原 著

空間識と身体の平衡

—起立時の高さと身体の動揺に関する検討—

中原はるか^{1)*}・竹森 節子²⁾・鶴岡 尚志³⁾

The Influence of Height on the Spatial Orientation and Equilibrium of the Body

Haruka Nakahara^{1)*}, Setsuko Takemori²⁾, Naofumi Tsuruoka³⁾

¹⁾ *Department of Otorhinolaryngology, Toranomon Hospital*

²⁾ *Department of Neurotology, Toranomon Hospital*

³⁾ *Department of Clinical Physiology, Toranomon Hospital*

**Department of Otorhinolaryngology, Tokyo University Branch Hospital*

Spatial orientation is influenced by many factors such as vision, hearing, vestibular input, and so on. However, the details of when and which factor exert influence on this process remain mostly unknown. We investigated the influence of height on spatial orientation under various conditions.

Body movement was recorded by stabilometry for 30 seconds under each of three visual conditions (eyes open without gaze fixation, eyes closed, and eyes open with gaze fixation) at 0 m, 1 m, 2 m, and 10 m22 cm high in 30 normal volunteers (14 males and 16 females) who had no history of vertigo or dizziness. Eight of subjects claimed to be acrophobic.

The total length of the gravity center movements reflected the body sway best. The sway was minimal with eyes open and gaze fixated, and maximal with eyes closed. The sway increased at 10 m22 cm high, but was almost the same at 1 m and 2 m high. The acrophobic group was clearly worse than the non-acrophobic group at 10 m22 cm high. Their total shifting length increased because they became tense and shivered fractionally.

Visual information which served as the base was useful for spatial orientation, and the mental factor of fear caused tension and the sway increased especially in the acrophobic group at 10 m22 cm high.

Key words: spatial orientation, acrophobia, stabilometry, the sway of the center of gravity

¹⁾ 虎の門病院耳鼻咽喉科 ²⁾ 虎の門病院神経耳科 ³⁾ 虎の門病院臨床生理
*現東京大学医学部分院耳鼻咽喉科

はじめに

われわれは日常生活において、周囲空間および自分自身の身体を意識下または無意識下に脳内に再現し、自分自身の空間座標を方向・位置・大小・形状・距離等の諸要素を含み保っている。このように脳内に周囲空間を再現する機能、あるいは再現された内容を空間識と呼ぶ¹⁾。空間識は、視覚、聴覚、前庭迷路系、深部知覚系、表在感覚系、自律神経系などの感覚系および心理的要因により構成されている。空間識のエラーにより平衡失調、動揺病が生じるのであれば^{2)~5)}、何により空間識のエラーが生じるのであろうか？

高いビルやタワーの上に立ち、はるか下の地面を見おろした場合、“背中に冷たいものが走り”、“吸い込まれるような”、“周囲の景色が動くような”感じがすることがある。男性の場合、拳撃反射がおこる場合もある。中には全く下を見られない“高所恐怖症”の人々も存在する。一方で、地上からはるかに高い足場の不安定な場所で苦もなく働く人々もいる。訓練や慣れにもよるが、実際、訓練を重ねてもやはり高所では働けない人もいる。各人それぞれに高所に立った場合、種々の要素により構成された空間識が存在するが、何故このような差が生じるのであろうか？

これらの観点から、平衡失調を表す指標の一つとしての重心の動きが高さによって、また視覚条件によってどのように変化するか、また高所恐怖症がある人がない人に比べて、どのような点で違うかを調べ解析を試みた。

対 象

健康なめまい歴のない正常被験者30名（男性14名、女性16名）で、平均年齢34歳であった。全員当院の職員である。あらかじめ全員にめまいの前歴の問診を行い、ICD-10の基準により高所恐怖症の診断を行った^{6)~8)}。

ICD-10の診断のガイドラインを以下に記した。

ICD-10 F40.2 特別の恐怖症

(a) 心理的症状あるいは自律神経症状は不安の一時的発現であり、妄想あるいは強迫思考のような他の症状に対する二次的なものであってはならない。

(b) 不安は特定の恐怖症の対象や状況の存在に限定して生じなければならない。

(c) 恐怖の状況は可能な限り回避される。

図1 地下室での測定光景

方 法

1) 平地, 1 m, 2 m での実験 (図1)

測定場所: 広さ 315 m², 天井の高さ 615 cm の地下室で施行した。

高さ: 床の上の平地及び 1 m の高さ, 2 m の高さにやぐらを組んで施行した。

重心動揺計: アニマ社製 GRAVICORDER GS-1000 を使用した。

重心動揺計の実験条件: 開眼固視なし, 開眼一点注視, 遮眼帯をかけての閉眼の3視性条件下, 直立起立し, 重心動揺を各々30秒間測定した。開眼固視なしは広い部屋のどこかを見るという指示はせず, 自由にした。

2) ビルの屋上での実験 (図2)

測定場所: 地上より 10 m 22 cm のビルの屋上で実験を施行した。ビルの屋上は四方とも柵はなく, 左, 後方に屋上が広がる一角で足下を道路が通り, 前方先端より 10 cm 離して重心動揺計の先端を置いた。

重心動揺計の実験条件: 開眼で足下の道路を見るという条件及び遮眼帯下の閉眼の2視性条件で

図2 ビルの屋上での測定光景

直立起立、各々30秒間測定した。被験者には実験の目的と方法をよく説明し、ビルの屋上では検者が被験者より道路側に必ず立ち、危険のないよう配慮した。ビルの屋上では恐怖のため自力で立てなかった女性が2名おり、この2名は測定しなかった。全員本人の了承下で実験を行った。

3) 重心動揺計による測定事項

重心動揺計で出された結果のうち、重心動揺軌跡パターン、総軌跡長、矩形面積、重心動揺中心偏位について検討した。有意差検定にはt検定を用いた。

結 果

1. 重心動揺パターン (図3)

重心動揺軌跡パターンの分類を基準により行った⁹⁾。開眼状態では多中心型が出現するが、閉眼状態では出現しなかった。開眼、閉眼とも全ての高さで求心型が多かったが、閉眼では高さが高くなると不規則型が多くなり、ビルの屋上では求心型と不規則型で半々を示した。

高所恐怖症と自己申告した人の、ビルの屋上における軌跡パターンを図4に示した。総軌跡長が大きいにもかかわらず、比較的、矩形面積は増加せず細かな振動が多く認められた。

2. 総軌跡長 (図5)

総軌跡長は、1m、2m、屋上ともに閉眼時に

図3 視性条件と軌跡パターン

図4 高所恐怖症者の代表的軌跡パターン

図5 総軌跡長
バーは 1 standard deviation (SD) を示した。以下同様である。

図6 矩形面積

図7 重心動揺平均中心偏位

開眼時より大きくなった。有意差を認めた (t 検定, $p < 0.05$, 以後同様) のは, いずれも屋上で閉眼と他の場合との比較のみであった。以上の結果を性別により分類したが, 性差は全く認められなかった。

3. 重心動揺面積 (図6)

矩形面積はビルの屋上で閉眼時に大きくなったが, 2m までは有意な差はなかった。性別による差は認められなかった。

4. 重心動揺の中心 (図7)

重心の位置が屋上で X 軸方向に関して左に (マイナス方向に) 偏位したのは, 測定場所が屋上の右隅であり, 右下が道路, 左に屋上が広がるという条件のため, 無意識的に左によける傾向を示したものと考えられる。Y 軸方向に関しては, 全条件で X 軸より大きく後ろに (マイナス方向に) 偏位した値を示した。

5. 高所恐怖症の有無に関する検討

被験者30名のうち, 8名(男性3名, 女性5名)が, ICD-10 診断基準に従って高所恐怖症と診断された。これにより, 高所恐怖症群と対照群に分類した結果の総軌跡長を図8に示した。高所恐怖

症と自己申告した女性のうち2名は, ビルの屋上では震えのあまり実際に立つことができず測定しなかった。従ってこの2名の測定値は結果に含まれていない。

総軌跡長は高所恐怖症群で2m まではいずれの条件でも有意差を示さなかったが, 開眼, 閉眼とも屋上では有意差をもって増加した。矩形面積でも同様であった。

重心の位置に関しては高所恐怖症群とそうでない群では大きな違いは認められなかった。

6. 固視の有無について

平地, 1m, 2m までの結果は, 総軌跡長に関し, 同じ開眼下でも固視の有無により異なる傾向が認められたので, 分類を試みた。平地, 1m, 2m の3条件全てにおいて, 固視をした場合に固視をしない場合より良好な結果が得られた群 (A) とそうでない群 (B) に分け, その結果を図9に示した。A 群ではいずれの高さにおいても開眼で固視をしない状態と閉眼で差がでないか, 閉眼状態の方が良好な結果を示した (図9の*印)。B 群では平地, 1m, 2m の全ての高さで, 開眼で固視した状態, 固視をしない状態で大きな差は

図8 高所恐怖症群の総軌跡長

図9 固視の有無と総軌跡長

なく、閉眼で動揺距離は大きくなった。

考 察

空間識は空間認知、空間感覚、空間定位など空間をめぐる方向感覚を表す言葉として使用されている。人間の感覚モダリティーは多岐にわたり、空間識の意味する内容は広範囲である。それぞれ

の感覚モダリティーについて、また感覚の統合過程に関してなど様々な角度からのアプローチが可能である。

1709年に知覚心理学の立場から、Berkley¹⁰⁾ が空間知覚理論を“視覚新論”の中で述べている。この中では視覚により直接認知されるのは色と光

のみであり、空間定位は視覚的な情報に触覚や運動感覚などが対応付けられ成立するものであると述べられている。こうした視覚、触覚、運動感覚などの個々の感覚モダリティーが経験的に統合されて空間定位がされるという経験論の立場は、人間が逆さの視野にも順応して正立視を回復できることを示した Stratton¹¹⁾¹²⁾ などに受けつがれ発展した。最近では、積山¹³⁾ がこのような経験論の立場を踏襲し、触運動系の情報との対応付けという内的過程を通し視覚的な空間定位が成立することを、手の表像および逆転プリズムによる身体表像に関して検討した。

これらの認知心理学的研究に多くのヒントを得て、われわれは空間識の一側面の定量化を試みた。さまざまな条件下で重心の動きを調べたわれわれの実験系では、視覚系、起立面の高さを変えて測定した。特に高所での高所恐怖症者の認知過程には、それらの感覚モダリティー以外に他の要素が加わってくると考えられ、その際の変化に注目した。

重心動揺パターンは、開眼状態では常に視覚情報が入り、視点を動かし、また視覚情報が変化することにより自分自身の位置覚に相対的な変化が起こることに影響される。したがって、開眼状態では多中心型が出現したが、閉眼状態では自分自身が最初にもった空間識を維持するため不安定になることはあるが、ある程度中心を維持する求心型になると考えられた。ビルの屋上では、高所恐怖症と自己申告した人の軌跡パターンでは、非常に細かな身体の揺らぎが認められた。また、実際の測定の際被験者を観察していると、高所恐怖症を訴えた人は体全体に力が入り下肢は緊張から震えている状態であった。このことから、高所恐怖症群では恐怖のため大きく動きはしないが、緊張から足に力が入り大きくは揺らない求心型のパターンを示したと考えられた。

当実験系においては、全体で 2 m の高さまでは総軌跡長、矩形面積ともに有意な差を示さなかったが、10 m²² cm のビルの屋上では総軌跡長は開眼、閉眼とも有意に ($p < 0.05$) 増加した。10 m²² cm の高さでは、足下を見ると空間識の情報は恐怖心をよびおこし、日常の身体の平衡とは別の負荷がかかると考えられる。また道路の動く車を見ると、自分自身の相対的な位置にも揺らぎが

生じる可能性がある。実際、多くの者が動く車を見ていると、自分自身も揺れてしまうと訴えた。

高所恐怖症群では、ビルの屋上では 2 名が測定不能となって除外されたが、対照群に比べ有意差をもって総軌跡長、矩形面積は増加した。しかし、2 m の高さまでは有意差は認められなかった。このことは高所恐怖症を訴えるものも正常者と同様、2 m までは高さを認識しても恐怖心を抑えられる可能性を示している。高所恐怖症群にとって高さは正常者より大きな重心動揺増悪因子であり、これは視覚情報で軽減されるが身体の緊張状態を強めると考えられる。

重心動揺を計測する際の視標の意義や視覚情報の与える影響に関しては多くの実験がある。一般に、ある一定の距離での視標が安定した重心動揺の測定に必要であり、視標までの距離が増加すると重心動揺軌跡距離は増加するとされている¹⁴⁾¹⁵⁾。また、視覚条件では開眼より閉眼で重心動揺が悪化し、閉眼と遮眼での有意差はないことが報告されている¹⁶⁾¹⁷⁾。2 m での実験系では、総軌跡長がいずれの高さでも、固視をする場合が固視をしない場合より良好な群は、固視をすることで重心動揺を軽減させており、視覚情報が重心動揺の軽減に役立っていることを意味している。一方で、固視をしない場合と閉眼に差がないことは、固視をしない場合の視覚情報は役に立たない可能性を示しており、漠然と見ても空間識を構成する際、閉眼状態と同様基準となるものに寄与し得ない可能性を示している。

視覚情報は自分自身の空間識の基準となる座標を与えてくれると考えられる。決まった一点の固視は、その場所を基準として自分自身の位置を認知することにつながる。漠然と見ていると、視野の揺らぎが小さいものであれば位置の補正をする可能性があるが、多くの場合、空間識が揺らいでしまうと考えられる。むしろ、閉眼状態のように最初に持った自分自身の位置像を持ち続ける方が、重心動揺を悪化させないこともあると考えられる。したがって、視覚情報は空間識の構成に役立つ、基準となりうる情報である時に有用である。基準とならない場合には、あってもなくても重心動揺には大きな影響を与えない。したがって、閉眼状態であっても自分自身の内的な空間識を保持することで身体の平衡を保てるものがある

可能性を示したと考えられる。

ま と め

空間識の一側面として、身体の平衡に対する高さの与える影響を調べるため、平地、1 m、2 mの各高さにおいて、それぞれ開眼状態で固視をする、しない、遮眼帯下の閉眼の3条件、また地上10 m 22 cmの屋上で開眼状態で足下の道路を見る、遮眼帯下の閉眼の2条件で、重心動揺計を用いて身体の重心動揺を測定した。

総軌跡長が重心動揺を最もよく反映した。高さが高くなるにつれ、いずれの条件でも重心動揺は増加した。

高所恐怖症群では、ビルの屋上で総軌跡長、矩形面積とも対照群にくらべて有意差をもって増加した。高所恐怖症群の軌跡パターンは小刻みな動きを示し、恐怖心による緊張状態の震えが動揺を増加させている可能性を示した。これらは閉眼によって悪化し、視覚情報が緊張状態を増悪させている可能性を示した。

高さが身体の平衡に与える影響は、高所恐怖症群では主に心理的な要因による身体の緊張であると考えられた。高さを認識した視覚情報が内的な統合過程で恐怖心という心理的要因を引き起こし、それによって身体の緊張が高まり重心動揺が悪化した。

稿を終わるにあたり、装置の組立などに多大な御協力を頂いた虎の門病院施設課、実験に御協力を頂いた沖中記念研究所、臨床生理、生化学の方々に心より感謝致します。

文 献

- 1) 高橋正紘：空間識とめまい・平衡障害。耳鼻臨床 90: 379-386, 1997
- 2) Takahashi M, Saito A, Okada Y, et al: Locomotion and motion sickness during horizontally and vertically reversed vision. Aviat Space Environ Med 62: 136-140, 1991
- 3) Takahashi M, Takei Y, Saito A, et al: Motion Sickness and equilibrium ataxia. Aviat Space Environ Med 63: 486-490, 1992
- 4) Takahashi M, Toriyabe I, Takei Y, et al: Study on experimental motion sickness in children. Acta Otolaryngol (Stockh) 114: 231-237, 1994
- 5) Takahashi M, Ogata M, Miura M: Telenology of motion sickness. Acta Otolaryngol (Stockh) 115: 130-133, 1995
- 6) Cohen DC: Comparison of self-report and overt-behavioral procedures for assessing acrophobia. Behavior Therapy 8: 17-23, 1977
- 7) Marks IM, Mathews AM: Case histories and shorter communications: Brief standard self-rating for phobic patients. Behav Res Ther 17: 263-267, 1978
- 8) Baker BL, Cohen DC, Saunders JT: Self-directed desensitization for acrophobia. Behav Res Ther 11: 79-89, 1973
- 9) 日本平衡神経科学会編：「イラスト」めまいの検査。14頁，診断と治療社，東京，1995
- 10) Berkley G: 1709 A new theory of vision. In eds AA Luce, TE Jessop. The works of George Berkeley Bishop of Cloyne. Thomas Nelson and Sons, vol 1, London, 1948
- 11) Stratton GM: Some preliminary experiment on vision without inversion of the retinal image. Psychol Rev 3: 611-617, 1896
- 12) Stratton GM: Vision without inversion of the retinal image. Psychol Rev 4: 341-360, 1897
- 13) 積山 薫：身体表象と空間認知。ナカニシヤ出版，京都，1997
- 14) 臼井永男，小沢治男，平田衣英美子，他：種々なるパターン刺激と ECG。眼臨医報 71: 521-523, 1976
- 15) 菊川正人，宮下善和，田口喜一郎：重心動揺検査における指標の意義，身体動揺の研究第25報。Equilibrium Res 46: 279-282, 1987
- 16) 大久保仁，渡辺 勲，小高修司，他：明・暗所における開・閉眼時の視覚が重心動揺に及ぼす影響について。Equilibrium Res 38: 29-35, 1979
- 17) 和久田幸之助，柏木令子，松永 喬：重心動揺検査における基本的研究—視覚の影響について—。Equilibrium Res 48: 359-364, 1989

(原稿到着：平成10年1月21日)

(別刷請求先：中原はるか)

(〒112-8688 東京都文京区目白台3-28-6
東京大学医学部分院耳鼻咽喉科)