

[論文]

# フィリピン理数科教育の教授言語における 「認識」の問題

三角形の合同の証明学習を事例として

柳原由美子\*

## A Study of Cognition in the Language of Instruction for Science and Mathematics Education in the Philippines —Based on Learning How to Prove Two Triangles Congruent—

Yumiko YANAGIHARA

Since the implementation of a bilingual education policy in the Philippines in 1974, public elementary and intermediate education has been provided in English for such courses as mathematics, science, and English. For liberal arts classes, such as Filipino, social studies, civics, and physical education, Filipino is used. Scholastic achievement rates for mathematics, science, and English taught in English are low. The cause of this is thought to be a problem with the language of instruction.

Berry (1985) considered the problem in two aspects, type A and type B. Type A problems are caused by the student's lack of fluency in the language of instruction. Type B problems result from the "distance" between the cognitive structures natural to the student and implicit in his mother tongue and culture

---

\*やなぎはら・ゆみこ：敬愛大学国際学部准教授 教育工学

Associate Professor of English, Faculty of International Studies, Keiai University; educational technology.

and those assumed by the teacher (or the designer of the curriculum or teaching strategies). This study focuses on Berry's type B problems. Using a test of demonstrating congruent triangles, the differences in the degree of understanding between students in the Philippines (whose language of instruction is not the mother tongue) and in Japan (whose language of instruction is the mother tongue) are verified from the point of view of conceptual schema and procedural schema.

## 1. 研究の背景

### 1-1. 研究の必要性

バイリンガル教育政策発布（1974年）以来、フィリピンでは、文系科目（国語、社会、人格教育、保険・体育など）はフィリピン語を、理系科目（数学〔算数〕、理科、〔英語〕など）は英語を教授言語として、初等学校（Elementary School）1年生から中等学校（High School）4年生までの公教育がなされてきた。しかし、毎年全国的に実施される達成度テスト<sup>(1)</sup>の結果によれば、数学（算数）、理科の習得がスムーズになされていない現状があり、原因の1つとして教授言語の問題があげられている<sup>(2)</sup>。筆者はそのような現状を踏まえて、フィリピン、セブにおいて、セブアノ語（地域語であり母国語）と英語（教授言語）による算数学習の理解度の差を検証し<sup>(3)</sup>、また、フィリピンの現職理数科教員に対して教授言語に関するアンケート調査<sup>(4)</sup>を行った。

前者の実験では、英語より母国語であるセブアノ語を教授言語とした方が算数学習の理解度は高いと仮説を立てて検証を行ったが、仮説を支持するほどの有意差は得られなかった。同時に行った児童に対するアンケート調査においては、家ではほとんどの児童がセブアノ語を使用しているにもかかわらず、「英語が話したい」、「先生には英語で話してほしい」とする回答が多く認められた。言い換えれば、少なくともこの実験結果において

は、理数科教育における教授言語は、「英語のみ」で問題は無いのではないかと考えられた。

しかし、後者のアンケート調査では、実際に授業で使用されている教授言語は「セブアノ語と英語の両方」であるという回答が半分以上であった。理由は、「ほとんどの生徒が英語を十分に理解できるわけではないので、両方の使用が望ましい」と、「理科／数学の授業で要求される問題解決過程、及び概念を理解する過程において、教授言語としてのセブアノ語の使用は、生徒のみならず教師にとっても必要である」が大半であった。法令で定められた理科・数学・英語の教授言語は「英語のみ」であるにもかかわらず、現状は、セブアノ語の必要性を示していた<sup>(5)</sup>。さらに、アンケートによれば、理数科教員が最適であるとする教授言語は「英語のみ」が半数以上を占め、「生徒の英語能力さえあれば、英語のみで良い」とのことであった。にもかかわらず、実際には「英語とセブアノ語の両方」が使用されている現状を、どのように解釈すべきか。多くの教員が答えたように、生徒の英語能力さえあれば、問題は解決するのだろうか。言語能力以外に、数学を英語（教授言語）で学ぶことの難しさがあるのではないだろうか。それを調べる必要があると考えた。以下に、言語能力の問題だけでは解決することのできない、教授言語の問題点について述べる。

## 1-2. 教授言語における B 型の問題

Berry (1985) は、母国語以外の言語を教授言語として学ぶ際の問題点を、表 1 のように A 型と B 型に分類し、従来これら 2 つを混同してきたことに問題があったと主張している。A 型は教授言語に不慣れなためにコミュニケーションがうまくいかないことによって起こる問題、B 型は言語におけ

表 1 教授言語における問題の型

	原 因	解決策
A型	教授言語(例：英語)に不慣れ	言語の習得
B型	教授言語における認識に不慣れ 言語、文化、認識の不整合	母国語に即した教材

(出典) 馬場 (2002)。

る認識構造の違いによって起こる問題である。A型はその言語に精通することで解決できるが、B型はその言語に精通していても、母国語で学習しない限り解決は不可能である。このB型の問題を、馬場（2002）は「もの見方の違いによって引き起こされる、第二言語で数学を学ぶ時の最も深刻な問題である」と述べている。

さらに、Berry（1985：19ページ）は「子供にとって自然と思える認識様式と根本的に異なる様式で書かれたカリキュラムによって、子供が経験する困難さは、すぐには見えないかもしれない。（中略）初等算数で最もテストによって測定しやすい部分は暗記によって学習でき、主要な学習の問題が現実には起きているにもかかわらず、テスト結果は良いということにもなりかねない。中等教育のある時点で数学学習の重点が『数を計算する』から『問題を解く』、または『定理を証明する』に移行した時に、暗記学習が功を奏しないことに初めて気づくのである」（馬場〔2002〕訳）と述べている。英語を教授言語として数学を学んで、10年を経たフィリピンの中学校4年生ならば、英語にはかなり精通しているはずである。にもかかわらず、数学の学習到達率が50%ほど<sup>⑥</sup>しかない現状は、まさにBerryの述べているB型の問題が起きているのではないかと考える。柳原（2007）の実施したアンケートで得た「理科／数学の授業で要求される問題解決過程、及び概念を理解する過程において、教授言語としてのセブアノ語の使用は、生徒のみならず教師にとっても必要である」という回答は、このことを端的に示しているのではないか。Berryの言う「問題を解く」「定理を証明する」という機械的にはできない、思考を要求される学習過程においては、認識様式と一致する母国語によるコミュニケーションが、言語能力の有無にかかわらず不可欠なのではないだろうか。単にA型の問題のみを考えるのではなく、B型の問題に対してどのように対処すべきかを、今後図っていく必要があると思われる。

### 1-3. 言語と認知の関係

教授言語におけるB型の問題は、母国語と教授言語との間の認識構造の

違いによって起こる問題である。母国語における認識構造と教授言語における認識構造の相違は、何故生じるのだろうか。言語と認知の関係について述べたサピア・ウォーフの仮説はよく知られている。この仮説は2つの命題から成り立っている。言語相対性仮説（「言語的共同社会が異なれば、外界は異なった形で経験され概念化される」）と、言語学的決定論（「認知における差異は、言語における差異が原因となっている」）である。ウォーフは、「言語は思考を表現したり纏めたりする手段なのではなくて、私たちの思考を形作る鋳型であり、私たちを取りまく外界は様々な形で知覚され構造化され得るが、子供の頃学習した言語が私たちの外界についての見方、構造化の仕方の特定の様式を規定する」<sup>(7)</sup>と主張したのである。つまり、母国語の言語構造が、その言語を母国語とする人々のものの見方（認識構造）を決定（形成）するというのである。現在のところ、この仮説は確実な立証による支持を得てはいないが、言語相対性仮説に何の役割も無いとする人はほとんどいないであろう。言語が認知に深くかかわっているとすれば、B型の問題は重要である。まずは、母国語と教授言語の間の基本的な構造的な違いを見ていくことが重要である。次に、第二言語（非母国語）が教授言語である場合に、実際の数学（算数）学習の中で起こっていると思われる、母国語と教授言語の言語間の基本的な構造的な相違について述べる。

#### 1-4. 教授言語による数学学習の問題

表2は、教授言語（第二言語）による数学（算数）学習の問題例である。例えば、(1)英語で「One plus one equals two」（1、+、1、2の語順）は、日本語では「1と1をたすと2」（1、1、+、2の語順）である。(2)英語で「Two times three equals six」（2、×、3、6の語順）は、日本語では「2と3をかけると6」（2、3、×、6の語順）である。(3)英語で「Two thirds」と分子（基数）、分母（序数）の順に対して、日本語は「3分の2」と分母（基数）、分子（基数）の順である。これら語順のみを取り上げても、教科書の教授言語の語順が母国語で培ってきた自然な語順と違っている場合、初めての学習者にとってはかなりの違和感であろう。

表 2 第二言語による数学学習の問題例

数と計算(語順, 数概念ならびに呼び方, 計算など)	
1)	足し算の語順: $1+1=2$ 「1たす1は, 2」に対して, 私たちの自然な言語では, 「1と1をたすと2になる」
2)	掛け算の語順: $2 \times 3 = 6$ (上の例を参照)
3)	分数の語順: 3分の2と two over three もしくは two thirds
4)	数の呼び方: 15(fifteen) という呼び方に対して, 50(fifty) と間違う
5)	0や無限: ケニアの言語には0や無限を表す言語が無い
6)	かき: モザンビークの言語では日常における「かき」は返すことを意味していない ミャンマーの言語では, 「かき」という言葉が2つあり, 1つははさみのように同一物を返す場合, もう1つはお金のように異なるもの(貨幣, 紙幣)で対応するもの(同等の金額)を返す場合があり, 数学では前者を用いる
量と測定, 数量関係(量概念, 測定, 関係)	
1)	半分(Nusu): ケニアの日常語では半分を指すのではなく, 不完全と言う意味
図形(図形概念, 関係, 位置)	
1)	台形: 日本語の日常語での台のイメージより, 斜めになったり, 極端に先が細かったりするものは台形と認知されない(高垣[1998])
2)	まっすぐ(Straight): ケニアの日常語では直線を表すのではなく, そのまま道なりという意味
(出典) 馬場 (2002: 38ページ).	

因みにフィリピン語は次のような語順であり, これに関しては英語と変わらない。(3) の ikatlo は序数を表わしており英語と同じである。

- (1)  $1 + 1 = 2 \rightarrow$  isa at isa ay dalawa  
(1) (と) (1) (は) (2)
- (2)  $2 \times 3 = 6 \rightarrow$  dalawa pinarami ng tatlo ay anim  
(2) (×) (～を) (3) (は) (6)
- (3)  $2/3 \rightarrow$  dalawang ikatlo  
(2つの) (1/3)

しかし, フィリピン語の基本文型の語順は, 述部+主部であり, 英語とは逆である。英語の Ben is a doctor. は, Doktor si Ben. (si は人名の前につける標識辞であり, be 動詞ではない) である。複数形 pencils は, aug mga lapis (単数形: aug lapis) で名詞の前に mga をつける。1人称複数形には kami (聞き手を含まない「私たち」と tayo (聞き手を含む「私たち」) の2つがあり, 使い分けなければならない。これらだけでも, 言語構造が英語とかなり異

なっているのがわかる。教授言語（非母国語）でコミュニケーションを取りながら、数学学習をしていくことの困難さが推測できる。母国語は、そこに生まれた人々がその言語構造を必要とする文化環境の中で、違和感なく使えるように少しずつ獲得したものである。しかも、違和感なく使えるようになった時には、その文化圏特有の認識構造を着実に持っているのである。その認識構造を簡単に教授言語における認識構造にスイッチすることは、かなり難しいと考える。機械的な計算や暗記ならまだしも、問題を解く、定理の証明といった、認知構造に深くかかわっている学習では、その負担はかなり大きいと言える。

### 1-5. 概念的スキーマと手続き的スキーマ

本研究では、B型の問題を調べるために、問題解決型学習として「三角形の合同の証明」学習を取り上げた。順を追って証明していく作業は、Berryの言う「暗記学習が功を奏しない」、機械的にはできない作業である。問題解決の過程において、概念的スキーマや手続き的スキーマ<sup>(8)</sup>を駆使して解いていかなければならない高度な作業である。B型の問題があれば、授業において学習者はかなりの認知的な負担を強いられ、学習の理解度が低いということになる。

スキーマとは既有知識のことである。概念的スキーマとは、「～は～なり」というような命題で表現される知識であり、手続き的スキーマとは、「もし～を達成するには～をせよ」という手続きの指令で表現される知識である。三角形の合同を証明するためには、少なくとも次のようなスキーマが必要である。

#### 〈概念的スキーマ〉

- ・ 3辺が等しい2つの三角形は、合同である。…………… ①
- ・ 1辺とその両端の角が等しい2つの三角形は、合同である。…… ②
- ・ 2辺とその挟む角が等しい2つの三角形は、合同である。…… ③

#### 〈手続き的スキーマ〉

- ・ 三角形の合同を証明するためには、上記①か、②か、

それとも③を証明せよ。……………④

- ・ 三角形の合同を証明するためには、

3つの根拠 (given) を言え。……………⑤

- ・ 三角形の合同を証明するためには、3つの根拠より、

上記①と言え。……………⑥

- ・ 三角形の合同を証明するためには、3つの根拠より、

上記②と言え。……………⑦

- ・ 三角形の合同を証明するためには、3つの根拠より、

上記③と言え。……………⑧

フィリピン語における認識構造が明らかにされていれば、問題解決過程で必要とされる概念的スキーマと手続き的スキーマが、フィリピン人の認識構造にどのようにかかわっているかを調べるのが可能であろう。しかし、そのような先行研究は無い。したがって、本研究では、教授言語における認識構造に不慣れな場合と慣れている場合を取り上げ、概念的スキーマと手続き的スキーマの観点から、その差について調べた。具体的には、教授言語が母国語でないフィリピン人中等学校の生徒と母国語である日本人中学生<sup>(9)</sup>の、「三角形の合同の証明」学習における理解度の差を検証した<sup>(10)</sup>。以下に、その調査について述べる。

## 2. 調 査

### 2-1. 調査の目的

BerryのB型の問題を調べるために、「三角形の合同の証明」テストを実施した(付録1、2参照)。数学学習の中で、①教授言語における認識に不慣れな場合と慣れている場合とで、学習の理解度に差が生じるか。②差があるとすれば、どのような差か、を見るためのものである。

「三角形の合同の証明」学習において、次の3点について、教授言語が母国語でないフィリピン人と母国語である日本人との間の理解度の差を明



らかにすることを目的とした。

- (1) 三角形の合同を証明する過程において、フィリピン人と日本人との間に差があるか。
- (2) 差があるとしたら、どのような差か。次の観点から検証した。
  - (A) 与えられた根拠 (given)<sup>(11)</sup> を正しく述べているか。
  - (B) 三角形の合同を証明するために必要な諸条件を、正しく述べているか。
  - (C) 三角形の合同条件の3つの内、正しい1つの条件を述べて証明を完結させているか。
- (3) 「三角形の合同の証明」テスト10問の中に、フィリピン人と日本人との差が特に顕著な問題があるか。あるとすれば、それはどのような差か。

上記(2)は、次のような意味である。テスト問題3(付録2参照)を例に説明する。

〈問題3の解答〉

右図より (given)、 $AP = DP = 5$  ..... ①

右図より (given)、 $\angle BAP = \angle CDP = 90^\circ$  ..... ②

対頂角は等しいから、 $\angle APB = \angle DPC$  ..... ③

①、②、③より、1辺とその両端の角が等しい。..... ④

よって、 $\triangle BAP \equiv \triangle CDP$  である。

「(A)与えられた根拠 (given) を正しく述べているか」は①、②が述べられているか、「(B)三角形の合同を証明するために必要な諸条件を、正しく述べているか」は①、②、③が述べられているか、「(C)三角形の合同条件の3つの内、正しい1つの条件を述べて証明を完結させているか」は④が述べられているか、をそれぞれ意味する。

また、上記(3)は、各問題の正答率において両者間に顕著な差があるかどうかを調べ、差がある問題について、概念的スキーマと手続きスキーマが作動しているか否かの観点から検証した。教授言語における言語構造に不慣れであれば、授業において、3つの三角形の合同条件を真に理解する

ことは、母国語を教授言語としている学習者よりも難しかったはずである。3つの三角形の合同条件は、ここでの概念的スキーマ<sup>(12)</sup>である。つまり、概念的スキーマが真に理解されていなければ、これを作動することができず、三角形の合同を証明することは不可能であり、手続き的スキーマ<sup>(13)</sup>も作動しないと考える。

## 2-2. 調査の方法

### 2-2-1. 被験者

フィリピン人は、フィリピン、セブの中等学校3年生（15 - 16歳）55名、日本人は、岐阜県内にある私立中学校2年生（14 - 15歳）57名である。フィリピン人生徒55名の内25名は、セブ市内のエリート校と言われる有名中等学校の生徒、残りの30名はセブ市郊外のフィリピン国内では平均的な中等学校の生徒である<sup>(14)</sup>。また、フィリピン人生徒は、初等学校1年生から9年間英語を教授言語として数学・理科・英語の学習をしてきた経緯があるので英語能力は高く、BerryのA型の問題の「教授言語（英語）に不慣れ」ではないと考える。

### 2-2-2. 実施時期

2004年3月にフィリピンにおいて、5月に日本において実施した。三角形の合同条件の学習をしてから、フィリピン人生徒は5ヵ月を経過しており、日本人生徒は7ヵ月を経過していた。

### 2-2-3. 調査材料

- (1) 「三角形の合同の証明」に関するテスト1（英語版）：「三角形の合同の証明」学習の理解度を見るための、10問からなるテスト（付録1参照）。
- (2) 「三角形の合同の証明」に関するテスト2（日本語版）：上記(1)と全く同じ内容のテストの日本語版（付録2参照）。

### 2-2-4. 調査の手順

フィリピンにおいても、日本においても、次のような手順で調査を行った。

調査の説明(1min.)

⇒

三角形の合同の証明テスト(30min.)

### 2-3. 調査の結果

(1)「三角形の合同を証明する過程において、日本人とフィリピン人との間に差があるか」について

テストの平均値と標準偏差は、表3の示すとおりである。また、図1に示されるように、両者の間の差が認められた。

(2)「差があるとしたら、どのような差か。(A)、(B)、(C)の観点から検証した」について

図1のグラフの具体的な数値は、次のようであった。「(A)与えられた根

表3 「三角形の合同の証明」のテストにおける  
平均値と標準偏差

	フィリピン	日 本
平 均 値	4.1	5.0
標準偏差	2.4	2.6

(注) 各1点で10問から成り、10点満点のテストである。

図1 「三角形の合同の証明」テストに関する(A)，(B)，(C)の  
項目についてのフィリピン人と日本人の不正解率

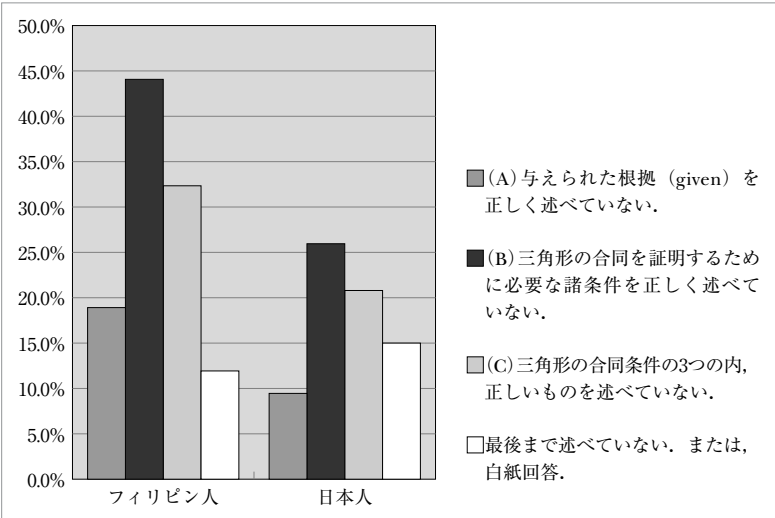


図2 「三角形の合同の証明」テストにおける正答率

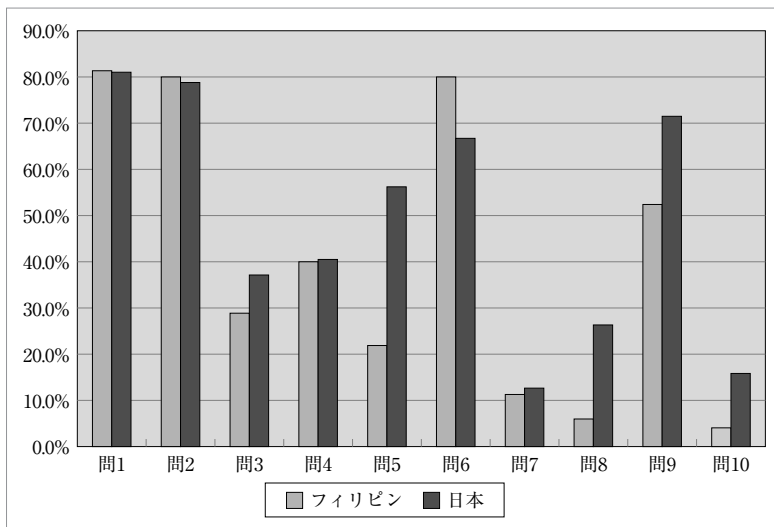
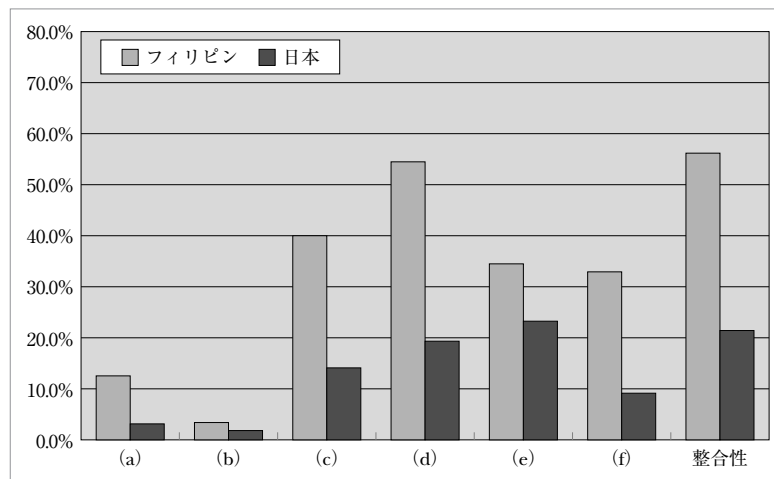
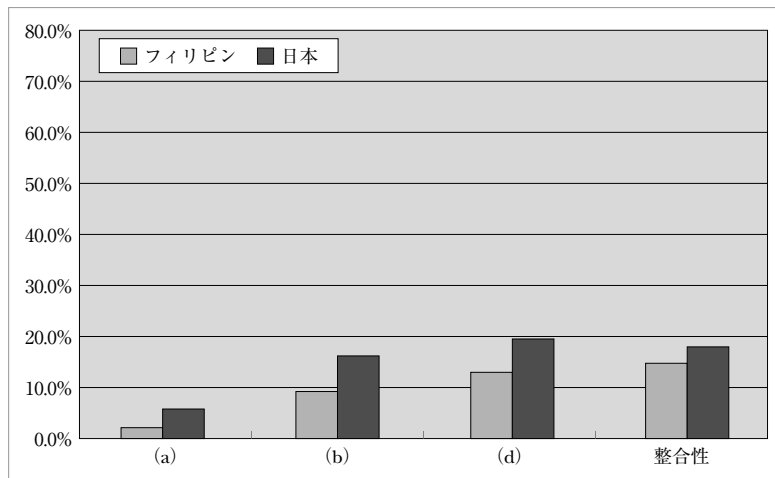


図3 「三角形の合同の証明」テストの問5について



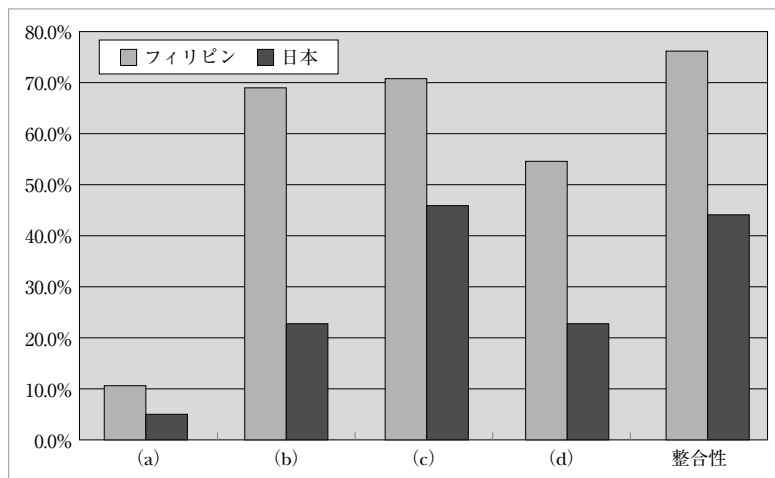
- (a)  $\angle BAC = \angle EDC$ の式が述べられていない。  
 (b)  $AC = DC$ の式が述べられていない。  
 (c)  $\angle ACB = \angle DCE$ の式が述べられていない。  
 (d) 三角形の合同条件「1辺とその両端の角がそれぞれ等しい」が述べられていない。  
 (e)  $\triangle ACB \equiv \triangle DCE$ の式が述べられていない。  
 (f)  $BC = CE$ の式が述べられていない。

図4 「三角形の合同の証明」テストの間6について



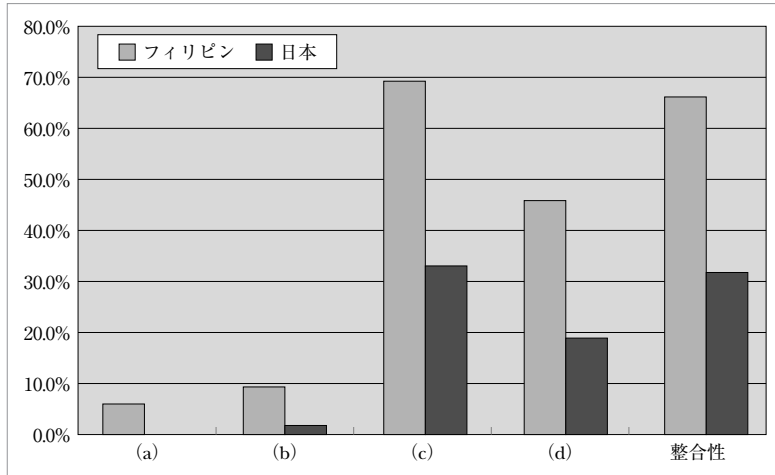
- (a) 「条件より (given)」が述べられていない。  
 (b)  $VY=WX$ の式が述べられていない。  
 (d) 三角形の合同条件「3辺がそれぞれ等しい」が述べられていない。

図5 「三角形の合同の証明」テストの間8について



- (a)  $HG=HI$ の式が述べられていない。  
 (b)  $\angle FHI = \angle JHG$ の式が述べられていない。  
 (c)  $HF=HJ$ の式が述べられていない。  
 (d) 三角形の合同条件「2辺とその挟む角がそれぞれ等しい」が述べられていない。

図6 「三角形の合同の証明」テストの問10について



- (a)  $\angle ABD = \angle CDB$ の式が述べられていない。  
 (b)  $BD = DB$ の式が述べられていない。  
 (c)  $\angle CBD = \angle ADB$ の式が述べられていない。  
 (d) 三角形の合同条件「1辺とその両端の角がそれぞれ等しい」が述べられていない。

拠 (given) を正しく述べていない」(フィリピン人：18.9%・日本人：9.6%)、  
 「(B)三角形の合同を証明するために必要な諸条件を正しく述べていない」  
 (フィリピン人：43.8%・日本人：25.8%)、「(C)三角形の合同条件の3つの内、  
 正しいものを述べていない」(フィリピン人：32.5%・日本人：20.9%)、そして、  
 「最後まで述べていない。または、白紙回答」(フィリピン人：12.0%・  
 日本人：14.9%)、であった。

- (3) 「『三角形の合同の証明』テスト10問の中に、フィリピン人と日本人との差が特に顕著な問題があるか。あるとすれば、それはどのような差か」について

図2は、それぞれの問いの正答率を示している。両者間の差が顕著なのは、問5 (フィリピン人：21.8%・日本人：56.1%)、問8 (フィリピン人：5.5%・日本人：26.3%)、問10 (フィリピン人：3.6%・日本人：15.6%)であり、どれも2倍以上の差で日本人の正答率が高かった。また、両者間の差

において、唯一フィリピン人の方が目立って高かったのは、問6（フィリピン人：80.0％・日本人：66.6％）であった。

それぞれの問いに関して、どのような差が生じているのかを調べるために、三角形の合同を証明するのに不可欠な3つの式（根拠）(a)、(b)、(c)と合同条件(d)、また、整合性（根拠の3つの式と合同条件は一致しているか）、その他それぞれの問題に不可欠な式(e)、(f)を取り上げ、どこに差が生じているのかを見た。それぞれ図3（問5）、図4（問6）、図5（問8）、図6（問10）のようであった。

## 2-4. 考察

(1)「三角形の合同を証明する過程において、フィリピン人と日本人との間に差があるか」について

両者の間には、図1が示すような差があった。差については次に述べる。

(2)「差があるとしたら、どのような差か。(A)、(B)、(C)の観点から検証した」について

「(A)与えられた根拠(given)を正しく述べているか」(手続きの発見)では、手続き的スキーマ(上記1-5の④⑤)だけが反射的に作動するのではなく、「何故そのような手続きが正当だと言えるのか」についての理由が、概念的スキーマ(同1-5の①②③)を用いて理解されていなければ、与えられた根拠を自ら発見することはできない<sup>(15)</sup>。したがって、「与えられた根拠を正しく述べる」ためには、概念的スキーマと手続き的スキーマの両方が作動していなければならない。フィリピン人、日本人ともに正答率は高く、フィリピン人81.8％、日本人90.4％であり、顕著な差はなかった。不正解者は、与えられていない根拠を述べているか、与えられているはずの根拠を述べていなかった。ほとんどが、些細なミス(誤字)とこじつけ(合同条件を言うために、実際に与えられている根拠でないものをでっち上げる)であった。ここでは正答率より、概念的スキーマと手続き的スキーマが、フィリピン人においても日本人においても、比較的適切に作動していたと

考えられる。

「(B)三角形の合同を証明するために必要な諸条件を正しく述べているか」(手続きの発見)では、与えられた根拠のみでは条件が足りない場合は、他の定義より、与えられた根拠以外の根拠を見つけなければならない。この場合も、「なぜそのような手続きが正当だと言えるのか」についての理由が、定義(概念的スキーマ:例えば、問3の場合は「対頂角は等しい」)を用いて理解されていなければ、他の条件を自ら発見することはできない。したがって、概念的スキーマ(上記1-5の①②③と、その他の概念的スキーマ)と手続き的スキーマ(同1-5の④⑤)の両方を作動しなければならない。ここでは、両者間の正答率の差が20%ほどであり、(A)、(C)に比べてその差は顕著であった。(A)も(B)も三角形の合同を証明するための3つの根拠を見つけ出す「手続きの発見」作業であるが、(B)は(A)よりも難しい。根拠が足りない場合、他の定義により根拠を見つけ出さねばならない。そのことが20%という差になったと思われる。次の(3)でその詳細を述べる。

「(C)三角形の合同条件の3つの内、正しいものを述べているか」では、手続き的スキーマ(上記1-5の⑥か⑦か、それとも⑧)が作動している。正答率がフィリピン人67.5%、日本人74.2%で、両者ともに高いとは言えない。テスト10問の内、正答率の低かった問題が原因と思われるので、(3)でその詳細を述べることにする。

- (3) 「『三角形の合同の証明』テスト10問の中に、フィリピン人と日本人との差が特に顕著な問題があるか。あるとすれば、それはどのような差か」について

問5(図3)は、三角形の合同の証明が最終的な解答ではなく、合同の証明によって2つの三角形のそれぞれの辺が等しいことを述べなければならない。そのために他の問題よりも1ランク難しい。即ち、解答過程においてもう1つ別の概念的スキーマと手続き的スキーマを作動しなければならない。「2つの三角形が合同である場合は、それぞれの辺が等しい」という概念的スキーマと「 $BC = CE$ を証明するためには、 $\triangle ACB \equiv \triangle DCE$ を言



え」という手続き的スキーマである。図3によれば、(c)「 $\angle ACB = \angle DCE$ の式が述べられていない」、(d)「三角形の合同条件『1辺とその両端の角がそれぞれ等しい』が述べられていない」、(f)「 $BC = CE$ の式が述べられていない」、整合性、において両者間の差が顕著である。即ち、日本人に比べて、フィリピン人は「対頂角は等しい」という概念的スキーマが作動していない((c)のため、「1辺とその両端の角がそれぞれ等しい」が述べられておらず((d))、何とかこじつけて三角形の合同の式( $\triangle ACB \equiv \triangle DCE$ )を述べたとしても、結果的に整合性が無い。フィリピン人の不正解者で多かったのは、合同の証明のみで終わっている者と、証明の過程で「CはBEの中点である」と、何の根拠も無く言い切っている者であった。図3の(f)「 $BC = CE$ の式が述べられていない」は、日本人とフィリピン人の差が3.8倍であることを示している。フィリピンの方が、上記概念的スキーマ(「対頂角は等しい」、「2つの三角形が合同である場合は、それぞれの辺が等しい」と手続き的スキーマ(「 $BC = CE$ を証明するためには、 $\triangle ACB \equiv \triangle DCE$ を言え」)が作動していなかったと考えられる。

問8(図5)が難しいのは、3つの根拠を述べるために、与えられた根拠を利用して別の根拠( $HF = HJ$ )を導き出さねばならないことである。ここでは、「GがHFの中点である場合は、 $HG = GF$ である」、「IがHJの中点である場合は、 $HI = IJ$ である」、さらに「 $FG = GH = HI = IJ$ の場合は、 $HF = HJ$ である」という概念的スキーマと、「三角形の合同の証明に必要な3つの根拠の内の1つを述べるために、(GがHFの、IがHJの中点であること、 $HG = HI$ であることを利用して)  $HF = HJ$ を言え」の手続き的スキーマが必要である。フィリピン人の不正解者の多くは、GがHFの、IがHJの中点であることを根拠として述べているが、図5(c)で見られるように、それを利用して $HF = HJ$ を導き出してはいない。その多くは「中点より、 $HG = GF$ 、 $HI = IJ$ とし、根拠より $HG = HI$ 、よって3辺が等しい三角形は合同である」としている。したがって、 $\angle FHI = \angle JHG$ を述べる必要はないのである(図5(b))。「3辺が等しい2つの三角形は合同である」の概念的スキーマを真に理解しているのではなく、単に暗記しているのではな

いかと思われる。フィリピン人の方が、上記の概念的スキーマと手続き的スキーマが作動していなかったと考えられる。

問10(図6)においても、与えられた根拠より別の根拠( $\angle CBD = \angle ADB$ )を導き出さねばならないため他より難しい。図6(c)で見られるように、その差が2倍以上ある。ここでは、「 $\angle ABD = \angle CDB$ の場合は、 $90^\circ - \angle ABD = 90^\circ - \angle CDB$ である」の概念的スキーマと、「三角形の合同の証明に必要な3つの根拠の内の1つの根拠を述べるために、( $\angle ABD = \angle CDB$ 、 $\angle ABC = \angle CDA = 90^\circ$ を利用して)  $\angle CBD = \angle ADB$ を言え」の手続き的スキーマが必要である。フィリピン人の不正解者の多くは、 $\angle ABC = \angle CDA = 90^\circ$ は述べているが、 $\angle CBD = \angle ADB$ を述べていなかった。フィリピン人の方が、上記の概念的スキーマと手続き的スキーマが作動していなかったと考えられる。

図3、図5、図6すべてのグラフに見られるように、「(d)」と「整合性」の項目の値において、フィリピン人の方が2倍、あるいは2倍以上高い。正しい三角形の合同条件が述べられていない(d)のは、概念的スキーマ(上記1-5の①②③)が真に理解されておらず、正しく手続き的スキーマ(同1-5の⑥か⑦か、それとも⑧)が作動していなかったと考えられる。また、整合性(根拠の(a)(b)(c)の3つの式と述べている三角形の合同条件が一致していない)<sup>(16)</sup>の値が高いのは、概念的スキーマを真に理解していなかったか、それら概念的スキーマを命題としては理解しているが、それを手続き的スキーマに関連させることができなかったか、正しい手続き的スキーマが作動しなかったかなどが考えられる。

正答率(図2)において、唯一フィリピン人の値が日本人と比べて目立って高かったのが、問6だった。この問題は、穴埋め問題であるためヒントが多い。問1、問2も穴埋め問題であり、図2の正答率の値はわずかであるがフィリピン人の方が日本人より高い。白紙のところすべて書いていかなければならない問題より、思考を助けてくれるヒントが多い穴埋め問題は、スキーマを作動しやすく、フィリピン人にとってはより簡単だったと考える。では何故日本人はできなかったのか。式(statements)と根拠

(reasons) からなる本テスト（付録1・2）は、フィリピンの教科書（Sia, Lucy O. et al., 1999: p. 370）の三角形の合同の証明の書き方に沿って作成したものである<sup>(17)</sup>。フィリピンの方が解答の仕方に慣れていたとも言える。

また、問7は両者ともに正答率が低かった。平行四辺形の性質を利用して別の根拠（ $\angle BAC = \angle DCE$ ）を導く必要があったからと考える。「 $AB \parallel CD$ の場合は、 $\angle BAC = \angle DCE$ である」という概念的スキーマの有無が正答率の低さの原因と考える。

以上述べてきたことより、「三角形の合同の証明」テストの結果を纏めると、教授言語における認識に不慣れな方（フィリピン人）が慣れている場合（日本人）より、「三角形の合同の証明」学習の理解度は低かった。与えられている根拠を述べるまではできたとしても、別の根拠の発見が必要になると、概念的スキーマも手続き的スキーマも作動していないと思われる回答が、フィリピン人の方に多く見られた。また、「正しい三角形の合同条件が述べられていない(d)」や「3つの根拠と合同条件が一致しない（整合性）」に関しても、フィリピン人の方が両スキーマを作動させてはいなかった。しかし、根拠より3つの合同条件の内の1つを述べるところでは、正しい条件を選んでなくとも、とにかくその命題（条件）の文言を正しく述べていた。これは、概念的スキーマとして真に理解すべき命題を、理解ではなく暗記しているために起こると考える。

概念的スキーマの命題（上記1-5の①②③）を、授業の時に言ったりテストの時に書いたりすることができるので、本人も教師も理解していると錯覚するが、三角形の合同の証明に必要な3つの根拠を正しく述べることができなかつたり、正しい手続き的スキーマ（同1-5の⑥か⑦か、それとも⑧）を作動させることができない事態が起きる。「概念的スキーマが言える、または書ける」のに「理解できていない」ということは、「教授言語における認識に不慣れであること」が大きな要因と考える。「教授言語における認識に不慣れな場合」は、問題解決型学習において教師の十分な配慮と注意、理解させるための工夫が必要であろう。問題解決において重要

な概念的スキーマを、学習者が真に理解しているかどうか見極めるために、例えば、手続き的スキーマが適切に作動しているかどうかを確認しながら、学習を進めていく必要がある。具体的には、スモール・ステップでの形成的評価<sup>(18)</sup>の実施、スキーマが作動しやすい穴埋め問題を使って1ランク難しい問題にチャレンジさせること、またそのための問題集の開発などが考えられる。

## おわりに

本研究は、BerryのB型の問題を調べるために、概念的スキーマと手続き的スキーマを駆使する問題解決型学習として「三角形の合同の証明」を取り上げ、教授言語が母国語でないフィリピン人中等学校の生徒と母国語である日本人中学生の学習の理解度の差を、概念的スキーマと手続き的スキーマの観点から検証した。ここでは、「三角形の合同の証明」に関わる基本的な概念的スキーマと手続き的スキーマのみを取り上げたが、実際にはもっと多くの概念的スキーマと手続き的スキーマが複雑に絡み合っていると考えている。その一つひとつを丹念に調べて、「教授言語における認識に不慣れな場合」、問題解決課程でどのようなことが起こっているのかを、検証していく必要がある。実際にフィリピン中等学校の現場で、「三角形の合同の証明」学習がどのように教えられているかを調べることも必要であろう。また、母国語と教授言語の言語構造の相違を詳細に調べ、それら言語構造の相違のために、数学（算数）学習の中で起こっている問題を取り上げ、対策を練っていくことも重要と考える。

### 〔謝辞〕

本研究に惜しみないご協力をくださった元JICA専門員の桂井宏一郎氏とフィリピン教育省第七地域中等教育局指導主事 Ms. Josefina Samson、及びCEOのコンサルタントの安斎由佳氏に、また、本テストとアンケートに快くご協力くださったフィリピンのセブの中等学校の皆様、及び日本の中学校の皆様に深く感謝の意を表します。

(注)

- (1) フィリピン教育省の *Fact Sheet Basic Education Statistics* による。
- (2) フィリピン教育省の Master Plan for Basic Education (1996–2005) “Modernizing Philippine Education” による。
- (3) Yanagihara (2007)。
- (4) 柳原 (2007)。
- (5) 金 (2004) の調査においても、9 割近い教員が母国語教育の有効性を認め、75 % の教員が母国語教育に賛成している。
- (6) 過去 6 年間にわたる、フィリピン中等学校の数学学習到達率の推移は次の通り。

2000年度	2001年度	2002年度 (1年生)	2003年度 (4年生)	2004年度 (4年生)	2005年度 (4年生)
51.83	—	32.09	46.20	50.70	47.82

(注) ( ) 内は、学力テストを受けた学年を表わす。

(出典) *Fact Sheet Basic Education Statistics* (SY2005–2006) より筆者が作成。

- (7) M・コール／S・スクリプナー (1982：55 ページ) による。
- (8) 概念的スキーマとは「～は～なり」というような命題で表現されるもの (既知知識) であり、手続き的スキーマとは「もし～を達成するには～をせよ」という手続きの指令で表現されるもの (既知知識) である。中川大輪・星薫 (1988：146 ページ)。
- (9) 日本の 6 (小学校)、3 (中学校)、3 (高等学校)、4 (大学) 制に対して、フィリピンは 6 (初等学校)、4 (中等学校)、4 (大学) 制である。
- (10) 被験者をフィリピン人のみにし、母国語と英語を教授言語として検証する方法もあるが、フィリピン人には中等学校 3 年生であれば、9 年間母国語ではない教授言語で数学教育を受けてきた経緯がある。英語における認識構造がいつの間に入っているとも考えられる。ここでは、生まれた時から母国語のみで育ち、教授言語もすべて母国語使用の、母国語における認識構造を生粋に持つと思われる日本人を被験者とした。
- (11) 三角形の合同を証明する上で、予め与えられている条件 (付録 1・2 参照)。
- (12) ここで言う概念的スキーマとは、「3 辺が等しい 2 つの三角形は合同である」、「1 辺とその両端の角が等しい 2 つの三角形は合同である」、「2 辺とその挟む角が等しい 2 つの三角形は合同である」、を意味する。
- (13) ここで言う手続き的スキーマとは、「三角形の合同を証明するためには、三角形の合同条件の 1 つを証明せよ」、「三角形の合同を証明するためには、3 つの根拠 (given) を言え」、「三角形の合同を証明するためには、3 つの根拠より、最も適切な三角形の合同条件の 1 つを言え」、などを意味する。
- (14) フィリピンにおいてこの 2 つの中等学校を選んだのは、フィリピン国内において平均的な学校を 1 校のみ選択した場合、学力の面で日本人生徒と大きな差が出てくると予測したからである。因みに、日本の中学校は平均的な学力の学校である。
- (15) 中川大輪・星薫 (1988：146 ページ) による。
- (16) 3 つの根拠が不正解であっても、合同条件と一致していれば、整合性があるとして集計した。
- (17) 式 (statements) と根拠 (reasons) の表 (付録 1) 無しで、問題文と図のみ提示のテストを作成して、本調査に先立ってフィリピン、セブの平均的な中等学校で本テストを行ったところ、21 名中 21 名が 0 点であった。そのためフィリピンの教科書の書き方に従った。
- (18) 学習の途次々々で、指導方法の確認や修正のために行う評価である。例えば、日々の授業後のポスト・テストが、これにあたる。テスト結果によって、教師は次の授業での指導方法や指導内容を修正し、学習者が理解できていない箇所を補いつつ、学習を進めていくこ

とができる。

(参考文献)

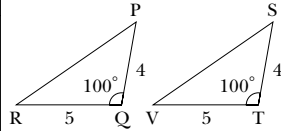
- Aspillera, Paraluman S. (1981), *Basic Tagalog for Foreigners and Non-Tagalogs*, Manila, Philippines, M & L Licudine Enterprises.
- Berry, J. W. (1985), "Learning Mathematics in a Second Language: Some Cross-Cultural Issues," *For the Learning of Mathematics*, Vol. 5, No. 2.
- Department of Education, Culture and Sports, Manila, Philippines. *Master Plan for Basic Education (1996–2005)*, "Modernizing Philippine Education," p. 5.
- Department of Education of the Philippines, *Fact Sheet Basic Education Statistics*. [http://www.deped.gov.ph/cpanel/uploads/issuance/Imag/factsheet2006\(Aug31\).pdf](http://www.deped.gov.ph/cpanel/uploads/issuance/Imag/factsheet2006(Aug31).pdf) (25 September 2007 access).
- Dolciani, Mary P. et al. (1990), *Mathematics An Integrated Approach 2*, Quezon City, Philippines, Abiva Publishing House, Inc.
- Sia, Lucy O. et al. (1999), *21st Century Mathematics: Second Year*, Quezon City, Philippines, Phoenix Publishing House, Inc.
- Yanagihara, Yumiko (2007), "A Study of Bilingual Education in the Philippines—Difference in Pupils' Degree of Understanding Between Learning Mathematics in Cebuano and English," *The Keiai Journal of International Studies*, No. 19, July 2007. pp. 175–201.
- 安西祐一郎他 (1994)、『認知科学2 脳と心のモデル (岩波講座)』、岩波書店。
- 市川伸一他 (1994)、『認知科学5 記憶と学習 (岩波講座)』、岩波書店。
- 大上正直 (2003)、『フィリピン語文法入門』、白水社。
- 金美兒 (2004)、「フィリピンの教授用語政策——多言語国家における効果的な教授用語に関する一考察」『国際開発研究フォーラム』第25号、99–112ページ。
- コール、M & S・スクリプナー (岩井邦夫訳) (1982)、『文化と思考：認知心理学的考察』(心理学叢書10)、サイエンス社。
- 高垣マユミ (1998)、「台形概念の形成過程における確率的表象に関する研究」『数学教育学研究』第4号。
- チョムスキー、N (加藤泰彦・加藤ナツ子訳) (2004)、『言語と認知：心的実在としての言語』、秀英書房。
- 中川大輪・星薫 (1988)、『認知と思考』、(財)放送大学教育振興会。
- 中島秀之・高野陽太郎・伊藤正男 (1994)、『認知科学8 思考 (岩波講座)』、岩波書店。
- 馬場卓也 (2002)、『数学教育協力における文化的側面の基礎的研究 (平成13年度国際協力事業団 客員研究員報告書)』、国際協力事業団・国際協力総合研修所、平成14年3月。
- 福原満州雄他 (1981)、『数学と日本語』、共立出版。
- 柳原由美子 (2007)、「フィリピン理数科教育の教授言語に関する一考察——現職教員の意識分析を通じて」『敬愛大学国際研究』第20号、2007年12月、115–140ページ。

# 付録 1 (テスト 1)

Name: \_\_\_\_\_, Age: \_\_, Sex: M or F

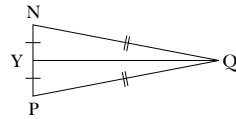
1. Problem: Is triangle PQR congruent to triangle STV by SAS (Side-Angle-Side) ?  
Fill in the blanks.

Statements	Reasons
1. $RQ = VT = 5$	1. given
2. ( )	2. given
3. $\angle PQR = \angle STV = 100^\circ$	3. given
4. $\triangle PQR \equiv \triangle STV$	4. ( ) congruence



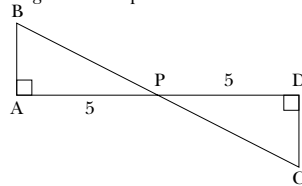
2. Problem: Show that triangle QYN is congruent to triangle QYP. Fill in the blanks.

Statements	Reasons
1. $NY = PY$	1. given
2. ( )	2. given
3. $YQ = YQ$	3. given
4. $\triangle QYN \equiv \triangle QYP$	4. ( ) congruence



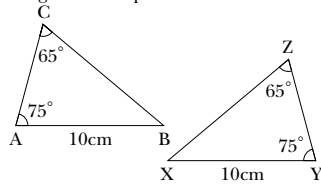
3. Problem: Show that triangle BAP is congruent to triangle CDP. Explain.

Statements	Reasons



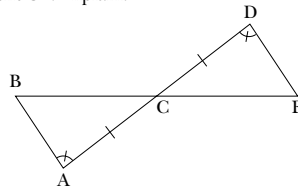
4. Problem: Show that triangle CAB is congruent to triangle ZXY. Explain.

Statements	Reasons

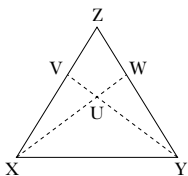


5. Problem: Prove segment BC is congruent to Segment CE. Explain.

Statements	Reasons

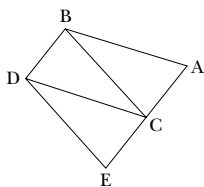


6. Given:  $XV = YW$ ,  $VY = WX$  Prove:  $\triangle XVY \cong \triangle YWX$  Fill in the blanks.



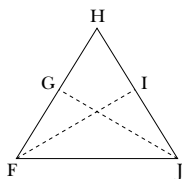
Statements	Reasons
1. $XV = YW$	1. ( )
2. ( )	2. given
3. $XY = XY$	3. reflexive property (common sides)
4. $\triangle XVY \cong \triangle YWX$	4. ( ) congruence

7. Given: C bisects AE,  $AB \parallel CD$ ,  $AB \cong CD$  Prove:  $\triangle ABC \cong \triangle CDE$  Fill in the blanks.



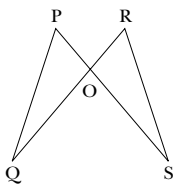
Statements	Reasons
1. C bisects AE ( ) = ( )	1. given
2. $AB \parallel CD$ $\angle ( ) = \angle ( )$	2. given Definition of transversal
3. $AB = DC$	3. given
4. $\triangle ABC \cong \triangle CDE$	4. ( ) congruence

8. Given:  $GH = HI$ , G bisects FH, I bisects HJ Prove:  $\triangle FHI \cong \triangle JHG$  Explain.



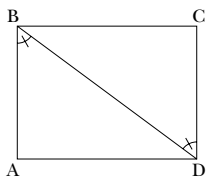
Statements	Reasons

9. Given:  $OP = OR$ ,  $OQ = OS$  Prove:  $\triangle POQ \cong \triangle ROS$  Explain



Statements	Reasons

10. Given:  $\angle ABD = \angle CDB$ ,  $\angle ABC = \angle CDA = 90^\circ$  Prove:  $\triangle ABD \cong \triangle CDB$  Explain.



Statements	Reasons

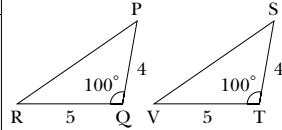


## 付録 2 (テスト 2)

名前：\_\_\_\_， 年齢：\_\_\_\_，

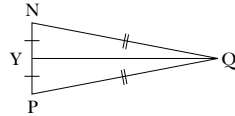
1. 「2辺とその間の角がそれぞれ等しい」ならば、 $\triangle PQR$ と $\triangle STV$ は合同ですか？  
下のかっこの中に適当な言葉を入れなさい。

根拠	式
1. 右図より	1. $RQ = VT = 5$
2. 右図より	2. ( )
3. 右図より	3. $\angle PQR = \angle STV = 100^\circ$
4. ( ) の 三角形の合同条件を 満たしているから	4. $\triangle PQR \equiv \triangle STV$



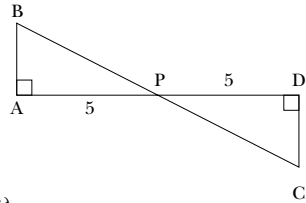
2.  $\triangle QYN$ と $\triangle QYP$ が合同であることを証明しなさい。  
下のかっこの中に適当な言葉を入れなさい。

根拠	式
1. 右図より	1. $NY = PY$
2. 右図より	2. ( )
3. 共通の辺	3. $YQ = YQ$
4. ( ) の 三角形の合同条件を 満たしているから	4. $\triangle QYN \equiv \triangle QYP$



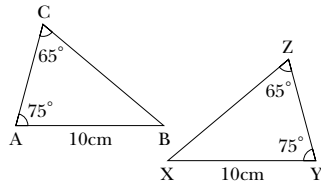
3.  $\triangle BAP$ と $\triangle CDP$ が合同であることを証明しなさい。  
上記のように下に書き入れなさい。

根拠	式



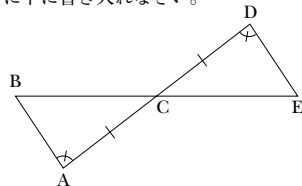
4.  $\triangle CAB$ と $\triangle ZXY$ が合同であることを証明しなさい。  
上記のように下に書き入れなさい。

根拠	式

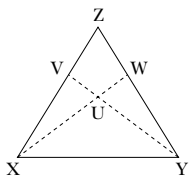


5.  $BC = CE$ であることを証明しなさい。上記のように下に書き入れなさい。

根拠	式

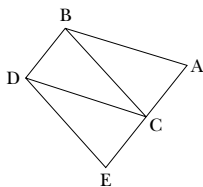


6. 下の図で $XV=YW$ ,  $VY=WX$ ならば、 $\triangle XVY \equiv \triangle YWX$ であることを証明しなさい。



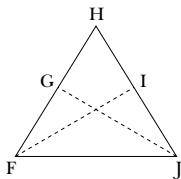
根拠	式
1. ( )	1. $XV=YW$
2. 条件より	2. ( )
3. 共通の辺	3. $XY=XY$
4. ( ) の 三角形の合同条件を 満たしているから	4. $\triangle XVY \equiv \triangle YWX$

7. 点CはAEを二等分しており、 $AB \parallel CD$ ,  $AB=CD$ ならば、 $\triangle ABC \equiv \triangle CDE$ であることを証明しなさい。



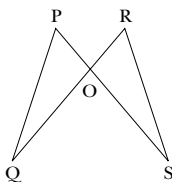
根拠	式
1. CはAEを二等分しているから	1. ( ) = ( )
2. $AB \parallel CD$ だから	2. $\angle ( ) = \angle ( )$
3. 条件より	3. $AB=DC$
4. ( ) の 三角形の合同条件を 満たしているから	4. $\triangle ABC \equiv \triangle CDE$

8. 点GはFHを二等分しており、また点IはHJを二等分しており、 $GH=HI$ ならば、 $\triangle FHI \equiv \triangle JHG$ であることを証明しなさい。上記のように下書き入れなさい。



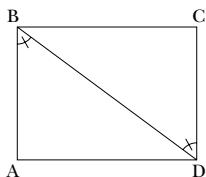
根拠	式

9.  $OP=OR$ ,  $OQ=OS$ ならば、 $\triangle POQ \equiv \triangle ROS$ であることを証明しなさい。  
上記のように下書き入れなさい。



根拠	式

10.  $\angle ABD = \angle CDB$ ,  $\angle ABC = \angle CDA = 90^\circ$  ならば、 $\triangle ABD \equiv \triangle CDB$ であることを証明しなさい。上記のように書き入れなさい。



根拠	式