

# An Experimental Study on Spatial Ability and Cognitive Map

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2017-10-03 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/2297/6280">http://hdl.handle.net/2297/6280</a>

# 空間能力と認知地図形成に関する実験研究

大 岸 通 孝\*

## An Experimental Study on Spatial Ability and Cognitive Map

Michitaka OHGISHI

人間は外界を光学的情報として認識する際、絶えず空間把握を繰り返している。それによって対象物との距離や前後関係を理解し、物を手に取ったり歩いたりできるのである。われわれは慣れ親しんだ空間では、常に自分のいる位置を把握し、移動したい地点に向かって正しく移動できる。また、使用する経路が使えない場合に代替りの経路を選ぶことや、複数の経路の中から最短経路を選ぶこともできる。こうした行動や判断が可能なのは、その空間に関する知識である認知地図をもっているからであると考えられる。

しかしながら、認知地図が形成される過程については多くの研究が行われてきたが、それらの研究は人間が先天的に保持している能力としての認知地図の性質がほとんどであり、外的要因が形成能力に影響を与えるのかどうかという点においては検討されてきていない。そのような点をふまえて、今回の研究では各々の経験によって差異が生じるかどうかに着目し分析していくこととした。

認知地図がわれわれにとって重要であるを意識させる事態が、道に迷ってしまったときである。しかし、人によってその頻度や度合いは大きく異なったものであり、何も見なくても困難なく目的地へ辿り着ける人もいれば、地図を何度見ても迷う人もいる。また、場所によっては道の構造がつかみにくく、過去に通ったことのある場所でも方向がわからなくなってしまうような道もある。

様々な交通網が発達し、個々の人間がそれぞれの生活空間外に出なくてはならない現代において、道に迷う事は大きな不安要素となっている。その対策として、衛星通信等を使ったナビゲーション機器等が発達し、これにより道に迷うという確率は以前より減少している。しかしながら、未だにナビゲーション機器は万全とは言えないものであり、使い方次第では逆に使用者を混乱させてしまう結果となりうることもある。また、幾度か通過したことのある経路をとる際や機器に登録されていないような道、地下道等を通る場合におけるナビゲーションにおいては、機器を使用するよりも人の記憶による場所が大きいのである。このように優れた機器を製作するためには、それを扱う人間の情報処理が解明される事が必要であると考えられる。

本研究では、認知地図を形成するための空間把握能力、及びナビゲーション能力が認知地図形成法とどのように関連するのかを明らかにすることを研究目的としている。さらに、個々の人間の環境という後天的な要素が認知地図の形成に影響を及ぼすか否かについては未だ研究されていないことから、この問題を解決すべく、地図を用いたナビゲーションを競技としているスポーツ、オリエンテーリングを行っている金沢大学オリエンテーリング部部員(以下 OL 部員)を比較対象とするため、一般学生と共に被験者として本研究を行った。また、OL 部員はさらに競技の年数およびレベルにより上級者と初級者に分けて比較した。

### 1. 空間把握能力に及ぼされる経験の差に関する調査

経験という後天的要素が空間把握能力の発達に影響を及ぼしているかを調べるため、MRT(心的回転テスト)を行った。MRT(Mental Rotation Test)とは Shepard & Metzler(1971)の実験で使用した立体刺激を元に Vandenberg(1971)が空間視覚化(spatial visualization)の個人差を測定する目的で開発した認知検査であり、Vandenberg & Kuse(1978)の研究において標準化されたものである。

この検査は、前半・後半の2つのパートに分れており、いずれも10項目ずつある。各項目には、立方体を組み合わせて作った3次元物体を2次元的に表した図が描かれており、基準刺激と4組の比較刺激から成っている。比較刺激のうち2組は図を立体的に捉え回転させた場合に基準刺激と一致するという刺激であり、その他の2組は回転させても一致しない鏡像や歪みによる誤刺激である。制限時間内に各項目の正しい刺激を見つけ出させ、得点化することで空間把握能力がわかる検査である。また、この検査は神経心理学的研究では Mehta & Newcombe (1991)が大脑両半球機能の非対称性と MRT の関係を、Sanders, Wilson & Vandenberg(1982)は比較文化的観点から利き手と MRT の関係を調査・検討していることから信頼性が高いものであることがわかる。

#### 方法

**被験者** 金沢大学学生 67 名(男子 34 名, 女子 33 名)および金沢大学オリエンテーリング部部員 23 名(男子 上級 11 名, 初級 6 名, 女子 上級 3 名, 初級 3 名)

**材料** Mental Rotation Test (心的回転検査 MRT)を用いた。MRT は立体の向きを変えた図形を呈示して見本図形と同じものマッチングさせる検査であり、問題は4つの選択肢の中から見本と同じ図形のもの2つを選び出させるというものである。このテストの検査方法は、左端

に描かれている見本立体画像と同一の構造を持つ立体図形を右に示してある4つの中から2つ選び、×印を口の中に記入する。正解は1問につき必ず2つあり、1つ正解することにつき2点が加点され、不正解の図形を選んでしまった場合には2点の減点となる。

**手続き** テストは Part1 と Part2 に分かれ、Part1 では正解以外の2つの選択肢は鏡像、Part2 では鏡像ではない別の異なる立体で構成されている。各 Part は10問でありこれを3分以内で解かせ、計20問行った。また Part1 と Part2 の間には高い相関性があることから、分析時には全体を合計した得点の比較で行うことができる。よって得点範囲は-80~+80点となる。被験者にはあらかじめ例題を解かせ、この検査方法を理解させた後に Part1~Part2 の順で解かせた。

#### 結果と考察

一般学生と OL 部員の平均 MRT 得点を Fig.1 に示す。被験者全体の得点平均を求めると 37.8(SD18.7)であった。また、男子全体の平均は 46.5(SD14.8)となり女子全体の平均 26.3(SD17.3)よりも高くなることから男女間での有意差が見られた( $t=5.97, df=88, p<.01$ )。

また、Fig.1 からは一般学生と OL 部員との間には有意差は見られなく、経験による MRT 得点の差というのは生じないように思われる。しかしながら、上級者と初級者で比較した場合には男子上級者は 56.7(SD15.3)、男子初級者は 33.3(SD10.5)となり有意差( $t=3.32, df=15, p<.03$ )が存在している。また、男子上級者を一般男子学生と比較した場合においても有意差( $t=2.33, df=43, p<.02$ )が確かに存在していたことから上級者すなわち経験が豊富なものとそうでないもの間に違いが存在していると思われる。一方女子において、OL 部員は一般女子学生より平均点が低くなっている。しかしながらこれは OL 女子部員の被験者数が比較的少ないため、集団としての傾向を見出すには至らなかった。

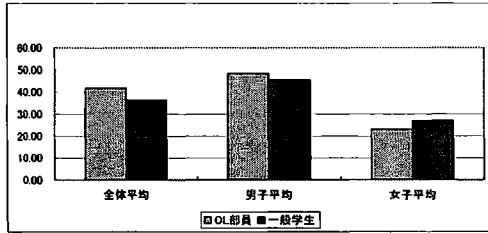


Fig. 1 一般学生とOL部員におけるMRTの平均得点

## 2. 経路探索実験

認知地図の構造は、ルートマップとサーヴェイマップに分類されるのが一般的である。最近の研究では、この2つの認知地図の神経心理学的な基盤について海馬、前頭葉および頭頂葉を中心とした検討がなされている(McNamara & Shelton, 2003; Mellet, Bricogne, Tzourlo-Mazoyer, Ghaem, Petit, Zago, Etard, Berthoz, Mazoyer, & Denis, 2000)。

本実験では、ルートマップ的知識とサーヴェイマップ知識の関連を調べるために、ナビゲーションテストの一つである経路探索テストを用いることにより、空間把握能力とナビゲーション能力との関連性を測定した。このテストは記憶した経路を紙の上で再生するスケッチマップ法のテストである。経路の記憶方法は実際の空間やCG環境内を探索する場合、画像や映像などの刺激による場合等様々あるが、今回の実験では、最も記憶を阻害する要因が少ないよう、静止画を用いて仮想空間を移動させ、記憶した経路を描かせた。

### 方法

**被験者** 前調査と同一の被験者

**実験材料と手続き** 今回用意した経路探索テストは、いくつかの交差点の画像を用意し、それらの画像を順に呈示することで仮想空間を構築した。初めに起点となる交差点の画像及び次にその画像を元にどの方向に何m進むかという進行情報を与え、次に進んだ地点の画像とさら

に次の進行情報とを呈示した。この手続きを数回繰り返した後、行き着いた仮想空間内の地点への起点からの経路を紙に書かせ、ルートマップとしての情報からサーヴェイマップを描かせる実験を行った。仮想空間は2パターン用意し、それぞれ格子状の都市である北海道の旭川市の画像および複雑に道が入り組んでいる都市である金沢市有松地区の画像より作成されたもので、1パターン12枚の刺激画像で形成されている。画像呈示時間は1つの刺激につき15秒とし、刺激画像が4つ呈示されるごとに45秒の回答時間を設けその間にのみ用紙への記述を認めた。

さらにスケッチさせた後にナビゲーション記憶がどの程度記憶されているかをみるため、再認テストとして仮想空間内で呈示した画像と同一画像とそうでない近似画像を2枚ずつの計4枚を同時に見せ、オリジナル画像ではないものを被験者に答えさせた。また使用した機器として、刺激呈示・刺激時間制御を行うためにノート型パーソナルコンピュータ(Dell Latitude Notebook)を、刺激撮影のためにデジタルカメラを、刺激編集のためにAdobe Photoshop Elements等を使用した。なお、被験者にはテストの前に例題を解かせ、趣旨をよく理解させてから行った。呈示画像の例をFig. 2に、その画像から得られる地理的イメージ例をFig. 3に示す。



Fig. 2 パターン1で用いた刺激画像例

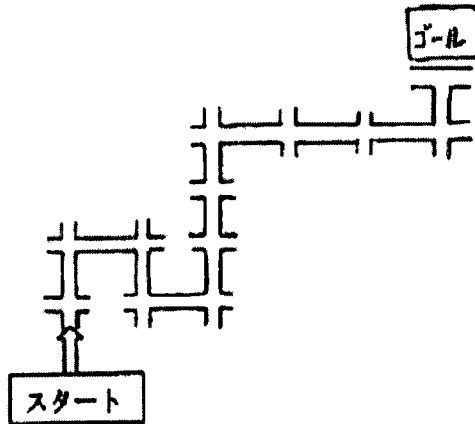


Fig. 3 パターン1における仮想空間イメージの正解

最後に再認テストを行った。この再認テストでは先述したとおりのもので、パターン1、パターン2で使用したオリジナル画像24枚とそれ以外の画像とをそれぞれ2枚ずつ計4枚の画像を一度に呈示した。被験者にその中からオリジナル画像ではないものを選ばせるというテストを3問行った。

### 結果と考察

経路探索実験で記入された経路を、交差点の数、形、距離などをパートごとに5段階評定し、それぞれ0, 2, 3, 4, 5点と得点化した。画像の再認テストを正答数で評価した。また、経路の評定は2名で行った。以下に実際に被験者が記述した解答例を示す(Fig.4.参照)。ちなみにこの解答例は2種類ともOL部員の被験者が記述したもので、評定は5点となったものである。

また、この実験の評定は段階ごとの重みが等しくなく単純に平均などで比較を取る事はできないため、まず人数の多い一般学生を2分化し、傾向を求めた。

まず経路探索テストとMRTとの関連性を調べるため、被験者を経路探索テストの高得点者群(6点以上)と低得点者群(5点以下)に分け、それぞれMRTの得点を比較した。すると経路探

索の高得点者群はMRT得点も高くなり、2群の間に有意な差が見られた( $t=2.97$ ,  $df=65$ ,  $p<.01$ )。この関係はOL部員に対しても成り立った( $t=2.89$ ,  $df=15$ ,  $p<.01$ )。また得点者群を4点以下と7点以上にして分類してもやはり同様に有意差がみられる( $t=3.51$ ,  $df=47$ ,  $p<.01$  および  $t=2.31$ ,  $df=10$ ,  $p<.03$ )。これらの結果から経路探索が上手く処理できるものは、MRTでも高得点である。つまりナビゲーション能力とmental rotation能力は深く関わっており、道に迷にくいものは空間把握能力に長けているといえる。さらに、画像再認テストの得点を2分化すると、高得点の者は経路探索テストでも高得点になり、低得点の者は経路探索テストも低得点になるという傾向がみられた( $p<.10$ )。この結果から、経路探索テストにて脳が正しい地理的イメージを作成するためには、仮想空間を通過する際の視覚的なイメージを忠実に記憶しておくことが必要であると考えられる。

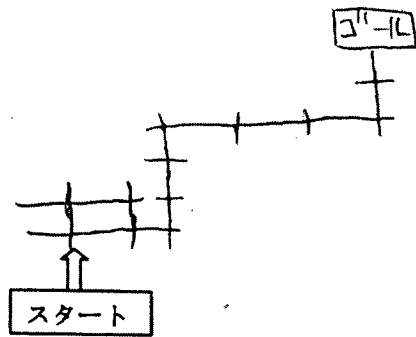


Fig. 4 パターン1に対する被験者の解答例

### 3. 視覚的イメージと状況的イメージに関する実験

過去に経験したことがあると思われる状況をイメージさせ、そのイメージ内に自らの姿が存在しているかどうかを答えさせるイメージテストを行った。この手続きにより、被験者の記憶が視覚的な再現をしているものか、状況的な再現をしているものかを調べ、認知地図の作成傾

向がルートマップ的なものかサーヴェイマップ的なものなのかを調べた。

## 方法

**被験者** 前実験と同一の被験者

**手続き** 被験者には質問の要旨は教えずに、口頭により買い物しているところを想像させた。その後、その想像されたイメージ中にて鳥瞰図的に自己の姿を認めることができるのか、それとも視覚的なものであり自己の姿を認めることはできないのかを確認させ、答えさせた。

## 結果と考察

この実験の結果、鳥瞰図のように自己やその周囲を上から見たような認識形態である状況的認識は一般学生の約7割を占める。このような認識をしている理由はわれわれが日頃の認知地図をサーヴェイマップ的に捉えているからではないかと考えられる。しかしながらOL部員の認識を見ると状況的認識をしているのは約27%に留まっており、視覚的認識をしているものの方が圧倒的に多いという結果になった。

また、この認識別に経路探索テストでの得点を分類したところ、視覚的認識をしているものの方が状況的認識をしているものに比べて得点が高くなる傾向が得られた。以上のことより前節に引き続き、道に迷いにくい者はサーヴェイマップ的な情報だけに頼るのではなく、むしろルートマップ的な視覚からの刺激を忠実に再現ができる者であることがわかる。

## 4. 総合的考察

本研究では、外界把握の手段として用いられる認知地図の機構を、視空間イメージ(spatial image)機能との関係から解明するために、空間把握とナビゲーションに関する調査および実験を行った。まずMRTによる空間把握能力の測定を行ったところ、OL部員上級者はその他の者より有意に得点が高くなった。このOL部員上級者は主にオリエンテーリングという競技に

においてインターカレッジの選手枠を得ている者であり、ほとんどが3,4年生部員である。つまりオリエンテーリングという競技は一部の例外を除くと経験の多さが競技の技術に関連してくるスポーツでもあると言える。また、このスポーツは方向感覚がかなり必要になる競技であるので自然と空間把握の練習が行われているような環境なのである。また、逆にOL部員初級者というのは、経験が浅い者やある程度の経験を積んでも技術発達がない者つまり空間把握能力も発達しない者である。以上のことより、空間把握能力は、ほとんどの人は空間把握の経験を積むことで、発達するものであると思われる。

次に経路探索実験においては、ナビゲーション能力には空間把握能力と相関があり、さらに視覚的情報の記憶能力とも相関が存在すると推察できる。今回の実験では被験者数に限りがあることから傾向を求めるだけで終わったが、今後の課題として、被験者数を増やすことができれば、より正確なデータが得られると考えられる。

視覚的イメージと状況的イメージに関する実験結果は当初の予想を覆すものであった。これまでの研究において、ルートマップからサーヴェイマップに発達するということが解っており、サーヴェイマップがより優れている認知地図の形態であるという認識のもとに実験を行ったが、実際に迷いにくいのは基本的なルートマップとしての認知地図であった。これはルートマップとしての認知地図のほうがサーヴェイマップよりも多い情報を得られると考えられる。つまり、認知地図の成長とは幼児期においては生活範囲がごく狭いのでルートマップとして情報を得ても記憶できるが、生活範囲が広がるとルートマップでは情報量が過多になりすぎるためにサーヴェイマップとして機能的に情報をまとめているのではないかと考えられる。よって、一つの経路を決め移動する際は圧倒的に視覚的情報を扱うルートマップの方が迷いにくいと言える。

OL 部員の者が迷いにくいというのは経験的にこれを身に付けているからと説明できる。その理由として、オリエンテーリングの競技において大切な事の一つに視覚的イメージが挙げられる。これは地図を頼りに未経験の風景をイメージし、それと合致させることで現在地を特定させるという技能である。このような練習があるからこそ OL 部員の認識は視覚的なものになると思われる。つまり、日常的に、視覚的に空間のイメージをすることは、空間把握能力において脳を発達させ、また道に迷いにくくなるという効果が得られることがわかる。また、よりよいナビゲーション機器としては、サーヴェイマップ的な鳥瞰図だけではなく、ルートマップ的な視覚的なイメージを取り組むことで、使用者にはよりいっそう理解させやすいものになると考えられる。

## 引用文献

- McNamara, T. P. and Shelton AL. 2003 Cognitive maps and the hippocampus. *Trends in Cognitive Science*, Aug 7, 333-335.
- Mellet, E., Bricogne, S., Tzourio-Mazoyer, N., Ghaem, O., L. Petit, L., Zago, L., Etard, O., Berthoz, A., Mazoyer, B., and Denis, M. 2000 Neural correlates of Topographic Mental exploration: The impact of route versus survey perspective learning. *NeuroImage*, 12, 588-600
- Sanders, B., Wilson, J. R. and Vandenberg, S. G. 1982 Handedness and spatial ability. *Cortex*, 18, 79-90
- Shepard, R. N., and Metzler, J. 1971 Mental rotation of three-dimensional object. *Science*, 171, 701-703.
- Vandenberg, S. G. 1971 *A test of three-dimensional spatial visualization*. University of Colorado.
- Vandenberg, S. G. and Kuse, A. R. 1978 Mental Rotations, A group test of three-dimensional spatial visualization., *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599-604.