原 著

傾いた図形を提示した場合の重心動揺

—刺激の遠近法の効果について—

北村 文昭

Body Sway Induced by Presentation of Slant Figures

—Effects of Displaying Perspective Stimuli—

Fumiaki Kitamura

Department of Psychology, Aoyama Gakuin University

This study was conducted to examine the changes in body sway induced by presentation of slant 60° visual angle and upright visual stimuli. In the preliminary experiment, participants observed an X-axis line, a Y-axis line or a cross in upright or slant presentations. Results showed no increase in body sway under any conditions. In the main experiment, perspective stimuli constructed of lines by which observers perceived an extent of space or non-perspective stimuli by which they perceived a plane surface were presented. Results indicated that body sway increased only when the perspective stimuli were shown in the slant presentation. The results suggested that only presentation of slant figures which participants perceived an extent of space affects postural equilibrium.

Key words: body sway, pictorial perspective, spatial perception

緒 言

視覚系は人の場合にはとりわけ姿勢制御に大きく貢献をしている。このことは閉眼で片足立ちをすると直立姿勢の安定した維持が困難になることから明らかである。姿勢を安定的に維持する上でこのように大きな影響を及ぼす視覚環境に関して多くの研究が続けられてきた。

Howard, Childerson¹⁾によれば、重力に関する自己定位には次の3つのタイプの視覚的情報、すなわち、1. 上下の区別がある物体の視覚的極性、2. 視覚的環境の鉛直と水平線、そして、3. 視覚的環境の運動が関わっている。

第1のタイプとは、われわれが日常見かける事物で、動植物や建造物、椅子や机の家具など上下が容易に区別できるものである。これらの事物が傾いていると、観察者は自己の傾きを知覚する²⁾³⁾。

第2は観察者に提示される視覚的に長い線分や線分から構成される枠 (frame) である。これらが鉛直あるいは水平な方向に視覚的に与えられたときには身体は安定し、逆に鉛直や水平方向からずれている線分は身体動揺を増加させることも古くから知られている³⁾⁴⁾。また、Amblard, Carblanc⁵⁾は、水平線分よりも鉛直線分を提示した方が身体の動揺が減少することを報告している。

第3の視覚的環境の運動は、自己の身体の傾きというよりも、むしろ視覚誘導自己移動感 (vec-

tion)の問題としてとりわけ多くの研究者の関心をひいてきた。Brandt, Dichgans⁶⁾は、それまでの視覚的環境の運動に関する研究を概観して、観察時間が長いほど、速度が大きいほど、刺激のコントラストが強いほど、さらに中心視野よりも周辺視野提示の方が、また前方よりも後方の提示の方が視覚誘導自己移動感に大きな影響を及ぼすことを記している。さらに近年は運動の奥行知覚の深さが強い視覚誘導自己移動感を生起させるという報告が相次いでいる^{7)~9)}。

このような視覚を有力な手がかりとして身体の定位や姿勢が、前後、左右、そして上下の3次元世界において維持されているのであれば、その視覚的情報が含意する3次元空間の広がりに関する構造的知覚が人の定位や姿勢の維持に影響を及ぼしているのではないだろうか。たとえば、第3のタイプに属する光学的流動(optical flow)を中心視野よりも周辺視野に提示した場合に、また浅い奥行知覚よりも深い奥行知覚を生起させた場合に大きな視覚誘導自己移動感が生起したことは、これらの場合に観察者に3次元空間とその移動に関するより強力な知覚を促したからであろう。

もし、このような仮説が立てられるのであれば、単純な水平、鉛直な線分が提示されるよりもそれらを構成することによる空間的知覚が姿勢制御に深く関わっているだろう。本研究の目的は、視覚的環境の鉛直と水平線について、視覚的環境として空間の広がりを知覚するような視覚刺激と平面的な知覚を生起させる視覚刺激を提示して姿勢制御に与える影響を比較し、その差異の意義を考察することであった。このため、予備実験では単純な水平、鉛直の線分を提示することによる姿勢への影響を検討し、本実験においてこれらの線分を透視図法的に組み合わせることによって空間的な広がりを知覚する刺激に対する姿勢変化を分析した。

予備実験

目的

Amblard, Carblanc⁵⁾によると鉛直方向の視覚的手がかりは水平の視覚的手がかりの提示よりも重心動揺を減少させるという。予備実験ではこの重力方向と関係する視覚的手がかりの重心動揺への影響を確認するとともに、本実験に含まれる鉛直、水平線分の要因をあらかじめ検討した。

方法

被験者：平衡機能に影響を及ぼす薬物などを服用していない健康な学生および大学院生11名(男5, 女6)が実験に参加した。

装置：重心動揺計(日本電気三栄製 IG02)からフィルタ(NF E-3201)で5 Hz以下の成分を通し、50 msのサンプリングタイムでA-D変換を経た信号をコンピュータ(NEC 9801 VX)に取り込んだ。視覚刺激提示のためにオーバヘッドプロジェクタ(ELMO HP-2600)を使用した。

視覚刺激：3種類の刺激を用意した。3種類の刺激はそれぞれ1本の横線分“X軸(X-axis)刺激”, 1本の縦線分“Y軸(Y-axis)刺激”, および垂直に線分が十字に交差する線分“十字(Cross)刺激”から構成されている。さらに刺激を正立して提示する場合“正立(Upright)提示”と右に30°傾斜して提示する場合“傾斜(Slant)提示”を設けた。また、凝視点だけを提示する統制条件を設けた。これらの刺激はオーバヘッドプロジェクタを使って被験者の正面に向けて紙製のスクリーンに背面投射した。スクリーン上の刺激の大きさは、縦横とも200 cmで、中心に直径1 cmの凝視点を設けた。被験者からの距離は50 cmであった。視角は十字の正立提示のとき、上下左右に60°(各方向に30°ずつ)であった。実験室の照度は0.5 lx(ルクス)、スクリーンの輝度は明部分では30.8 cd/m², 暗部分では1.1 cd/m²であった。

手続き：被験者にソックスをはいたまま両足を閉じて手を両側に下ろし、楽な姿勢で重心動揺計の台上に立つよう指示した。被験者に与えた課題は、1分間の重心動揺測定時間の間に正面の凝視点を見ることであった。被験者には刺激の種類(横刺激と縦刺激と十字刺激)×刺激の提示状態(正立提示と傾斜提示)の6条件および統制条件をランダムな順序で提示した。

動揺の指標：重心動揺の測定の指標は、動揺軌跡長を採用した。この軌跡長は動揺軌跡のX方向(身体に関して左右)およびY方向(身体に関して前後), および両方向の軌跡長を合成したXY方向という方向別の3種類の指標として分析した。

本研究では統制条件の動揺軌跡長を分母に対し各条件の増減を分子とする比(各条件の動揺軌跡

長／統制条件の動揺軌跡長)を計算した。これを本研究では動揺長比と呼ぶ。

結果

動揺長比を動揺の方向ごとに平均と標準偏差を示した(表1)。刺激の種類(横刺激と縦刺激と十字刺激)×刺激の提示状態(正立提示と傾斜提示)についての各方向ごとの分散分析を行った。XY方向については、刺激の種類に関しては有意差はなく($F(2, 10)=2.0$, ns), 提示条件に関してもなく($F(1, 10)=0.3$, ns), 交互作用もみられなかった($F(2, 10)=2.4$, ns)。X方向については、刺激の種類に関しては有意差はなく($F(2, 10)=2.5$, ns), 正立提示と傾斜提示との間に差はなかったが($F(1, 10)=0.2$, ns), 要因間でのみ交互作用の傾向がみられた($F(2, 10)=2.7$, $p<0.1$)。Y方向については、刺激の種類に関しての主効果はなく($F(2, 10)=1.1$, ns), 提示状態の主効果もなく($F(1, 10)=0.4$, ns), 交互作用もなかった($F(2, 10)=2.2$, ns)。結果を総合すると、いずれの刺激の種類に関しても、また、提示状態との間にも統計的な明確な差異はなかった。

考察

鉛直の視覚の手がかりが、水平の視覚の手がかりの提示よりも重心動揺を減少させるというAm-

blard, Carblanc⁵⁾の結果を予備実験では追認しなかった。さらに、正立提示と傾斜提示との間の明確な重心動揺への差異も見い出さなかった。

その理由として提示した刺激の視野における大きさの相違をあげることができるであろう。彼らの研究では視角は視野全体を被うほど広がった。堀川¹⁰⁾が視覚的流動を提示して重心動揺を測定したときの刺激の視角も、 180° に及ぶ。Dichgans, Brandt¹¹⁾によると視覚的環境の運動に関する実験で視覚誘導自己移動感が生じる視角は 30° 以上で、視角が増大するほど視覚誘導自己移動感も強まる。しかし、視覚的運動は、静的な視覚刺激よりもかなり強く姿勢制御に影響を与える¹⁾⁴⁾。したがって、予備実験で使用した 60° 程度の視角では、視覚的環境の運動がない、すなわち静的な視覚刺激では姿勢制御に影響を及ぼす十分な視覚の手がかりを提供しているとはいえない可能性がある。

本実験

目的

予備実験では視野の比較的狭い範囲での線分の提示は、鉛直、水平、十字のいずれの種類においても、また、正立と傾斜のいずれの状態においても身体の重心動揺の増加を招かなかった。本実験は視野範囲と観察距離という条件の予備実験と同

表1 予備実験における各方向ごとの動揺長比の平均と標準偏差

刺激 提示状態		XY		X		Y	
		平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
X軸	正立	0.97	0.09	1.03	0.15	0.93	0.09
	傾斜	0.95	0.08	0.97	0.13	0.94	0.11
Y軸	正立	0.96	0.13	1.00	0.23	0.93	0.12
	傾斜	1.04	0.11	1.09	0.14	1.01	0.14
十字	正立	0.95	0.12	0.98	0.21	0.95	0.16
	傾斜	0.94	0.14	0.98	0.21	0.91	0.16

様のままにして、線分の組み合わせが透視図法の手がかりによって空間の広がりを知覚させるような視覚刺激、および平面を知覚させるような刺激を提示して、重心動揺に及ぼす影響を比較、検討した。

方法

被験者：学生11名（男2，女9）が実験に参加した。

装置：予備実験と同じ装置を使用し、同じ指標を分析した。

視覚刺激：2種類の刺激を用意した。図1の(a)は、遠近法に基づいて描かれた透視図であり“透視図 (Perspective) 刺激”，(b)は、(a)と同じ斜線と長方形から構成されているが、遠近法が成立していない“非透視図 (Non-perspective) 刺激”であった。さらに予備実験と同様の提示状態と統制条件を設け、同様の実験状況を設定した。ただし、刺激の視覚は上下に 60° 、左右に 40° であった。

重心動揺の測定の前にすべての被験者は2種類の視覚刺激を比較したときに“透視図刺激”を奥行きがあり、“非透視図刺激”を奥行きのない刺激であると答えた。

手続き：予備実験と同様に被験者は重心動揺計の台上に立った。被験者には刺激の種類（透視図

刺激と非透視図刺激）×刺激の提示状態（正立提示と傾斜提示）の4条件および凝視点だけを提示した統制条件をランダムな順序で提示した。被験者に与えた課題は、前額平行面上の目の高さに設けた凝視点を測定時間中に見ておくことであった。

結果

動揺長比を動揺の方向ごとに平均と標準偏差について示した（表2）。刺激の種類（透視図刺激、非透視図刺激）×刺激の提示状態（正立提示、傾斜提示）についての各方向ごとの分散分析の結果、XY方向については、“透視図刺激”提示時に“非透視図刺激”提示時よりも動揺が大きく（ $F(1, 10)=10.7, p<0.01$ ）、傾斜提示は正立提示よりも動揺が大きく（ $F(1, 10)=10.8, p<0.01$ ）、要因間で交互作用がみられた（ $F(1, 10)=9.2, p<0.05$ ）。Y方向についても同様の結果、すなわち、刺激の種類、提示状態、交互作用について有意差があった（それぞれ、 $F(1, 10)=7.5, p<0.05$; $F(1, 10)=5.8, p<0.05$; $F(1, 10)=9.7, p<0.05$ ）。XY方向、Y方向の両者において単純主効果の検定では、図形が傾斜したとき“透視図刺激”が“非透視図刺激”よりも動揺長が有意に増加した（ $p<0.05$ ）。X方向についても同様の結果、刺激の種類と提示状態で有意差が

図1 実験で用いた視覚刺激
(a)透視図、(b)非透視図。

あったが、交互作用は傾向があるにとどまった ($F(1, 10)=6.2, p<0.05$; $F(1, 10)=8.3, p<0.05$; $F(1, 10)=4.4, p<0.1$)。結果を総合すると、透視図が傾いた場合に有意に動揺が増加した。

考察

まず、本実験の刺激は正立した場合でも対角線状に傾いた4本の線分が刺激の中に含まれていることに触れておく。すなわち、鉛直と水平の線分だけから構成された文字通り“正立”の提示条件というわけではない。しかし、これは予備実験の鉛直、水平、傾斜のすべての線分に対して動揺に相違がないという結果に基づき、本実験においても動揺の増加に寄与していないと考えられる。

“透視図刺激”の傾斜提示は“非透視図刺激”よりも大きな身体の動揺を招いた。“非透視図刺激”は、おのおのの図形の要素(四角形や斜線)については“透視図刺激”と同様であるから、両者の相違は図形から知覚される奥行き感の程度の差ということになる。すなわち、視覚刺激による重心動揺の増加は、網膜像における刺激が鉛直からずれている場合ではなく、そのずれが空間的な広がりをもって知覚され、観察者が空間に関与している場合に生起すると思われる。

総合的考察

線分の視覚的手がかりが姿勢制御に与える影響に関しては、予備実験の結果のみに言及すれば、水平や鉛直な線分が傾いた線分よりも姿勢の安定性に寄与しているとはいえなかった。提示した刺

激の視角的な小ささが姿勢安定に寄与しなかったため、Amblard, Carblanc⁵⁾などの先行研究とは異なった結果になった可能性がある。しかしながら、本実験では線分を組み合わせるという点では予備実験と同様でありながら、視覚的環境に空間の広がりを知覚させるように線分を組み合わせさせた“透視図刺激”の条件下では予備実験とは異なった結果を得た。すなわち、傾いた透視図刺激に対して重心動揺が増加する一方、傾いた“非透視図刺激”においては重心動揺は増加しなかった。

本研究で総合的に考察すべき問題を観察者と視覚的環境との関係性としてとらえることが可能であろう。本実験における“透視図刺激”を提示した条件は、観察者に眼前に広がる空間を知覚させ、あたかも観察者がその視覚刺激の性質によって空間を介して関与している条件であったと思われる。このような事態を観察者の視覚的環境に対する“関与的事態”と呼ぶことにしよう。一方、“非透視図刺激”は観察者にとっては観察者が直立していて視覚的環境を観察しているという点では同様であるが、自己の姿勢保持とは無関係な対象と解釈され、その結果このような刺激が傾斜しても姿勢の不安定を招かなかったのであろう。これを“非関与的事態”と呼ぶことにする。緒言に記したような視覚的環境の運動による視覚誘導自己移動感は、“関与的事態”が生じたとき、すなわち光学的流動が発生したときに体験する観察者の感覚であろう。本研究では、光学的流動による自己移動感といった主観的体験が明瞭ではない、

表2 本実験における各方向ごとの動揺長比の平均と標準偏差

刺激 提示状態		動揺長方向		XY		X		Y	
				平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差
透視図形	正立			1.00	0.15	1.00	0.24	1.01	0.16
	傾斜			1.11	0.16	1.12	0.25	1.12	0.19
非透視図形	正立			0.94	0.13	0.92	0.17	0.94	0.14
	傾斜			0.93	0.13	0.94	0.18	0.93	0.13

視覚的に静的な環境に対しても空間的な広がりの中で“関与的事態”が生起し得ることを指摘した。

本研究は、Howard, Childerson¹⁾の示した3つタイプの視覚的情報のうち、視覚的環境の鉛直と水平線についてだけ検討した。残りの2つのタイプ、すなわち、上下の区別のある物体の視覚的極性、および視覚的環境の運動に関する研究が期待される。

まとめ

予備実験での約 60° という比較的小さな視角に提示した横線分、縦線分およびそれらを組み合わせた十字の視覚刺激は重心動揺に影響を与えなかった。しかし、本実験において、予備実験と同様の実験条件で同様の線分から透視図的に構成された刺激を傾斜して提示すると重心動揺の増加を招いた。この結果は空間の広がりに関する知覚が姿勢制御に影響を及ぼすことを示唆している。

謝 辞

東北大学文学部の行場次朗先生に多大な支援と貴重な助言をいただいたことに謝意を表す。

なお、この研究の一部は、九州心理学会第55回大会（長崎）において発表した。

文 献

- 1) Howard IP, Childerson L: The contribution of motion, the visual frame, and visual polarity to sensation of body tilt. *Perception* 23: 753-762, 1994
- 2) Witkin HA, Asch SE: Studies of space orientation: II. Perception of the upright with displaced visual fields and body tilted. *J Exp Psychol* 38: 455-477, 1948
- 3) Witkin HA, Asch SE: Studies of space orientation: IV. Further experiments on perception of the upright with displaced visual fields. *J Exp Psychol* 38: 762-782, 1948
- 4) Edwards AS: Body sway and vision. *J Exp Psychol* 36: 526-535, 1946
- 5) Amblard B, Carblanc A: Role of foveal and peripheral visual information in maintenance of postural equilibrium in man. *Percept Mot Skills* 51: 903-912, 1980
- 6) Brandt T, Dichgans J, Koenig E: Differential effects of central versus peripheral vision on egocentric and exocentric motion perception. *Exp Brain Res* 16: 476-491, 1973
- 7) Andersen GJ, Braunstein ML: Induced self-motion in central vision. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 11: 122-132, 1985
- 8) 狩野千鶴：自己運動知覚と視覚系運動情報. *心理評論* 34: 240-256, 1991
- 9) Telford L, Spratley J, Frost BJ: Linearvection in the central visual field facilitated by kinetic depth cues. *Perception* 21: 337-349, 1992
- 10) 堀川悦夫：大視野提示視覚刺激の身体動揺に及ぼす影響について. 第53回日本心理学会発表論文集（つくば市）. 593頁, 日本心理学会, 1989
- 11) Dichgans J, Brandt T: Visual-vestibular interaction. In eds Held R, Leibowitz HW, Teuber HL. *Handbook of Sensory Physiology VIII*. pp 754-804, Springer-Verlag, Berlin, 1978

原稿到着：平成11年2月8日
別刷請求先：北村文昭
〒150-8366 東京都渋谷区渋谷4-4-25
青山学院総研ビル903
青山学院大学文学部心理学教室
E-mail: Kitamura@cl.aoyama.ac.jp