



|                     |                                                                                                 |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title               | 空間表象の動的な変化に関する研究                                                                                |
| Author(s)           | 大藤, 弘典                                                                                          |
| Degree Grantor      | 北海道大学                                                                                           |
| Degree Name         | 博士(文学)                                                                                          |
| Dissertation Number | 甲第11064号                                                                                        |
| Issue Date          | 2013-09-25                                                                                      |
| DOI                 | <a href="https://doi.org/10.14943/doctoral.k11064">https://doi.org/10.14943/doctoral.k11064</a> |
| Doc URL             | <a href="https://hdl.handle.net/2115/56978">https://hdl.handle.net/2115/56978</a>               |
| Type                | doctoral thesis                                                                                 |
| File Information    | Hironori_0to.pdf                                                                                |



# 学位論文

空間表象の動的な変化に関する研究

大藤弘典

# 目次

## 1 章 序論

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 1.1 空間表象の処理過程                 | 2  |
| 1.2 相対的方向判断の研究動向              | 4  |
| 1.2.1 整列効果                    | 4  |
| 1.2.2 空間記憶の向きの効果              | 5  |
| 1.2.3 身体の向きの効果                | 8  |
| 1.2.4 回転説と干渉説の比較              | 9  |
| 1.2.5 空間記憶の向きと身体の向きの両者を考慮した研究 | 10 |
| 1.2.6 想像する領域の内外               | 12 |
| 1.3 本研究の概要                    | 16 |
| 1.3.1 先行研究の問題点と本研究の目的         | 16 |
| 1.3.2 空間記憶の向きの形成過程            | 17 |
| 1.3.3 本研究の構成                  | 21 |

## 2 章 想像する領域内での相対的方向判断

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 2.1 大学構内での検討（実験1）       | 27 |
| 2.2 実験室内での検討（実験2）       | 43 |
| 2.3 領域内での検討結果についての一般的考察 | 55 |

## 3 章 想像する領域外での相対的方向判断

|                    |    |
|--------------------|----|
| 3.1 大学構外近隣での検討     |    |
| ：大学全体が前方にある場合（実験3） | 61 |
| 3.2 大学構外近隣での検討     |    |
| ：大学全体が後方にある場合（実験4） | 69 |

|     |                                  |     |
|-----|----------------------------------|-----|
| 3.3 | 領域外での検討結果についての一般的考察              | 75  |
| 4   | 章 空間記憶の向きの形成に関する検討               |     |
| 4.1 | 日常環境における空間記憶の向きの確認（実験5）          | 80  |
| 4.2 | 配置の複雑さが空間記憶の向きの形成に及ぼす影響<br>（実験6） | 87  |
| 4.3 | 空間記憶の向きの形成についての一般的考察             | 101 |
| 5   | 章 総合考察                           |     |
| 5.1 | 本研究の結果の総括                        | 108 |
| 5.2 | 相対的方向判断時の空間表象の処理過程のモデル           | 110 |
| 5.3 | 本研究と隣接分野の研究との関連                  | 113 |
| 6   | 章 結論                             |     |
| 6.1 | 本研究のまとめ                          | 118 |
| 6.2 | 今後の課題と展望                         | 120 |
|     | 引用文献                             | 124 |
|     | 謝辞                               | 133 |

# 1 章

## 序 論

### 1.1. 空間表象の処理過程

知識はあるが、直接視認できない場所について空間的な判断を行うことは、適応的な行動をとる上で極めて重要である。しかしながら、こうした判断を支える空間表象の処理過程が、判断者が判断対象となる現場の中にいるか（領域内）、それとも外にいるか（領域外）といった、状況の違いに応じて動的に変化する過程については、未だ十分には解明されていない。本研究では、これを、長期記憶内の空間記憶に基づいて短期作業表象が構成され、変化する過程として捉え、相対的方向判断課題を用いてその詳細を検討する。

空間的な知識を蓄える情報源として空間記憶を捉える考え方は、心理学では古くからある。Tolman（1948）は、迷路学習を行うネズミが、最初に憶えた経路を閉鎖された場合でも、初めて通る別の経路をたどって目的地の餌場までたどりつけることを発見した。彼は、ネズミが地点間の位置関係を表す地図のようなものを心内に持っていると考え、これを認知地図と呼んだ。こうした知見を踏まえ、距離判断や方向判断における空間記憶の特徴を検討した研究は非常に多い。しかしながら、空間記憶は、単に必要な情報を貯蔵するだけでなく、個々の情報を適切に組み合わせたり、心内で操作したりできなければ、十分に活用できない。つまり、日常生活では、実際場面での課題要求に応じて必要な情報を空間記憶から検索し、短期作業表象を適切に構成することが必須となる。このような見方に立つと、空間表象の処理過程の全容解明のためには、空間記憶の特徴だけでなく、それに依拠して短期作業表象が構成される一連の過程まで明らかにする必要があると考えられる

この問題に取り組むための方法として、本研究では相対的方向判断課題を用いる。これは、「ある場所（基準地点）で特定の向きを向いてい

る」場面を想像し、その向きを基準方向としたときの目的地点の方向を指示させる課題である。相対的方向判断が行われる日常例として、駅の改札口に立っている友人にタクシー乗り場の位置を電話で教える場合が挙げられる。この場合、判断者は、友人が改札口にいる場面を想像し、彼が立っている方向を基準としてタクシー乗り場の方向を伝達しなければならない。このように、相対的方向判断では、空間記憶のみを頼りに、基準方向を基にした位置関係の短期作業表象を、いかにうまく心内で構成するかが重要になる。それゆえ、相対的方向判断の結果のパターンや変化を分析することで、本研究の主眼となる空間表象の処理過程を明らかにできると考えられる。

また、例のように、別の場所にいる他者と空間情報のやり取りをしなければならない状況は、日常生活の中でも比較的よく起こることである。それゆえ相対的方向判断は、日常的な空間認知活動を反映する課題としても優れている。

相対的方向判断課題を用いた近年の研究では、判断者が判断対象となる領域の中にいるか、それとも外にいるかといった状況の違いによって異なる結果が得られることが分かってきた。このことは、状況に応じて空間表象の処理が変化することを示唆しているように見える。しかしながら、現時点では、このような結論を下すのに十分な知見が得られているとはいえず、より詳細な検討を踏まえた議論が望まれる。

本研究では、空間表象の処理課程が動的に変化するか否かという問題について、問題解決に役立つ現象や新たな分析法を導入することで、詳しい検討を行う。本章の以降では、相対的方向判断のプロセスに関する研究動向を概観する。まず初めに、空間表象の処理過程の解明に役立つ整列効果と呼ばれる現象を紹介し、この現象が生じる原因として考えら

れている空間記憶に関する要因と身体軸に関する要因を扱った先行研究について述べる。次いで、想起対象となる領域の内外で整列効果の有無が変化するという知見を紹介し、状況に応じて空間表象の処理過程が変化する可能性を指摘する。そして、これらの指摘に基づき、次章から実験的検討を行う。

## 1.2. 相対的方向判断の研究動向

### 1.2.1. 整列効果

相対的方向判断を行う場合に、基準となる向きによって判断のしやすさが異なることがある。この現象は整列効果と呼ばれる。

整列効果は、初めは、実際の環境内の移動者の進行方向と参照する地図の向きが一致しないと、一致するときよりも位置関係の把握が困難になるといったように、地図読みの場面で観察される現象を指す用語として使われた（Levine, 1982; Levine, Marchon, & Hanley, 1984; Warren, Scott, & Medley, 1992）。たとえば Levine（Levine, 1982; Levine et al., 1984）は、壁に貼られた地図の上方向と移動者が実際に向いている方向が異なる場合に、方向判断のエラーが増えることを明らかにし、このような現象を指して整列効果と呼んだ。こうした現象は、地図の上方向が移動者が向いている方向と見なされることで生じると解釈された。この場合、両者の向きが不一致の場合には、両者の向きを合わせる心的操作が必要になるため、エラーが増加する。

その後、空間記憶を頼りにした相対的方向判断で生じる現象についても整列効果という語が使用されるようになった。たとえば、Figure 1 の



ような配置を実験参加者に一方向から眺めて学習させた後、この配置を取り除く。その上で、ある地点にいて、特定の方向を向いている場面をイメージし（e.g., 「1 にいて2 が前」）その向きを基準（基準方向）として目的地点（e.g., 「3」や「4」）の方向判断を行うことを実験参加者に求める。このような相対的方向判断課題を実施すると、地図を観察した学習方向と判断時の基準方向が一致する場合と比較して、不一致の場合に判断の時間やエラーが増加するという結果が得られる（e.g., Levine, et al., 1982; 松井, 2006; Presson et al., 1987; Presson et al., 1989; Presson & Hazelrigg, 1984; Roskos-Ewoldsen et al., 1998; Rossano & Warren, 1989, Tlauka & Nairn, 2004）。

ここでは、地図読みの場合と異なり、判断時の基準方向や、その際に用いる地図を心内に保持していなければ、要求される方向判断を行うことができない。本研究では、このような空間記憶に頼る場面で生じる整列効果のみを議論の対象とする。

これまでの先行研究では、整列効果が生じる原因として、空間記憶の向き、あるいは自身の身体の向きと基準方向の一致、不一致が指摘されてきた。次項以降では、この2つの要因を独立に取り上げた知見や、両者の関係を調べた知見を通して、相対的方向判断のプロセスについて論じる。

### 1.2.2. 空間記憶の向きの効果

Montero, Waller, Hegarty, & Richardson (2004) は、人が複数地点の位置関係を学習したとき、情報が「単一方向で記憶に貯蔵され、その向きで好んでアクセスされる」場合があると指摘しており、同様の指摘は、空間記憶に関する多くの研究においてなされている（e.g., Levine, Jankovic, &

Palij, 1982; 松井, 2006; Presson, DeLange, & Hazelrigg, 1987; Presson, Delange, & Hazelrigg, 1989; Palij, Levine, Kahan, 1984; Presson & Hazelrigg, 1984; Roskos-Ewoldsen, McNamara, Shelton, & Carr, 1998; Rossano & Warren, 1989, Tlauka & Nairn, 2004)。本研究では, このように好んでアクセスされる向きを空間記憶の向きと呼ぶ。

空間記憶の向きの存在を示す典型例は, 壁に貼られた地図を観察して地点間の位置関係を記憶する場合や, 自身の正面に置かれた物の配置を憶える場合である。このように, 一方向からのみ位置関係を記憶させた後に相対的方向判断課題を実施すると, 判断時の基準方向が学習方向と一致する場合と比較して, 不一致の場合の方が判断時間やエラーが増加するという整列効果が観察される (Levine et al., 1982; Roskos-Ewoldsen et al., 1998; Rossano & Warren, 1989)。Rossano & Warren (1989) は, この理由を, 判断時の基準方向が空間記憶の向きと異なる場合には, 両者の向きを一致させるために, 位置関係を回転させて考えるという余分な心的操作が行われるためと説明している。

一方, 学校のような日常環境では, われわれは自分が動き回ることによって, 様々な地点でいろいろな向きから見た周囲の物の位置関係を学習している。Evans & Pezdeck (1980) は, 様々な向きを基準とした配置図の正誤判断を行わせることで, 日常環境の空間記憶に向きが存在するかどうかを調べている。彼らは, 地図において主要な向きとなる北向きを  $0^{\circ}$  とみなし, この向きと提示した配置の向きとの角度差によるパフォーマンスの変化を調べた。その結果, 角度差に関係なく判断時間やエラーは一定であったことから, 日常環境の空間記憶に向きは存在しないと結論した。

しかしながら, 内藤 (2000a) の研究では, 実験参加者に描かせた地

図の向きに着目することで、Evans らの結論を覆す結果が報告されている。彼は、Evans らと同様の課題を実施した後、実験参加者に課題で使った配置の地図を描かせた。そして、このとき地図の上と見なした方角を空間記憶の向きと定義し、この向きと提示した配置図との向きの異同による成績を比較したところ、両者の向きが不一致の場合の方が、正誤判断のパフォーマンスが悪かった。内藤（2000a）はこの結果から、日常場面で得られた空間記憶にも向きが存在すると結論している。

また、松井（2006）は、正誤判断時に配置図を提示したことが内藤の実験結果に影響を及ぼした可能性を排除するために、記憶のみを頼りに行う相対的方向判断を課題に用いて、同様の検討を行っている。彼の実験でも、実験参加者に描かせた地図の向きを空間記憶の向きと定義した上で、これと一致もしくは不一致な向きをイメージさせたときの課題のパフォーマンスを比較したところ、不一致な場合の方が判断時間やエラーが増加するという整列効果が観察された。この結果は、空間記憶の向きの存在を示唆するこれまでの実験結果と同様であることから、松井（2006）もまた、内藤と同じ結論をだした。

これらのことは、日常環境の記憶にも空間記憶の向きが存在することを示すとともに、この効果を適切に見いだすためには、個人ごとに異なる空間記憶の向きを分類した上で、この向きと判断時の基準方向との一致、不一致によるパフォーマンスの違いを見る必要があることを示している。実験参加者が描いた地図の向きを調べる手法は、そのために必要な空間記憶の向きの分類に適したやり方と考えられる。

以上のように、これまで様々な研究で、空間記憶の向きの存在が繰り返し示唆されてきた。ところが、ある場所を学習する過程で、なぜ空間記憶の向きが形成されるのかという理由については、未だに統一的な見

解は得られていない。このことは、本研究でこの要因を取り上げる際の懸念材料となる。この問題については、1.3.2で改めて議論する。

### 1.2.3. 身体の向きの効果

前項で述べたように、われわれの空間記憶内では、日常生活を通して、散在する諸地点が特定の向きを基準とした位置関係として貯蔵されており、この空間記憶の向きが、短期作業表象の構成に影響を与えていると考えられる。

一方で、人の身体軸と空間認知の関係を調べた多くの研究では、相対的方向判断時の基準方向が実験参加者の身体の向きと一致しないと、一致する場合に比べて判断時間やエラーが増加するという、整列効果の出現を報告している（e.g., Farrell & Robertson, 1998; 松井, 1997a; Rieser, 1988）。たとえば、周囲に設置された物の配置を記憶させた後、その場で目隠しをして相対的方向判断を行わせると、判断時の基準方向と現実環境内の実験参加者の身体の向きとの角度差が大きくなるほど、判断時間やエラーが増加する（e.g., Farrell & Robertson, 1998; Rieser, 1989）。

これは、自身の身体の前後左右の軸を基準に想像した地点間の位置関係を、判断時の基準方向に合うように心的回転させるためであろうと考えられている（e.g., Farrell & Robertson, 1998; Rieser, 1988）。判断時の基準方向が身体の向きと異なる場合は、このような操作が必要になるため、判断時間やエラーが増加するという整列効果が生じる。

相対的方向判断に対する身体の向きの影響は、実験参加者に対して、自分が現実にとどの方向を向いているかを無視するように教示した場合（e.g., Farrell & Robertson, 1998）や、より大規模な日常環境において（e.g., 松井, 1997a）も示唆されている。これらのことは、空間記憶の向

きだけでなく、身体の向きもまた、相対的方向判断に関与する一般的な要因であることを示唆している。

また、Waller et al. (2002) は、課題遂行中に、実験参加者が実際とは異なる方向を向いていると錯覚させたところ、その錯覚した身体の向きと判断時の基準方向との異同によってパフォーマンスが変化するという結果を報告している。したがって、相対的方向判断に対して身体の向きが影響を及ぼすのは、人が物理的にある方向を向いていた結果ではなく、あくまで彼らが、その方向を向いていると認知した結果であると考えられる。

#### 1.2.4. 回転説と干渉説の比較

整列効果は回転ではなく、干渉によって説明されることもある (e.g., Kelly, Loomis, & Avraamides, 2007; 松井, 1997a; May, 2004)。干渉説によると、基準方向をもとにした短期作業表象とそれ以外の向きをもとにした短期作業表象間の干渉（異なる参照枠による干渉）によって整列効果が生じるといい、この検証も行われている。たとえば、May (2004) や Wang (2005) は、判断時の基準方向を指定し、実験参加者がその方向を向いている状態を想像できた時点で心的回転が完了すると考え、向きを想像する時間を十分に与えてから目的地点を伝え、方向判断を行わせた。その結果、この場合でも整列効果が観察されたことから、これは回転説ではなく干渉説を支持する結果であると結論した。しかしながら、彼らの研究では目的地点を伝えられた時点で再度、回転操作が行われる可能性を考慮していない。

Kessler & Thomson (2010) はこの点について検討し、向きが決定された後も心的操作が行われるという結果を報告している。このような

経緯を踏まえ、本研究では回転説に沿って以降の議論を進める。

#### 1.2.5. 空間記憶の向きと身体の向きの両者を考慮した研究

以上の研究結果は、方向判断を行う地点を視認できず、空間記憶に頼らざるを得ない状況下で得られたものである。こうした状況において、われわれは判断の対象になっている領域の短期作業表象を、空間記憶に基づいて構成し、これに従って相対的方向判断を行うのであらうと推測される。この際、身体の向きと空間記憶の向きが同じ場合には、構成された短期作業表象の向きは、空間記憶の向きと同じである。一方、両者の向きが異なる場合には、構成された短期作業表象の向きを身体の向きに合わせる回転操作が行われる。いずれにせよ、相対的方向判断を遂行するための短期作業表象には、向きが存在することになる。また、短期作業表象の向きが、判断時の基準方向と異なる場合にも、両者を一致させる心的操作が必要となる。したがって、短期作業表象の心的操作は、空間記憶、身体、基準方向の3者の向きが全て一致している場合には必要ないが、1つでも向きが異なっていれば必要になり、整列効果という現象を生じさせる。つまり、相対的方向判断において、基準方向が身体の向きと空間記憶の向きの両者と一致しない限り、パフォーマンスは低下すると予測される。このような2つの要因の関係を、本研究では論理的な関係<sup>1</sup>と呼ぶ。

一方で、前節までで議論した一連の整列効果の先行研究の結果については、別の説明もできる。それは、空間記憶の向きと身体の向きのうち

---

<sup>1</sup> 空間記憶と身体の2つの要因の関係は、各要因の向きが基準方向と一致する場合を真、不一致の場合を偽とする正論理で表している。

<sup>2</sup> 実験参加者の描画地図は、Appendix 1の構内図のように、大学の外壁や道路を基軸として南側か北側が上になるようにして描かれており、南北の方位軸とは多少のズレがあった。だが、実験参加者が、そうした基軸が方位と一致すると見なし配置を記憶することは良くあるため（e.g.,

の判断に有利な一方，すなわち，判断時の基準方向と向きが一致する要因のみにもとづいて方向判断を遂行することで，整列効果が生じるという解釈である。この解釈に従えば，判断時の基準方向が身体の向きと空間記憶の向きのどちらか一方と一致していればパフォーマンスは低下しないと予測される。上記の仮説と区別するためにこのような2つの要因の関係を，本研究では論理的な関係と呼ぶ。

論理的な関係と論理的な関係のどちらが，相対的方向判断の正しいプロセスを反映しているのだろうか。この2つのどちらが正しいかを確かめるためには，空間記憶の向きと身体の向きの両者を考慮した上で，相対的方向判断に対する両要因の効果の関係を調べる必要がある。

松井（1997b）は両要因の関係について先駆的な研究を行っている。彼は，窓から日常環境が見える部屋で相対的方向判断課題を実施し，空間記憶の向きと，実験参加者が課題時に着席していた身体の向きの両者を考慮した検討を行った。その結果，判断時の基準方向が実験参加者の身体の向きと一致しないと整列効果が生じることは示されたものの，空間記憶の向きの影響は見られなかった。身体の向きの効果が観察される理由について，松井（1997a）は次のように解釈している。すなわち，相対的方向判断を行う際，自分の身体の向きを基準としてどこに何があるかを考えてしまう。それゆえ，これとは異なる向きを基準とした方向指示を求められると，両者の向きを一致させて判断を行う時間やエラーが増大する。このように解釈した上で，松井（1997a）は，基準方向と空間記憶の向きとの異同がパフォーマンスに影響しなかったのは，こうした身体の向きの効果がより強力に働いたためではないかと考えている。

しかし，松井（1997b）の実験で空間記憶の向きの効果が見いだされなかったのは，方向指示の対象となる目的地点を実験参加者に直接見せ

ていたためではないかと考えられる。このような状況では、実験参加者は自身の身体と目的地点を直接知覚的に結びつけることが可能であるだけでなく、空間記憶にほとんど頼ることなく相対的方向判断を行うことができる。そのため、空間記憶の向きは相対的方向判断に影響を及ぼさず、身体の向きの効果のみが観察されたのではないかとということである。したがって、相対的方向判断における空間記憶の向きと身体の向きの関係を明らかにするためには、冒頭で述べたタクシー乗り場の位置を電話で教える場合のように目的地点の位置を知覚的に把握できない状況を設定する必要があると考えられる。

また、Waller et al. (2002) も、空間記憶の向きと身体の向きの両者を変数とした実験を行っており、その結果は、実験参加者の自由なやり方で相対的方向判断課題を遂行させた場合にはそれぞれが判断にかかわることを示すものであった。ただし、彼らの実験では、この両者の関係が論理的か論理的かを検討するためのデータがあったにもかかわらず、その点についての詳細な分析をしていない。それゆえ、彼らの報告からは、2つの要因が判断にどう関与していたのかを明確にできない。

これらのことから、基準方向が両方の向きと一致している場合にのみパフォーマンスが低下しないのか、それとも、どちらか一方と一致していれば低下を免れるのかを確かめる試みが必要だと考えられる。

#### 1.2.6. 想像する領域の内外

前項で述べた検討によって、相対的方向判断における空間記憶の向きと身体の向きの効果が論理的な関係にあると実証できれば、空間表象の処理過程として以下のようなプロセスを推定できる。すなわち、われわれは、空間記憶をもとに、向きを持つ短期作業表象を構成し、これに



従って方向判断を行っており、この向きが身体の向きや基準方向と食い違う場合には、短期作業表象を回転させてこれらと向きを合わせようとする。こうしたプロセスを考えることで、上述した研究に関しては、整列効果という現象を説明することができる。

だが、この見方に当てはまらない研究も存在する。実験室環境を用いた May（2007）の実験 2 では、実験参加者が想起対象となる領域外にいる場合は、相対的方向判断を実施しても整列効果が非常に弱いという結果を報告している。彼らの結果を、ここまで述べてきた議論に沿って素直に解釈すれば、彼らの実験では、空間記憶をもとに構成された寒気作業表象に向きがなく、余分な操作が行われなかったことを意味する。つまり、空間記憶をもとに構成される短期作業表象には、向きが存在しないことを示唆している。

これまで議論した、空間記憶の向きと身体の向きの両者に着目した整列効果の研究では、少なくともどちらか一方の効果によって整列効果が生じることが示唆されており、この結果は、それらとは対照的である。なぜ、このような結果が得られたのであろうか。ここで注目すべきは、彼らの実験では、参加者が想起対象となる領域外にいたという点である。空間記憶の向きと身体の向きの両者に着目した整列効果の研究の多くでは、参加者が想起対象となる環境の中にいた。このことが、結果の違いを生んだのではないかと考えられる。

だが、このように結論づけるのは性急すぎるかもしれない。空間記憶、身体、基準方向の 3 者の向きの関係に応じて整列効果が観察されるのは先に述べたとおりである。しかしながら、May の実験では、判断時の基準方向の違いのみに着目しており、空間記憶および身体の向きを含めた 3 者の向きの対応については考慮していない。つまり彼らの実験では、

3 者の向きが全て一致した条件を除く，他の条件だけで検討を行っていたために，整列効果が見られにくかった可能性がある。

一方，Kelly et al.（2007）は，身体の向きや空間記憶の向きと基準方向との一致，不一致を考慮した上で，対象領域の内外での検討を行っている。彼はバーチャル空間を用いて実験室内の配置を実験参加者に学習させた後，学習時と同じ部屋か別室で同一の相対的方向判断課題を実施した。その結果，身体の向きの効果については対象領域内でのみ観察され，対象領域外では示されなかったものの，空間記憶の向きの効果は一貫して示された。

したがって，彼の知見を踏まえると，人は常に向きを持つ短期作業表象を構成して，利用している。また，対象領域外では構成された短期作業表象の向きを身体の向きに合わせる余分な操作が行われないうために，整列効果が弱まると考えられる。

だが，Kelly らの結果についても，実験参加者に対して，特定の方向を基準とした符号化を過度に促しているという懸念がある。Wilson & Wildbur（2004）は，位置関係の学習と課題のセットが1度しか行われない場合，実験参加者が最小限の努力で課題に対処しようと特定の向きのみを基準として位置関係を憶えるという結果を報告しており，この理由として，実験参加者が課題に有利な方略を十分に理解していない点を挙げている。Kelly らの実験では，位置関係の学習と課題のセットが1度ないし2度しか行われなかった。そのため，彼らの実験では，空間記憶の向きが強力に形成されてしまうことで，対象領域外でも向きを持つ短期作業表象しか構成できなかったのかもしれない。

一方，実験参加者が生活する日常環境を実験に用いれば，上述したような懸念は起こらない。日常生活では，相対的方向判断を求められるこ

とは珍しくなく、人々もそのことを承知した上で学習を行っているためである。つまり、移動中に経験した様々な向きを基準として位置関係の学習が進む。それゆえ、日常環境の方が、相対的方向判断に対する空間記憶の向きの影響力は弱いと考えられる。

このように、実験室環境で実施された先行研究の結果は、日常の認知活動を適切に測定できていない可能性がある。本研究の目的を明らかにするためには、実際に日常環境においても検討してみることが望ましいが、筆者が知る限り、領域外においてこの種の検討を行った研究はない。

実験室環境と日常環境には、それぞれ研究上の長所と短所がある。われわれが日常場面で方向判断を行うときには、空間記憶や自身の身体軸の他にも、周囲から得られる視覚、聴覚、嗅覚などの様々な情報を手がかりとしている。実験室環境での検討は、研究で取り上げない要因を極力、排除し、実験に必要な要因だけを操作できるという長所がある。空間認知に関する心理学研究の多くで、実験室環境が用いられるのもこのような理由による。その一方で、上述したように、学習頻度などが日常と大きく異なりすぎるために、検討対象となる要因の働きを過度に、もしくは過小に評価してしまう恐れがある。これに対し、大学のように人々が生活する日常環境を研究に用いる場合には、これとは逆の長所と短所がある。つまり、実際場面に即した検討ができる反面、研究で焦点を当てていない要因が結果に深刻な影響を及ぼしてしまう危険もある。

本研究の目的を明らかにするためには、実験室環境、日常環境の両方の研究が必要と考えられる。だが、前述したとおり、想像する領域外での検討に関しては、日常環境では行われていない。それゆえ、このような環境においても検討を行う必要があると考えられる。

### 1.3. 本研究の概要

この節では、ここまで述べてきた、相対的方向判断に関する先行研究の問題をまとめ、そこから導かれた本研究の目的について述べる。次に、その目的にアプローチするために本研究で行う実験について概観する。

#### 1.3.1. 先行研究の問題点と本研究の目的

1.2.6 までで述べたように、相対的方向判断を用いた先行研究から、判断者が想像する領域の中に存在する状態で課題が遂行された領域内研究では、地点間の位置関係は特定の向きで空間記憶内に保持されており、短期作業表象が空間記憶と同じ向きで構成された後、判断時の身体の向きや基準方向に合うように、回転操作されることが概ね示されてきた。だが、空間記憶の向きと身体の向きのうち、基準方向と一致する片方だけに基づいて短期作業表象が構成される可能性もあり、2種類のプロセスの区別が望まれる。一方、判断者が想像する領域の外にいる状態で課題を行った領域外研究では、空間記憶の向きや身体の向きが、空間表象の処理過程に関与する程度が弱まることが示されてはいるものの、その詳細な過程はやはり明らかにされてはいない。

このように、上記のような状況の違いに応じて空間表象の処理過程が動的に変化するのかどうかという問題について、先行研究では十分な答えが得られていない。本研究の第1の目的はこの問題を明らかにすることである。そのために、領域内と領域外のそれぞれの状況下で相対的方向判断課題を実施し、得られたデータに対して、空間記憶、身体、判断時の基準方向の3者の向きの異同に着目した分析手法を適用するこ

とで、空間表象の処理過程を詳しく検討する。

こうした新たな分析手法の導入に加えて、本研究では、日常環境と実験室環境を目的によって使い分け、それぞれで得られた結果を組み合わせた検討を行う。1.2.6の最後でも述べたように、日常環境と実験室環境を用いた実験にはそれぞれ長所と短所がある。そのため、想像する領域内、領域外での相対的方向判断のプロセスの検討は、どちらの環境でも行われていることが望ましい。領域内での検討は日常環境、実験室環境のどちらでも実験が行われているものの、上述したような2種類のプロセスの区別はされていない。一方、領域外での検討は、実験室環境でしか実験が行われておらず、日常環境についての知見が欠けている。本研究では、両環境において先行研究で検討が不足している点を補うために、領域内に関しては日常環境と実験室環境の方法で、また領域外に関しては、日常環境に絞って検討を行う。

### 1.3.2. 空間記憶の向きの形成過程

ここまでの議論では、空間記憶に向きが存在することを実証する研究を1.2.2で紹介し、これをもとに話を進めてきた。本研究で空間記憶の向きを考慮した実験的検討を行う際にも、この要因が存在し、状況次第で空間表象の処理過程に影響を与えていることが前提となる。ところが、空間学習を通して空間記憶に向きが形成される理由については、未だに統一的な見解が存在しない。そのため、現状では、空間記憶の向きを想定することが妥当であることを理論的に説明しきれず、この要因を考慮して相対的方向判断のメカニズムを検討することへの懸念を生む。

本研究の第2の目的は、空間記憶の構成過程について矛盾する先行研究の結果を統一的に説明する理論を提案し、実験で検証することである。

空間記憶の向きがなぜ形成されるのかという問題を考える上で、Presson & Hazelrig (1984) と Palij et al. (1984) の研究は非常に興味深い。なぜならば、両者は、配置を構成する地点数が異なる点を除き、全く同じ実験手続きを用いて空間記憶の向きの形成の有無を調べたにもかかわらず、互いに相反する結果を報告しているからである。

Presson & Hazelrig (1984) は、全体が見渡せないように実験参加者を閉眼状態にして、実験者の誘導のもと、4 地点からなる経路を3 回歩いて学習させた。その後、学習された配置について相対的方向判断を行わせた。その結果、判断時の基準方向に関係なく、判断パフォーマンスが一定であったことから、彼らは、獲得された空間記憶には、空間記憶の向きが形成されなかったと結論づけた。

一方、5 地点からなる経路を用いた以外は Presson & Hazelrig (1984) と同じ手続きで実験を行ったにもかかわらず、Palij et al. (1984) は、空間記憶の向きが形成されたことを示唆する結果を得ている。すなわち、移動学習を開始する際に実験参加者が向いていた身体の向き、つまり学習開始方向を基準として判断を行う場合と比べ、その逆向きを基準として判断を行う場合のパフォーマンスが低かった。

Palij et al. (1984) と Presson & Hazelrig (1984) は、自分たちの実験結果についてそれぞれ独自に解釈をしている。Palij らは、Levine (1982; Levine, Marchon, & Hanley, 1984) の一連の知見を踏まえて自分たちの結果を解釈している。Levine によると、地面に垂直に設置された地図 (e.g., 壁に貼られた地図) を利用する際、人は、自身に対して上向きに示される地図の方角が前方であると見なし、この向きを基準として描画された諸地点の位置関係を理解する傾向がある。このような地図の向きは、人が周辺地理を把握するために立っている向きと一致するか否かによって

使いやすさに差を生じさせる。Palijらは、こうした物理的な地図の利用に関する法則を空間記憶にも適用し（Levine et al., 1982 も参照）、移動学習の際、人が学習開始時の前方を上向きと見なし、この向きを基準として諸地点を符号化した心的地図を貯蔵するために、空間記憶の向きが生じるのだと解釈した。

しかしながら、もしこうした記憶形成の過程が一般化できるならば、Presson & Hazelrig（1984）の実験でも彼らと同じ結果が得られるはずである。だが、Presson & Hazelrig（1984）の実験結果では、空間記憶の向きは示唆されなかった。それゆえ、Palijらの解釈は、空間記憶の向きの獲得の有無を説明する一般原理には成り得ていないと考えられる。

一方、Presson は、一連の実験結果（Presson et al., 1987; Presson & Hazelrig, 1984）から、移動学習時に限定してではあるが、学習時に人が様々な方向に身体を向けることが向きを持たない空間記憶を形成するために重要であると結論づけた。もし仮に、彼の主張を空間記憶の向きの有無を決める原理とするならば、Palij et al.（1984）の実験でも空間記憶の向きを示唆しない結果が得られたはずである。なぜならば、彼らの実験でも、Presson & Hazelrig（1984）の場合と全く同様に、人が様々な方向へ身体を向けながら各地点を移動するやり方で配置の学習を実施しているためである。だが、それにもかかわらず、Palij et al.（1984）の実験結果では、Presson の主張に反して空間記憶の向きの存在が示唆された。このことは、Presson の主張もまた、なぜ空間記憶の向きが生じるのか、もしくはなぜ生じないのかを理解するための説明原理として不十分であることを示唆している。

以上のように、彼らのうちのどちらの立場に立っても、互いの結果の食い違いが十分に説明されるとは言い難い。また、Presson & Hazelrig

(1984) と Palij et al. (1984) 以降の研究でも、どちらか一方の主張に従って議論を進めるものが多く、筆者の知る限り、2 人の実験結果の矛盾を解決する試みは行われていない。上述したような矛盾する結果を整合的に説明するための新しい観点として、Palij et al. (1984) が、Presson & Hazelrig (1984) の 4 点経路よりも 1 点多い、5 地点からなる経路を使用した点に着目すべきかもしれない。なぜならば、我々の認知容量には限りがあるため、配置を構成する地点数の増加とともに、それらの空間的な位置関係を適切に把握し符号化することが困難になると考えられるからである。たとえば、Kemps (1999, 2001) によると、我々が短期的に保持可能な視空間刺激の個数には限りがあると言われている。また、Wang, Crowell, Simons, Irwin, Kramer, Ambinder, Thomas, Gosney, Levinthal, & Hsieh (2006) は、記憶する地点数が増加するほど、移動に伴う身体と各地点の位置関係の変化を計算し、身体の向きを基準としたときの配置を心内で更新することが難しくなるという結果を報告している。このため、記憶しなければならない地点数の増加に伴い、自身の認知容量を超えない程度に記憶の負担を軽減する必要性が生じ、特定の一方方向だけを基準として諸地点の位置関係を確実に憶えることがより促されると考えられる。もし、この配置の複雑さという観点に立つならば、Presson & Hazelrig (1984) と Palij et al. (1984) の両方で結果が異なった理由を次のように説明できる。すなわち、Presson & Hazelrig (1984) が実験に使用した 4 点経路と比較して、Palij et al. (1984) が使用した 5 点経路の方が、記憶に要する認知的負荷が高いため、移動中の様々な身体の向きを基準として地点間の位置関係を把握し、符号化することがより難しかったということである。そのため、Presson & Hazelrig (1984) の実験参加者は、複数方向から配置を符号化したのに対し、Palij et al.



(1984)の実験参加者は、単一方向で配置を符号化せざるを得なかったのだと考えられる。そこで本研究では、移動経路の複雑さが空間記憶の向きの形成にかかわるかどうかを検討する。具体的には、4点経路および、この経路に1点を加えた5点経路の2種類の経路を用いて、移動学習と相対的方向判断課題を実施し、空間的に全く同一の判断を求めた場合のパフォーマンスの比較を経路間で行う。もし、移動経路の複雑さが空間記憶の向きの形成に影響を与えるならば、次のような結果が得られると予測される。まず、4点経路を刺激に用いた場合には、判断時の基準方向に関係なく、パフォーマンスは同程度になると予測される。一方、5点経路を刺激に用いた場合には、判断時の基準方向が学習開始方向と一致する場合と比較して、不一致である場合の方がパフォーマンスが低下すると予測される。

### 1.3.3. 本研究の構成

最後に、本研究の構成について説明する (Figure. 2)。1章では、相対的方向判断課題を用いた先行研究を概観した上で、これまで明らかにされてこなかった空間表象の処理過程に関する問題点を指摘するとともに、これを解決するための新しい方法論を提案した。また、空間表象の処理過程に関わる空間記憶の向きの形成について、過去の研究間の結果の矛盾を指摘し、これらを統一的に説明するための新しい仮説を提案した。

2章から4章では、第1章で述べた問題を検討し、得られた知見に基づいて空間表象の処理過程を論じる。

2章では判断者、基準地点、目的地点の全てが同一閉領域内に存在する状態で、相対的方向判断課題を実施し、得られたデータは、空間記憶、

身体，基準方向の3者の向きの異同に着目して分析する。この分析に基づき，空間表象の処理過程として，空間記憶および身体の向きの効果が論理的な関係になるプロセス，あるいは論理的な関係になるプロセスのどちらが正しいかを区別する。また，このような試みは，実験参加者が生活する日常環境と，実験室環境のどちらでも行われていない。そのため，まず実験参加者が良く知る日常環境で検討し（実験1），次に，実験室内において，一方向からの配置の学習を徹底した上で，同様の検討を行う（実験2）。

3章では，2章と同様の検討を，判断者だけが領域外に存在する状況で実施し，領域の内と外のどちらで課題を行うかという状況の違いによって，空間表象の処理過程が動的に変化する可能性を追究する。これまで対象領域外での検討は実験室環境でのみ行われており，そこでは，空間記憶の向きと基準方向の一致，不一致のみが相対的方向判断に影響を及ぼした。つまり，領域外でも向きを持つ短期作業表象が構成されることが示唆された。しかしながら，この結果は，長期的な学習経験がなかったために得られた可能性があり，日常の認知活動を適切に測定できているとは言い切れない。そこで，実験参加者が生活している日常環境に絞って実験的検討を行い，相対的方向判断時に向きを持たない短期作業表象が構成されるかどうかを調べる（実験3，4）。そして，この結果と2章の結果を踏まえ，想起対象となる領域の内外で空間表象の処理過程が変化するかどうかを検証する。

4章では，本研究で使用する日常環境の空間記憶に向きが存在することを改めて確認した後（実験5），空間記憶の向きの形成過程を説明する理論を検証するための実験を行う（実験6）。その上で，空間記憶の向きの形成過程や，この要因を組み込んだ空間表象の処理過程が妥当か

どうかを論じる。

5 章では，以上の実験的検討の結果を総合して，相対的方向判断における空間表象の処理過程について概略的なモデルを提案する。そして最後に，本研究の結論や今後の展望を 6 章で述べる。

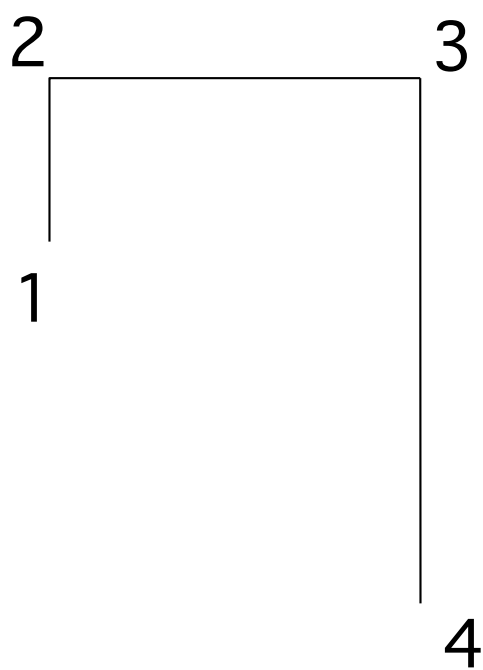


Figure 1 4点経路の地図

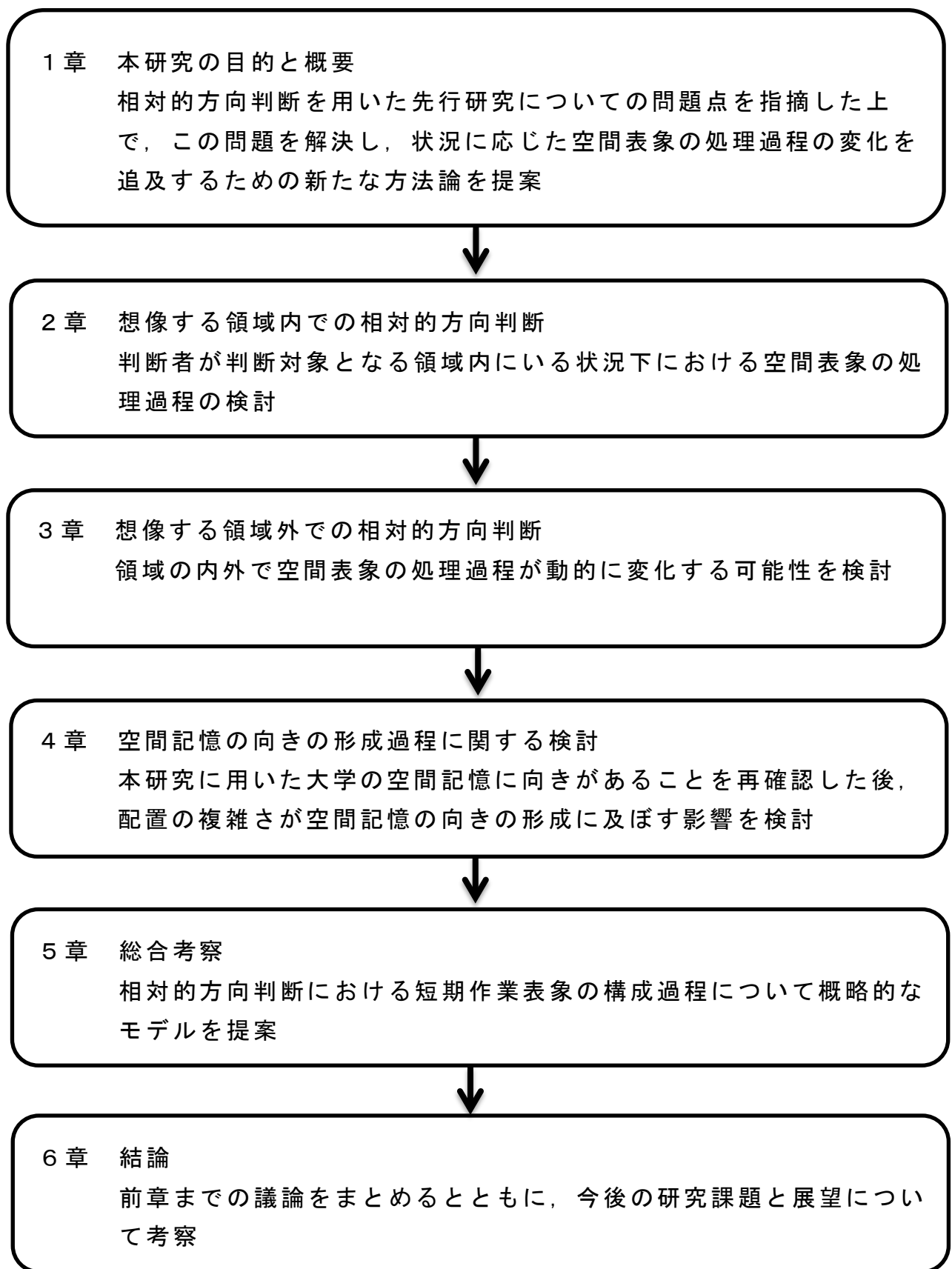


Figure 2 本研究の概要図

## 2 章

### 想 像 す る 領 域 内 で の 相 対 的 方 向 判 断

本章では、判断者が判断対象となる領域内にいる状況下での空間表象の処理過程について、相対的方向判断課題を用いて検討する。先行研究に基づくと、領域内では、空間記憶の向きと同じ向きで短期作業表象が構成され、身体の向きや基準方向に合うように回転操作を行う過程が存在すると考えられる。これは、空間表象の処理過程において、空間記憶の向きと身体の向きの効果が論理積的な関係になるプロセスである。だが、現段階では、別の可能性として空間記憶の向きと身体の向きのうち、判断に有利な一方の要因に基づいて短期作業表象が構成される可能性も残されている。こちらは、両者の効果が論理和的な関係になるプロセスといえる。

これら2種類のプロセスを区別するため、得られたデータは、空間記憶、身体、基準方向の3者の向きに着目して分析する。もし論理積的なプロセスが成り立つならば、3者の向きが全て一致する場合とそれ以外の場合の比較において整列効果が観察されるだろう。これに対し、論理和的なプロセスが成り立つならば、3者の向きが全て不一致の場合と一致する場合とそれ以外の場合の比較において整列効果が見られると予測される。

## 2.1. 大学構内での検討（実験1）

実験1では、実験参加者が生活する大学を用いて、空間記憶、身体、判断時の基準方向の3者の向きの異同と整列効果の関係を調べた。この際、空間記憶のみを頼りに方向判断が行われるようにするため、判断対象となる目的地点が知覚的に把握できない状況を設定した。

Thorndyke, & Hayes-Roth（1982）の研究では、大学に半年程度、在籍することで、構内の位置関係を十分に記憶できることが報告されて

いる。また、空間記憶の向きの存在を示した松井（2006）の研究でも、大学への在籍期間が半年以上の学生を実験参加者としている。そこで、実験1では、本課題の遂行に十分な空間知識を有する実験参加者を集める目安として、課題の対象となる大学に半年以上在籍している学生を実験参加者に用いた。

## 方法

**実験参加者** I 大学に半年以上通う大学生27名（男性7名，女性20名）が個別に実験に参加した。

**材料と課題** I 大学構内の南側に窓がある部屋が、実験室として使用された。また、相対的方向判断課題で使用する地点として、7地点（図書館，守衛所，S会館，講堂，理学部棟，サークル棟，グラウンド）が選ばれた（Appendix 1）。

相対的方向判断の問題が40題作成された。そのうち8題が分析対象問題，残りの32題が分析対象外の問題であった。分析対象問題は，指示する方向に偏りが生じないようにするため，構内の中央付近に存在する図書館を基点として，四方のいずれかの目的地点の方向を指示する判断が選ばれた。そのうち，図書館を現在位置として身体が南を向いているようにイメージをさせて方向判断を行わせる問題4題が基準方向 S 条件，図書館を現在位置として身体が北を向いているようにイメージをさせて方向判断を行わせる問題4題が基準方向 N 条件とされた。また，仮想的な現在位置の決定に使用される地点が課題全体で一箇所に固定されてしまうと，直前の試行で想起した情報を保持したまま，同じ情報を次の試行でも使用するという方略を促す恐れがあることから，様々な地点を仮想的な現在位置として方向判断をさせる問題32題が分析対象外の問題



に選ばれた。また、本課題を始める前の練習問題が別に 5 題作成された。

相対的方向判断課題では、次の 3 種の画面が順次ディスプレイに呈示された ( Figure 3 参照 )。1 枚目は準備画面であった ( Figure 3a )。2 枚目は、方向指示を行う際の基準方向の決定画面であり、二つの地点名が表示された ( Figure 3b )。3 枚目は方向指示画面であり、自分が向いている前方の地点を示す黒塗りの長方形と円、および長方形の上に、方向判断の対象となるターゲットが表示された ( Figure 3c )。このとき、マウスのカーソルは円の中心に置かれるように設定された。また、実験参加者がどの方向を指し示しているかを分かりやすくするため、カーソルを動かすと、この尖端と円の中心を結ぶ線分が表示された。画面呈示と反応の記録には、IBM 社製 ThinkPad とマウスが用いられた。制御用プログラムは、Visual Basic を用いて作成された。

実験参加者の空間記憶の向きを測定するため、大学構内の地図を描かせる課題が設けられ、B5 版の白紙が使用された。

**手続き** 実験は実験参加者ごとに行われた。彼らは南側に窓がある部屋に案内され、その部屋に置かれたテーブルに南向きに着席した。

実験に用いる I 大学構内の 7 つの地点を知っているかどうかを実験参加者に確認したあと、コンピュータを用いた方向判断課題が実施された。まず画面に「準備ができたならマウスを左クリックしてください。」と表示された ( Figure 3a )。クリックすると、画面が切り替わり、次に「あなたは〈地点 A〉にいます。前方に〈地点 B〉があります。」という文章により、実験参加者がイメージする基準方向が呈示された ( Figure 3b )。実験参加者は、この方向を向いているところをイメージし、イメージが完成したらマウスをクリックするよう求められた。基準方向の決定画面が呈示されてからマウスがクリックされるまでが、向きの決定に

要した時間として計測された（Figure 4）。実験参加者がクリックを行うと、今度は、円と自分が向いている前方の地点を示す黒塗りの長方形、およびその上に方向判断のターゲット〈地点C〉が表示された（Figure 3c）。実験参加者は、画面の上方向がイメージ中の前方と考えるよう教示され、それに対するターゲットの方向をマウスを動かして指示し、決定したところでマウスをクリックすることが求められた。その際、円の中心に置かれたカーソルの移動距離を実験参加者ごとに統制するため、できるだけ画面上に表示された円周付近でクリックを行うように教示された。方向指示画面が呈示されてからマウスがクリックされるまでが、判断時間として計測された（Figure 4）。また、円の中心で直交する座標軸が分割する四象限のうち、クリック時のカーソル位置がどの象限にあったかが記録された。この一連の作業は、練習試行で5題、本試行で40題実施された。なお、本試行では、問題の呈示順序は実験参加者ごとにランダム化されていた。また、方向判断課題終了後、使用した構内7地点の配置を白紙のB5用紙に描くという地図描画が実験参加者に課された。

## 結果

まず、描画課題に基づいて、南向きに地図を描いた場合を地図の向きS群（16名）、北向きに地図を描いた場合を地図の向きN群（11名）とする群分けが行われた。次いで、8つの分析対象問題について、正位置と同じ象限がクリックされた場合を正答、それ以外を誤答とし、正答試行の向き決定時間および判断時間の逆数変換値を算出した。

誤答率、向き決定時間、判断時間の3つの指標について、地図の向き（地図の向きS、地図の向きN）を被験者間要因、判断時の基準方向

(基準方向 S, 基準方向 N) を被験者内要因とする 2 要因混合分散分析を行った (Table 1 参照)。その結果, 誤答率では, 判断時の基準方向と地図の向きの交互作用が有意であった ( $F(1, 25)=19.52, p<.0005$ )

(Figure 5 参照)。単純主効果の検定を行ったところ, 地図の向き S では, 判断時の基準方向が北向きのときには, 南向きの場合と比較して誤答が増加した ( $F(1, 50)=7.32, p<.005$ )。一方, 地図の向き N では, 地図の向き S とは逆傾向の結果であった ( $F(1, 50)=12.55, p<.0005$ )。向き決定時間では, 主効果や交互作用は何も検出されなかった (Figure 6 参照)。

一方, 判断時間では, 基準方向の主効果が有意であり ( $F(1, 25)=10.36, p<.005$ ), イメージ内で方向判断を行う際に基準となる向きが北向きである場合は, 南向きの場合と比較して判断が遅かった。さらに, 判断時の基準方向と地図の向きの交互作用が有意であった ( $F(1, 25)=5.25, p<.05$ )

(Figure 7 参照)。単純主効果の検定を行ったところ, 地図の向き S では, 判断時の基準方向が北向きの場合, 南向きである場合と比較して判断が遅かった ( $F(1, 25)=15.18, p<.05$ )。他方の地図の向き N では, 両者間の判断速度に差異は生じていなかった ( $F(1, 25)=0.43, n.s.$ )。また, 判断時の基準方向が南向きのときは, 地図の向き S と比較して, 地図の向き N の判断が有意に遅かったが ( $F(1, 50)=4.17, p<.05$ ), 北向きのときには, そのような差異はみられなかった ( $F(1, 50)=0.20, n.s.$ )。

## 考察

実験 1 では, 方向判断の対象となる目的地点が知覚的に把握できない状況を設定した上で, 相対的方向判断課題を実施した。空間記憶 (地図の向き), 身体, 判断時の基準方向の 3 者の向きの異同と整列効果の関

係を調べるため、Figure 5, 6, 7 に表されている 4 つの条件において 3 者の向きの組み合わせがどうなっていたかを表に整理した (Table 2 参照)。誤答率では、地図の向き S, 地図の向き N の両方で整列効果が観察され、前者では、判断時の基準方向が北向きのときに、南向きの場合と比較して誤答が増加したのに対し、後者では、それとは傾向が逆であった (Figure 5 参照)。この誤答率の結果を Table 2 と対照させると、身体の向きとは無関係に、判断時の基準方向が地図の向きと不一致の場合に誤答が多くなることが示された。つまり、誤答率では、空間記憶の向きの影響のみが観察され、身体の影響は観察されなかった。しかしながら、相対的方向判断の過程で多少の混乱が生じたとしても、それが全てエラーに反映されるわけではない。

そこで、次に向き決定時間および判断時間の指標について同様の分析を行った。まず、向き決定時間では、一切の有意差が観察されず、空間記憶の向きと身体の影響のいずれの効果も示唆されなかった (Figure 6 参照)。一方、判断時間では、地図の向き S においてのみ、判断時の基準方向が北向きである場合に判断時間が長くなるという整列効果が観察された (Figure 7 参照)。この判断時間の結果を Table 2 と対照させると、3 者の向きが全て合致した場合に最も判断時間が短く、基準方向が地図の向きと身体の影響の一方とでも不一致の場合は判断時間が長くなることを示された。つまり、論理的な効果が示唆された。すなわち、どちらか一方に基づいて方向判断を行えるように判断の仕方を切り替えることが難しかったと考えられる。

こうした 2 つの時間の指標間の結果の相違は、課題遂行の難易度の違いによるものではないかと考えられる。本実験の場合、向き決定の段階では、1 つの場面を思いうかべるだけで良かったのに対し、方向判断の

段階では、その場면을保持しながらさらに目的地点の方向をできる限り正確に心内で推測しなければならなかった。したがって、後者の方がより詳細な短期作業表象の構成や操作を行う必要があったため、空間記憶の向きや身体の向きがより判断にかかわりやすかったと推測される。

実験1では、各実験参加者の空間記憶の向きを基準として地図描画がなされると仮定していた（天ヶ瀬, 1994; 松井, 2006; 内藤, 2000a）。しかしながら、地図を描画する際には、描画者が把握する自身の身体の向きを基準として、この向きが地図の上向きと一致するように描かれやすいことを示唆する知見も存在する（e.g., 天ヶ瀬, 1993）。そのため、本来、北向きでキャンパスの配置を符号化している実験参加者が身体の向きに合わせて南を上にした地図を描いた可能性がある。また、南向きで配置を符号化している実験参加者が、習慣に従って北を上にして地図を描いた可能性もある（e.g., 内藤, 2000b）<sup>2</sup>。それらによって、本実験で想定していた地図分類の前提が崩れてしまったかもしれない。しかしながら、空間記憶の向きを前提とする限り、そのようなデータの汚染はいずれの場合も交互作用を減少させることになるため、むしろ本実験のような結果を得られにくくする。したがって、当初の地図分類の仮定に立って本結果を解釈しても、それほど的外れではないと考えられる。

このように、本実験では、日常環境内での検討を通して、空間記憶の向きと体の向きの効果が論理的になるプロセスが示唆された。ただ、このプロセスが正しいかどうかは、実験室内ではまだ検討されていない。より厳密に統制された条件下での検討は、本実験の結果を確証する上で

---

<sup>2</sup> 実験参加者の描画地図は、Appendix 1の構内図のように、大学の外壁や道路を基軸として南側か北側が上になるようにして描かれており、南北の方位軸とは多少のズレがあった。だが、実験参加者が、そうした基軸が方位と一致すると見なして配置を記憶することは良くあるため（e.g., 若林, 1999）、本研究でも習慣に従った描画法の影響が考えられた。

も役立つ。そこで実験 2 では、室内環境において、実験参加者が配置を符号化する向きを厳密に統制した上で実験 1 と同様の検討を行った。

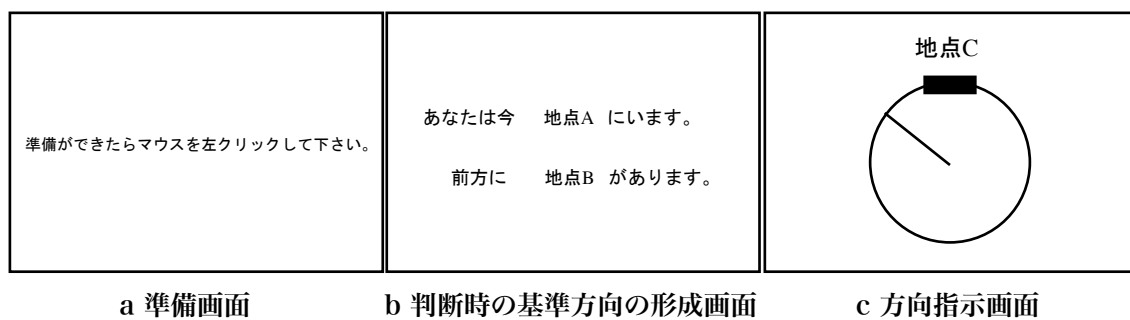


Figure 3 相対的方向判断課題での刺激画面例

方向指示画面の黒塗りの長方形は、想像上の前方地点（地点B）を表している。また、実験参加者が指し示す方向を分かりやすくするために円の中心とマウスカーソルの先端を結ぶ線分が表示された。

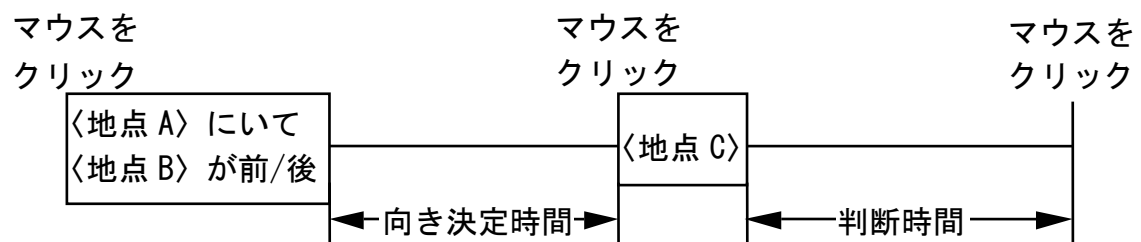


Figure 4 反応時間の測定方法



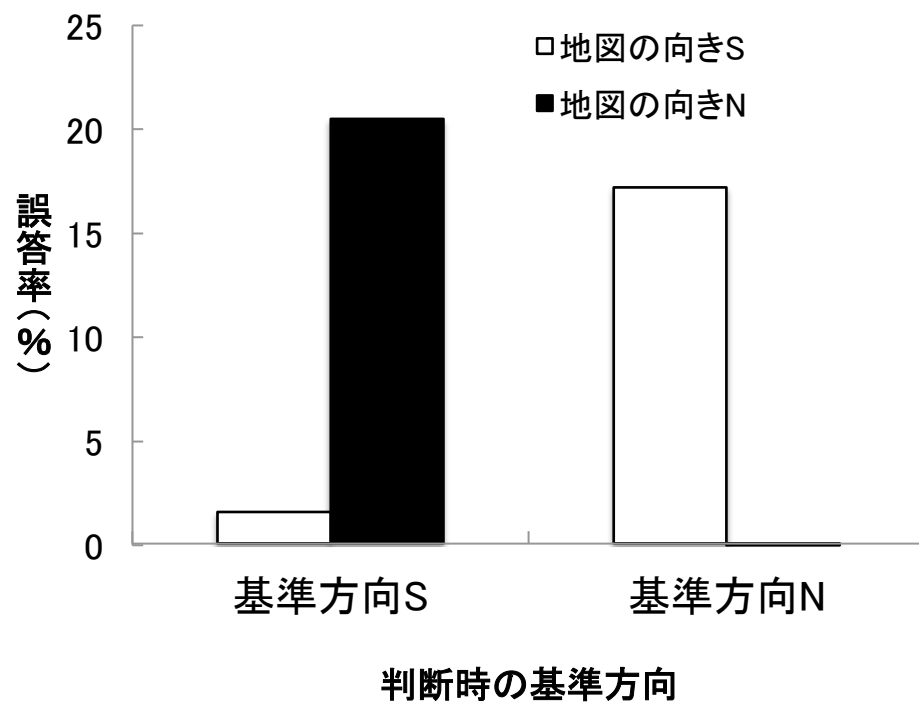


Figure 5 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる誤答率の変化  
(実験1)

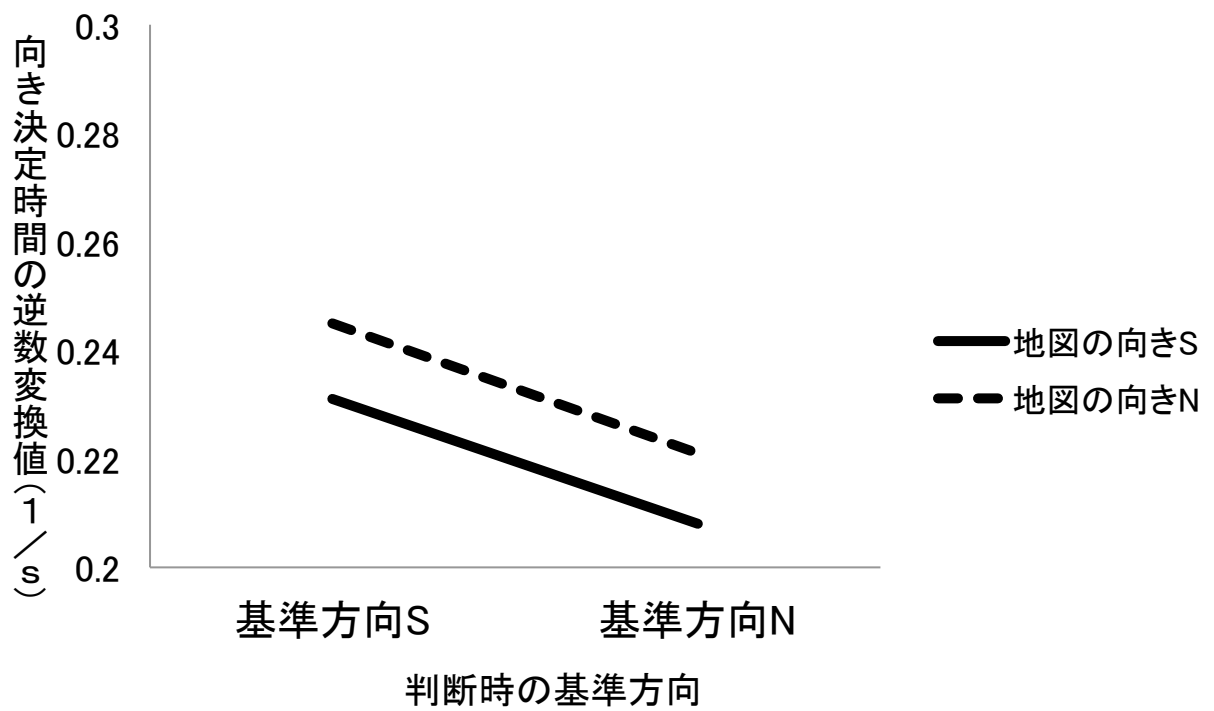


Figure 6 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる向き決定時間の変化（実験1）

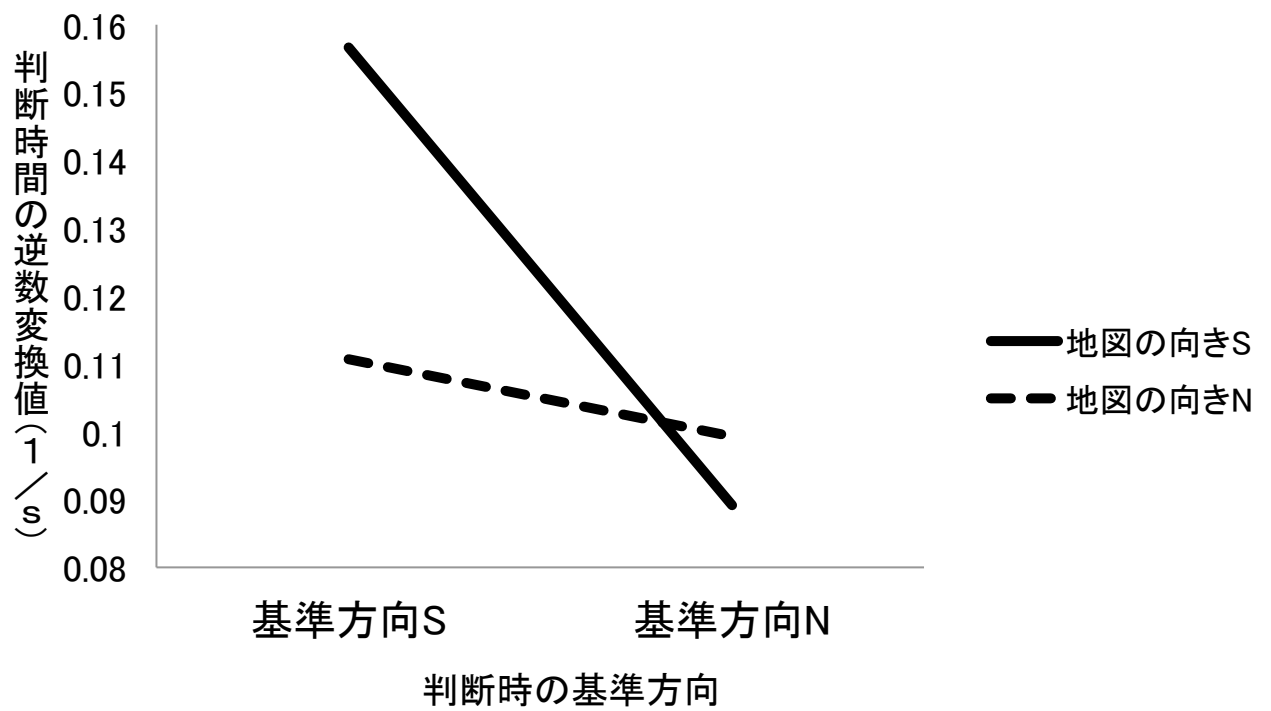


Figure 7 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる判断時間の変化（実験1）

Table 1

実験 1 の誤答率，および正答の向き決定時間と正答の判断時間の  
逆数変換値（括弧内は標準偏差）

| 条件      | 誤答率         |             | 向き決定時間      |             | 判断時間        |             |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|         | 基準方向 S      | 基準方向 N      | 基準方向 S      | 基準方向 N      | 基準方向 S      | 基準方向 N      |
| 地図の向き S | 1.60 (6.25) | 17.2 (17.6) | 0.23 (0.08) | 0.21 (0.06) | 0.16 (0.08) | 0.09 (0.04) |
| 地図の向き N | 20.5 (27.0) | 0.00 (0.00) | 0.25 (0.13) | 0.22 (0.08) | 0.11 (0.06) | 0.10 (0.05) |

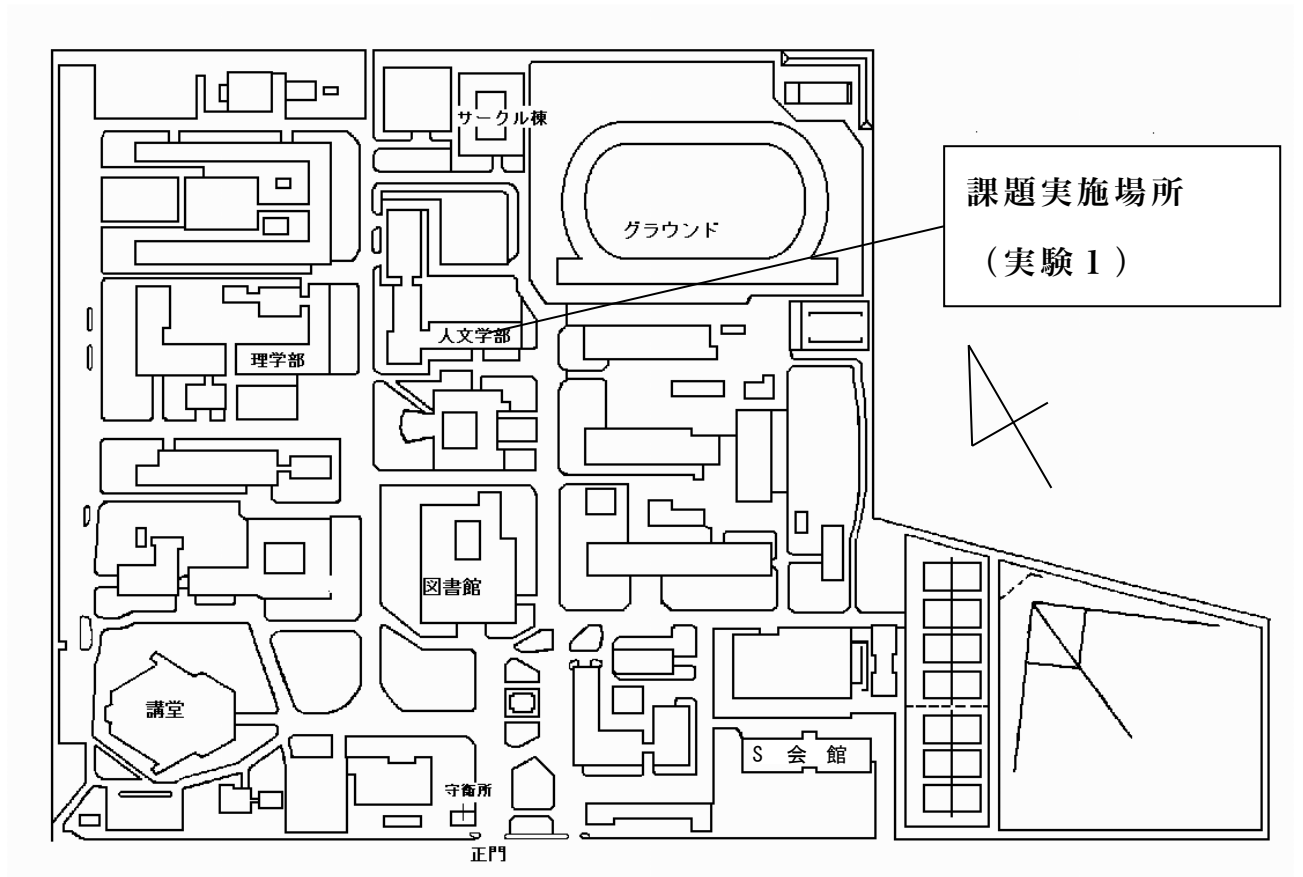
Table 2

地図の向き，身体の向き，判断時の基準方向の3者の向き（実験1）

| 課題条件           | 地図の向き | 身体の向き | 判断時の基準方向 |
|----------------|-------|-------|----------|
| 地図の向き S-基準方向 S | ↓ S   | ↓ S   | ↓ S      |
| 地図の向き S-基準方向 N | ↓ S   | ↓ S   | ↑ N      |
| 地図の向き N-基準方向 S | ↑ N   | ↓ S   | ↓ S      |
| 地図の向き N-基準方向 N | ↑ N   | ↓ S   | ↑ N      |

## Appendix 1

### 本実験で使⽤した I 大学構内図



## 2.2. 実験室内での検討（実験2）

実験2では、空間記憶、身体、空間記憶の3者の向きと整列効果の関係について、実験室内でより厳密に条件統制をした上で検討を行った。具体的には、先行知見にならい（e.g., 松井, 1997b; Mou & McNamara, 2004; Presson & Hazelrigg, 1984; Presson, et al, 1987; Waller, et al., 2002 ），実験参加者に対し、方向判断の対象となる配置を1つの方向からの観察でのみ学習させることで、彼らが配置を符号化する向きを統制した。

なお、本実験では、Waller et al.（2002）が行ったように、学習時の配置の向きを全実験参加者で同じ方向に固定し、課題遂行時の彼らの身体の向きを操作した。その上で、実験1と同じく、空間記憶の向きと身体の向き、ならびに判断時の基準方向の3者の向きの異同を分類し、それぞれのパフォーマンスを比較した。また、判断対象となる目的地点を視認できない状況を設定するため、本実験では、実験参加者に目隠しをさせた状態で相対的方向判断課題を実施した。

## 方法

**実験参加者** 28名の大学生（男性12名、女性16名）が個別に実験に参加した。

**材料と装置** 観察によって学習される配置として、Presson ら（Presson & Hazelrigg, 1984; Presson, et al., 1987）が実験に使用したのと同様の4点経路が使用された。その具体例を Figure 8 に示す。この4点経路は、数字の付いた4つの地点と 1.65m , 2.05m , 3m の3本の線分からなり、その形状は実験参加者から見て逆U字型であった（2線分間の角度は共に90°）。また、これに加えて、経路の前後を反転させたU字型のパターンが作成された。同様にして、実験参加者から見て逆U字型に

135 °， 45 ° の角度（各線分の長さは， 0.95m ， 2.7m， 3m ）で構成された 4 点経路と， その U 字型のパターンが別に作成され， 計 4 種類の配置が課題で使用された。

課題で使用される問題は， 各経路に含まれる 4 つの地点を用いて 1 つの経路配置につき 16 題作成された。すなわち， 4 地点それぞれにおいて南北どちらかの向きで立っているとして， 正面または真後ろになる地点以外の 2 地点の方向判断を求めた。正面または真後ろになる地点は， 例えば， 「4 にいて 3 が前」というように， 判断時の基準方向を教示するために用いた。南向きを基準として判断を行う問題 8 題が基準方向 S 条件， 北向きを基準として判断を行う問題 8 題が基準方向 N 条件とされた。相対的方向判断課題における判断時の基準方向の形成， ならびに方向判断のターゲットの呈示を行うために， 音声刺激が用意された。また， 試行開始の合図として ping 音， 反応完了の合図として beep 音が準備された。合図を示す音声の呈示と反応記録には， Apple 社製 iBook G4 およびマウスが用いられた。制御用プログラムは， Real Basic を用いて作成された。課題時の音声刺激を常に同じ位置から実験参加者に呈示するため， ヘッドフォンが使用された。実験参加者の身体の向きの操作には， 回転椅子が使用された。また， 相対的方向判断を行う際に， 実験参加者が配置を見渡せなくするために目隠しが使用された。

**手続き** 実験は実験参加者ごとに行われた。実験室に案内された実験参加者は， 課題の一連の流れを説明された後， 北向きに着席させられた。次いで， 彼らの背後の床に最初に学習する 4 点経路が設置された。設置が完了すると， 実験参加者は目隠しを付け， その状態で椅子を 180 ° 回転させて南を向いた（ Figure 8 参照）。実験参加者は， 実験者の合図とともに目隠しを外して配置の学習を開始し， 30 秒後の終了の合図とともに



に再び目隠しを付けることが求められた。学習終了後、彼らは、そのまま南を向いた状態を保つか、あるいは椅子を 180 ° 回転させて北を向いた状態になるかのいずれかの指示を受けた。

そして、彼らは、ヘッドフォンを装着して相対的方向判断課題を行うことが求められた。実験参加者がマウスをクリックすると、2 秒後に ping 音になり、試行が開始された。まず、「〈地点番号〉にいて〈地点番号〉が前（または後）」といった音声により、実験参加者がイメージする地点と向きが呈示された。実験参加者は、この方向を向いているところをイメージし、イメージが完成したらマウスをクリックするよう求められた。実験参加者がクリックを行うと方向指示の対象となるターゲット〈地点番号〉が音声呈示された。実験参加者は、先ほどイメージした地点からターゲットの方向に向けてマウスを動かすことが求められた。約 3cm 動かすと、beep 音によって反応完了の合図がされた。この課題は、16 題実施された。

その後、実験参加者は、ヘッドフォンを一度外してから椅子を 180 ° 回転するように伝えられた。そして、再度、彼らはヘッドフォンを装着し、先ほどと同一の課題を行うよう求められた。このような学習と課題遂行の一連の作業は、4 つの異なる経路配置について行われた。4 種類の経路配置の学習順序と、課題時に呈示される問題の順番は、実験参加者ごとにそれぞれランダム化された。また、南北どちらに身体が向いた状態で最初に課題が実施されるかは、実験参加者ごとにカウンターバランスが取られた。

## 結果

実験 2 では、16 題からなる相対的方向判断課題が、刺激配置 4 種類 ×

身体の向き 2 種類の計 8 回実施された。こうして得られた 128 試行のデータについて、正位置と同じ象限がクリックされた場合を正答、それ以外を誤答とし、正答試行の反応時間の逆数変換値が算出された。

誤答率、向き決定時間、判断時間の 3 つの指標について、実験参加者の身体の向き（身体の向き S、身体の向き N）と判断時の基準方向（基準方向 S、基準方向 N）を被験者内要因とする 2 要因分散分析を行った（Table 3 参照）。その結果、誤答率では、基準方向の主効果のみが有意であり（ $F(1, 27)=5.784, p<.05$ ），判断時の基準となる向きが北向きの場合、南向きの場合と比較して誤答が多かった（Figure 9 参照）。向き決定時間では、判断時の基準方向の主効果のみ有意となり（ $F(1, 27)=8.463, p<.01$ ），判断時の基準となる向きが北向きの場合、南向きの場合と比較して時間が長くかかった（Figure 10 参照）。

一方、判断時間では、判断時の基準方向の主効果が有意であり（ $F(1, 27)=8.65, p<.01$ ），判断時の基準となる向きが北向きの場合、南向きの場合と比較して判断が遅かった。さらに、判断時の基準方向と身体の向きの交互作用が有意であった（ $F(1, 27)=7.60, p<.05$ ）（Figure 11 参照）。単純主効果の検定を行ったところ、まず、身体の向き S 条件では、判断時の基準となる向きが北向きの場合、南向きの場合と比較して判断が遅かった（ $F(1, 54)=15.49, p<.0005$ ）。一方、身体の向き N 条件では、両者間の判断速度に差異は生じなかった（ $F(1, 54)=1.27, n.s.$ ）。また、判断時の基準方向が南向きのときは、身体の向き S 条件と比較して、身体の向き N 条件の判断が遅くなった（ $F(1, 54)=5.08, p<.05$ ）。基準方向が北向きのときには、そのような差異はみられなかった（ $F(1, 54)=0.13, n.s.$ ）。先に南北どちらに身体を向けて課題を行ったかが課題に影響を及ぼしたかどうかを確かめるため課題実施順を含めた 3 要因被験者内分散分析も行っ

たが、課題実施順の主効果および他の要因との交互作用のいずれも有意ではなかった。

## 考察

実験 2 では、実験室内において、配置を一方向からのみ学習させた上で相対的方向判断課題を実施した。実験 1 の場合と同様に、空間記憶（学習方向）、身体、判断時の基準方向の 3 者の向きの組み合わせがどうなっていたかを表に整理した上で（Table 4 参照）、これに沿って得られたデータを分析した。

まず誤答率では、課題遂行時の実験参加者の身体の向きに関係なく基準方向が北向きのときに誤答が増加するという整列効果が観察された。Table 4 と対照させると、身体の向きとは無関係に、判断時の基準方向が学習方向と不一致の場合に誤答が多くなることが示された。つまり、誤答率では、実験 1 と同様に空間記憶の向きの効果のみが観察された。

次に、向き決定時間および判断時間の指標について同様の分析を行った。向き決定時間では、実験参加者の身体の向きに関係なく、判断時の基準方向が北向きである場合に時間が長くなるという整列効果が観察された。この結果のパターンは誤答率の場合と同じであり、空間記憶の向きの効果のみが観察されたことを示唆している。一方、判断時間の場合、実験参加者が南向きの条件では、基準方向が北のときにより時間がかかった。しかし、実験参加者が北向きの条件では、基準方向による判断時間の違いはなく、そのような整列効果は見いだされなかった。Table 3 と対照したところ、3 者の向きが全て合致した場合に、最も判断時間が短く、それ以外の場合は、いずれも同程度の時間であった。つまり、実験 1 同様、論理的な効果が示唆された。すなわち、基準方向が学習時の

向きか実際の身体の向きかのどちらか一方と一致しているだけでは、判断を行うことが難しかったと考えられる。

ただし、実験 2 では実験 1 とは異なり、向きを決定する段階で学習方向の影響が見られており、これは、両実験で用いられた空間記憶の機能が必ずしも完全に同じではないことを示唆している（e.g., 松井, 1997b）。だが、身体の向きに関しては、実験 1 同様、この段階では効果が見られなかった。また、判断段階では、上記のとおり、3 者の向きがすべて合致した場合にのみ判断が速かった。これらのことから、両実験で測定された空間記憶の向きは、その特徴が根本的に異なっていたのではなく、課題への影響力に違いがあったのではないかと考えられる。すなわち、様々な向きから配置の学習が行われる場合と比較して、単一方向から配置が学習される場合の方が、空間記憶の向きがより強く形成されるということである。そのため、実験 2 では、想像上の地点に特定の向きでいる場面を想起させる段階でも、学習方向の影響が見られたと考えられる。一方、身体の向きも含めた両者の効果については、実験 1 と同様、地点間の位置関係について、より詳細な想起や心的操作が必要とされる判断段階においてのみ観察されたのだと推測される。

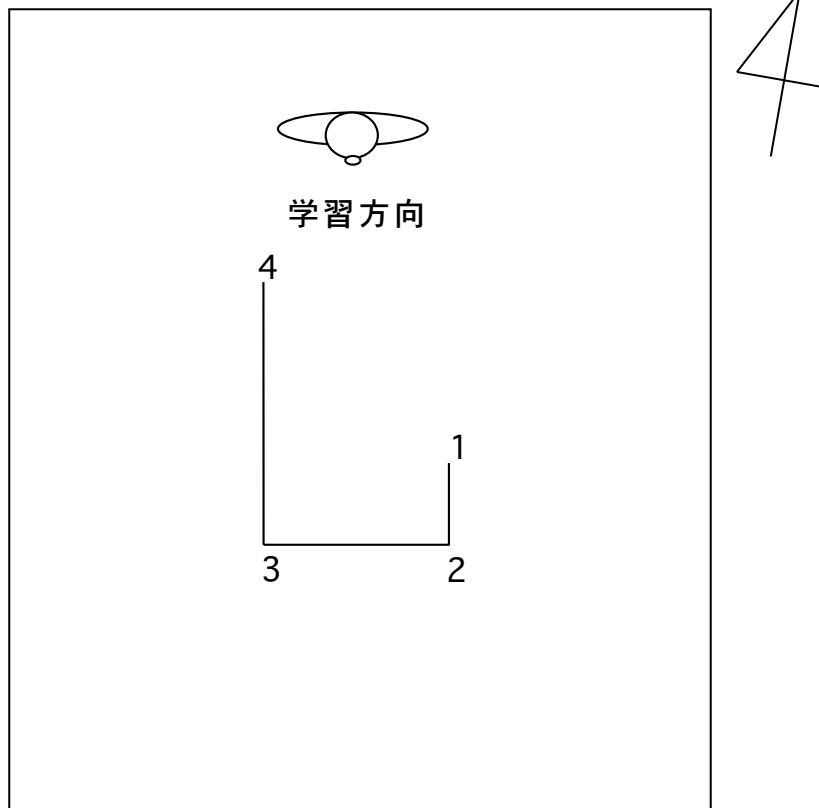


Figure 8 実験室内における刺激配置の学習例

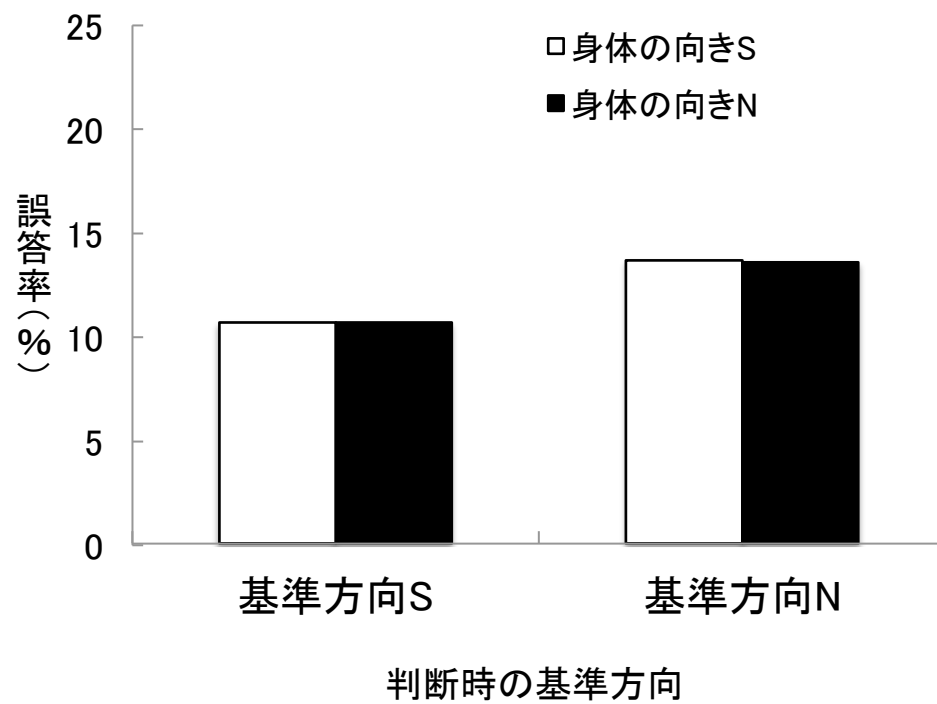


Figure 9 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる誤答率の変化  
(実験 2)

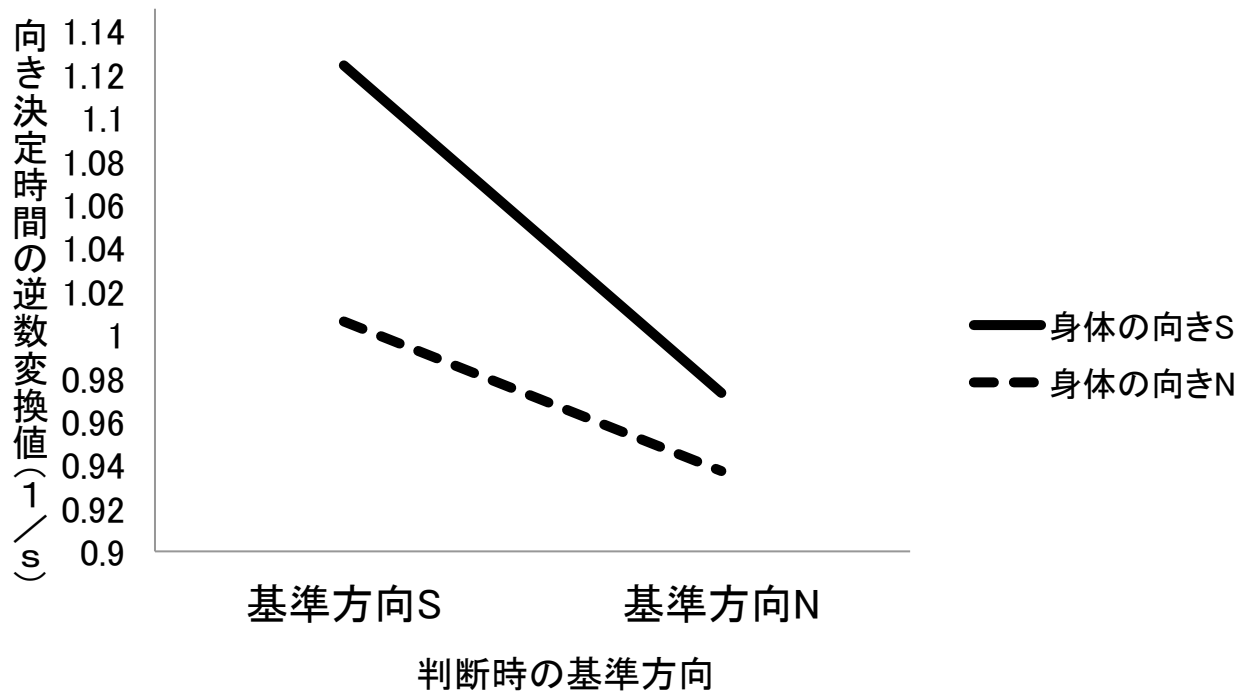


Figure 10 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる向き決定時間の変化  
(実験2)

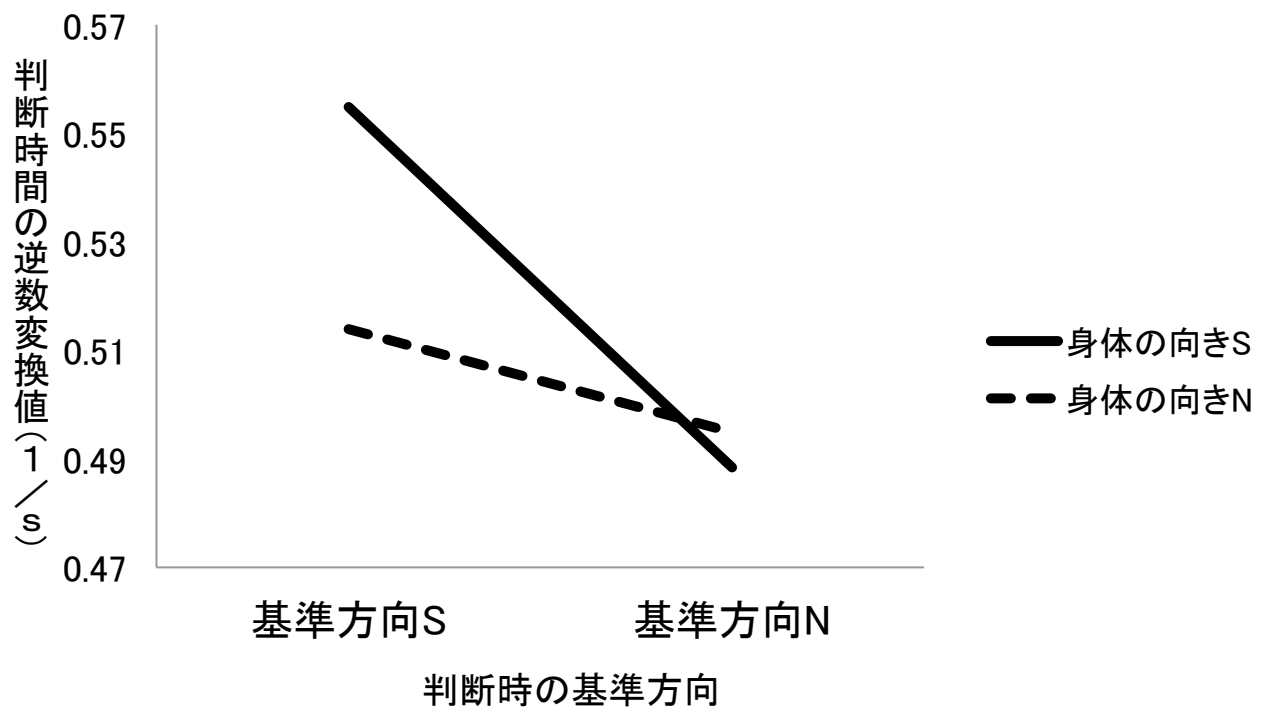


Figure 11 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる判断時間の変化  
(実験2)



Table 3

実験 2 の誤答率，および正答の向き決定時間と正答の判断時間の  
逆数変換値（括弧内は標準偏差）

| 条件      | 誤答率         |             | 向き決定時間      |             | 判断時間        |             |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|         | 基準方向 S      | 基準方向 N      | 基準方向 S      | 基準方向 N      | 基準方向 S      | 基準方向 N      |
| 身体の向き S | 10.7 (11.0) | 13.7 (13.6) | 1.12 (0.76) | 0.97 (0.66) | 0.56 (0.17) | 0.49 (0.17) |
| 身体の向き N | 10.7 (9.05) | 13.6 (12.4) | 1.00 (0.56) | 0.94 (0.59) | 0.51 (0.15) | 0.50 (0.16) |

Table 4

学習方向，身体の向き，判断の基準方向の3者の向き（実験2）

| 課題条件            | 学習方向 | 身体の向き | 判断時の基準方向 |
|-----------------|------|-------|----------|
| 身体の向き S -基準方向 S | ↓ S  | ↓ S   | ↓ S      |
| 身体の向き S-基準方向 N  | ↓ S  | ↓ S   | ↑ N      |
| 身体の向き N-基準方向 S  | ↓ S  | ↑ N   | ↓ S      |
| 身体の向き N-基準方向 N  | ↓ S  | ↑ N   | ↑ N      |

### 2.3. 領域内での検討結果についての一般的考察

2章では、想像する領域内において、空間記憶、身体、判断時の基準方向の3者の向きの異同と整列効果の関係を調べた。

まず、誤答率の指標を見ると、日常環境（実験1）および実験室内（実験2）のいずれの実験においても、身体の向きに関係なく、判断時の基準方向が空間記憶の向きと一致するか否かでパフォーマンスが変化することが示された。すなわち、相対的方向判断に対する空間記憶の向きの効果だけが示唆され、身体の向きの効果は示唆されなかった。したがって、誤答率だけを指標として見るならば、日常環境における実験参加者の身体の向きは判断に何の影響も及ぼさなかったように見える。しかし、実験1、2の考察で検討したとおり、正答の時間の指標を参照すると、判断時間の結果では、論理積的な効果が示された。一方、向き決定時間は、実験1では何の変化もなく、実験2では方向判断の基準方向が学習時の向きと不一致の場合に長くなった。この2つの時間の指標で示される結果の相違は、各段階における課題遂行の難しさの違いによるものと考えられる。すなわち基準方向を決定する段階では、ある場面を思いうかべることだけが求められたのに対し、実際に方向判断を行う段階では、その場面を保持しながら目的地点の正確な方向まで判断する必要があった。このように、判断段階の方がより詳細な短期作業表象の構成や操作を求められたため、判断に対する空間記憶の向きと身体の向きの両方の効果が結果に表れやすかったのだと解釈される。

また、実験1、2の結果を合わせて考えると、両実験で用いられた空間記憶は、向きそれ自体の特徴が全く異なっていたのではなく、その影響力に差があったのではないかと考えられる。つまり、様々な方向から配置を眺める経験をしている場合（実験1）よりも、単に一方向から配

置を観察する場合（実験２）の方が、空間記憶の向きがより強く形成されるということである。そのため、実験２でのみ、空間記憶の向きの効果が向き決定時間で観察されたのだと推測される。

以上のことから、判断時間の結果をもとに考えると、正答した多くの試行では、論理積的な関係を持つ判断プロセスが働いていたと考えられる。このプロセスとして、空間記憶の向きと同じ向きで短期作業表象を構成し、この向きを身体の向きや基準方向と合わせようとする過程が考えられる。この場合、空間記憶、身体、基準方向の３者の向きが全て一致しない限り余分な操作が必要となり、整列効果が生じる。想像する領域内に自分がいる場合は、こうしたやり方で短期作業表象を構成し、判断を行っていたと推測される。

また、このような空間表象の構成過程は、われわれが、特定の向きから見た配置を自然に感じるといった意識性を生みだすことにもつながると思われる。先行研究では、環境の配置を考える際に、経験的に好きな配置の向き（e.g., 松井, 2006; Tlauka & Nairn, 2004）や身体の向き（e.g., 天ヶ瀬, 1993; 松井, 1997a, 松井, 1997b; Waller et al., 2002）が意識され、これが方向判断に影響を及ぼすという、意識性に基づく解釈がされてきた。上述した空間表象の処理過程に従えば、空間記憶の向きと同じ向きで短期作業表象を構成する際、また、この短期作業表象の向きを身体の向きに合わせる際にそうした意識性が生まれると考えることができるだろう。

このような整列効果が生起するプロセスは一見すると不合理に思えるかもしれない。しかしながら、これには、過去経験を想起する情報の選択の幅を狭めることで、迅速な想起を可能にするというメリットの可能性も考えられる。たとえば、MacEachren（1992）の実験では、一方向か

ら地図を学習させる場合と比べ、10方向から地図を学習させる場合の方が方向判断に要する時間が全体的に長くなるという結果が得られており、このことは情報選択の幅が想起の速さに影響していることを示唆している。また、Tlauka & Nain (2004) は、複数方向から学習した地図の記憶にも向きが存在するという自身の実験結果とそうした知見を踏まえ、両者の整合性を取るための解釈を行っている。それによると、1つの可能性として、複数方向からの空間学習では、それぞれの向きで地点間の位置関係が記憶されており、その中でもある一方向を基準としたものがより好んで記憶されることが考えられるという。MacEachren と Tlauka らの示唆を、本研究の実験1に当てはめると、われわれが生活する日常環境の空間記憶に向きが形成されており、これに頼ることで整列効果が生じる仕組みは、むしろ合理的だともいえるだろう。

同様のことは、身体の向きと基準方向の一致、不一致が整列効果の原因になる点にも指摘できる。生物にとって周囲の空間を知ることの最も重要な目的は、自身が餌場などの目的地に迷わずにたどりつくことである。それゆえ、生物の空間認知システムは自らが移動するために最適化されていると考えられる。構成された短期作業表象の向きを身体の向きに合わせる仕組みは、自身が素早く行動を開始する上では都合がいい。おそらく、われわれが想像する領域内いる場合は、こうした生態学的な目的に従って、たとえば、実際に移動する必要がないときでも、比較的、自然に短期作業表象の向きを身体の向きに合わせてしまうのだと推測される。

本研究では、実験1の実験参加者は移動学習で得られた空間記憶を主に頼りながら課題を遂行していたと考えている。しかし、この点については、次のような批判があるかもしれない。それは、実験1の課題遂行

中にパソコンのディスプレイを実験参加者に見せていたことにより、その画面上に地図のイメージを投影することが促された可能性である。つまり、実験参加者は、移動学習による空間記憶ではなく、むしろ一方向から学習した地図（e.g, 学内地図）の記憶をもとに方向判断を行っていた可能性がある。しかしながら、先行研究では、このような場合、基準方向を向いている場面を想像する段階で整列効果が生じることが報告されているが（松井，2006），実験1の向き決定時間では整列効果は全く観察されなかった。それゆえ，地図の記憶を頼りに方向判断を行ってはいない，あるいは少なくともそれほど強く誘導されることはなかったと推測される。

ただ，その一方で，相対的方向判断の過程は可変的であることを示すデータも存在している（e.g., May, 2007; Waller et al., 2002）。たとえば，Waller et al.（2002）によると，実験参加者の自由なやり方で課題を行わせた場合には，空間記憶と身体の両方の向きの効果が観察されたのに対し，課題遂行のやり方を教示で指定した別の実験では，どちらの効果も実質的に消失したという。また，May（2007）は，想像する領域の外で課題を実施した場合には，整列効果が弱まるという結果を報告している。

Kelly et al.（2007）の実験でも，対象領域外では，空間記憶の向きの効果だけが示されるという結果を報告している。それゆえ，本章で示した相対的方向判断の過程は，実験参加者が想像する領域内にいる場合にのみ成り立つのかもしれない。言い換えると，相対的方向判断時の短期作業表象の構成過程は，状況に応じて動的に変化している可能性がある。もしそうであれば，こうした短期作業表象の変化も含めた空間表象の処理過程を解明していく必要があるだろう。

しかしながら，現段階では，上述した可能性が十分に検証されている

とはいいがたい。Kelly et al. (2007) の結果は実験室環境で得られたものであるが、序論で述べたとおり、その結果を実験 1 で用いたような日常環境にそのまま適用できるとは限らないからである。そこで、次の 3 章では、実験 1 で用いた大学の構外近隣に実験参加者がいる場合の相対的方向判断のプロセスについて検討を行う。

### 3 章

## 想 像 す る 領 域 外 で の 相 対 的 方 向 判 断



### 3.1. 大学構外近隣の検討：大学全体が前方にある場合（実験3）

2章では、大学構内で相対的方向判断課題を実施し、空間記憶、身体、判断時の基準方向の3者の向きが全て一致した場合に最も判断が速く、いずれか一つでも向きが異なる場合は判断が遅いという結果を得た。この結果を受け、想起対象となる領域内での相対的方向判断過程では、空間記憶と同じ向きで短期作業表象が構成され、これを身体の向きや基準方向に合わせる回転操作が行われているのだろうと推測した。ただ、想起対象となる領域の外に実験参加者が存在する場合は、相対的方向判断における空間表象の処理過程が領域内とは異なる可能性が考えられた（Kelly et al., 2007; May, 2007）。この可能性を検討するため、本実験では、実験1と同一の課題を大学構外近隣で実施し、異なる結果が得られるかを調べた。

#### 方法

**実験参加者** I大学に半年以上通う大学生25名（男性15名、女性10名）が個別に実験に参加した。

**材料と課題** I大学構外の北側にある神社の境内にテーブルを設置し、そこを実験場所として使用した（Appendix 2）。それ以外の、材料と課題は実験1と同一であった。

**手続き** 境内に案内された実験参加者は、南向きで着席した。このとき、彼らは、前方に大学の外柵や構内の建物の一部を見ることができたが、判断対象となる建物や地点を直接見ることはできなかった。実験手続きは実験1と同一であった。

#### 結果

南向きに地図を描いた場合を地図の向き S 群（13名）、北向きに地図を描いた場合を地図の向き N 群（12名）とする群分けを行った。8つの分析対象問題（基準方向 S 条件が4題、基準方向 N 条件が4題）については、正位置と同じ象限がクリックされた場合を正答、それ以外を誤答とし、実験参加者ごとに正答試行の向き決定時間および判断時間の逆数変換値を算出した。

誤答率、向き決定時間、判断時間の3つの指標について、地図の向き（地図の向き S、地図の向き N）を被験者間要因、判断時の基準方向（基準方向 S、基準方向 N）を被験者内要因とする2要因混合分散分析を行った（Table 5）。その結果、誤答率では判断時の基準方向の主効果が有意であり（ $F(1, 23)=4.44, p<.05$ ）、基準方向 Nの方が誤答率が高かった（Figure 12 参照）。一方、向き決定時間と判断時間では主効果と交互作用のいずれも有意ではなかった（Figure 13, 14 参照）。

## 考察

実験3における空間記憶、身体、判断時の基準方向の3者の向きの組合せは実験1と同様であった（Table 2）。まず、誤答率では、地図の向きに関係なく、判断時の基準方向が北向きである場合に誤答率が高いという整列効果が観察された。この結果をTable 2と照らし合わせると、地図の向きとは無関係に、判断時の基準方向が身体の向きと不一致の場合に誤答が多いことがわかる。よって誤答率だけみると、大学構外近隣にいた実験参加者は、空間記憶をもとに、自身の身体の前後左右の軸に合わせた短期作業表象を構成し、この表象を基準方向に合うように心内で回転させて判断を行っていたように見える。この理由として、課題遂行時に現在地から対象領域を眺められたことが挙げられる。前方に大学が

あると知覚することで、実験参加者は左右の判断さえ行えば、自身の身体軸を基準とした目的地点の方向を大まかに知ることができた。このように実験3では知覚された大学の一部が課題遂行の有力な手がかりとなり、積極的に利用されたことで、本結果が得られたのかもしれない。

だが、誤答率で見られた傾向は試行全体の傾向を反映しているといえるのだろうか。そもそも各条件の誤答率は、最大でも16.7%（地図の向きS-基準方向N条件）に過ぎず、実験参加者はほとんどの試行で正答していた。したがって、大勢の傾向を知るためには、正答試行のパターンに着目する必要があるだろう。そこで次に、正答試行の向き決定時間および判断時間の指標を参照したところ、空間記憶、身体、基準方向の3者の向きに関係なく、いずれも速さは一定であり、整列効果は観察されなかった。

それゆえ、試行全体とまでは言えないものの、ほとんどの試行の傾向として、実験参加者は、余分な心的回転をせずに課題を遂行していたと考えられる。よって、結果を総合すると、構外近隣に存在した実験参加者は、空間記憶から引き出した情報に対して回転操作を加えることなく、判断で要求される位置関係の短期作業表象を概ね構成できたと推測される。

実験3では大学の外柵を視認できる状態で相対的方向判断課題を行った。上述したとおり、このことが対象領域と自分との位置関係を考える際の有力な手がかりとなった可能性がある。そこで、実験4では、本実験と同じ場所で、大学全体を背にした状態で課題を実施した。

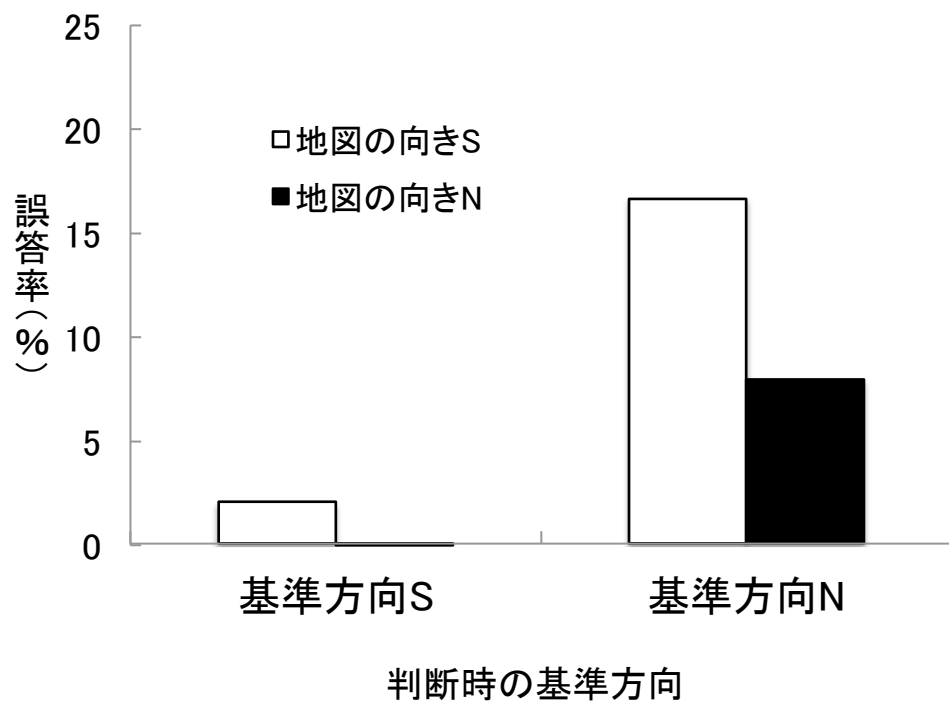


Figure 12 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる誤答率の変化  
(実験3)

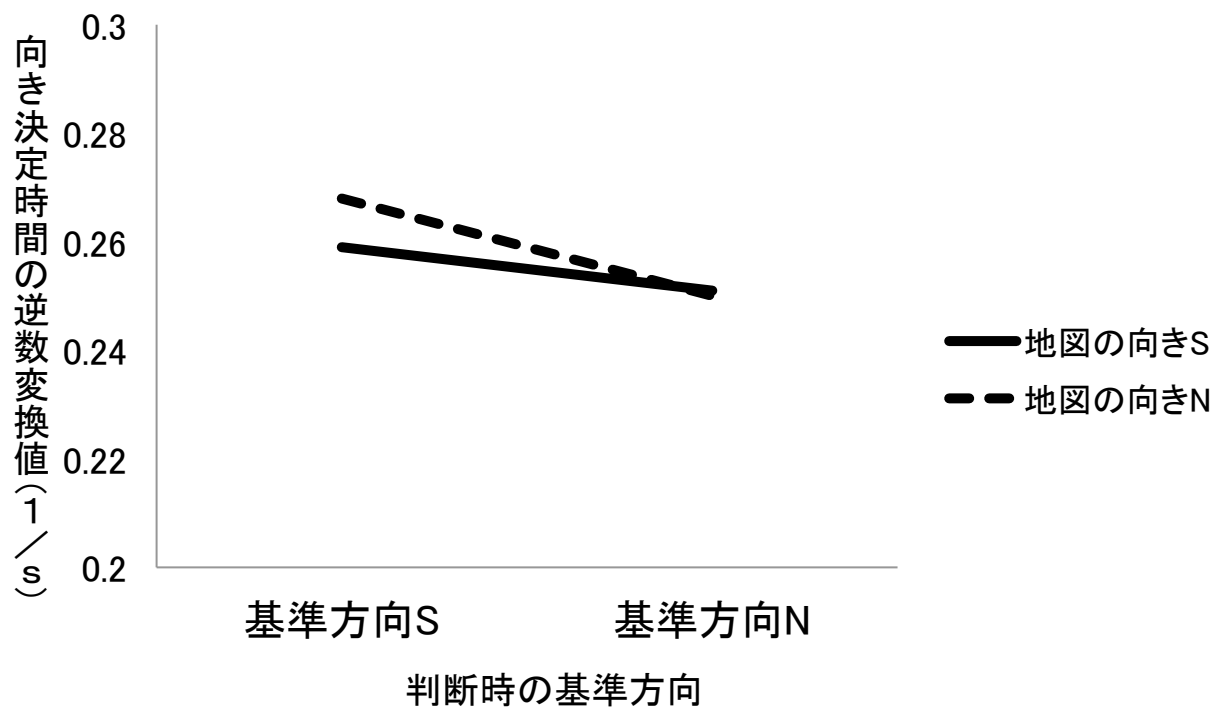


Figure 13 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる向き決定時間の変化  
(実験3)

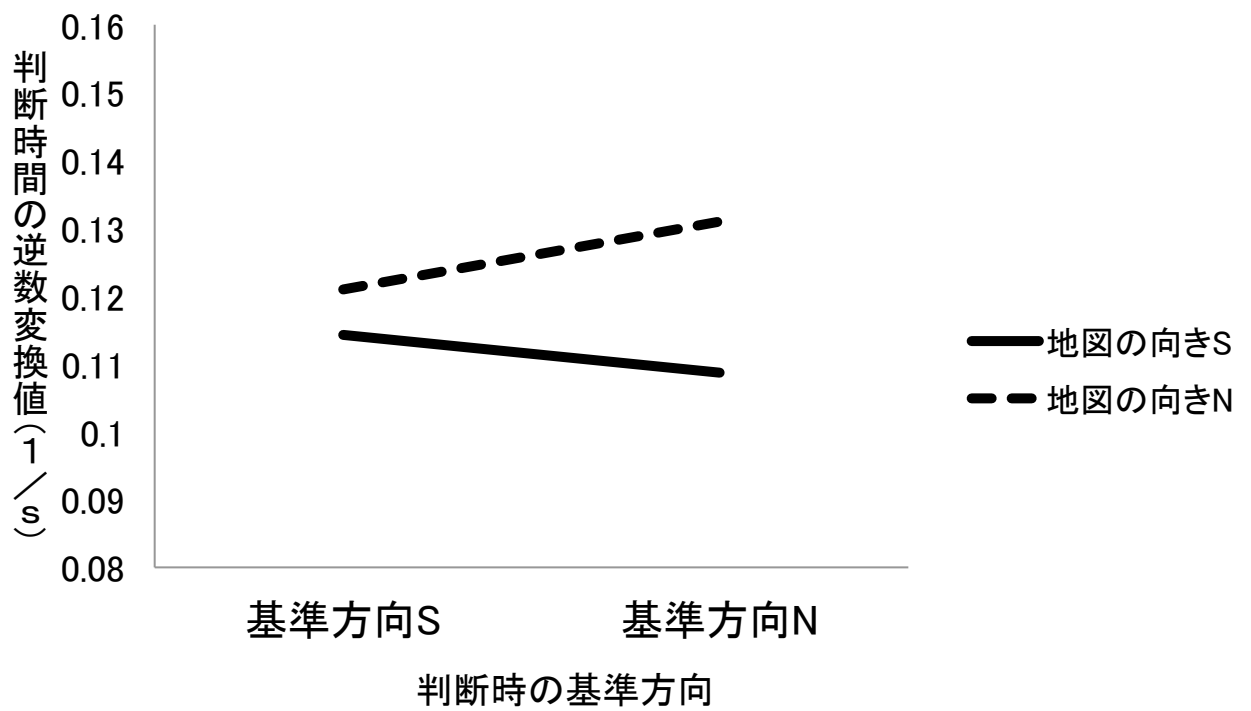


Figure 14 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる判断時間の変化  
(実験3)

Table 5

実験 3 の誤答率，および正答の向き決定時間と正答の判断時間の  
逆数変換値（括弧内は標準偏差）

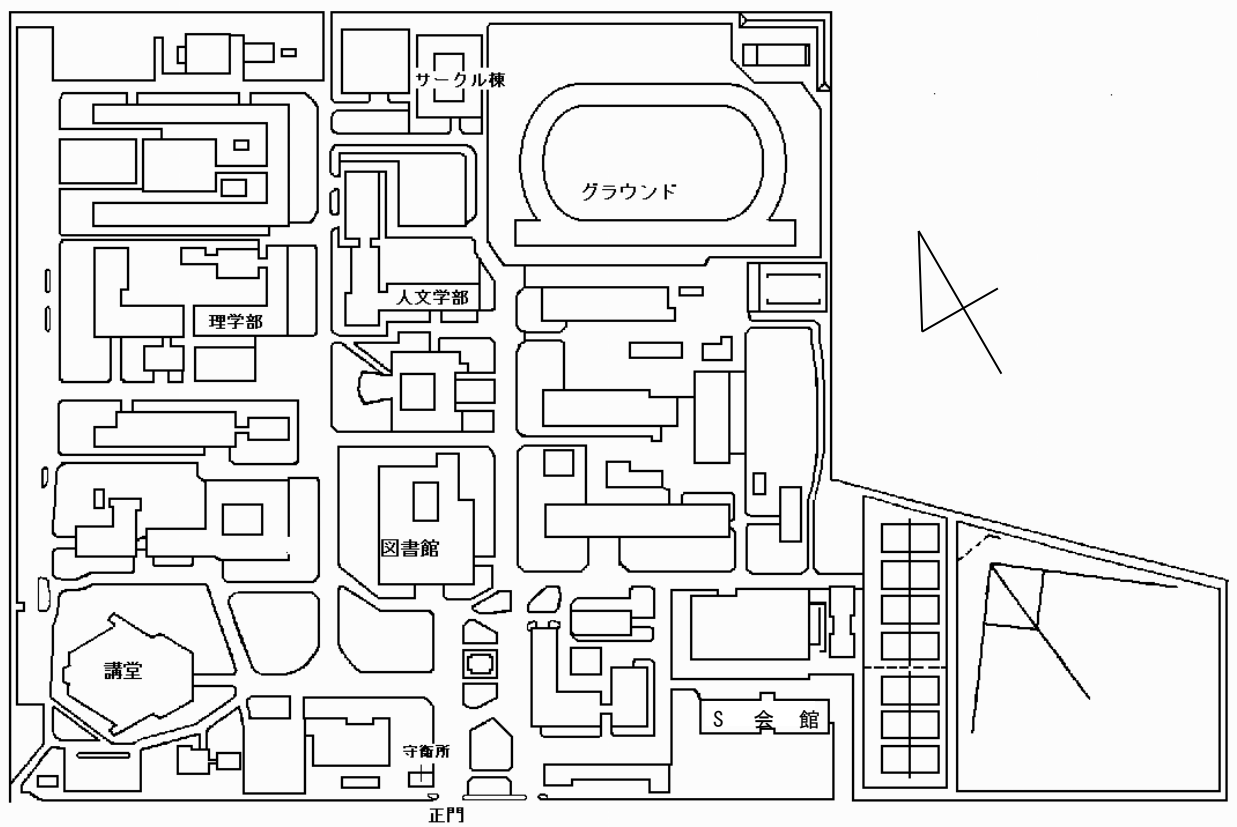
| 条件      | 誤答率         |             | 向き決定時間      |             | 判断時間        |             |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|         | 基準方向 S      | 基準方向 N      | 基準方向 S      | 基準方向 N      | 基準方向 S      | 基準方向 N      |
| 地図の向き S | 2.08 (6.91) | 16.7 (29.5) | 0.26 (0.07) | 0.25 (0.08) | 0.11 (0.07) | 0.11 (0.05) |
| 地図の向き N | 0.00 (0.00) | 7.69 (18.0) | 0.27 (0.15) | 0.25 (0.13) | 0.12 (0.08) | 0.13 (0.07) |

## Appendix 2

### 実験 3 の実験実施場所

● — 神社

大学との距離は約100m





### 3.2. 大学構外近隣での検討：大学全体が後方にある場合（実験4）

実験4では、実験参加者が想像する領域外におり、かつその領域に対して背を向けている状態で、実験3と同様の検討を行った。

#### 方法

**実験参加者** I 大学に半年以上通う大学生20名（男性10名，女性10名）が個別に実験に参加した。

**材料と課題** 実験3と同一の材料と課題を使用した。

**手続き** 境内に案内された実験参加者は大学に対して背を向ける形で北向きに着席させられた。実験手続きは実験3と同一であった。

#### 結果

描画課題に基づいて、南向きに地図を描いた場合を地図の向きS群（7名），北向きに地図を描いた場合を地図の向きN群（13名）とする群分けを行った。8つの分析対象問題（基準方向S条件が4題，基準方向N条件が4題）については，正位置と同じ象限がクリックされた場合を正答，それ以外を誤答とし，実験参加者ごとに正答試行の判断時間の逆数変換値を算出した。

誤答率，向き決定時間，判断時間の3つの指標について，地図の向き（地図の向きS，地図の向きN）を被験者間要因，判断時の基準方向（基準方向S，基準方向N）を被験者内要因とする2要因混合分散分析を行った（Table 6 参照）。その結果，いずれの指標でも，主効果および交互作用は有意ではなかった（Figure 15, 16, 17 参照）。

#### 考察

実験4の手続きは、実験参加者が北向きに身体を向けて着席しており、大学構内が彼らの背後にあること以外は、実験3と同一であった。しかしながら、実験3の結果とは異なり、実験4では、誤答率でも整列効果が観察されなかった。これは、課題遂行時に想像するI大学の外柵を目にしていたかどうかの違いと考えられる。実験3の実験参加者は、目的地点を視認することはできなかったものの、前方に大学があると知覚することで、これをもとに左右の判断さえ行えば、自身の身体軸を基準とした目的地点の方向を大まかに知ることができた。つまり、実験参加者が目にしている大学の一部が課題遂行の有力な手がかりとなった。そのため、実験3では自身の身体軸に合うように位置関係の短期作業表象を心内で操作することが促され、誤答率のみではあるが身体の向きの効果が観察されたのだと推測される。一方、実験4では、そうした知覚的な促進がなくなったために、この効果が全く観察されなかったのだと考えられる。

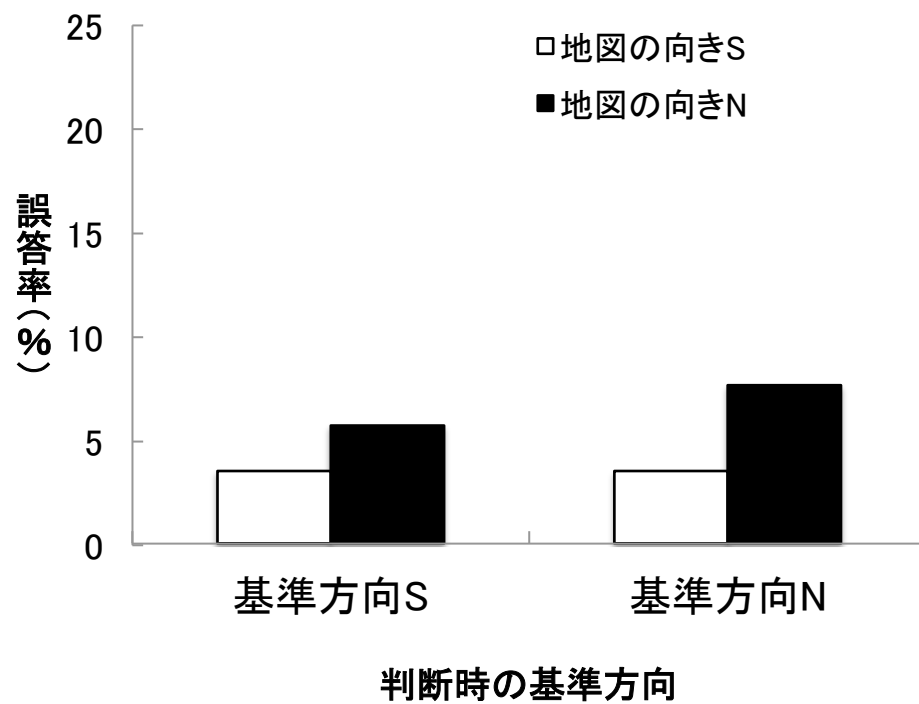


Figure 15 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる誤答率の変化  
(実験4)

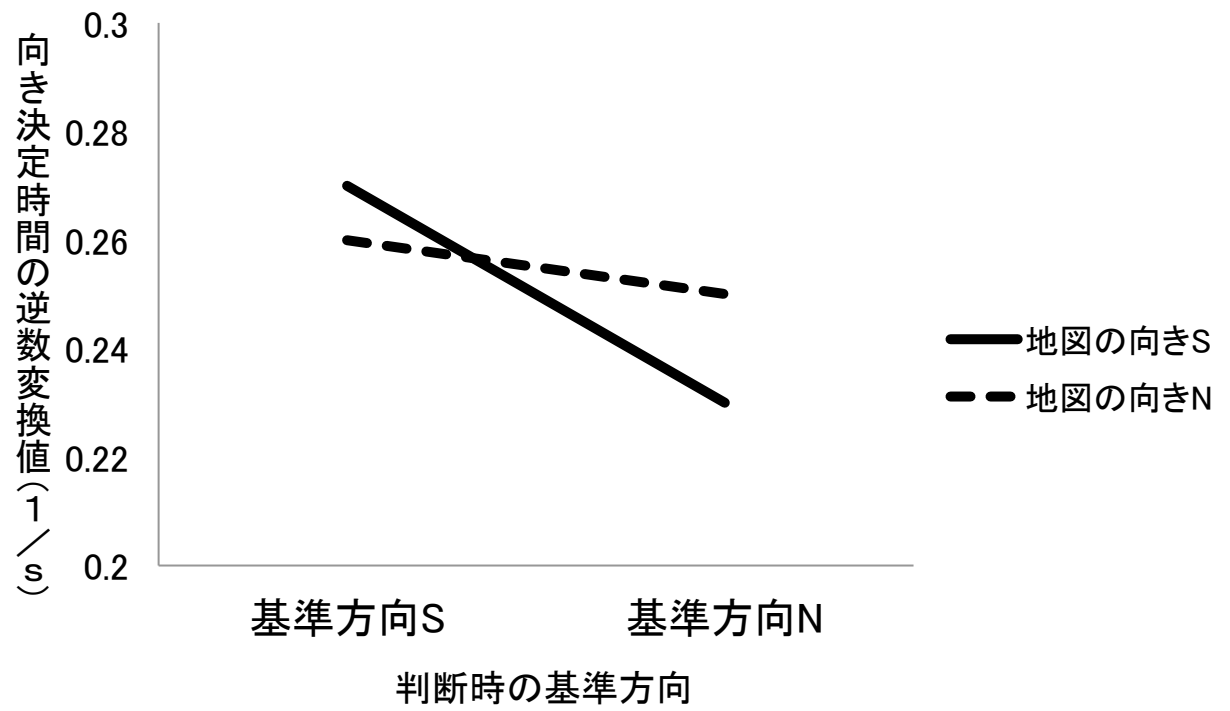


Figure 16 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる向き決定時間の変化  
(実験4)

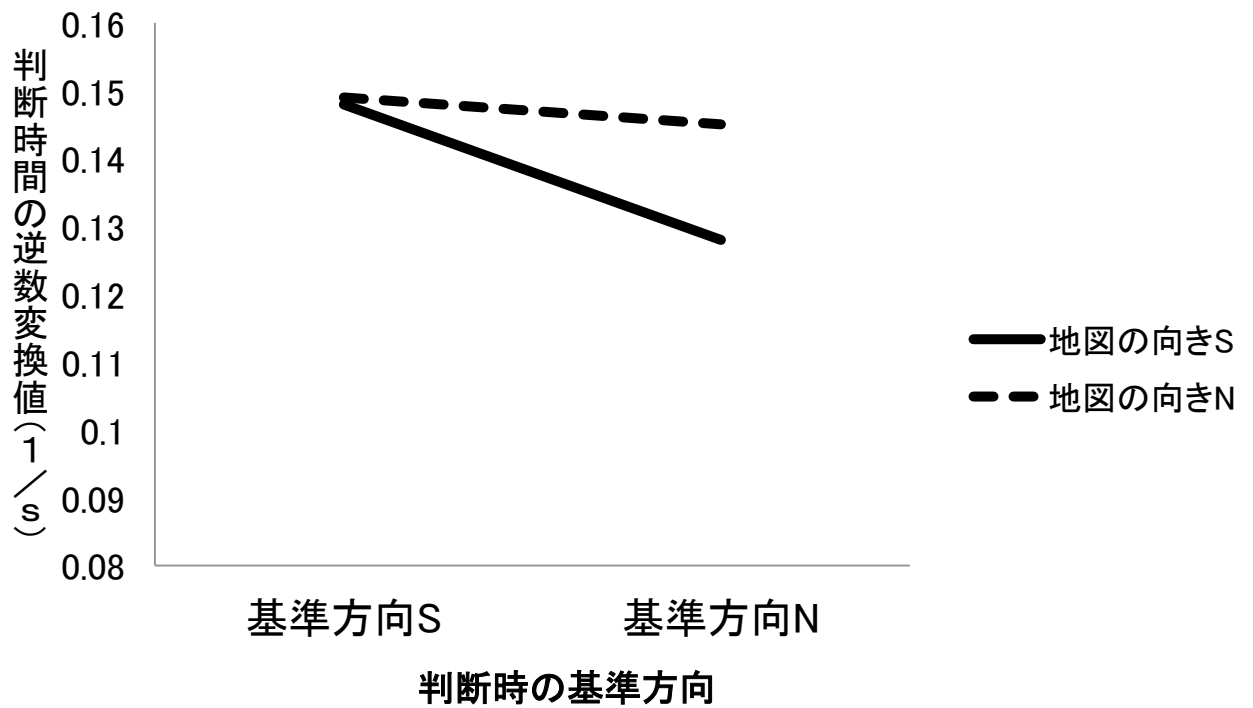


Figure 17 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる判断時間の変化  
(実験4)

Table 6

実験 4 の誤答率，および正答の向き決定時間と正答の判断時間の  
逆数変換値（括弧内は標準偏差）

| 条件      | 誤答率         |             | 向き決定時間      |             | 判断時間        |             |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|         | 基準方向 S      | 基準方向 N      | 基準方向 S      | 基準方向 N      | 基準方向 S      | 基準方向 N      |
| 地図の向き S | 3.57 (8.75) | 3.57 (8.75) | 0.27 (0.06) | 0.23 (0.02) | 0.15 (0.08) | 0.13 (0.04) |
| 地図の向き N | 5.77 (10.5) | 7.70 (11.5) | 0.26 (0.08) | 0.25 (0.11) | 0.15 (0.05) | 0.15 (0.04) |

### 3.3. 領域外での検討結果についての一般的考察

2 章では、大学構内で課題を実施し、空間記憶、身体、基準方向の 3 者の向きが全て一致した場合に最も判断が速く、いずれか一つでも向きが異なると判断が遅いという結果を得た。このことから、空間記憶をもとに構成される短期作業表象が向きを持ち、3 者の向きの関係に応じて、回転操作を行っていることが推測された。ただ、想像する対象領域の外に実験参加者が存在する場合は、空間表象の処理過程が領域内とは異なる可能性が考えられた。この可能性を検討するため、3 章では、実験 1 と同一の課題を大学構外近隣で実施し、異なる結果が得られるかを調べた。

実験 3、4 の結果を総合すると、構外近隣に存在した実験参加者は、空間記憶から検索した情報に対して回転操作を加えることなく、判断で要求される位置関係の短期作業を概ね構成できたと推測される。

こうした結果は、実験 1 とは異なるものであった。これらの実験ではいずれも同じ手続きで実験を行っていることから、課題の難易度が低かったことがその理由であるとは考えにくい。相対的方向判断に用いた目的地点を視認できないという点も、実験間で共通していた。つまり、実験 3、4 と実験 1 で異なるのは、実験参加者が想像する大学構内と構外近隣のどちらで実験を受けたかという点のみであった。よって、この状況の違いが、相対的方向判断における短期作業表象の構成過程を変化させたといえる。こうしたプロセスの変化は、なぜ起こるのだろうか。

1 つの可能性として考えられるのは、実験参加者が空間記憶をもとに構成した短期作業表象のタイプの違いである。Harrison (2007) によると、実験室内の配置を対象として相対的方向判断を行う場合に、室内にいる自分が配置を眺める想像をした群では身体の向きが判断に影響を及

ばすのに対し、上から配置を見おろす想像をした群では影響が生じないという。彼は、前者を、身体の前後左右の軸で周囲の位置関係を短期作業表象する視覚化、後者を、身体の向きとは無関係になされる位置関係の視覚化として、2つを区別している。前者の視覚表象は、われわれが移動する際に出会う対象物の見え方や位置を素早く予測する上で有利に働くと言われている（e.g., Foo, Warren, Duchon & Tarr, 2005; Newman, Caplan, Kischen, Korolev, Sekuler & Kahana, 2007）。こうした先行知見を踏まえると、空間記憶をもとに短期作業表象を構成する課程には以下のようなメカニズムが存在していると考えられる。まず、想起対象となる大学構内に実験参加者が存在する場合には、自らが移動することを暗黙裏に想定して、判断時の基準地点に自分が立っている実空間的な表象を構成しやすいのかもしれない。一方、構外近隣に実験参加者が存在する場合には、大学の敷地は、彼らが行動する場とはみなされにくくなるため、上から空間を俯瞰するといった別種の表象が構成されやすくなる。それゆえ、大学構外では身体の向きの要因が相対的方向判断に影響を及ぼさなかったのだと推測される。このようなプロセスを想定することにより、対象領域の内外で整列効果の生じやすさが異なる理由を説明できるかもしれない。

また、実験3、4では、実験1とは異なり空間記憶の向きの効果が見られなかった。このことは、空間記憶が向きを持っていても、これをもとに構成される短期作業表象には向きがない場合もあることを示している。この仕組みについても、上述した短期作業表象のタイプの違いを用いて説明できるかもしれない。実空間的な表象は、過去に特定の時点で経験した周囲の状況を再現すればよいのに対し、俯瞰的な表象は、様々な経験を組み合わせて、上方からの見えを推測しなければならないため、



より高次の統合が要求される。Sun（2000）は、空間記憶の向きをなくすには、様々な身体の向きを基準として得た空間情報を十分に統合することが重要であると指摘している。こうしたことから、俯瞰的な表象を構成する場合には、空間記憶に向きがあったとしても、その効果が出現しにくいと考えられる。

このような考え方に対し、今回の実験で空間記憶の向きの効果が見られなかったのは、単に課題が易しすぎたからだという批判があるかもしれない。だが、実験1では、今回の実験と全く同じ課題を用いているにも関わらず、空間記憶の向きの影響が生じた。それゆえ、課題の難易度よりも、上述した領域の違いに基づく解釈の方が妥当だと思われる。

短期作業表象のタイプの変化は、かつては符号化の問題としてのみ議論されてきた（e.g., Siegel & White, 1975; Shemyakin, 1962; Thorndyke & Hayes-Roth, 1982）。しかしながら、近年の研究を加味すると、こうした変化は符号化だけの問題とは必ずしも言い切れないと思われる。歩行を通して、地上から見た局所的な空間を俯瞰的に捉えるためには、そうした局所的な空間を心内で統合することが必要となる。近年の Meilinger, Berthoz & Wiener（2011）の研究では、空間情報の統合は、符号化の際だけでなく、空間記憶をもとに位置関係を想起する際にも行われることが示唆されている。したがって、2章と3章で実施した実験結果の違いもまた、想起対象となる領域の内外で、空間記憶をもとに構成される短期作業表象のタイプが変化したために得られたと推測される。

2，3章を通して、本研究では、実験参加者が想起対象となる領域の内外という状況に応じて、短期作業表象のタイプが動的に変化するメカニズムを示した。こうした短期作業表象の変化が起こるのは、われわれが常に自身が移動する可能性を想定しているためと推測される。想像す

る領域内に自分がいる場合、自身がその場を移動する可能性が高く、また、そうした移動に際しては自分を取り巻く周囲の風景を想像できることが重要となる（e.g., 村越, 2004）。それゆえ領域内では、移動を求められない課題においても、移動する可能性を想定して地上から見た細部まで思い描きやすいのだろうと考えられる。一方、自分が領域外にいる場合には、自身が対象領域の中を移動する可能性が低いため、相対的方向判断に必要な細部の情報は無視して、判断に必要な位置関係だけを俯瞰的に一望しようとしたのだと推測される。

もし、対象領域の内外での結果の違いが余分な回転操作の有無だけで説明されるならば、領域外で相対的方向判断を行った場合の方が全体のパフォーマンスは良いだろう。だが、余分な操作の有無だけでなく前述したような短期作業表象のタイプの変化も起きていたと考えると、別の予測が成り立つ。この場合、想像する領域外では、余分な回転操作は起こらないものの、地上で経験した諸地点を上から見た配置へと変換する手間がかかる。逆に、領域内では見方を変える手間はないものの、心的操作が余計に求められる。したがって、対象領域の内外のどちらで相対的方向判断を実施したとしても、全体のパフォーマンスに差はない予測される。そこで試みに、大学構内（実験1）と構外近隣（実験3）のデータを合併し、誤答率、向き決定時間、判断時間について、課題実施場所（領域内、領域外）を被験者間要因とする1要因分散分析を実施した。その結果、いずれの指標でも有意差は見られなかった（誤答率：

$F(1,51)=2.26, n.s.$ , 向き決定時間： $F(1,51)=1.80, n.s.$ , 判断時間： $F(1,51)=0.05, n.s.$ ）。この結果は、間接的ではあるものの、本研究の考え方を支持している。

## 4 章

### 空間記憶の向きの形成に関する検討

本章では、空間記憶の向きに焦点を絞った検討を行う。

2, 3 章では、空間記憶の向きを重要な実験変数に 1 つとを考えて研究を進めてきた。当然ながら、このような検討では、空間記憶の向きが存在することが前提となる。日常環境の空間記憶に向きが存在することを示唆する先行研究はあるものの、この結果が本研究に用いた I 大学の空間記憶にも当てはめられるのかという点には、若干だが懸念がある。実験 5 では、この点を確認する。

また、先行研究では、空間記憶の向きの形成過程に関して統一的な見解がなく、このこともまた、この要因を考慮して空間表象の処理過程を検討することへの懸念材料となっている。実験 6 では、この原因を解明するために、空間記憶の形成に関する新たな仮説を立てて、実験的検証を行う。

#### 4.1. 日常環境における空間記憶の向きの確認（実験 5）

本実験の目的は、本研究に用いた I 大学の空間記憶に向きがあることを確認することである。空間記憶の向きに焦点を絞った検討を行うためには、相対的方向判断の最中に、身体の向きの効果が生じるのを極力抑え、地図の向きと基準方向の一致、不一致のみによるパフォーマンスの変化の有無を調べるのが望ましい。そこで、本実験では、窓がなく、外部の様子を視認できない部屋で実験を行った。また、これまでの実験と同様、本課題の遂行に十分な空間知識を有する実験参加者を集める目安として、実験 5 でも大学に半年以上在籍している学生を実験参加者とした。

## 方法

**実験参加者** I 大学に半年以上通う大学生27名（男性7名，女性20名）が個別に実験に参加した。

**材料と課題** I 大学構内の窓がない部屋が，実験室として使用された以外は，実験1と同様であった。

**手続き** 実験は実験参加者ごとに行われた。実験参加者は部屋に入ると，南向きで着席した。その後の手続きは，実験1と同一であった。

## 結果

南向きに地図を描いた場合を地図の向き S 群（10名），北向きに地図を描いた場合を地図の向き N 群（15名）とする群分けを行った。8つの分析対象問題については，正位置と同じ象限がクリックされた場合を正答，それ以外を誤答とし，正答試行の向き決定時間および判断時間の逆数変換値を算出した。

誤答率，向き決定時間，判断時間の3つの指標について，地図の向き（地図の向き S，地図の向き N）を被験者間要因，判断時の基準方向（基準方向 S，基準方向 N）を被験者内要因とする2要因混合分散分析を行った（Table 7 参照）。

その結果，誤答率では，地図の向きと判断時の基準方向の交互作用が有意になった（ $F(1,23)=7.93, p<.001$ , Figure 18 参照）。単純主効果の検定の結果，基準方向の効果が見られた。地図の向き S では，基準方向 N の方が誤答率が有意に高かった（ $F(1,23)=4.89, p<.05$ ）。地図の向き N では，有意傾向ではあったものの，基準方向 S の方が誤答率が高かった

（ $F(1,23)=3.13, p<.10$ ）。また，基準方向 N で地図の向きの効果が見られ，

地図の向き S と比較して、地図の向き N の方が誤答率が低かった ( $F(1,46)=5.88, p<.05$ )。向き決定時間では、主効果および交互作用とも有意ではなかった (Figure 19 参照)。一方、判断時間では、地図の向きと判断時の基準方向の交互作用が有意であった ( $F(1,23)=12.509, p<.005$ , Figure 20 参照)。単純主効果の検定の結果、地図の向き S、地図の向き N とともに基準方向の効果がみられ、地図の向き S では基準方向 S が有意に速く ( $F(1,23)=7.135, p<.05$ )、逆に地図の向き N では基準方向 N が有意に速かった ( $F(1,23)=5.432, p<.05$ )。

## 考察

実験 5 では、自分の身体軸に基づいて周囲の位置関係を表象することが極力起こらないように、窓がない部屋で実験を行った。実験 4 における空間記憶、身体、判断時の基準方向の 3 者の向きの組合せは実験 1 と同様であった (Table 2)。この組合せを誤答率 (Figure 18) や判断時間 (Figure 20) の結果と比較すると、身体の向きに関係なく、判断時の基準方向が地図の向きと不一致の場合の方が判断が遅く、エラーも増加するという整列効果が見られた。この結果は、これまで空間記憶の向きの存在を示唆してきた先行研究と同様の結果である。それゆえ、今回の実験で使用した I 大学の空間記憶にも向きが存在していると考えられる。

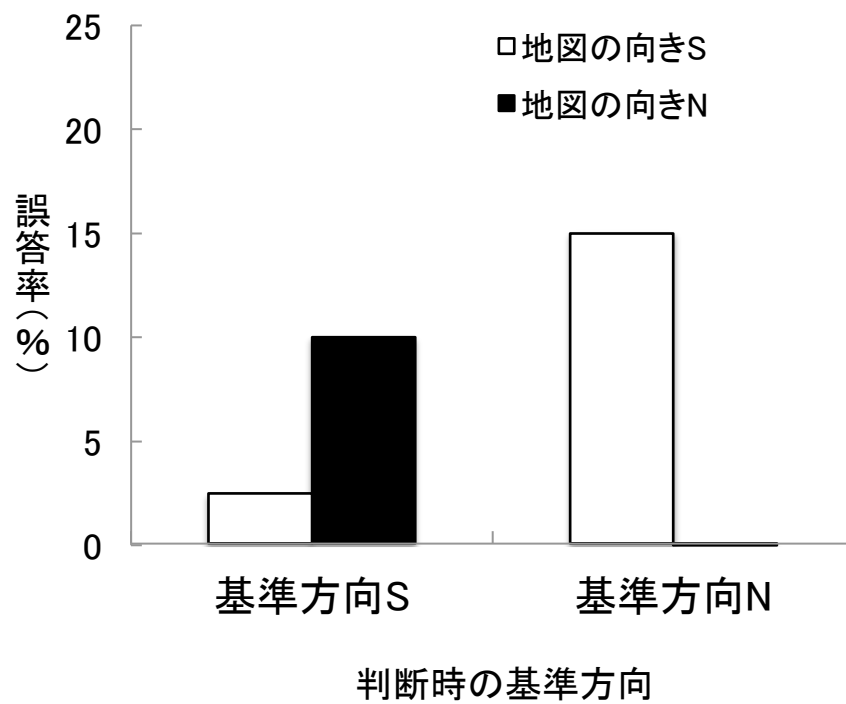


Figure 18 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる誤答率の変化  
(実験5)

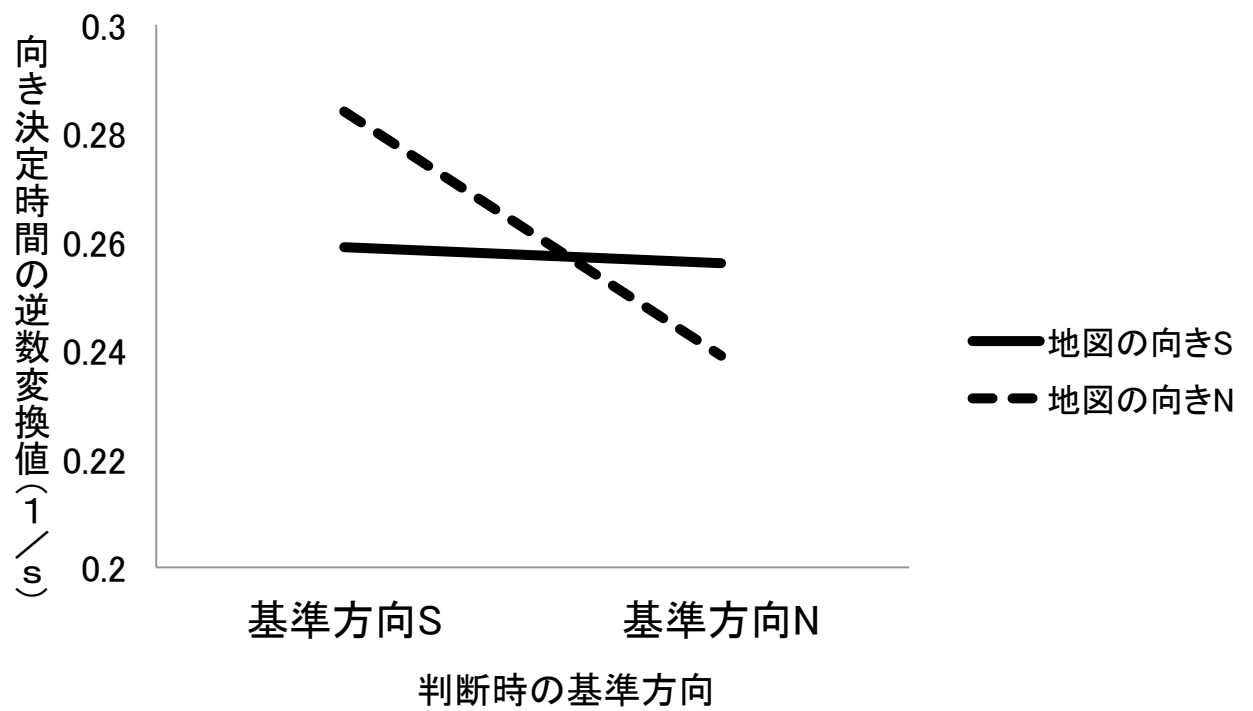


Figure 19 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる向き決定時間の変化  
(実験5)



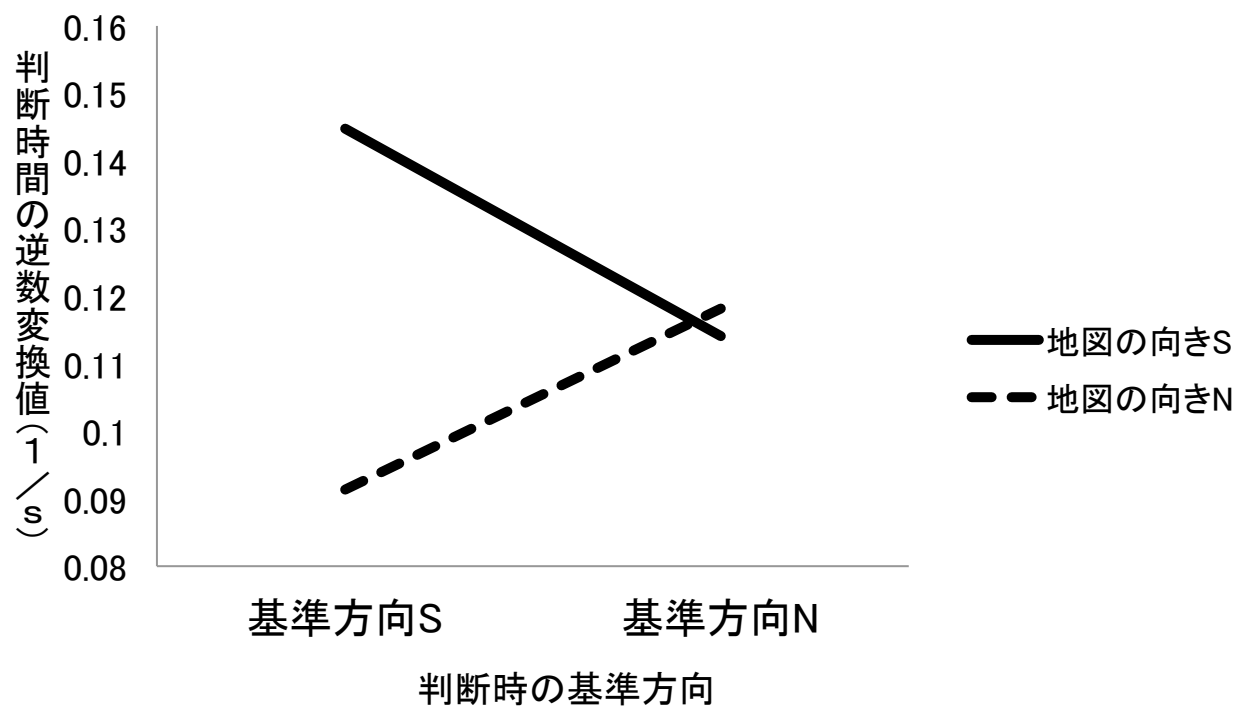


Figure 20 判断時の基準方向と地図の向きの違いによる判断時間の変化（実験5）

Table 7

実験 5 の誤答率，および正答の向き決定時間と正答の判断時間の  
逆数変換値（括弧内は標準偏差）

| 条件      | 誤答率         |             | 向き決定時間      |             | 判断時間        |             |
|---------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|         | 基準方向 S      | 基準方向 N      | 基準方向 S      | 基準方向 N      | 基準方向 S      | 基準方向 N      |
| 地図の向き S | 2.50 (7.50) | 15.0 (20.0) | 0.26 (0.12) | 0.26 (0.08) | 0.15 (0.11) | 0.11 (0.10) |
| 地図の向き N | 10.0 (20.0) | 0.00 (0.00) | 0.28 (0.10) | 0.24 (0.11) | 0.09 (0.04) | 0.12 (0.04) |

#### 4.2. 配置の複雑さが空間記憶の向きの形成に及ぼす影響（実験6）

実験6では、空間記憶の向きの形成過程について、配置の複雑さという観点から検討する。すなわち、人は有限の認知容量を駆使しながら諸地点の位置関係を学習しなければならないため、憶える配置が複雑化するほど、移動中の様々な身体の向きを基準として散在する諸地点の位置を把握し、関連づけて憶えることが難しくなる。それゆえ、憶える配置が複雑化するほど、移動中の特定の身体の向きを基準とする配置の把握、符号化を余儀なくされ、空間記憶の向きが形成されやすくなると考えられる。

この検証を行うための実験操作は、Presson & Hazaririg（1984）とPalij et al.（1984）の先行研究をもとに行う。具体的には、閉眼状態の実験参加者を誘導しながら、4点経路あるいは、この経路に1点を加えた5点経路の2種類の経路（Figure 21）のどちらかを歩かせた後、経路の記憶をもとにした相対的方向判断を行わせる。もし配置の複雑さが空間記憶の向きの形成に影響しているのであれば、4点経路では、判断時の基準方向に関係なく、一定の速度で判断を行え、5点経路の記憶では、判断時の基準方向によって判断速度に差が生じるだろう。具体的には、判断時の基準方向が、経路を学習する際に最初に向いていた方向、すなわち学習開始方向と一致する場合と比較して、これと逆向きである場合の方が判断が遅いと予測される。

このような主分析に加えて、実験6では、本研究の仮説とは別の解釈を排除するための補足分析を行う。本実験では、4点経路条件（平均移動距離：9.35m）と比較して、5点経路条件（平均移動距離：10.15m）の方が若干ではあるが、平均移動距離が長い。移動距離が長いほど、保持した情報の減衰を防ぐための維持リハーサルをより精力的に行う必要

が生じるため、実験参加者の記憶負荷は増大すると考えられる。それゆえ、今回の実験で予測どおりの結果が得られたとしても、この結果は、移動距離の延長によって生じた可能性もある。すなわち、4点経路と比較して5点経路を学習した場合の方が、移動距離が長いために記憶負荷が高くなった。それゆえ、5点経路では、移動中の様々な身体の向きを基準として配置を把握、符号化することが困難となり、一方向からの符号化を余儀なくされたのかもしれない。

このような配置の複雑さとは別の解釈が成り立つかどうかを調べるため、次の手順で補足分析を行う。まず、実験に使用した経路を距離の長短によって2種類に分類する。具体的には、Figure 21の4点経路b（移動距離：9.2m）と5点経路b（移動距離：9.5m）からなる移動距離・短条件と、4点経路a（移動距離：9.5m）と5点経路a（移動距離：10.8m）からなる移動距離・長条件を設ける。この場合、移動距離・短条件の平均移動距離は9.35m、移動距離・長条件の平均移動距離は10.15mとなり、4点経路条件と5点経路条件のそれぞれの平均移動距離と完全に等しくなる。その上で、移動距離（短、長）×基準方向（移動開始と一致、逆向き）の2要因被験者内分散分析を実施する。もし、本実験の結果が平均移動距離の長短で説明できるならば、移動距離・短条件では彼らの実験における4点経路の結果が、また、移動距離・長条件では同実験における5点経路条件の結果が再現されるはずである。逆に、もし、本実験の結果が平均移動距離の長短では説明できないとすれば、そのような結果の再現は起こらないと予測される。

## 方法

**実験参加者** 36名の大学生（男性19名、女性17名）が実験に参加した。

**刺激** Presson & Hazelrigg (1984) および Palij et al. (1984) の研究をもとに、スタート地点に立つ実験参加者から見て逆U字型の形状をした4点経路および5点経路が各2種類用意された (Figure 21 参照)。4点経路の構成は、一方は4つの地点と約3.3m, 3.6m, 2.6mの3本の線分 (線分間の角度は、 $90^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ) (Figure 21 中央上段) から、他方は4つの地点と約3.0m, 3.2m, 3.0mの3本の線分 (線分間の角度は、 $120^{\circ}$ ,  $60^{\circ}$ ) (Figure 21 中央下段) からなっていた。5点経路は、各4点経路の地点2と地点3の間に1点を追加することで作成された。5点経路の構成は、一方は5つの地点と約3.3m, 2.2m, 2.7m, 2.6mの4本の線分 (線分間の角度は、 $135^{\circ}$ ,  $100^{\circ}$ ,  $125^{\circ}$ ) (Figure 21 右上段) から、他方は5つの地点と約3.0m, 1.2m, 2.3m, 3.0mの4本の線分 (線分間の角度は、 $90^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ ) (Figure 21 右下段) からなっていた。なお、練習用として、3つの地点と、約3.0m, 2.5mの2本の線分からなる3点経路が2種類作成された (線分間の角度は、左上段の経路では $125^{\circ}$ , 左下段の経路では $60^{\circ}$ )。

相対的方向判断課題における判断時の基準方向の指定、ならびに方向判断の対象となる目的地点の呈示を行うために、音声刺激が用意された。また、試行開始の合図としてping音、反応完了の合図としてbeep音が準備された。

課題で使用される問題は、次の手順で作成された。まず、実験参加者に対して、4点経路を判断対象とした場合と5点経路を判断対象とした場合の両方で空間的に全く同一の相対的方向判断を課すため、両経路に共通して含まれる4地点のみを用いた分析対象問題が8題作成された。その内訳は、移動学習の開始時に実験参加者が向いている身体の向きと同じ方向、すなわち学習開始方向を基準として方向判断を行う問題4題、

ならびにそれとは反対方向を基準として方向判断を行う問題 4 題で構成されていた。この分析対象問題は、4 点経路に含まれる 4 地点（地点 1, 2, 3, 4）を組み合わせて表記したものと、5 点経路に含まれる 4 地点（地点 1, 2, 4, 5）を組み合わせて表記したものの 2 種類が用意された。そのうち、前者の分析対象問題は、4 点経路を判断対象とする場合に使用された。一方、後者の分析対象問題は、5 点経路を判断対象とする場合に使用された。次いで、4 点経路用と 5 点経路用に、新たに分析対象外の問題が各 4 題作成された。この 2 種類の分析対象外の問題は、互いに判断内容が重複せず、かつ、判断時の基準方向が、学習開始方向およびその反対方向のいずれとも合致しないように配慮されていた。4 点経路用の分析対象外の問題は、4 点経路に含まれる 4 つの地点名を組み合わせて作成された。一方、5 点経路用の分析対象外の問題は、5 点経路に含まれる 5 つの地点名を組み合わせて作成された。また、3 点経路に含まれる 3 つの地点名を組み合わせて、練習問題が 4 題作成された。

**実験装置** 刺激呈示と反応記録には、Apple 社製 iBook G4 およびマウスが用いられた。制御用プログラムは、REALbasic 5.2（REAL Software 社）を用いて作成された。音声呈示には、ヘッドフォンが使用された。実験参加者の歩行を補助する道具として、誘導用のボタンが、また、それ以外の移動に際して、キャスター付きの回転椅子が使用された。なお、実験参加者が実験室内を見渡せないようにするため、実験室内では常時、目隠しが使用されていた。

**手続き** 実験参加者は、実験室とは別室で課題の説明を受けた後、目隠しを装着し、実験室内に誘導された。彼らは、入口付近にあらかじめ用意された回転椅子に着席し、移動開始地点まで実験者によって移送さ

れた。移送完了時点において、実験参加者は常に地点 2（Figure 21 参照）を正面にして着席していた。彼らはこの状態のまま起立し、誘導用バトンの一端を握るように伝えられた。他端は実験者が握った。実験参加者は、実験者の誘導に従って経路上を歩いた。このとき実験参加者は、歩きながら、経路に含まれる複数の地点間の位置関係を憶えることを求められた。各地点に到着するたびに、彼らはいちど立ち止まり、自分が立っている地点名を実験者から告げられた。終点に到着すると、彼らは再び回転椅子に着席し、移動開始地点まで移送された。この手順による移動は 3 回繰り返された。移動が終了すると、実験参加者は終点に用意された回転椅子に着席し、実験者によって、同じ室内に用意された課題実施場所まで運ばれた。この移送完了時点において、実験参加者は、移動経路が背後にあり、かつ、学習開始方向に対して垂直に身体を向けた状態で着席していた（Figure 21 参照）。実験参加者は、目隠しをした状態のままヘッドフォンを装着し、音声呈示に従って相対的方向判断課題を行うことを求められた。まず、「〈地点 A〉にいて〈地点 B〉が前／後」という音声呈示により、判断時の基準方向が呈示された。実験参加者は、この方向を向いているところをイメージし、完了したらマウスをクリックするよう求められた。基準方向が音声呈示されてからマウスをクリックされるまでの時間が、向き決定時間として計測された。マウスをクリックされると、方向指示の対象となるターゲットが「〈地点 C〉」と音声呈示された。実験参加者は、直前にイメージした基準方向を前方と見なし、これを基準としたときのターゲットの方向に向かって、マウスを動かすことを要求された。マウスが約 3 cm 動いたところで反応終了と見なされ、beep 音が鳴った。ターゲットが音声呈示されてから反応を終えるまでの時間が、判断時間として計測された。課題は 12 題の問題で構

成されていた。こうした経路の学習と課題を対にした一連の作業は、3点経路を用いた練習セッションで2回、4点経路と5点経路を用いた本セッションで計4回実施された。本セッションにおける経路の学習順序は、4点経路を先に学習する者と5点経路を先に学習する者でカウンターバランスがとられた。最後に、本実験に関する内省報告を実験参加者に求めた。

## 結果

4点経路と5点経路を対象として行われた相対的方向判断課題において、空間的に全く同一の判断が求められる問題のみを分析対象とし、判断時の基準方向が学習開始方向と一致する問題と逆向きの問題の2種類に分類した。また、実験参加者がマウスを動かして指し示した方向を、彼らの身体の前後左右を軸とする4つの象限に分類し、この象限が、想像した配置上に彼らが立っていると仮定した場合に、正しいターゲットの方向を含んでいれば正答、そうでなければ誤答とした。

上記の2種類の問題のうちのどちらか一方でも正答数が0となる経路があった実験参加者については、移動経路の学習もしくは課題遂行のうち、少なくともいずれか一方の作業が教示どおりに行われなかった可能性が高いと判断し、以降の分析から除外した。これに該当する者は4名いた。従属変数には誤答率、正答試行の向き決定時間および判断時間の逆数変換値を用いた。ただし、向き決定時間については、全ての分析結果において一切の有意差が示されなかったことから、これまでの実験と同様、移動学習によるパフォーマンスの変化を検出する指標として適当ではなかったと考え、以降の本文中の結果の記載や考察の対象から除外した（Table 8, Figure 23 参照）。



### 主分析：配置の複雑さの違いによる比較

32名の実験参加者に対して、経路の種類（4点経路，5点経路）×判断時の基準方向（一致，逆向き）を被験者内要因とする2要因分散分析を実施した（Table 8参照）。

その結果、まず、誤答率では、判断時の基準方向の主効果のみが有意であり（ $F(1,31)=7.75, p<.01$ ），判断時の基準方向が学習開始方向と逆向きである場合の方が誤答率が高かった（Figure 22参照）。判断時間では、経路の種類の主効果が有意であり（ $F(1,31)=7.69, p<.05$ ），5点経路を判断対象とした場合の方が判断が遅かった。また、判断時の基準方向の主効果が有意であり、基準方向が学習開始方向と逆向きである場合の方が判断が遅かった（ $F(1,31)=13.2, p<.005$ ）。さらに、経路の種類×判断時の基準方向の交互作用が有意となった（ $F(1,31)=4.92, p<.05$ , Figure 24参照）。単純主効果の検定を行ったところ、まず5点経路では、判断時の基準方向が逆向きである場合の方が判断が遅かった（ $F(1,62)=17.1, p<.0005$ ）。一方、4点経路では、そのような差異は見られなかった（ $F(1,62)=1.05, n.s.$ ）。また、判断時の基準方向が学習開始方向と一致した場合には、経路間で差がなかったのに対し（ $F(1,62)=1.24, n.s.$ ），逆向きである場合には、5点経路の方が判断が遅かった（ $F(1,62)=12.5, p<.0001$ ）。

### 補足分析：移動距離の違いによる比較

移動距離・短条件と移動距離・長条件が設けられた。移動距離・短条件は、4点経路b（移動距離：9.2m）と5点経路b（移動距離：9.5m）からなり、平均移動距離は、9.35mであった。一方の移動距離・長条件は、4点経路a（移動距離：9.5m）と5点経路a（移動距離：10.8m）からなり、平均移動距離は、10.15mであった。

移動距離（短，長）×基準方向（一致，逆向き）の2要因被験者内分

散分析を実施したところ、基準方向の主効果のみが有意となり、学習開始方向とは逆向きを基準として判断を行わせた場合の方が、判断が遅かった（ $F(1,31)=13.79, p<.001$ ）。

試みに、移動距離を比較するためのもう1つの組み合わせとして4点経路aと5点経路bを移動距離・短条件（平均9.5m）、4点経路bと5点経路aを移動距離・長条件（平均10.0m）と定義した分析も行ったが、結果は変わらなかった。

## 考察

本研究では、配置の複雑さが、空間記憶の向きの形成にかかわるかどうかを検討した。

その結果、誤答率、判断時間のいずれの指標でも判断時の基準方向の主効果が有意であり、学習開始方向と不一致であるとパフォーマンスが低下した。つまり、これら2つの指標で空間記憶の向きが獲得されたことが示唆された。一方、本研究の目的である、配置の複雑さと空間記憶の向きの有無の関係については、指標間で異なる結果が得られた。誤答率では、上記のパフォーマンスの変化は、経路の種類に関係なく示された。したがって、この指標だけに基づくならば、配置の複雑さは、空間記憶の向きの形成プロセスには全く関与しなかったことになる。しかしながら、このような結果は、誤答率が、判断時に生じ得る支障を鋭敏に検出するような指標ではなかったために生じたのかもしれない。なぜならば、2章の考察でも述べたとおり、配置の想起や心的操作に支障が生じることで判断の遅れや角度誤差の増加が起きたとしても、これらが全て誤答につながるとは限らないためである。そこで次に、判断時間の結果を基にして、配置の複雑さが空間記憶の向きの形成プロセスに関係し

ていたかどうかを検証する。

まず、4点経路の記憶では、判断時の基準方向によるパフォーマンスの変化は示されなかった。それゆえ、こちらについては、先ほどと同様に向きが形成されなかったという推測が成り立つ。一方、5点経路の記憶に関しては、学習順序に関係なく、判断時の基準方向が学習開始方向と逆向きであると判断速度は低下した。これは、誤答率の結果とは異なり、判断時間では、5点経路が学習された場合にのみ空間記憶の向きが形成されていたことを意味する。

また、本実験の補足分析では、配置の複雑さの代わりに経路の長さの違いによる比較も行ったが、この違いは結果に何の影響も与えていなかった。このことから、上述したとおり、本結果は配置の複雑さの違いによって得られたと考えて差し支えないだろう。

以上のことから、本研究の仮説どおり、配置の複雑さは空間記憶の形成過程に影響を及ぼしていると推測される。

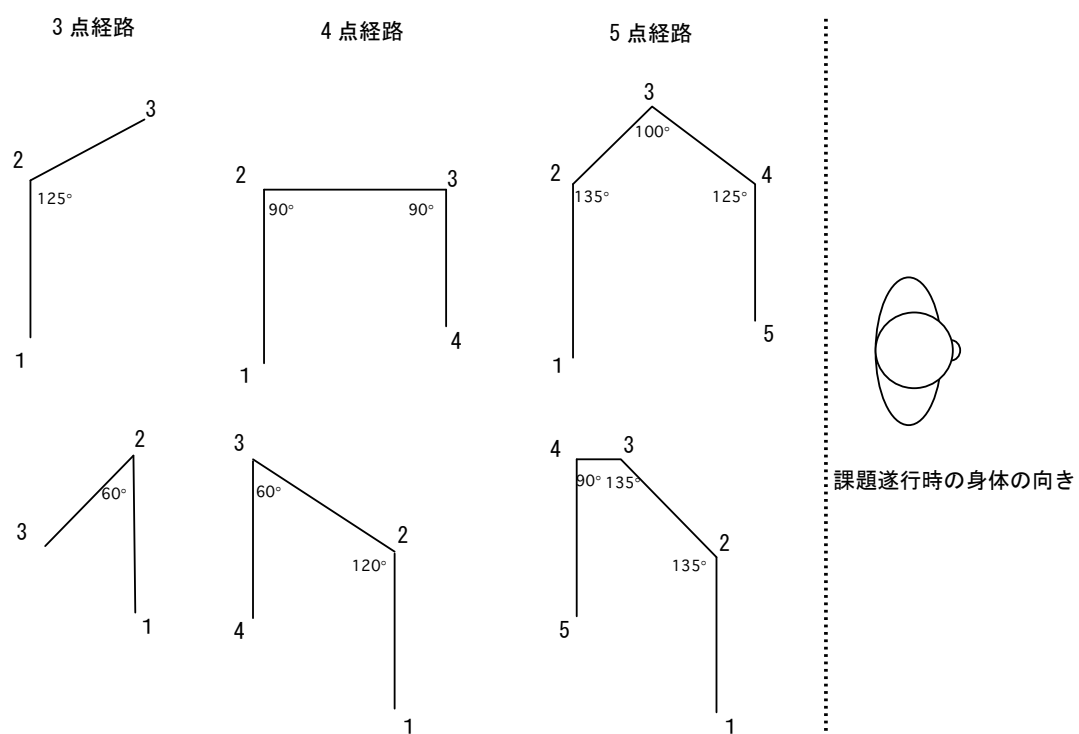


Figure 21 実験 6 の移動学習で用いた経路と課題遂行時の身体の向き

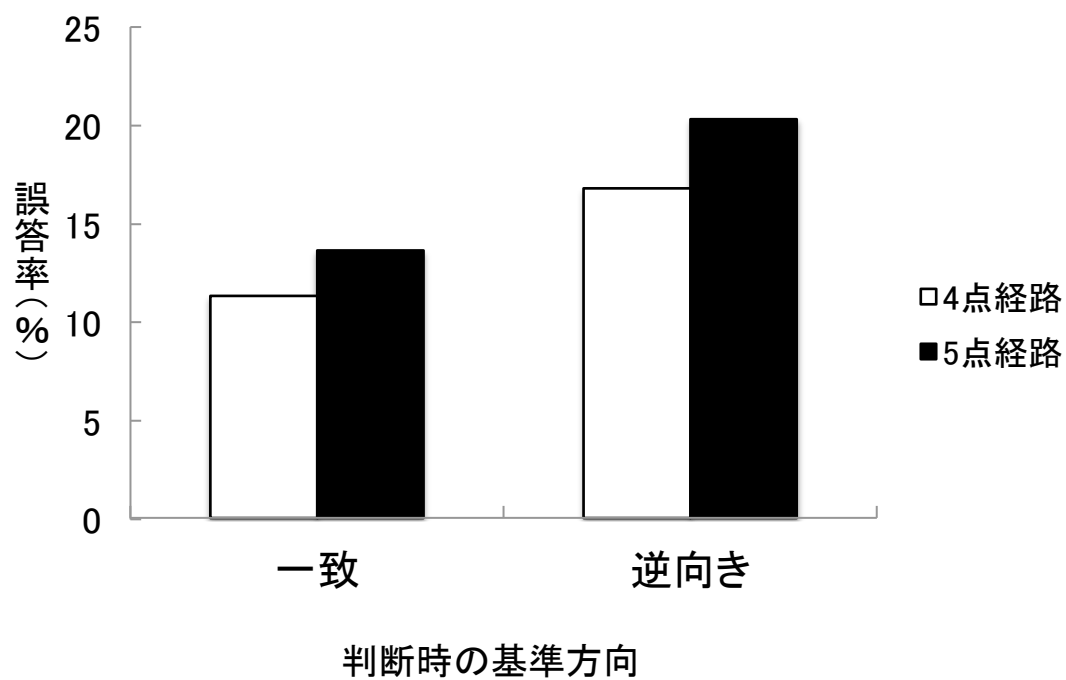


Figure 22 判断時の基準方向と経路の種類の違いによる誤答率の変化（実験6）

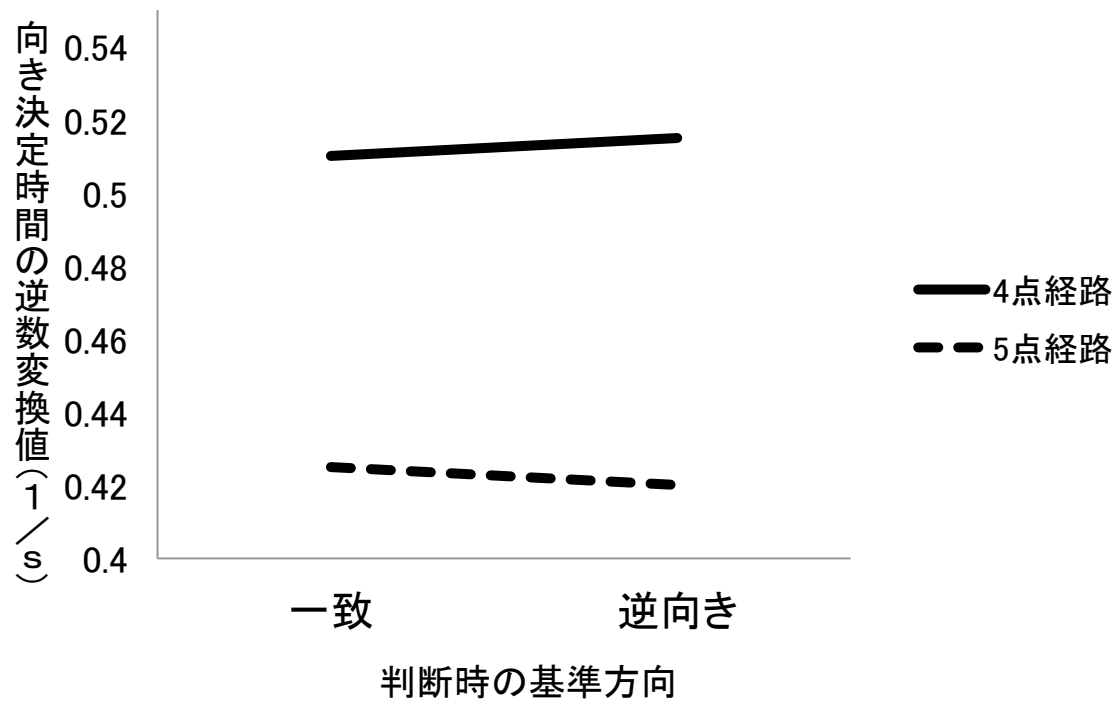


Figure 23 判断時の基準方向と経路の種類の違いによる向き決定時間の変化  
(実験6)

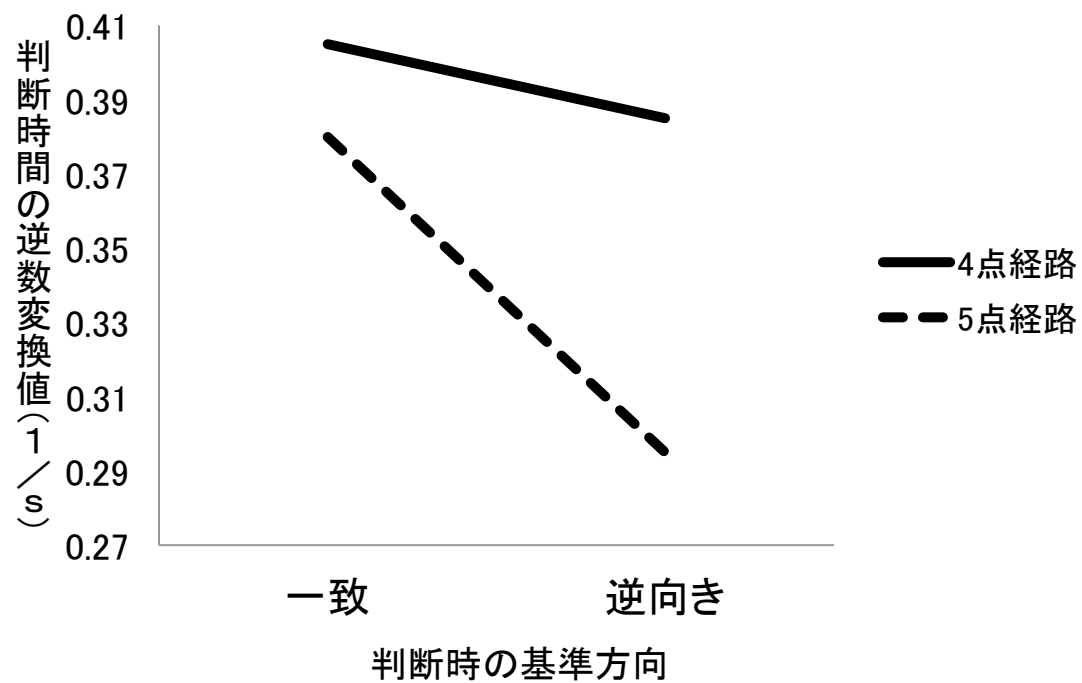


Figure 24 判断時の基準方向と経路の種類の違いによる判断時間の変化（実験6）

Table 8

実験6の誤答率，および正答の向き決定時間と正答の判断時間の  
逆数変換値（括弧内は標準偏差）

| 条件   | 誤答率         |             | 向き決定時間      |             | 判断時間        |             |
|------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|      | 一致          | 不一致         | 一致          | 不一致         | 一致          | 不一致         |
| 4点経路 | 11.3 (16.9) | 16.8 (18.6) | 0.51 (0.32) | 0.51 (0.42) | 0.41 (0.17) | 0.39 (0.19) |
| 5点経路 | 13.7 (13.0) | 20.7 (18.4) | 0.42 (0.22) | 0.43 (0.26) | 0.38 (0.16) | 0.29 (0.15) |



#### 4.3. 空間記憶の向きの形成についての一般的考察

4 章では、本研究に用いた I 大学の空間記憶に向きが存在するかどうかの確認、および、こうした向きが形成される過程について検討した。

実験 5 では、相対的方向判断の最中に、実験参加者が自分の身体の前後左右の軸で周囲の諸地点の位置関係を表象することが極力、起こらないように配慮した上で実験を行った。その結果、空間記憶の向きと基準方向の一致、不一致が整列効果を生じさせる原因になっていることを、これまでよりもより明確な形で示すことができた。それゆえ、本研究に用いた I 大学の空間記憶にも向きが形成されていたと考えて問題ないであろう。

また実験 6 では、配置の複雑さの観点から空間記憶の向きの形成過程について検討した。この分析結果からは、次の 2 点が指摘できる。第 1 の指摘は、空間記憶の向きの形成過程において、配置の複雑さを考慮することが重要だということである。人が移動しながら地点間の位置関係を把握するためには、移動中の身体と各地点との位置関係の更新と、随時獲得される位置情報の心的保持の両方を適切に行わなければならない。だが、地点間の位置関係があらかじめ長期的に記憶されている場合を除き（e.g., Hodgson & Waller, 2006 ）、空間的な更新はその対象となる地点数の増加とともに困難となる（e.g., Wang et al., 2006 ）。また、呈示された位置の保持も同様に、地点数の制約を受ける（e.g., Kemps, 1999, 2001 ）。それゆえ、記憶する配置が複雑化するにつれて、様々な向きを基準として配置の把握や符号化を行うことは困難となり、特定の一方向からの符号化が促される。複雑な配置を学習する場合は、このような記憶負荷の原理が働くことで、空間記憶の向きが形成されやすくなると考えられる。

この指摘に関連して述べると、複雑さの度合いの操作の仕方については、さらに検討の余地がある。先行知見によると（e.g., Chipman, 1977; Ichikawa, 1985; Kemps, 1999 ），配置の複雑さは、記憶する個数の増加による数量的な複雑さと、群化の法則から配置のパターンがどれだけ解離しているかといった構造的な複雑さに大別される。また、Kemps（2001）によると、動作に伴って各地点が系列的に学習される場合には、その道筋の対称性や反復、連続性が、複雑さを規定する構造の測度になると言われている。今回の実験では、移動経路に含まれる地点数を変化させることで数量的な複雑さを直接的に操作した。ただ、地点数の増加に伴い、移動系列の道筋も間接的により複雑になった可能性はある。それゆえ、今回の実験で操作した配置の複雑さには、数量的な複雑さと構造的な複雑さの両方の側面が含まれていたと考えるのが適切かもしれない。これら2つの複雑さの各側面が、空間記憶の向きの形成過程にどの程度、影響を与えているのかについては、さらなる検討が必要だと思われる。

第2の指摘は、配置の学習時に、様々な向きから地点間の位置関係を憶えようと意識的な努力をすることで、空間記憶の向きの形成は弱められるということである。Wilson & Wildbur（2004）の研究に基づけば、こうした意識性は、様々な方向を基準として配置を想像させる相対的方向判断課題を実際に経験することによって高まる。それゆえ、課題の経験を積むことによって、以降の学習では、移動中の様々な身体の向きを基準として配置の把握と符号化がより精力的に行われ、空間記憶の向きの形成が弱められると推測される。

今回の移動学習は閉眼状態で行われたのに対し、日常的な配置の移動学習は開眼状態で行われており、様々な視覚手がかりを利用することができる。そのため、今回の実験で示唆された記憶負荷の原理が開眼状態

での移動学習にも当てはめられるのかという疑問が起こるかもしれない。しかしながら，開眼状態での移動学習を実施した Wilson, Wilson, Griffiths, & Fox (2007) の結果と今回の結果を照らし合わせると，開眼状態での移動学習についても同じ原理が適用できると思われる。Wilson, et al.

(2007) は，移動中の視覚手がかりの増加が空間記憶の向きの形成を抑制することを示す結果を報告している。人にとって視覚情報は，移動距離 (e.g., Redlick, Jenkin, & Harris, 2001) や移動方向 (e.g., Warren, Kay, Zosh, Duchon, & Sahuc, 2001) を見積もる上で重要な情報源であり，また，視覚手がかりが豊富であるほど，実際と推定上の移動距離や方向の誤差の修正は容易となる (e.g., Kelly, MacNamara, Bodenheimer, Carr, & Rieser, 2009)。したがって，視覚情報の存在や，そこに含まれる視覚手がかりの増加によって，空間的な記憶作業に要する負担は軽減されと考えられる。これを踏まえると，配置の複雑さの観点では，移動しながら諸地点の位置関係を把握し符号化する際の記憶負担を高めることで空間記憶の向きの形成を促すと考えられたのに対し，視覚手がかりの観点では，逆にこの負担を減らすことでそのような向きの形成を抑制していると捉えることができる。

このように，2つの異なる観点の根底に記憶負担の原理が共通して働いていると考えるならば，視覚手がかりの多寡だけでなく，記憶する配置の複雑さまで考慮しなければ，空間記憶の向きの有無は予測できないといえるだろう。Wilson et al. (2007) は，外部手がかりが最小であるときに，学習開始方向を基準として配置を符号化することが最も起こりやすいと結論づけている。だが，今回の実験では，視覚手がかりが一切利用できない状況下であっても，学習に使用した配置の複雑さの程度が低い場合には，空間記憶の向きの形成は示唆されなかった。したがって，

視覚手がかりが皆無であっても、配置を憶える際の負荷が低ければ、空間記憶の向きは形成されないと推測される。

このことは同時に、たとえ豊かな視覚手がかりが利用できたとしても、憶える配置が非常に複雑である場合は、必ずしも空間記憶の向きの形成を完全には抑制し得ないことを意味する。先行知見によると、比較的熟知した日常環境の空間記憶にも向きが存在することが示唆されている

(e.g., 内藤, 2000a; 松井, 2006; Tlauka, 2006)。たとえば、松井 (2006) は、大学生を実験参加者とし、彼らが通う大学キャンパスの空間記憶に向きが存在するかどうかを調べた。ここでは、本研究と同様の方向判断課題を実施した後、判断に使用した地点の配置図の描画を実験参加者に求めている。そして、実験参加者が描画した配置図で上になった方向が、彼らにとっての自然な配置の向きであると定義し、それと一致もしくは不一致な向きをイメージさせたときのパフォーマンスを比較したところ、不一致な場合の方がパフォーマンスが低かった。このことは、たとえ視覚手がかりが豊富な日常環境においても、個々人にとっての自然な向きを基準として地点間の位置関係が符号化され、空間記憶の向きが形成され得ることを示唆している。

松井 (2006) は、この自然な向きは「手書き地図の向きに現れる、被験者個々人それぞれがもつ複雑な体験から生まれた空間の意味づけを基準」として決まると考えた。ただし、彼の考察では、そもそもなぜ人が特定の方向から把握しやすいように空間を意味づけるのかという、より根本的な疑問については触れられていない。もし前述した配置の複雑さという観点に立つならば、この点について1つの可能性を示唆できると思われる。それは、日常環境は非常に複雑であり、憶えなくてはならない地点数も膨大であるため、視覚手がかりや学習にかかる時間が比較的

多い場合であっても、様々な向きを基準として広範な地点間の位置を空間的に関連づけて記憶することは非常に難しいという可能性である。そのため、前述した記憶負荷の原理が働き、特定の方向からの空間の意味づけが起こりやすいのかもしれない。もちろん、この見方は、記憶負荷とはあまり関係がない別の可能性を排除するものではない。たとえば、毎日、窓から特定の方向が見渡せる部屋で仕事をしているという習慣によって、人がその方向をより意識しやすくなるといったことが、空間記憶の向きの形成に影響している可能性もある。また、空間記憶が向きを持つことには、過去経験を想起する情報の選択の幅を狭め、素早い想起を可能にするメリットも考えられる。ある場所についての学習期間が長くなっても、向きが完全に失われることはないという可能性もある。こうした可能性の整理については、今後の検討が待たれる。

実験6の結果からは、配置の複雑さが空間記憶の向きの形成にかかわることが示唆された。すなわち、憶える地点数がより少ない場合には様々な向きを基準として地点間の位置関係が符号化されたのに対し、憶える地点数がより多い場合には一方向を基準とする符号化が促された。これは、我々が有限の認知容量を駆使して空間記憶作業を行っており、この容量を超えない程度に記憶負荷を抑えようとしたためと考えられる。また、もし、この配置の複雑さの観点に立つならば、たとえ様々な方向へ身体を向けて環境内を動き回っている場合であっても、同様に様々な方向を基準として広範囲に散在する諸地点の位置関係が記憶されるとは必ずしも限らない。むしろ、こうした多方向からの位置関係の記憶が可能かどうかは配置の複雑さに依存しており、より複雑であるほど、より特定の方向から諸地点の位置が関連づけられ、その向きを基準として位置関係が把握されやすいように記憶作業が促されると推測される。この

ように，本研究の視座の下では，空間記憶の向きは能力的な限界の現れではなく，むしろ限られた能力を有効活用した結果の現れであると考えられる。

## 5 章

### 総 合 考 察

### 5.1. 本研究の結果の総括

直接的には視認できない場所について空間的な判断を行う際、空間表象が重要な役割を果たすと考えられる。その処理過程の解明は認知心理学における重要な課題の1つであり、これまでに、多くの研究が行われてきた。だが、従来の研究では、判断者が、判断対象となる現場の中にいるか（領域内）、それとも外にいるか（領域外）といった状況の違いに応じて空間表象の処理過程が異なるか否かについては、十分に解明されてこなかった。本研究では、これを長期記憶内の空間記憶に基づいて短期作業表象が構成され、変化する過程として捉え、詳しい検討を行った。

本研究の目的は、次の2つであった。第1の目的は、上述したような状況の違いに応じて、空間表象の処理過程が動的に変化するか否かを検討することである。検討にあたり、本研究では「ある場所（基準地点）で特定の向きを向いている」場面を想像し、その向きを基準方向としたときの目的地点の方向指示を求める相対的方向判断課題を用いた。判断者が想像する領域の中にいる過去の領域内研究では、地点間の位置関係は特定の向きで空間記憶内に保持されており、短期作業表象が空間記憶と同じ向きで構成された後、判断時の身体の向きや基準方向に合うように、回転操作されることが概ね示されてきた。しかしながら、空間記憶の向きと身体の向きのうち、判断に有利な一方だけに基づいて短期作業表象が構成される可能性も残されており、完全な決着がついているわけではない。一方、判断者が想像する領域の外にいて相対的方向判断課題を行った領域外研究では、領域内研究で指摘された回転操作が生じにくくなることが示されているものの、その詳細な過程は、未だ解明されていない。本研究では、空間記憶、身体、判断時の基準方向の3者の



向きの異同に着目した新たな分析手法を用い、領域内と領域外という状況の違いに応じて、空間表象の処理過程が動的に変化する過程について詳しく検討した（実験 1 ～ 4 ）。

また、上述したように、空間記憶に向きがあることは知られているものの、この向きが形成される原因については統一的な見解が得られていない。本研究では、この原因を解明することを第 2 の目的とし、空間記憶形成時の記憶負荷軽減のために、特定方向を基準とした位置関係の符号化が促されるという仮説を立てた。そして本研究で用いた大学の空間記憶に向きが存在することを改めて確認した後、この仮説を実験的に検証した（実験 5 , 6 ）。

まず 2 章では、実験参加者が想像する領域内に存在する状態で相対的方向判断課題を実施し、空間記憶、身体、基準方向の 3 者の向きの異同と整列効果の関係について調べた（実験 1 , 2 ）。その結果、3 者の向きが全て一致した場合に最も判断が速く、いずれか一方でも向きが異なる場合は判断が遅いという整列効果が見られた。この結果を受け、領域内での相対的方向判断過程では、空間記憶の向きと同じ向きで短期作業表象が構成され、これを身体の向きや基準方向に合わせる操作が行われていると結論された。

次の 3 章では、2 章と同様の検討を、判断者が想像する領域外に存在する状態で実施することで、領域の内と外のどちらで課題を行うかという状況の違いによって、空間表象の処理過程が動的に変化する可能性を調べた（実験 3 , 4 ）。その結果、3 者の向きに関係なく判断速度は一定であり、整列効果は観察されなかった。同一の方向判断課題を実施したにもかかわらず、領域外の方が整列効果が生じにくいという結果は、先行研究とも一致する（May, 2007 ）。この結果と 2 章の結果に基づき、

判断対象となる領域の中で相対的方向判断を行う場合には，短期作業表象は向きを持ち，領域の外では向きを持たないと結論された。

4章では，2，3章の一連の研究を補強するため，本研究で用いた日常環境の空間記憶に向きが存在することを再確認した上で，空間記憶の向きが形成される過程について記憶負荷の観点から検討した（実験5，6）。その結果，移動中に憶える地点数が多い経路の空間記憶ほど向きが形成されやすいことが示された。これは，人の認知資源には限りがあるため，憶える地点数が増えるほど，空間学習に要する記憶負荷を軽減しようと，特定の一方向を基準として位置関係を確実に憶えようとするためと推測された。また，この記憶負荷の原理に基づき，先行研究の矛盾した結果を統一的に説明するとともに，空間記憶の向きを想定して空間表象の処理過程を考えていくことが，理論的にも妥当であることを論じた。

## 5.2. 相対的方向判断時の空間表象の処理過程のモデル

本研究で得られた成果をもとに，相対的方向判断時の短期作業表象について，想像する領域の内外での構成過程の変化を表す概略的なモデルをここで提案する（Figure 25）。判断時の基準方向と指示すべき目的地点を提示された実験参加者はまず，対象領域について想像するために空間記憶内の情報を検索する（Figure 25a,b）。このとき，自分が対象領域内にいる場合は，向きを持つ短期作業表象が構成される（Figure 25a 左側）。この表象の向きは，空間記憶の向きと同じであり，これが身体の向きや基準方向と合致しない場合は，両者の向きを一致させるために心

的回転が行われる。そして最終的に、基準方向に合わせた短期作業表象が保持され、方向判断が遂行される。一方、自分が対象領域外にいる場合は、向きを持たない短期作業表象が構成される（Figure 25a 右側）。それゆえ、心的回転を経ずに基準方向に合わせた短期作業表象が構成され、方向判断が行われる。このモデルに従うと、領域内では、短期作業の余分な回転操作が加わることで整列効果が生じるが、領域外ではそれが生じないという現象を上手く説明できる。

本モデルでは、想像する領域の中で相対的方向判断を行う場合には短期作業表象が向きを持ち、領域の外では向きを持たないというように、短期作業表象の性質の変化が起こると考えられている。過去の研究を踏まえると、このような性質の変化は、地点間の位置関係を地上から眺めるような形式で表象するか、それとも上方から見下ろす形式で表象するかという、短期作業表象のタイプの違いによって起こると推測される。すなわち、対象領域内では自分が移動を開始する可能性を想定し、自分が地上にいと仮定して短期作業表象をつくり始める（Figure 25c 左側）。これは対象領域内で自分が実際に経験してきたことがらを再生または想起することに等しい。それゆえ、個々人の空間記憶の向きと同じ向きで短期作業表象を構成することが強く促される。また、自分自身が行動する可能性を想定しているため、自分の身体軸に合うように、構成された短期作業表象の向きを操作することが促される。

これに対して、自分が想像する領域外にいる場合（Figure 25c 右側）は、相対的方向判断に必要な細部の情報は無視して、判断に必要な位置関係だけを俯瞰的に一望しようとする。地上からと比べて、俯瞰的に対象領域を眺める経験は、圧倒的に少ないため、どの向きを心理的な上とみなすかという点において、個人の好みはない。それゆえ、基準方向

を上とみなした位置関係を表象し、方向判断を行う。

2種類の短期作業表象の切り替えは、われわれが常に自身が移動する可能性を想定しているために起こると推測される。想像する領域内に自分がいる場合は、自らがその場を移動する可能性が高いため、適切な移動ができるように、地上から見た細部まで思い描きやすいのだろうと考えられる。一方、自分が領域外にいる場合には、自身が対象領域の中を移動する可能性が低いため、必要最小限の地点間の位置関係だけを俯瞰的に捉えようとしたのだと推測される。

本研究のモデルは、主に移動学習によって得られた空間記憶を想定しているが、物理的な地図の記憶に頼る場合にも一定の示唆を与えることができるだろう。われわれが目にする市販の地図や案内地図は、北などの決まった方角を上にして配置が描かれている場合がほとんどである。ゆえに、対象領域を俯瞰的に想像する方法として地図の記憶に頼る場合は、特定の方角を心理的な上と見なし、この向きを基準にして位置関係を表象することが好まれるかもしれない。言い換えれば、地図の記憶に頼る場合は、俯瞰的な表象にも向きが存在するだろう。本研究に用いた日常環境は比較的、単純な構造をしていた。過去の移動経験から対象領域の全体像を心内で構成する手間を考えると、複雑な構造をした日常環境ほど、地図の記憶に依拠した短期作業表象の構成が起こりやすいということも考えられる。

また、人々の中には、地図表記に関する慣習に従って、日常的に北などの特定の方角を心理的な上と見なして周囲の位置関係を把握することを好む者もいる。たとえば、車で移動する際のカーナビゲーションシステムの多くでは、画面の上を進行方向に合わせるヘディングアップの他に、画面の上を北に固定するノースアップの設定も用意されている。そ

のような認知スタイルを持つ個人については、移動学習を通して、物理的な地図と同様の特徴を持った記憶を保持することで、前述した地図の記憶に頼る場合と同様のことが起こるかも知れない。

上述したモデルでは、回転説の立場に立って整列効果が生じる仕組みを説明した。だが、整列効果は干渉説でも説明することができる。

Kelly et al. (2007) は、自身は干渉説の立場に立ちながらも、考察では回転と干渉の両方の仕組みで整列効果が生じる可能性を認めている。どの説明が正しいかは別途、検討する必要がある。

また、本研究で提案したモデルとは別の可能性として、われわれは同じ領域について、向きを持つものと持たないものの2種類の記憶を保持しており、状況に応じてこれらを使い分けていると考えても本研究の結果は説明できる。両者のモデルのどちらが妥当かは、ここでは明らかにできないため、この点についてもさらなる検討が必要だろう。

### 5.3. 本研究と隣接分野の研究との関連

本研究で提案したモデルは、記憶と身体、状況の全てが密に関わり合う空間認知システムの一端を明らかにした。記憶と身体の関連は、単体の対象物を扱った研究でも見られる。たとえば、手足の線画を用いた心的回転課題では、実験参加者自身の手足やそれらの運動イメージが活用されることがしばしば指摘されている (e.g., Ionta, Fourkas, Fiorio, &

Aglioti, 2007; Parsons, 1987; Sekiyama, 1982; Sirigu & Duhamel, 2001)。また、道具が利き手で扱いやすい向きで提示される場合に比べ、扱いにくい向きで提示される場合の方が、道具までの距離が長く推定されたり

( Linkenauger, Stefanucci & Bakdash, 2009 ), あるいは道具の動きに関する判断時間が延びたりするという報告もある ( de'Sperat & Stucchi, 2000 )。これらは、記憶している手や道具に関する情報の利用が、自らの身体と関連していることを示している。

興味深いことに、このような関連は、対象物を自分が操作する対象と見なさない場合には生じない ( de'Sperat & Stucchi, 2000 )。そして、そう見なすかどうかは、課題遂行時に他者が存在するかどうかといった状況にも左右される ( Böckler, Knoblich, & Sebanz, 2011 )。つまり、単体の対象物に関する空間認知であっても、記憶と身体、状況の全てを考慮しなければその過程を解明することはできない。手や道具の知識に限らず、日常環境の知識もまた、その多くがわれわれの日々の行為を通して得られたものである。少なくとも、こうした空間記憶に基づく認知活動は、記憶と身体が状況に応じて動的に関わりながら行われているだろう。



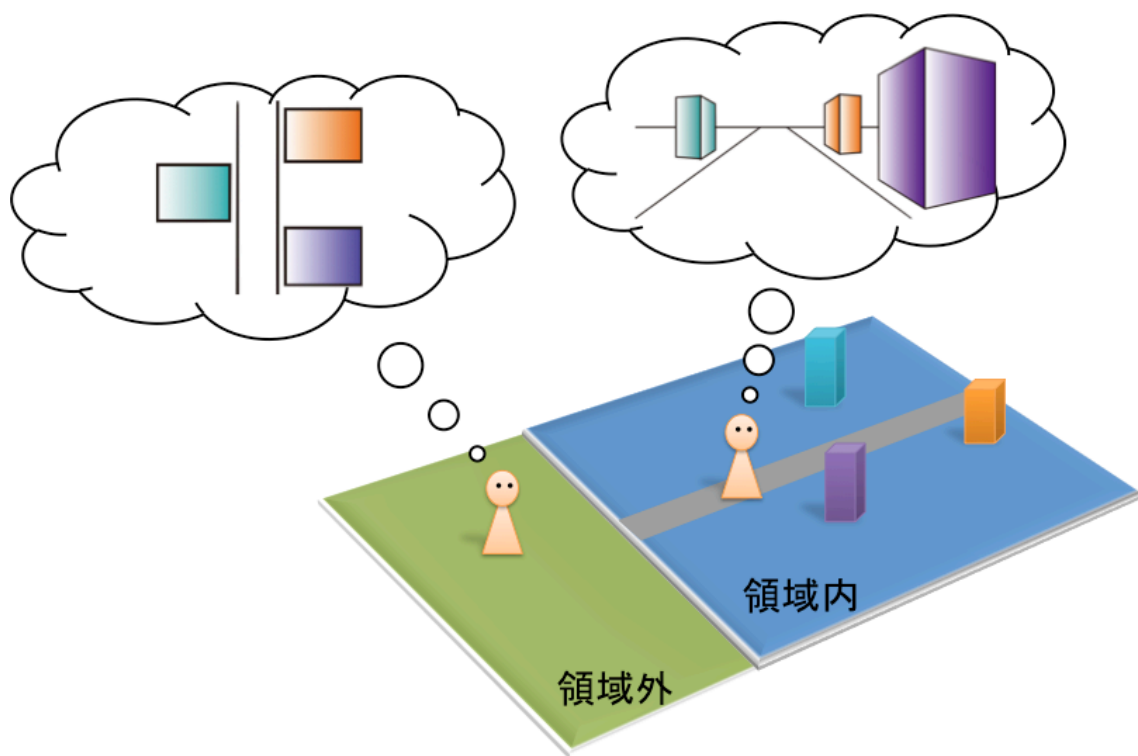


Figure 26 本研究のモデルに基づく空間表象のタイプ



## 6 章

### 結 論

### 6.1. 本研究のまとめ

知識はあるが、直接視認できない場所について空間的な判断を行うことは、適応的な行動をとる上で極めて重要である。しかしながら、こうした判断を支える空間表象の処理過程が、判断者が判断対象となる現場の中にいるか（領域内）、それとも外にいるか（領域外）といった、状況の違いに応じて動的に変化する過程については、未だ十分には解明されていない。

本研究では、この過程を、長期記憶内の空間記憶に基づいて短期作業表象が構成され、変化する過程として捉え、相対的方向判断課題を用いてその詳細を検討している。判断者が想像する領域の中に存在する過去の領域内研究では、地点間の位置関係は特定の向きで空間記憶内に保持されており、短期作業表象が空間記憶と同じ向きで構成された後、判断時の身体の向きや基準方向に合うように、回転操作されることが、過去の研究によって概ね明らかにされている。しかしながら、空間記憶の向きと身体の向きのうち、判断に有利な一方だけに基づいて短期作業表象が構成される可能性も残されており、完全な決着がついているわけではない。一方、判断者が想像する領域の外にいて相対的方向判断課題を行う領域外研究では、空間記憶の向きや身体の向きが、空間表象の処理過程に関与する程度が弱まることが示されてはいるものの、詳細な過程はやはり解明されていない。

本研究では、まず上記のような状況の違いに応じて、空間表象の処理過程が動的に変化するか否かという問題について、空間記憶、身体、判断時の基準方向の3者の向きの異同に着目した分析手法を新たに考案した上で、詳しく検討した（実験1～4）。また、上述したように、空間記憶に向きがあることは、事実としては知られているものの、向きが形

成される原因は未解決の問題として残されていた。本研究では、検討に用いた大学の空間記憶に向きが存在することを確認した後、この問題について、空間記憶形成時の記憶負荷軽減のために、特定方向を基準とした位置関係の符号化が促されるという仮説を立て、検証を行った（実験 5，6）

実験 1～4 では、空間表象の処理過程が、判断者が、判断対象となる領域の内にいるか、それとも外にいるかという状況の違いによって動的に変化することを、日常的な空間記憶に依拠した相対的方向判断課題を用いて初めて実証した。得られたデータに対して、空間記憶、身体、判断時の基準方向の 3 者の向きの異同に着目した新しい分析手法を適用することで、領域内では、空間記憶の向きと同じ向きで短期作業表象が構成され、必要に応じて回転操作が行われることを明らかにした（実験 1，2）。一方、判断対象となる領域外に判断者がいる場合は、構成される短期作業表象が向きを持たず、回転操作が行われないことを示した（実験 3，4）。

実験 5，6 では、上記の検討に用いた大学の空間記憶に向きが存在することをより改めて確認した上で（実験 5），空間記憶の向きが形成される理由について、空間記憶形成時の記憶負荷軽減のために、特定方向を基準とした位置関係の符号化が促されるという仮説を立て、これを実験的に実証した（実験 6）。具体的には、憶える配置が複雑化して学習時の記憶負荷が増大するほど空間記憶の向きが形成されやすいことを示した。また、この記憶負荷の原理に基づいて、空間記憶の形成に関する過去の研究が統一的に説明されることを論証するとともに、大学構内の空間記憶に向きが存在するのは、学習可能な期間と比べて、憶えるべき地点数が膨大なためであろうと考察した。

最後に、本研究の実験結果を踏まえて、相対的方向判断における短期作業表象の構成過程に関する概略的なモデルを提案した。判断時の基準方向と指示すべき目的地点を提示された実験参加者はまず、対象領域について想像するために空間記憶内の情報を検索する。このとき、自分が対象領域内にいる場合は、向きを持つ短期作業表象が構成される。この表象の向きは、空間記憶の向きと同じであり、これが身体の向きや基準方向と合致しない場合は、両者の向きを一致させるために心的回転が行われる。そして最終的に、基準方向に合わせた表象が保持され、方向判断が遂行される。一方、自分が対象領域外にいる場合は、向きを持たない短期作業表象が構成される。それゆえ、心的回転を経ずに基準方向に合わせた短期作業表象が構成され、方向判断が行われる。このような性質の変化は、地点間の位置関係を地上から眺めるような形式で表象するか、それとも上方から見下ろす形式で表象するかという、短期作業表象のタイプの違いによって起こると推測される。また、判断対象となる領域内に自分がいる場合は、移動を求められない課題においても、移動する可能性を想定して地上から見た細部まで思い描きやすいのだろうと考えられる。

## 6.2. 今後の課題と展望

本研究では、一連の実験によって判断状況に伴う空間表象の処理過程の変化を明確に示し、得られた結果をもとに詳細なモデルを提示した。今後、本研究の手法や指標を洗練させることで、本研究のモデルについてのより細かな検証ができると考えられる。今回の実験では、空間記憶、

身体、基準方向の3者のうち2つの向きだけを操作し、向きの組合せのパターンが最小限になるように工夫した。ただ、より詳細な検討を行うためには、3者の向きを全て操作した実験的検討も必要かもしれない。

本研究の一連の実験で、時間とエラーの指標で異なる結果が得られた理由についても検討の余地がある。本研究では、この理由について、方向判断の過程で多少の混乱が生じたとしても、それが全てエラーに反映されるわけではないためと解釈した。ただ、もう1つの解釈として、時間と誤答率に反映されるプロセスが少なくとも部分的に異なっているという可能性も考えられる。この2つのうちのどちらの解釈がより妥当であるかという問題は、各指標が反映する判断過程がどこまで重なり合うのかという問題と深くかかわっている。この問題については、注意深く調べていく必要があるだろう。

本研究では、整列効果という現象を通じて、移動を通して位置関係を記憶する過程や、このような空間記憶をもとに短期作業表象を構成する課程について、新しい見方を示した。最後に、こうした空間表象の処理過程をさらに解明していく上での今後の展望を述べる。まず、本研究で提案した2種類の短期作業表象の実体やその変化について、別の手法を用いてさらに検証を進めることが挙げられる。本研究では、向きを持つ短期作業表象と向きを持たない短期作業表象が、想像する領域の内外で使い分けられていることを示した。そして、これらの表象がそれぞれ、地上から配置を眺める実空間的な表象、および斜め上ないし真上から配置を見下ろす俯瞰的な表象に対応していると考察した。こうした対応関係を実証するためには、今後、整列効果とは別の客観的な指標を用いるといった工夫が必要だろう。たとえば、道案内で使われるジェスチャーについて、話者が対象領域の内あるいは外にいる場合のそれぞれで記

録し、内容を比較するやり方が考えられる。喜多（2002）によると、左右を指さす場合に、自分の身体の向きを基準にする場合とそれ以外の向きを基準にする場合の両方が見られるという。また関根（2007, 2008）は、道案内において、実際に自分が移動するかのように道順を説明する場合と、真上から全体を眺めているかのように位置関係を説明する場合があり、それぞれ会話中に使われるジェスチャーに特徴があることを指摘している。このような道案内における会話やジェスチャーの内容を分析することによっても、話者がどのような短期作業表象を構成し、状況に応じて使い分けているかを検証できると思われる。今後、こうした検証作業が進むことで、本研究の成果をより一般化して主張できるようになるかもしれない。

第2に、従来の研究で提唱されてきたルートマップ、サーベイマップと呼ばれる表象と、本研究で提案した2種類の短期作業表象の対応関係についても整理していかなければならない。ルートマップは実際の道順を心内でたどることで構成される表象であるのに対し、サーベイマップは上からみた全体的な位置関係に関する表象と考えられている（e.g., Shemyakin, 1962; Thorndyke & Hayes-Roth, 1982）。本研究のモデルをこれらの用語と照らし合わせると、対象領域外では、サーベイマップが使われているといっても良いと思われる。だが、領域内では、ルートマップに近いと思われるものの、全く同じとは言い切れない。たとえば、Harrison（2007）の研究では、配置を憶える際に「学習時と同じ向きから配置を見るように」想像をした実験参加者がおり、彼らは、身体の向きと基準方向の異同による整列効果を生じさせたものの、この際に、参加者が、道をたどる想像をしたかどうかは不明である。同様のことは、彼の知見を踏まえて結果を考察した本研究についてもいえる。ルートマ

ップという用語を使う際には、心内で道の移動を模倣しているかどうかという点まで注意深く調べなければならないだろう。

第3に、学習期間の違いが空間表象の処理過程にどのような影響を及ぼすのかについても理解を深めていく必要がある。新規の仮想環境を用いた Kelly et al. (2007) の研究では、本研究とは異なり、空間記憶の向きの効果が、想像する領域外に実験参加者がいる場合にも観察された。このような相違は、学習期間が短いほど、特定の向きのみを基準にして位置関係を記憶しようとする方略が使われやすいという先行知見

( Rossano & Moak, 1998; Wilson & Wildbur, 2004 ) を踏まえることで解釈はできるものの、その当否については今後さらに検討していく必要がある。

将来、展望として述べたこれらの研究が進むことで、空間表象の処理過程をより詳細に解明することが期待される。

## 引用文献

天ヶ瀬正博 (1993). 熟知した環境での定位行動 人文研究 (大阪市立大学文学部紀要), **45**, 23-58.

(Amagase, M.)

天ヶ瀬正博 (1994). 熟知した環境の地図に対する正誤判断 人文研究 (大阪市立大学文学部紀要), **46**, 565-586.

(Amagase, M.)

Avraamides, M. N., & Kelly, J. W. (2008). Multiple systems of spatial memory and action. *Cognitive processing*, **9**, 93 – 106.

Böckler, A., Knoblich, G., & Sebanz, N. (2011). Giving a helping hand: effects of joint attention on mental rotation of body parts.

*Experimental Brain Research*, **211**, 531-45.

Chipman, S. F. (1977). Complexity and structure of visual patterns.

*Journal of Experimental Psychology: General*, **106**, 269-301.

de'Sperati, C., & Stucchi, N. (2000). Motor imagery and visual event recognition. *Experimental Brain Research*, **133**, 273–278

Evans, G. W., & Pezdek, K. (1980). Cognitive mapping: Knowledge of real-world distance and location information. *Journal of*

*Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, **6**, 13-24.

Farrell, M. J., & Robertson, I. H. (1998). Mental rotation and the automatic updating of body-centered spatial relationships.

*Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **24**, 227-233.



- Hodgson, E., & Waller, D. (2006). Lack of set size effects in spatial updating: Evidence for offline updating. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, & Cognition*, **32**, 854-866.
- Ichikawa, S. (1985). Quantitative and structural factors in the judgment of pattern complexity. *Perception and Psychophysics*, **38**, 101-109.
- Ionta, S., Fourkas, A. D., Fiorio, M., & Aglioti, S. M. (2007). The influence of hands posture on mental rotation of hands and feet. *Experimental Brain Research*, **183**, 1-7.
- Kelly, J. W., Loomis, J. M., & Avraamides, M. N. (2007). Sensorimotor alignment effects in the learning environment and in novel environments. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **33**, 1092-1107.
- Kemps, E. (1999). Effects of complexity on visuo-spatial working memory. *European Journal of Cognitive Psychology*, **11**, 335-356.
- Kelly, J. W., McNamara, T. P., Bodenheimer, B., Carr, T. H. & Rieser, J. J. (2009). Individual differences in using geometric and featural cues to maintain spatial orientation: Cue quantity and cue ambiguity are more important than cue type. *Psychonomic Bulletin & Review*, **16**, 176-181.
- 喜多壮太郎 (2002). ジェスチャー 考えるからだ 東京：金子書房 .
- Levine, M., Jankovic, I. N., & Palij, M. (1982). Principles of spatial problem solving. *Journal of Experimental Psychology*:

*General*, **111**, 157-175.

Levine, M., Marchon, I., & Hanley, G. (1984). The placement and misplacement of you-are-here maps. *Environment and Behavior*, **16**, 139-157.

Levine, M. (1982). You-are-here maps: Psychological considerations. *Environment and Behavior*, **14**, 221-237.

Linkenauger, S. A., Witt, J. K., Stefanucci, J. K., Bakdash, J. Z., & Proffitt, D. R. (2009). Effects of handedness and reachability on perceived distance. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception & Performance*, **35**, 1649-1660.

McEachren, A. M. (1992). Learning spatial information from maps: Can orientation-specificity be overcome? *Professional Geographer*, **44**, 431-443.

松井孝雄 (1997a). 空間認知における異方性の研究 慶應義塾大学大学院社会学研究科博士論文 .

(Matsui, T.)

松井孝雄 (1997b). 現実の空間における整列効果 (2) 日本心理学会第 61 回大会論文集 , 595.

(Matsui, T.)

松井孝雄 (2006). 現実の環境における空間認知の異方性 東海心理学研究 , **2**, 40-43.

(Matsui, T. (2006). Orientation specificity of spatial cognition in realistic environment. *Toukai Journal of Psychology*, **2**, 40-43.)

May, M. (2004). Imaginal perspective switches in remembered environments: Transformation versus interference accounts.

- Cognitive Psychology*, **48**, 163–206.
- May, M. (2007). Imaginal repositioning in everyday environments: Effects of testing method and setting. *Psychological Research*, **71**, 277–287.
- Meilinger, T. A., Berthoz, A., & Wiener, J. M. (2011). The integration of spatial information across different viewpoints. *Memory & Cognition*, **39**, 1042–1054.
- Montello, D. R., Waller, D., Hegarty, M., & Richardson, A., E. (2004). Spatial Memory of Real Environments, Virtual Environments, and Maps. In G. Allen(Ed), *Human spatial memory: Remembering where*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 251–285.
- Mou, W., McNamara, T. P., Valiquette, C. M., & Rump, B. (2004). Allocentric and egocentric updating of spatial memories. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **30**, 142–157.
- 村越真 (2004). 地図が読めればもう迷わない 街からアウトドアまで 東京：岩波書店 .
- 内藤健一 (2000a). 熟知した環境の配置図の正誤判断における心的回転と視点移動 —— 移動によって学習される認知地図に異方性はあるか？—— —— 認知地図の心理学 V—— 関西大学大学院『人間科学』, **53**, 183- 199.
- (Naitoh, K.)
- 内藤健一 (2000b). スケッチマップの向きの規定因 —— 自己中心的・慣習的参照系の利用に関する検討 —— 心理学研究 , **71**, 219-

- (Naitoh, K. (2000). Determinants of sketch-map orientation: An examination into the adoption of egocentric and conventional systems of reference to sketch-map drawing. *The Japanese Journal of Psychology*, **71**, 219-226. )
- Newman, E. L., Caplan, J. B., Kirschen, M. P., Korolev, I. O., Sekuler, R., & Kahana, M. J. (2007). Learning your way around town: How virtual taxicab drivers learn to use both layout and landmark information. *Cognition*, **104**, 231- 253.
- Palij, M., Levine, M., & Kahan, T. (1984). The orientation of cognitive maps. *Bulletin of the Psychonomic Society*, **22**, 105-108.
- Parsons, L. M. (1987). Imagined spatial transformations of one's hands and feet. *Cognitive Psychology*, **19**, 178-241.
- Presson, C. C., DeLange, N., & Hazelrigg, M. D. (1987). Orientation-specificity in kinesthetic spatial learning: The role of multiple orientations. *Memory and Cognition*, **15**, 225-229.
- Presson, C. C., DeLange, N., & Hazelrigg, M. D. (1989). Orientation specificity in spatial memory: What makes a path different from a map of the path. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **15**, 887-897.
- Presson, C. C., & Hazelrigg, M. D. (1984). Building spatial representations through primary and secondary learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **10**, 716-722.
- Redlick, F. P., Harris, L. R., & Jenkin, M. (2001). Humans can use

- optic flow to estimate distance of travel. *Vision Research*, 41, 213-219.
- Richardson, A. R., Montello, D. R., & Hegarty, M. (1999). Spatial knowledge acquisition from maps, and from navigation in real and virtual environments. *Memory and Cognition*, 27, 741-750.
- Rieser, J. J. (1989). Access to knowledge of spatial structure at novel points of observation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 1157-1165.
- Roskos-Ewoldsen, B., McNamara, T. P., Shelton, A. L., & Carr, W. (1998). Mental representations of large and small spatial layouts are orientation dependent. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 24, 215-226.
- Rossano, M. J., and Monk, J. (1998). Spatial representations acquired from computer models: Cognitive load, orientation specificity and the acquisition of survey knowledge. *British Journal of Psychology*, 89, 481-497.
- Rossano, M. J., & Warren, D. H. (1989). Misaligned maps lead to predictable errors. *Perception*, 18, 215-229.
- Rossano, M. J., West, S. O., Robertson, T. J., Wayne, M. C., & Chase, R. B. (1999). The acquisition of route and survey knowledge from computer models. *Journal of Environmental Psychology*, 19, 101-115.
- 関根和生 (2007). 身振りから捉える用意時期の大規模空間表象の発達  
(1) — ルート・マップ視点とサーヴェイマップ視点の比較検討 — . *Human Developmental Research*, 21, 175-184.

- 関根和生 (2008). 身振りから捉える用意時期の大規模空間表象の発達  
(2) —経路説明における身振りと言話の質的検討—. *Human Developmental Research*, **22**, 71-82.
- Sekiyama, K. (1982). Kinesthetic aspects of mental representations in the identification of left and right hands. *Perception and Psychophysics*, **32**, 89-95.
- Siegel, A. W., & White, S. H. (1975). The development of spatial representations of large-scale environments. In H. W. Reese (Ed), *Advances in child development and behavior*, **10**, 9-55. New York: Academic Press.
- Sirigu A., Duhamel J. R. (2001). Motor and visual imagery as two complementary but neurally dissociable mental processes. *Journal of Cognitive Neuroscience*, **13**, 910-919.
- Shelton, A. L., & McNamara, T. P. (2004). Orientation and perspective dependence in route and survey learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **30**, 158-170.
- Shemyakin F. N. (1962). Orientation in space. In Ananyev B.G. (Ed.), *Psychological science in USSR*. **1**, 186-255. Washington: US Office of Technical Services.
- Sun, H. J., Chan, G. S., & Campos, J. L. (2004). Active navigation and orientation-free spatial representations. *Memory and Cognition*, **32**, 51-57.
- Thorndyke, P. W., & Hayes-Roth, B. (1982). Differences in spatial knowledge acquired from maps and navigation. *Cognitive*

- Psychology*, **14**, 560–589.
- Tlauka, M. (2006). Orientation dependent mental representations following real-world navigation. *Scandinavian Journal of Psychology*, **47**, 171-176.
- Tlauka, M., & Nairn, M. J. (2004). Encoding of multiple map orientations. *Spatial Cognition and Computation*, **4**, 359-372.
- Tolman, E. C. (1948). Cognitive maps in rats and men. *Psychological Review*, **55**, 189-208.
- 若林芳樹 (1999). 認知地図の空間分析 京都：地人書房 .
- Waller, D., Montello, D. R., Richardson, A. E., & Hegarty, M. (2002). Orientation specificity and spatial updating of memories for layouts. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **28**, 1051-1063.
- Wang, R. F. (2005). Beyond imagination: Perspective change problems revisited. *Psicologica*, **26**, 25–38.
- Wang, R. F., Crowell, J. A., Simons, D. J., Irwin, D. E., Kramer, A. F., Ambinder, M. S., Thomas, L. E., Gosney, J. L., Levinthal, B. R., & Hsieh, B. B. (2006). Spatial updating relies on an egocentric representation of space: Effects of the number of objects. *Psychonomic Bulletin & Review*, **13**, 281-286.
- Warren, W. H., Kay, B. A., Duchon, A. P., Zosh, W., & Sahuc, S. (2001). Optic flow is used to control human walking. *Nature Neuroscience*, **4**, 213-216.
- Warren, D. H., Scott, T. E., & Medley, C. (1992). Finding locations in the environment: The map as mediator. *Perception*, **21**, 671-689.

- Wilson, P. N., Tlauka, M., & Wildbur, D. (1999). Orientation specificity occurs in both small- and large-scale imagined routes presented as verbal descriptions. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, **25**, 664-679.
- Wilson, P. N., & Wildbur, D. J. (2004). First-perspective alignment effects in a computer-simulated environment. *British Journal of Psychology*, **95**, 197-217.
- Wilson, P. N., Wilson, D. A., Griffiths, L., & Fox, S. (2007). First-perspective spatial alignment effects from real-world exploration. *Memory & Cognition*, **35**, 1432-1444.
- Wildbur, D. J., & Wilson, P. N. (2008). Influences on the first-perspective alignment effect from text route-descriptions. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, **61**, 763-783.



## 謝辞

本論文は、わたしが北海道大学大学院文学研究科博士後期課程に在学していたときの一連の研究をまとめたものです。

本論文を執筆するにあたっては、北海道大学大学院文学研究科教授の菱谷晋介先生にご指導いただきました。先生には、修士課程の頃から、実験の計画、論文の作成に至るまで、多くのご指導を頂きました。また大学院生活、そして著者の就職後の研究においても、多大なご配慮をいただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

他にも、多くの先生方、先輩方にご指導、ご助言をいただきました。特に北海道大学大学院心理システム科学講座の諸先生方には多くの御指導をいただきました。心より感謝いたします。

また貴重な時間をさいて本論文で行った実験に参加して下さった茨城大学と北海道大学の学生および卒業生の皆様、研究に関する貴重なご助言を下された菱谷研究室の大学院生の皆様にも、たいへんお世話になりました。特に本山宏希、西原進吉、廣瀬健二、藤木晶子、本間美紀、今井史、松本信吾、新原理津子、中村真理香、近野馨（順不同、敬称略）の諸氏には大変お世話になりました。博士論文を執筆している間、わたしを励まし支えてくれた笠井有利子さんにも感謝いたします。ありがとうございました。

2013年 3 月 24 日

大藤弘典