

仮想環境での空間学習における能動的観察の優位性

櫻井研三・加藤健二

東北学院大学 教養学部
〒981-31 仙台市泉区天神沢 2-1-1

1. はじめに

対象の位置の記憶のような空間学習の課題では、能動的観察のように複数の感覚情報が一致する観察条件で、より正確な空間把握が可能になることを、ふたつの実験から明らかにした。ひとつは、観察条件によって自己と対象との空間的位置関係の把握に違いが生じるか、を検討したものである。もうひとつは、自己の周囲の空間と空間内の対象の位置を我々ほどの様に認識しているのか、を検証したものである。

物体認識に関しては観察者中心の表象に依存するという考えと物体中心の表象に依存するという考えとの間で論争が展開されており^{1,2)}、空間認知の研究においても同じ議論がある。なにより物体認識の論争の出発点となったMarr (1982)³⁾自身が、3次元モデルの考えを拡張することで複数の物体によって形成される空間的布置を表現できると述べている。

ここで紹介する実験では、視覚の情報を基本として筋運動感覚と前庭感覚の利用を統制した、複数の異なる仮想環境に被験者を置くことにより、対象の位置関係に関する空間認知の内容を検討した。

2. 実験1：方向評定課題における能動的観察の優位性^{4,5)}

2.1 目的

この実験の目的は、自己と対象との空間的位置関係の把握において観察条件の違いから生じる差異を調べることと、その差異と各観察条件で利用可能な感覚情報との関連を検討すること

である。外界と自己との空間的關係を獲得する観察条件として、第1に歩行時のように空間内を能動的に移動しながらの能動的観察、第2に乗物に乗っている場合のように空間内を受動的に移動しながらの受動的観察、第3に映画を観ている時のように移動時に得られる視覚像のみを観察者自身は静止した状態で受け取る静止観察、の3条件が考えられる。それぞれの条件において被験者が利用可能な感覚を考えると、能動的観察条件では視覚・前庭感覚・筋運動感覚の全てが、受動的観察条件では視覚・前庭感覚が、静止観察条件では視覚のみが利用可能である。

2.2 方法

被験者：正常又は矯正による正常視力を有する大学生18名。男女同数で各観察条件に6名ずつを割り当てた。

装置：VPL research社のRB2仮想現実感システム。取り外し可能な踏台付きの回転椅子。仮想現実感には、2台のグラフィック・コンピュータで作成された仮想空間のステレオ画像を、小型の液晶画面を2枚備えたヘッド・マウンティッド・ディスプレイ（以下、HMD）により被験者の左右各眼に呈示することで作り出される。

この仮想空間は実験条件に合わせて他の仮想空間に切り替えて呈示できる。HMDには磁気センサーが取り付けられており、磁気ソースが発生する磁場内でのセンサーの位置と回転角の情報をコントローラー経由でパソコンに伝える。グラフィック・コンピュータは、それらの情報を視点の動きとしてパソコンから受け取り、そ

れに応じて仮想空間の画像を高速で描き変える。そのため、被験者は実際の空間内にいるのと同じように、自分の頭を移動・回転させることで仮想空間の対象を観察することができる。

刺激：観察空間及び課題空間。観察空間は白色の等質な仮想空間で、基準点を示すマーカーと、色及び形状が異なる5つの対象を含んでいた。マーカーと対象物は全て視点の高さで観察者の周囲にあり、正面のマーカーから左へ順に30、90、150、240、300度の位置に配置された。5つの対象と観察者との関係は図1の通り。課題空間は、観察空間から5つの対象を取り除き、正面のマーカーのみが呈示される白色の等質な空間であった。

手続：被験者は椅子に座った状態で、HMDとインナーイヤー型ヘッドフォンを装着し、観察空間を1分間観察した。その後、方向評定課題として課題空間が呈示され、観察空間に置かれていた対象がひとつずつ口頭で指示された。被験者はその対象が視野の中央にくるように、身体や頭を回したり足で椅子を回転させて出来るだけ正確に顔を課題空間の中でその対象のあった方向に向けることで評定した。被験者が顔を

向けた方向はHMD上部に装着された磁気センサーにより頭部の回転角として検出され、記録された。以上のような観察と評定を1試行として4回繰り返した。実験中はヘッドフォンを通して被験者への指示が伝えられ、それ以外はホワイトノイズが流されて、他の聴覚の手がかりを取り除いた。観察の際は、以下の3種類の観察条件を設定した。

能動的観察条件

被験者は回転椅子に座った状態で、基準点から左右180度ずつ交互に、椅子ごと身体を回転させながら観察空間を観察した。その際、首の回転も自由にした。

受動的観察条件

被験者は椅子に座り、両足を踏台に乗せた状態で、実験者によって基準点から左右180度ずつ交互に椅子ごと身体を回転させられながら観察空間を観察した。その間、首を動かさないよう教示された。

静止観察条件

被験者は正面を向いて身体及び首を動かさずに、「基準点から左右180度ずつ交互に身体を回転させた時の観察空間」の運動映像を観察し

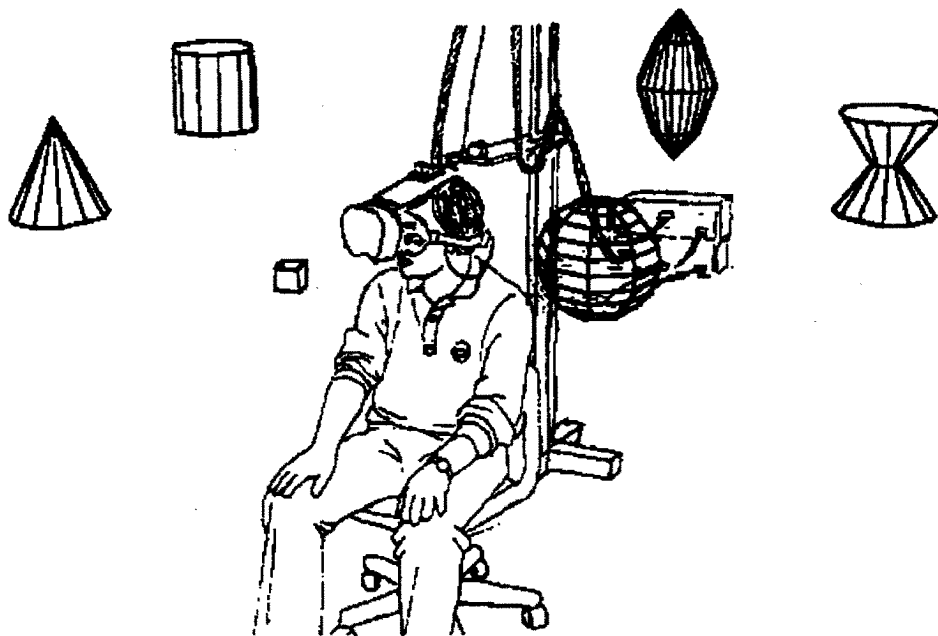


図1 被験者がHMDを装着した状態と呈示された対象

た。

2.3 結果

誤差として示された実際の方向と評定された方向とのずれの絶対値を、観察条件ごと、試行ごとに平均したのが図2である。能動的観察条件では全試行において他2条件よりも有意に誤差が小さく ($p < 0.05$)、2試行目からはほぼ最小の値に落ちついている。受動的観察条件は1試行目で静止観察条件よりも誤差が小さい傾向が認められるが、2試行目以降で両者共に誤差が大きく減少し、差は見られない。ただし、両条件とも4試行目でも20度以上の誤差があった。

2.4 考察

結果をみると、能動的観察条件の被験者は対象の位置をほぼ1試行目から実際に近いものとして把握しているのに対し、静止観察条件の被験者は4試行目でも対象の位置を安定して把握できていない。さらに内省報告によれば、前者が「実感をもって」位置を把握しているのに対し、後者は「対象が周囲にあるという実感が伴わない」としている。今回の観察空間のように対象の位置を特定する手掛りが極端に少ない環

境では、前庭感覚や筋運動感覚の情報を与えずに回転時の映像のみを視覚情報として呈示された静止観察条件の被験者には、その空間的配置を自己との関係において実感を伴って把握するのは困難であったといえよう。そのため静止観察条件の被験者には、記憶した対象間の距離情報（間隔）をもとに位置関係（方向）について推測、構成するといったプロセスが必要であったと思われる。

受動的観察条件の被験者は、4試行目あたりではほぼ一貫した位置関係を把握してはいるが、それは必ずしも実際の関係に近いものではなかった。この点を各観察条件で利用可能な情報と比較して考えると、前庭感覚の情報は、回転方向及び回転の概然的大きさに関して有効だが、対象の正確な位置（方向）を特定するには不十分であると言えよう。主に能動的観察条件で筋運動感覚の情報を利用できたこととその結果の正確さからみて、対象の位置（方向）を特定する際、その正確さを高めるのに筋運動感覚の情報が大きな役割を果たしていたことが窺える。

ここで、空間的關係の把握における能動的観

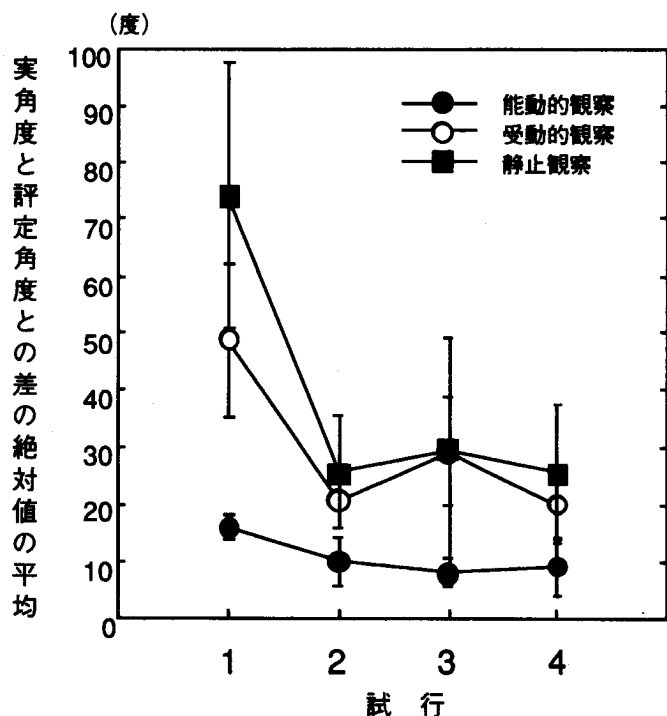


図2 各観察条件での試行毎の誤差の絶対値の平均

察の優位性を説明する考え方として、次のふたつの解釈が成り立つ。第1は、空間的關係を何らかの3次元モデルにより表象している、とするものである。この3次元モデルは前庭感覚・筋運動感覚を伴う体験により、より正確なものとなると考えられる。第2は、その優位性が特定の筋運動系の学習に依存している、とするものである。これは、実験1で観察・評定課題共に同じ筋運動系を使用したところから、考えられる可能性である。これらのふたつの解釈のどちらが正しいのかを調べることは、自己の周囲の空間と空間内の対象の位置を我々ほどの様に認識しているのか、を検討することにつながる。

3. 実験2：能動的観察の優位性と筋運動感覚との関係⁹⁾

3.1 目的

実験1では、空間学習における能動的観察条件の優位性を明らかにしたが、観察と評定共に足による身体回転を採用したため、評定時の成績の高さは特定の筋運動の記憶と再生にのみ依

存していた可能性があり、空間的關係の獲得によるものと断言できない。今回は観察と評定に異なる筋運動系を使用した場合と同じ筋運動系を使用した場合を比較する。評定が特定の筋運動の再生に依存していれば両者に差が生じ、空間的關係の獲得に依存していれば差は生じないと予想される。

3.2 方法

被験者：正常又は矯正による正常視力を有する大学生24名。

刺激：実験1の能動的観察条件と同じ刺激を用いた。

装置：VPL research社のRB2仮想現実感システム、取り外し可能な踏台付きの回転椅子、直径70cmの穴が中央にあいた縦横150cmの大きさで人工芝を敷いた机。回転椅子を、机の下に置いて被験者の着座位置とした。

手続：被験者は机の穴から上半身を出した状態で回転椅子に座り、HMDとヘッドフォンを装着して以下のような観察と方向評定課題1組を1試行として4試行を行なった(図3参照)。観察は能動的観察条件で行ない、被験者はマー



図3 机の穴から上半身を出した被験者の着座状態

カーから左右 180 度ずつ交互に自分で身体を回転させながら対象空間を 1 分間観察した。続いて方向評定課題に移り、課題空間が呈示され、観察空間に置かれていた対象がひとつずつ口頭で指示された。被験者はその対象が視野の中央にくるように、身体を回転させてできるだけ正確に顔をその方向に向けた。身体回転の方法は足を踏台にのせて手で回転させる方法と、手を机の下におろして足で回転させる方法の 2 つを用いた。観察と評定での身体回転の方法の順番により手-足条件、手-手条件、足-手条件、足-足条件の 4 条件で実験を行なった。実験中はヘッドフォンを通して被験者への指示が伝えられ、それ以外はホワイトノイズが流されて、他の聴覚の手がかりを取り除いた。

3.3 結果

実際の方向と各被験者が評定した方向とのずれ（誤差）の絶対値を、回転条件ごとに各試行で平均したのが図 4 である。分散分析の結果、回転条件の間には差が認められなかった。ただし、各条件とも試行が重なるにつれて平均値は小さくなり、足-手条件の第 1 試行と第 4 試行の間、足-足条件の第 1 試行と第 3 試行、第 1 試行と第 4 試行との間には 5% 水準で有意差が

認められた。

3.4 考察

結果として得られた誤差は実験 1 の能動的観察条件での誤差と同程度であり、同じ全体的傾向を示している。観察時の筋運動と評定時の筋運動との異同にかかわらず方向評定課題の成績に差は見られなかったことから、実験 1 で示された空間学習における能動的観察条件の優位性は、特定の筋運動を再生した結果ではなく、空間内の対象の位置関係に関する何らかの 3 次元モデルをもとに、指示された方向を評定した結果であるといえよう。

ただし筋運動の情報がこの 3 次元モデルの精緻化に大きな役割を果たしていることは間違いない。実験 1 では被験者が空間内の対象の位置関係を把握する際の 3 種の観察条件を比較したが、そこで被験者が筋運動を利用できたのは能動的観察条件のみであった。この点を考慮すると、筋運動感覚を伴う能動的観察により一層精緻な空間の 3 次元モデルが形成されると考えられる。

4. まとめ

視覚の情報を基本として筋運動感覚と前庭感

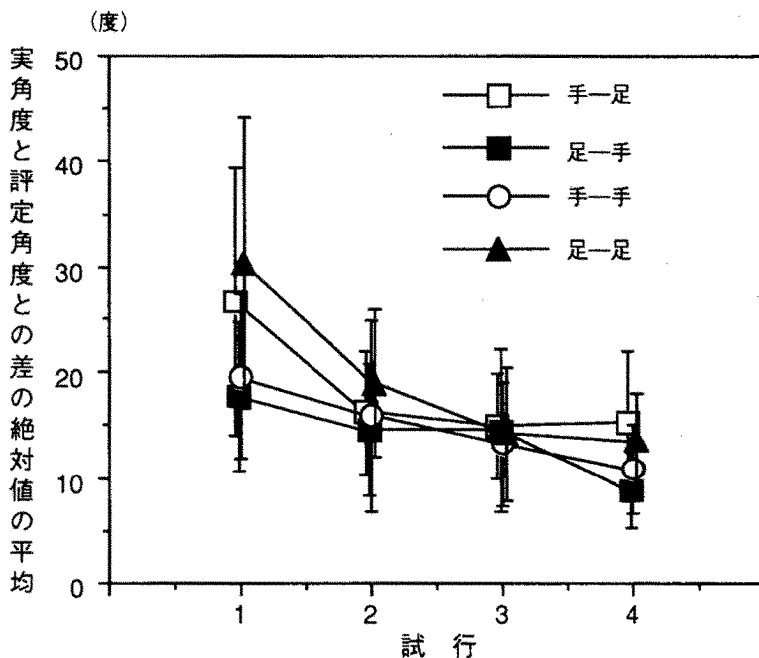


図 4 各回転条件での試行毎の誤差の絶対値の平均

覚が利用されるように観察条件を統制した，複数の異なる仮想環境に被験者を置いた実験から，観察条件によって自己と対象との空間的位置関係の把握に違いが生じ，能動的観察がより正確な空間把握を可能にすることが明らかにされた．さらに，自己の周囲の空間と空間内の対象の位置を我々ほどの様に認識しているのかについて，記憶時の筋運動系と異なる筋運動系を再生時に採用する実験から，空間の認識には何らかの3次元モデルが利用されていることが明らかにされた．

ここで取り上げられた3次元モデルとは，かなり高次の処理を前提とした認知的機能としての説明概念である．この3次元モデルが，更に具体的な数学的モデルとしてどう表現されうるかが，問題として残されている点を指摘しておきたい．

文 献

- 1) I. Biederman: Recognition-by-components: A theory of human image understanding. *Psychological Review*, 94, 115-147, 1987.
- 2) T. Poggio: Supervised learning for image analysis, image synthesis and object detection. *Proceedings from ATR Symposium on Face and Object Recognition '95*, ATR, Seika-cho, Kyoto, 1-2, 1995.
- 3) D. Marr: Vision. W. H. Freeman and Company, New York, 1982.
- 4) 櫻井研三，加藤健二：自己回転運動による空間的関係の獲得：（1）問題・方法と身体回転角評定課題の結果．*日本心理学会第55回大会発表論文集*，234, 1991.
- 5) 加藤健二，櫻井研三：自己回転運動による空間的関係の獲得：（2）方向評定課題の結果とまとめ．*日本心理学会第55回大会発表論文集*，235, 1991.
- 6) 櫻井研三，加藤健二：自己回転運動による空間的関係の獲得：（3）能動的観察の優位性と筋運動感覚との関係．*日本心理学会第59回大会発表論文集*，1995.