

中学校理科「月の満ち欠け」の問題図の改善と その提示に関する研究

Research on the improvement and presentation of some drawings about
"waxing and waning of the moon" in junior high school science

金子ひとみ*

Hitomi KANEKO

津田陽一郎**

Yoichiro TSUDA

片平克弘***

Katsuhiro KATAHIRA

芦田 実****

Minoru ASHIDA

I. はじめに

わが国では、「女性は科学が苦手である」、「女性は地図を読むことが不得意だ」とするイメージが根強く残っている（吉田・杉, 2002 ; Pease A. and Pease B., 2002）。これらは男女の能力差に対するイメージであり、「生まれつきの差」や「社会の影響を受けて生じた差」があるという前提から派生したイメージである。

本研究では、このような作られたイメージは女性の思考特性を考慮していないことにより生じている可能性があると考えた。たとえば、「男性にとって正解率の高い問題」は、「男性が選択しがちな特有の思考過程に合った問題である」と捉えた。そこで、本研究では「特定の認知的分野に対する男女の能力（認知能力）は同等であり、その分野における男女差は、ある状況を解決するときに選択する『思考過程の偏り』に起因している」という立場から生徒の実態調査を行った。「思考過程の偏り」に関しては、「画材選択の偏り」が出来上がる絵画に影響を与えるのと同様、男女差として現れてくると捉えた。本稿では、この性別による「思考過程の偏り」を「思考傾向」と表記した。

本研究では、中学生と高校生の「思考傾向」を明らかにした上で、理科学習、とりわけ男女差が指摘されている空間認知に用いる問題図の記載のあり方について提言を試みる。

II. 科学、理科における性別の違いによる不公平さの改善

IEAの第1回国際理科教育調査では、日本の男女の得点には差があり、女子よりも男子の方の得点が高かった（国立教育政策研究所, 2004）。しかし、平成13年度教育課程実施状況調査では、理科における正答と準正答の割合の合計である通過率は女子の方が男子よりも高い結果を示した（国立教育政策研究所, 2003）。この事について、瀬沼は「女子の数学や理科の得点は男子に及ばなかったのだが、今日では徐々に女子の得点が上昇し、男女差が解消してきた」と指摘している（瀬沼, 2001）。この傾向はPISA（2006）の結果でも表れており、科学的リテラシーにおける平均得点は、女子が530点、男子が533点であり、現在の日本の子どもの男女の平均得点には有意差

* 光文書院

** 狹山市立南小学校

*** 筑波大学大学院人間総合科学研究科

**** 埼玉大学教育学部

は認められなかった（国立教育政策研究所, 2006）。

しかし一方、理科に対する「好き」や「嫌い」などの態度は男女によって異なり、女子は男子よりも理科を嫌う傾向が強く、しかも、男女で嫌う理由に違いがあることも指摘されている（村松, 2004）。このような理科に対する態度の差は、将来の進学先や職業の選択にも影響を与えていている（吉田・杉, 2002；国立教育政策研究所, 2006）。理科に見られる男女差を解消するための研究は数多くなされているが、それは教師の態度やカリキュラム改善など教授に関するものが中心を占めている。たとえば、女子の消極的な学習態度を認識し、意識的に男女交互に発言させている教師の授業でさえ、授業の円滑な進行上、理科が良くできる男子生徒に多くの発言を求めている事実が報告されている（木村, 1999）。さらに、「女性は科学が苦手である」というイメージが根強く残っている社会においては、そのイメージを取り払い、両性に対する公平な態度を育成させることは困難である。これは世界各国で共通している。このような状況に対し、Tindallらは女子の自然系科目の選択率と達成度の向上を目指したイギリスのプロジェクトであるGISTや、アメリカの科学的職業選択プログラムであるSCORESで報告された結果を踏まえ、授業中の性別による不公平さを解消するために、「ジェンダーに公平な教材を作る」ことを主張している（Tindall and Hamil, 2004）。Tindallらのように教材の改良や開発に力点を置いた場合には、授業に際し「性別に配慮して指導する」といった特別な意識（木村, 1999）を教師が抱かなくてもすむと考えられる。

そこで、本研究では、Tindallの主張を踏まえ、教材の改良によって男女間の「思考傾向」の解消を目指した。具体的には、空間認識に関する教材（ここでは問題図）の改良を行い、生徒の思考過程の偏りや正解率への影響を調査し、その効果を検証する。

III. 地学分野の興味と理解の乖離

理科に対する興味・関心は学習内容の理解度にも影響を与えている。このことは平成15年度教育課程実施状況調査の結果にも表れている（国立教育政策研究所, 2003）。この調査では、設問への解答と同時に中学理科の単元ごとに「その単元が好きかどうか（興味）」「どの程度理解できたか（理解度）」について意識調査を行っている。この調査結果のうち、「この単元が好きだ」「よくわかった」といったように、前向きな回答をした割合を、物理・化学・生物・地学の分野ごとでまとめたものが下図である。

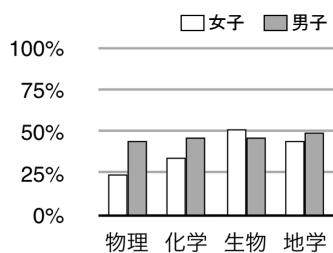


図1 各分野における興味の男女別割合

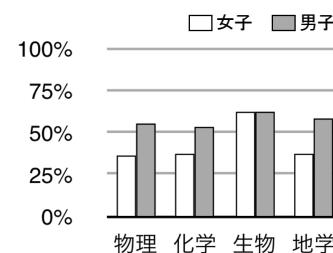


図2 各分野における理解度の男女別割合

図1と図2を比べると、男女ともに物理・化学・生物の分野においては「好きな分野は、よく理解できている」という傾向が見え、「興味」と「理解」には相関があることが分かる。しかし、地学分野に関しては傾向が異なり、図1では「興味」に対する男女差が少ないので対し、図2で

は「理解」に対する男女差が大きくなっている。このことは、女子生徒の場合、地学分野では興味から理解へ進むという図式のみでは説明できず、興味以外の何らかの要因が理解へ影響を及ぼしていると推察される。

IV. 調査問題の作成に向けた予備調査

1. 「心的回転」課題について

地学分野では、風景や立体物を異なる角度や視点から認識する能力が要求される。この能力は「心的回転」能力と呼ばれ、たびたび性別による差が指摘されている (Kimura, 1999)。たとえば、「人に道を教えるという課題」に対する回答では、女性は「マクドナルドのところで右に曲がる」など建造物や自然の特徴などの「目印」を用いる傾向がある。それに対し男性は、「半マイル北に進んで、チャーチ・ストリートを東に曲がって」などと距離や方位を用いる傾向がある (Ward, 1986)。このように男女によって解決のための目印や手段は異なっており、それが思考過程に影響を与えている。また、対象物に対する認識では、男性が物の動きを追うような認識を得意とするのに対して、女性は人の顔や色の認識を得意としていることが報告されている (Sax, 2006)。このような特徴は、「心的回転」課題を解く際にも見られ、たとえば、一般的な「心的回転」課題では、白黒で幾何学的で無機質な問題図が使われるが、これは男性の思考傾向にあっており、男性の解答に有利に働いていると考えられる。

これらの研究を踏まえ、本研究では「心的回転」課題の中に描かれた問題図に使われる模様の影響を探った。ここでは、同じ課題でも従来の「白黒の幾何学模様」を用いた場合と、女性が得意とする「色がついた人の顔の絵」(本稿では、紙面の都合上、白黒でその調査問題を載せている)を用いた場合で、男女の正解率と思考過程の違いを調査した。

2. 調査の実施

調査（以下、心的回転テスト）は、2006年9月～10月にかけて私立中学校2年生159人（男子77人、女子82人）及び高校1年生105人（男子47人、女子58人）を対象に行った。

テスト問題は、展開図の図柄を参考に、見本の展開図を組み立てた立方体と同じ立方体を複数の選択肢から選ぶようになっている。また、図3に示すように、問1は図柄にカラーの人の顔を用いており、問2は白黒の幾何学模様を用いた。

さらに調査終了後、男女それぞれ10人を対象に、解答にたどり着くまでの思考過程を対話形式で調査し、問題を解く際の思考傾向を探った。

3. 調査結果

a. 男女別の正解率

中学校での調査では、問1では男女とも約75%と同じような正解率であり、問2では男子約75%，女子約45%と正解率に大きな差が見られた。

高校での調査では、問1の場合は男女とも約70%と同じような正解率であったのに対し、問2の場合は男子では約85%，

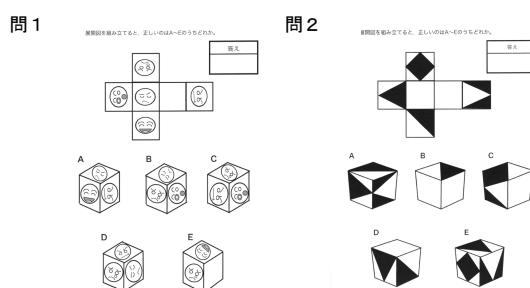


図3 心的回転テストの調査問題（問1はカラーである）

女子では約30%の正解率であり、性別によって正解率に大きな差が見られた。

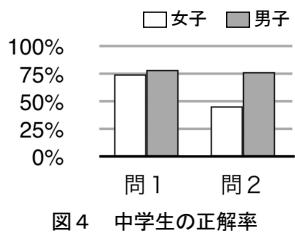


図4 中学生の正解率

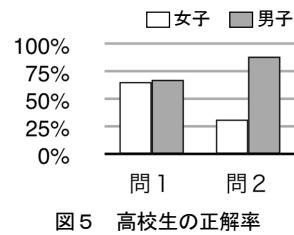


図5 高校生の正解率

b. 男女別の思考過程の比較

男女それぞれ10人に対して行った「解答にたどり着くまでの思考過程」の調査から、問題を解く際の思考傾向を確認できた。問1を解く際に、男子の多くは「見本を立方体に組み立て、それを回転させた様子を想像し、選択肢と照らし合わせる」という思考過程を経ていたのに対し、女子は「見本の一部の面のみを組み立てた様子を想像し、選択肢と照らし合わせる」という思考過程を経ていた。問2を解く際には、男子は問1の場合と同じ思考過程を示していたが、女子の多くは問1の時とは異なり、「勘」に頼って解答したという答が多かった。

これらのことから、「心的回転」能力を要するテストの正解率の違いは男女の思考過程の違いに起因していると言える。特に、女子は問題図によって答を導き出す思考過程が異なっており、目印を工夫した「色がついた人の顔の絵」を使った問題（問1）では、正解率を上昇させることができた。

c. 学校段階での正解率

中学生から高校生へと学年が上がることによって、男女の正解率は異なった変化を示している。女子の正解率は中学生の時点では問1と問2の正解率に有意差が見られ ($p < .05$)、高校生の時点でも問1と問2の正解率には有意差が見られた ($p < .05$)。一方、男子では、中学生の時点で問1と問2の正解率に有意差は見られない。しかし、高校生においては問1と問2の正解率では有意差が認められ ($p < .05$)、問2の正解率が有意に高くなっていた。

このことから、女子は中学生の時点ではすでに白黒で描かれた幾何学の問題を苦手とするといった兆候を示しているのに対し、男子は高校生の時点で白黒の幾何学の問題をより得意とする傾向を示すようになっていると言える。

V. 「月の満ち欠け」における問題図の影響

1. 従来の問題図を使用した調査

心的回転テストによる調査結果を元に、中学3年生の単元「宇宙と太陽」における月の満ち欠けに関する学習において、空間認知能力を探る問題を使用し調査を行った。この調査はすでにこの単元を学習済みである私立中学生2年生105人（男子47人、女子58人）を対象として2006年9月に行った。設問は(1)～(6)の6題である。

問1～3は、太陽と月、地球の位置関係から月の満ち欠けした様子を図示させる問題である。問4は問1～3を解く際に、問題用紙を回転させたかどうかを聞いている。問5、6は、月の満ち欠けした様子から月の位置関係を図示する問題である。図6に調査問題（図の左に太陽、円の中心に地球を配置）の一部を示した。

a. 男女別の正解率

問4のアンケートを除く全ての問題の正解率が女子よりも男子の方が高く、有意差が見られた($p < .05$)。結果をグラフ化したものを図7に示す。

b. 男女別の思考過程の比較

解答の分析、および問4の回答から男女の思考傾向には類似点と相違点が見られた。

●類似点

- ・問1～3を解答する際の書き込み

問1～3を解く際に、解答以外に何らかの書き込みを残した生徒の割合は全体の約85%であった。そして、男女ともに最も多く見られた書き込みは、地球から見える月の面を示す補助線であった。この線は月と地球を結ぶ直線に対して垂直であり、月の中心を通るものであった。

●相違点

- ・不正解の傾向

問1～3の不正解の内容には男女間で違いが見られた。男子の不正解者の多くが無解答であったのに対し、女子は不正解者のうち約60%が「右側が欠けた」など左右の位置を間違えて解答していた。

- ・問題用紙の回転

問4への回答の分析から、問題用紙を回転させた割合について、男子では約2.1%とほとんどいなかったのに対し、女子では89.7%となっており、女子のほとんどが問題用紙を回転させていた。すなわち、太陽と地球の位置関係について、男子では問題図を動かさず解答しているが、女子では、問題図を動かさないと解答できないことが明らかとなつた。

- ・問5、6の書き込みの特徴

男女とも、問1～3の解答用紙への書き込み内容は類似していたが、問5、問6での書き込みでは男女で「書き込む位置」と「書き込む数」に違いが見られた。多くの男子は、自分が正しいと思った位置にのみ月の絵を書き込み、正解以外の書き込みは確認できなかつた。これに対し、多くの女子は、まず地球の周りに複数の月の絵を書き込み、その後、自分が正しいと思った解答を丸で囲んだり矢印で示したりしていた。そのため女子の解答では、男子よりも書き込まれた月の数が多かつた。

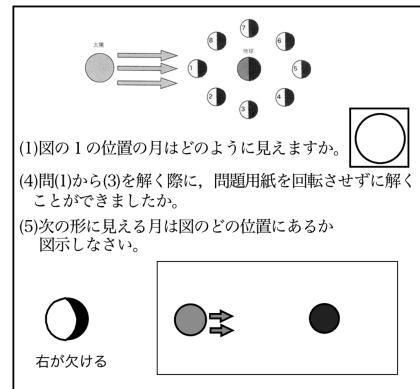


図6 問題の一部 ((2), (3)は(1)と同様の問題、(6)も(5)と同様の問題である。)

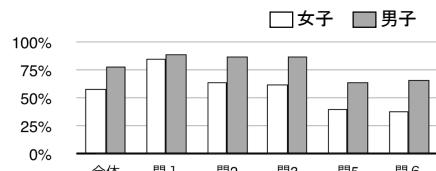


図7 従来の問題図を使用した月の満ち欠け問題の男女別正解率

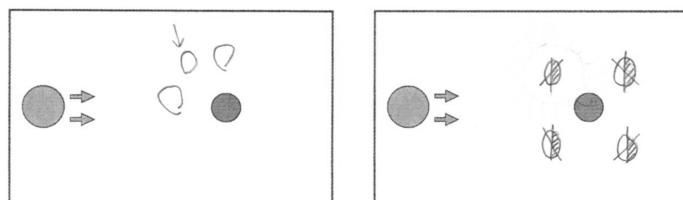


図8 問5で見られた解答例（左：男子 右：女子）

この「月を書き込む数」の違いから、次のような男女に特有なイメージ変換モデルを作成した。

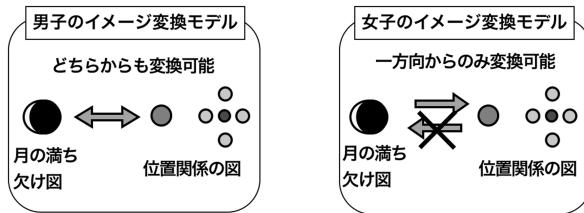


図9 男女のイメージ変換モデル

- 男子は「月の満ち欠け図」から「位置関係の図」、「位置関係の図」から「月の満ち欠け図」と両方向のイメージ変換を、問題に合わせて行っている。
- 女子は、常に「月の満ち欠け図」から「位置関係の図」といった一方向のイメージ変換のみを行っている。

以上、これまで述べてきた男女の解答の類似点、相違点の分析から①～③の改善点が指摘できる。

- 問題を解くために、地球から見える月の面を示す補助線を引く必要がある。
- 女子の不正解者の過半数が、左右を間違えていたことから、どの位置から月を見ているのかを示す必要がある。
- 女子の多くが、調査問題の太陽と地球の位置関係をもとに、月の満ち欠けの様子を想像できなかったことから、新たに作成する問題図の中では太陽と月を描く位置を変える必要がある。

2. 新たに作成した問題図を使用した調査

上述した改善点を踏まえ、問題図について次の3点の改良を行い、実態調査を行った。

- あらかじめ補助線を引いておき、地球から見える月の面が分かるようにした。
- 地球上に人間を置きそこから月に向かって矢印を引くことで、地球上のどこから、どの月を見ているかを分かるようにした。
- 太陽の位置を地球の上側に変えた。

新たに作成した問題図（円の中に地球を配置した）を図10に示す。なお、この調査では、改良した部分以外は従来の図を使用している。

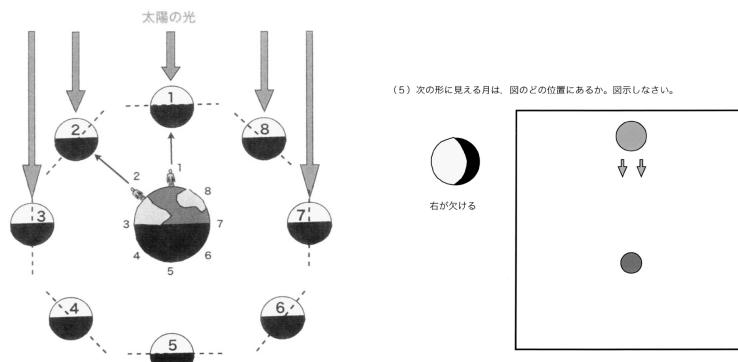


図10 新しく作成した問題図

a. 男女別の正解率

図11と図7を比較すると、新たに作成した問題図を用いた場合、男子の正解率はあまり変化しなかったが、女子の正解率が大きく上昇したことが分かる。また、問4のアンケートを除く全ての問題の正解率に男女の有意差を確認することはできなかった。

b. 男女別の思考過程の比較

男女ともに思考過程に変化が見られた。従来の問題図を用いた調査で明らかになった男女間の思考過程の相違点（補助線、問題用紙の回転）をほとんど確認することができなかつた。

●男女ともに変化

- ・問1～3への書き込み：何も書き込まずに解答している生徒がほとんどであった。改良①により、補助線を引く必要がなくなったためであると考えられる。

●女子のみの変化

- ・不正解の傾向：女子の不正解者の傾向は、「左右を間違った記入」から「無記入」へと変わった。不正解者の「左右の間違い」がなくなったのは改良②により、月を見る面がわかりやすくなつたためであると考えられる。

- ・問題用紙の回転：女子の問題用紙を回転させた割合が89.7%から4.8%に減少した。これは改良③によるものである。従来の問題図で解く際には、多くの女子が「太陽の位置を地球の上側」になるよう問題用紙を回転させていたのだが、新しい問題図ではその必要がなくなったことから回転の割合が減少したと考えられる。

- ・問5、6への書き込み：女子の書き込んだ月の数が、従来の問題図を用いた場合では5～6個であったのが、新たな問題図では3～4個に減少した。しかし、男子の書き込んだ月の数は0～1個であった。依然としてイメージ変換の傾向には男女の相違が見られた。

以上、本研究で行った月の満ち欠け図を用いた2つの調査結果からは、男女ともに同じ思考過程を辿ることができるような問題図（教材）を用いれば、男女の空間認知にはほとんど差がないことが明らかとなった。さらに、今回の調査では、提示する問題図の改良により、男子の正解率は変化されることなく、女子の正解率を上昇させることができた。これらのことから、従来の教科書等で用いている問題図のみでは、月の満ち欠けに対する生徒の理解度を高めることが難しいと言える。

VI. 「金星の満ち欠け」における問題図の影響

1. 従来の問題図を使用した調査

本研究では、「月の満ち欠け」に見られた問題図の影響と同様のことが、「金星の満ち欠け」の問題図にも生じていると考え、調査を行った。「金星の満ち欠け」は「宇宙と太陽」の単元の中で学習する内容である。この調査は既にこの単元を学習済みの私立中学校2年生105人（男子47人、女子58人）を対象に2006年9月に行った。

「金星の満ち欠け」の問題図は多くの教科書で使用されているものを参考に作成した。問題で

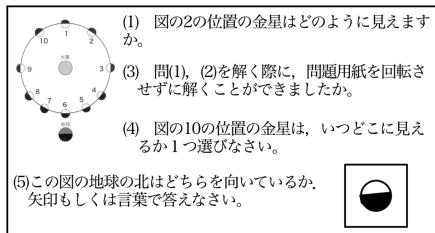


図12 問題の一部 (2)は(1)と同様の問題)

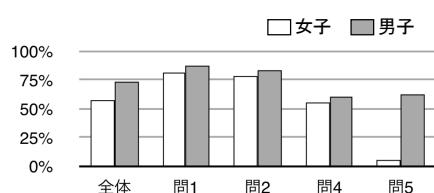


図13 金星の満ち欠け問題の男女別正解率

b. 男女別の思考過程の比較

解答の分析および問4のアンケートの回答から男女の思考過程の傾向には次の類似点と相違点が見られた。

●類似点

- 書き込み：問1，問2を解く際に問題用紙への書き込みをしたのは全体でも20%程度であり、男女による差は見られなかった。その書き込みは、地球から見える金星の面を示す補助線であった。
- 不正解の傾向：問1，問2の不正解の生徒は男女ともに無記入であった。
- 問題用紙の回転：男女ともに問題用紙を回転させなかつた割合が90%を超えていたが、有為差はなかった。

●相違点

- 方角イメージの違い：問5において、女子の正解率は男子の正解率を大きく下回った。不正解者の傾向としては、ほとんどの女子が地球の北を「問題図の上方向」と捉えていた。

また、問4の男女の正解率、問5における男子の正解率および女子の誤答の傾向から以下のようないわゆる男女のイメージ変換モデルを推察できた。

- 男子は「正しい方角イメージ」を持ちやすく、女子は「誤った方角イメージ」を持ちやすい。これは「公転面の垂直方向から見る図」、「公転面を水平方向から見る図」を相互に変換することができるかできないかによると考えられる。

なお、女子が誤った方角イメージを用いやすいにも拘らず、問4における男女の正解率に有為差がみられなかつたのは、今回の調査の問題図では、たまたま誤った方角イメージと適切な方角イメージの東西の方向が一致してしまつたためであると考えられる。

また、一般に教科書の金星の満ち欠けの説明で用いられる図は「公転面の水平方向から見る図」であり、

は、下側に地球をおき、円の中心に太陽を配置した図を使い「月の満ち欠け」の課題と同様の設問を用いた。問1、問2は、太陽・金星・地球の位置関係から金星の満ち欠けの様子を図示させる問題である。問3は問1、問2を解く際に、問題用紙を回転させたかどうかを聞いている。問4は金星の見える方角、問5は問題図の地球の北の位置を図示する問題であり、方角イメージを用いるという相互性のある問題である。実際に使用した問題図と問題の一部を図12に示す。

a. 男女別の正解率

ほとんどの問題で男女の正解率に有意差は見られなかつたが、問5のみ男子の正解率が約60%に対し女子が約5%と大きな差が見られた。

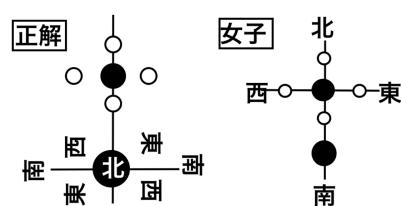


図14 正解の方角イメージと女子が持ちやすい方角イメージ

女子はこの図をもとに金星の満ち欠けを理解していると考えられる。しかし、問5では、女子が垂直方向から水平方向へのイメージ変換を不得意とすることから、男女の正解率には大きな差が生じたと推察される。

以上の類似点、相違点の分析によるイメージ変換モデル、教科書の記述の分析から、金星の満ち欠け図については次の改善点が指摘できた。

- ① 女子が正しい方角をイメージしやすいように、「公転面の水平方向」から見ることを促す図の工夫が必要である。
- ② それぞれ図に示された地球の同じ地点がわかるような工夫が必要である。

2. 改善した問題図

以上の分析を踏まえて、次のような改善を行った。

- ① 「公転面の水平方向」が分かる図を新たな問題の中に加えた。
- ② イメージ変換しても方角イメージが変わらないようにそれぞれの図の地球の同じ地点に「目印」を加えた。改善した問題図を図16に示す。

a. 男女の正解率

改善した問題図（新たな図と目印を加えた図）を用いて調査した結果、全ての問題の正解率において男女差が見られなくなった。

b. 男女別の思考過程の比較

●類似点

男女に共通して、「問1、2で見られた書き込み」、「問題用紙の回転の有無」、「不正解の傾向」においては、問題図が変化しても変わることは無かつた。

●女子のみ変化

・方角の捉え違い：問5の男女の正解率の差が著しく解消されたことから問題図の変更によって女子の誤った方角イメージを用いる思考傾向に変化を生じさせたと考えられる。また、女子の誤答の約90%が無記入であったことから正しい方角イメージを持てたと推察される。

以上、問題図の改良によって、男女の正解率はともに上昇し、かつ両者の正解率の差が解消されたことから、改良後の本問題図（教材）の有用性が確認できた。

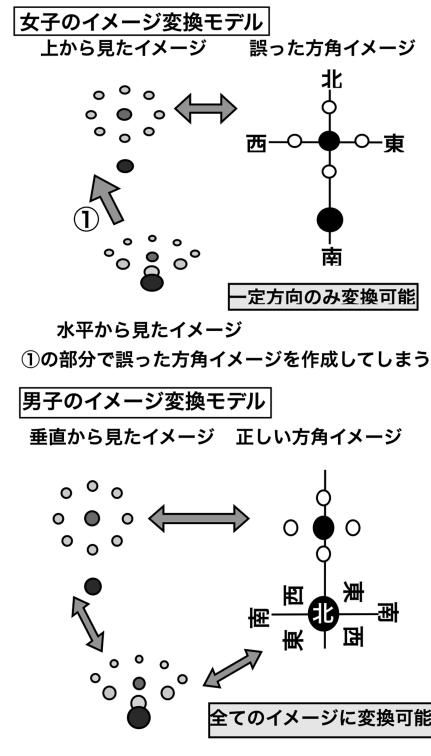


図15 男女のイメージモデル

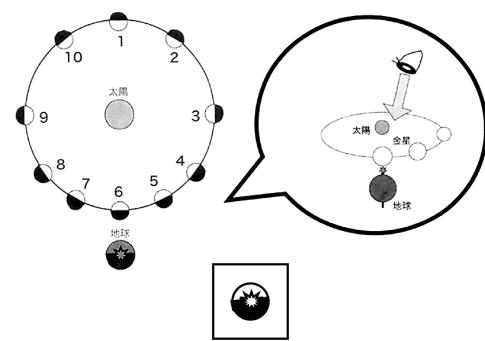


図16 改善した問題図

VII. おわりに

本研究の「月の満ち欠け」や「金星の満ち欠け」に関する調査結果はともに、中学生や高校生の男女が、それぞれの「思考傾向に即した過程を辿ることができれば、空間認知の能力の差は見られない」ということを示している。従来行われてきた調査研究の中で、男女間の空間認知能力に差があったように見えたのは、それぞれの課題に問題があり、その多くが男性の思考傾向に沿った形であったためと推察される。しかし、この点に関しては今後の研究に多くを委ねざるを得ない。

本研究では、男女間の空間認知能力の差が性別による思考傾向の違いで生じていたことを明らかにした。また、思考傾向の違いを考慮した上で問題を作ることによって、理科学習において見られる男女差を埋められることも明らかにした。今後、このような男女特有の思考傾向を配慮し、両性に対し公平な課題が使用された場合には、男女間の空間認知能力の差はほとんど見られなくなると考えられる。そのためには、理科教育においても女性の思考傾向に配慮した教材開発を行う必要性がある。

引用文献

- ・ Kimura, D, 野島久夫, 三宅真季子, 鈴木真理子訳 (2001) : 女の能力, 男の能力一性差について科
学者が答えるー, 新曜社, pp. 53-81, pp. 157-169.
- ・ 木村涼子 (1999) : 学校文化とジェンダー, 到草書房, p. 161.
- ・ 木村涼子, 小玉亮子 (2005) : 教育／家族をジェンダーで語れば, 白澤社, pp. 69-77.
- ・ 国立教育政策研究所 (2003) : 平成13年度小中学校教育課程実施状況調査, ぎょうせい, pp. 122-123.
- ・ 国立教育政策研究所 (2004) : IEA国際情報教育調査 (SITES) 報告書, 国立教育政策研究所, p. 35.
- ・ 国立教育政策研究所 (2005) : 平成15年度小中学校教育課程実施状況調査, 国立教育政策研究所.
http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/index.htm
- ・ 国立教育政策研究所 (2006) : 生きるための知識と技能—OECD生徒の学習到達度調査 (PISA) 2006
年調査国際結果報告書ー, ぎょうせい, pp. 150-151.
- ・ 村松泰子, 河野銀子, 中沢智恵, 池上徹, 藤原千賀, 高橋道子 (2004) : 理科離れしているのは誰か
ー全国中学生調査のジェンダー分析ー, 日本評論社, pp. 30-33.
- ・ Pease A. and Pease B, 藤井留美訳 (2002) : 話を聞かない男, 地図が読めない女ー男脳・女脳が「謎」
を解くー, 主婦の友社, pp. 133-154.
- ・ Leonald,M.D,Sax (2006) : Why Gender Matters; What Parents And Teachers Need to Know About the
Emerging Science of Sex Differences, Broadway Books, pp. 125-127.
- ・ 濱沼花子 (2001) : 平成9～12年度科学研究費補助金基盤研究 (B) 最終報告書「数学とジェンダー」.
- ・ Tindall, T. and Hamil, B. (2004) : Gender Disparity in Science Education; The Causes, Consequences,
and Solutions, EDUCATION, Vol.125, Issue2, Project Innovation Inc..
- ・ 吉田淳, 杉愛弓 (2002) : 理科教育におけるジェンダーの課題:教員養成大学学生の進路選択意
識調査, 愛知教育大学教育実践総合センター紀要, vol. 5, pp. 179-187 愛知教育大学教育実
践センター, 2002.