

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20530672

研究課題名(和文) 方向知覚におけるアウベルト効果とミュラー効果の原因究明

研究課題名(英文) Inducers of the Aubert and the Muller effect in perception of orientation.

研究代表者

東山 篤規 (HIGASHIYAMA ATSUKI)

立命館大学・文学部・教授

研究者番号：00118001

研究成果の概要(和文): 視覚的垂直の変動が、頭の傾斜を斟酌することによって誘発されるのかどうかを実験的に検討した。実験の結果、1) 頭を傾けると視覚的垂直はそれとは反対の方向に傾いたが(ミュラー効果)、2) 頭が大きく過大判断されたのに対してミュラー効果は小さかった、3) 刺激線分が短かったり輝度が低かったりすると視覚的垂直が左側に傾きやすくなった(とくに頭が右に傾いたとき)、4) 視覚的垂直が客観的な垂直方向からずれる量は、観察者の視覚探索の有無とも関係がなかった。これらの結果は、感覚-緊張場理論の予想と一致した。

研究成果の概要(英文): We investigated causes that determines the visual vertical, i.e., visual line that appears normal to the ground. Main findings were: 1) the visual vertical was reciprocally related to tilt of the head (the Mueller effect), 2) the Mueller effect was small as compared to apparent head tilt, 3) stimulus line of short duration or of short length was likely to tilt to left when the head was tilted to right, and 4) the method of adjusting the stimulus line, active or passive, did not affect the visual vertical. These results agree with the sensory-tonic field theory.

交付決定額

(金額単位: 円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：心理学・実験心理学

キーワード：方向の知覚，恒常性，アウベルト効果，ミュラー効果，

1. 研究開始当初の背景

視覚や触覚によって得られた方向は、身体の自己受容覚によって修飾される。頭部あるいは全身を右あるいは左に大きく傾けた状

態において、前額平行面に提示された線状刺激を垂直に調整するように被験者に求めると、客観的な重力方向に一致せずに、傾斜した身体の方向に牽引されるように傾けて線

状刺激を調整するが(アウベルト効果), 身体を小さく傾けておいたときには, 身体の傾斜方向に反する方向に線状刺激を傾けて調整する(ミユラー効果)といわれる(Howard, 1983). また頭を前方に傾斜させておいて, 頬の上に提示された線状刺激を客観的な重力方向に調整するように被験者に求めると, やはり頭の傾斜方向に少し偏って線状刺激を調整する(Higashiyama et al, 2006). さらに, 能動触運動の課題では, 被験者の身体を右あるいは左に傾けておいて, 被験者には棒状刺激に直接接触して刺激を垂直方向に調整するように求めると, ミユラー効果のみが認められた(Luyat et al., 2001).

2. 研究の目的

視覚的方向が, 身体の傾斜方向によって影響されるという事実は, どのように考えればよいのだろうか. アウベルト効果を説明する有力な考え方のひとつは, 身体の傾斜が過小に知覚されるという解釈である. この考え方では, たとえば, 体が左 30°に傾けられたとき, 被験者はそれよりは若干少なめ, たとえば 25°の傾斜に判断すると仮定する. もしそうならば, 前額平行面に提示された線状刺激を客観的重力方向に一致するように調整しようとする, 身体の傾斜方向から右に線分を 25°まで回転させた方向を重力方向と被験者はみなすであろう. ミユラー効果についても同様に考えて, 身体の傾斜を過大に知覚すると仮定すれば説明ができる. ここでは身体の傾斜を斟酌することによって, アウベルト, ミユラー効果が生じると仮定する説を斟酌説とよび, 実験 1, 2 において検討した.

視覚的方向判断の課題では, アウベルト効果とミユラー効果の両方が認められるが, 受動触的方向判断の課題ではアウベルト効果は認められたがミユラー効果はまったく認められず, 能動運動をともなう触覚的垂直課題では, ミユラー効果のみが認められた.

感覚モダリティのこのような相違を説明するためにはどのような仮説が可能だろうか. ひとつの考え方は, 身体の能動的運動を許容する程度が大きくなるにしたがって, 身体の傾斜が過大に知覚され, 身体の運動がまったく認められないときは身体の傾斜が過小に知覚されると仮定することである. この説を探索説とよぶ.

実験 3 では, 視覚的垂直の調整において, 被験者に積極的に線刺激の方向を調整させる手続きと実験者による調整の可否を判断するだけの受動的手続きを比較することによって探索説を検証した.

3. 研究の方法

実験 1

この実験では, 身体の傾斜を斟酌することによって視覚的垂直が決定されるとする斟酌説について検討した. 頭を特定の方向に傾けておいて, 視覚的に垂直と感じられる線分の方角を決定するとともに, 頭の傾きの主観的大きさを求めた.

実験では, 視覚および前庭の機能において健康な 52 大学生を観察者に用いた. 彼らのそれぞれに対して, 「水平垂直知覚検査機器」(竹井機器)を用いて, 視覚的垂直方向を決定した. この装置では, 暗箱の中の前額面の方角がさまざまに変えられる線分(幅 5mm 長さ 11cm)が提示され, 観察者が手元にあるノブを回すことによって, その線分を任意の方角に傾けることができた. 線分には蛍光塗料が塗られていて暗闇の中で発光した. 線分までの距離は 57cm. 観察者側の暗箱の面には適切に傾けることができる観察窓が取り付けられていて, 観察者が観察窓に顔を押し付けることによって, 首の傾斜角を -30°から 30°の間の 9 方向に変えて, 各方向に対して, 観察者調整法によって視覚的垂直を決定した.

観察者自身の頭の傾きを推定するために, 「頭部傾斜装置」(サンワ)を用いた実験も同

時に行われた。この装置では、実験者あるいは観察者が手元のノブを回すことによって、顎台が傾き、観察者の顎を中心にして任意の方向に頭を左右に自在に傾けることができた。観察者の頭が顎台に連動して傾くように頭の両脇には支柱が設けられていた。各観察者は、まず目隠しをして、この装置の中に顎を置き、任意の位置に頭を傾けた後にその傾斜角の推定を行うか（マグニテュード推定法 ME）、実験者によって指定された特定の傾きに一致するように観察者自身が顎台の傾斜を調整した（マグニテュード産出法 MP）。ME では、各観察者は、 -30° から 30° の9方向に頭が傾けられ、MP では、 -30° から 30° の間の9方向のそれぞれに傾いたと感じるところまで観察者が顎台を傾けた。

実験2

視覚的垂直は、頭の位置の要因の他にも、いくつかの要因によって影響される。そのような要因として、刺激線分の長さとその提示時間がある。視覚的垂直に及ぼすこの2要因の効果はこれまで検討されなかったが、視力が、図形の提示時間や図形の大きさによって変化することを考えれば、これらの変数が、視覚的垂直にも影響を与えると仮定することは尤もらしい。しかし、前述した斟酌説では、刺激線分の大きさとその提示時間の効果については何も予想することができない。

刺激線分の長さとその提示時間の効果を予想するモデルのひとつとして感覚緊張場理論がある。いま、頭をたとえば右に傾けていたときに視覚的垂直の判断を求められるとすると、感覚緊張場理論では、提示時間が短い視覚刺激や長さが短い視覚刺激ほど、首の筋肉的緊張とのバランスを維持するためには、首の傾斜方向とは反対の方向に視覚刺激を大きく傾けなければならないと仮定する。したがって、感覚緊張場理論が妥当ならば、提示時間が短い視覚刺激や長さが短い視覚刺激ほど、ミユラー効果が現れやす

くなると予想される。

PCの画面に、背景を黒として単一の白色線分を提示した。これをプロジェクターでリア・スクリーンに投影した（線分 $.01\text{ cd/m}^2$ 、背景 $.003\text{ cd/m}^2$ ）。線分の幅は $.5\text{ cm}$ 、長さは 5.5 あるいは 22 cm （視角 5.5° と 22° ）。線分の傾きは、左傾 5° から右傾 5° まで 1° 刻みで11段階に変化した（左傾を $-$ 、右傾を $+$ ）。線分の提示時間は 0.1 s と 3 s 。いっぽう、顔面を密着させて右目による単眼観察ができるように観察窓を衝立に取りつけた。観察窓は、 $\pm 30^{\circ}$ 、 $\pm 20^{\circ}$ 、 $\pm 10^{\circ}$ 、 $\pm 5^{\circ}$ 、 0° の9段階に傾いた。観察窓からスクリーンまでは 57 cm 。

観察者は、視覚および前庭の機能において健常な20大学生。観察者は、観察窓から線分を観察した。いずれの試行でも、実験者の合図のあと、画面に線分が 0.1 s あるいは 3 s の間提示され、観察者は、その線分が右に傾いているか左に傾いているかを口頭で反応した。凝視点はなし。試行間隔は $1\sim 2\text{ s}$ 。

頭の傾きごとに22線分（長さ $2\times$ 傾き11）をランダムに連続して提示した。頭の傾き9条件を実施後、線分の提示時間を変更して、再び同じ9条件を実施した。頭の傾き条件の実施順序は、左右交互に傾けることを制限条件として疑似ランダムとした。

実験3

一般に、視覚線分の方向を探索する時間や機会が与えられるほど、視覚的垂直の判断が正確になると仮定することができれば、刺激の提示時間が長いほど視覚的垂直が正しく判断されると予想される。また、線分が長くなると眼球運動も大きくなり、探索活動が促進され、視覚的垂直が正しく判断されると予想される。実験2の結果は、この探索活動の結果として得られたのかもしれない。

この探索説を検証するために、実験3では、観察者に能動的に線分の方向を調整させる能動条件と、実験者が線分の方向を動かし被験者がその方向を判断する受動条件を比較

した。観察者は、視覚および前庭の機能において健常な 20 大学生。各観察者に対して、実験 1 で用いたのと同じ装置を用いて視覚的垂直を決定した。この装置では、可動線分が提示され、観察者あるいは実験者が、暗箱に取りつけられていたノブを回すことによって、線分を任意の方向に傾けることができた。

暗箱に取りつけられた観察窓の傾斜角は、 -30° から 30° の間の 7 方向に変えられ、観察者の頭の傾斜を統制するために用いられた。観察者が視覚刺激を動かす受動条件では、線分がちょうど垂直になったと思ったときに被験者は合図を送った。観察者が視覚刺激を動かす能動条件では、観察者自身が視覚刺激を動かして、線分がちょうど垂直になったときに、視覚刺激の調整を止めた。

4. 研究成果

実験 1

図 1 に頭の傾きの関数として、視覚的垂直方向の平均値を示す。頭が右(左)に 30° に傾くと、視覚的垂直は、左(右)約 2° の方向に傾いた。これは、ミュラー効果が生じたことを意味する。ところが、頭が -10° から 10° の間で傾いたときには、視覚的垂直は、ほぼ客観的垂直に等しく、方向の恒常性が維持されたことを示している。

図 1. 頭の傾斜角の関数として視覚的垂直。

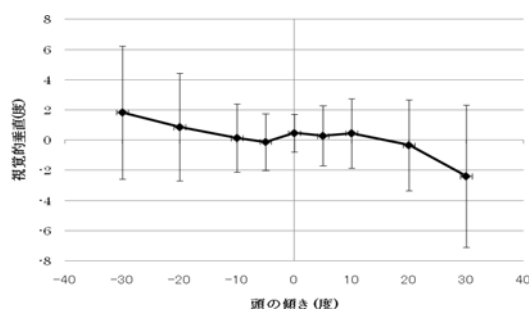


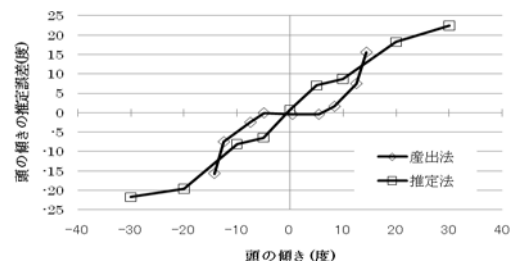
図 2 は、頭の傾きの関数として頭の平均推定傾斜角の推定値を表す。誤差 0° のときが正確な推定である。ME では、頭の傾斜角 0° を除

いて、一般に頭の傾斜角は過大に推定されたのに対して、MP では、頭を $\pm 5^{\circ}$ の範囲で傾けたときは、その傾きは正確に判断されるが、 $\pm 5^{\circ}$ よりも大きく傾けたとき、その傾きは過大に判断された。

頭を -10° から 10° の間で傾けておくと、視覚的垂直は、ほぼ客観的垂直に等しく、それよりも大きく頭を傾けたときでも 2° のミュラー効果しか得られなかった。しかし、頭の傾きの判断は、著しく過大に判断されるので(頭の傾斜 30° に対して 23° の過大推定)、本実験で得られたミュラー効果を、頭の傾きの知覚の過誤によって説明するのは困難である。

頭を -5° から 5° の間で傾けたとき、ME に比べると、MP による頭の推定傾斜角は、かなり正確だった。これは、MP では、観察者は探索的に頭を動かすことが許されたために生じたと考える。しかし、MP であっても、頭の傾きが 10° を超えると、その傾きは急激に過大推定された。

図 2. 頭の傾きとその主観的方向の間のズレ。



斟酌説では、垂直方向の恒常性からのズレは、頭の傾きの誤差と相関すると仮定するので、ME に対しては、観察者、頭の傾き、判断のずれ(観察者が推定した傾き - 観察者の頭の傾き)、視覚的垂直の間で単純相関と偏相関を得た。同じく、MP には、観察者、頭の調整値、判断のずれ(実験者が指定した傾き - 観察者が調整した傾き)、視覚的垂直の間で単純相関と偏相関を得た。どちらの課題でも、ずれと視覚的垂直の相関は有意でなかった。

実験 2

頭の傾き × 線分の長さ × 提示時間の各条

件に対して、全観察者から、右と答えた反応数(最大20)を線分の傾斜ごとに求め、プロビット法を用いて、その条件の視覚的垂直を推定した。分散分析の結果、頭の傾き $F_{8,8} = 434.9, p < .001$, 線分の長さ $F_{1,8} = 15.3, p < .01$, 線分の提示時間 $F_{1,8} = 113.4, p < .01$ の主効果が有意だった。頭の傾きと線分の提示時間の交互作用が有意だった $F_{8,8} = 6.4, p < .01$ 。

頭の傾きの主効果は、頭が右あるいは左に傾斜したとき、視覚的垂直は、その反対側に傾斜したことを示している。これはミュラー効果が生じたことを意味する。具体的にいえば、頭が左傾したとき同効果は最大約 $+2^\circ$, 右傾したとき最大約 -4° であった。

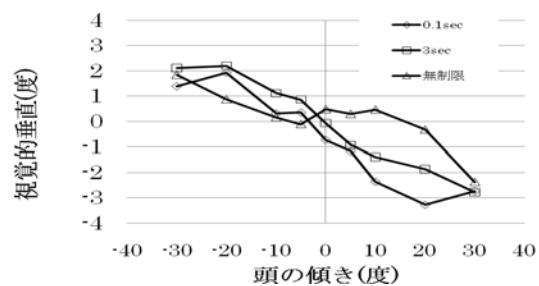
線分の長さの主効果は、短い線分は長い線分に比べて、視覚的垂直が左に傾いた。同じように、線分の提示時間の主効果は、短い提示時間の線分の視覚的垂直の方が左方向に傾いた。この結果は感覚緊張場理論と矛盾しない。感覚緊張場理論によれば、「常態時における筋緊張は身体の右に多く分布しているので、均衡を回復するためには、視覚刺激の方向が左を向かねばならない」と考えるので(狩野, 1969), 一般に視覚刺激は左傾して調整されることになるが、小さい視覚刺激や提示時間の短い視覚刺激に対しては、筋緊張とのバランスをとるために、大きい視覚刺激や提示時間の長い視覚刺激よりもいっそう左傾させなければならなくなる。

頭の傾きと線分の提示時間の交互作用は、観察者が、頭を右 10° や 20° に傾けて短い提示時間の刺激を判断したときは、長い提示時間の刺激のときよりも、いっそう左側に視覚的垂直が傾くことを意味する。これは、頭が右に傾くと、常態時におけるよりもいっそう身体の右に筋緊張が多く分布することになると考えることができれば、感覚緊張場理論と矛盾しない。

図3は、実験1と2の結果をまとめて示したものである。図の横軸は頭の傾斜角、縦軸

は視覚的垂直の方向である。パラメータは視覚刺激の提示時間。実験1の結果は調整する時間に制限を設けなかった(観察者調整法)、他の2条件よりは調整時間がずっと長い。この結果より、刺激にさらされる時間が長いほど視覚的垂直は正確に判断されると思われる。とくにこの傾向は、頭が右傾したときに顕著である。

図3. 頭の傾斜の関数として示された視覚的垂直。パラメータは刺激の提示時間。



実験3

能動条件と受動条件の間には有意な差が得られなかった。これは、実験2で得られた提示時間や刺激の大きさの違いによって生じたミュラー効果の差異を、観察者の探索活動の違いによって説明することができないことを意味する。

全体的結論

斟酌説は支持されなかった。また探索説も支持されなかった。感覚緊張場理論がデータの特徴をよく記述した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計4件)

Higashiyama, A., & Toga, M. Brightness and image definition of pictures viewed from between the legs. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 査読有, 2011 Jan: Vol 73(1), 144-159.

山崎校・東山篤規・對梨成一・村上嵩至．
光点刺激の観察による釘打ち動作と道具
の知覚．*心理学研究*，査読有，2010年12
月；Vol 81(5)，453-461．

Higashiyama, A., & Koga, K. Perceived
self-tilt in dynamic visual stimuli:
Evidence for suppression by
vestibulo-tactile inputs. *Perception*,
査読有，2009 March; Vol 38(2)，281-291.
Higashiyama, A., & Koga, K. Perceived
range, perceived velocity, and
perceived duration of the body rolling
in the frontal plane. *Attention,
Perception & Psychophysics*, 査読有，
2009 Jan; Vol 71(1)，104-115．

[学会発表](計10件)

東山篤規・村上嵩至．視覚的垂直と頭部の
方向知覚の関係．日本心理学会74回大会
発表論文集．p. 562，2010年9月21日．
Higashiyama, A., & Shimono, K. Apparent
depth of picture in mirror. *The 33th
Annual Meeting of European Conference on
Visual Perception*, Lausanne, Swiss,
2010年8月25日．

Shimono, K., & Higashiyama, A. The dual
egocenter hypothesis can explain
directional discrimination between a
visual target and a kinesthetic target.
*The Sixth Asia-Pacific Conference on
Vision*. Taipei, Vision (Supplement), 22,
61, 2010年7月25日．

東山篤規・伊藤高秋・下野孝一．鏡に写さ
れた写真画の奥行き伸長現象．関西心理学
会第121回大会発表論文集，2009年11月
15日．

Higashiyama, A. Brightness and
definition of pictures seen from between
the legs. *The 32th Annual Meeting of
European Conference on Visual*

Perception, Regensburg, Germany, 2009
年8月24-29日．

下野孝一・宮岸晋久・東山篤規．バイオロ
ジカルモーション映像における方向知覚
の研究 - 精度と確度．基礎心理学会第27
回大会発表論文集 p.2P-18, 2008年12月
6-7日．

Higashiyama, A. Vection Depends on Body
Orientation: Role of Vestibular Inputs.
*Abstract of the 49th Annual Meeting of the
Psychonomic Society*, No.5012 (Chicago).
2008年11月13-16日．

東山篤規・都賀美有紀．写真画の明るさ/
対比の知覚と姿勢(股のぞき)の関係 奥
行き感のない写真画の場合．関西心理学
会第120回大会発表論文集，p. 19，2008
年11月9日．

東山篤規．ワークショップ「諸感覚統合過
程と空間知覚」の企画者・話題提供者．日
本心理学会第72回大会発表論文集，
p.ws(42)，2008年9月21日．

東山篤規．ロールベクションに及ぼす直
座・伏臥姿勢の効果：前庭系による視覚機
能の抑制効果．日本心理学会72回大会発
表論文集．p. 357，2008年9月20日．

[図書](計1件)

東山篤規・竹澤智美・村上嵩至(共訳)．J.
J. Gibson(著)『視覚ワールドの知覚』2011，
新曜社．

6．研究組織

(1)研究代表者

東山 篤規 (HIGASHIYAMA ATSUKI)

立命館大学・文学部・教授

研究者番号：00118001