令和７年度　研究報告書

中学校数学科における有意味学習の実践

指導教員　　吉村　昇　　　准教授

吉井　貴寿　　准教授

令和６年度入学

熊本大学大学院　教育学研究科

教職実践開発専攻　教科教育実践高度化コース

247-A9713　石丸　裕也

目次

研究報告書要旨

数学に対する生徒の現状として、問題の反復演習や解法の流れを暗記するといった機械的な学習が重視され、数学的な概念や論理的なつながりを意識できていないという問題がある。この課題意識の基、本研究の目的を『数学の授業における「本質的で深い学び」を実現するための授業を開発すること』と設定した。なお本研究では、「本質的な学び」を根拠を理解する学び、「深い学び」を既有知識と関連付ける学びと定義している。授業開発を行うにあたっての先行研究として、オーズベル（1963）が提唱した有意味学習理論に注目した。石橋（2019）は、有意味学習を「未知の問題や、新しい学習内容を学ぶ際に、自分自身が今まで学んできた既習の知識を関連付けながら活用した学び」と定義していることから、既習の知識を関連付けながら、学習内容を本質的に理解できるような授業を考案することを目指した。

授業実践では、オーズベルの有意味学習の成立条件 ABC を達成できるような手立てを打ち出した。具体的には、授業の導入場面で、オーズベルの提唱する先行オーガナイザーを用いて既有知識を想起させた。授業の展開場面では、小池（2021）の精緻化に関する理論を用いて、生徒に精緻化を促した。授業の振り返り場面では、北尾（1984）の精緻化理論を用いて、さらに精緻化を促進させた。研究方法は対照実験の形式を取り、実験群 A 組と統制群 B 組で比較した。その結果、実験群 A 組の方が知識同士の結びつきが増加するという結果が得られた。また、授業内容に関する根拠を記述できる生徒も多く見られたことから、授業実践では「本質的で深い学び」の実現に近づけたのではないかと考察する。

今後は、導入、展開、振り返りの、どの場面が有意味学習の実現に作用したのかを分析すると共に、有意味学習を日常的に行えるよう教材開発を行いたい。

第１章

はじめに

1.1節　研究の背景

令和6年度全国・学力学習状況調査によると、「選択式」「短答式」「記述式」という問題形式の中で、「記述式」問題の正答率が30%であり、他の問題形式に比べて低い。記述式問題では、最終的に出た答えのみでなく、その解にたどり着いた過程を論理的に組み立てる力が求められる。そんな記述式問題の正答率が低い要因の一つに、生徒が解法の根拠となる数学的な概念や論理的なつながりを理解できていない現状があると考えた。

問題形式	選択式	5	58.8
	短答式	6	67.4
	記述式	5	30.0

（表1）令和6年度全国学力・学習状況調査
報告書　中学校数学

また、教育現場に目を向けると、生徒は問題を反復して解くことや手順を暗記することで知識を習得している場面が多く見られる。このような機械的な学習は知識の定着に必要な反面、本質的な理解を伴っていない危険性も潜んでいる。私が出会った生徒の中に、方程式を解く際、「移項はできる」が「なぜ移項ができるのか」を理解していない生徒がいた。これは移項の計算処理を暗記的に記憶しているゆえに起こったことだと考えた。

それに加えて、現在中学校学習指導要領解説数学編では「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善の推進が求められている。それを受けて、今日の授業では主体性や対話を重視した授業が見られるようになった。しかし、主体的対話的という言葉が先行し、簡易的なペアワークや形式的なICTの導入などが行われており、本当に深い学びが実現できているのかという課題意識も持った。文部科学省によると、『習得・活用・探究という学びの過程の中で、各教科等の特質に応じた「見方・考え方」を働かせながら、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、情報を精査して考えを形成したり、問題を見いだして解決策を考えたり、思いや考えを基に創造したりすることに向かう学び』を深い学びとしている。深い学びを目指す中で、私は『知識を相互に関連付けてより深く理解する学び』を実現することで、数学の内容を論理的に理解していないという課題も解決できるのではないかと考え、本研究を行うに至った。

1.2節　研究の目的

1.1節研究の背景を踏まえ、本研究の目的を『数学の授業における「本質的で深い学び」を実現するための授業を開発すること』とした。なお本研究では、「本質的な学び」を根拠を理解する学び、「深い学び」を既有知識と関連付ける学びと定義している。数学の学習で本質的な理解を得るためには既有知識を理解しておく必要がある。例えば、「二次方程式」を理解する際には「一次方程式」「因数分解」「二次式」その他の多くの単元を理解し積み上げる必要がある。それらの既有知識を持つことで「二次方程式」を本質的に理解できる。ゆえに数学の学習において「本質的な学び」と「深い学び」の両立が重要になるのである。

ここで、「深い学び」について補足しておく。「深い学び」を既有知識と関連付ける学びと定義した理由は主に2つである。一つ目は、文部科学省の深い学びの記述に、『知識を相互に関連付けてより深く理解したり』という文言が含まれていることである。確かに、深い学びとはもっと広義であるが、本研究ではあえて定義を狭めて最も達成したい目標に焦点化した。二つ目は、石橋（2019）によると『知識を相互に関連づけることでより深く理解できること』が深い学びと述べている。これは次章の先行研究で触れる有意味学習と関わっていることから採用した。

「深い学び」について、中央教育審議会答申（平成28年12月）では、次のように示されている。

> 習得・活用・探究という学びの過程の中で、各教科等の特質に応じた「見方・考え方」を働かせながら、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、情報を精査して考えを形成したり、問題を見いだして解決策を考えたり、思いや考えを基に創造したりすることに向かう「深い学び」が実現できているか。
>
> 子供たちが、各教科等の学びの過程の中で、身に付けた資質・能力の三つの柱を活用・発揮しながら物事を捉え思考することを通じて、資質・能力がさらに伸ばされたり、新たな資質・能力が育まれたりしていくことが重要である。教員はこの中で、教える場面と、子供たちに思考・判断・表現させる場面を効果的に設計し関連させながら指導していくことが求められる。
>
> 中央教育審議会答申（平成28年12月）より

第２章

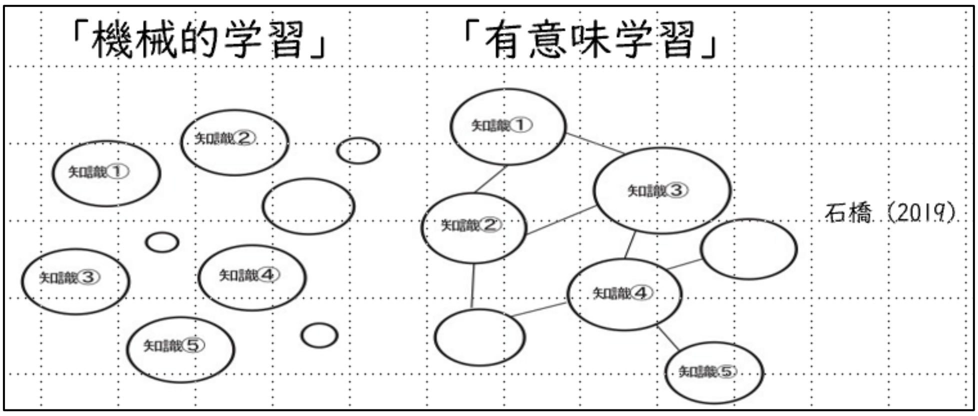
先行研究

研究の目的を達成するための授業開発を行うための先行研究を紹介する。

2.1節　有意味学習理論

研究の目的を達成するための先行研究として、オーズベル（1963）の有意味学習理論を用いる。はじめに、オーズベルは、有意味学習とは何かということについて、成立する条件を示してはいるものの、言葉による明確な定義は行っていない。しかし、有意味学習とは学習すべき事柄が学習者の認知構造との関係で理解される学習であることからいろいろに解釈されている。例えば、石橋（2019）は有意味学習を『未知の問題や、新しい学習内容を学ぶ際に、自分自身が今まで学んできた既習の知識を関連付けながら活用した学び』としている。また、大村（1982）は『学習課題がすでに学習者の持っている知識構造に、でたらめでなく、また丸暗記としてでなく、関係づけられた時、有意味学習が成立したと考える』と述べている。さらに広田（1976）は『有意味学習は、学習内容が既得の知識に有効に関係づけられ適切に理解されていくといった質の高い学習過程のことをいう』としている。また、広田（1983）は『認知構造内の既有の諸概念や命題が、新しい知識内容の包摂に伴い、修正、拡張、限定し、さらには相互に関連のなかった諸概念、命題間に一定の関係性、脈絡性が生ずるものとみなされる』と述べている。このように有意味学習に対する解釈は研究者によって異なるものの、どの解釈も知識（概念）同士の結びつきを示唆していることがわかる。

（図１）「機械的学習」と「有意味学習」のイメージ



また、オーズベルは二つの次元で学習を整理している。一つの次元は「有意味学習」と「機械的学習」で表されている。先ほど述べた有意味学習と対比して、「機械的学習」とは『既習の知識が個々の知識として存在し、活用することなく新しい学習内容を学ぶたびに個々の知識を増やし、意味を持たず丸覚えをするような学び』（石橋 2019）としている。もう一つの次元は「発見学習」と「受容学習」で表されている。「発見学習」を『未知の

問題や、問題などの事象との関わりの中で、子どもたち自身が知識を発見生成する学習』、「受容学習」を『あらかじめ整理された知識を教師から順序立てて教わる学習』としている。これらの二つの次元によって、整理された学習の分類が以下の表である。

（表２）オーズベルの学習の分類

次元	発見学習	受容学習
有意味学習	有意味発見学習	有意味受容学習
機械的学習	機械的発見学習	機械的受容学習

「発見学習」「受容学習」に関わらず、「有意味学習」を実現することができれば、知識同士の関連づけや根拠を理解する学習に繋がると考え、「有意味学習」に着目して研究を進める。

２.２節　有意味学習の成立条件

オーズベルは有意味学習の成立条件を ABC の３つに整理している。

A)学習材料そのものが、ある仮説的な認知構造に非恣意的で実質的な仕方で関連付け可能でなければならない。
B)学習者はその学習材料を関連付けるべき関連概念を持っていなければならない。
C)学習者はこれらの概念を認知構造に非恣意的で実質的な仕方で関連付けようという意図を持たなければならない。

A から順に条件の解釈を述べていく。条件 A の主語「学習材料そのもの」というのは、授業における「教材」にあたる。つまり「教材そのもの」に関する条件なのである。次に「ある仮説的な認知構造」は「知識を理解、収納する場所」と考えた。補足として、浦崎（1982）は『知識構造とは個人がそれまで習得した知識内容とその組織特性のこと』としている。さらに、オーズベル・ロビンソン（1984）は『学習者が現在もつ知識の量、明瞭さ、およびその組織性であり、学習者がいつでも使えるものとして持っている事実、概念、命題、理論、および生の知覚的データよりなりたっている』とのべている。また、「非恣意的」とはオーズベルは non-arbitrary としている。私はこれを「必然的で論理的」と捉えた。例えば、数学学習における恣意的な状態というのは、「偶然で勝手な理由」により理解した状態であると考える。２の平方根$\sqrt{2}$は 1.4142356（ひとよひとよにひとみごろ）という語呂合わせで覚えた人も少なくないだろう。これはまさに、我々が恣意的に覚えたものとなる。それと逆に、「論理的な根拠を基に知識を得ることができる」教材が「非恣意的な教材」なのである。

さらに、「実質的」はオーズベルによると substantive と表している。この英単語には実質的という意味の他、「本質的」という意味も含まれている。このことから「実質的」という意味は、「根本的な性質を理解できる」という言い換えが可能だと考える。まとめると、条件 A とは、「教材そのものが論理的でかつ根本理解ができるようなものでなければならない」と表すことができる。

次に条件 B の解釈である。B は「学習者はその学習材料を関連付けるべき関連概念を持っていなければならない。」である。これは、学習する内容と関連する概念を持っていなければならないということである。ここでの関連概念とは、既習知識であったり、数学的な見方考え方など授業で必要となる概念全体を指すと捉えた。

最後に条件 C である。「学習者はこれらの概念を認知構造に非恣意的で実質的な仕方で関連付けようという意図を持たなければならない。」という条件 C について、「これらの概念」というのは条件 B にあった「関連概念」のことである。「非恣意的」と「実質的」も条件 A と同様な意味を持つことから、C を解釈すると「学習者は授業で必要となる概念全体を頭の中で、論理的かつ根本的に関連付けようとしなければならない。」ということになる。

これらの私なりの解釈により、条件 ABC を達成できる授業を目指す。

2.3 節　有意味学習の条件 A

有意味学習の条件 A を達成するためには、教材を精査しなければならない。単に、教科書の流れに沿って授業を進めることに留まらず、教材そのものに「非恣意性」と「実質性」が含まれているかどうかを判断しなければならない。前時の授業や前時の単元、全年の学習内容などを網羅的に把握し、教材研究をすることで、条件 A を達成していく。

2.4 節　有意味学習の条件 B

有意味学習の条件 B を達成するために、本研究ではオーズベルの先行オーガナイザーを用いる。

Ⅰ）先行オーガナイザーとは

オーズベルは有意味受容学習の理論の中で先行オーガナイザーの役割について述べている。先行オーガナイザーとはオーズベルが提唱する概念であり、『新しい観念を、有意味に学習するために、認知構造内の関連観念に、その新しい観念を繋ぎとめる役割を持つ、教材の本体に先立って学習者に提示される観念』であり、文章や絵など様々な形式で提示される。

Ⅱ）先行オーガナイザーの種類

先行オーガナイザーは研究者によって様々な種類に分類される。オーズベルは 2 種類に分類し、一つは学習者にとって全くなじみのない学習内容を教える際に使われるもので、その学習内容に関連があって、しかも学習者によく知られているモデルや例などを示すものであり、概説的オーガナイザーと呼ばれている。もう一つは、学習者がすでに学習内容と何らかの関連のある内容を学習している場合、学習すべき内容と、認知構造内の既有知識との関連性を明確にするために、類似点や相違点を示すものであり、比較オーガナイザーと呼ばれている。さらにレッシュ・ジョンソン（1976）によると、概説的オーガナイザーと比較オーガナイザーの他に、具体的で視覚的・触覚的なモデルを学習前に提示するモデルオーガナイザーや日常場面や実用場面を提示する応用オーガナイザーなどにも分類できるとされている。

（図２）先行オーガナイザーの分類

先行オーガナイザーの分類

①提示オーガナイザー(新たな学習内容の提示)
②比較オーガナイザー(これまでの学習内容と新たな学習内容の比較)
③モデルオーガナイザー(具体的で視覚的・触覚的なモデル提示)
④応用オーガナイザー(実用性や現実場面への寄与)

①②はAusubel(1963)③④はLesh&Johnson(1976)

Ⅲ）先行オーガナイザーの効果

先行オーガナイザーに託されたオーズベルの教授学的見地について広田（1983）は『学習者の既になじみのあり、同時に新しい学習内容に関連ある観念、概念を可能な限り活用することによって、学習のし易さと教材のなじみを高めようとする点にあろう。それは、学習者の認知構造内の、より包括的な概念、観念を活性化させ、これから行われようとする学習の過程を事前に組織しておくことを本質としている』と述べている。すなわち先行オーガナイザーの提示による学習への効果とは、新しく学習する内容に関係づけられる認知構造内の既有知識の活性化にあるといえる。

Ⅳ）先行オーガナイザーと数学学習

先行オーガナイザーを用いての学習（有意味受容学習）の研究は、理科の分野では若干あるが（例えば川上ら 2009）算数数学分野での研究は非常に少ない。それは算数数学教育の気づかせる・見つけることを重視するという特性から考えて、先行オーガナイザーの提示は算数数学の学習においては有効な活用が難しいからだと考える。したがって算数数学の授業において、新しく学習する内容と関連のある既有知識を活性化させるためには、既習事項の復習や日常の生活経験を算数数学の事象に結び付けての問題設定などが行われることにな

る。ただその趣旨はここでここまで検討してきたように先行オーガナイザーの提示と同様の役割を果たしていると考えることができる。（小池 2021）

V）先行オーガナイザーと有意味学習の条件 B

有意味学習の条件 B を簡単に確認すると、「学習者が授業に必要な概念を持っている」ことであった。もしも、授業の導入場面で先行オーガナイザーを用いることで、頭の中で既有知識が活性化される（思い出す）ので、関連概念を持った状態で学習に入ることができる。また、川上（2010）は『先行オーガナイザーは学習の始まりに使うものであり、それ以降の学習に見通しをもたせるような一般的で抽象的な概念である。』とも示唆している。既有知識の活性化に加え、学習の見通しを持たせる役割を持つ先行オーガナイザーはまさに、授業に関連する概念全体を学習者に想起させる可能性を秘めている。これらのことから、適切な先行オーガナイザーを導入できれば、有意味学習の条件 B は達成できると考えた。

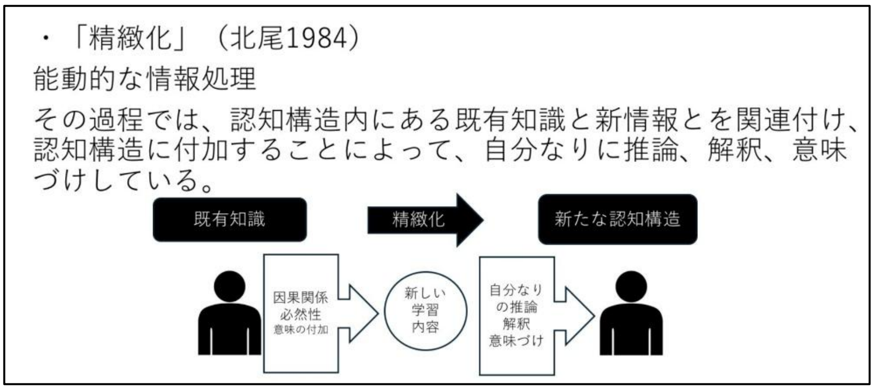
２.５節　精緻化理論

有意味学習の条件Ｃを達成するために、本研究では精緻化を促進できるような授業を作る。そのために、精緻化についての先行研究を紹介する。

小池（2021）によると『精緻化とはもともと認知心理学の分野で生みだされた概念であり、記憶すべき情報に何らかの情報を付け加えられることにより、それを覚えやすくする記憶方略である。そしてその捉えが広がり、単なる記憶方略ではなく複数の知識が結びついて理解が深まる認知的プロセス全体を指すようになった。』と述べている。つまり知識の獲得、理解の仕方に関する意味合いを持ったものだとわかる。また、この知識の獲得の仕方を具体的に『与えられた情報をもとに、自分の認知構造内にある既有の知識の中から関連のある知識を検索し、それと関連付けすることによって自分なりに推論し解釈し直すことによって新しい知識を生み出している。』としている。

次に、学習における精緻化をみていく。北尾（1984）は、学校での授業場面において、『教師や子どもたちから提供された情報を理解するために、自分なりにまとめたり、自分の知識や言葉に変換したりして処理する過程は精緻化の過程である』としている。『その過程では、自分の認知構造内にある既有知識の中から提供された情報に関連のある因果関係や必然性や意味などの知識を検索し、それと提供された情報とを関連付け、その情報を付加することによって、自分なりに推論、解釈し、意味づけをするということが行われている。』と述べている。北尾の精緻化のイメージは以下の図である。

（図３）北尾の精緻化のイメージ



本研究では、北尾の精緻化理論をもとに、精緻化と有意味学習の関係を考察していく。

２.６節　有意味学習と精緻化

次に、有意味学習と精緻化の関係性を示していく。小池は『有意味学習とは、新しい知識が既存の認知構造に有効に関係づけられ、学習者が納得し、深く理解され、効果的に保持されていく学習である。また、有意味学習の過程で、既存の認知構造が新しい知識によって、修正、拡張、限定される。この過程で行われる、新しい知識と認知構造との間で行われる交互作用では、最終的には新しい知識を認知構造内の既存の知識と関連付ける、すなわち既存の知識で新しい知識を解釈しているといえる。この解釈の過程では新しい知識に、自分の認知構造内にある既有の知識の中から、その新しい知識と関連のある知識を検索し、それと関連付け、その情報を付加することによって自分なりに推論し、解釈しなおすということが行われている。この過程は精緻化の過程でもある。』としている。つまり、

精緻化の視点から有意味学習を考察すると、有意味学習で行われている「新しい知識が既存の認知構造に有効に関係づけられている過程」というのは「精緻化の過程」であるともいえる。よって、新しい知識を有意味に学習する過程では、精緻化が行われているのであり、有意味学習の成立には精緻化が欠かせないと考えた。

２.７節　有意味学習の条件 C

先ほど紹介した「精緻化理論」を用いて、有意味学習の条件Cを達成するために条件 B と精緻化の関係性を明らかにする。

有意味学習の条件 C は、「授業に関する概念を、論理的かつ根本的な理解を伴う関連付けをしようとしなければならない。」だった。私は数学における「論理的かつ根本理解」とは、既存知識で学習内容を理解することだと考える。例えば、二次方程式を「論理的かつ根本的」に理解するとき、方程式や二次式、文字、四則演算などの既存知識が必要になる。それらを総合的に活用することで二次方程式の理解が得られる。このように、既存知識で学習内容を理解する思考の過程が精緻化の過程であることは先ほど述べた。ゆえに、精緻化を促すことで条件 C を達成できると考える。

「精緻化」と「有意味学習」の違いも説明しておく。精緻化の重点は「自分なりに」解釈推論することである。だからこその批判として、「自分なり」に考えることで「論理的で根本的な理解」が得られるのか、と問われることがある。私は「得られる」と考えている。その理由は、精緻化を「頭の中で情報が結びついて自分なりに理解する状態」としたとき、頭の中で納得できる情報の結びつき方とは、論理性や根本理解を伴う結びつき方だと考えるからである。例えば、「足し算」という情報と「掛け算」という情報はそのままだと結びつかない。そこに、掛け算を分解すると足し算になるという論理的根拠があることで情報同士が結びつく。このように、数学において、情報が結びつくとき、論理性は伴っているというのが私の考えである。

これらのことから、条件 C を達成するために、生徒に精緻化を促していく。

２.８節　精緻化の促進①

精緻化を促進する手段を提示するにあたり、小池の「算数数学の問題解決型授業における精緻化を促進する指導法」（風間書房）を参考にする。

豊田（1998）は、『それまでの過去の精緻化研究のほとんどが、被験者自身の自発的な符号化の余地がない偶発記憶手続きを用いており、実験者の側が被験者に対して一方的に情報を与え、記銘語に付加する情報を操作する研究であった。』と示唆している。小池は『このように記銘情報に付加する情報を実験者が与えることによる精緻化を実験者呈示精緻化』と呼んでいる。これに対して、『why 質問（なぜと問う質問）を精緻的質問と呼び、精緻的質問をすることによって被験者自身に記銘情報に付加する情報を生成させることによる精緻化を自己生成精緻化』と呼んでいる。

豊田（1998）は、自己生成精緻化の方が実験者呈示精緻化よりも有効であるということをPressley et al.（1987）の実験の結果を引用し示している。

自己生成精緻化の効果は精緻的質問の効果と呼ばれているが、その効果がなぜ生じるかについては諸説ある。豊田（1998）は『自己生成精緻化の効果は精緻的質問によって学習事象と先行知識の関連づけを強調することによって生じる』あるいは『質問によって知識ベースへのアクセスを促し、すでに知っているものと学習すべきものの結合の形成を促すことによる』と述べている。また豊田（1998）は、Martin and Pressley（1991）より、自己生成精緻化の効果がなぜ生じるのかということについて、「生成効果説：自己生成精緻化の効果は、生成効果の一例である」、「認知的努力説：精緻的質問に答えることで、意識的な処理が喚起され、認知的努力が費やされ、深い処理がなされる」、「符号化と検索一致説：精緻的質問による符号化操作が、統制条件としての読みの条件よりも記憶テスト時の操作に一致している」、「精緻化説：精緻的質問によって記銘語を検索するための多くのリンクが活性化するから」、「適切精緻化説：精緻的質問に答えることで、学習事象による関連する先行知識が活性化する」の5つの説を紹介している。いずれにしても自己生成精緻化の効果は、精緻的質問によって学習事象に関連する先行知識（既有知識）が活性化されることによって生じるといえる。

このような実験者呈示精緻化と自己生成精緻化の効果の違いは授業の展開例としても見られる。学校における授業では、あることがら（子どもたちが学習すべき記銘情報）に対して教師が説明することにより、子どもたちにその内容を理解させようという場面はよく見られる。これが実験者呈示精緻化であるといえる。例えば小学校 2 年生で学習するかけ算で、4×12 という九九の範囲を超えるかけ算の答えの求め方を考える学習を例に考えてみる。4×12 というかけ算は九九の範囲を超えるため、その答えを求めるには工夫を要する。通常は同数累加を適用し、4×9＝36 をもとにして、そこから 4 を順にたし、4×10＝4×9＋4＝40、4×11＝4×10＋4＝44、4×12＝4×11＋4＝48 のようにして答えを求める。しかしこの場合 4×12 の意味を考えさせることにより、これは 4 の 12 個分を表しているということがわかる。したがって「4×12 は 4 の 12 個分だから 12 個を 5 個と 7 個に分けて、4×5 と 4×7 をたせばいいですよ。みなさんわかりましたか」と教師の側が解決に必要な情報を与え、子どもたちに教えることによって答えの求め方を理解させることができる。このような展開の仕方が実験者呈示精緻化を取り入れた学習であるといえる。

これに対して次のような展開の仕方が考えられる。「4×12 はどんな意味ですか？」と子どもたち全体に問いかける。すると子どもたちからは「4 の 12 個分」という答えが返ってくる。そこで、「4 の 12 個分なら 4×12 を今まで習ったかけ算を利用して求めることはできませんか」と問うことにより、子どもたち自らが「12 個ということは 4 個と 8 個、5 個と 7 個、6 個と 6 個などに分けることができるから、4×12 は 4 の 4 個分と 4 の 8 個分をたせばいい」、「4×12 は 4 の 5 個分と 4 の 7 個分をたせばいい」などということがわかり、

「4×12 は 16＋32＝48」、「4×12 は 20＋28＝48」などというように答えを求めることができる。このように子どもたちに問いかけることによって、4×12 の意味を深く考え、既有知識を使って自らの力で計算方法を見つけ出すことが可能になる。このような展開の仕方が自己生成精緻化を取り入れた学習であると言える。

これらの理由から、精緻的質問（WHY 質問）によって精緻化を促す。

2.9節　精緻的質問

精緻的質問とは「なぜ」「どうして」など理由や根拠を問う質問のことである。佐伯（2003）は、『子どもの学びを成立させるものは子どもの内からの問いかけだという。そして、「知識」というものは、こちらが一方的に与えたり、伝えたりできる代物ではない。子どもは常に自らの内なる問いかけにもとづいて、外界の知識を彼らなりに関心のあることに対する「答え」として受けとめ、また、自ら新しい様相に作りかえて、自分で一番扱い易く利用し易い形態（モデル）に変形してしまうものなのである。』と述べている。すなわち子ども自身が「知りたい」「どうしてだろう」などの問いを持った時、その問いに答える形で納得のいく答えが見つかりそれが知識となるというのである。これが精緻化の過程である。西林（1994）は『その個人がある事柄に対して意味を見つける、有意味化することである』と述べている。したがって精緻化には「なぜだろう」、「どうしてだろう」という疑問をもつことが必要となる。しかし子どもたちが自ら外界から受け取る一つ一つの情報に対して、あるいは重要だと思われる事柄に対して常に「なぜだろう」とか「どうしてだろう」という疑問をもつことは難しい。だからこそ教師が意図的に「なぜ」を問うことで生徒の精緻化が進むのである。

他にも Wood et al.（1999）は『既有知識と新しい情報を結び付け精緻化していくための方略として質問行動を捉えており「精緻的質問は、学習者が新しい情報と既存の情報の間で関連づけを行うために既有知識にアクセスすることを奨励する『なぜ』と問うことによる方略である。小学生と大人は、一般的に、反復に比べて精緻的質問を使うように指示された場合、かなりの学習効果を示します。しかし、このような学習効果は、知識ベースが十分に確立されている教材を学習しているときに最も強固なものとなります。知識ベースが十分に確立されていない場合には、イメージや記憶術などの他の戦略がより有利になるようです。」と述べている。すなわち精緻的質問は知識を精緻化するための重要な方略であるのだが、それは知識ベースがしっかりしているときに有効に働くということである。』と述べている。つまり、先行オーガナイザー等で既有知識を想起させた後での精緻的質問が有効であることもわかった。

2.10 節　精緻化の促進②

北尾（1984）によると『自分なりにまとめたり、自分の知識や言葉に変換したりして処理する過程は精緻化の過程である』と述べている。このことから、授業の振り返り場面での精緻化促進の手立てとして、学んだことを自分の知識や言葉で表現させる活動を取り入れる。また、この振り返り活動は、本研究の効果検証にも役立つ。

2.11 節　先行研究のまとめ

知識の関連づけを促し、本質的で深い学びを実現するために、オーズベルの有意味学習理論を参考に下した。オーズベルの有意味学習には、成立条件 ABC があり、それを達成するための手立てをそれぞれ打ち出した。具体的には、授業の導入場面で、オーズベルの提唱する先行オーガナイザーを用いて既有知識を想起させる。授業の展開場面では、小池（2021）の精緻化に関する理論を用いて、生徒に精緻化を促す。授業の振り返り場面では、北尾（1984）の精緻化理論を用いて、さらに精緻化を促進させる。

第３章

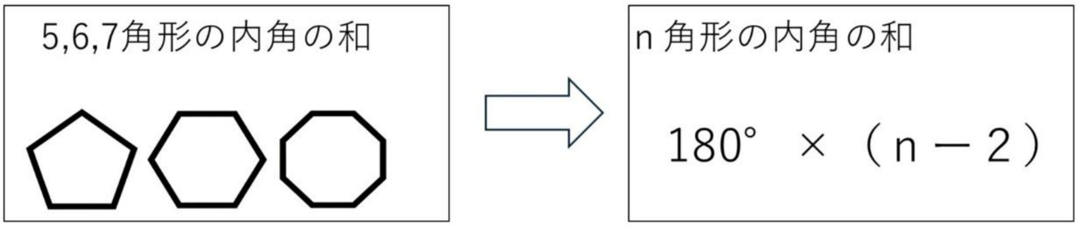
授業実践

本研究では、10 月に授業実践を行った。授業内容は「多角形の内角の和」（未来へひろがる数学２）である。２年 A 組 32 名（実験群）を対象に有意味学習が成り立つ授業を実施した。（前時の授業と研究授業の２時間実施）それと対照に、２年 B 組 28 名（統制群）では、協力して頂いた K 中学校教諭に通常通り授業をしていただいた。

３.１節　授業内手立て（条件 A）

本授業実践で有意味学習の条件 ABC を満たすための手立てを具体的に提示する。
まずは、有意味学習の条件 A からである。教材そのものの非恣意性と実質性を実現させるための教材を選択した。教材は中学校第二学年「多角形の内角の和」である。この内容は既習事項である「三角形の内角の和 180°」を用いて、四角形の内角の和、五角形の内角の和を求めていき、その中で規則性を発見し一般化していくという流れである。

（図４）授業の展開イメージ



この教材に関して、非恣意性（論理的に理解できる教材かどうか）という部分は満たしている。なぜなら、「三角形の内角の和が 180°」であるという自身の持つ知識と「補助線」によって理解できるからである。また、「180×（n-2)」という公式について、実質性（根本的に理解できるかどうか）も同様に「三角形の内角の和が 180°」であることから理解できる。これらのことから、この教材は非恣意的で実質的な仕方で関連付け可能な教材なのである。ゆえに、この教材を用いることで、有意味学習の条件 A を満たすことができる。

また、この「多角形の内角の和」の特徴として、帰納的に理解することに加えて、演繹的に理解することも必要とされている。ここを満たすために、規則性の発見により、n 角形の内角の和の公式を求めた後、図形内部に点を取るなどして演繹的に n 角形の内角の和を考察する活動も加える。詳しくは、以下の指導案を参照していただきたい。

「多角形の角」指導案

実施日　10 月 2 1 日(火)　1 限

熊本大学教職大学院　　石丸裕也

（1）　本時の目標

これまでの既有知識と関連付けて、多角形の内角の和の性質を理解すること。

（根拠を持って、「180°　×（n-2)」という公式を説明できる）

（2）展開

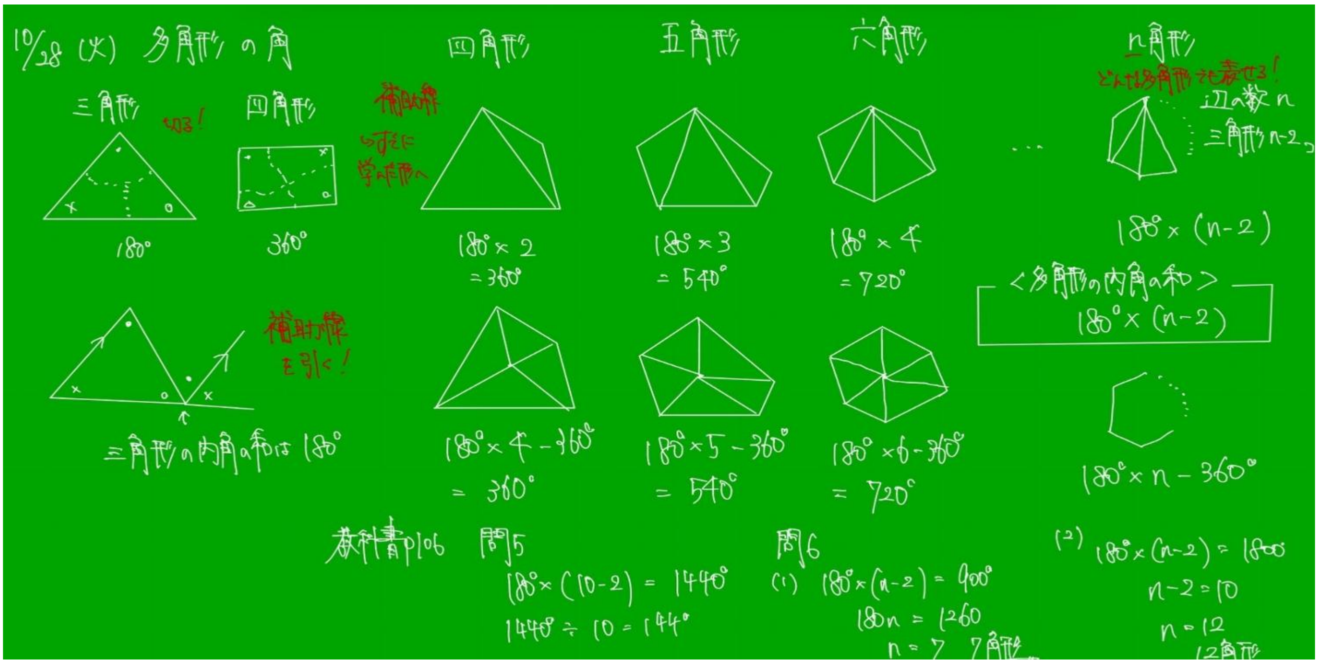
過程	時間	学習活動	〇主な発問・指示 ・予想される子どもの反応	〇教師の支援	理論
導入		1. 前時の復習をする。 2. 既習事項を確認する。	〇「前回の授業では何をした？」 ・三角形の内角 ・外角　・直角三角形 〇「他に内角の和を知ってる図形はある？」「三角形の内角の和はどんな方法で調べたかな？」 ・補助線を引く ・切る	〇前時の復習や既習事項を確認し、本時の学習に必要な情報を引き出す。	先行オーガナイザー 比較オーガナイザー
展開		3. 四～六角形の内角の和を求める。 (1) 個人で考える。 (2) 全体に共有する。 4. 多角形の内角の和を求める。 (1)表を埋める。 (2) n 角形の内角の和を求める。 5. 180×n-360 について考える。 (1)ペアで考える。 (2)全体に共有する。	〇「今日は何すると思う？」 ・五角形の内角の和 〇「A 君はどんなふうに考えたのかな。」 ・三角形を作った。 ・補助線を入れた。 〇「３つの内角の和を求めて、どんな規則性があった？それを基に表を埋めよう。」 〇「どんな多角形でも成り立つことを説明するためにどうすればいい？」 ・文字を使う。 〇「図形内に点を打って三角形を作る方法では、n 角形の内角の和は求められるかな。」	〇角度を求めた生徒には他に求める方法はないか考えさせる。 〇友達はどのように考えたのか考えさせる。 〇n 角形を書かせ、どのような図形か想像させる。	 精緻的質問(発見的追跡法)(小池) 協同

終末		6. 振り返りをする。 (1) 教科書 p106 練習問題を解く。(時間次第) (2) 本時の学習を振り返る。	〇「どうして内角の和が 180（n-2）になるか説明しよう。」	〇点 0 を動かしながら説明させる。	振り返り

（３）評価

	具体的な評価規準（評価基準）
A	様々な視点から、多角形の内角の和が学んだ公式になることの根拠を説明できる。
B	一つの視点から、多角形の内角の和が学んだ公式になることの根拠を説明できる。
C	多角形の内角の和を求めることができる。

（４）板書計画



３.２節　授業内手立て（条件Ｂ）

次に、有意味学習の条件Ｂである。条件 B は学習者が「関連観念を持っていること」であった。この条件達成のために、オーズベルが有意味受容学習により提唱した先行オーガナイザーを用いる。本授業実践における「関連概念」とは「三角形の内角の和 180°」「補助線（平行線）（対角線）」「文字」「図形」などである。それに加えて、「規則性を発見する力」や「図形に線を引き新たな図形を生み出す力」などの手続き的知識の側面の概念、さらには「協働する力」などの非認知能力の側面の概念も含まれる。今回は記憶研究である精緻化理論を用いることからも、一般的に記憶に残る知識を「関連概念」とする。

この概念を授業冒頭で引き出すために二つのことを行う。一つ目は「既有知識の想起」である。今回は、「前回の授業は何をしたか」という発問等を通して、「三角形の内角の和は 180°である」ことを確認する。また、生徒は、四角形の内角の和も小学校での学習経験があることから、「他に内角の和を知ってる図形はある？」という発問を行い、360°であるという既習事項も想起させる。

二つ目の手立ては先行オーガナイザーである。今回は今までの学習内容と今回の学習内容が類似している点があるため「比較オーガナイザー」を用いる。具体的には「三角形の内角の和はどんな方法で調べたかな？」という発問を行う。この発問に対する答えとして、「分度器」「切る」「分ける」「線を引く」などが出てくることが予想される。この答えを引き出した上で、本時の課題に進むと「三角形の調べ方」と「多角形の調べ方」を比較検討しながら授業を進めることができる。授業の中では、生徒の様子として「三角形で補助線を引いたので多角形でも引いてみよう」や「三角形の内角の和は知ってるから上手く利用できないか」など本時の学習を有意味に進める手がかりになりうる。

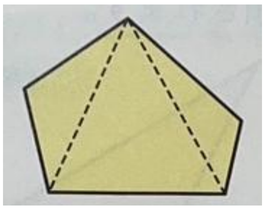
３.３節　授業内手立て（条件 C）

最後に有意味学習の条件 C を成立させる手立てである。条件Cを成立させるために、本授業では生徒に精緻化を促す。（２．６節で精緻化と有意味学習の関係性は述べた。）その具体的な方法を展開場面と振り返り場面に分けて説明する。

Ⅰ）展開場面

授業の展開案を先に明示しておく。授業は指導案の通り、「五角形の内角の和」を生徒が考えだすという「問題解決型の授業」を行う。「五角形の内角の和」の導出にも様々な方法があるので、生徒が多角的な視点で五角形と向き合うことで、解法を練り上げていく。その後、六角形、七角形と辺の数を増やしていく中で規則性を発見させる。そして、n の場合はどうなるのかを考えさせるという展開だ。この展開場面で常に「精緻的質問」を行う。例えば、生徒が図のような対角線を引いていた時、「どうしてそこに補助線を引いたの/引こうと思ったの？」という精緻的質問をすると生徒が既有知識と関連付けながら思考し精緻化が促進される。このような質問を授業の展開場面で多く入れていく。

（図５）五角形の内角の和



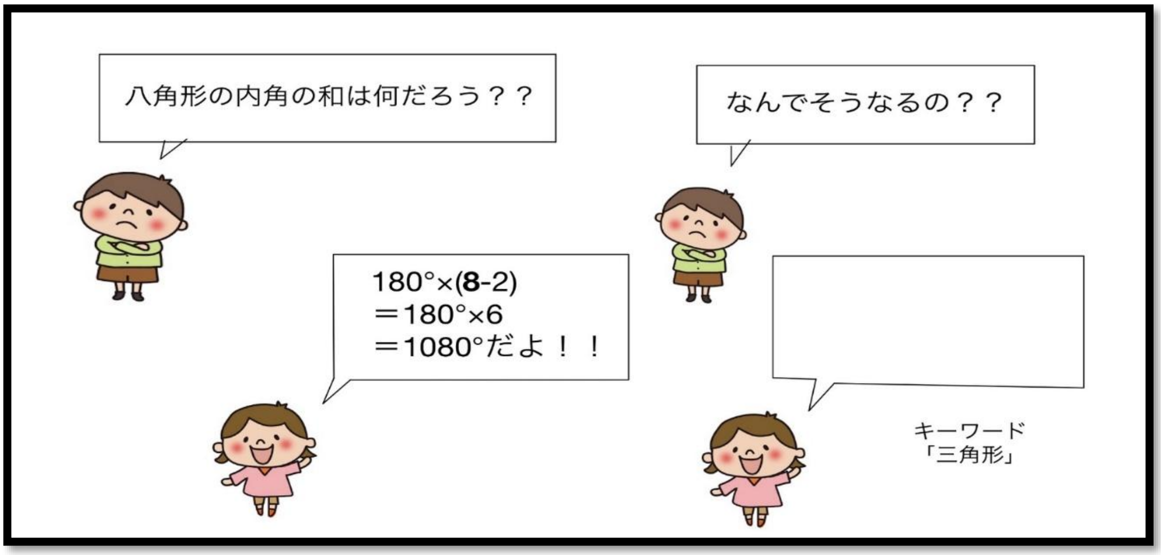
さらに、精緻的質問の発展として小池（2021）の『発見的追跡法』を用いる。発見的追跡法とは『解法を部分提示しながら精緻化を促し、解決者の解法を発見的に追跡し、未解決者を確実な理解へと導く指導法』としている。多角形の内角の和で用いることができる場面として、五角形の内角の和を「180° ×３」と書いていた生徒 A 君がいるとする。この A 君が、なぜその解法に至ったのか、を A 君自身が説明したり、教師が説明するのではなく、教室全体に A 君がしたかったことを問いかけ、B 君が A 君の解法を説明するというような指導法である。授業での発問では、「A 君はどのように考えたのか、A 君になりきって考えよう」と言うことで発見的追跡法により、さらなる精緻化の促進が期待できる。

Ⅱ）振り返り場面

授業の終わりに振り返りでの精緻化を促す。北尾（1984）は『自分なりにまとめたり、自分の知識や言葉に変換したりして処理する過程は精緻化の過程である』としていることから、生徒に学んだことを自分の知識や言葉に変換して表現させることで精緻化を促す。具体的には以下の図のように、八角形の内角の和が 1080° となる根拠を記述させることで、精緻化

を促す、かつ授業の成果を調査する材料とする。また、数学が苦手な生徒にとっては根拠を記述することは容易ではないことにも配慮して、キーワードを提示する。その他にも、授業の振り返り場面での生徒への声掛けとして「今日はどんな所に着目して問題を解決したっけ？」などを用いて、生徒の思考を焦点化させる。

（図６）振り返り場面での問題



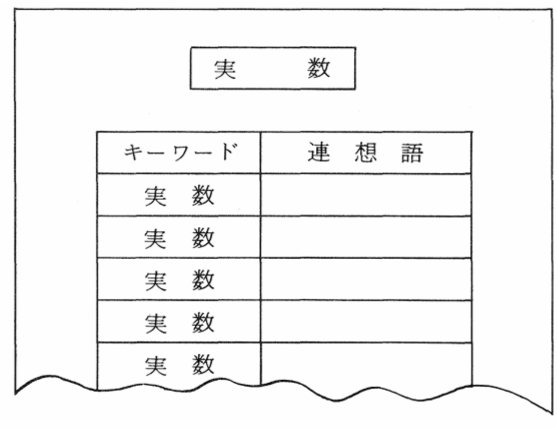
3.4 節　授業の実際

授業では、計画していた手立てを用いながら進めることができた。五角形の内角の和を求める場面では、多様な考えが出なかったものの、既習事項である三角形の内角に着目して回答する生徒がみられた。 n 角形の内角の和を演繹的に考える時間をあまり設けることができなかったことが反省点ではあるが、本研究では割愛する。

3.5 節　事前テスト

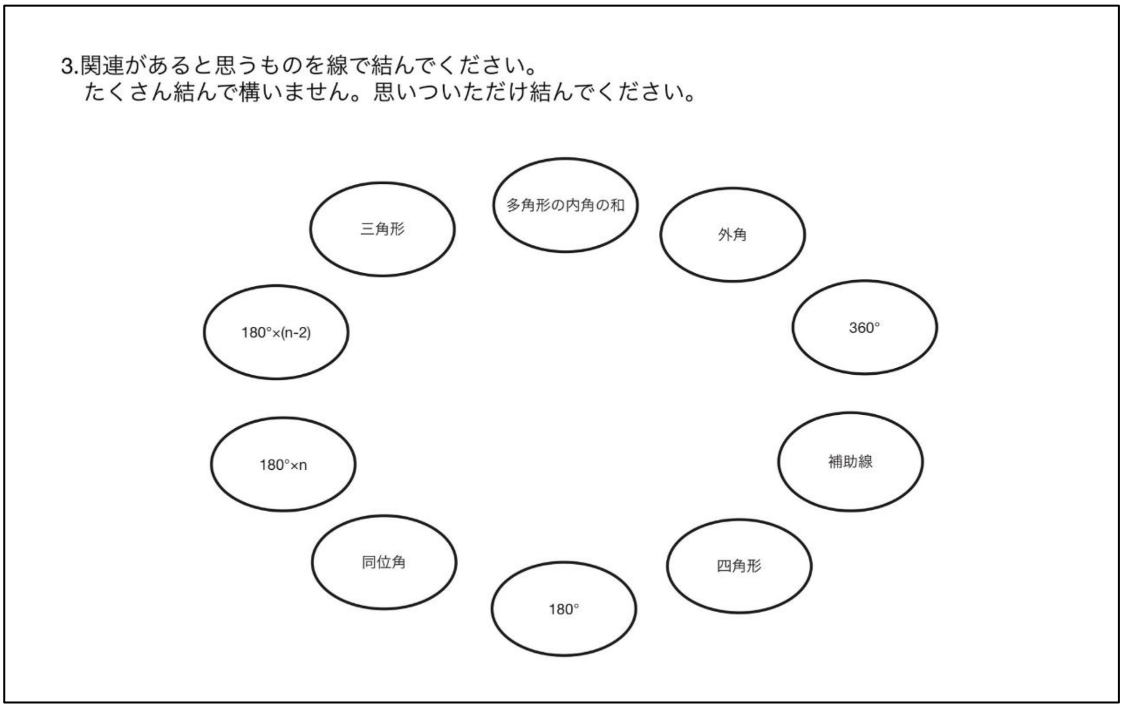
授業を行うにあたって、A 組（実験群）と B 組（統制群）の実態把握のための事前アンケート、事前テストを行った。事前テストには、佐伯（1981）が認知構造を把握する目的で開発した WA テストを用いた。WA テストは『キーワードから連想される語を調べ学習者の概念理解を分析する方法』である。佐伯はさらに WA テストの中でもＩ式 WA テストというものを開発した。佐伯の WA テストのイメージは以下の図である。

（図７）WA テストの例



この WA テストを参考にして、WA テストを作成した。佐伯が WA テストを行う際の目的は認知構造の把握であったが、今回、このテストを行う目的を「知識同士の結びつきの把握」として作成にあたった。実際のテストは以下の図である。

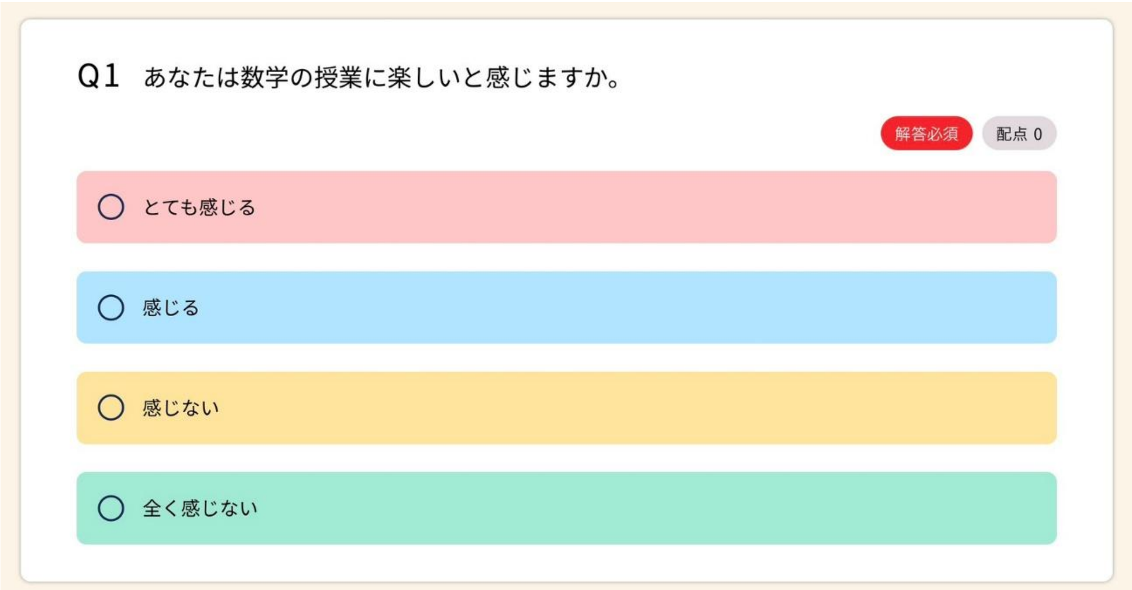
（図８）本研究における WA テスト



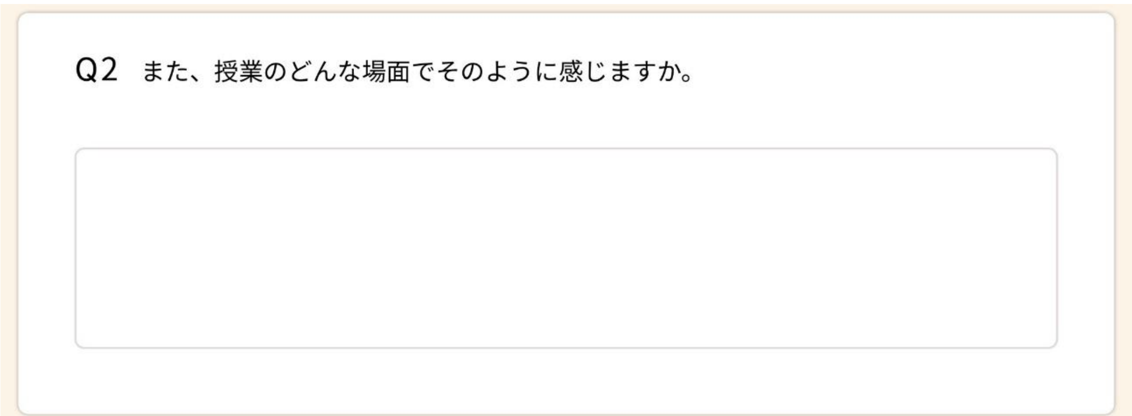
WA テストでは、「多角形の内角の和」に関する用語を中心に選定した。また、公式を形で覚えているだけの生徒もいるのではないかと考え、「180°　×　ｎ」という混乱しやすい式も加えた。これにより、正確な記憶として残っているのかも見取ることを考えた。他の用語は基本的に教科書に出ている用語を用いてＷＡテストを作成した。

また、アンケートを取った意図は、小池（2021）によると有意味学習が成り立った時、学習者は学習に対する満足感が得られることが明らかになっているからである。このことから、満足感を調査するためのアンケートを行った。質問項目は以下の写真である。

（図９）本研究のアンケート項目①

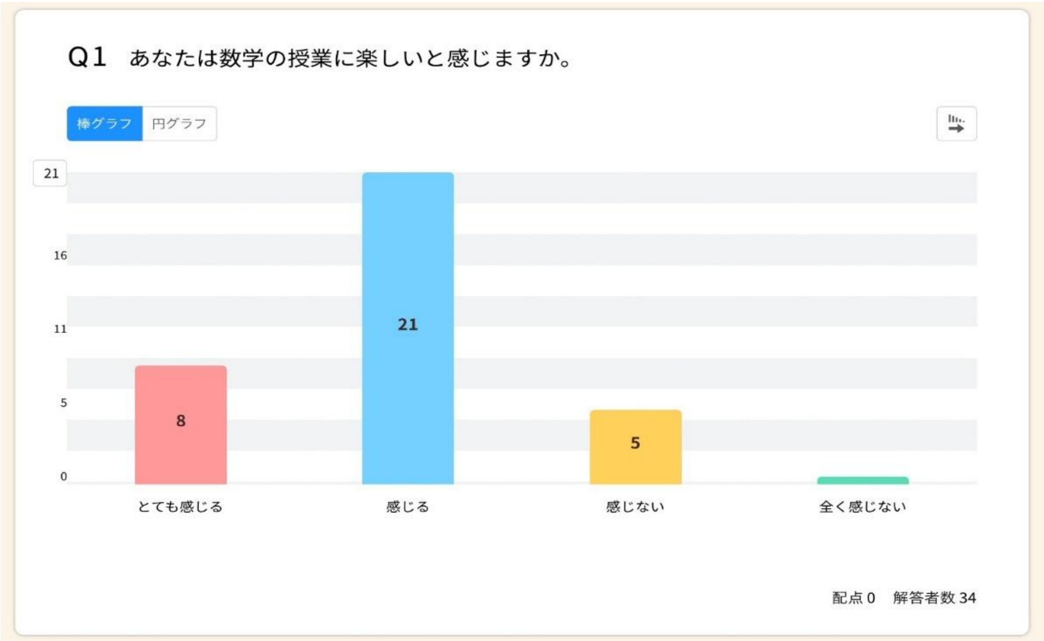


（図 10）本研究のアンケート項目②



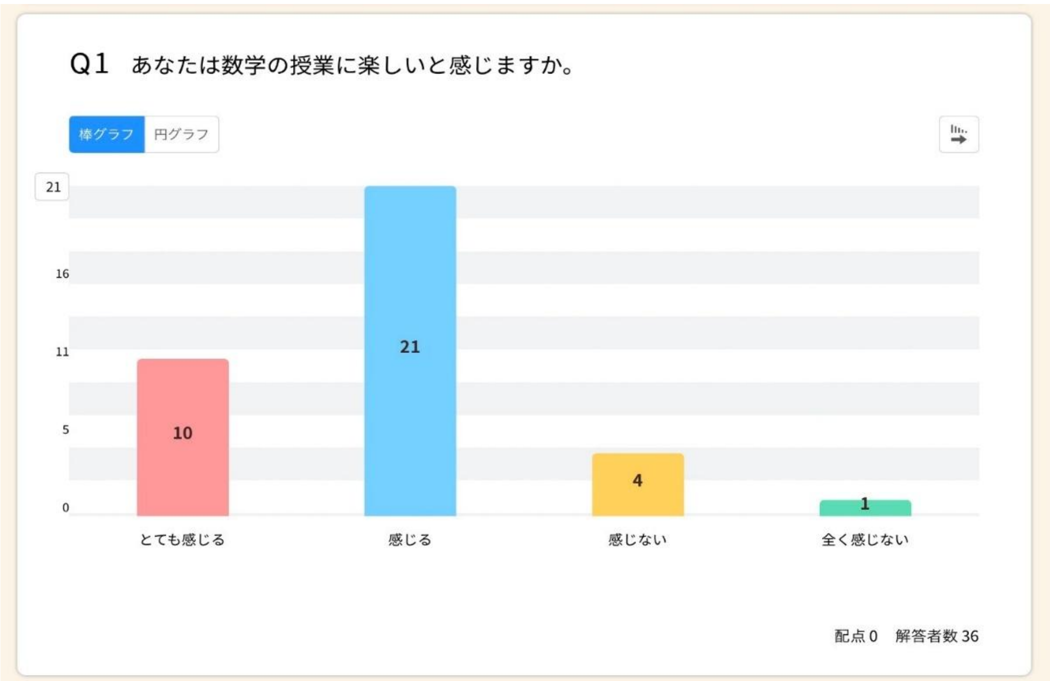
A 組（実験群）のアンケート結果は以下である。

（図 11）本研究のアンケート結果（A 組）



B 組（統制群）のアンケート結果は以下である。

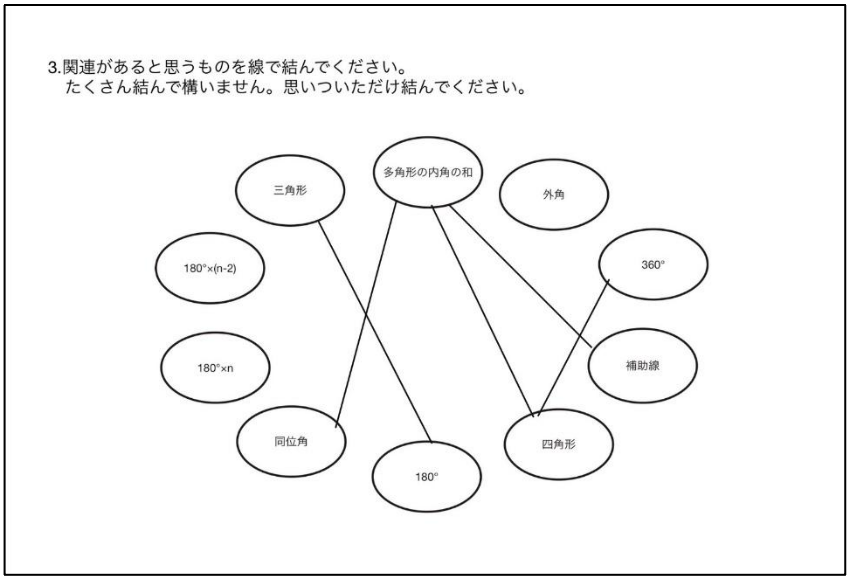
（図 12）本研究のアンケート結果（B 組）



また、A 組 B 組ともに、Q2 の「楽しいと感じる場面」は、「難しい問題が解けたとき」「みんなと話し合うとき」「問題が正解だったとき」「わかったとき」「ゲーム性があるとき」であった。これらの事前アンケートにより、A 組と B 組の数学に対する満足度は変わらないと結論付けた。

次に事前 WA テスト結果である。例えば、ある生徒は以下の写真のような回答であった。

（図 13）WA テストの解答例

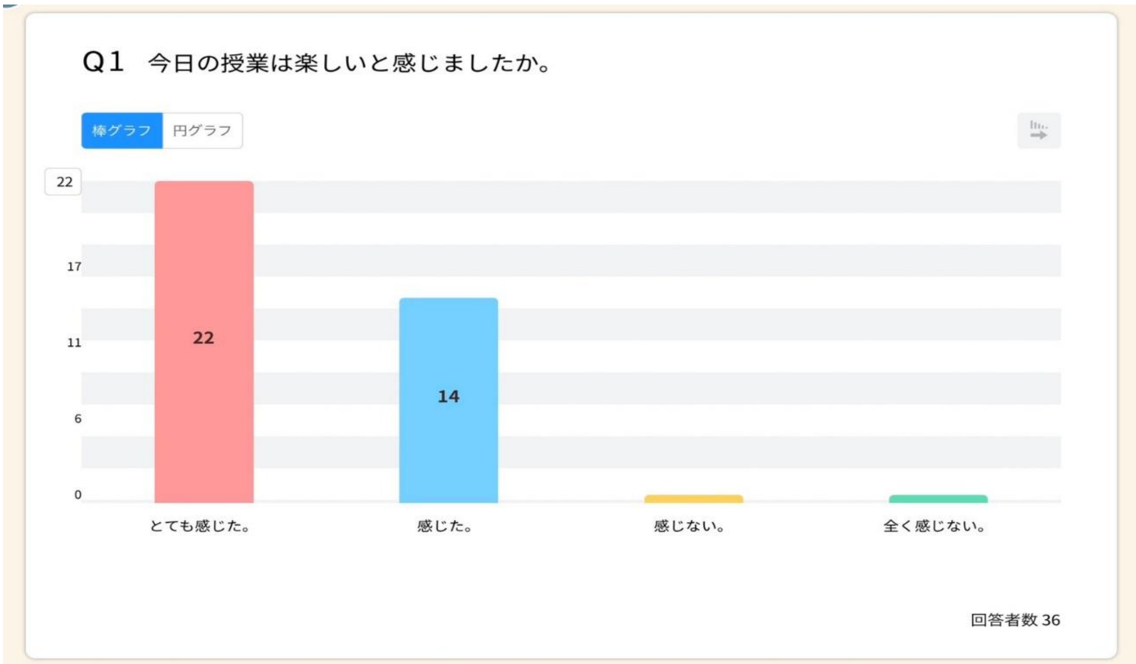


この WA テストを分析するにあたって、5 つの用語の結びつきに絞って分析を行った。5 つの用語は上から①多角形の内角の和②補助線③180°④180°×（n-2）⑤三角形とした。事前 WA テスト結果はのちほど、事後 WA テストと一緒に示す。

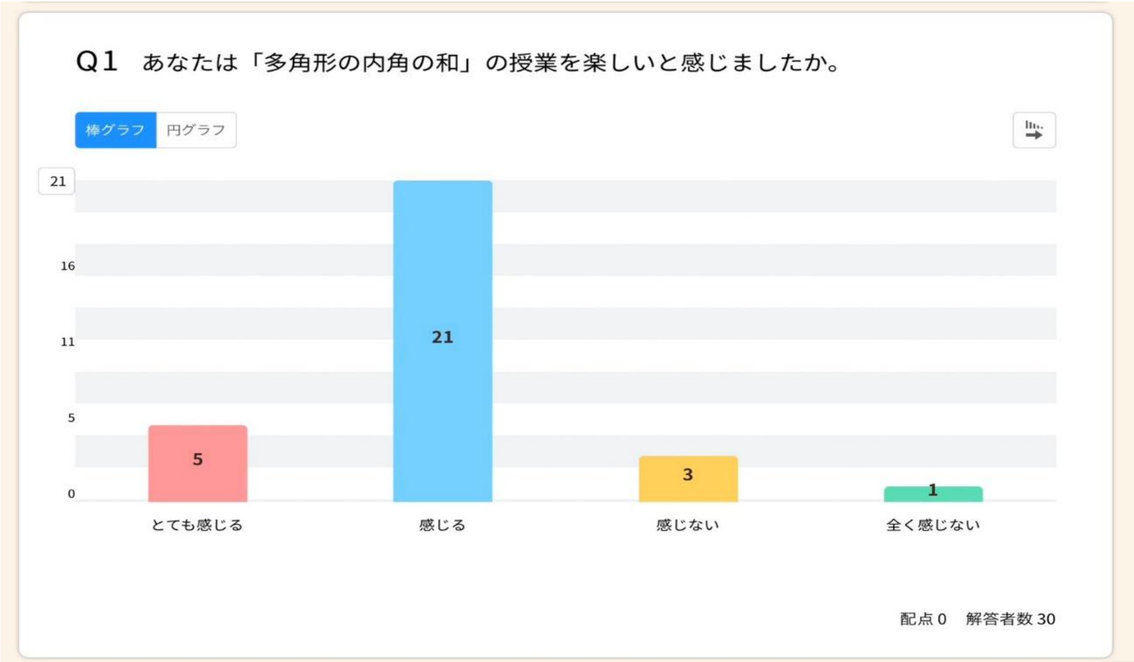
3.6節　事後テスト

事後テストも事前テストと同様、アンケート調査と WA テストを行った。アンケート結果は以下である。

（図 14）事後アンケート結果（A 組）



（図 15）事後アンケート結果（B 組）



このアンケート結果を見ると、A 組は「感じた」「とても感じた」の回答が 100%占めているのに対して、B 組は「感じた」「とても感じた」が約 86%となっている。このことより、有意味学習を行った A 組の方が、授業に対する満足度が高いと言える。ただし、授業を実施する際に条件として、A 組（実験群）は研究者が単発の授業を行ったのに対し、B 組（統制群）は普段通りの授業者が実施したので、A 組では授業者に対する目新しさや新鮮さという外的な要因で、満足度が向上した可能性もあるので、但し書きしておきたい。

以上のことから、小池の述べた「有意味学習が行われると満足度が向上する」を逆説的に捉えて、満足度が向上した本授業は有意味学習に近づいていたのではないかと言える。

次に WA テストの結果である。先ほど述べた通り、分析するにあたって 5 つの用語「①多角形の内角の和②補助線③180° ④180° ×（n-2）⑤三角形」の結びつきに関しての調査を行った。以下の図が事前 WA テストと事後 WA テストの結果をまとめたものである。

（図 16）実験群 A 組 32 名　事前

	①	②	③	④	⑤
①		5	5	10	4
②	8		4	1	4
③	6	2		4	24
④	28	5	6		5
⑤	11	13	29	11	

事後

（図 17）統制群 B 組 28 名　事前

	①	②	③	④	⑤
①		3	5	9	2
②	2		0	4	2
③	3	0		2	24
④	20	2	1		2
⑤	2	2	24	2	

事後

表の見方の説明をする。例えば、A 組の事前テストで用語「①多角形の内角の和」と「④180° ×（ｎ－２）」を結んだ人数は 10 人である。これは A 組の図の右上、①④の値が 10 であることから得られた結果である。

WA テストの分析については、カイ二乗検定を用いる。まずは、A 組（実験群）と B 組（統制群）の事前テストを検定し、授業前のそれぞれの実態を把握する。

（表３）事前 WA テストクロス表

	結ばれた数（計）	結ばれていない数（計）	合計
A 組 32 人（実験群）	６６	２５４	３２０
B 組 28 人（統制群）	５３	２２７	２８０
合計	１１９	４８１	６００

上図のクロス表によりカイ二乗検定を行った結果ｐ値は 0.603 であった。これは有意水準５％（0.05）として、ｐ＞0.05 であり、帰無仮説は棄却されない。つまり、カイ二乗検定の結果、有意な差があるとは言えなかった。（A組とB組の事前ＷＡテスト結果に変わりはなかった。）

次に、事後テストを検定し、授業後の変化をみとる。

（表４）事後 WA テストクロス表

	結ばれた数（計）	結ばれていない数（計）	合計
A 組 32 人（実験群）	１１９	２０１	３２０
B 組 28 人（統制群）	５８	２２２	２８０
合計	１７７	４２３	６００

上図のクロス表によりカイ二乗検定を行った結果ｐ値は 0.0000101 であった。事前テストと同様、有意水準５％として、ｐ＜0.05 であり、有意な差があった。つまり、A組の方が全体的に多くの用語同士が結ばれたと言える。

これら二つの検定結果から、A組の用語同士の方がB組よりも多く結ばれたことがわかる。さらに用語の結びつきが増えた要因は、通常の授業ではなく、有意味学習を含んだ授業を行ったことであることが明らかになった。なぜなら、事前テストでは有意な差が見られなかったが、授業を行ったことで有意な差が見られたからである。

以上のことから、事前アンケート・テスト、事後アンケート・テストの結果を比較することによって、有意味学習を行うことで、授業の満足度が向上し、用語と用語の結びつきが多くなることが言える。逆に、A組の授業では、満足度が向上し、用語同士の結びつきが強くなったことから、理想とする有意味学習に近づいたという考察もできる。では、どのような用語の結びつきが強まったのか、ＷＡテストを比較しながらもう少し分析したいと思う。

3.7節　分析と考察（WAテスト）

WA テストにより A 組の方が、用語の結びつきが強まったことは明らかになった。ここでは、どの用語同士の結びつきが強まったのか考察していく。まずは、どの用語同士に有意な差があったのか、カイ二乗検定を通して考察する。

カイ二乗検定（①多角形の内角の和②補助線）

（表５）用語①②のクロス表

	①②結んだ人数	①②結んでいない人数	合計
A 組 32 人（実験群）	8	２４	３２
B 組 28 人（統制群）	2	２６	２８
合計	１０	５０	６０

・帰無仮説　A 組と B 組の用語①②を結んだ人数に差があるとはいえない。

・対立仮説　A 組と B 組の用語①②を結んだ人数に差がある。

A 組（実習群）と B 組（統制群）において、用語①と②のパスを引いた生徒の割合を比較するため、上図のクロス表をもとにカイ二乗検定を行った結果、有意な差は得られなかった。($x^2(1)=3.437$, p =.0641(>.05), ∅ = 0.239)

よって、用語①「多角形の内角の和」用語②「補助線」の結びつきに関しては A 組と B 組に有意な差があると言えないことがわかった。つまり、A組での有意味学習を行っても B 組での通常の授業を行っても、「多角形の内角の和」という用語と「補助線」という用語の結びつきは変わらないことがわかった。

同様の検定をすべての組の用語同士に行った結果が以下である。また、表に関して、左側が事前 WA テストの A 組 B 組を比較したものであり、右側が事後 WA テスト A 組 B 組を比較したものである。（ただし、カイ二乗値、効果量は省略し、 p 値のみを記載している。）

（表 6 ）

カイ二乗検定（事前テスト A 組 B 組）

	p 値
①②	0.577
①③	0.817
①④	0.941
①⑤	0.490
②③	0.038
②④	0.119
②⑤	0.490
③④	0.490
③⑤	0.301
④⑤	0.307

カイ二乗検定（事後テスト A 組 B 組）

	p 値
①②	0.064
①③	0.384
①④	0.121
①⑤	0.010
②③	0.178
②④	0.307
②⑤	0.003
③④	0.067
③⑤	0.554
④⑤	0.010

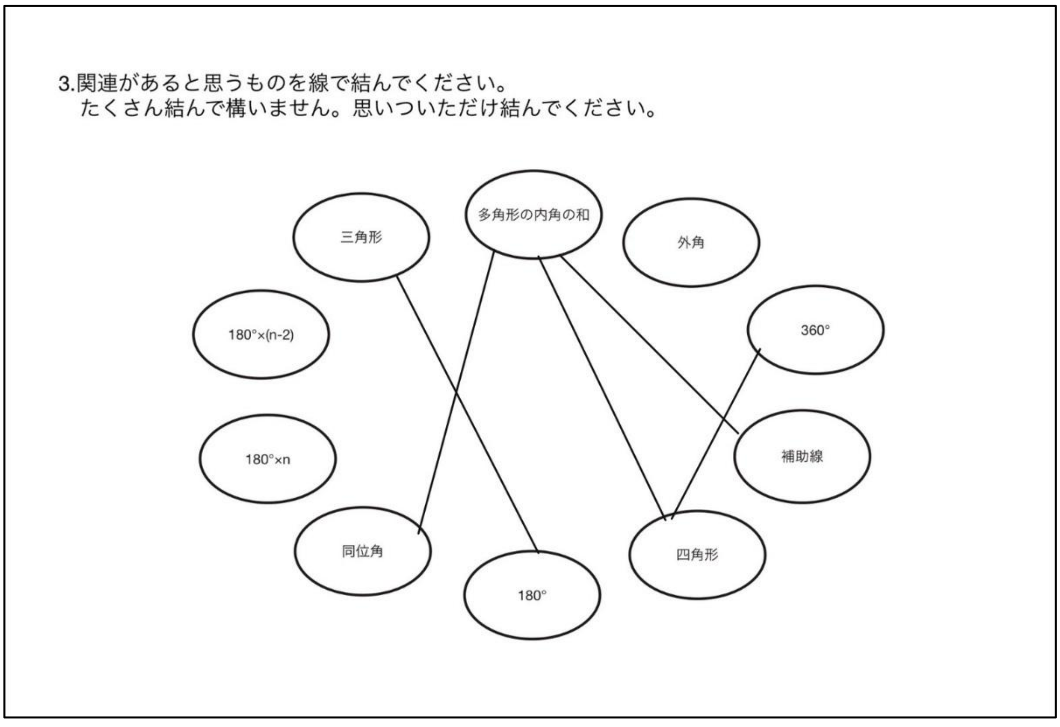
p 値に印がついている項目が $p < 0.05$ であったものである。このことから、事前テストでは用語②「補助線」と用語③「180°　」の結びつきにおいて A 組の方が多いことが分か

った。この理由は、前時の授業で三角形の内角の和の証明時、「補助線」を引くことで、「180°」だと分かることを強調したからだと考える。「補助線」という用語は、平行線や対角線という表現に置き換えられることから授業者の言い回しにより差異が出てしまったのかもしれない。

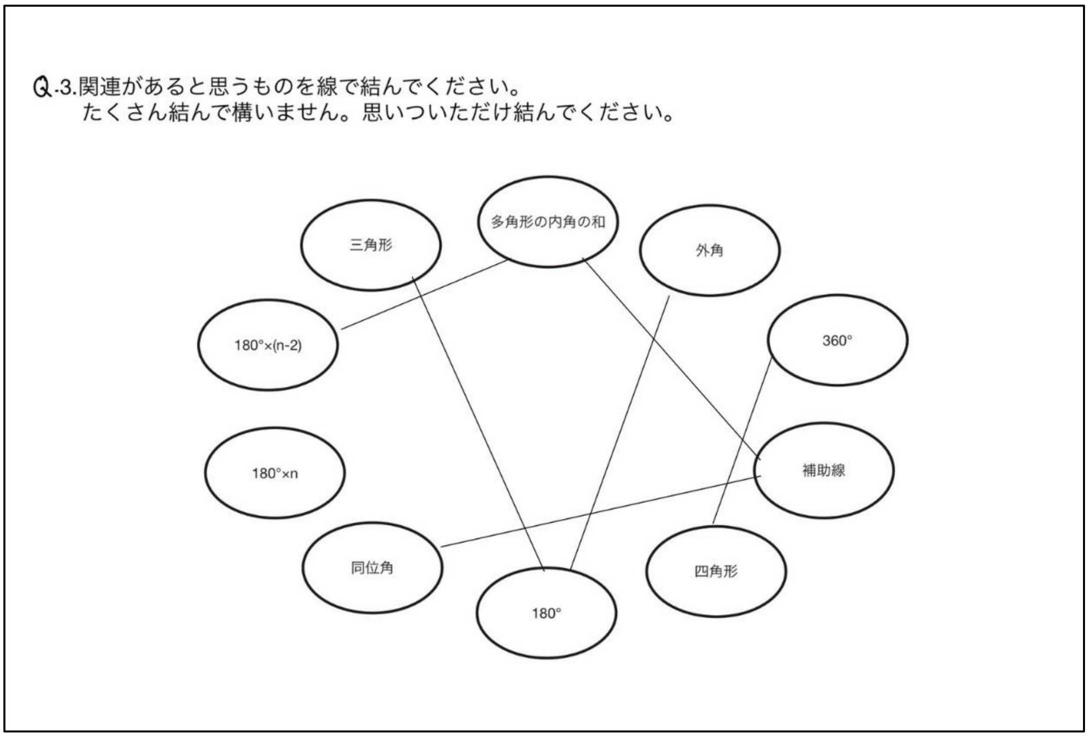
事後ＷＡテストでは、用語①「多角形の内角の和」と用語⑤「三角形」、用語②「補助線」と用語⑤「三角形」、用語④「180° ×（ｎ－２）と用語⑤「三角形」の３つのペアがＡ組の方が多く結びついたことがわかった。これは有意味学習による影響だと考察する。この結果を見ると、それぞれの用語と「三角形」という用語が結びついていることがわかる。有意味学習を成り立たせるため授業の様々な場面で手立てを講じた。授業導入では、先行オーガナイザーによって既有知識である「補助線を引くこと」「三角形の内角の和」を想起させた。その後、展開場面では精緻的質問によって「三角形」という既有知識を使って解答を生成できるような発問を行った。さらに振り返り場面では、学習した知識を整理し表現させた。つまり、授業のあらゆる場面で既有知識である「三角形」を手掛かりに生徒が思考していった。Ａ組とＢ組の有意な差は授業で「三角形」に立ち返り関連付けながら進めたことに起因するのではないかと考えた。

また、ひとりひとりの生徒の WA テストの変化もみていく必要がある。

（図 18）生徒㋐の事前 WA テスト



（図 19）生徒㋐の事後 WA テスト

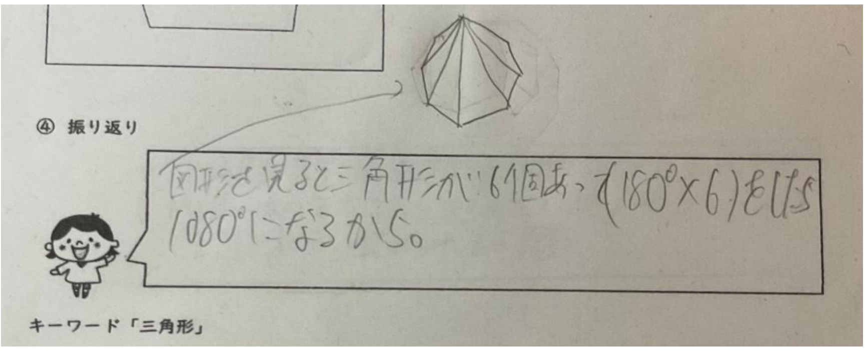


例えば、生徒㋐のＷＡテストの推移を見てみると、「多角形の内角の和」と結ばれている用語が変わっていることがわかる。今回、全生徒の解答の変化は割愛させていただくが、多くの生徒が「多角形の内角の和」や「三角形」という用語とそれ以外の結ばれ方に変化が見られ、特に「多角形の内角の和」と「180°×（ｎ－２）」の結びが増えることが多かった。

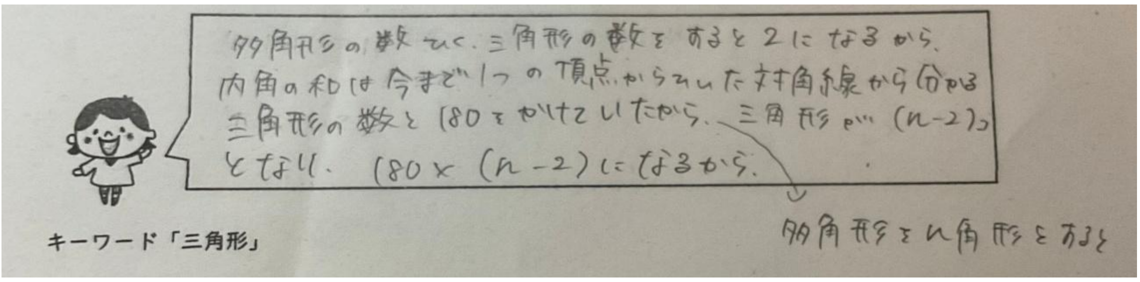
３.８節　分析と考察（振り返り）

ここでは、生徒の振り返りシートを分析して有意味学習の結果をみていく。振り返り場面では、精緻化促進の手立てとして、学んだことを自分の知識や言葉に変換する活動を含む問題を出題した。その問題では公式の根拠（本質）を問うことも含まれているので、その解答を見ることで、公式の根拠（本質）を理解しているのかどうかを知ることができると考えた。実際に生徒が記入した解答は以下である。

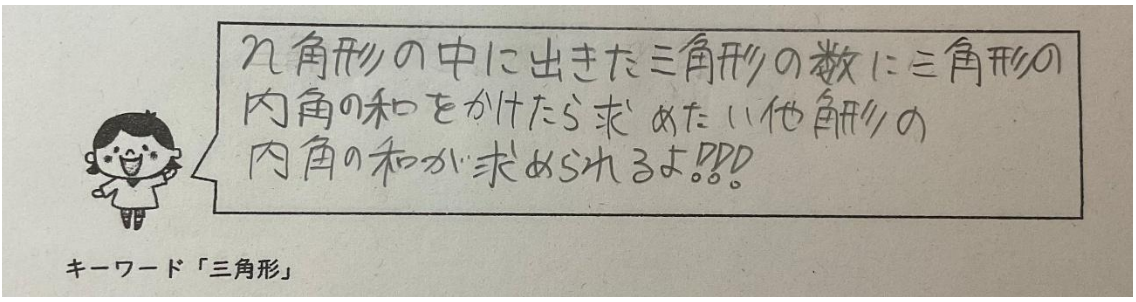
（図 20）生徒①の振り返り



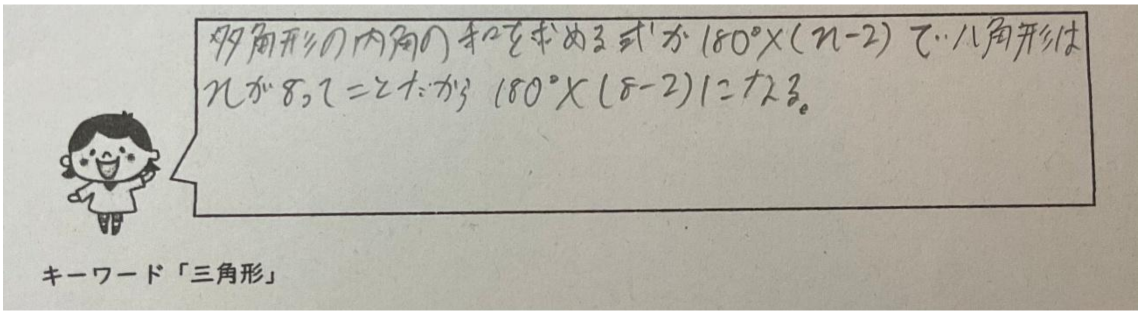
（図 21）生徒②の振り返り



（図 22）生徒③の振り返り



（図 23）生徒④の振り返り



生徒①を見ると、図も活用しながら根拠を説明できている。生徒②では、完璧な説明はできていないものの自分の言葉で学習内容を表現しようとしている姿が見られる。生徒③では、「対角線」や「補助線」という用語での説明はないものの三角形に分けて多角形を考えるという本質的な理解に近い解答が出来ている。一方で、生徒④のように公式に当てはめるといった解答もみられた。振り返り場面の記述、32 名分の結果を 3 段階に分類した。

根拠が記述できていた。・・・１５人
公式に当てはめていた。・・・１０人
まちがっていた（無回答)・・・7 人

これらの振り返り結果から、すべての生徒ではないが根拠を理解した学び（本質的な学び）が実現したのではないか、と考えた。これは本授業の有意味学習により、知識同士の関連づけを意識した授業が成され、知識と知識が結びついたことにより数学的な根拠が理解できたと考える。しかし、「間違っていた（無回答)」が 7 人だったという事実からも目を逸らさず、数学が苦手な生徒にも有効な有意味学習を模索していかなければならないと感じた。

３.９節　成果と課題

成果を報告するのに先立ち、有意味学習の成立条件を再度示しておく。『A)学習材料そのものが、ある仮説的な認知構造に非恣意的で実質的な仕方で関連付け可能でなければならない。B)学習者はその学習材料を関連付けるべき関連概念を持っていなければならない。C)学習者はこれらの概念を認知構造に非恣意的で実質的な仕方で関連付けようという意図を持たなければならない。』である。条件 A に関しては、教材選定の際に、論理的に理解可能な教材でかつ、根本的に理解できる教材であることに注視して、「多角形の内角の和」を選んだ。（数学のあらゆる教材が有意味学習の条件 A を満たしていると考える。）条件 B に関しては、先行オーガナイザー（比較オーガナイザー）を用いることで、授業の導入場面で関連概念を持つことができた。この先行オーガナイザーを使う際にも、どんな提示方法が最適か吟味しながら（比較オーガナイザーにするのか、提示オーガナイザーにするのかなど）教材研究をしなければならない。条件 C に関しては、精緻化の促進により生徒が関連概念を関連づけながら授業に取り組むことができた。これらのことから、有意味学習が実現できたのではないかと考える。さらに、その結果、WA テストの分析から有意味学習を行ったクラスでの知識同士の結びつき（特に既有知識である「三角形」という用

語を含む知識）が強まったことがわかった。つまり、既有知識と関連付ける学びである「深い学び」が実現したことがわかった。最後に、振り返りの記述問題により、根拠を記述できる生徒が多数いたことから根拠を理解する学びである「本質的な学び」を実現できた生徒がいることもわかった。

まとめると、本授業では、有意味学習が成立し、研究の目的である「深い学び」と「本質的な学び」を達成できた生徒も十分いることが明らかになったのである。

今後の課題として、先ほども述べたよう、すべての生徒が「有意味学習」「本質的で深い学び」が実現したわけではないことがわかった。そのことを踏まえて。公式にあてはめて終わったり、全く手がつかなかった数学が苦手な生徒にどのような有意味学習のアプローチが有効であるか検証する必要があると考えた。

また、本研究では、一つの授業で、3 つの手立てを講じたことによる弊害があった。それは、どの手立てがどのように作用したのか、生徒の思考の過程が明らかにならなかったことだ。知識同士の結びつきが結果として起こったが、具体的にどの手立てでどのような成果を得ることができたのか見取ることができなかったという課題が挙げられる。別の課題には、WA テストでの認知構造の把握は簡易的で部分的であることだ。よりよい分析方法の検討が求められる。

第４章

おわりに

4.1節　研究のまとめ

授業実践を振り返り、本研究のまとめを述べる。まず、本研究では、数学教育における「問題の反復演習や解法の丸暗記」といった機械的な学習を課題視し、数学的な概念や論理的なつながりを意識できる「本質的で深い学び」の実現を目指した授業開発を行った。研究にあたっては、オーズベル（1963）の有意味学習理論を基盤とし、中学校第2学年「多角形の内角の和」を対象教材として、実験群A組と統制群B組による対照実験を実施した。授業実践においては、有意味学習の成立条件ABCを達成するため、導入場面での「先行オーガナイザー」による既有知識の想起、展開場面での「精緻的質問」による自己生成精緻化の促進、および振り返り場面での自己の言葉による表現活動という3つの手立てを講じた。調査の結果、以下の3つの知見が得られた。第一に、授業後のアンケート調査において、有意味学習の手立てを講じたA組は授業の満足度が100%に達し、B組の約86%を上回る結果となった。これは有意味学習の成立が学習者の満足感向上に寄与するという先行研究を支持するものである。第二に、WAテストによる分析の結果、事後テストにおいてA組はB組よりも統計的に有意に多くの用語同士を結びつけた。($p<.05$)特に「三角形」という既有知識を起点とした関連付けが、A組において顕著に増加したことが確認された。第三に、振り返りシートの記述分析において、A組の約半数にあたる15名の生徒が、公式の根拠を本質的に説明する記述を行った。

以上の結果から、有意味学習理論に基づいた授業構成は、既習事項を想起させ、新しい知識と既有知識を論理的に結びつける「深い学び」と、その根拠を理解する「本質的な学び」を達成する上で有効であることが明らかになった。

4.2節　今後の展望

本研究の実践を通じて、有意味学習理論に基づいた指導が「本質的で深い学び」の実現に一定の効果を持つことが示されたが、同時に今後の研究において解決すべき課題も明らかとなった。第一に、数学を苦手とする生徒への個別的なアプローチの検証である。本研究の振り返りにおいて、公式の根拠を正しく記述できなかった生徒や無回答であった生徒が一定数存在した事実は、現在の指導手立てだけでは全ての生徒に対して有意味学習を保障するには至らなかったことを示唆している。今後は、公式の丸暗記に頼りがちな生徒に対し、どのような先行オーガナイザーの提示や精緻化の促しが有効であるか、その具体的な支援策を模索し、一人ひとりに応じた有意味学習のモデルを構築していく必要がある。第二に、指導手立ての個別的な作用の解明である。本研究では「先行オーガナイザー」「精緻的質問」「振り返り活動」という3つの手立てを同時に導入したため、どの場面のどの方策が生徒の認知構造の変容に最も寄与したのか、その因果関係を詳細に切り分けるこ

とができなかった。今後は、各手立ての役割を単独で検証するなど、生徒の思考プロセスをより緻密に追跡する分析手法を取り入れ、効果的な授業デザインの要件を精査したい。第三に、分析手法の高度化である。本研究で用いた WA テストは認知構造の一部を簡易的に把握する上では有用であったが、生徒が持つ知識の全体像を捉えるには限定的である。今後は、本研究で得られた知見を基に、より多角的な視点から生徒の概念理解を評価できる分析手法の検討を行い、より客観性の高い授業評価の枠組みを構築していきたいと考えている 。

4.3節　研究の結び

「本質的で深い学び」の実現は、単に高い正答率を目指すことではなく、生徒が数学という学問の持つ論理性や整合性に触れ、学ぶ喜びを感じることにある。本研究で得られた知見は、教師が教材の論理的構造を精査し、適切な支援を行うことで、生徒の思考をいかに深化させられるかという可能性を示すものであった。本研究で得た「知識のつながりを大切にする」という視点を忘れることなく、生徒一人ひとりが数学の美しさや面白さを実感できる教育の実現に向け、今後も精進していきたい。

最後になりましたが、本研究を遂行するにあたり、多大なるご指導を賜りました熊本大学大学院教育学研究科の吉村昇准教授に心より深く感謝申し上げます。

また、多忙な校務の中、快く授業実践および調査にご協力いただいた実習校の諸先生方、ならびに真摯に授業に取り組んでくれた生徒の皆さんに、この場を借りて厚く御礼申し上げます 。本研究に関わってくださった全ての方々に感謝の意を表し、本論文の結びといたします。

数学ワークシート　　　　　　（　　）組（　　）番（　　　　　　　　　　）

① 表を埋めてみよう。

多角形	辺の数	三角形の数	内角の和
三角形	3	1	
四角形	4		
五角形	5		
六角形	6		
七角形	7		
八角形	8		
九角形	9		
・・・	・・・	・・・	・・・

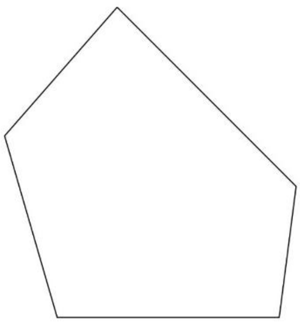
② n 角形の内角の和

n 角形			

＜図形＞

＜多角形の内角の和＞

③ （　　　　　）さんの考え方



引用・参考文献

１）小池嘉志(2016),「有意味学習の視点から見た算数数学の問題解決型授業についての考察」,日本科学教育学会研究会研究報告 Vol.30No. 9
２）小池嘉志(2021),『算数数学の問題解決型授業における精緻化を促進する指導法』,風間書房
３）永田潤一郎ほか 181 名(2025),未来へひろがる数学２,啓林館
４）石橋怜奈・秋田美代（鳴門教育大学）(2019),「数学の深い理解をつくる指導についての研究」,日本科学教育学研究会研究報告 Vol33No5.
５）佐伯卓也(1980),「数学の教授学習における教材オーガナイザーと調整オーガナイザー」,日本教科教育学会誌.第５巻第２号
６）川上昭吾(2010),「日本における有意味受容学習の展開」,理科教育学研究.Vol.50.No.3
７）文部科学省(2024),「令和６年度全国学力・学習状況調査報告書中学校数学」,国立教育政策研究所
８）佐伯卓也(1981),「言語連想テストとＩ式 WA テスト」,数学教育学研究紀要 1981 /vol. 22/NO.１・２
９）佐伯卓也(1977),「先行オーガナイザーとモデル」,『研究紀要』第 18 巻第３・４号、pp.1-11
10）佐伯卓也（1979）,「数学の学習に有効な先行オーガナイザーについて」, 岩手大学教育学部研究年報第 39 巻
11）佐伯卓也（1981）,「数学における内容構造認知構造そして先行オーガナイザー」,日本教科教育学会誌第６巻.第一号
12）文部科学省(2021),「学習指導要領の趣旨の実現に向けた個別最適な学びと協働的な学びの一体的な充実に関する参考資料」,（https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/senseiouen/mext_01317.html)