素朴理論の修正ストラテジーに関する研究（2）

松　田　君　彦・徳　永　誠　一*

(2007年10月23日　受理)

Teaching Strategies and Children's Revision of Naive Theories（2）

MATSUDA Kimihiko・TOKUNAGA Seiichi

第二部

要約　前著（1）では、素朴理論に関する研究を全般的に概観するとともに、そのような素朴理論に対する心理学的立場からの修正ストラテジーの研究を紹介した。本論文（2）では、まず研究Ⅰにおいて、「三角形の内角の和は180°である」というruの教授に際して、ru・$\overline{ru}$間の接続・照合ストラテジーや協同作業の有効性を検討したが、方略間に有意な差は認められなかった。研究Ⅱでは、研究Ⅰの教授法の違いによる$\overline{ru}$の残存率を調べたが群間に差はなかった。研究Ⅲでは、これまでの数回にわたるruの教授にもかかわらず$\overline{ru}$を修正できないでいる少数の被験児に対して、可動式三角形の器具を用いた教授法を試みた。その結果、可動式の器具で「三角形の三つの内角の間では相補的関係が成立する」ことに気付かせることが$\overline{ru}$の修正ストラテジーとしてきわめて有効であることが明らかになった。

キーワード：$\overline{ru}$の修正ストラテジー、協同作業、$\overline{ru}$の残存、可動式三角形、内角の相補的関係

研究１：誤れる特殊化型の$\overline{ru}$の修正ストラテジーに関する研究

１　問題

学習者は、日常の経験から自生的に「不適切な知識」を獲得することがあり、そのような知識は一般に素朴理論などと呼ばれる。麻柄（1991）は、素朴理論を属性の選び間違えによるものと、誤れる特殊化によるものの二つに分類しているが、その中でも誤れる特殊化型の素朴理論は、「水は三態変化するが、酸素や鉄は三態変化しない」といったように、適用範囲を独自の理論で一定の範囲にしか適用しないために誤っていると考えられる。

ところで、進藤（1993、2000、2002）は、誤れる特殊化型の素朴理論の修正ストラテジーについて、学習者の$\overline{ru}$を顕在化させることによるru・$\overline{ru}$間の接続・照合の促進ストラテジーとしての例外例の検証をするために、５年生の「三角形の内角の和」の学習を取り上げ研究している。この

「三角形の内角の和は180°である」というruに関して、被験児は極端な鋭角や鈍角に着目して判断することによって$\overline{ru}$（誤れる特殊化）をもつ傾向のあることがこれまでに確認されているので、彼は三角形の内角の和は180°であると教授したあと、

A群：180°にならないと思う三角形を一つ描いてたしかめてみよう
B群：与えられたプリントの中から、180°にならないと思う三角形を一つ切り取って確かめてみよう
C群：三角形を一つ描いて確かめてみよう

と教示し、事後テストの結果を比較検討している。その結果、上記の三つの方法いずれも有効であったという事実を踏まえ、『当該ruを教授する場合、通常の教科書で扱われている例示用の図形は極端な角を含まないものである。学習者は自らの$\overline{ru}$に無自覚であり、このような例示用の図形を用いてruを教授しても、そのruを誤って例外例と認識している範囲に適用してみるといったことがない。だから、被験児自身に自由に例外例だとみなしている事例を生成させ、それを検証させる群の子どもたちが、$\overline{ru}$の修正、ruの理解にとってより効果があったのであろう』と考察している。

しかし、素朴理論は、子どもたちの中に根強く残るものである。これまでの研究からも、教授後もruと$\overline{ru}$が学習者の中に共存したり、ruを排除するということが予想される。進藤(2000)が考察しているように、被験児自身に自分が例外例だとみなしている事例を生成させることは、当該ruに批判的な視点や考え方の生成を導くことに有効であったと考えられる。

このような批判的な視点や考え方を生成させるには、教授する側が促す、自ら気づくように声をかける、仲間との協同作業を導入する、などが有効であったという研究報告（三宅:2000、Osaka & Simon：1997、森田・稲垣：1997）を踏まえ、この研究１は次のことを再確認する目的で実施された。

（1）三角形の内角の和について、極端な角に着目した結果としての$\overline{ru}$の存在を確認する
（2）「eg検証型方略」より「$\overline{ru}$検証型方略」の方がru・$\overline{ru}$間の接続・照合の過程を生じ易くするため$\overline{ru}$の修正効果が高いのではないか
（3）仲間との協同作業を導入することで、$\overline{ru}$の修正効果が高めることができるのではないか

2　方法

（1）被験児　鹿児島市内の公立小学校5年生5クラス、148名
（2）手続き　通常の授業時間の一時限分が実験に割り当てられ、一連の課題はクラス単位で実施された。

課題１　課題プリント１には、直角と平角を示す図が描かれており、それぞれの角度について、0°～360°まで30°ごとの13個の選択肢の中から該当するものを選ばせる。これは、被験児たちの直角および平角の角度数に関する知識を問うためのものである。

課題２　課題プリント２には、教科書にある極端な鋭角のない三角形を焦点事例として提示し、その内角の和が180°であること、および三角形の内角の和は180°になることを告げた。

その後で被験児は、プリントに印刷されたFig.2-1-1に示す①～⑨の９つの三角形の内角の和について①180°より大きいと思う、②180°だと思う、③180°よりも小さいと思うという３つの選択肢の中からあてはまると思うものに○印を付けて解答させた。これら９つの三角形は極端な鋭角（ここでは25°以下の内角とする）を２つ含むもの（③、④、⑦）、極端な鋭角を１つ含むもの（②、⑤、⑨）極端な鋭角を含まないもの（①、⑥、⑧）の３つに分類され、各類型3問ずつから構成されていた。なお、焦点事例の図形を含めこれら10個の三角形の大きさは、いずれも周長が14.5㎝以上、16㎝以下に統制された。

教授活動　教師は三角形の3つの角の部分を実際に切り取り、直線上に並べて見せながら、すべての三角形で、その内角の和は180°になることを説明した。ただし、説明に使われた三角形には極端な鋭角は含まれていない。

課題３　本課題は被験児に、実際に三角形の３つの角を切り取って、当該ruを検証させる課題である。

A群の被験児には色画用紙が配布され、「本当に三角形の内角の和は180°になるだろうか。180°にならないと思う三角形を１つ描いて確かめてみよう」という教示の下で平定規を使って三角形を描くことが指示された。

B群の被験児は、課題２で使われた三角形のうち各類型から２つずつの計６個の三角形が２倍に拡大されて印刷されている色画用紙が配布され、「本当に三角形の内角の和は180°になるだろうか。180°にならないと思う三角形を１つ切り取って確かめてみよう」という教示が与えられた。被験児は、切り取って確かめてみようと思う図形の番号をプリントに記入した。

C群の被験児には、A群と同様、何も描かれていない色画用紙が配布された。そして、「本当に三角形の内角の和は180°になるのだろうか。三角形を１つ描いて確かめてみよう」という教示の下に、平定規を使って三角形を描くように指示された。なお、A群とC群では作図の際に角度判断の手がかりとなる三角定規の使用は禁止されている

D群の被験児には、７名前後で構成されるグループをつくり、A群同様、何も描かれていない色画用紙が配布され、「本当に三角形の内角の和は180°になるのだろうか。180°にならないと思う三角形を１つ描いて確かめてみよう」という教示のもと、平定規を使って三角形を描くように指示された。

E群の被験児には、７名前後で構成されるグループをつくり、A群と同様、何も描かれていない色画用紙が配布され、「本当に三角形の内角の和は180°になるだろうか。三角形を１つ描いて確かめてみよう」という教示の下、平定規を使って三角形を描くように指示された。

これらの作業の後で、教師はすべての被験児の三角形の３つの内角を直線上に並べ、その和

がすべて180°になったことを告げた。

課題４　５群の被験児たちには、事後テストとしてプリントに印刷されているFig.2-1-2の合計19個の図形の内角の和を判断する課題が与えられた。解答は選択肢（①180°より大きいと思う、②180°だと思う、③180°よりも小さいと思う）によった。このうち９問は課題２の事前テ

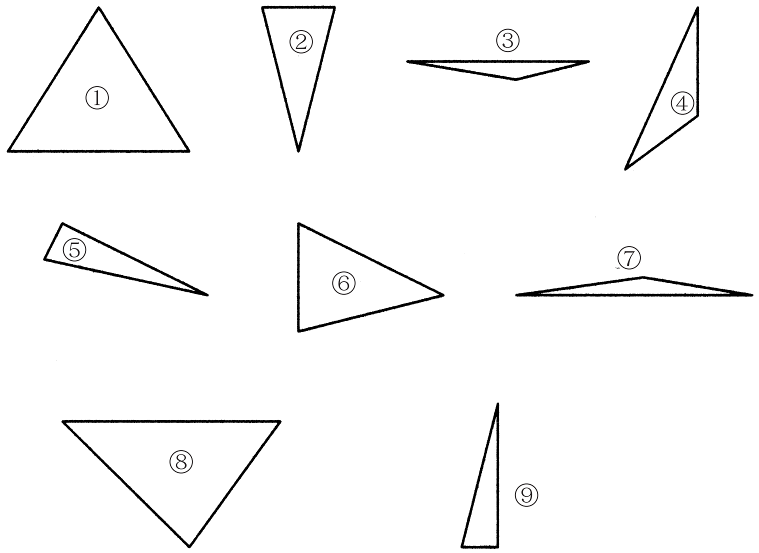

Fig.2-1-1　事前テストで用いられた図形

ストと同一の９個の三角形が使われた。残りの10問はこれら９個の三角形のうち、極端な鋭角を含まない三角形、極端な鋭角を１つ、および2つ含む三角形それぞれ１つずつを、2倍および１/2倍の大きさにしたもの６問と、３つの四角形と１つの五角形の内角の和について尋ねる４問から構成されていた。前者の6問は転移課題として、また後者の4問はフィラー（filler）問題として設定された。このうちフィラー問題は、三角形の内角の和に限らず当該ruの適用範囲を拡大して、他の多角形の内角の和も180°だとする判断の有無を確認するために設けられた。制限時間は5分。

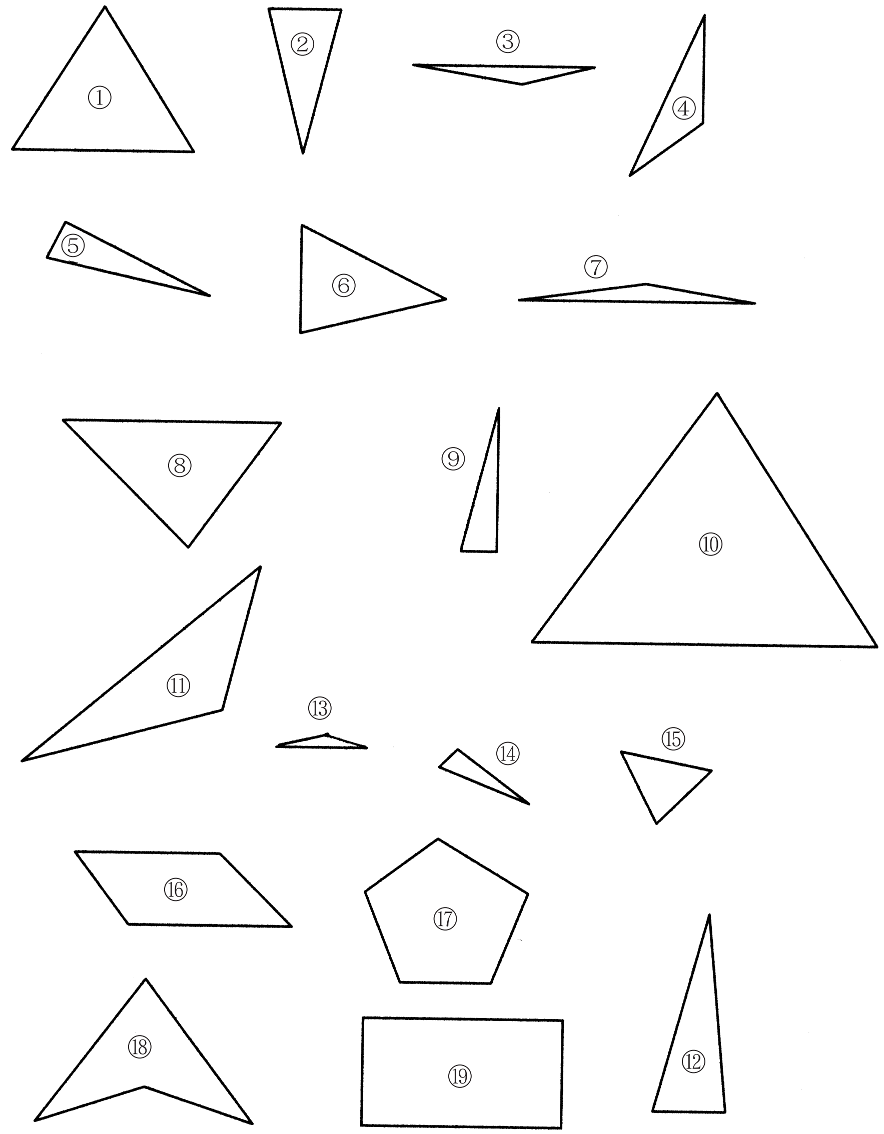

Fig.2-1-2　事後テストで用いられた図形

４　結果

課題１　直角および平角の角度数について誤った者はいなかったので、課題３で採用された３つの内角を直線上に並べることによって180°になることを検証させる教授手続きの前提として、この知識を用いることが妥当であったことが確認された。

課題２　事前テストとして実施された本課題、および課題４の事後テストでは、1問の正解につき１点が与えられた。事前テスト９問における平均点は7.34で、Ａ群～Ｅ群平均値の差は有意で

はなかった。したがって、これら５群の被験児の能力は等質と考えて以下の分析を行った。

９つの三角形を、極端な鋭角を含まないもの、１つ含むもの、２つ含むものに分け、５群を一緒にした平均値を算出したところ、それぞれ2.63、2.37、2.31となり、三種類の三角形の間で有意（$F(2, 441)=4.00$、$p<.05$）な差が認められ、下位検定の結果、極端な鋭角を含まない三角形と２つ含む三角形の間の差が有意差（$p<.05$）であった。更に、類型ごとに解答パターンを調べてみると、三類型とも三個の三角形の内角の和がいずれも180°であるという解答が最も多く（順に全体の81.3%、73.3%、71.3%）、鋭角数が１個と２個の各類型ではいずれも180°よりも小とする選択肢で一貫して解答したものが10名（全体の6.7%）と17名（全体の11.3%）であった。以上の結果から、当該ruについてその適用範囲を過度に限定して、極端な角をもつ三角形については適用を除外するといった誤れる特殊化型の$\overline{ru}$をもつ被験児がいることが確認された。

課題３　A～E群によって描かれた三角形を、そこに含まれる極端な鋭角の数を測度に分析してみると、極端な鋭角が含まれないもの、１つ含まれるもの、２つ含まれるものの各割合はA群で15.1%、54,6%、30.3%、B群で14.8%、18.5%、66.7%、C群で100%、0%、0%、D群で42.9%、57.1%、0%、E群で42.9%、28.6%、28.6%、であった。

課題４　これは教師の教授活動の後に実施された事後テストであるが、19個の図形すべてに180°であるとする選択肢を選んだものはいなかった。このことから、少なくとも本実験での一連の手続きが、事後テストで問われた三角形、四角形、五角形といった多角形の内角の和はどれも180°であるというような新たな$\overline{ru}$を形成するということはなかったといえる。また、すべての問いに選択肢②で答えればよいというような構えで解答した者はいないということで、このテストの信頼性も確認できた。

事後テストでは、事前テストと同一の９問が課せられたが、A～Eの5群のその平均得点は8.18、8.87、8.00、8.07、8.75であり、分散分析の結果、群間の差は有意ではなかった。さらに、三角形の３つの類型ごとの5群間の成績を調べても有意差は見られなかった。

また、この事後テストにおける9問とそれに対応する事前テストにおける成績の変化について各群ごとにt検定を行ったところ有意差（$t=5.23, df=148, p<.001$）が認められ、当該ruの学習に関して、一定の教授効果があったことが確認された。フィラー問題では、A～E群間での平均値の差は有意ではなく、85.4%の正答率であった。

５　考察

目的１（三角形の内角の和のruに対応する$\overline{ru}$の存在について）

課題２として行われた事前テストの結果から「三角形の内角の和は180°である」というruに関して、通常の教科書で使われているように極端な角を含まない三角形を用いてこのルールを教授した場合、被験児は極端な角を持つ三角形については当該ruが適用できないものとして内角の和を誤って判断していた。また、極端な鋭角がない三角形と極端な鋭角が２つある三角形の間で成績に有意な差が見られたことから、被験児が、極端な鋭角に着目して内角の和が180°にならない場合があると考えていることがわかった。これは、当該ruに対応する誤れる特殊化という性質をもった$\overline{ru}$が存在していることを示すものである。

目的２（仲間との協同作業を取り入れた$\overline{ru}$検証型の方略の有効性について）

課題３において、A群は、84.9%の被験児が極端な鋭角が含まれる三角形で内角の和を確かめたのに対して、C群では一人もいなかった。また、D群、E群の被験児も半分以上が極端な鋭角が含まれる三角形で内角の和を確かめた。このことは、A群では、自らの$\overline{ru}$による判断としてruの例外例だと判断している事例について検証したのに対して、C群では、教授―学習活動の中で自らの$\overline{ru}$への抵触の意識をもつことがないまま教授文脈に沿ってruが受容されたことを示唆するものであろう。しかし、本実験結果からは、eg検証型方略よりも$\overline{eg}$検証型方略のほうが$\overline{ru}$の修正に対して有効であろうという仮説、また、仲間との協同作業を導入することが$\overline{ru}$の修正に有効に作用するであろうという仮説は実証できなかった。

研究２：誤れる特殊化型の$\overline{ru}$の保持に関する研究

１　問題

素朴理論というものは、本来、その修正が容易ではないことから、教授－学習活動からある程度の時間が経過することで、直後テストでは$\overline{ru}$からruへ修正されていた被験児も、もとのruと$\overline{ru}$の並存状態や$\overline{ru}$に基づいた判断状態に戻った可能性が考えられる。そこでこの研究２は、研究１から一ヶ月後に前回の事後テストを再度実施することで、$\overline{ru}$への回帰現象が見られるかどうかを確認する目的で行われた。その際、前回のA～Eの５群では、$\overline{ru}$への回帰率が最も高いのはC群であり、ru・$\overline{ru}$間の接続・照合が可能であったA, B, D, Eの４群ではruの定着率が高いだろうということ、また、仲間との協同作業で課題に取り組んだD群、E群は作業への自我関与、課題関与がともに単独作業群より高まることでruの定着率が高いだろうということが考えられる。

２　方法

（1）被験児　鹿児島市内の公立小学校５年生148名。

（2）手続き　研究１の授業から１ヶ月経過後に、研究１の事後テストと同一問題が同一の方法で実施された（遅延テスト）。

課題　被験児は、研究１で事後テストとして課せられたFig.1-2-2の19個の図形の内角の和を判断する課題が与えられた。解答は選択法（①180°より大きいと思う、②180°だと思う、③180°より

小さいと思う）によった。

３　結果と考察

遅延テストでは、事後テストと同一の９問に対する５群の平均得点はA群：8.70、B群：9:00、C群：8.73、D群：8.33、E群：8.79で、群間に有意な差は認められなかったが、遅延テストの全体の平均得点（8.72）は事後テストの平均点（8.37）より有意に高く（$t=2.88, df=148, p<.01$）、事後テスト後、時間の経過とともにruへ修正した被験児がいたことを意味した。

遅延テストの結果を、三角形に含まれる極端な鋭角数0、1、2、で分類して成績を比較したが3群間で有意な差は認められなかった。しかし、極端な鋭角が1個あるいは、2個含まれた三角形になると、内角の和が180°よりも小さくなると一貫して答えた被験児が鋭角が１個の場合には3名（事後テストでは10名）、２個の場合には4名（事後テストでは17名）いた。また、三角形の内角の和の問題に正解できなかった被験児が全体で12名いたが、その内訳は、A群：3名、C群：3名、D群：５名、E群：１名であった。

これらの結果から、教授法の違いや、三角形に極端な鋭角が含まれているか否か、さらには協同作業を導入することによる$\overline{ru}$の保持率（残存率）への影響には差がなく、むしろ、いずれの教授法も安定したruの学習を生み出していたことが示された。

研究３：$\overline{ru}$の修正に効果的な教授ストラテジーの研究

１　問題

研究1、研究2の結果を見てみると、被験児の中には何回も教授、テストを繰り返しているにもかかわらず、いまだに$\overline{ru}$を修正できないでいる者がいる。

なぜ修正できないのであろうか。これまでの研究結果からは、三角形に極端な鋭角が含まれるとその内角の和が180°より小さくなると思い込む子どもがいることは分かっている。ここで、研究１の教授方法について再考してみよう。研究1では、「三角形の内角の和は180°である」というruを教授するのに、まず、教師が三角形の３つの角を切り取って直線上に並べて確かめた後、各被験児は自ら、５つの方法で三角形の内角の和を確かめるという手続きがとられた。これら2つの作業では、個々の角の大きさというよりも、三角形の全体的な形に目が向いていたのではないだろうか。そこで、被験児が角の大きさそのものに注目し、その相補性（一方の角が大きくなれば他方の角は小さくなる）に気づくことに教示のポイントを置いた修正ストラテジーを考えてみた。

２　目的

三角形の内角の和を考えるときに必要な「一つの角が大きくなれば、残りの２つの角は小さくなる」という角の相補性に気づかせる有効な方略を考案するのが研究３の目的である。

３　方法

これまでの研究から、$\overline{ru}$を保持している被験児は、三角形の極端な形状に関する静的視覚情報に固執する傾向の強いことが考えられるので、“１つの角が大きくなるにつれて、残りの角が小さくなっていく”様子を連続的な視覚情報として提示する方法を考えた。

（1）　被験児：鹿児島市内の公立小学校5年生9名（研究2で$\overline{ru}$を修正できなかった子ども、A群3名、C群：2名、D群：3名、E群：1名）が実験に参加した。

（2）　手続き：研究2までに$\overline{ru}$を修正できなかった被験児9名に、Fig.2-3-1のような可動式三角形（幅1.5㎝の厚紙製で、辺と頂点を留め金で固定し、斜辺が30㎝と40㎝で底辺が可動式の三角形）を使って教授した。その後、Fig.2-1-2の19個の図形の内角の和を判断する課題プリントを直後テストとして実施し、４日後に、同一問題で遅延テストを実施した。教授方法は、以下の通りである。

教授方法

まず、可動式の三角形を使って、教科書にあるような極端な鋭角のない三角形をつくり、三角形上部の角に着目するように指示した。そして、その角を90°になるように設定し、下の２つの角が30°、60°になっていることを分度器で確認した。その後、その三角形を細長くつぶした形状にしたり、元の三角形に戻したりする操作を繰り返し、細長くつぶすと、上部の角は大きくなり、下部の２つの角は小さくなっていることを確認した。さらに、元の三角形に戻そうと上部の角を小さくすると、下部の２つの角は大きくなっていくことを視覚的に確認した。最後に、「ここ（上部の角）を大きくすると、下の角（下部の２角）の大きさはどうなりますか」、「ここ（上部の角）を小さくすると、下の角（下部の２角）の大きさはどうなりますか」と尋ね、上部の角の大小に伴って下部の2角の大小が変わっていることに気付かせた。そして、三角形の内角の和は、細長い三角形になっても、１つの角が大きくなるほど、残りの角が小さくなっていくので、３つの角をあわせると180°になることを確認した。

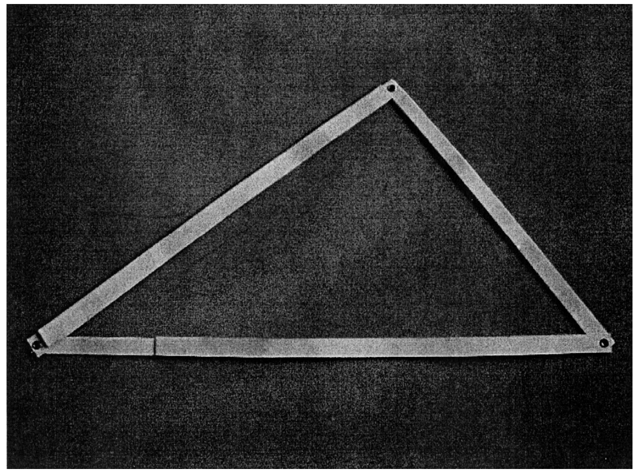

Fig.2-3-1　可動式三角形の模型（90°，30°，60°）

直後テスト：教授後、Fig.2-1-2の合計19個の図形の内角の和を判断する課題。5分間。
遅延テスト：４日後に、直後テストと同一問題を課した。5分間。

４　結果および考察

Fig.2-3-3に、今回の実験に参加した9名の被験児の、同一の9問に対するこれまでの成績が一覧表にして示してある。可動式三角形で教授後の直後テストの平均点は8.89点、4日後に行った遅延テストでは、平均点が９点で誤答の被験児はいなかった。例えば、Table2-3-1のA児のテスト結果の推移をみると、これまで極端な鋭角をもつ三角形の内角の和は180°より小さくなると考え続けていたのが、可動式三角形での教授によって$\overline{ru}$を修正できたことが見て取れる。A児は遅延テストでもruは保持されている。また、B児の推移（Table 2-3-2）をみると、直後テストで一旦は$\overline{ru}$が修正されているものの、最初の遅延テストで再び$\overline{ru}$が復活するといったように、素朴概念の特徴がよく現れている。しかし、このケースでも可動式三角形での教授後は、最後（遅延テスト）まで$\overline{ru}$に戻ることはなかった。C児の場合(Table 2-3-3)も、しつこく維持されていた　が、最終的には可動式三角形での教授によって修正されている。

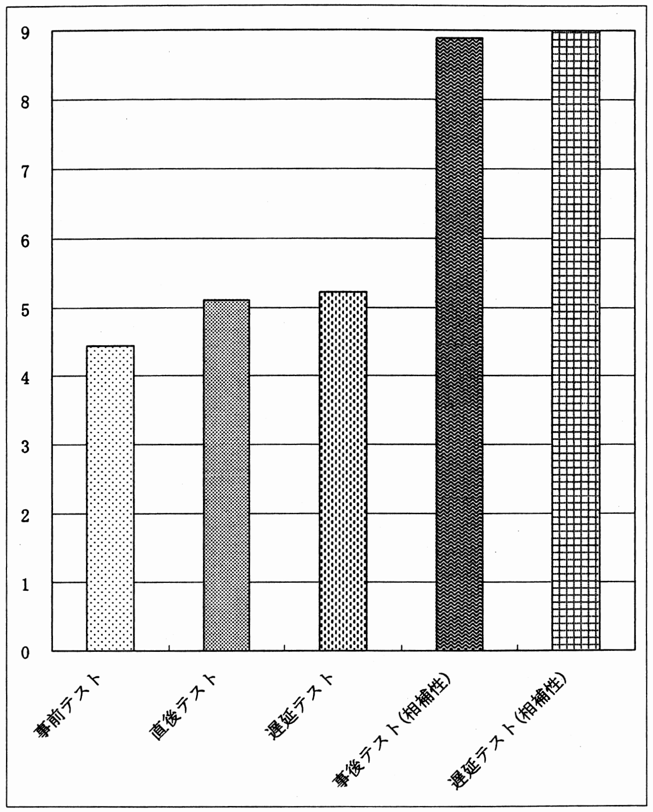

Fig.2－3－3　9問の三角形の内角の和についての正答数

被験児は、可動式三角形が細長くなったり元の形に戻ったりするのを見るうちに、１つの角が大きくなると、残りの2角が小さくなるなることに気付いた。上部の角を160°にして、下の１つの角を調べたら12°だったのをみて、「もう１つの角は８°じゃない」と予想する声が聞かれたことからも、彼らがruに基づいた判断をしようとしている様子が窺えた。

このように、可動式三角形の器具を用いて関連し合う角の相補性に気付かせることが、「三角形の内角の和は180°である」というruの例外例として根強く残存する$\overline{ru}$（極端な鋭角に着目した“誤った特殊化”型の素朴理論）を修正する方略として有効であることが示された。

※ 各表の横項目中の○数字は問題番号を示す。縦項目の左端列の数字は、１：事前テスト、２：直後テスト、３：遅延テスト、４：直後テスト（角の相補性）、５：遅延テスト（角の相補性）を示しており、表中の数字は、１：三角形の内角の和＞180°、２：三角形の内角の和＝180°、３：三角形の内角の和＜180°の選択肢番号である。

Table2－3－1　A児童の三角形の内角の和の判断

		鋭角０			鋭角１			鋭角２		
		①	⑥	⑧	②	⑤	⑨	③	④	⑦
A	1	2	2	2	3	2	3	3	3	3
	2	2	1	2	3	3	3	3	3	3
	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3
	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Table2－3－2　B児童の三角形の内角の和の判断

		鋭角０			鋭角１			鋭角２		
		①	⑥	⑧	②	⑤	⑨	③	④	⑦
B	1	2	3	3	2	3	3	3	3	3
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	2	2	2	3	3	3	3	3	3
	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Table2－3－3　C児童の三角形の内角の和の判断

		鋭角０			鋭角１			鋭角２		
		①	⑥	⑧	②	⑤	⑨	③	④	⑦
C	1	1	2	1	2	1	3	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	2	3	3
	3	2	2	2	3	2	3	2	1	3
	4	2	2	2	3	2	2	2	2	2
	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2

参考文献

麻柄啓一　1991　科学的概念の発達　丸野俊一（編）『新児童心理学講座５ 概念と知識の発達』 金子書房 155-197.
三宅はなみ　2000　建設的相互作用を引き起こすために　植田一博・岡田猛（編著）『協同の知を探る － 創造的コラボレーションの認知科学』　共立出版　40-45.
森田英嗣・稲垣佳代子　1997　選択肢提示の有無が算数での集団討議の過程と所産に及ぼす効果　教育心理学研究　第45巻　第2号　129-139.
Osaka,T. & Simon,H.A. 1997 Collaborative discovery in a scientific domain. Cognitive Science, 21,109-146.
進藤聡彦　1993　適用範囲の縮小過剰型の$\overline{ru}$の修正方略　教育心理学研究、41、135-142.
進藤聡彦　2000　問題状況と属性の値が素朴概念による問題解決に及ぼす影響　日本教育心理学会第42回総会発表論文集、595.
進藤聡彦　2002　素朴理論の修正ストラテジー　風間書房