

地図認識過程解明に向けての問題開発

黒田 恭史

〔抄録〕

近年、脳の生理学的データ測定装置の飛躍的な発展により、脳科学研究の成果を教育へと応用する動きが活発化している。本稿では、幾何教育における基本内容の一つである空間座標を取り上げ、問題遂行時における脳の生理学データの検出を可能とする「問題の開発」、「実験方法」、及び「予備実験における被験者の特徴」について論じる。地図を素材とした問題を開発し、予備実験を実施した結果、外的観察より所要時間の変化及び誤答数の推移において4つのタイプが存在することが確認された。こうした外的差異と脳生理学データとの照合を実施し、両者の関係を検討することが今後の課題である。

キーワード：地図、東西南北、前後左右、空間座標、脳科学

1. 研究背景

1.1. 脳科学と教育

非侵襲脳活動計測技術の発展と連動して脳科学の研究成果を教育研究へ積極的に活かす試みが世界的規模で活発化してきている。例えば、アメリカでは、1990年代を「脳の十年」と設定し、脳研究を国家レベルで推進してきた（関連サイト1）。また、ヨーロッパにおいても1991年に「EC脳の十年」計画がスタートした。

こうした世界的潮流の中で、日本では1997年に脳科学委員会を設立し、「脳に関する研究開発についての長期的な考え方」答申によって20年間という長期の組織的な研究が開始された。そして、2002年度より、文部科学省「脳科学と教育」研究に関する検討会が発足し、脳科学の研究成果を具体的な形で教育へ活用していこうという動きが急速に高まってきている（関連サイト2）。

1.2. 脳科学の発展と教育への応用可能性

脳活動を非侵襲的に測定する装置は、医療機器としてこの間、飛躍的に進展してきた。1990

年代に入り、脳波や PET (Positron Emission Tomography) といった装置に加えて、fMRI (functional Magnetic Resonance Imaging) や MEG (Magnetoencephalography : 脳磁図) が開発され、空間分解能や時間分解能が大幅に高まった (丹治・吉澤 2001)。脳内の活性化部位の正確な同定と秒単位での計測値の取得が可能となったのである。これらの装置は、脳の電気活動を測るもの (脳波, MEG), 代謝物質を測るもの (PET), 血液動態を測るもの (fMRI) の 3 種に大別できる。

そして、1990 年代前半に開発された近赤外線による光計測装置 (Near-infrared Spectroscopy), もしくは 1990 年代後半に開発された光イメージング装置を用いれば、自然に近い学習環境下における脳内の血液量の変化を容易に測定することが可能となった (江田 2001)。この装置は、fMRI や MEG よりも身体的拘束性が低く、測定時における被験者の通常姿勢における学習活動を可能にするという点に特徴を持っている。脳の各部位の詳細な測定精度 (空間分解能 : 約 2.0-3.5 cm) は高くはないが、継続的な脳活動の分析 (時間分解能 : 25msec-1000msec) は極めて高い。血液中の酸素化ヘモグロビン, 脱酸素化ヘモグロビン, そして総ヘモグロビンの変化量を測定することが可能である。こうした機器の登場により、自然な環境下での学習活動時における脳内の血液動態を測定することが具体化されつつある。

1.3. 教育学視点からみた脳科学研究

脳科学の研究成果を教育へと活用する試みは、この間、主に医学的アプローチから積極的に行われてきた (Sakatani K, et al. 1999, 川島 2001)。しかし、これまでの実験では、治療・検査といった医学的視点からのものが主流であった。また、脳科学の源流の一つである実験心理学においてはヒトをブラックボックスと捉えて、刺激を与えてその刺激に対する反応を統計的に解釈していた。従って、学習、記憶、発達などのキーワードは脳科学分野でも極めて重要なものであるが、教育現場における学習と脳科学分野における学習とは、単語は同一であるが使用される文脈が全く異なることに注意すべきである。つまり、同じ「学習」研究があるからとは言え、脳科学の成果を教育に活かすことは容易ではなく、教育学的見地からの実証的な研究が必要となるのである (黒田 2003a, 黒田他 2003b, KURODA 2003c, 尾迫他 2002)。

1.4. 幾何教育研究からみた地図の持つ意味

幾何教育における基本内容の一つに空間座標の学習があるが、従来から学校数学での扱いが不十分であることが指摘されてきた (横地 1978, 鈴木 1981)。個々の図形の特徴は扱われても、それらが位置する関係といった視点は現在の算数科の教科書においても欠落している。とりわけ、子どもの生活場面においても、東西南北や、前後、左右、上下といった用語や概念、あるいは「自分がその位置にいるとみて、側は？」といった考えは、小学校の低学年の段階から必要且つ重要なものでもあるにも関わらず、その理解や習熟の多くは、各自の努力に委ね

られているというのが現状である⁽¹⁾。

上記の学習は、一般に平面に描かれた地図から実際の場面を正確に読みとる際にも活用される。地図上に示された東西南北と自身の立つ向きとの関係を把握し、東西南北を前後左右といった方向に変換する作業によって「地図を読む」ことが可能となるのである。こうした地図を読む能力や方向感覚には、村越(2003)、竹内(1995, 1998)、Nigel(1997)らが指摘するように、年齢差、個人差、性差等が存在するとされている。一方、教育研究の立場から見た場合、そうした属性による差の正確な同定に加えて、どのような教育が効果的であるのかといった点に言及していく必要がある。

2. 研究目的

脳科学の教育への応用が期待される中、本稿では、以下の二点を明らかにすることを目的とする。

- ①脳の生理学的データが適正に検出可能となる地図の問題を開発する。開発に当たっては、被験者の疲労度を考慮し問題遂行時間の総和が15～20分間程度となるように設定する。また、脳内の血液動態の時系列での変位測定を可能とするために、一問題に対する所要時間を20～60秒間程度になるように問題の難易を調整する。さらに、被験者の習熟(慣れ)の可否を判別するために同様な問題を複数種類開発する。開発に当たっては、問題の意図を正確に理解すると考えられる大学生を被験者として予備実験を実施する。
- ②予備実験時の外的観察及び事後の感想より、被験者の特徴を整理し、外的観察におけるタイプの分類を試みる。

上記二つの目的は、光イメージング装置での脳内の血液動態測定実験のための、いわば基礎的研究と位置付けられるものである。また、今回の被験者は大学生としているが、将来的には小・中学生を対象とした実験を計画しており、幾何教育への脳科学の具体的な応用を最終的な目標とするものである。

3. 問題開発第一段階 「問題」の基本フレームの設定

以下では、地図を用いた問題開発と、予備実験による「問題」の適正と被験者の特徴について検討する。

3.1. 問題内容

問題は、目的地までの道順が赤の矢印で示してある地図を見て、各地点(A, B, C, ...)にきた際、左右のいずれかに曲がるのかを「A右, B左, C左, ...」と言語指示させるというも

のとした。

使用する地図は、格子状の配置図に赤色の折れ線で順路が示されており、左右に直角に曲がるというものである。地図の種類は5パターン作成し、いずれも、東西南北の4方向のものを用意する。従って、問題の総枚数は20枚（5パターン×4方向）となり、パターン1（問題①～④）、パターン2（問題⑤～⑧）、パターン3（問題⑨～⑫）、パターン4（問題⑬～⑯）、パターン5（問題⑰～⑳）と設定する（図1～図4；パターン5）。問題用紙は、A4サイズで順路となる折れ線は、赤色で記している。

1枚あたりの回答箇所数は、パターン1,2が13箇所（A地点～M地点）、パターン3,4が26箇所（A地点～Z地点）、パターン5が27箇所（A地点～Z,a地点）とした。脳血液量測定に際して、適正な回答個数、順路、枚数等を決定するために複数種の問題を考案した。

実験の際の東西南北の向き用の紙の順序は、各パターンとも北に向かっている場合（以下、北向きと記述）、南に向かっている場合（以下、南向きと記述）、西に向かっている場合（以下、西向きと記述）、東に向かっている場合（以下、東向きと記述）の順とした。

地図中の矢印の数は、北向きは上向きが、南向きは下向きが、西向きは左向きが、東向きは右向きが最も多くなるように設定した。また、矢印の先端で左右のいずれに曲がるかの個数は、上向き、下向き、右向き、左向きの場合ともほぼ等しくなるように設定した。

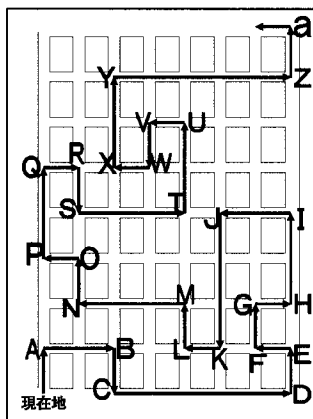


図1：北向きの場合（問題⑰）
問題用紙（実物はA4サイズ）
順路は赤色矢印で表示

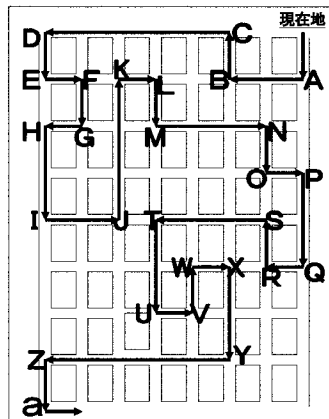


図2：南向きの場合（問題⑱）
（図1を180度回転）

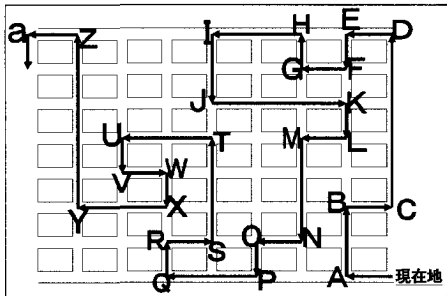


図3：西向きの場合(問題⑱)
(図1を右回りに270度回転)

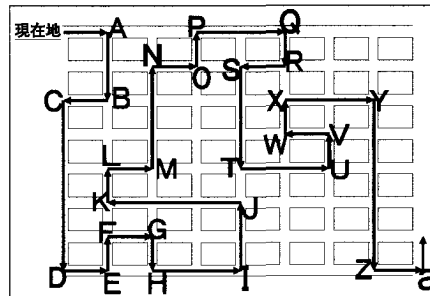


図4：東向きの場合(問題⑳)
(図1を右回りに90度回転)

3.2. 予備実験環境

実験は、被験者ごとに単独で実施する。測定者は、問題の遂行状況の観察者(問題用紙の入れ替えを含む)1名とする。実験に際しての阻害要因(騒音、他の視覚情報、空調不良等)はなく、被験者は問題に専念できる環境である。

3.3. 予備実験概要

- 1) 実験日：2003年5月3日
- 2) 被験者：3名(20歳～22歳、女性3名、教育学部教育学科大学生、全員右利き)
- 3) 実験場所：佛教大学内会議室
- 4) 測定方法：被験者は椅子に座り、机上で問題に取り組む。被験者前方よりビデオカメラにて問題遂行時の被験者の目の動きを録画、声を録音する。併せて、ストップウォッチ計測によって、問題間の休憩時間の測定を行う。姿勢を大きく動かすことを禁止し、問題用紙の移動は不可とする。
- 5) 測定装置：デジタルビデオカメラ、ストップウォッチ

3.4. 試行

以下の4手順で試行を行った。

- (1) 実験の説明。プレテスト実施。
- (2) 閉眼・安静状態の後、「始め」の合図とともに「問題①」から開始。「問題①」を回答終了後、被験者は、閉眼・安静状態で30秒休憩。「始め」の合図で「問題②」の回答開始。以下、「問題⑳」まで同様。
- (3) 問題終了。
- (4) 感想記述。

3.5.結果

各被験者の、問題毎の所要時間をグラフにしたものが図5～図7である。北、南、西、東向き毎に、パターン1～5までの所要時間の推移を示している。

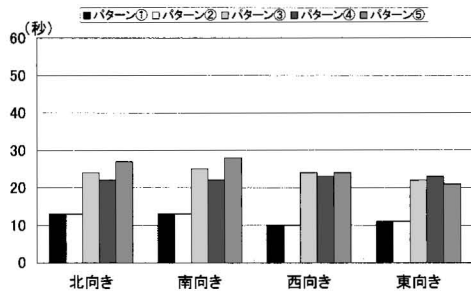


図5：被験者 A の場合

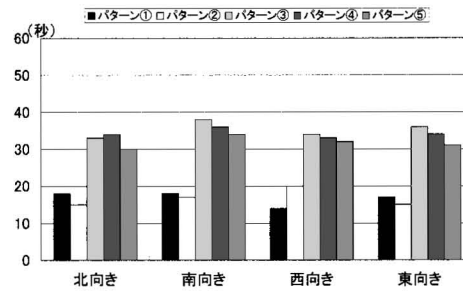


図6：被験者 B の場合

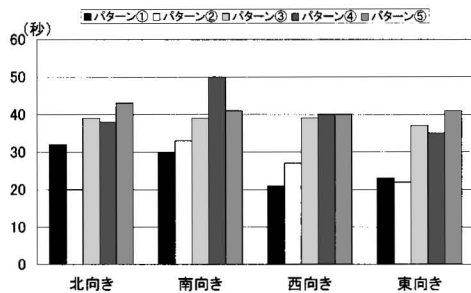


図7：被験者 C の場合

特徴として、以下の点が挙げられる。

問題の適正

- (1) 被験者 A, B の、パターン 1, 2 (13 箇所回答) の問題遂行時間は 20 秒未満である。
- (2) 被験者 A, B, C の、パターン 3, 4 (26 箇所回答) 及びパターン 5 (27 箇所回答) の問題遂行時間は 20 ~ 50 秒である。
- (3) 総所要時間の最も大きい被験者 C は、問題内容の説明、問題間の休憩を含むと約 25 分の時間を要した。

被験者の所要時間と正答率

- (4) 被験者 A, B, C は、回答箇所の個数が 2 倍 (パターン 2 とパターン 3 の間を比較) になると、所要時間もおよそ 2 倍になっている (被験者 C の南向きのみ約 1.2 倍 (33 秒 39 秒) である)。
- (5) 被験者 B, C は、総じて南向きに最も時間を要している。
- (6) 被験者 A, B, C とも、北向きと南向きとでは南向きに時間を要している (被験者 C の第 1 回目の北向きのみ高い)。
- (7) 被験者 A, B, C とも、西向きと東向きの所要時間に大きな差は見られない。

(8) 習熟による問題遂行時間の短縮は、全体的には被験者 B において確認される。一方、被験者 A, C は向きによっては増加しているところもある。

(9) 正答率は、被験者 A 100 %、被験者 B 98.6 % (414/420)、被験者 C 100 %である。

被験者の事後感想

(10) 被験者 A : 現在地を探すのに始めは戸惑ってしまった。8 問題目ぐらいですごく疲れた。

(11) 被験者 B : コツをつかむまでにすごく時間がかかったけれど、わかってからはすごく楽しかった。

(12) 被験者 C : 1 回目から 3, 4 回目まではすごく慎重に考えながら問題を解いた。3, 4 回目を以降は慣れてきたのと、またパターンがわかってきたことから解くスピードがはやくなってきたような気がする。

3.6. 考察

パターン 1, 2 では、全ての被験者の問題遂行時間が 20 秒未満となっていることから、回答箇所増加が必要であると考えられる。また、問題数についてであるが、被験者 A の後半部での時間増加等を考えると、被験者の方の疲れが問題遂行時間に影響しているのではないかと予想される。正答率はいずれの被験者とも高く問題の把握が正確になされていたと判断される。

平均所要時間において、被験者 C が南向きに最も時間を要しているが、この要因としては自分の向いている方向と地図の方向が一致しておらず、方向判断が困難であったためであると考えられる。これは、心理学、認知心理学等で一般に整列効果⁽²⁾といわれる現象である。

また、被験者 C においては、事後の感想等からも推察できるように、徐々に慣れが生じ、問題方略方法の獲得がなされていったことが窺える。それにともない、若干ではあるが所要時間の短縮が見られた。一方、被験者 A は、事後の感想でも 8 問題目付近以降に疲れを感じており、時間短縮が生じなかった一要因と考えられる。

上記の考察より、「問題」については、次のような方針で改善する。

- ・ 一問題の回答時間の適正化を考慮し、全ての問題について回答箇所を 26 箇所に統一する。
- ・ 被験者の疲れによる影響を考慮し、種類を 5 パターンから 3 パターンに減らす。

4. 問題開発第二段階 実験問題, 方法の改善

上記, 予備実験において生じた問題点を改善すべく, 問題内容と実験方法の改良を試みた。

4.1. 問題内容

第 1 回目の予備実験結果を踏まえ, 向きによる所要時間の差異が生じたとき, その差異がで

きるだけ顕著に表れるよう、また、疲れによる所要時間の増加が生じないように、1枚あたりの回答箇所数を26箇所统一到した問題を3種類開発した。従って、問題数は12（問題①～⑫）であり、問題①～④、問題⑤～⑧、問題⑨～⑫はそれぞれ同一地図の北向き、南向き、西向き、東向きのもとする。尚、問題①～④と問題⑨～⑫は相互に線対称図形となるものを採用した（図8、図9）。また、問題⑤～⑧は問題①～④の矢印の数と、その先端で左右いずれかに曲がるかの内訳を同数に定めた。目的地までの道順の合計距離は全ての問題において等しくなるように設定した。上記の設定理由は、問題間の難易の均質化を意図したことによる。

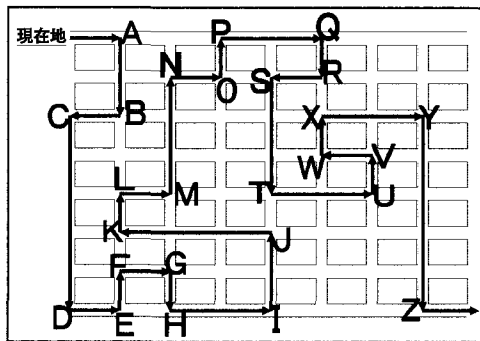


図8：東向きの場合（問題①）

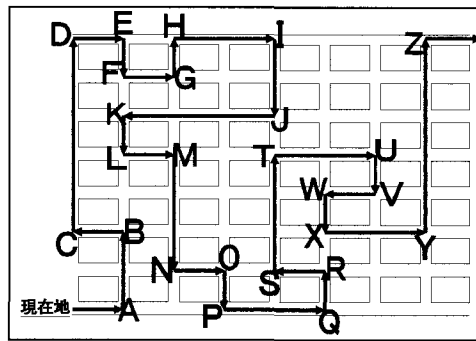


図9：東向きの場合（問題⑨）
（図8の線対称図形）

4.2. 予備実験環境

上記、予備実験と同様。

4.3. 予備実験概要

- 1) 実験日：2003年5月14日，5月21日
- 2) 被験者：2名（21歳，男性1名・女性1名，教育学部教育学科大学生，全員右利き）
- 3) 実験場所，測定方法，測定装置：上記，予備実験と同様。

4.4. 試行

上記，予備実験と同様。

4.5. 結果

各被験者の、問題毎の所要時間をグラフにしたものが図8～図9である。北，南，西，東向き毎に、パターン1～3までの所要時間の推移を示している。

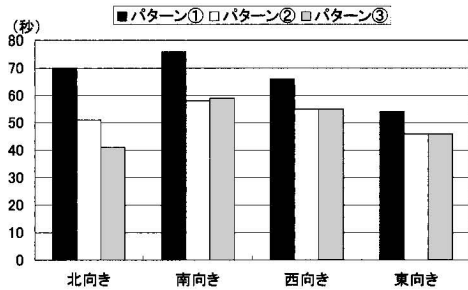


図 10：被験者 D の場合

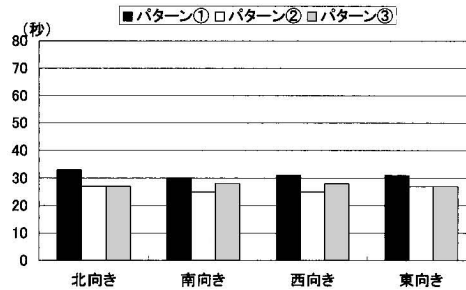


図 11：被験者 E の場合

特徴として、以下の点が挙げられる。

問題の適正

- (1) 被験者 D, E の各問題の所要時間は、25 ~ 80 秒間内である。
- (2) 被験者 D の総問題所用時間（説明、休憩含む）は、約 20 分間である。

被験者の所要時間と正答率

- (3) 被験者 D は、全てのパターンにおいて、南向きに最も時間を要している。
- (4) 被験者 D, E は、パターン ① からパターン ③ において、全ての向きで所要時間が減少している。
- (5) 被験者 D は、全てのパターンにおいて、北向きよりも南向き、また東向きよりも西向きに時間を要している。
- (6) 被験者 E は、全てのパターンにおいて、向きの違いによる所要時間の差異はほとんど見られない。
- (7) 被験者 E の各所要時間は、一問題中の 26 問を約 1 秒間刻みで回答した結果である。
- (8) 正答率は、被験者 D 100 %、被験者 E 99.7 % (311/312) である。

被験者の事後感想

- (9) 被験者 D：下から上へと上っていく問題は左右の判断がしやすかったが、上から下へと降りてくる道の問題は自分の向きとは逆になってしまうので、判断がしにくかった。

4.6. 考察

問題毎の所要時間より、一問題における回答箇所の個数は 26 程度が適切であると考えられる。また、問題数についても 3 パターンに減らしたために、疲れによる所要時間の増加は確認されず適正量であると判断した。正答率も双方とも高く問題の把握が正確になされていた。

平均所要時間については、被験者 D では、各向きとも短縮しており習熟がなされたと予想される。一方、被験者 E は、各向きとも所要時間がほぼ一定となっているが、スタート時から回答に要する最短時間を維持した結果と判断される。

また、被験者 D は、全てのパターンにおいて南向きに最も時間を要しているが、事後の感

想からも整列効果の影響によるものであると考えられる。尚、東向きであっても、スタート地点とゴール地点が上下の関係 例えば、図 8 の場合は左上から右下へ、図 9 の場合は左下から右上へと移動 になってしまっており、整列効果の影響を受けているのではないかということが課題となった。

上記の考察より、「問題」については、次のような方針で改善する。

- ・ 東向き、西向きにおけるスタート地点の上下差を避けるために、スタート、ゴール地点を中央付近にする。
- ・ 整列効果の影響と見られる南北の所要時間の差異を明確化する。スタート時の不慣れの影響と考えられる北向きの時間増を避けるために、北、南、西、東から、東、西、北、南の向きの順にオーダーを変更する。

5. 問題開発第三段階 実験問題の改善

上記、2 回の予備実験において生じた問題点を改善すべく、問題内容の改良を試みた。

5.1. 問題内容

第 1, 2 回目の予備実験結果を踏まえ、第 3 回目の実験では、最も時間を要する傾向にある南向きと、最も時間を要さないと考えられる北向きの時間差に着目するため、実験順序を東向き、西向き、北向き、南向きに変更した。また、西向き、東向きの問題において上下の向きがもたらす影響を軽減するため、スタート地点（現在地）とゴール地点を、およそ中央の位置になるように設定した。図 12 は東向きの場合、図 13 は北向きの場合である。

問題は、第 2 回目の予備実験問題と同様、12（問題①～⑫）とし、問題①～④、問題⑤～⑧、問題⑨～⑫はそれぞれ同一地図の東向き、西向き、北向き、南向きのものとする。尚、問題①～④と問題⑨～⑫は相互に線対称形を採用した。また、問題⑤～⑧は問題①～④の矢印の数と、その先端で左右いずれかに曲がるかの内訳を同数に定めた。目的地までの道順の合計距離は全ての問題において等しくなるように設定した。

5.2. 予備実験環境

上記、予備実験と同様。

5.3. 予備実験概要

- 1) 実験日：2003 年 6 月 4 日
- 2) 被験者：4 名（19 歳～20 歳，男性 2 名・女性 2 名，教育学部教育学科大学生，全員右利き）

3) 実験場所, 測定方法, 測定装置: 上記, 予備実験と同様。

5.4. 試行

上記, 予備実験と同様。但し, 順序は東向き, 西向き, 北向き, 南向きとする。

5.5. 結果

各被験者の, 問題毎の所要時間をグラフにしたものが図14~図17である。東, 西, 北, 南向き毎に, パターン1~3までの所要時間の推移を示している。

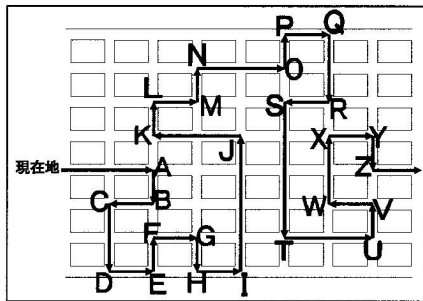


図12: 東向きの地図の場合

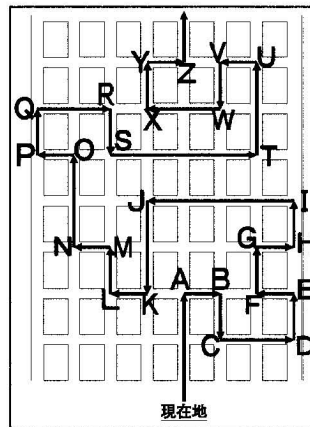


図13: 北向きの地図の場合

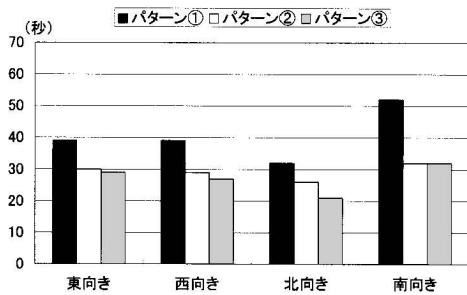


図14: 被験者 F の場合

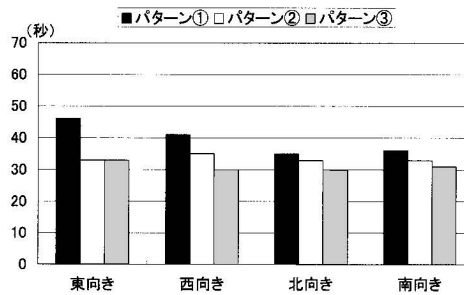


図15: 被験者 G の場合

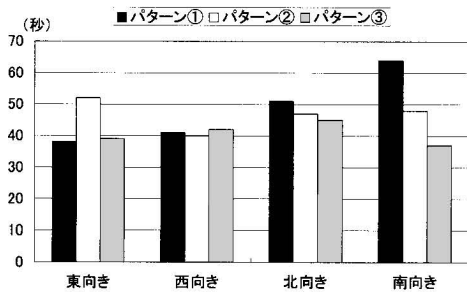


図16: 被験者 H の場合

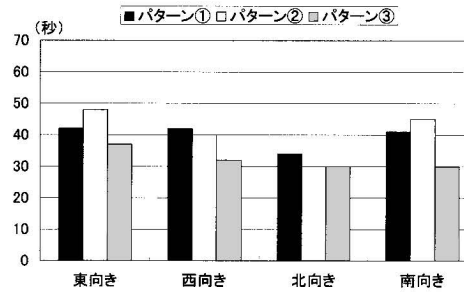


図17: 被験者 I の場合

特徴として、以下の点が挙げられる。

問題の適正

(1) 被験者 F ~ I の各問題の所要時間は、20 ~ 65 秒間内である。

被験者の所要時間と正答率

(2) 被験者 F, H は、総じて南向きに最も時間を要している。

(3) 被験者 G は、向きの違いによる所要時間の差はほとんど見られない。

(4) 被験者 I は、総じて東向きに最も時間を要している。また北向きと南向きとでは、南向きに時間を要している。

(5) 被験者 F, G は、各向きとも徐々に所要時間が減少している。

(6) 被験者 F, H は、南向きの所要時間の減少が顕著である。

(7) 正答率は、被験者 F 98.1 %、被験者 G 99.7 % (311/312) で、被験者 H 93.3 % (291/312)、被験者 I 98.4 % (307/312) である。

(8) 被験者 H の誤答数の推移は、パターン 1 が 17 箇所、パターン 2 が 3 箇所、パターン 3 が 1 箇所である。

被験者の事後感想

(9) 被験者 F：一番難しかったのはスタート地点の A 地点が自分側でなくむこう側にあるときです。はじめの自分の向きを整理してから動き始めなくてはならないので難しく感じました。

(10) 被験者 G：つい最近車の免許を取った私にとっては「車に乗った感覚で」と言われたことはイメージが付きやすかった。

(11) 被験者 H：出発地が手前ではなく向こう側にあるときや、座っている自分とは逆向きの場所で曲がろうとした時は困惑してしまった。回を重ねるごとに慣れてきたようにも感じたが、逆向きだとやはり途中で戸惑って考えてしまうところもあった。

5.6. 考察

今回の実験では、向きのオーダーを変更したが、そのことにより北向きと南向きの所要時間の違いと整列効果との関係がより明確化された。また、被験者 H より、正答率の推移が習熟の一尺度となる場合が確認された。問題の順序、問題数、所要時間等、適切なものであった。

平均所要時間については、被験者 F, G では、各向きとも徐々に短縮しており習熟がなされたと予想される。一方、被験者 G は、各向きとも所要時間がほぼ一定となっているが、スタート時から回答に要する最短時間を維持した結果と判断される。

また、被験者 F, H は、パターン 1 では南向きに最も時間を要しているが、その後、大幅に時間が減少している。これは最初の段階では整列効果の影響が生じたが、その後、習熟によって所要時間が減少したと考えられる。両者の事後の感想からも整列効果の影響が窺える。

6. 結 語

本稿では、脳生理学的実験に適切な地図問題の開発と実験方法の確立、及び地図問題を用いた予備実験における被験者の特徴について検討してきた。その結果、以下のことが明らかになった。

(1). 地図問題の開発と実験方法の確立

問題は、目的地までの道順が赤の矢印で示してある地図を見て、各地点(A, B, C, ...)にきた際、左右のいずれかに曲がるのかを「A右, B左, C左, ...」と言語指示させるというものとした。1枚あたりの回答箇所数が26箇所となる問題を、3種類開発した。その3種類ともに、順路が同じである東向き、西向き、北向き、南向きの4方向の地図を作成した。従って、問題数は総計12である。

問題の難易の均質化を図るため、3種類の内の、2種類は、線対称な順路となるように設定した。また、もう一種類も、矢印の数と、その先端で左右いずれかに曲がるかの内訳を同数に定めた。目的地までの道順の合計距離は全ての問題において等しくなるように設定した。

問題の順序は、整列効果の影響を適正に測定するために、東向き、西向き、北向き、南向きの順として、問題当初に生じる不慣れという要因が、北向き、南向きに影響することを避けた。

(2). 地図問題を用いた予備実験における被験者の特徴

3回にわたる予備実験では、問題の種類、実験方法等がいずれも異なっており、単純な比較を行うことはできないが、以下では整列効果の可否と、所要時間の短縮の可否という二つのベクトルを用いて、被験者の特徴を整理する。

*タイプ①: 整列効果の影響が見られ、所要時間の短縮が行われたタイプ

該当する被験者として、被験者D, F, Hが挙げられる。いずれの被験者も、南向きに最も時間を要しており、所要時間の短縮は南向きで顕著である。

*タイプ②: 整列効果の影響が見られ、所要時間の短縮が行われなかったタイプ

該当する被験者として、被験者C, Iが挙げられる。Cの場合は南向き, Iの場合は東, 西, 南向きの所要時間が大きい。試行による疲れ, もしくは、試行途中での混乱が時間に反映したのではないかと予想され、本来はタイプ①に属する可能性もある。

*タイプ③: 整列効果の影響が見られず、所要時間の短縮が行われたタイプ

該当する被験者として、被験者B, Gが挙げられる。各向きに関する所要時間の差異はほとんどなく、試行を繰り返すことによる習熟が所要時間の短縮になったと判断される。

*タイプ④: 整列効果の影響が見られず、所要時間の短縮が行われなかったタイプ

該当する被験者として、被験者A, Eが挙げられる。いずれも、所要時間の総和が小さく、

向きの違いによる所要時間の差異がほとんど存在せず、どの向きも抵抗なく読めるタイプであると考えられる。

今後は、第3回目の予備実験問題を利用し、光イメージング装置を用いた脳生理学的データの検出を実施していく予定である。また、残された課題として、被験者毎の問題に対する考え方の相違と、タイプ分類や脳生理学的データとの関連をどのように設定していくかという点が挙げられる。例えば、被験者の感想には「自分がその地図上にいることを想像してどちらに曲がるかを判断した。」「下向きの矢印（ ）からどちらに曲がるかを判断するときは、そこから矢印が右（ ）に向いていれば“左”、左（ ）に向いていれば“右”と答えるようにした。」「地図全体を回転させて、北向きになるようにして考えた。」などがあり、こうした方法の違いとの詳細な比較検討も、今後の課題である。

〔注〕

- (1) 例えば、現行の小学校学習指導要領（1998）第1学年においては、「前後、左右、上下などの方向や位置に関する言葉を正しく用いて、ものの位置を言い表すこと。」とあるが、東西南北についての記載はない。また、指導書（2002）においても、「左から3番目の動物は何ですか」「ねこは後ろから何番目ですか」という問題はあるものの、「きつねにとって、右の動物は何ですか」など、「自分がその位置にいるとみて」という考え方が必要な問題は見られない。

これに対し、尋常小学算術 第一学年児童用 下（緑表紙教科書〔1936〕）の第1学年下には、次のような問題がある。

「ヨシヲサンハ、ヒガシニムイテ、リャウ手ヲヨコニノバシテ、シンコキフヲシマシタ。ヨシヲサンノ右手ノ方ヲ、ナントイヒマスカ。左手ノ方ヲ、ナントイヒマスカ。ヨシヲサンノウシロノ方ヲ、ナントイヒマスカ。」

これは、東西南北と前後左右を対応させたものであり、「自分がその位置にいるとみて」という考え方が必要な問題であるといえる。

文部省（1998）小学校学習指導要領・大蔵省印刷局、東京

学校図書編集部（2002）しょうがっこうさんすう1年 教師用指導書 第一部実践編・学校図書、28-29

文部省（1936）尋常小学算術 第一学年児童用 下・大阪書籍、78-79

- (2) 整列効果とは、進行方向と地図の向きを一致させなかったとき、方向判断に時間を要したり、エラーが生じたりすることを指す。

松井孝雄（1992）空間認知の異方性と参照枠 整列効果はなぜ生じるのか？・慶應義塾大学大学院社会学研究科紀要、34；51-58

〔参考文献〕

江田英雄（2001）光計測で脳活動をみる．数理科学 461，サイエンス社，77-83

川島隆太（2001）自分の脳を自分で育てる．くもん出版，東京

黒田恭史（2003a）近赤外分光法（NIRS）を用いた図形学習時の脳活動についての研究 図形の念頭操作と実物操作時の脳活動の変化．佛教大学教育学部学会紀要，2：163-175

黒田恭史他4名（2003b）問題解決の方略獲得過程における脳内の血流量の変化 近赤外分光法を利用して．第5回日本ヒト脳機能マッピング学会大会，77

KURODA Yasufumi (2003c) Changing in Amount of Blood of Brain in Problem Solving Process.

NeuroImage, Vol.19, Issue2, Supplement 1, S25

村越 真(2003)方向オンチの謎がわかる本. 集英社, 東京

Nigel Foreman, Raphael Gillet(1997)Handbook of Spatial Research Paradigms and Methodologies Volume
1. Psychology Press. (竹内謙彰, 旦 直子(監訳)2001)空間認知研究ハンドブック. 二瓶社, 大
阪)

日本脳代謝モニタリング研究会(2002)臨床医のための近赤外分光法. 新興医学出版社, 東京

尾迫瞳美, 黒田恭史(2002)小学校の平面の図形教育について 平行・対称・回転運動に着目して .
第6回数学教育学会大学院生部研究会発表論文集, 36-40

Sakatani K, et al. (1999) Cerebral blood oxygenation changes induced by auditory stimulation in newborn
infants measured by near infrared spectroscopy. Early Hum Dev, 55: 229-236

鈴木正彦(1981)Ⅳ部 図形への試み; 横地清編著, 数学教育学序説 上. ぎょうせい, 東京, 135-159

竹内謙彰(1995)第7章 まよう 空間認知の個人差; 空間認知の発達研究会編, 空間に生きる. 北大
路書房, 京都, 138-150

竹内謙彰編著(1998)空間認知の発達・個人差・性差と環境要因. 風間書房, 東京

丹治 順, 吉澤修治編(2001)脳の高次機能. 朝倉書店, 東京

山口有美, 山口晴久(2001)脳波の周波数解析による学習課題解決プロセスの比較. 岡山大学教育実践
総合センター紀要1, 59-67

山口有美, 山口晴久(2002)脳波を用いた幾何学的課題解決過程における学習者の生体情報工学的研究.
岡山大学教育実践総合センター紀要2, 71-79

横地 清(1978)算数・数学科教育. 誠文堂新光社, 東京, 98-109

〔関連サイト〕

1: アメリカ合衆国「decade of the brain」ホームページ

<http://lcweb.loc.gov/loc/brain/home.html>

2: 文部科学省(2002)「脳科学と教育」研究に関する検討会ホームページ

http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/gijyutu/003/index.htm#kaisai

〔付記〕

本研究は, 平成15年度佛教大学特別研究費, 及び平成15~16年度文部科学省科学研究費補助金「基
盤研究(C)2」(課題番号: 15500600)の支援を受けている。

本実験の問題開発・予備実験を行うにあたっては, 岡本尚子氏(佛教大学教育学部学生)の協力を得た。

感謝の意を表す。

(くろだ やすふみ 教育学科)

2003年10月15日受理

