

児童の角度概念

知久馬 義 朗

Children's Angle Concept

Yoshiro CHIKUMA

(Received May 23, 1990)

Children often fail in the large-small judgement on the angle. Which causes this failure, their confusion of the angle with other quantities or their generalization of the "false-rules" about the angle? Does children's ability of measuring angles with protractors relate to their large-small judgement on the angles? And can the accumulating accurate measurements of the various angles with protractors make children form the clear angle concept? This research, whose subjects were 30 fourth-graders, was designed to investigate these 3 problems. In result, the author indicates the following. Firstly, the nature of children's inadequate thoughts about the angle is most likely to be the confusion among the various concepts, not the generalization of the false-rules, as shown by their confusion of metric units, their mistakes in wording, their inconsistency in answering the questions and so on. Secondly, children's performance in measuring angles with protractors varies coincidentally with their performance of the large-small judgement on the angle, as shown by various indices like the percentages of right-answerer at every question, the ratios of the misanswers to the right ones and so on. Thirdly, the ability for accurate angle-measuring is at least one of the necessities to the clear angle concept, which is shown by the fact that children's angle concept made its figure much clearer than the timepoint of the pretest in the way of the classwork in which the teacher put stress on the accurate measurement of the various angles with the protractors. However, the children's concept remains somewhat vague even after the classwork. This fact, which seems to be caused by the lack of the experience of constructing angles, indicates that the cultivation of angle-measuring ability does not lead to sufficient cultivation of the angle-constructing ability. Both cultivations seem to play the same important role in the formation of the angle concept.

Key words : confusion of concepts, misconception, false-rule, angle concept, classwork

問 題

子供たちが科学教育の場で示すつまづきの多くは、彼らの無知にではなく、既知に起因する。すなわち、科学教育の目標は、一定の「正しい考え」を子供たちに獲得させることにあるが、多くの場合子供たちは、正しい考えとは異なる「不適切な考え」を事前に既知してしまっており、この不適切な考えからの干渉が、子供たちの学習を妨害するのである。

細谷（1968, 1969）は、子供たちの既知する不適切な考えの多くがルール（法則）と呼ぶに値する特徴を持っていることを見出し、それを「誤ルール」と命名した。ルールの特徴は、仮言命題として表現されうる、複数の事例を支配する一般性を持つ、それゆえに複数の場で判断の根拠として機能するという点にある。誤ルールもまた、正しいルールと全く同じに、「～ならば・・・だ」と表現され、複数の事例を支配し、様々な場で判断の根拠として機能する。正しいルールと誤ルールの相違は、ルールの前提項を構成する属性が適切か不適切かという点にある。そして、この点に

おける相違が、誤ルールの適用可能範囲を、正しいルールのそれより狭く、偏ったものにしてしまうことになる。誤ルールの適用可能範囲は狭く偏っているにもかかわらず、誤ルールの所持者である当の子供たちは、この点について無自覚であり、その結果、適用可能範囲外の物事事象にまで誤ルールを適用してしまい、不適切な判断結果を招くことになる。

しかし、誤ルールは、単なる「間違っただけ」ルールではない。誤ルールは、その構成属性が確かに不適切であるが、無意味に成立するわけではなく、それなりの必然性を伴って成立する。経験の結果は通常、当該個人の適応に役立つ形に一般化されて内蔵されるが、誤ルールは、その一つの形態に他ならない。我々の日常的活動の場は通常、意図的統制が為されていないがゆえに、狭く偏っており、その上、活動結果のフィードバックも通常は、検証の論理の十分な裏付けなしに為されている。この2点が原因となって、経験結果の一般化の際に、当該現象にかかわる様々な属性の中で着目しやすい属性が取り上げられ、結果として、形成されるルールが狭く偏った範囲にしか通用しない誤ルールになってしまうのである。従って誤ルールは、その成立の場たる当該個人の日常的世界に限れば、それなりに「適応的な」判断を可能にし、当該個人にとってはあくまでも、日常的世界への適応実現に裏打ちされた「正しい」ルールとしての位置づけを持つことになる。細谷（1983）は、この点に留意して、子供たちの作り上げている誤ルールの体系は、彼らにとっての「信念の体系」に他ならないと指摘している。

子供たちは正しいと確信している誤ルールを内蔵させて授業に臨んでいるのだと考えれば、教師の伝達しようとする考えを彼らがなかなか受容しようとしなないことは、当たり前のことになってくる。子供たちの持つ不適切な考えを誤ルールという概念で捕捉したことで、我々は、子供たちの誤反応の強固さ、一貫性の理由を説明できるようになったとともに、子供たちに正しいルールを内蔵させようとする際に考えるべきことが、正しいルールのやみくもな入力ではなく、彼らの既有的誤ルールの正しいルールへの「組み換え」の実現であることに、気づきえたのである。

しかし、子供たちの持つ不適切な考えのすべてを、誤ルールと考えて良いわけではない。我々の自成させている不適切な考えのすべてが、我々の適応にとって、積極的な役割を等しく果たしているわけではないからである。その中で、成立に当たって当該個人の日常的世界と密接に接触し、結果として日常的世界を濃厚に反映しているもののみが、誤ルールと呼ばれるに値する適応的意味を持つと考えられる。重さ、比重、力といった概念に関わって子供たちが自成させている土着の知識¹⁾は、確かにこの意味での「誤ルール」の群に他ならず、その一々に、子供たちの日常的活動の場での適応的役割を見出すことができる。このことは、反対に、日常的世界との繋がりが弱い概念に関しては、誤ルールが成立しにくいことを示唆することにもなる。

ここで、「角度」概念について考えてみたい。角度は、角を形造る一方の半直線の他方の半直線からの回転量の大きさを表す量であり、「角度は、角をつくる2辺の開きの大きさのことである」という定義が成立する。子供たちが、「2辺の開きの大きさ」によって規定されたこの「角度」概念を持っていれば、角度の大小判断を一貫して正しく行うことができるし、持っていなければ反対に、一貫しての正しい大小判断は行えない。実際には、角度や分度器による測定の手引きを受けた子供たちでさえ、正しい大小判断を一貫しては行えないことを、吉永・田中・麻柄（1984）が報告している。

角度概念を、あえてルールの形式にするならば、「2辺の開きが大きいほど、角度は大きい」、「2辺の開きが小さいほど、角度は小さい」、「角度が大きければ、2辺の開きは大きい」、「角度が小さければ、2辺の開きは小さい」と表現できるだろう²⁾。麻柄（1984）は、子供たちが角度の大小判断を正しく行えない原因を、これらのルールに対立する、「辺の長さ」と「角を示す弧の大きさ」とい

ら不適切属性で構成された誤ルールを、子供たちが持っていてに求めている。

しかし、角度概念は、日常的世界との関わりを想定しにくい概念である。角度の大小を勘案することを求められる判断の場は、授業場面を除けば、子供たちの日常的世界にほとんど存在しない。その意味において、角度概念は、重さ、比重、力などの諸概念とは異なる性質を持っていることになり、当該個人の内部に、積極的な適応的意味を持つ誤ルールが成立しにくい、すなわち誤ルールが成立するだけの必然性を内包しない概念だと言ってよいのではないだろうか。角度概念について誤ルールを想定する麻柄の考えにおいては、当該個人の適応に対して果たす誤ルールの積極的な役割が、曖昧にしか捉えられていないと思われる。

子供たちが角度の大小判断を迫られる場は、ほぼ授業場面に限定される。それにもかかわらず、角度に関する不適切な考えを子供たちが実際に持っているとしたら、その考えは、授業で角や角度を学ぶことによって新たに成立したものはずである。小学校学習指導要領（昭和52年告示）によれば、子供たちは、2年以降の各学年で角ないし角度の学習を行うことになっているが、それと平行して、他の教科も含めれば、長さ、面積、体積、重さ、比重、密度、濃度、溶解度、時間、速度、温度、熱量、熱伝導率、力、仕事、風力、雲量、水量、電圧、電流、電気抵抗、磁力、光度、照度、輝度、音の強さ、周波数、屈折率、反射率、酸性度等々、実に様々な量に関する学習を行うことにもなっている。ここで考えるべきは、概念の獲得が当該概念を使うことによるのみ可能となるということである（細谷、1970）。当該量概念を様々な問題の型に適用する経験を積み重ねることなしには、子供たちが、これらの量を新しく学習したからといって直ちに、互いに関連しあってもいるこれらの量概念の各々を、他の量概念と明確に区別された概念として、獲得できるわけではない。

角度概念を多様な形の角に適用する経験が不充分だとすれば、子供たちが、本来区別すべき様々な量概念を互いに区別できず、角度概念と他の量概念との間の混同をきたしている可能性は大きい。角度に関して子供たちが持っている不適切な考えの正体は、この概念間の混同ではないかと考えられる。実際に長さ、重さ、温度等と角度との混同が確認されれば、角度の大小判断の際に、子供たちが「辺の長さ」や「弧の大きさ」に着目していることがたとえ事実だとしても、彼らは、「辺の長さが長いならば、角度は大きい」、「弧が大きいならば、角度は大きい」という誤ルールを持っているのではなく、長さ概念・弧概念と角度概念とを混同して、「角度とは、辺の長さのことである」、「角度とは、弧の大きさのことである」と考えているにすぎない、と考えてよいことになる。

我々の用いる記号は、概念の微表である。それゆえ、記号の使い分けをできるかどうかは、当該個人が概念を相互に区別して形成しているかどうかを見分けるための一つの指標となる。記号を使い分けられないで混同していれば、それによって微表される概念も使い分けられないで混同していることになる³⁾。量概念に関する場合、記号の混同は具体的には、単位の混同と、当該量概念に関連する用語の不確かな使用という二つの形をとって具現化されよう。

子供たちの考えの正体を見分ける第三の指標は、問題解決の結果に反応の一貫性が認められるか否かである。内在するのが誤ルールなら、個々の子供の誤答に一貫したパターンが認められるはずだが、単なる概念の混同なら、概念自体の曖昧さのゆえに、為される判断は一貫したものには必ずしもなっていない。吉永他（1984）の報告では、弧に関する問題については、全被検者の24%にあたる子供が全問を一貫して誤答しているのに対し、辺に関する問題については、一貫して誤答した子供は存在していない。この点について調査しなおし、仮に一貫性が見い出せないならば、そのことは、当該する子供たちの考えの正体が誤ルールではないことを証拠だてることになる。

さらに、角の種類に応じた通過率、誤答発生率、誤答の内容（とりあえず「成績」と呼んでおく）の相違を、第四の指標として挙げるができる。角には、鋭角、直角、鈍角、平角、優角といった種類がある。これらの角を子供たちが接する機会の多寡という点から見た場合、鋭角と直角は機会の多い角であり、鈍角、平角、優角は機会の少ない角であろう。もし子供たちの不適切な考えの正体が概念の混同ならば、上述したように個々の問題に対する個別的反応が為されることになろうが、そうなれば当然、接する機会の多い角に対しては正答できても、接する機会の少ない角に対しては誤答してしまうという事態が、起こりうるようになる。

正しい角度概念（以後「正概念」と記す）を獲得させる学習援助は、子供たちの考えの正体如何で、異なってしまうのをええない。誤ルールが正体であれば、それに対する正しいルールの優越性こそが、授業の中で確認されなければならない。正しいルールの「正しさ」は子供たちにとってはあくまでも未確認であり、正しいルールが誤ルール以上に彼らにとって役に立つことが授業で確認されなければ、わざわざ誤ルールを否定して、正しいルールを採用しなければならない必然性は、子供たちには少しもないからである。これに対し、概念間の混同が正体ならば、必要なのは概念の分離を図ることであり、こうした配慮は必要ない。誤ルールは、子供たちの適応に対して積極的な役割を果たすという性質のゆえに、正概念の獲得に対して「強い障害」となってしまうが、概念の混同が惹き起す障害の程度は、誤ルールが存在する場合ほどには強くないはずである。

概念間の混同を解く学習援助を考える場合、知識の道具としての機能が、当該知識の獲得過程に強く規定されるという点に、留意する必要がある。命題間の論理的等値性と心理的等値性とは一致せず、前者が成立した場合でさえ、後者は通常成立しない。細谷（1964）は、対象を制御しようとする過程から産み出される知識と、説明しようとする過程からのそれを比べた場合、対象に対する操作可能性の程度に関して、前者が後者をはるかに凌ぐことを指摘している。対象に対する多様な操作を経験することなく獲得された知識は、事物事象に対する制御可能性を欠くばかりか、実際の事物事象との繋がりを持たない紙上の線のパターンや空気の振動のパターンでしかない場合さえありうるのである。

角の定義には、角を形として捉えるものと、回転量を基に捉えるものとの二種がある（和田，1980）。吉永他（1984）は、この二種の定義の混在が子供たちを混乱させているのであり、角度の大小判断の際に2辺の開き具合に着目するようにさせるためには、角を形として扱うのではなく、回転という操作を重視する必要があると述べている。しかし、角度を回転量として捉えなければならない必要性は、少なくとも小学校に限ればないのではないか。相似や合同にしても、拡大や縮小にしても、角度を形の大きさとして捉えておいて、少しも問題は起こらない。その意味では、角度概念の形成にとって、回転操作が重要だということには、必ずしもなっていない。

角度は、単位の決定と測定を必要とする量である。「重さ」という量の認識のために、秤を使った測定によって感覚から解放されることが必要である（高橋，1974）ように、角度という量を認識するためには、分度器を使った測定を確実にに行いうるようになることが必須であろう。量に関する知識が、多様な場面での測定に裏付けられて獲得されている場合にのみ、多様な問題場面で有効に機能する道具となりうることは、既に重さの学習の場で強く示唆されている（知久馬，1988）。

吉永他（1984）は、角度の測定・作図が教科書で十分に扱われていると述べているが、問題とすべきは、単なる測定・作図行為の多さではなく、対象となる角の多様性（鋭角、鈍角、平角、優角、基準となる一辺の水平性、頂点の向き、辺の長さ等）が確保されているかどうかである。この点、教科書は、発行会社によってかなりのばらつきがある。多様性の確保にかなり気を配った教科書もあるが、不十分な教科書も実際にある。そして、作図の場合の多様性は、どの教科書もおしな

べて小さい。

分度器による測定は、直接的には形の大きさを測っていると言ってもよく、測定を行うことが、ただちに回転量としての角度概念の形成に通じるわけではない。度や点という単位自体が、ラジアンとは異なり、回転量を表す単位として発明されたわけでもない（小泉，1982）。しかし、正しい測定結果を得るためには、目盛りを読む方向を考えざるをえないのであり、そこに、分度器による測定の積み重ねが、回転量としての角度概念の形成に通じる可能性もある。

そして、角度の場合、正確な測定の必要性は、重さの場合以上に重要となる。秤による測定結果の正誤判定が、ものに対する操作や過去経験との照合によって、子供たちの中で直感的にせよ為されやすい「重さ」の場合と異なり、角度の場合は、測定結果の正誤を判定するための手掛かりが子供たちの内部に存在しにくく、間違った測定結果を得ていても、その間違いに気付かないで済んでしまう危険が大きい。それゆえに、測定結果の正誤に関するフィードバックを意図的に与え、任意の角の角度を正確に測定しうる確実な測定能力を涵養することが重要となってくる。確実な測定能力の涵養は、形の大きさの測定だけではなく、角度と回転量の結び付けを可能にし、将来的には、角に関する二種の定義を矛盾するものとしてではなく、相互に結び付いたものとして獲得させることもできると考えられる。角度概念の形成と測定行為との関係は、「重さ」概念と測定との関係以上に密接であると言ってよく、回転操作よりもむしろ、測定操作の方が重要であろう。角は、図形の中で考えさせ、分度器で測定できることを学習させたいという小石川（1983）の意見は、この意味で重要である。

以上を踏まえ、本研究では、第一の課題として、子供たちの考えの正体が概念間の混同かどうかを確認したい。その際の指標には、単位の混同の有無、角度に関連する用語使用の不確かさの有無、問題解決結果における反応の一貫性の有無、角の種類に応じた成績の相違の有無を取り上げる。第二の課題として、分度器を使った測定・作図能力の程度と角度の大小判断能力との関係を検討し、そこから、測定能力の重要性を明らかにしたい。第三の課題として、多様な角に対する測定経験の積み重ねが概念間の混同を解き、正概念を獲得することを可能にするという予想の下に、授業を計画、実施し、その結果を基に、この予想の適否を判断したい。

方 法

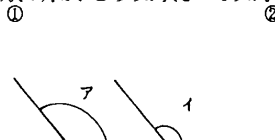
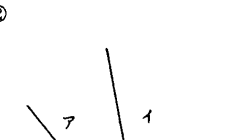
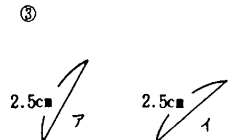

学習者 熊本県内A小学校の4年生30名。この子供たちは、事前テストを受けるおよそ5ヶ月前に、角・角度（学習指導要領4年配当分）について、B社の教科書に従った指導を一通り受けている。この教科書は、測定・作図の対象となる角の多様性が最も小さいものの一つである。

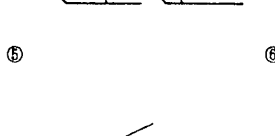

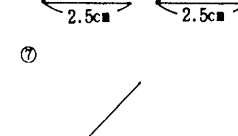

事前テスト 角度に関する子供たちの考えの正体、および分度器を使った測定・作図能力と角度の大小判断能力との関係を明らかにするため、1校時分を使って行った。詳細は、図2に示す。実施日は、1987年10月13日である。

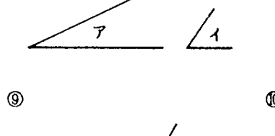
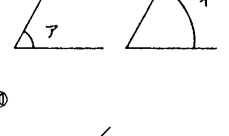
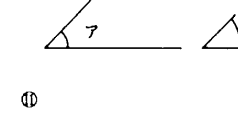
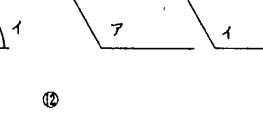
授業 多様な角に対する測定経験の積み重ねが概念間の混同を解くという予想に基づき、できるだけ多様な形の角に分度器をあてがい、目盛りを正しく読み取ることに重点を置いた教材を作成した。使用可能な時間数が2校時分に限られていたので、作図課題は扱い得なかった。また、学習者が角度の指導を一通り受け終わっていることをも考慮して、扱う角の形は、B社の教科書で欠けているものに重点を置くとともに、図形の中の角の測定にも配慮した。第一時では様々な形の角を分度器で測定することを指導し、第2時では測定を拠り所とした角度の大小判断課題の解決を指導し

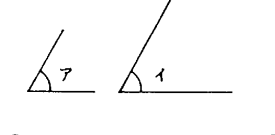
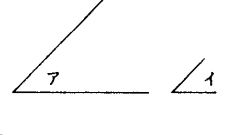
事前テスト・事後テスト

[1] 次の角は、どちらが大きいですか。

①  ②  ③  ④ 

⑤  ⑥  ⑦  ⑧ 

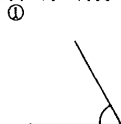

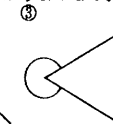
⑨  ⑩  ⑪  ⑫ 

⑬  ⑭ 

事前	事後	事前	事後
① 63%	→ 97%	⑧ 57%	→ 83%
② 77%	→ 90%	⑨ 63%	→ 93%
③ 90%	→ 100%	⑩ 57%	→ 90%
④ 90%	→ 97%	⑪ 83%	→ 100%
⑤ 83%	→ 93%	⑫ 83%	→ 93%
⑥ 90%	→ 100%	⑬ 90%	→ 100%
⑦ 63%	→ 93%	⑭ 37%	→ 63%

事前テスト

[2] 次の角は何度ですか。分度器ではかりましょう。

①  ②  ③ 

事前
① 73%
② 27%
③ 40%

[3] 次の大きさの角をかきましょう。

① 200度の角
② 270度の角

事前
① 40%
② 40%

[4] ① 角度の単位は何ですか。次の中から選んでください。

cm ° g mm : 事前 73%

② 下の図の () にあたるところの名前を、ア～オから選んでください。

ア 辺
イ 対角線
ウ 頂点
エ 角
オ 平行線

() ()

事前
頂点 17%
辺 50%

③ 直角は何度ですか。

事前 60%

④ 下の図には角度がありますか。「ある」と答えた人は、何度だと思えますか。

事前 7%

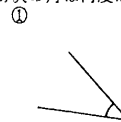

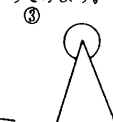
⑤ 下の図で角はどこですか。



事前 27%

事後テスト

[2] 次の角は何度かな。分度器ではかってみよう。

①  ②  ③ 

事後
① 97%
② 93%
③ 67%

[3] 次の大きさの角をかいてみよう。

① 140度の角
② 210度の角
③ 260度の角

事後
① 70%
② 67%
③ 63%

図2 事前・事後テストの問題と通過率

90%の線に設定して、記述をすすめる⁴⁾。

通過率が90%を越えた問題は、大小判断を問うた〔1〕の③、④、⑥、⑬の4問に過ぎない。これらの4問はすべて鋭角を扱っており、大小判断課題で鈍角を扱った①、②、⑧の通過率は、鋭角を扱った他の問題のそれよりも低い傾向にある。

角度の単位を選ぶ問題〔4〕①の通過率は73%でしかなく、用語と外延の対応づけを求めた問題〔4〕②のそれは一段と低い。頂点に関しては17%、辺に関しては50%である。角度を尋ねた問題〔4〕③、④の通過率も低く、3年時に既習の直角で60%、平角については僅か7%である。回転の方向を無視して角を形として捉えれば、2辺は常に優角と劣角の二つの角を作るが、この二つの角の存在に気付いているか否かを問うた問題〔4〕⑤の通過率も、27%でしかない。測定・作図課題の通過率(±3°の違いは測定誤差として正答と見做した)も同じ様に極めて低い。特に優角の測定・作図課題〔2〕②、③、〔3〕で27~40%と低い、それだけではなく、3年時既出の60°の測定〔2〕①でさえも73%である。

大小判断課題で正答率が90%を越えた者は、たったの8名(全被検者の27%)である。19名(全

表2. 大小判断課題の反応パターン(事前テスト)

問 題	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	2	1	1	1	3		1	3	1		1	1	2	2
B		1	3	1	1		2		1	3	1	2	2	3
C		1	1		1		1	1	1	1	1	1		3
D					1	2	1	1	1	1	3	2		
E	2	1					1	1	1	1				2
F	2							1	1	3				3
G	2						2	3	3					2
H				2			1	1		1		1		
I	2							1					2	2
J		1								1	1			2
K						2		3	3					2
L	2							1	3					2
M	2							1	1	1				
N						2		3		1				2
O					1					3				3
P	2	1												3
Q							2			1				2
R	2									1				3
S		1					2			3				
T							2							3
U	2													2
V	2						2							

註) 1 : 「辺の長さ」に着目したと推測される誤答
 2 : 「弧の大きさ」に着目したと推測される誤答
 3 : 理由を推測できない誤答
 空欄: 正答

被検者の63%)の正答率が80%にも達しておらず、最低の正答率は14%にすぎない。

(2)誤答の内容

角度の単位を選ぶ問題〔4〕①で誤答した8名のうち、4名までが長さの単位であるmm, cmを選択している。そのうち1名は、mmとcmの両方を選択している。残り4名の内訳は、℃を選択した者が2名、gを選択した者が1名、無答が1名である。

用語使用の不確かさに関しては、次の通りである。問題〔4〕②で、頂点を角と誤答した者は24名、頂点を辺と誤答した者は1名、辺を頂点と誤答した者は2名、辺を平行線や対角線と誤答した者は13名である。頂点を辺と答えた者と、辺を頂点と答えた者は重複していない。問題〔4〕③, ④で、直角を40°と誤答した者は7名、0°, 50°, 120°, 180°と誤答した者は各々1名である。無答者も1名である。平角については、23名が角度は無いと誤答し、2名が90°と誤答している。0°, 1°と誤答した者、角度は有るが何度かわからないと答えた者が、各々1名である。問題〔4〕⑤では、角は一つしかないと誤答した者が19名、一つもないと誤答した者が2名いる。一つの角しかないと誤答した者のうち、15名までが劣角のみ角と答え、4名が優角のみ角と答えている。無答は1名である。

(3)大小判断課題における反応の一貫性

大小判断課題における個人別の反応の様相は、表2に示す。誤答が1個しかないことと、学習完成基準に達していることの2点から、正答率90%以上の者は、表2には記載していない。表2からは、反応が誤答だけという者は皆無であり、誤答に限ってみても、その様相に一貫性が認められる者は2名(U, V)にすぎないことがわかる。他の子供たちの誤答の様相はすべて、「辺の長さ」と関わる反応、「弧の大きさ」と関わる反応、理由を推測できない反応のうちの二者ないし三者が、入り混ざったものである。問題〔4〕①で長さの単位を選択した4名(B, C, D, α)についても、誤答の様相に一貫性が認められる者はいない。

一貫性の認められたU, Vはいずれも、86%という正答率を得ているとともに、測定・作図課題にも全問正答し、単位や用語に関する課題でも、平角と優角を扱った問題でだけ誤答している。

(4)大小判断能力と測定・作図能力との関係

この項の目的は主に、大小判断能力と測定・作図能力との関係を検討するための情報を示すことにあるので、以下の記述は、大小判断課題の正答率が90%を越える8名(以後「完成群」と記す)と90%に満たない22名(以後「途上群」と記す)とを対比させて行うことにする。

測定・作図課題〔2〕,〔3〕における誤答発生数(個人の誤答数の群内総和)は、完成群で15, 途上群で69である。解答可能総数(問題数5×所属人数)に占める誤答発生数の割合(以後「誤答発生率」と記す)は、完成群で38%, 途上群で63%である。

60°の測定問題〔2〕①における誤答者は8名であるが、全員が途上群に属している。この問題に関する途上群の誤答発生率は、36%になる。8名のうち、分度器の逆読みに起因する誤答を示した者が6名、他の誤答を示した者が2名である。

〔2〕②, ③, 〔3〕①, ②は、優角を扱った問題である。この4問における誤答発生数は、完成群で15, 途上群で61である。誤答発生率(解答可能総数=4問×所属人数)は、完成群で47%, 途上群で69%である。この4問のうち3問ないし全問を誤答した者は、完成群で2名(群内総員に占める割合は25%), 途上群で15名(68%)である。反対に、全問正答ないし1問のみ誤答した者は、完成群で3名(38%), 途上群で4名(18%)である。完成群, 途上群の双方をあわせた誤答発生数76のうち、分度器の逆読みに起因する誤答は11, その他の誤答は45, 無答は20である。

授業記録

[1] ①C: はい, 45° / C: 135° / C: 135° ? / C: あっ, 間違えとる. / C: 反対にしたろ? / ②C: できた, 62° / C: 嘘は言うな. / C: 違う? / C: なんで 60° ? / CC: 120° / C: 120° ? / T: 何度になった? / CC: 60° / T: 120° って書いた人もいるけど, どうして? / CC: 分度器を反対. / C: 逆. / C: 分度器を間違えて後ろから. / T: 分度器って, 目盛りが二つか三つ付いているでしょ. どちらを見なきゃいけないのかな? / C: 上も下もどっちも. / ③C: ③番も間違えました. / C: 60° と書いてた. / C: 240° / C: はあ? / CC: 120° / T: 目盛りを間違えて 60° ってなった人? / CC: はい. / ④CC: 測りました. 30° , 30° . / T: みんな, 今ここ(一方の辺)から測ったね. 今度は, こっち(もう一方の辺)から測ってみて. どうなるかな? / C: おお! / C: やっぱり 30° です. / C: あれ, バリバリ増えとる. / C: 簡単や, 測らんでもわかる. / T: 分度器の置き方を変えなきゃならないね. / ⑤C: こことここば, 測ると? / C: わかった. / CC: 280° / CC: 80° / CC: 280° / CC: 80° / C: あっ, 190° だ. / C: 280° やろ. / CC: 280° / C: 260° / T: 今のちゃんと見てた? こっちを測ったのね. / CC: えっ? / C: ここの角度を測って, 全体の 360° から引いたら, 280 になりました. / T: 他の方法でやった人? / CC: 最初 180° を測って, 残りの角を測って足した. / ⑥C: できました. / C: 330° / C: 340° / T: 二百何度って言った人? / CC: 間違えた. / 子供の測定方法は, 180° までを測って残りを加える方法と, 360° から測定の対象になっていない角を引く方法とに別れた.

[2] T: 幾つ角があるかな? / CC: 四つ. / CC: 8. / T: 8 と言う人もいるけど, 四つと言う人もいるね. / CC: 8? 四つだ. / T: 四つだけじゃないでしょ? / CC: ええっ? / C: ああ, なるほど. / C: ここにもある. / C: 二つしかないよ. / C: 四つだよ. / C: わかりません. どれを測るのか. / C: 二つあったもん. / C: わからん. / T: みんな, 八つ角を見つけられた? / C: ちょっと, 待って. / T: 角は幾つある? / CC: 四つ. / CC: 8. / C: あと一つわからんもん. / C: 一つ, 二つ, 三つ, 四つ, 五つ... / T: 八つと言った人は, 何処と何処が角なのかな? / CC: 外と中. / C: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8. / T: 内側の角だけじゃなく, 外側のも角って言うんでしょ? (角度を全部測定させた) CC: 60° , 10° / C: 170° / CC: ええっ? / CC: 270° / CC: 20° , 300° , 350° , 90° , 340° .

[3] ①CC: イ. / CC: 同じ. / T: イが大きいと思った人, どうしてそう思ったのか? / C: わかりません. / T: アとイが同じ大きさだと思った人は? / C: 何となく. / C: こうやって線を引いたら(註: 辺の長さを延ばしたら), 同じだった. / C: 同じに見えたから. / T: 分度器を使って, 同じかどうか測って比べて下さい. / C: 同じ. / C: どうしてわかった? / C: 何でわかると? / C: これ 60° やろ? / C: 難しいぞ. / T: どちらの角が大きかった? / CC: 同じ. 60° / ②C: ア. / CC: 同じ. / CC: イ. / T: 同じだと思った人はどうして? / C: ただ, そう思った. / T: イの方が大きいと思った人は? / C: 見た目. / T: 分度器を使って, 実際に測って, 大きさを比べて見て. / CC: 測った. 同じ. / CC: 130° / T: ①番, ②番と測って, どういうことがわかったかな? / CC: 辺の長さは違っても, 角の大きさは一緒. / ③CC: 同じだろう. / C: 110° / T: 何度になりましたか? / CC: 110° / T: 70° と書いた人もいるけど, 何故だと思ろ? / C: 反対にやった. / ④C: イ. / CC: ア. / C: 誰かイって言った. / CC: ア. / T: 印が付いているときは, 印の付いている方の角を見るのね. では, 実際に測って確かめてみましょう. / CC: 260° / T: 100° って答えも何人かあったね. / CC: 反対を測った. / C: わかった. 目盛りを間違えたんじゃないねえ. / T: イは何度だった. / CC: 220° / T: アとイはどちらが大きかったのかな? / CC: ア. / ⑤C: 測るんですか? / C: どっちですか? / C: こっちを測る

かどうか、わからないじゃない。／T：みんな、どっちを測ってる？／C：どっちとも。／C：印がついていない。／T：ここここを測ってみて。／C：290°／C：間違えた。／T：アとイは、どちらが大きかったですか？／CC：イ。／T：アは何度？／CC：130°／T：イは？／CC：240°。

事後テスト

(1)通過率、正答率

事後テストの結果は、図2、表1に示す。通過率が90%に達しなかった問題は、全20問中で、大小判断課題の〔1〕⑧、⑭、測定課題の〔2〕③、作図課題の〔3〕①、②、③の6問である。このうち、〔1〕⑧の通過率は83%である。大小判断課題で鈍角を扱った①、②、⑧の通過率と、鋭角を扱った他の問題のそれとの間に、差は認められない。測定課題の〔2〕に属する3問のうち、①、②の通過率は90%を越えており、このうち②は優角を扱った問題である。作図課題の〔3〕で通過率が90%を越えた問題はなく、3問とも63~70%に止まっている。

大小判断課題で正答率が90%を越えた者は、23名（全被検者の77%）である。このうち、100%に達した者は、14名（47%）にのぼる。正答率が90%未満の7名のうち、80%に達しなかった者は4名（13%）であり、最低正答率は64%である。

(2)大小判断課題における反応の一貫性

大小判断課題における個人別の反応の様相は、表3に示す。ただし、表3に記載した被検者は、正答率が90%未満の7名に限定してある。表3をみれば、どの被検者の誤答の様相も、事前テストの場合と同じ様に、「辺の長さ」と関わる反応、「弧の大きさ」と関わる反応、理由を推測できない反応のうちの二者ないし三者が、混在するものであることがわかる。

(3)大小判断能力と測定・作図能力との関係

この項でも、事前テストの場合と同様に、完成群（23名）と途上群（7名）とを対比させて、以下の記述を行うことにする。

測定課題における誤答発生数は、完成群で8、途上群で5である。誤答発生率は、完成群で12%、途上群で24%になる。40°の測定問題〔2〕④の誤答者1名は、途上群に属している。この子供の誤答は、分度器の逆読みに起因するものである。〔2〕②、③は、優角を扱った問題である。この2問における誤答発生数は、完成群で8、途上群で4である。誤答発生率（解答可能総数=2問×所属人数）は、完成群で17%、途上群で29%である。この2問を2問とも誤答した1名は、途上群に属している。反対に、2問とも正答した者は、完成群で15名（群内総員に占める割合は65%）、途

表3. 大小判断課題の反応パターン（事後テスト）

問 題	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A	2				1			1		1				2
B		3		1	1			1						2
C									1			1		3
D							3	1				1		3
F		1								3				
L									3					2
O								1		3				

註) 記号の意味は表2に同じ

上群で4名(57%)である。両群あわせた誤答発生数12のうち、分度器の逆読み起因する誤答が6、その他の誤答が5、無答が1である。

作図課題における誤答発生数は、完成群で17、途上群で13である。誤答発生率は、完成群で25%、途上群で62%である。140°の作図問題〔3〕①における誤答者は9名であるが、このうち4名が完成群に属し、5名が途上群に属している。この間に関する誤答発生率は、完成群で17%、途上群で71%になる。誤答の内容については、分度器の逆読み起因する誤答を示した者が4名、その他の誤答を示した者が5名である。優角を扱った〔3〕②、③における誤答発生数は、完成群で13、途上群で8である。誤答発生率(解答可能総数=2問×所属人数)は、完成群で28%、途上群で57%である。この2問をどちらも誤答した者は、完成群で4名(群内総員に占める割合は17%)、途上群で4名(57%)である。反対に、どちらも正答した者は、完成群で14名(61%)、途上群で3名(43%)である。両群あわせた誤答発生数は21になるが、分度器の逆読み起因する誤答は0、その他の誤答が18、無答が3である。

考 察

(1)子供の考えの正体について

子供たちの持つ不適切な考えの正体が概念間の混同かどうかを明らかにすることが、本研究の第一の課題であったが、事前テストの結果からすれば、こう考えておいて差し支えないであろう。この結論は、以下の根拠に基づく。本研究では、単位の混同の有無、角度に関連する用語使用の不確かさの有無、問題解決結果における反応の一貫性の有無、角の種類に応じた成績の相違の有無の四つを指標として、子供たちの考えの正体を検討することにしてしたが、この四つのすべてにおいて、この結論を支持する結果が得られている。

第一に、単位の混同の有無であるが、事前テストの結果は、明らかな混同が子供たちの中にあることを示している。被検者となった子供たちが4年配当分までの角と角度の指導を既に受けていることを考えれば、7割程度の通過率は低いと言うべきである。発音の類似する ℃ との取り違いだけでなく、角度と関連しよらない g との取り違いさえあることは、子供たちが概念を形成する際の困難さの一端を垣間見せる。

長さの単位を角度の単位として選択した者が誤答者の半数(4名)を占め、しかもこれら4名の全員が大小判断課題で一貫性の認められる反応をしていないことは、「辺の長さ」を構成属性とする誤ルールを子供たちが形成しているという麻柄(1984)の推測を、否定する一つの傍証になる。

第二に、角度に関連する用語使用についても、子供たちはかなり不確かな使い方をしている。用語の使い方に関する課題の通過率は、どの問題についても、単位に関する問題のそれよりも相当に低く、通過率が10%に満たない問題さえある。頂点を角や辺と間違えたり、辺を頂点や平行線、対角線と間違えたりしている子供が多くいるということは、多くの子供がこれらの概念を相互に混同していることを意味する。

また、平角、優角の存在や意味を知らない子供が非常に多くいることは、これらの角の扱いが不十分な教科書の内容を考えれば当たり前かもしれないが、2、3年時に既習しており、子供たちにとって最も馴染み深い角の一つである直角でさえ、それが意味するのは90°とは限らず、子供によって、0°から180°にいたるまで実に様々である。

第三に、問題解決結果における反応の一貫性の有無についてであるが、大小判断課題での反応が誤答だけという子供は皆無であるし、誤答に限ってみても、その様相に一貫性が認められる子供はごく少数しか存在せず、大多数の子供の誤答には何等の一貫性も認められない。

誤答の様相に一貫性が認められる子供については、2名とも、大小判断課題で90%近い正答率を得、測定・作図課題で全問正答し、単位や用語に関する課題でも、平角と優角を扱った問題でだけ誤答していることを考え併せれば、彼らの内部で明瞭な角度概念が形成されている可能性も、否定できない。この場合彼らは、角度概念自体は他の量概念と区別しえているが、それを不適切な属性で規定させてしまっている（つまり誤ルールが存在している）ことになる。

しかし、大多数の子供の場合に、角度概念が他の量概念から分離していない曖昧なものである可能性が大きく、一貫性の認められる誤反応を示した子供たちは、この大多数の子供の発展した姿でありうることで、事後テストで90%近い正答率を示した3名の子供の誤答の様相に、何等の一貫性も認められないこととの2点からすれば、一貫性の認められる子供たちについても、学習の進展に伴って誤ルールが新たに成立したと推定するよりは、むしろ角度概念と他の量概念との分離がかなり実現され、概念の曖昧さがかなり克服された状態にあるが、たまたま曖昧さの痕跡が顔を覗かせたと推定する方が、無理がないであろう。

曖昧さの痕跡が顔を覗かせる原因になるものとしては、課された問題が他の量概念に関わる特徴を極端に強調したものであることが考えられる。一貫性の認められる反応をしたこの2名が誤答した[1]①,⑦,⑭はどれも、実際、弧の大きさの差異を極端に強調した問題である。吉永他(1984)の調査で、弧に関する問題については、一貫して誤答した子供が全被検者の24%もいたのに対し、辺に関する問題については、一貫して誤答した子供が皆無だったことも、こう考えれば辻褃が合う。彼らの調査問題のうち、弧に関する問題のすべてに、同様の特徴が認められるのに対し、辺に関する問題については、すべての問題に認められるわけではない。そして、後者でこの特徴が認められる問題、すなわち辺の長さが極端に異なる問題の通過率は、そうでない問題のそれよりも低いのである⁵⁾。

一貫性のある誤反応を示す子供の内部に存在するのが誤ルールなのか、概念の曖昧さの痕跡なのかの決定は、別のデータを必要とするので、ここでただちには下しえない。しかし、問題に固有の特徴が子供たちの解答を引きずっているとしたら、そのこと自体が、彼らの持つ概念の曖昧さを証拠だてることになり、この点から考えても、本来が強固な性質を持つはずの誤ルールの存在は支持されにくくなる。

第四に、角の種類による成績の相違に関しても、鋭角・直角と鈍角・平角・優角の二者間で明白な相違が認められる。事前テストの通過率については、鋭角の測定課題と優角のそれとを比べても、用語に関する課題における直角の問題と平角・優角のそれとを比べても、ともに前者は後者よりも著しく高く、鋭角の大小判断課題と鈍角のそれとを比べた場合も、前者が後者よりも高い傾向にある。課題の種類が何であるかを問わず、鋭角や直角を扱った問題の解決は、鈍角・平角・優角を扱った問題よりも容易だったことになる。

測定・作図課題における誤答発生率も、事前テストでは、完成群、途上群ともに、鋭角の問題よりも優角のそれの方がはるかに高く、後者が前者にくらべ解決困難なことを示している。測定・作図課題における誤答の内容についても、鋭角と優角とでは顕著な相違が認められる。鋭角では、単純な誤答である「目盛りの逆読み」が誤答の75%を占めているのに対し、優角では、これらの占める割合は14%でしかなく、全誤答の59%が分度器の当て方の不備に起因する誤答である。このことは、子供たちが、鋭角に対しては分度器をきちんとあてがうことができるのに、優角の場合は、分

度器をあてがう時点で既に混乱してしまっていることを意味する。

ところが事後テストでは、大小判断課題の鋭角と鈍角の間に、通過率の差は認められなくなっているし、優角の測定・作図課題における誤答発生率も、途上群の作図課題を除いて激減し、鋭角のそれとの差は著しく縮まっている。さらに、優角・鈍角の誤答の内容についても、逆読みの割合が、作図課題を除いて大幅に増加している。

事前テストで認められた差異が、事後テストで無くなったり縮まったりしているということは、授業を通して、鋭角（直角）と鈍角・優角（平角）との間の困難さの差が、無くなったり縮まったりしたことを意味する。授業の主内容が多様な角の正確な測定にすぎなかったことからすれば、この困難さの変化は、子供たちが優角や鈍角に接する機会を多く与えられたことによってもたらされた可能性が大きい。そうだとすれば、当該する角と接する機会の多寡によって、問題解決の正誤が左右されていることになるが、このことも、子供たちの考えの正体が単なる概念間の混同にすぎないことを示す傍証の一つになる。誤ルールなら、接触の機会の単なる増大のみによって正しいルールに組み換わるとは、考え難いからである。

以上の四つを根拠として判断すれば、少なくとも大部分の子供については、概念間の混同が彼らの持つ不適切な考えの正体だと考えられる。また、大小判断課題で一貫性の認められる誤答を示した子供についても、誤ルールよりは、概念間の混同である可能性の方が大きいと考えられる。

(2)測定・作図能力と大小判断能力との関係について

分度器を使った測定・作図能力の程度と角度の大小判断能力の程度との関係を検討し、測定能力が角度概念の形成に果たす役割を考察することが、本研究の第二の課題であった。事前、事後テストの結果に基づいて判断すれば、両者の間には密接な関係があり、確実な測定能力の獲得が、角度概念確立の一要件になると考えてよいであろう。

大小判断課題の通過率が90%を越えた問題は、事前テストでは14問中4問に過ぎなかったが、測定・作図課題の通過率も、事前テストでは極めて低い。それも、単に優角に関する問題で低いだけではなく、3年時に既出し、子供たちにとって最も慣れ親しんだ角度の一つである60°の測定問題でさえも、73%と低い。ところが、大小判断課題のほとんどの問題で通過率が90%を越えた事後テストでは、測定課題でも同じ様に、優角課題も含めた2問の通過率が90%を越え、残り1問のそれも90%に近い。作図課題の通過率が全問70%以下だった原因は、授業で作図の指導を行っていないことにあると考えられるが、それでも、事前テストでの通過率と比べると、どの問題の通過率も飛躍的に上がっていることは事実である。

事前、事後テストの結果を通過率と異なる観点から分析しても、大小判断課題の結果と測定・作図課題のそれとの間には、はっきりした連関が認められる。誤答発生率に関しては、途上群のそれは、完成群のその1.7倍（事前）、2.0倍（事後測定）、2.5倍（事後作図）と、いずれの場合もかなり多い。角の種類ごとに見ても、同じことが言える。鋭角（事前60°、事後40°）の測定課題では、完成群の誤答発生率がどちらの問題でも0%であるのに対し、途上群のそれは36%、14%になるし、鈍角（事後140°）の作図問題での途上群のそれは、完成群のその4.2倍にもなる。さらに、優角を扱った問題における途上群の誤答発生率は、完成群のその1.5倍（事前）、1.7倍（事後測定）、2.0倍（事後作図）と、これまたいずれの場合もかなり多い。優角を扱った問題では、全問誤答者発生率（事前テストでは3問誤答者も含む）についても、事後測定課題で完成群が0%、途上群が14%であるし、事前、事後作図でそれぞれ、途上群のそれは完成群のその2.7倍、3.4倍にもなる。反対に全問正答者発生率（事前テストでは1問誤答者も含む）に関しては、

途上群のそれは完成群のその 0.5倍（事前）、0.9倍（事後測定）、0.7倍（事後作図）にすぎない。

以上のように、扱っている角が鋭角、鈍角、優角にかかわらず、通過率、誤答発生率、全問誤答者発生率、全問正答者発生率というすべての指標で、大小判断課題の結果と測定・作図課題のそれとは、連動していることが明白に認められる。もちろん、この両者の連動という事実が意味するのは、直接的には両者間に成立している相関関係でしかなく、測定能力の獲得が角度概念の確立を促すことまでを意味してはいない。しかし、測定能力の程度と大小判断能力の程度との間に密接な関係があること自体は事実であるし、正確な測定をすることに大きな重点を置いた授業の前後で、正答率の大幅な改善（途上群のそれを含む）と、これらの指標すべてについての著しい改善とが為されていることを、上記指標に関する途上群の結果が事後テストでも良くないことと考え併せれば、測定能力と大小判断能力との関係は単なる相関関係ではなく、前者の涵養が後者をも涵養している可能性が、大きくなってこよう。

ただし、本研究における学習者は、本研究で企画された授業を受ける以前に4年配当分までの角と角度の指導を受けているので、本研究における授業が実現したのは、以前の学習によって子供たちの中に相互に繋がりにくく内在させられていた個々の情報が、今回の授業を通して新たに組織化されたということにすぎない可能性もある。しかし、既有知識との繋がりを持たない未組織情報が把持され続けにくいことを考えれば（たとえば、無意味綴りの把持に関するエビングハウスの法則を考えてみよ）、この可能性も大きなものとは考え難い。

上記指標のすべてについて授業の前後で著しい改善が為されていると上で述べたが、作図課題に関する途上群の成績は例外であり、優角の全問正答者発生率を除けば、上記諸指標に関して事前テストのそれとほとんど変わらない。このことは、完成群でも作図課題の成績が測定課題の成績と比べて悪いことを考えれば、直接的には測定の指導が作図能力の涵養まで保証するわけではないことを意味しようが、それとともに、作図能力も含めた測定能力の確実な獲得が、大小判断能力の獲得を左右していることの傍証の一つになると思われる。既に述べたように、途上群の成績は測定課題でも完成群より低い、作図課題での低さはそれよりもかなり悪く、測定能力の一環をなす作図能力（後述）の強弱が、途上群と完成群との間のこの相違を産み出したと考えられるからである。

大小判断の可否は、紛れもなく、角度概念が形成されているかどうかを示す一つの指標である。それゆえ、以上のことからして、作図能力も含めた測定能力の確実な獲得は、子供たちが角度概念を確立するための重要な一要件になっていると言ってよいであろう。

(3)角度概念の確立について

多様な角に対する測定経験の積み重ねが概念間の混同を解き、正概念を獲得することを可能にするという予想の適否を判断することが、本研究の第三の課題であった。

既に述べたように、事前テストの時点では、大小判断課題14問のうち、通過率が90%を越えた問題は4問しかなく、通過率80%未満の問題が8問にもものぼっている。最低通過率は、37%である。正答率も、90%を越えた子供は8名しかおらず、全被検者の6割強にあたる19名の正答率が80%未満であり、最低正答率は14%でしかない。授業中の反応、たとえば分度器の読み方に関する混乱（〔1〕①、②、③、⑤、〔3〕①）、角の異なる2辺を基線とする測定結果の同一性に対する驚き（〔1〕④）、角度の加法性に関する認識の闕如（〔1〕⑤、⑥）、図形の外角の認知の困難さ（〔2〕）、優角への着目しにくさ（〔1〕⑤、〔3〕④）といった反応の存在も、子供たちにおける角概念、角度概念の曖昧さを示している。

しかし、事後テストの時点では、大小判断課題で12問の通過率が90%を越え、残り2問のうち1問の通過率も90%に近い。通過率が極端に低かったのは、63%だった1問だけである。正答率も90%を越えた子供が23名にのぼり、そのうち14名は正答率100%を達成している。正答率が80%に満たなかった子供は4名（全被検者の1割強）だけであり、事前テストでの正答率が14%にすぎなかった子供の正答率も、64%に上昇している。授業中も、最後の問題（〔3〕⑤）を扱う時点では、子供の方から優角と劣角のどちらを測定すればよいかを問題にしている。

以上の事実からすれば、授業後の子供たちの角度概念、角概念は、授業前のそれと比べて明確なものになっていると考えてよく、このことは、多様な角の角度を正確に測定する経験の積み重ねが、角度概念と他概念との混同を解消することに対して寄与するところ大であることを示す。しかし、子供たちの角度概念が授業後において授業前より明確になったと言っても、それが確実なものでないことは、全問題の通過率が90%を越えているわけではないことから明白である。特に、問題⑭の通過率が事後テストでもなお63%の低きに留まっていることは、この問題が解答者を戸惑わせる性格を持つものであるだけに、子供たちが問題によって混乱させられてしまうことがあることを意味し、彼らの角度概念がなお曖昧さを持っていることの証拠になる。

子供たちの角度概念が授業後も曖昧さを持ち続けた原因の少なくとも一つは、作図の指導が授業で全く扱われなかったことにあると考えられる。作図は測定と同じ技術を基盤にして成り立つ行為であり、その意味では、作図能力は測定能力の一環をなしていると言ってよい。作図と測定が同じ技術を基盤にしているということが、授業で直接扱われていない作図課題の通過率をも押し上げることになったと考えられるが、同時に、測定課題の通過率と作図課題のそれとの間にかなりの差があることは、狭い意味での測定能力の涵養が作図能力の涵養を充分には保証しないことを意味する。この点、本研究の授業計画は、子供たちの測定能力を、その一環をなす作図能力が不十分なまま放置したことになる。

そして、大小判断能力の劣った子供たちは測定・作図能力も劣ることが、事前・事後テストの結果から確かめられており、大小判断能力と測定・作図能力との間に密接な関係があることも考え併せれば、狭い意味での測定能力だけではなく、作図能力をも十分に涵養することが重要だと考えられる。確かな測定能力が涵養されたと言うためには、確かな作図能力も涵養されていなければならないのであり、両者がともに涵養されて初めて、子供たちが角度概念を確立するための必要条件の一つが、満たされたことになるように思われる。教科書の内容では、この必要条件の充足が不十分にしか為されず、その一つの結果が本研究の事前テスト時の被検者であろう。彼らの大部分は、角と角度の指導を教科書に沿って一応受けているにもかかわらず、極めて曖昧な角概念、角度概念しか育てていなかったのである。

註

- 1) 重さ概念と力概念に関する誤ルールについては、各々知久馬（1988）と細谷（1977）を参照されたい。比重概念については、現在準備中である。
- 2) 角度は、吉永他（1984）や麻柄（1984）の述べる「角をつくる2つの直線の開き具合によって決まる量」ではなく、あくまでも「角をつくる2辺の開きの大きさを表す量」である。「角度」と「2辺の開きの大きさ」とは、同義反復にすぎない。ルールが判断の道具立てとして機能するためには、命題の形式だけではなく、その中身が「独立変数－従属変数」間の関係を表していることが必要であるから、角度の定義を仮言命題の形にすることは、あまり意味がない。
- 3) 仮に二つの概念を想定すれば、記号の混同が意味するのは、両概念ともに未形成で、特定の記号との結び付き

がともに弱い場合ばかりではなく、一方の概念は形成済みで、特定の記号との結び付きも強いが、他方の概念は未形成で、前者の記号と弱く結び付いている場合、両概念ともに形成済みだが、相互の記号を取り違えて互いに不適切な記号と強く結び付いている場合、両概念ともに形成済みで、ともに同一の記号と強く結び付いている場合と様々でありうる。しかし、本文で述べた他の指標の結果と総合させて検討すれば、少なくとも前二者と後二者との区別は行いうる。

4) 通過率90%以上はいわゆる完全習得学習における基準であり、正答率90%以上は仮説実験授業（板倉・上廻，1974）の採用する基準である。

5) 問題解決の機制を推測しようとする場合、問題の中身に関係する属性を、いわゆる適切属性と不適切属性とに分類するだけでなく、「中性属性」とも言うべき属性を想定しておくことが、必要だと考えられる。適切属性と不適切属性は、制御因子の水準と捉えることができるが、中性属性は、これとは異なり、問題解決の在り様と一見無関係に見え、その実問題解決の結果を左右するという特徴を持つ。

たとえば、角度の大小判断課題における「辺の長さ（or 弧の大きさ）の差異の程度」という属性は、問題を作成する側は問題解決の結果を左右しない属性と考え、それ故に問題作成の際にそれに関する統制の実施を考慮しないであるが、問題を解決する側は解決のために考慮すべき重要な属性の一つと考えてしまう（考えてしまった時点で、適切属性・不適切属性の一つになってしまっている）属性だと、見做すことができる。

つまり中性属性は、実験者の「眼」からは、「無関係を装っている」属性だと言え、この意味では、実験計画法上の単なる誤差因子ではなく、いわゆる「標示因子」との対応性を持つと考えてよいのかもしれない。無関係を装っていないが、無関係ではないというこの特徴が、問題解決の結果を基に解決者の内的思考様式を推測しようとする際の困難さを、増してしまうことになる。

質量保存則を扱った問題における、物の出入りの量、変形後の形、材料の材質等（知久馬，1988）もすべて、この中性属性になりうる属性の例だと考えられる。

付記：本研究の全体的構想は筆者によるものであるが、授業・テストの実施は大倉かよ子氏（当時熊本大学学生）によった。また、本論文を纏める際に、小野寺淑行氏（熊本大学助教授）から貴重な示唆を多く得た。この場を借りて、両氏に謝意を表したい。

文 献

- 知久馬義朗 1988 重さの学習の第一歩 熊本大学教育工学センター紀要, 5, 1-24
 細谷純 1964 授業の創造とその研究 総合教育技術, 19(1), 50-54
 細谷純 1968 理科教材の構造とその構成 波多野完治他(編)教科の論理と心理 5 理科編 明治図書 pp. 52-96
 細谷純 1969 教育目標のくだけ方 児童心理, 23, 56-61
 細谷純 1970 定義, 再定義, そして再々定義 授業研究, 87, 114-119
 細谷純 1977 大自然の知的探検における「きまり」の役割 学図教科研究 (小学校理科), 57, 1-5
 細谷純 1983 プログラミングのための諸条件 東洋他(企)学習と環境 小学館 pp. 299-388
 板倉聖宜・上廻昭 1974 仮説実験授業入門 明治図書
 小石川秀一 1983 「図形と角」の授業をどう展開するか わかる授業, 23, 32-39
 小泉袈裟勝 1982 単位の起源事典 東京書籍
 麻柄啓一 1984 子供の考えとは何か(続) 授業研究, 22(6), 118-125
 高橋金三郎 1974 力の学習の第一歩 高橋金三郎他(編)極地方式入門 国土社 pp. 121-135
 和田常雄 1980 角と角度 遠山啓他(編)新版算数わかる教え方4年 国土社 pp. 234-244
 吉永いずみ・田中宏太郎・麻柄啓一 1984 児童の角度概念に関する教授心理学的研究 千葉大学教育学部研究紀要, 33(1), 1-23