

姿勢制御と知覚に対する広視野刺激の傾きの影響

鶴原 亜紀・金子 寛彦

東京工業大学大学院 理工学研究科 附属像情報工学研究施設

〒 226–8503 横浜市緑区長津田町 4259–R2–60

(受付：2005年9月14日；受理：2005年12月30日)

Effects of Large-Visual-Stimulus Tilt on Postural Control and Perception

Aki TSURUHARA and Hirohiko KANEKO

Imaging Science and Engineering Laboratory, Tokyo Institute of Technology

4259–R2–60 Nagatsuta, Midori-ku, Yokohama, Kanagawa 226–8503

(Received 14 September 2005; Accepted 30 December 2005)

It has been said that the static or dynamic tilt of large-visual-stimulus produces the perception of observer's tilt, and that this misperception would cause the postural sway. But it has been shown that the reaction time of postural control was shorter than that of vection. The present study compared the effects of large-visual-stimulus on postural control and perceptual responses. A photo slide was projected onto a large hemispheric screen and tilted. Participants responded the perceived self and stimulus tilts in degree, and their body sways were measured. The results showed that the large-visual-stimulus tilt affected postural control and the effect changed with time, however, on the perceived self and stimulus tilts, it didn't show clear effects or differences between timings of responses. It was suggested that the misperception wouldn't always cause the biases of motor control, and that visual information pathways might be different according to what people do.

1. 序

視覚刺激、特に視野の広い範囲を占める刺激（広視野刺激）の傾きや運動といった変位は、刺激および自己の身体の傾きや運動の知覚、そして、身体や手などの運動の制御に影響を与えることが示されてきた¹⁻³⁾。日常的には、ホームに停車している電車に乗っている際、隣の電車が動き出すと、重力や加速度情報による前庭感覚、および運動に伴う筋骨格系からの情報である体性感覚からの入力、自分は静止していることを示しているにもかかわらず、自分が動いたように知覚したり、身体が揺れてしまうといった現象が知られている。

このような、視覚刺激の変位に伴う、刺激お

よび自己の身体の傾きや運動の知覚と身体や手などの運動の制御との関係について、運動制御は知覚の結果を受けて行われるという考え方が一般的に行われている。Lee and Lishman (1975)⁴⁾は、運動刺激を呈示している間の被験者の身体の運動や知覚を測定した結果から、被験者は、視覚刺激の運動を刺激ではなく自己の運動として知覚してしまい、それを補償しようとして重心を移動させている、という仮説を提出した。また、Wong and Frost (1978)⁵⁾は、運動刺激の観察時、vection（自己運動）を知覚している場合と、知覚していない場合とで、知覚された刺激の運動速度を比較すると、前者の方が遅いことを示した。また、Thurrell and Bronstein (2002)⁶⁾は、運動刺激の観察時の重

心動揺は、vectionを知覚している場合と、知覚していない場合とでは、前者の方が重心動揺が大きく、また、方向も刺激に揃っていることを示した。このような、運動制御の前段階として刺激や自己の状態の把握（知覚）が行われるという考え方は、直観にも合い広く受け入れられている。

しかし、Previc and Mullen (1991)⁷⁾は、視覚刺激の運動を観察した場合、姿勢制御（重心移動）の潜時の方がvectionの生起潜時よりも短いことを示した。このことは、重心動揺が自己の運動の知覚によって引き起こされたとは言えないということを意味している。また、前述のLee and Lishman (1975)⁴⁾、Wong and Frost (1978)⁵⁾やThurrell and Bronstein (2002)⁶⁾の研究も、視覚刺激や自己の運動の知覚によって重心の移動が引き起こされたというような、直接的な因果関係がなくとも解釈が可能である。視覚刺激の変位が、刺激や自己運動の知覚、姿勢制御に対して独立に影響し、その影響が結果として整合していたという可能性も否定できないためである。以上のように、視覚刺激の変位に伴う、知覚と運動制御との関係は、現在のところ明らかでない。

視覚刺激の変位による姿勢制御と知覚への影響については、運動刺激を用いた研究がほとんどである。古くはAsch and Witkin (1948)^{8,9)}に示されているように、傾いて静止している刺激によっても自分が傾いているという知覚が生じることは明らかであり、Howard and Childerson (1994)¹⁰⁾も、運動情報に加え、刺激内の物体の上下方向（visual polarity）、天井や床などの環境全体の方向情報（visual frame）が自己の身体の傾きの知覚に影響することを示している。しかし、これらの研究においては、被験者の重心位置の変位などは測定されていない。これに対し、Hoshikawa (1999)³⁾は、Lee and Lishman (1975)⁴⁾らの研究において用いられたようなswing room内を市松模様にした装置を用い、それを、徐々に傾けていき、そして傾いて静止した状態で10s間呈示し、試行開始時

から、刺激が傾いて静止した状態での被験者の重心位置も記録した。その結果、Lee and Lishman (1975)⁴⁾らの研究のように刺激が前後運動を続ける場合と同様に視覚刺激による影響を受け、被験者の重心位置は刺激が傾くにつれてその傾きと同方向に傾くという結果が示された。しかし、視覚刺激の傾きや自己の身体の傾きの知覚に関する測定は行われていない。

上記を踏まえ、本研究では、広視野刺激の回転および静止状態としての傾きが、その刺激および自分の身体の傾きの知覚に与える影響と、自己の身体の制御に与える影響を調べ、それらを比較して、その関係を明らかにすることを目的とした。直立して静止しているよう教示された被験者に対して、半球スクリーンに投影した自然画像の傾きを正立から徐々に傾きを増すように回転させ、その後、傾きを保った状態で静止させて呈示し、刺激および自己の身体の傾きの知覚の測定と、運動制御の一つである姿勢制御の指標として被験者の実際の重心移動の測定を行った。また、刺激が正立している呈示開始時、刺激の運動直後、刺激の運動終了後10s間傾いて静止した刺激が呈示された後の3点で広視野刺激の傾き量と自己の身体の傾きの知覚に関する応答を取り、それぞれの時点での重心位置の変化と対応しているかどうかを検討した。

2. 実験方法

2.1 被験者

正常視力もしくは矯正正常視力を有する男子学生4名（MY, KU, YF, HH；22-25歳）が実験に参加した。いずれの被験者も平衡感覚に異常を有するという診断を受けたことがないことが口頭で確認された。

2.2 刺激

広視野刺激として屋外または屋内空間の写真のスライドにしたものを使用した。この刺激は、スライド用プロジェクタによって、直径2mの半球型スクリーンに投影された（図1）。図1に示すように、半球型スクリーンの上部と底部の一部が凹んでおり、被験者は底部の凹んだ部分

に立つことによって、スクリーンが被験者の全視野を覆うことができた。刺激の中心までの視距離は約1mであった。スライドはスクリーンへの投影に用いるものと同じ広角レンズで撮影したため、視覚像としては実際の空間を見る際と同様のものが得られた。

プロジェクタが高温になるので、1種類のスライドを連続して使用することができなかったため、被験者MY, KUには屋内空間のスライドを、被験者YF, HHには屋外空間のスライドを、それぞれ用いた。予備実験として、被験者MY, KUによって、本研究に用いた2種類のスライド両方に対して本研究と同様の試行を行った。その結果、スライドによる差が見られなかったため、本研究では、特にスライドの種類によって分けることなく結果や考察を示す。

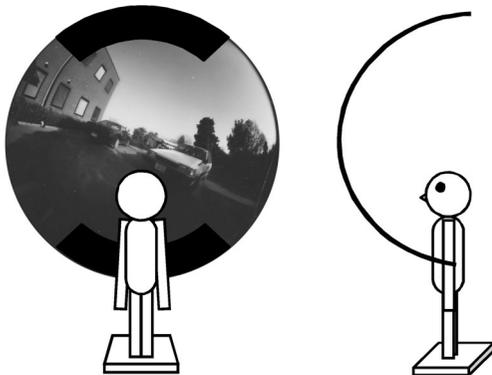


図1 実験状況。左図は被験者の背後から、右図は被験者の横から見た図である。実際に呈示された広視野刺激はカラーであった。

広視野刺激は、正立した状態で静止したまま少なくとも10.5s呈示された後、 $2^\circ/s$ の角速度で時計回り(cw)もしくは反時計回り(ccw)に回転し、その後、傾きを保ったまま静止した状態で試行終了まで呈示された(図2)。被験者は試行間は眼を閉じているよう指示され、試行開始および終了は音により指示された。刺激の回転はスライドに取り付けられたモーターによって行った。モーターはAD変換ボード(National Instruments PCI-MIO-16XE-50)を用いて、パーソナルコンピュータ(Power Mac 9500)によって制御された。刺激の傾きの角度は、 0 (傾きなし)、 ± 5.1 、 ± 9.9 、 $\pm 20.1^\circ$ (+: cw, -: ccw)であった。

2.3 手続き

同様の刺激に対し、計測する対象が異なる以下の実験a, b, cを行い、被験者の姿勢制御および知覚に対する広視野刺激の変位の影響を調べた。実験a, b, cの全てにおいて、被験者は試行中は一貫して直立して画面の中心を見続けるように指示された。実験a, b, cは独立して行われ、実験a, b, cの順序は全被験者でランダムであった。また、実験a, b, cのそれぞれにおける刺激の傾き角度の呈示順序もランダムであった。

実験a) 広視野刺激の傾きの知覚

被験者は、刺激回転の開始10.5s前、および、回転の終了直後もしくは10s後に、重力軸に対する広視野刺激の知覚的傾きを、方向と角

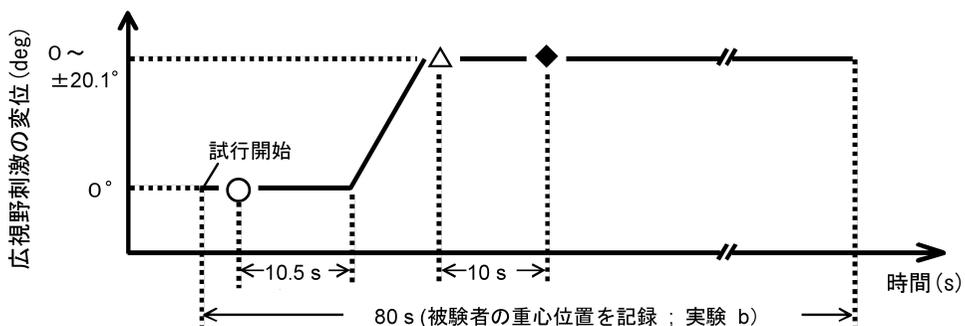


図2 広視野刺激の実際の傾きと応答および測定タイミング。被験者は、実験a, cでは、1試行で、刺激回転開始の10.5s前(○)と、回転終了直後(△)もしくは回転終了後10s(◆)のいずれかのタイミングで応答した。

度により口頭で答えた(図2)。応答のタイミングは音により指示され、刺激回転の終了後の応答のタイミング(刺激回転の終了直後もしくは10s後)は、試行間でランダムであった。試行開始を示す、被験者が眼を開ける合図である音と応答を求める音の混同を防ぐため、試行開始から、刺激の回転10.5s前の応答を取るまでは、0.5~1.5sの間でランダムに間隔をあけた。全被験者が、全ての刺激の傾きの大きさについて6試行ずつ実験を行った。被験者は応答を求める音が鳴ったらできるだけ早く応答するように教示された。応答に3s以上かかった場合には、応答後にそのことが知らされたが、試行はそのまま継続された。また、応答に3s以上かかった場合も、3s以内に応答が行われた試行と結果に明らかな差異が認められなかったため、分析に含めた。

実験b) 姿勢制御

被験者の課題は直立して静止していることのみであり、姿勢制御の指標として被験者の実際の重心移動の測定を行った。刺激の呈示開始から80s、被験者の重心位置が100Hzで記録された(図2)。重心位置の測定はforce plate(NECメディカルシステムズ株式会社製、EB1101)で行い、その出力をデータレコーダー(TEAC製、DR-M3)によって刺激の変位と同一時間軸上に記録した。被験者MY、KUは、刺激の傾きの角度が0(傾きなし)、 ± 5.1 、 ± 9.9 、 $\pm 20.1^\circ$ (+:cw, -:ccw)の場合の全てについて50試行ずつ、被験者YF、HHは、 0° と $\pm 20.1^\circ$ の場合について50試行ずつ行った。

実験c) 自己の身体の傾きの知覚

被験者は、自分の身体が実際の重力軸に対してどの程度傾いているように知覚するかについて、マグニチュード推定を行った。標準刺激として、実際に 2.5° 傾いた板に左右30sずつ乗り、その際の自己の身体の傾きをそれぞれ「左10」、「右10」として応答した。応答のタイミングおよび試行数については、実験aと同様であった。

3. 結果

3.1 実験a(広視野刺激の傾きの知覚)

広視野刺激の知覚的傾きを図3に示す。縦軸は広視野刺激の知覚的傾きの回転前と回転後の差(deg, +:右(cw), -:左(ccw))、横軸は広視野刺激の実際の傾き(deg, +:cw, -:ccw)、シンボルの違いは応答のタイミングの違い(刺激回転終了直後と10s後)、誤差棒は標準偏差をそれぞれ示す。各パネルは被験者ごとの結果である。

被験者ごとに広視野刺激の知覚的傾きの回転前と回転後の差を従属変数、広視野刺激の実際の傾きと応答のタイミングを独立変数とした2要因(7 \times 2)の分散分析を有意水準5%で行った。その結果、全被験者で広視野刺激の実際の傾きの主効果が有意であった(HH $F(6,70)=203.3$, $p<.01$; KU $F(6,70)=607.4$, $p<.01$; MY $F(6,70)=161.7$, $p<.01$; YF $F(6,70)=341.6$, $p<.01$)。また、全被験者で応答のタイミングの主効果および交互作用は有意ではなかった。図3に示されるように、被験者KU、YFは広視野刺激の傾きをほぼ正確に知覚し、被験者HH、MYでは過小傾向が見られるなどの被験者による違いは見られたが、全被験者で広視野刺激の傾きを知覚でき、その量は応答のタイミングに依存しないと言える。

本実験では、刺激の回転速度を一定にしたため、その回転時間の長さから刺激の傾き量を推定できた可能性がある。しかし、筆者らの別の実験において、本研究と同様の刺激を用い、回転中は被験者は閉眼し、刺激の傾き量に応じて回転速度を変えることで閉眼時間を一定にして本研究と同様の測定を行った場合においても、本研究と同様に刺激の傾き量を知覚できることが示された¹¹⁾。このことから、本研究において刺激の傾きが知覚できたのは、回転時間の長さから傾き量を推定したためではないと考えられる。

3.2 実験b(姿勢制御)

広視野刺激の実際の傾きの大きさが $\pm 20.1^\circ$ 、

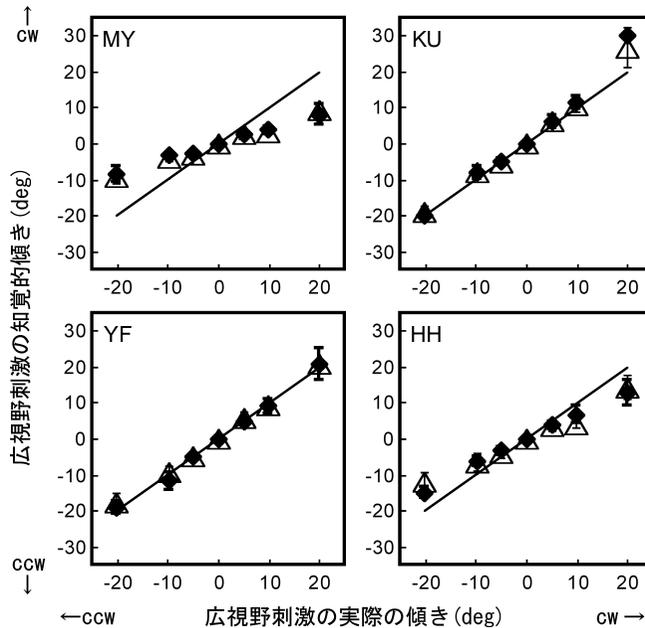


図3 広視野刺激の知覚的傾き (6 試行の平均). Δ は刺激回転終了直後の応答, \blacklozenge は刺激回転終了後 10s の応答, 実線は実際の広視野刺激の傾きをそれぞれ示す.

0° の場合の左右方向の重心位置の時間変化 (50 試行の平均) を図 4 に示す. 縦軸は重心位置 (cm, + : 右 (cw), - : 左 (ccw)), 横軸は試行開始からの経過時間 (s) であり, 各パネルは被験者ごとの結果である. また, 図 5 に各被験者の平均の広視野刺激の回転終了直後と 10s 後の重心位置の偏位量 (それぞれの時間から 3s 間の平均) を示す. 縦軸は重心位置の偏位量 (cm, + : 右 (cw), - : 左 (ccw)) であり, 横軸, シンボルの違いおよび誤差棒は図 3 と同様である.

被験者ごとに広視野刺激の回転終了直後と 10s 後の重心位置の偏位量を従属変数, 広視野刺激の実際の傾きと応答のタイミングを独立変数とした 2 要因 (被験者 HH, YF: 3×2, 被験者 KU, MY: 7×2) の分散分析を有意水準 5% で行った. その結果, 全被験者で広視野刺激の実際の傾きの主効果が有意であった (HH $F(2,294)=12.2, p<.01$; KU $F(6,294)=12.6, p<.01$; MY $F(6,294)=34.1, p<.01$; YF $F(2,294)=59.8, p<.01$). また, 被験者 KU, MY, YF で広視野刺激の実際の傾きと応答のタイミン

グの交互作用が有意であり, 被験者 HH では有意傾向が見られた (HH $F(2,294)=2.8, p<.07$; KU $F(6,294)=3.1, p<.01$; MY $F(6,294)=3.1, p<.01$; YF $F(2,294)=17.1, p<.01$).

図 4 に示されるように, 被験者 MY, KU, YF の 3 名では, 広視野刺激の回転開始からしばらくの潜時を経て刺激の回転方向と同じ方向に重心が移動し, その偏位はしばらく増加して, 刺激が静止した後, 減少に転じることが示された. しかし, 完全には回転前の重心位置には戻らず, 刺激の回転方向と同じ方向にやや偏ったままであった. これは Hoshikawa (1999)³⁾ と同様の傾向である. 図 5 に示されるように, 被験者 MY, KU, YF で, 重心位置が刺激の回転と同方向に偏位しているが, 回転終了の 10s 後において回転終了直後よりも重心位置の偏位量が小さかった. 被験者 MY, KU が行った広視野刺激の傾きが $\pm 9.9^\circ, 5.1^\circ$ の場合においては, 重心位置の偏位量は広視野刺激の傾きが小さくなるにつれて小さくなったが, 時間変化の傾向は広視野刺激の傾きが $\pm 20.1^\circ$ の場合と同様であった. 被験者 HH では, 刺激の回転開始後しばらくは,

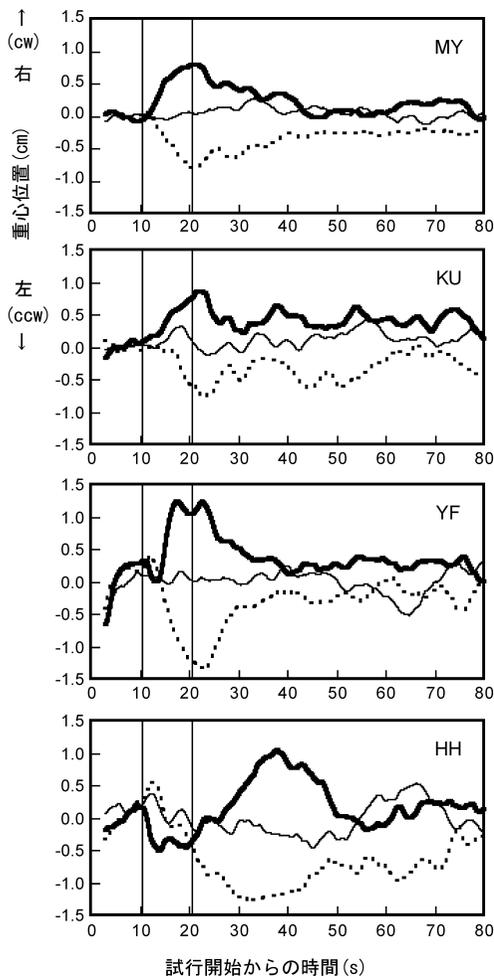


図4 広視野刺激の傾きが $\pm 20.1^\circ$, 0° の場合の左右方向の重心位置の時間変化。データは、50試行のデータを平均し、さらに区間3sの移動平均をしたものである。刺激が正立したまま静止している試行開始から刺激回転開始まで(0.5-10.5s)の間の重心の平均位置が0となるよう絶対量を調整した。細い実線は広視野刺激の傾きが 0° 、太い実線は $+20.1^\circ$ (cw)、破線は -20.1° (ccw)の場合の結果をそれぞれ示す。10.5-20.5sの縦線に挟まれた区間は、広視野刺激が回転中の期間を示す(視覚刺激の傾きが $\pm 20.1^\circ$ の場合)。

いったん刺激の回転方向と逆方向に重心が移動したが、その後、刺激の回転方向と同方向に重心が移動し、以降は他の被験者と同様に、その偏位はしばらく増加した後、減少に転じ、刺激の回転方向と同じ方向にやや偏った状態となっ

た。

刺激の回転量が 0° 、すなわち刺激が回転しない場合においても、刺激の回転量が $\pm 20.1^\circ$ の場合と同様に80s間刺激が呈示されたが、時間による明らかな変化は示されなかったことから、刺激の回転量が $\pm 20.1^\circ$ の場合に見られた重心の移動は、単純な時間経過によるものではないと言える。

以上より、本研究で用いたような広視野刺激の変位は姿勢制御に影響を与えること、また、広視野刺激による影響は刺激回転直後と10s後では異なることが言える。

3.3 実験c (自己の身体の傾きの知覚)

自己の身体の知覚的傾きを図6に示す。縦軸は自己の身体の知覚的傾きの回転前と回転後の差(deg, +:右(cw), -:左(ccw))であり、横軸、シンボルの違いおよび誤差棒は図3, 5と同様である。

被験者ごとに広視野刺激の回転終了直後と10s後の自己の身体の知覚的傾きの回転前と回転後の差を従属変数、広視野刺激の実際の傾きと応答のタイミングを独立変数とした2要因(7×2)の分散分析を有意水準5%で行った。その結果、被験者MY, KU, YFで広視野刺激の実際の傾きの主効果が有意であり(KU $F(6,70)=29.3, p<.01$; MY $F(6,70)=65.7, p<.01$; YF $F(6,70)=18.3, p<.01$)、また、被験者MYで広視野刺激の実際の傾きと応答のタイミングの交互作用が有意であった($F(6,70)=4.59, p<.01$)。被験者HHでは、自己の身体の傾きの知覚について、刺激の傾きおよび応答のタイミングによる一貫した傾向は見られなかった。

4名中3名の被験者で広視野刺激の実際の傾きの主効果が有意であったが、図6に示されるように、被験者MYでは自己の身体が刺激と反対方向に傾いているように知覚し、一方、被験者KU, YFは、自己の身体を刺激と同方向に傾いているように知覚した。また、MYは、刺激の傾きが 0° , -9.9° の場合を除き、回転終了直後よりも10s後の方が、より大きく刺激と反対方向に傾いているような知覚を示したが、他の

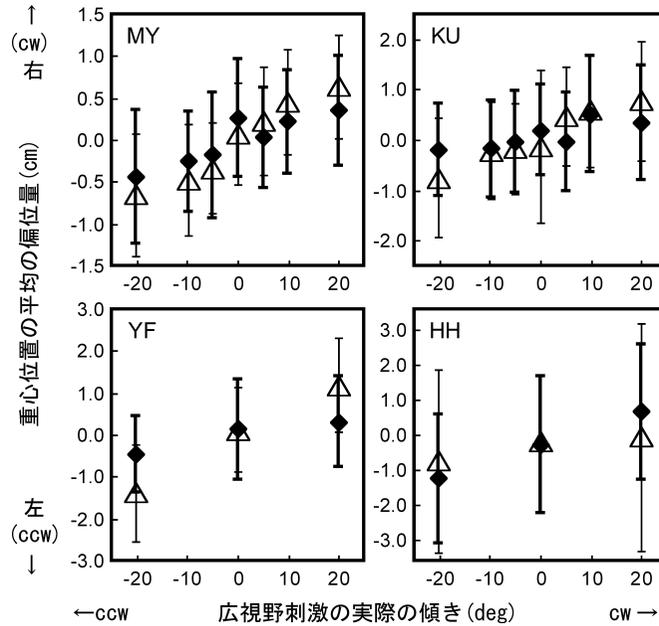


図5 広視野刺激の回転終了直後と10s後の重心位置の偏位量(50試行の平均)。△、◆はそれぞれ、回転終了直後から3sまたは回転終了後10sから3sの重心位置の平均と試行開始から刺激回転開始まで(0.5-10.5s)の間の平均の差を示す。

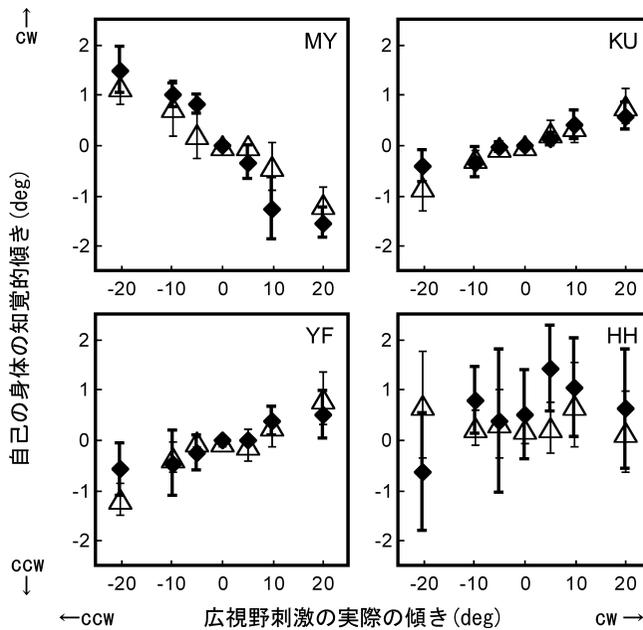


図6 自己の身体の知覚的傾き(6試行の平均)。実際に2.5°傾いた板に載った場合に知覚した傾きを10とした場合の応答を角度に変換したものを示す。△は刺激回転終了直後の応答、◆は刺激回転終了後10sの応答をそれぞれ示す。

被験者では応答のタイミングによる違いは明らかではなかった。このように、自己の身体の知覚的傾きは、被験者によって傾向が異なっていた。自己の傾きの知覚は、視覚情報以外に、前庭感覚および体性感覚による入力を受けて行われると考えられる。しかし、重心位置の変化については同様の傾向を示していた被験者 MY と被験者 KU および YF は、自己の身体の傾きの知覚については異なる傾向を示した。このことから、自己の傾き知覚において前庭感覚および体性感覚を用いるかどうかは、各個人によって異なり、また、その個人差は姿勢制御におけるものとは異なるものであると言える。

4. 考察

本研究の目的は、広視野刺激を回転させ、後、傾けて静止した状態で呈示した場合における、その刺激および自分の身体の傾きの知覚に与える広視野刺激の影響と、自己の身体の制御に与える影響の関係を明らかにすることであった。結果から、姿勢制御において、重心位置が刺激の回転と同方向に偏位するが、回転終了後には偏位が減少していくということが示された。しかし、回転終了直後でも 10s 後でも被験者は本研究で用いられたような広視野刺激の変位を知覚でき、また、応答のタイミングによる違いは示されなかった。また、重心位置の変化において同様の傾向を示した被験者でも、自己の身体の傾きの知覚においては、異なる傾向を示した。このことから、回転終了直後および 10s 後における重心位置は、それぞれの時点での広視野刺激や自己の身体の知覚的傾きを反映したものではないと言える。

Lee and Lishman (1975)⁴⁾ などの仮説に完全に従った場合、すなわち、完全に広視野刺激の傾きが自己の傾きによると知覚され、その結果として重心の移動が起こるならば、広視野刺激は正立していると知覚され、広視野刺激の知覚的傾きは 0 になると考えられる。また、自己の身体は、広視野刺激の傾きと同じ大きさで逆方向に傾いていると知覚され、その自己の身体を

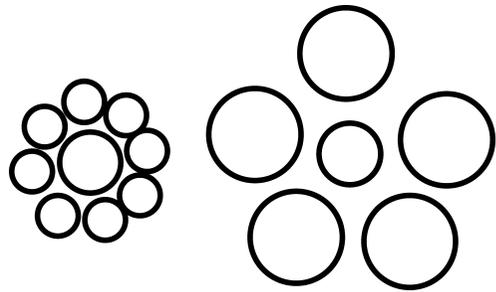


図7 ティッチナー錯視。左図と右図の中央の円は同じ大きさであるが、一般的に、小さい円に囲まれている場合（左図）には実際よりも大きく、大きい円に囲まれている場合（右図）には実際よりも小さく見える。

正立させようとすることにより、重心位置は広視野刺激の傾きと同方向に偏位すると考えられる。結果より、少なくとも本実験で用いられたような刺激においては、知覚に対する広視野刺激の影響と、姿勢制御に対する影響は同一ではないと言え、また、姿勢制御が知覚の結果を受けて行われるとは限らないと言える。

本実験の結果が示すように、視覚情報の影響が、人間が何を行うか（タスク）によって異なることを示す研究はいくつか報告されている^{12,13)}。例えば、Aglioti, DeSouza and Goodale (1995)¹²⁾ は、幾何学的錯視の影響は知覚と運動制御で異なるという実験結果を報告している。その実験では、ティッチナー錯視と呼ばれる錯視図形（図7）を呈示した場合、中央の円盤と同じ大きさの円盤を選ぶという知覚課題では、中央の円盤が大きい円盤に囲まれていれば実際よりも小さい円盤が選ばれ、小さい円盤に囲まれていれば実際よりも大きな円盤が選ばれた。しかし、同じ錯視図形を用いても、中央の円盤をつまむという行動課題においては、被験者が開いた指の間隔は知覚課題に比して実際の円盤に対する誤差が小さかった。このことから、「つまむために指の間隔を調節する」という行動は、知覚によって円盤の大きさを把握してから行うものではない、すなわち、錯視の影響は知覚と運動制御で異なることが示されたと言える。このことを踏まえ、Goodale and Milner (1992)¹⁴⁾

は、視覚情報の処理経路は、知覚に用いられる場合と運動制御などの行動 (action) に用いられる場合とで異なるという仮説を提出している。このような、タスクによって視覚情報処理の経路が異なるという仮説に基づけば、視覚刺激の変位の知覚に対する影響と運動制御に対する影響は、互いに独立であり、一方が一方の直接的な結果ではない可能性も考えられる。これは、本研究の結果と整合する考え方である。

また、Previc (1998)¹³⁾ は、タスクが知覚か行動 (action) かという分類ではなく、観察者があるタスクを行う際、そのタスクに用いる主な刺激と観察者との距離によって、情報処理経路が異なるという仮説を提出している。例えば、同じ運動制御ではあるが、何らかの物体および仮想空間内の対象を手の運動によって制御する、いわゆる手技操作は主に身体周辺部 (Peripersonal) の情報を用いるのに対し、姿勢制御には遠方の情報を用い、それぞれの情報処理経路も異なると述べられている。したがって、同じ運動制御といっても、姿勢制御と手技操作では、広視野刺激の変位による影響、知覚との関係が異なる可能性も考えられる。

タスクによって視覚情報の影響が異なる上記以外の要因の一つとして、個々のタスクにおける視覚情報の時間特性の優位性の違いも考えられる。本研究で被験者が刺激の傾きを知覚することができたのは、視覚以外の感覚、すなわち前庭感覚や体性感覚によって得られる重力情報を利用したことによると考えられる。しかし、前庭感覚は加速度情報の検出器であり、また、求心性のフィードバックは比較的遅いことが知られている¹⁵⁾。これらのことから、Lee and Lishman (1975)⁴⁾ などの研究で用いられたような、等速運動を続ける刺激を呈示し、また、運動を知覚するような素早く連続的に情報が必要である場合には、前庭感覚や体性感覚よりも視覚をより用いるようになるのかもしれない。

上記のような、知覚／行動 (action)、距離、時間特性などによる情報処理の違いによって、今回見られたような視覚情報の影響のタスクに

よる違い (不整合) が説明できるかもしれない。これらを明らかにするためには、さらなる研究で検討されることが望まれる。

謝辞 本研究は独立行政法人情報通信研究機構が実施している「国際共同研究助成制度」の一環として行われました。また、本研究の計画および実施に際し、大変お世話になりました松宮一道氏 (現 東北大学) に深く感謝を申し上げます。

文 献

- 1) F. H. Previc and R. L. Neel: The effects of visual surround eccentricity and size on manual and postural control. *Journal of Vestibular Research*, **5**, 399-404, 1995.
- 2) R. S. Allison, I. P. Howard and J. E. Zacher: Effect of field size, head motion, and rotational velocity on roll vection and illusory self-tilt in a tumbling room. *Perception*, **28**, 299-306, 1999.
- 3) T. Hoshikawa: Effects of room tilting on body sway: Adaptation and strategies for maintaining a standing posture. *Japanese Psychological Research*, **41**, 186-192, 1999.
- 4) D. N. Lee and J. R. Lishman: Visual proprioceptive control of stance. *Journal of Human Movement Studies*, **1**, 87-95, 1975.
- 5) S. C. P. Wong and B. J. Frost: Subjective motion and acceleration induced by the movement of the observer's entire visual field. *Perception and Psychophysics*, **24**, 115-120, 1978.
- 6) A. E. I. Thurrell and A. M. Bronstein: Vection increases the magnitude and accuracy of visually evoked postural responses. *Experimental Brain Research*, **147**, 558-560, 2002.
- 7) F. H. Previc and T. J. Mullen: A comparison of the latencies of visually induced postural change and self-motion perception. *Journal of Vestibular Research*, **1**, 317-23, 1991.
- 8) S. E. Asch and H. A. Witkin: Studies in space

- orientation: I. Perception of the upright with displaced visual fields. *Journal of Experimental Psychology*, **38**, 325–337, 1948.
- 9) S. E. Asch and H. A. Witkin: Studies in space orientation: II. Perception of the upright with displaced visual fields and with body tilted. *Journal of Experimental Psychology*, **38**, 455–477, 1948.
- 10) I. P. Howard and L. Childerson: The contribution of motion, the visual frame, and visual polarity to sensations of body tilt. *Perception*, **23**, 753–762, 1994.
- 11) A. Tsuruhara and H. Kaneko: Effects of motion and tilt of large-visual-stimulus on perception and postural control. *Journal of Vision*, **5**, 321a, 2005.
- 12) S. Aglioti, J. F. X. DeSouza and M. A. Goodale: Size-contrast illusions deceive the eye but not the hand. *Current Biology*, **5**, 679–685, 1995.
- 13) F. H. Previc: The neuropsychology of 3-D space. *Psychological Bulletin*, **124**, 123–164, 1998.
- 14) M. A. Goodale and A. D. Milner: Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neuroscience*, **15**, 20–25, 1992.
- 15) R. C. Miall and D. M. Wolpert: Forward models for physiological motor control. *Neural Networks*, **9**, 1265–1279, 1996.