

視覚環境情報が主観的正中正面判断に及ぼす影響

松本絵理子¹

仲泊聡

田中靖人

宮内哲

独立行政法人通信総合研究所
関西先端研究センター脳機能グループ

神奈川リハビリセンター神経眼科

独立行政法人通信総合研究所
関西先端研究センター脳機能グループ

独立行政法人通信総合研究所
関西先端研究センター脳機能グループ

要約 To study the interactions between the visual and proprioceptive information on the estimation of the subjective sagittal midpoint, we performed straight ahead pointing task, and compared with light and dark condition. Subjects were standing or seated in front of the large sheet of paper (A0 size) that was recorded pointing location. They had a laser-pointer in each hand and they were required to make free pointing straight-ahead from a middle of the body. When the pointing distance was far (3 m), the results showed that all of subjects deviated to the left of the objective sagittal middle in the dark condition. On the other hand, in the light condition, subjective midpoint was consistent with objective midpoint. These results are in favor of the hypothesis that the proprioceptive encoding system of the body-center was dissociated from visual encoding system.

Keywords: straight-ahead pointing task, spatial attention, leftward bias, near and far space

目的

空間は自己中心、環境中心、網膜中心などいくつかの空間座標系などの複数の座標系から得られた情報を統合して表現されていると考えられる。近年の空間的刺激-反応適合性効果の結果では、運動出力においては自己身体の正中正面を起点とした表現が優位であることが示唆されており、環境が変化しても正中位置の抽出は生態にとって重要な働きであると考えられる。

主観的な正中判断における先行研究では、明所でのポインティングや線分二等分による中心位置判断の誤りは1%程度以内と非常に高い精度があるにも関わらず、ずれの方向に関しては、一定の傾向があることが知られている。多くの場合、正中正面と認識される位置は実際の正面よりも左にずれているといわれている (Jewell and McCourt, 2000)。この左偏位の現象は、視空間処理における空間性注意の非対称性、左右半球機能差、文字列の方向などの後天的な学習による左から右への方向性バイアスなどが仮説的に考えられているが、コンセンサスを得るに至っていない。本研究では視覚環境情報や正中を判断する距離を変化させて正中正面ポインティング課題を行い、正中判断における自己受容感覚と視覚情報の相互作用について検討したい。

方法

被験者 裸眼および矯正視力が両眼0.7以上の成人8名。全員右利きであった。本実験の趣旨を理解し書面で同意を得た。

装置および器具 レーザーポインター (Sakura社製、670nm波長)、レーザー光用遮光ゴーグル (山本光学、He-Ne)、記録用ビデオカメラ、A0模造紙。

手続き 被験者は壁面から前額面まで3mの距離に着席しstraight-ahead pointing taskを行う。頭部の位置は椅子に取り付けられた背面のボードにバンドで固定した。姿勢の変化はビデオカメラで背後から記録した。レーザーポインターの操作に慣れるため、練習試行として、中心から0.5 m左右の点および正中に記された点へのポインティングを各10試行行い、正確にポインターを扱えることを確認してから本実験に入った。被験者は、室内が明るくても完全暗室でも同様に身体の正中正面位置をレーザーポインターで示すよう教示された。またレーザー遮光ゴーグルを装着し、ポインターの先端光が見えない状態でも同様に示した。試行条件の実施順及び使用手の順は被験者間でカウンターバランスをとった。Near spaceに関しては指示指と平行にサインペンを持ち壁面に貼られた用紙と平行に立ち、正中正面に直接マークを付けた。壁面から被験者前額面までの距離は約0.5 mであった。

実験デザイン far space (距離 3 m条件)では環境条件 (明所、暗所) x フィードバック条件 (レーザー光の可視、不可視) の4条件。各条件について8試行繰り返した。また、near space (距離 0.5 m条件)では環境条件 (明所、暗所) の2条件について8試行繰り返した。

結果

実際の正中正面位置を原点とする座標上に、ポイントされた位置をプロットし、水平軸方向の実際の正中からの距離を抽出した。原点より左位置は負、右位置は正で表す。水平軸方向のずれの大きさ (deviations) を従属変数として統計に用いた。条件毎のずれの大きさの平均値 (cm) をfigure 1.に表す。

Far spaceについて2要因分散分析の結果、環境条件の主効果、およびフィードバック条件の主効果が有意であった(環境条件: $F(1,56)=6.42, P=0.014$ 、フィードバック条件 $F(1,54)=16.7, P<0.001$)。交互作用は見られなかった。暗所でフィードバックがない条件では偏位量は平均7.3cmと最大となった。またNear spaceでは偏位量は明所時: 0.01 (SE 0.051)、暗所時: 0.54 (SE 0.38)と明らかな偏位は認められなかった。T検定の結果から有意な差は認められなかった($P=0.15$;両側)。視角に換算するとfar-spaceでは暗所・フィードバックなし条件 -1.4° 、暗所・フィードバック有り条件 -0.62° 、明所フィードバック無し条件 -0.71° 、明所・フィードバック有り条件 0.12° であった。Near spaceの暗所条件は 0.67° であった。

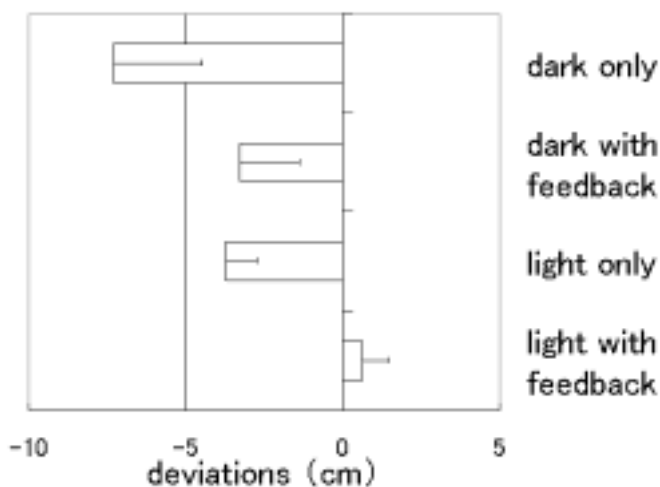


Figure 1. Mean deviations for straight-ahead pointing task under different viewing conditions. Error-bar indicates standard error (SE).

考察

本研究ではnear (reaching distance, 約0.5 m)及びfar (3 m) spaceにおいて視覚環境情報の剥奪下およびフィードバック情報の剥奪下における正中正面判断に及ぼす影響について検討した。その結果、視覚環境情報の剥奪がfar spaceにおける正中正面判断に影響を及ぼすことが示された。また正中正面判断の誤りには方向性があり、明らかなleftward biasが観察された。またフィードバックの剥奪によってもleftward biasは観察され、今回の結果からは、フィードバック情報と視覚環境情報はほぼ等価に正中判断に影響を及ぼしていた。

Jewell and McCourt (2000)はleftward biasに関するメタ解析を行い、どのような条件下でleftward biasが生じるかを検討している。それによるとleftward biasは視覚、触覚などモダリティによらず観察され、視覚情報が剥奪された状況の方がbias量は増す傾向にあることを示している。一方、線分二等分課題など視覚的な正中判断課題では、bias量が線分の長さの1%程度とわずかであるため、測定誤差ではないかという批判もある(Fischer, 2001)。また刺激の注視の開始位置や捜査の方向など空間的な注意を操作することでbias量は影響をうけるといわれており、左から右への空間捜査でrightward biasが

観察される量よりも、右から左への捜査によるleftward biasの方が大きくなるという非対称性を持つという(Jewell and McCourt, 2000)。これらからleftward biasは視空間中心の座標系に歪みがある、というのではなく、むしろ視覚情報が剥奪されたときに、運動中心座標系により空間を表現するときに、身体感覚が一定のバイアスを持っていると考えられる。

Near spaceの結果との比較のため、バイアス量を視角に換算したところ、暗所時のバイアス量は、far spaceでの暗所・フィードバック有り条件とほぼ同程度であった。Near spaceの暗所条件は、暗所・フィードバック条件と同様に完全に視覚情報は剥奪されているのであるが、自己身体感覚によって手の位置のフィードバックを与えられていることが、far spaceにおける視覚的フィードバックと同等の情報として作用したと考えられる。

また、far spaceにおけるポインティングされる位置のばらつきはフィードバックの有無よりも、視覚環境情報の有無によって影響を受け、視覚環境情報が剥奪された場合によりばらつきは大きくなる傾向がみられた。仮説としては、far spaceにおける正中判断には環境中心座標系による表現が優位であるために、反応の偏位量は大きくなることが予測され、フィードバック情報の剥奪によりleftward bias量はより増大すると考えた。しかし結果ではbias量は同程度であり、むしろ環境情報の剥奪がポインティング精度の低下に影響していた。

空間認識において、手の届く範囲であるnear spaceと手の届かない範囲であるfar spaceでは異なる脳内ネットワークによって表現されていると考えられている。大脳右半球の損傷により、損傷の反対側空間への注意が著しく低下するという半側空間無視(unilateral spatial neglect:USN)では、以前よりnear spaceとfar spaceでは無視症状に乖離があることが報告されている。Halliganら(1991)はUSN患者の線分二等分課題を線分までの距離を変化させて行ったところ、無視症状はnear spaceでは見られたが、far spaceでは障害がなかったことを報告しており(Halligan and Marshall, 1991)、独立な系で処理されていることを支持している。Near spaceで行われる空間認識では、対象の位置を認識した後に迅速に到達運動や把握動作の出力情報へと変換される必要があり、より運動系との関係が強いと考えられる。一方far spaceでは広範な環境内における自己の位置の定位を行うため、より視覚情報処理に依存した空間表現が求められると考えられる。

引用文献

- Fischer MH. 2001 Cognition in the bisection task. Trends Cogn Sci, 5, 460-462.
- Halligan PW, Marshall JC. 1991 Left neglect for near but not far space in man. Nature, 350, 498-500.
- Jewell G, McCourt ME. 2000 Pseudoneglect: a review and meta-analysis of performance factors in line bisection tasks. Neuropsychologia, 38, 93-110.