

## ディスクの回転による触覚の錯覚現象について(2)

—回転手の効果についての検討—

今井 章・Y. ロセッティ・P. レヴォル

キーワード：錯触, ディスク回転, 回転手の効果

### AN EXAMINATION OF HAPTIC ILLUSION BY DISK-ROTATION II:

INVESTIGATION OF ROTATING HAND

Akira IMAI<sup>1</sup>, Yves ROSSETTI<sup>2,3</sup>, Patrice REVOL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Psychology, Faculty of Arts, Shinshu University

<sup>2</sup> Medical School, Université Claude Bernard Lyon

<sup>3</sup> Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon (CRNL)

**Key words:** haptic illusion, disk-rotation, effects of rotating hand

### 問 題

我々は、触覚における錯覚（以下、錯触と記す）の中でも、1973年に Cormack によって報告されたコインを両手で回転させることによって、コインの大きさが増大して感じられるという錯触（以下、Cormack 錯触と記す）が、身近な刺激を単純に回転させるだけで知覚することのできる興味深い現象であることに注目し、この錯触について再検討を試みた（今井・ロセッティ・レヴォル, 2017）。というのも、幾何学的錯視図形などを3次元的に構成した触覚刺激が、視覚的錯覚（以下、錯視と記す）と同様な錯触を引き起こすことが知られており（Ballesteros, Mayas, Manuel-Reales, Heller, 2012; Casla, Blanco, & Travieso, 1999; Chan, 1995; Frisby & Davies, 1971; Gallace, Auvray, & Spence, 2007; Gentaz, Camos, Hatwell, & Annie-Yvonne, 2004; Gentaz & Hatwell, 2004; Heller, McCarthy, Schultz, Greene, Shanley, Clark, Skoczytas, & Prociuk, 2005; Landwehr, 2014; Landwehr, 2015; Mancini, Bricolo, & Vallar, 2010; Millar & Al-Attar, 2002; Watson & French, 1966; Wong, 1977), このことが錯視と錯触との成立に関わるメカニズムに共通した基盤があることを示唆（Day, 1990; Wong, 1975）している点で注目されるからである。

ところが、Cormack 錯触についての検討は、Cormack (1973) の報告を追試した渡辺の3つの検討（渡辺, 1980, 1995; Watanabe, 1998）以外には認められておらず、組織的な検討

が十分になされているとはいえない。

そこで我々（今井他，2017）は，この Cormack 錯触が，まず，再現が容易な頑健な現象として認められるかどうかを改めて検討した。その結果，Cormack（1973）や渡辺（渡辺，1980，1995；Watanabe，1998）の報告と同様に，ディスクの回転によってディスクの大きさが増大して感じられるという錯触が認められ，さらに，ディスク直径の増加に伴う錯触量の増強などの結果が得られ，Cormack 錯触が頑健な知覚現象として確認された。

Cormack 錯触を知覚するためには通常，ディスクを一方の手（以下，支持手と記す）の人差し指と親指で直径を軸にして支え，もう一方の手（以下，回転手と記す）の人差し指と親指で，支持手の軸に垂直な方向にディスクを回転させる。この手続きによってディスクを回転させ続けると，数秒後頃から回転手の方向にディスクが伸びて感じられる錯覚が知覚される，というのが Cormack 錯触である。Cormack 自身は，この錯触が手の順応効果によるものと仮説を立てて様々な刺激事態で検討したが，結局，両手の影響を完全に取り除くことはできず，この錯触のメカニズムは両手の順応効果によるものとしている。Watanabe（1998）も，ディスクを回転させる前に順応期を設定し，この順応期の条件差から両手の順応効果を別々に論じようとしたが，Cormack と同様，両手からの順応効果を独立に検討することには成功していない。

本研究では，ディスク回転による錯触について引き続き調べることを目的としたが，その際，両手でディスクを回転させる，という手続き自体を変更し，片手のみの回転で Cormack の錯触がどのように生起するのかを検討することにした。すなわち，本研究では，支持手を使わず，回転手のみのディスク回転で錯触が起こるかどうか調べることを目的とした。

## 方 法

**実験参加者** 矯正を含め視力，および色覚が健常な大学院生 6 名（男性 3 名，平均 25.3 歳）が実験に参加した。なお，いずれの参加者もこの錯触についての知識は有しておらず，このような実験に参加することは初めてであった。

**刺激と実験器具** 片手で回転させる刺激として 4 種類のディスクを用意した。それらは直径 24 mm，30 mm，39 mm，47 mm で厚さが 3 mm の灰色プラスチック製ディスクであった。また，今回の実験参加者が，通常のコルマック錯触を示すかどうかを確認するための統制用刺激として 2 ユーロ硬貨（直径 25.75 mm，厚さ 2.2 mm）を使用した。さらに，この錯触を最初に体験してもらうための練習用刺激として，1 ユーロ硬貨（直径 23.25 mm，厚さ 2.33 mm）を使用した。

4 種類のディスクを回転手（利き手）で回転させるため，専用のディスク支持器具を自作した（Figure 1）。この器具は，厚さ 3 mm のディスクの直径軸を上下の針で支え，回転手で容易に回せるように作成されていた。錯触量を評定させるために，A4 サイズの用紙に様々なサイズの真円を 1 番から 15 番まで描いて評定用紙を作成した。この評定用紙 1 番の真円の直径は 18 mm とし，7 番（直径 30 mm）までは直径を 2 mm ステップずつ大きく描いた。8 番（直径 33 mm）からは 3 mm ステップずつ大きく 12 番（直径 47 mm）まで，13 番（直径 51 mm）からは 5 mm ステップずつ大きく 15 番（直径 61 mm）まで真円を描いて配置した。この評定用紙を参加者の目の前の机の上に貼り付けた。

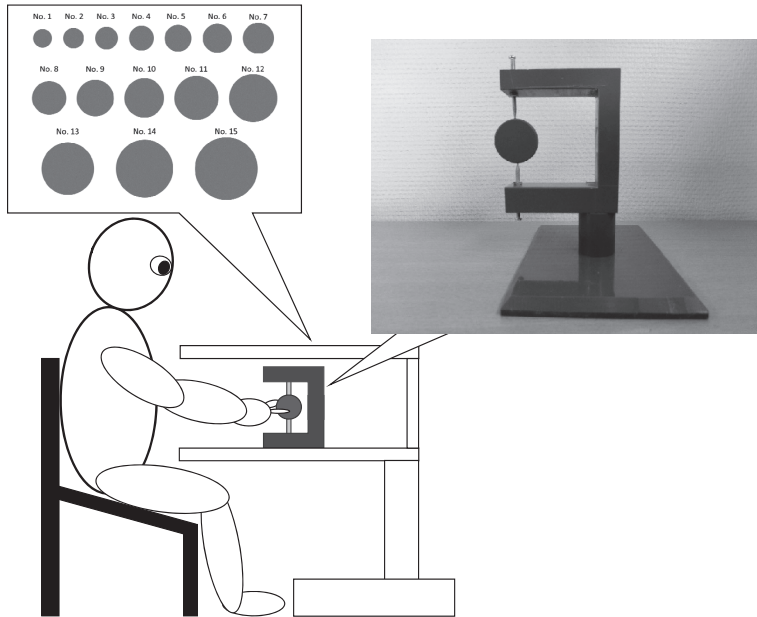


Figure 1 Schematic illustration of experimental setting. Participant sits the chair in front of the desk. On the top of the desk, there is a paper sheet with sample stimuli for matching to the felt-size of a disk stimulus. Participant puts his or her preferred hand beneath the desk with touching the disk stimulus which is clamped by two needles. Participant rotates the disk for 60 seconds.

**手続** 参加者には、まず、両手を使ってディスクを回転させることによって知覚される錯触について説明し、実際に1ユーロ硬貨を用いてその錯触を30秒ほどの回転時間で確認させた。次に、2ユーロ硬貨を用いて統制試行を行った。この試行では今井他(2017)と同様に、Cormack(1973)が最初に行った実験のような手続きで錯触量を測定した。すなわち、参加者には実験者の開始合図と同時に硬貨を非利き手で保持し、利き手で硬貨を回転させた。その際、参加者は机の下に手を置き、手元が見えないようにして回転を行った。参加者は自分のペースで硬貨を回転させながら、5秒ごとに鳴らされる電子メトロノーム音に合わせて、両手で感じられる硬貨の大きさの変化に最も近い図形を、目の前のマッチング用評定用紙(Figure 2)の図中から選んでその番号を口頭で返答した。回転は1分間続けられ、したがって1試行で12回、感じられた硬貨の大きさの変化を声にして回答した。

この後、参加者には、回転手のみでディスクを回転させた場合には、この錯触が知覚できるかどうかを検討するという実験目的を告げ、片手のみでディスクを回転させる器具を示しながら、回転手試行の手続きを説明した。具体的には、やはり実験者の開始合図と同時にディスクを回転手のみで回転させること、さらに、5秒ごとに鳴らされる電子メトロノーム音に合わせて、回転手に感じられるディスクの大きさの変化に最も近い図形を、Figure 2とは異なる目の前のマッチング用評定用紙(Figure 1参照)の図中から選んでその番号を口頭で返答すること、などを教示した。その際、ディスクを回転させる前に、器具に取り付けられたディスクを回転手で触って確認し、感じられるディスクの大きさを眼前の評定用紙の番号から選ばせて、その大きさを基準にしながら、その後の回転による変化を回答するよう教示

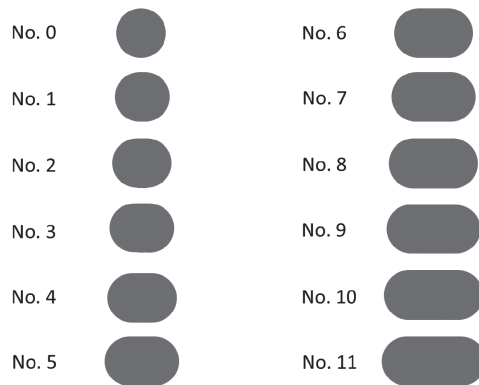


Figure 2 A paper sheet with sample stimuli for matching to the felt-size of a disk stimulus used for a control trial.

してから試行を開始した。回転器具は机下の物入れ部に固定し、ディスクを回転させる場合には参加者に手元が見えないようにした。各刺激はいずれも1試行ずつ行わせた。

## 結果

統制試行の錯触量は、マッチング用評定用紙につけられた0から11までの番号を10倍したものが、基準の真円直径に対する拡大率に相当するため、それをそのまま錯触量とした。回転手試行では、最初に確認したディスクの大きさを基準値として、その後に回答された図番

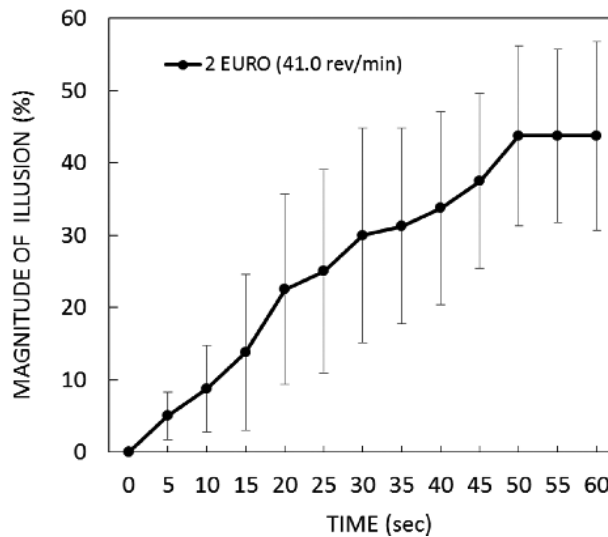


Figure 3 Growth of the illusion at control trial. Magnitude of the illusion is shown by the percentage of the increased size of disk diameter. The 2-Euro coin is used for the stimulus. The error bars show standard error of mean (SEM). Note number in parentheses in the figure is a mean rotation rate.

号のディスク直径との差分値を分子とし、基準値を分母とした百分率を計算して錯触量とした。この回転手試行の場合、回転によってディスクの大きさの感じられ方が、必ずしも大きい方向へのみというわけではなかったため、負の測定値も出現していた。すなわち、負の数値の場合は、ディスクが過小に感じられていたことを示している。

Figure 3 には、統制試行で得られた平均錯触量の変動が示してある。この Figure 3 に見られるように、錯触量は時間の経過とともに増大しており、Cormack (1973) や今井他 (2017) と同様な傾向を示していることがわかる。一要因の分散分析を行ったところ、時間の主効果 ( $F(11, 55) = 15.69, p < .001$ ) が有意であった。多重比較の結果、5秒後の錯触量は20秒以後、有意に増大していたことが明らかとなった。

以上のことから、本実験への参加者は、Cormack (1973) や今井他 (2017) と同様な錯触を経験できた参加者とみなすことができよう。

Figure 4 には、回転手試行で得られた平均錯触量の変動が示してある。この図からは、錯触量の変動が、ディスク直径や時間経過によって組織的に変化する様子が明確ではなく、これまでの錯触量の変動 (今井他, 2017) とは明らかに異なっている。ディスク直径(4)×時間(12)の分散分析を行った結果、ディスク直径の主効果 ( $F(3, 15) = 1.23, n.s.$ )、時間の主効果 ( $F(11, 55) = 0.64, n.s.$ )、および交互作用 ( $F(33, 165) = 0.93, n.s.$ ) のいずれも有意とはならなかった。

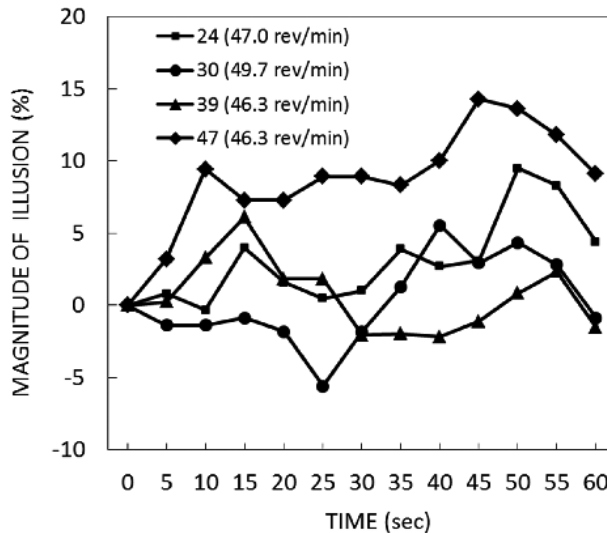


Figure 4 Growth of the illusion by four disks which differed in diameter. Magnitude of the illusion is shown by the percentage of the increased size of disk diameter as to the diameter estimated as felt-size before each trial. 24, disk of diameter 24 mm; 30, 30 mm; 39, 39 mm; 47, 47 mm. Note number in parentheses in the figure is a mean rotation rate.

## 考 察

本研究では、Cormack (1973) が報告した、ディスクを両手で回転させることによる錯触

の現象について再検討した。Cormack では、実際にアメリカで使用されているペニーやクォーター、1ドル硬貨、あるいはポーカーチップなどが使用されていた。Cormack を追試した今井他 (2017) では、実験用にプラスチック製のディスクを作成して検討しており、その錯触量は Cormack よりも全般に小さかったものの、時間経過に伴う錯触量の増大はほぼ一致した傾向が得られた。また、ディスク直径の大きさに伴い錯触量が比例的に増加しており、この点においても Cormack と一貫する結果であった。したがって、Cormack 錯触は頑健に現れる知覚現象と考えられることから、この錯触について組織的に再検討することは意義のあることと思われる。

本研究では、両手で回転させることによって生ずるこの錯触が、どちらか一方の手でディスクを操作した時にも、同じような錯触が知覚できるかどうかを検討した。そこで、保持する保持手を使わずに、回転手のみでディスクを回転させることが可能な器具を作成し、この錯触に及ぼす回転手の効果をまず調べた。その結果、Cormack (1973) や今井他 (2017) とは異なり、回転時間の経過とともにディスク直径が増大する傾向は認められず、また、ディスク直径が増大することによって錯触量が増加するという傾向についても明確ではなく、これまでの結果とは大きく異なっていた。以下、本研究の結果について考察してみたい。

本研究では、Cormack 錯触がどちらか一方の手でディスクを操作した時にも、同じような現象として知覚できるかどうかを検討するため、回転手のみでディスクを触れて回転させた。この手続きは、従来の Cormack 錯触が知覚される事態とは次の点で異なっていた。

まず、錯触量の測定方法が異なっていた。すなわち、Cormack (1973) は、両手によって知覚されたディスクの大きさ変化を支持手と回転手で感じられる直径比として、用意した図形に最も近い図形にマッチングさせて錯触量を測定していた。一方、本研究では、そもそも片方の手のみを使用することから、ディスクの大きさ単体に対する片手で知覚された変化を回答させていた。そのため、Cormack が使用した偏長 (oblong) 型のマッチング用図形ではなく、ディスクの大きさ単体が真円を保ったまま大きく、または小さく感じられると考えたことから、真円をマッチング用図形として用いた。図形そのものの形が錯触量に影響するかどうかは、Cormack においても、渡辺 (1980, 1995, Watanabe, 1998) においても検討されておらず、また、本研究からも明確な結論を引き出すことは困難である。今日まで、「両手で感じられる」錯触自体が Cormack 錯触以外には知られておらず、それゆえその錯触量の測定方法も確立しているとはいえない。とはいえ、Cormack 錯触は、「コインが回転軸と垂直の方向に確かに延びて」感じられる錯覚のため、その錯触量が測定方法自体のバイアスによってのみ生起しているとも考えにくい。いずれにせよ、マッチング刺激の図形の影響については、今後の検討が必要であろう。

次に、本研究で使用した器具におけるディスクの支持に関わる抵抗力は、両手で回転を行う際の支持手の支持圧と異なっていた可能性があり、そのことが平均ディスク回転数を高めていたと考えられる。今回のディスクの平均回転数は、24 mm 以下、順に47.0, 49.7, 46.3, および46.3 (平均47.3) 回転/分となっており、今井他 (2017) では、それぞれ38.7, 39.5, 41.5, 39.2 (平均39.7) 回転/分であった。したがって、今回の器具を用いた本実験では、平均で7~8回転/分ほど速くなっていた。回転数が Cormack 錯触に与える影響については、Cormack (1973) においてすでに検討されており、回転数の増加は錯触量



を増大させるという結果が示されている。したがって、回転数が平均的に増大していた本研究では、錯触量はむしろ増大することが期待されるが、実際には錯触量の増強は認められなかった。この点においても、従来の Cormack 錯触の傾向とは一致していない。

本研究では、片手でディスクを回転させる回転手試行を行わせる前に、統制試行として通常の方法による Cormack 錯触の錯触量を測定していた (Figure 3 参照)。この結果に示されているように、本研究の参加者はこれまでの報告 (Cormack, 1973; 今井他, 2017) と同様な錯触を知覚することのできる参加者であったといえる。したがって、本研究結果は、片手でディスクを回転させるという「特殊」な手続きによって、Cormack の錯触が消失したとは考えられない。むしろ、Cormack の錯触に及ぼす回転手の影響は比較的小さい、とみなす方が蓋然性が高いであろう。しかし、そうした場合、この錯触については、もう一方の支持手の影響がより強いことになる。本研究ではこの点を検討しておらず、今後の課題となろう。

本研究では、Cormack が1973年に報告した、ディスクを両手を使って一定方向に回転させると、支持手のディスク直径軸と垂直な回転手の方向にディスクが伸張して感じられる、という錯触について検討を行った。Cormack 自身も、また Cormack を追試した渡辺 (1980, 1995; Watanabe, 1998) においても、この錯触における支持手と回転手の両者の効果を分離して検討することができておらず、本研究では、支持手の効果を取り除くための器具を作成し、回転手のみの効果を検討した。その結果、通常の Cormack 錯触は生起しなかったことから、回転手の効果は少ないと考えられる。しかしながら本研究では、回転するディスクを支持手のみで保持した場合、通常の Cormack 錯触が生起するのかどうかを確認しておらず、決定的な結論を得るには至っていない。したがって今後は、支持手のみの効果を測定するための器具、ないしは装置を作成し、この点を確認することが必要であろう。

## 付 記

本研究は、2015年10月から半年間のサバティカル研修中に、第1著者がフランスのリヨン神経科学研究センターで、ロセッティ教授とその研究チームとの共同研究として行われた研究の一部である。本研究で用いた刺激と実験器具の作成について、V. Frédéric 技術師に謝意を表す。

## 引用文献

- Ballesteros, S., Mayas, J., Reales, J. M., & Heller, M. (2012). The effect of age on the haptic horizontal-vertical curvature illusion with raised-line shapes. *Developmental Neuropsychology*, 37, 653–667.
- Casla, M., Blanco, F., & Travieso, D. (1999). Haptic perception of geometric illusions by persons who are totally congenitally blind. *Journal of Visual Impairment and Blindness*, 93, 583–588.
- Chan, T. C. (1995). The effect of density and diameter on haptic perception of rod length. *Perception and Psychophysics*, 57, 778–786.
- Cormack, R. H. (1973). Haptic illusion: Apparent elongation of a disk rotated between the fingers. *Science*, 179, 590–592.

- Day, R. H. (1990). The Bourdon illusion in haptic space. *Perception and Psychophysics*, *47*, 400–404.
- Frisby, J. P., & Davies, I. R. (1971). Is the haptic Müller-Lyer a visual phenomenon? *Nature*, *231*, 463–465.
- Gallace, A., M. Auvray, M., & Spence, C. (2007). The modulation of haptic line bisection by a visual illusion and optokinetic stimulation. *Perception*, *36*, 1003–1018.
- Gentaz, E., Camos, V., Hatwell, Y., & Annie-Yvonne, J. (2004). The visual and the haptic Müller-Lyer illusions: Correlation study. *Current Psychology Letters*, *13*, 2–7.
- Gentaz, E., & Hatwell, Y. (2004). Geometrical haptic illusions: The role of exploration in the Müller-Lyer, vertical-horizontal, and Delboeuf illusions. *Psychonomic Bulletin & Review*, *11*, 31–40.
- Hammer, E. R. (1949). Temporal factors in figural after-effects. *The American Journal of Psychology*, *62*, 337–354.
- Heller, M. A., McCarthy, M., Schultz, J., Greene, J., Shanley, M., Clark, A., Skoczylas, S., & Prociuk, J. (2005). The influence of exploration mode, orientation, and configuration on the haptic Müller-Lyer illusion. *Perception*, *34*, 1475–1500.
- 今井章・Y. ロセッティ・P. レヴォル (2017). ディスクの回転による触覚の錯覚現象について— Cormack のコイン回転錯触の再考— 信州大学人文科学論集, *4(51)*, 85–91.
- Landwehr, K. (2014). Visual and visually mediated haptic illusions with Titchener's  $\perp$ . *Attention, Perception and Psychophysics*, *76*, 1151–1159.
- Landwehr, K. (2015). Titchener's  $\perp$  dissected. *Attention, Perception and Psychophysics*, *77*, 2145–2152.
- Mancini, F., Bricolo, E., & Vallar, G. (2010). Multisensory integration in the Müller-Lyer illusion: From vision to haptics. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *63*, 818–830.
- Millar, S., & Al-Attar, Z. (2002). The Müller-Lyer illusion in touch and vision: Implications for multisensory processes. *Perception and Psychophysics*, *64*, 353–365.
- Singer, G. U., & Day, R. H. (1965). Temporal determinants of a kinesthetic aftereffect. *Journal of Experimental Psychology*, *69*, 343–348.
- 渡辺功 (1980). 回転円盤の触的錯覚に及ぼす要因の分析 心理学研究, *51*, 45–48.
- 渡辺功 (1995). 回転円盤の触的錯覚に及ぼす時間要因の分析 心理学研究, *66*, 199–204.
- Watanabe, I. (1998). What determines tactile illusion of a rotated disk. *Psychologia: An International Journal of Psychological Sciences*, *41*, 183–188.
- Watson, A., & French, C. (1966). Müller-Lyer haptic illusion and a confusion theory explanation. *Nature*, *209*, 942–942.
- Wong, T. S. (1975). The respective role of limb and eye movements in the haptic and visual Müller-Lyer illusion. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *27*, 659–666.
- Wong, T. S. (1977). Dynamic properties of radial and tangential movements as determinants of the haptic horizontal-vertical illusion with an "L" figure. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *3*, 151–164.



# AN EXAMINATION OF HAPTIC ILLUSION BY DISK-ROTATION II:

## INVESTIGATION OF ROTATING HAND

Akira IMAI<sup>1</sup>, Yves ROSSETTI<sup>2,3</sup>, Patrice REVOL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Department of Psychology, Faculty of Arts, Shinshu University

<sup>2</sup> Medical School, Université Claude Bernard Lyon

<sup>3</sup> Centre de Recherche en Neurosciences de Lyon (CRNL)

### ABSTRACT

A disk or coin turned end over end between thumb and forefinger feels longer to the turning hand (Cormack, 1973). This "disk-rotating" illusion seems to be occurred by interactive influences between holding and turning hands. We investigated this illusion with using a device which allows participant to turn the disk only using a turning hand. Six naive participants examined four disks each having different diameter, and rotated it for one minute by using only turning hand. The magnitude of the illusion did not grow gradually for the 60 seconds, and the illusion did not appear as that by the ordinary disk-rotating procedure. It suggests that the rotation by turning hand alone may not activate the illusion process, and thus holding hand could have certain effects on this illusion. The effects of holding hand should be investigated independently of the effects of rotating hand, and interaction between holding and rotating hands must be determined in the further research.

**Key words:** haptic illusion, disk-rotation, effects of rotating hand

(2017年10月31日受理, 11月21日掲載承認)

