの異なる 15 種類の丸棒を用いる(表 2, 図 1)。CG1~9 の長さは、スタイラスで重心位置を直接ポインティングできる 200mm~1000mm(100mm 間隔)とした。それよりも長い CG 画像を用いた場合についても確認するため、CG10~12 は 1000mm~2500mm(500mm 間隔)の長さを用意した。実験を行う際の現実空間の背景は黒色とし(図 2)、丸棒には黒い紙を巻くことで、把持した際の触感によって材質の違いを判別されることを防ぐとともに、CG 画像からはみ出した実物体の隠蔽を行う。

2.2 実験内容

被験者は CG 画像の重畳描画された実物体を利き手で把持し、毎分 140 往復のリズムで 10 回振る。そして知覚される重心位置を、スタイラスを用いて回答する。スタイラスには磁気センサが内蔵されており、スタイラスの位置は常に取得されている。重心位置を回答する際は、被験者自身がスタイラスを利き手と逆の手に持ち、棒の手前端から、知覚された重心位置として指し示した位置までの距離を記録する(図 2)。

実験は被験者が立った状態で行い、棒は被験者から見て奥に向ける(図 2)。被験者の頭部を固定した場合、実験に用いる HMD の画角の関係上、CG 画像の先端あるいは手元が視界に映らず、被験者が CG 画像の長さを正しく把握できない可能性があるため、被験者の頭部を自由に動かすことを認める。実験で利用するシステムの構成は、文献 [6] と同様である。

3 実験

3.1 実験内容

実験では、Pole1-A ~ Pole5-C の 15 種類の実物体に、CG1 ~ CG12 の 12 種類の CG 画像を重畳描画した計 180 組をそれぞれ振った際の重心位置を回答する。

実験手順は以下の通り。

- (1) 実物体と CG 画像の 180 組の中から、無作為に 1 組選出し、HMD を装着した被験者に対し提示する
- (2) 被験者は毎分 140 往復のリズムで、CG 画像が重畳描画された実物体を 10 回振る

表 1 実験に使用される CG 画像の寸法

Table1 Size of CG Images Used in Experiments

CG 画像	長さ(mm)	CG 画像	長さ(mm)
CG1	200	CG7	800
CG2	300	CG8	900
CG3	400	CG9	1000
CG4	500	CG10	1500
CG5	600	CG11	2000
CG6	700	CG12	2500

直径はいずれの CG 画像も 30 (mm)

表 2 実験に使用される実物体の寸法

Table2 Size of Real Objects Used in Experiments

実物体名	長さ (mm)	重さ (g)
Pole1-A	300	33
Pole1-B	300	55
Pole1-C	300	91
Pole2-A	450	51
Pole2-B	450	82
Pole2-C	450	136
Pole3-A	600	47
Pole3-B	600	95
Pole3-C	600	180
Pole4-A	750	74
Pole4-B	750	130
Pole4-C	750	225
Pole5-A	900	134
Pole5-B	900	161
Pole5-C	900	257

直径はいずれの実物体も 25 (mm)

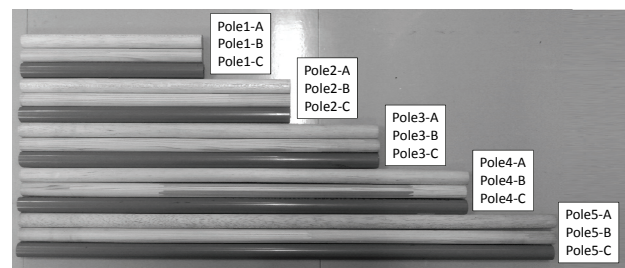


図 1 実験に用いる実物体

Fig.1 Real Objects Used in Experiments

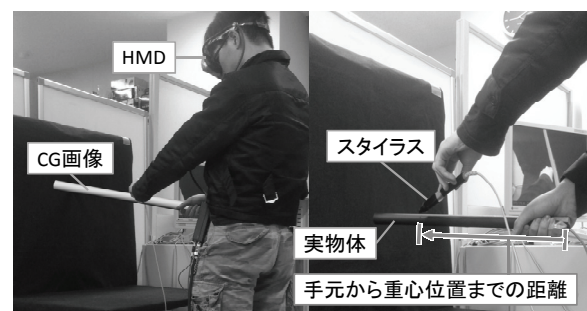


図 2 実験風景

Fig.2 Experimental Scene

- (3) 被験者はスタイラスで知覚した重心位置を指し示す
- (4) 残りの組み合わせについても (1)~(3) を繰り返す
被験者は21~24歳の男性8名, 女性2名である。

3.2 結果と考察

(a) 実験の結果, 材質 A, B, C で実物体の質量が増加するのに対して, 材質の違いによる傾向の違いはほとんど見られなかった。

(b) 全材質の実験結果を実物体毎に平均したグラフを図3に示す。図より, いずれの実物体においても, CG画像が長くなる(CG画像の重心位置が遠くなる)につれ, 知覚される重心位置が遠くなっていることがわかる。

このように, 単純形状で, 特定の性質, 材質を連想させないCG画像においても Shape-COG Illusion が発生していることから, この錯覚現象は純粋に視覚刺激によって発生するものであると考えられる。

(c) 図3のCG1~5の結果から, 実物体よりもCG画像が短い場合, MR型視覚刺激に引きずられ実物体よりも近い位置に重心が知覚された。しかし, 重心位置の変化は収束せず, 知覚される重心位置は実物体の重心位置から離れた後, 再び実物体の重心位置に近づいた。先行研究[6]では, 実物体よりもCG画像が長い場合のみについて実験を行っているので, 新たな知見である。

これは, 力覚における重心位置と, 視覚における重心位置の齟齬が大きくなったことで視覚への信頼度が下がり, 重心を知覚する際に力覚に依存する被験者が多くなったことが主な原因と考えられる。また, 肌色領域のマスキングにより, CG画像が短くなるにつれ, 把持している手によってCG画像が隠される割合が大きくなり, CG画像を重畳描画していない状態に近くなることも原因の一つと考えられる。

(d) 図3のCG5~9の結果より, 実物体よりもCG画像が長い場合には, CG画像の重心位置と実物体の重心

位置が離れるにつれ, 知覚される重心位置の変化が小さくなる傾向が見られた。これは, 先行研究[6]でも見られた傾向である。

(e) CG画像の長さがさらに長いCG10~12の結果(図3)より, いずれの物体においても, 知覚される重心位置が実物体の重心位置に再び近づくことはなかった。

実験中, 複数の被験者から「CG画像が長くなっても, 実際の長さの変化(500mm)ほど, 変わったようには見えない」というコメントが得られており, 長田ら[14]によれば視覚的な距離が離れるほど, 両眼視差による立体視の奥行き知覚の感度は低下することから, 頭部運動に伴う運動視差などはあるものの, 全体として視覚的に知覚される棒の長さの変化が分かりにくくなったことで, 重心位置の変化も感じにくくなったと考えられる。

ただし, t検定の結果, Pole1, 2においては, CG10とCG12を重畳描画した際に知覚される重心位置の間に有意差は見られなかったが, Pole3, 4(有意水準5%)と, Pole5(有意水準1%)においては有意な差が見られた。即ち, 視覚的には同条件であるにも拘わらず, Pole3, 4, 5で, 知覚される重心位置が, CG画像の重心位置に応じて遠くなる傾向が見られた。この原因として Pole1, 2は Pole3, 4, 5と比べて, CG画像の重心位置と実物体の重心位置の差が大きく, 力覚における重心位置と, 視覚における重心位置の齟齬が大きくなったため, 視覚に対する信頼度が下がり, 視覚刺激の変化の影響が小さくなったと考えられる。

(f) 実物体の重心位置の変化による影響を分析するために, グラフの横軸を実物体に変更した実験結果を図4に示す。図より, 全ての場合において, 実物体が長くなるにつれ, 重心位置は遠くに知覚され, 実物体が長くなった際, 手元から知覚される重心位置までの距離はほぼ減衰することなく増加した。Shape-COG Illusion が視

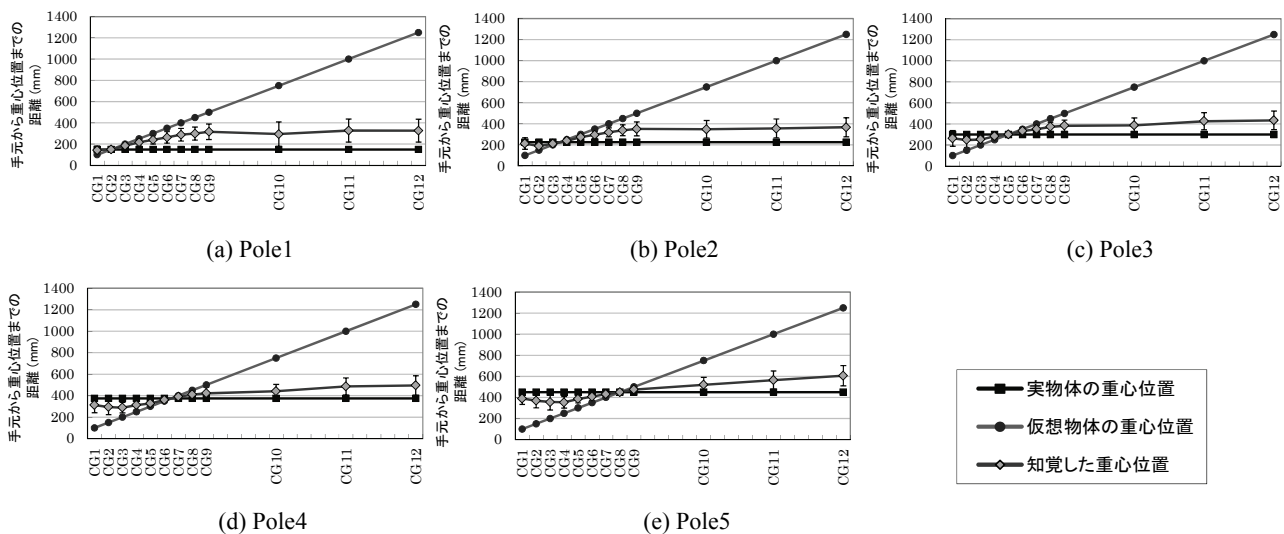


図3 実験結果(材質 A, B, C における平均値)

Fig.3 Result of Experiment (The Average of Material A, B and C)

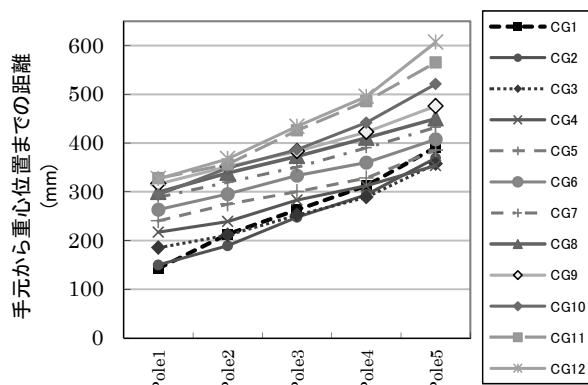


図4 実物体の知覚された重心位置の変化
(材質 A, B, C の平均値)

Fig.4 Variation of Perceived COG
(The Average of Material A, B and C)

覚と力覚の両感覚を統合されることで起こる現象であるなら、視覚における重心位置のみが変化した場合同様、力覚における重心位置が遠くなれば、知覚される重心位置も遠くなることは当然であるが、CG 画像の重心位置のみを変化させた場合に知覚される重心位置の変化量が徐々に小さくなったのに対して、実物体の重心位置のみを変化させた場合には、知覚される重心位置の変化が収束する傾向は見られなかった。

4 まとめ

本論文では、先行研究で見出された MR 環境下での重心位置錯覚現象 Shape-COG Illusion について、より詳細な実験を行った。その結果、単純な外観の CG 画像であっても Shape-COG Illusion が発生すること、実物体よりも CG 画像が短い場合、長い場合で知覚される重心位置の傾向が異なることなどを確認した。本研究の一部は、科研費・基盤研究 B「複合現実型視覚刺激が及ぼす触印象に関する研究」による。

参考文献

- [1] 中原守勇他, “複合現実感における視覚と触覚の融合効果を利用した素材感提示に関する実験的検討”, 第12回 VR 学会大会, pp. 103 - 106, 2007.
- [2] 中原守勇他, “複合現実感における視覚と触覚の融合効果を利用した物体形状提示に関する実験的検討”, VR 論, Vol. 13, No. 1, pp. 25 - 36, 2008.
- [3] 新島有信他, “拡張現実感における視覚刺激位置が触覚位置に与える影響の分析”, 同上, Vol.17 No.2, pp.73 - 78, 2012.
- [4] 鳴海拓志他, “拡張持久力: 拡張現実を利用した重量知覚操作による力作業支援”, 同上, Vol.17 No.4, pp.333 - 342, 2012.
- [5] 家崎明子他, “複合現実型視覚刺激による触印象への影響”, VR 論, Vol. 13, No. 2, pp. 129 - 139, 2008.
- [6] 木村朝子他, “Shape-COG Illusion: 複合現実感体験時

の視覚刺激による重心知覚の錯覚現象”, 同上, Vol. 16, No. 2, pp. 261 - 269, 2011.

- [7] 鍵本麻美他, “複合現実型視覚刺激と聴覚刺激が触印象に与える影響—産業応用システムでの利用を想定した評価—”, 同上, Vol. 14, No. 3, pp. 325 - 333, 2009.
- [8] 平野有一他, “Dent-Softness Illusion: 複合現実型視覚刺激による硬さ知覚への影響”, 同上, Vol.16, No.2, pp. 271-278, 2011.
- [9] A. Charpentier, "Experimental study of some aspects of weight perception," Archives de Physiologie Normales et Pathologiques, Vol. 3, pp. 122 - 135, 1891.
- [10] I. Rock, C. S. Harris, "Vision and touch," Scientific American, Vol. 216, pp. 96 - 104, 1967.
- [11] 金載然他, “SPIDAR を用いた size-weight illusion の検証”, VR 論, Vol. 7, No. 3, pp. 347 - 354, 2002.
- [12] 佐々木正人他, “アフォーダンスの構想—知覚研究の生態心理学的デザイン”, 東京大学出版会, 2001.
- [13] H. Y. Yao and V. Hayward, "An experiment on length perception with a virtual rolling stone," Proc. EuroHaptics Int. Conf. 2006, pp. 275 - 278, 2006.
- [14] 長田昌次郎, “視覚の奥行離情報とその奥行き感度”, テレビジョン学会誌, Vol. 31, pp. 649 - 655, 1977.

(2012年12月17日)

[著者紹介]

面迫 宏樹 (非会員)



2011年立命館大学理工学部情報学科卒。2013年同大学院理工学研究科博士前期課程修了。同年4月、任天堂(株)入社。2010年より2013年まで、複合現実型視覚刺激が触力覚印象に与える影響に関する研究に従事。

木村 朝子 (正会員)



1996年大阪大学基礎工学部卒。1998年同大学院基礎工学研究科博士前期課程修了。同大学助手、立命館大学理工学部助教授、科学技術振興機構さきがけ研究員等を経て、2009年4月より立命館大学情報理工学部メディア情報学科准教授。現在、同教授。博士(工学)。

柴田 史久 (正会員)



1996年大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了。1999年同研究科博士後期課程修了。大阪大学産業科学研究所助手、立命館大学理工学部助教授、同情報理工学部准教授を経て、2013年より、同教授。博士(工学)。

田村 秀行 (正会員)



1970年京都大学工学部電気工学科卒。工業技術院電子技術総合研究所、キヤノン(株)等を経て、2003年4月より立命館大学理工学部教授、同情報理工学部メディア情報学科教授。現在、同大学総合科学技術研究機構教授。工学博士。