情意面を考慮した高等学校数学における学習指導

花房，哲也
船越，俊介

(Citation)
神戸大学発達科学部研究紀要,9(1):41-64

(Issue Date)
2001

(Resource Type)
departmental bulletin paper

(Version)
Version of Record

(JaLCDOI)
https://doi.org/10.24546/81000452

(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/81000452

神戸大学発達科学部研究紀要
第9巻第1号　2001

情意面を考慮した高等学校数学における学習指導

花房哲也*　　　船越俊介†

Mathematics Lesson in the High School that Considered Affection

Tetsuya HANAFUSA,　Shunsuke FUNAKOSHI

0　はじめに

0-1　高校数学教育における問題点

高等学校への進学率が９５％を超えている現状では，数学に対して学力も意欲も非常に多様な生徒を対象として，数学教育を行っていくことが必要である．特に数学は，教科の特性上，学力･意欲の格差が大きくなりやすい教科である．いわゆる落ちこぼれといわれる生徒や，一見無気力に見える生徒も多く存在する．しかし，学習を通して今まで知らなかったことを知ったり，新しい概念を理解できたりしたときには，知的好奇心を刺激されるものである．人間は本来怠け者ではなく，学ぶことに対して自ら積極的に働きかける潜在的な本能を持っている．その知的好奇心を適切な時期に，適切な教材で揺さぶることにより，学びへの意欲を引き出すような指導がこれからの教師には必要とされてくると考える．

高等学校数学における授業はこれまで，その内容の多さから学習内容を消化するだけで精一杯という授業が多かったのではないだろうか．新しい学習指導要領の実施に従い，小学校･中学校では学習内容が3割削減される．しかし，高等学校理科系の生徒にとっては，学習すべき内容は以前とほとんど変わらないものが要求される．これにより，高校3年間での学習は今まで以上に密度の高い学習が必要になってくる．教え込み型の授業から，生徒が主体性を持って自ら考える授業への転換を図ることが重要になってくる．その際の視点として，「情意面」すなわち意欲･関心･態度を考慮することが一つのキーワードになってくると考える．知識を注入するだけの授業では，限られた時間の中で必要な内容を生徒に理解させることは困難である．
また，もう一つのキーワードとしては，「構造的理解」がある．多くの知識を断片的にばらばらに理解するのでは，深い理解は得られない．またそのような知識では有効な活用も困難である．それぞれの知識が有機的に結びついて構造化されていることによって概念について豊かな理解となり，生きた知識，すなわち必要な場面でいつでも使うことのできる知識となっていくのである．

これら，「情意面」「構造的理解」の二つを中心に高等学校数学の授業でどのような取り組みができるかを本研究では，教育実践と平行しながら考察する．

*三田学園高等学校
†神戸大学発達科学部

(2001年４月25日　受付)
(2001年５月18日　受理)

本論文の１章は第２８回近畿数学教育学会（於：京都女子大学），第２章は第３３回数学教育論文発表会（於：鳴門教育大学）で発表した論文をもとにしている．

1　概念地図法（コンセプトマップ学習法）

生徒に学習内容をより深く理解させ定着させるためには，一つ一つの学習内容の理解だけでなく，学習内容間の関連を構造的·体系的に把握させることが重要である．しかし，授業で初めて学ぶ内容については，個々の学習内容を理解するのが精一杯で，それらのつながりまで考えて知識を構造化することは生徒には難しい．生徒に構造化された概念を構成させるために，コンセプトマップ（概念地図）を利用した授業実践を行った．この章では，コンセプトマップを利用した授業実践から，その効果·問題点などを考察してより有効な指導方法を研究することを目的としている．

1-1　知識・概念の構造的理解

知識を構造化するとは，概念や命題の間の関係を明らかにして整理することである．関係は，必然的因果関係，階層関係，類似関係，対比関係などがある．こうした関係を教授者から提示されたり，学習者自身で見出したりすることにより記憶の負担が減り，想起も容易になる．

単語の記憶実験では，単語リストの中に同じカテゴリーに属する単語を入れとおくと，それらはリストの中に離れた場所にあっても，まとめて再生されるという現象(カテゴリー群化)がある．また，意図的に同じカテゴリーに属する語群を入れておかなくてもそれぞれの被験者が再生するときの順序が固定してくる．これは被験者が自分なりの解釈で項目同士に関連を持たせて記憶していることから，主観的体制化と呼ばれている．しかし，学習することが複雑になってくると，学習者自らが構造化することは容易ではなくなる．そこで教授者が構造化して提示するなど，構造化を助ける手立てが重要になってくる．

一方，オースベル(Ausubel, 1969)[1]は，単語のリストを記憶する前に，それらの単語の関連を抽象的に記述した文章を読ませておくと記憶成績が良くなることを示した．前もって提示した文章は先行オーガナイザーと呼ばれ，後続する情報を構造化する枠組みとなる．教科書や，講義で最初に概略を述べることは先行オーガナイザーの働きをする．

西林(1994)[2]は，理解したときの知識構造を「個別的知識」「接続的知識」「法則的知識」の3層構造で説明している．さらに，教師が学習者の認知構造を理解し，それにあった教授方法を考えることが重要であると述べている．学習者は，白紙ではなく自身の認知構造を既に持っているから，それに関連付けられれば，知識は定着するのである．個別の知識がどのように関連付けられ構造化されているかを明確にすることが，理解するためには重要になってくる．概念間のつながりを明確にし，構造的に理解することが，長期的に記憶できることにつながるのである．

Ｊ．アダマール(1990)[3]は，思考しているときには頭の中に言語はまったく存在していなく，議論の要素に関するあいまいな心像があり，それらの心像は，要素がどのようにつながれるべきかを気づかせてくれるし，一度手にいれた有用な鉤を見失わないためにも必要であると指摘している．このことは，知的活動において，心的内部での処理の表現形式は，言語による表記よりも図によるほうが，より有効である場合もあることを示唆している．

1-2　構造的理解の重要性

和田(2000)[4]は暗記型数学の学習方法を提案している．自分の頭で考えて解くのではなく，模範解答をできるだけ多く暗記して大学入試に出題されそうな問題のすべてに対して「どこかで見たことがある」という感覚をつけようとするのである．しかし，解法パターンをできるだけ多く暗記して「量

で勝負する」暗記型数学を提唱している和田ですら，「解法を覚える」ことは，「英単語を丸暗記する」こととは違うと述べている．「なぜこうすると解けるのか」，「なぜこういう手順で解く必要があるのか」を理解した上で暗記することの重要性を指摘している．理解を伴った暗記（理解型暗記）をして初めて使える知識になると述べている．習得しようとしている知識は，問題の解法の操作そのものではなく，その背景にある構造的意味まで含めた概念を習得することが重要なのである．

和田の暗記数学も多くの問題の模範解答を，構造的意味まで含めて暗記することにより，数学の問題を解くときに必要な構造的知識体系を学習者の知識構造に構成しようとする学習方法と見ることができる．しかし，暗記を強調することは，構造的理解よりもその解法の操作の暗記に焦点があたりやすくなることが危惧される．学校の授業においては，概念そのものやその概念に関係する問題の解法をより深く構造的に理解することにより，学習者の知識を構造化していくことが重要である．

1-3　知識表現と理解

認知心理学では，知識の内的表現は，くもの巣やネットワークに似ているとされている．個々の知識間の関連づけが多いほど，より深く理解されていると考えられている．関連づけが豊富で構造化された知識構造を持つ学習者が活動を行う場合，より多くの知識が活性化されることがわかっている．また，知識がより高度に構造化・統合されることは，初心者から熟達者への変化を表している．
市川(1995)[5]は，知識の構造化について次のように述べている．「理解するとは，学習事項の関連をつかみ，知識を構造化することといえる．知識を構造化するとは，概念や命題の関係を明らかにして整理することである．関係には，階層関係，類似関係，対比関係などいろいろなものがありうる．こうした関係を教授者から与えられたり，学習者自信が見出したりすることによって理解が深まり，記憶の負担も減る．」

高等学校の数学においては，問題が解けるようになることも一つの大きな目標である．しかし，機械的に問題の解き方を暗記しようとする学習方法は，生徒に数学学習の喜びを感じさせることができないし，数学嫌いを生む原因にもなっていると考える．生徒は知識の関連を把握し，構造化されたときに「あ，わかった」と感じる．このわかったときの喜びがその後の学習への動機付けになる．数学は構造的・体系的な学問であるので，個々の知識の理解はもちろん必要であるが，それらの知識を構造的に理解することは，数学教育において重要である．

1-4　コンセプトマップ学習法

Novak＆Gowin(1984)[6]は，学習者自身が知識のネットワークを外的に構成しようとする過程を通して，より深く理解させようとする学習指導法としてコンセプトマップ学習法(概念地図法)を提唱した．学習する概念を表す言葉(ノード)の関係を線(リンク)で結びその横に概念間の関係をあらわす言葉(ラベル)を書いていく学習法である．コンセプトマップ学習法は，こうした表現を作成する過程において，学習者に学習内容の構造を見出そうとする動機付けをもたらす点でも重要である．この学習方法は，知識構造を構築していくときには，新しい知識を既知の関係概念や命題と関連づけていくことによって有意味に学習できるとしているAusubelの「有意味学習」という考えに基づいている．

佐藤(1979)[7]は，システム工学の分野で開発されたISM（Interpretive Structural Modeling）法を用いて，学習要素の構造的配列を決定するISM教材構造化法を提案している．さらに佐藤(1996)[8]は，生徒自身にコンセプトマップを作成させることにより構造的思考を活性化させるISM構造学習法は，学習内容を的確に構造的に関連づけて有意味な理解ができることを通して，「学び方を学ぶ」ことができると述べている．

また，Carol G.＆Williams(1998)[9]は，学生と教師の関数概念に関するコンセプトマップを比較する

ことにより，理解の程度の差がコンセプトマップに現われていることを示した．例えば学生は，概念を手続き的な知識と関連づけていることが多いことなどを挙げている．(「関数」→「数式で表される」．「連続」→「ペンをノートからはなさずにグラフを描くことができる」)．そして，コンセプトマップから概念理解に関する多くの情報を得ることができることから，概念理解の評価に有効に利用できることを示唆している．

1-5　コンセプトマップを利用した授業実践

1-5-1　コンセプトマップ学習法の目的

生徒が学習内容を学んだ後，自分でコンセプトマップを作成することにより個々の学習要素(概念，公式など)間のつながりを意識的に考えるようになる．その過程を通して，生徒はネットワーク化された知識を構築しようとし，学習内容の定着が期待できる．

1-5-2　学年，人数など

学年，人数，指導内容などは次のとおりである．

学　　年　兵庫県内の私立中高一貫校　高校2年1学期前半

ク ラ ス　理科系の３クラス　ただし，5組は私立理系大学を目指したクラス．6,7組は国立理系大学を目指したクラスで，習熟度別クラス編成となっており，7組が上位クラスである．

人　　数　5組:42名　6組:41名　7組:44名　(合計127名)

指導内容　数学Ｂ　「ベクトルと平面図形」

1-5-3　コンセプトマップ学習法の手順

コンセプトマップを利用した学習を次のような手順で実施した．

①教師は学習単元の学習要素を抜き出し，マップに階層的に配置したプリントを生徒に配布する．ここでは，13個の学習要素を抽出した．これには，矢印は描かれていない．

②生徒は，授業の進度に合わせて，各学習要素の内容をコンセプトマップの学習要素付近の余白に記入していく．

③生徒は各学習要素間が既習のどの学習内容から導き出されたものであるか，また関連する学習要素はどれかを考え，その関連を矢線で結んでいく．

④生徒は単元が終了した時点で，学習要素のつながりをもう一度見直して，修正する部分があれば訂正する．

初めてコンセプトマップを作成する生徒も多いため，以前に学習した単元（ベクトルとその演算）に関するマップを教師が作成し参考として配布した．これは，コンセプトマップとはどんなものであるかのイメージを生徒に理解させるとともに，学習要素間の結びつきを明確化することの重要性を感じさせることによって，マップ作成の動機付けを意図した．

授業時間中にはコンセプトマップを記入する時間的な余裕がないため，マップの作成は家庭学習とした．単元が終了した時点で，期限を設定して提出させた．期限は，この単元を範囲とする定期考査(中間テスト)の終了後とした．

1-5-4　コンセプトマップの例

生徒が描いた代表的なコンセプトマップの例を２つ示す．(図 1-1)

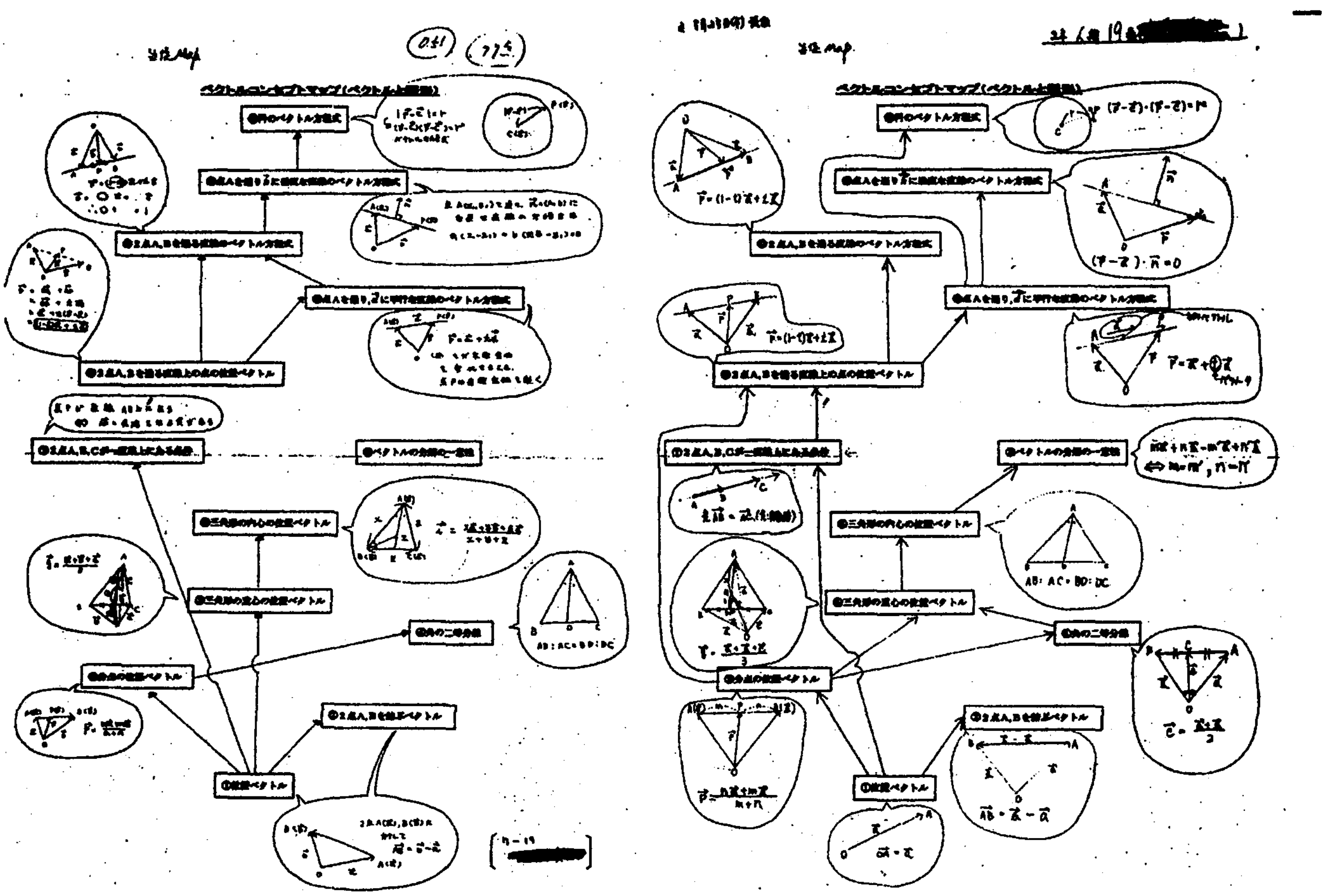


図 1-1　生徒のコンセプトマップ

1-5-5　コンセプトマップを描いた生徒の感想

生徒のコンセプトマップ学習に対する代表的な感想として次のようなものがある.

＊今までそれぞれの要素を単独で考えていたのでなかなか問題が解けなかったけど，最近つながりが分かってきたので問題が解けるようになった.

＊一つ分からないことがあると，後にやる勉強も分からなくなるので一つ一つの単元をおろそかにしてはいけないと思った.

＊数学は毎時間別のことをやっているような気がしていたけれど，そうではなく一つ一つがつながっていることが分かった．最初のほうからまじめに取り組んでおかないと後のほうでわからなくなるので基礎が大切だと思った.

＊つながりを見つけるのは理解していないとできないので，本当に分かっているのかどうかを認識できる点で重要だと思った.

＊構造マップを作れるということは数学の解き方が分かっているということなので，数学が得意な人や教科書をきっちりと理解している人はこのマップがしっかりとできると思う．しかし，ちゃんとできていない人は一目でそれとわかってしまうような気がした.

＊数学は，基盤となるものがあって，そこから根の様にどこまでも広がって知識を増やして行く所に

数学の難しさと複雑な問題を解けたときの喜びがあると思う．
＊今まで数学の一つ一つのつながりなんてあまり考えなかったので，どれがどうつながっているのかうまく表現できなかった．
＊構造マップを作るのは，初めてだったけれどとてもおもしろかった．数学というのは一つのことが理解できるとそのほかのことを理解する手助けになる教科だと実感した．
＊構造マップを見ると，分からないことがあった時はどこに戻ればいいかがよく分かる．
＊全ての要素が一応つながったので驚いた．一つ一つのことがちょっとのことで関連してくるのだと思った．作っていて少し楽しかった．
＊今まで学んだことが一つにつながっていった．今までの勉強がこれから先につながって行くことが分かった．
＊公式の関連がよくわかる．
＊要素を矢印でつなぐだけでなく，要素自体も並べ替えたほうがすっきりすると思う．
＊コンセプトマップを自分で書いたことによって，つながりがわかるようになった．
＊どこにつなげばよいかわかりにくいところが多かったけれど，自分でつなぐことができたところはよく理解できた．
＊問題を解いていけば，自然と頭の中にコンセプトマップのようなものを思い浮かべるものだと思う．
＊理解を深めるのにはよいと思うが，学習要素が多すぎて，頭の中に構造が思い浮かばなかった．

1-6　コンセプトマップ学習の効果

生徒の感想などから，コンセプトマップ学習の効果としては，マップを作ることが想像以上に難しいという感想を述べている生徒が多かったことから，学習要素間の関連をこれまでは考えていなかったことを生徒に確認させ，学習要素間の関連を考えることの重要性を認識させることができたと思われる．また，理解が深まるとコンセプトマップのようなものが自分の頭の中に出来上がることに気づくことにより，今後の学習において意識的に知識を構造化しようとする態度を養うことができる．さらに，生徒は既習の内容と結びつきができたときに，理解が深まったという実感を持ち，それが学習への動機付けにもなる．難しかったけれども楽しかったという感想からは，自分で考えて理解ができたときの充実感を生徒に感じさせ，情意面にも好ましい影響を与えていることがわかる．
反面，学習内容を構造的に理解していないとマップがうまく描くことができないため，自分の構造的理解の不十分さをはっきりと認識するので，このことが不安感を増大させることも考えられる．

1-7　コンセプトマップの評価

1-7-1　伝達係数

斎藤(1995)[10]は生徒の描いたコンセプトマップを伝達係数によって評価することを提案している．
伝達係数は，教師の描いたコンセプトマップ（教師マップ）と，生徒の描いたマップ（生徒マップ）を比較し，それらがどの程度似ているかによって生徒のマップを評価しようとするものである．この評価方法は，教師と生徒マップの一致度を情報理論で用いられる伝達情報量の概念を利用して数値化することにより，マップの評価が客観的に短時間でできる利点を持っている．
伝達係数の解釈を表 1-1に示す．

表 1-1　伝達係数の解釈

伝達係数の値とその解釈		
t	類似性	解釈
0～0.1	低い	学習内容の構造的な関連や内容の理解がほとんどなされていない
0.11～0.2	やや低い	学習内容の構造的な関連や，内容の理解がやや乏しい
0.21～0.3	普通	学習内容をやや構造的に理解しているが，不充分な所がある
0.31～0.4	やや高い	学習内容をかなり構造的に把握し理解している
0.41～1	高い	学習内容を構造的に把握し，よく理解している

1-7-2　伝達係数による評価

生徒の作ったコンセプトマップを伝達係数により評価した．評価に用いた教師マップは，筆者と数学教育を専攻する大学院生2名とで協議し作成した．まず個別にマップを作成し，その後3名で議論しながら教師マップを完成させた．個別に作成した3名のマップは，ほぼ似たものであったことより，理解が深まっていくとある程度似たマップ構造になると考えられる．これは，教師マップとの一致度を生徒マップの評価に使うことの妥当性を示していると考える．

1-7-3　コンセプトマップの評価と学力の関連

クラス別の伝達係数の平均値と中間テストの得点との相関を求めて　表 1-2に示す．

伝達係数の平均値は，習熟度上位クラスの7組が高い．総じて上位の生徒は，構造化された理解をしていると考えられる．

先行研究においてコンセプトマップの評価と学力の相関は高いことが報告されている．斎藤・佐々木(1994)[11]は，コンセプトマップの５段階評定値と総括テスト得点との相関として0.95ときわめて高い値を得ている．しかし，今回の結果では，コンセプトマップの評価(伝達係数)とテスト得点の相関は，0.04～0.28とそれほど高くない．その原因として

①公式や，問題の解き方をいわゆる暗記していれば解ける問題があり，知識が構造化されていなくてもテストで得点できた．

②コンセプトマップを作るのに慣れていないため，本当は知識が構造化されているにもかかわらず，自分の知識構造をマップに表現できなかったためにマップの評価が低くなった．

などが，考えられる．

また，マップ評価と中間テストの得点との相関は習熟度下位のクラスほど低く，上位のクラスになるほど高くなる傾向がある．これは，学力の低い生徒は，基本的な概念の結びつきを理解しただけでは，具体的な問題が解けることには結びつかないためだと考えられる．また生徒は，基本的な概念理解よりも問題が解けるかどうかということを重要視することも関係しているであろう．生徒たちの置かれている環境がそう考えさせている．しかし，基本的な概念が本当に理解できていれば，個々の問題も解けるようになることを生徒に理解させることが必要である．そして，解答暗記型の学習から，理解重視型の学習へと変容させることが重要である．そのためにも，コンセプトマップと個々の問題解法を結びつける指導が必要であると考える．

表 1-2　クラス別伝達係数と中間テストの相関

	5組	6組	7組
マップ伝達係数平均	0.29	0.29	0.35
伝達係数と中間テストの相関	0.04	0.19	0.28

1-8　問題解法マップ

コンセプトマップの評価と中間テストの得点の相関が低いことから，概念の結びつきを明確にするだけでは，個々の問題が解けることには直接つながらないことがわかった．そこで，学習内容の関連づけを矢線で視覚化し明確にするというアイデアを個々の問題を解くときに応用することを考え，これを問題解法マップと呼ぶことにした．

問題を解く過程は，与えられたいくつかの条件から目的の解答へと論理的に推論を進めていくことである．その過程を，図式化し見やすくしたものが問題解法マップである．授業中に，問題解法マップを書くことを指導し，例題の説明にも使用した．実際の答案にも使うようにも薦めた．問題解法マップを用いると，多くの生徒が従来の答案よりも理解しやすくなったと感想を述べている．

1-8-1　問題解法マップ作成の手順

①問題から条件を抜き出し，それらを答案の上部に書き出す．
②求めるべき結論を答案の下に書く．
③書き出された条件を使って，そこから導き出せる結果を矢線でつなぐ．その際に，根拠となる公式などを明確化しておく(コンセプトマップの学習要素を参照させる)．
④目的の結論に到達するように③を繰り返す．
⑤目的の結論を示すためには何がわかればよいかと考え，逆向きからも矢線で結び付けて問題解法マップを完成させる．

1-8-2　問題解法マップの目的

生徒は，数学の解答を覚えようとする傾向が強い．しかし，問題文中の条件をよく整理・明確化することにより，どのように解いていくのかという過程を見通すことができるようになる．

コンセプトマップの学習要素との関連を記入することにより，具体的な問題を解く過程で基本的な概念がどのように使われているかが理解できる．そのことにより，基本概念の理解の重要性を生徒に納得させ，コンセプトマップ作成への意欲を増大させる．

1-8-3　問題解法マップの例

教科書の例題[2]についての問題解法マップを（図 1-2　問題解法マップの例）に示す．

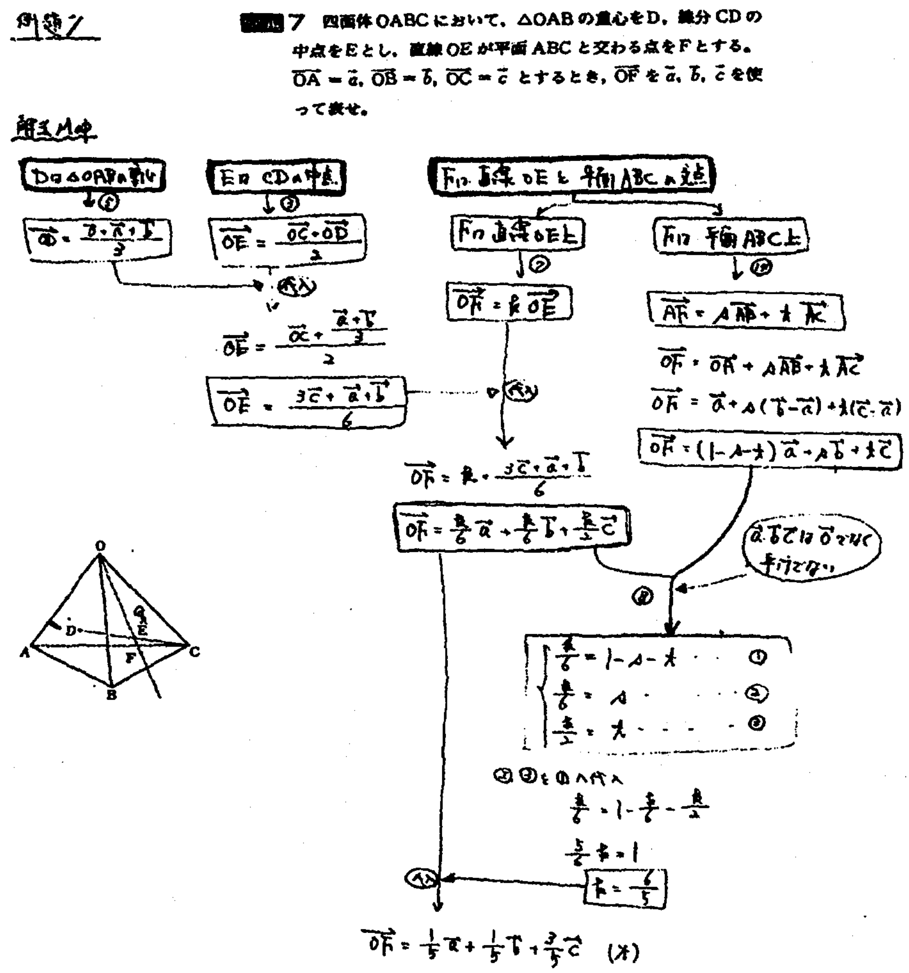


図 1-2　問題解法マップの例

1-8-4　問題解法マップに対する生徒の感想

＊　後から見るとどうやって解いたかわかりやすいので，まとめるのにいいと思う．
＊　考えていることをすべて書き出していくと，頭の中だけで考えるよりも解法への道がはっきりと見えてきた．
＊　公式の使い方や，式の変形の仕方がよくわかった．
＊　最初に問題から条件を抜き出すのが難しい．それができれば，後は解けそうな気がした．
＊　問題を解くときに次に何をすればよいのかがわかりやすい．
＊　整理されていて見やすい．だけど，自分で作るとなるとちょっと無理な気がする．
＊　問題をとく順序がよくわかる．特に証明問題などは絵でも見ているように理解することができる．
＊　新しい考え方を見つけるにはよい方法だと思った．
＊　書くのに少し時間がかかり，面倒くさいが，複雑な問題には一つ一つ丁寧に考えていくので好い方法だと思う．

1-8-5　生徒の作った問題解法マップ例

生徒の書いた問題解法マップの代表的な二つの例を図 1-3「生徒の問題解法マップ」に示す．

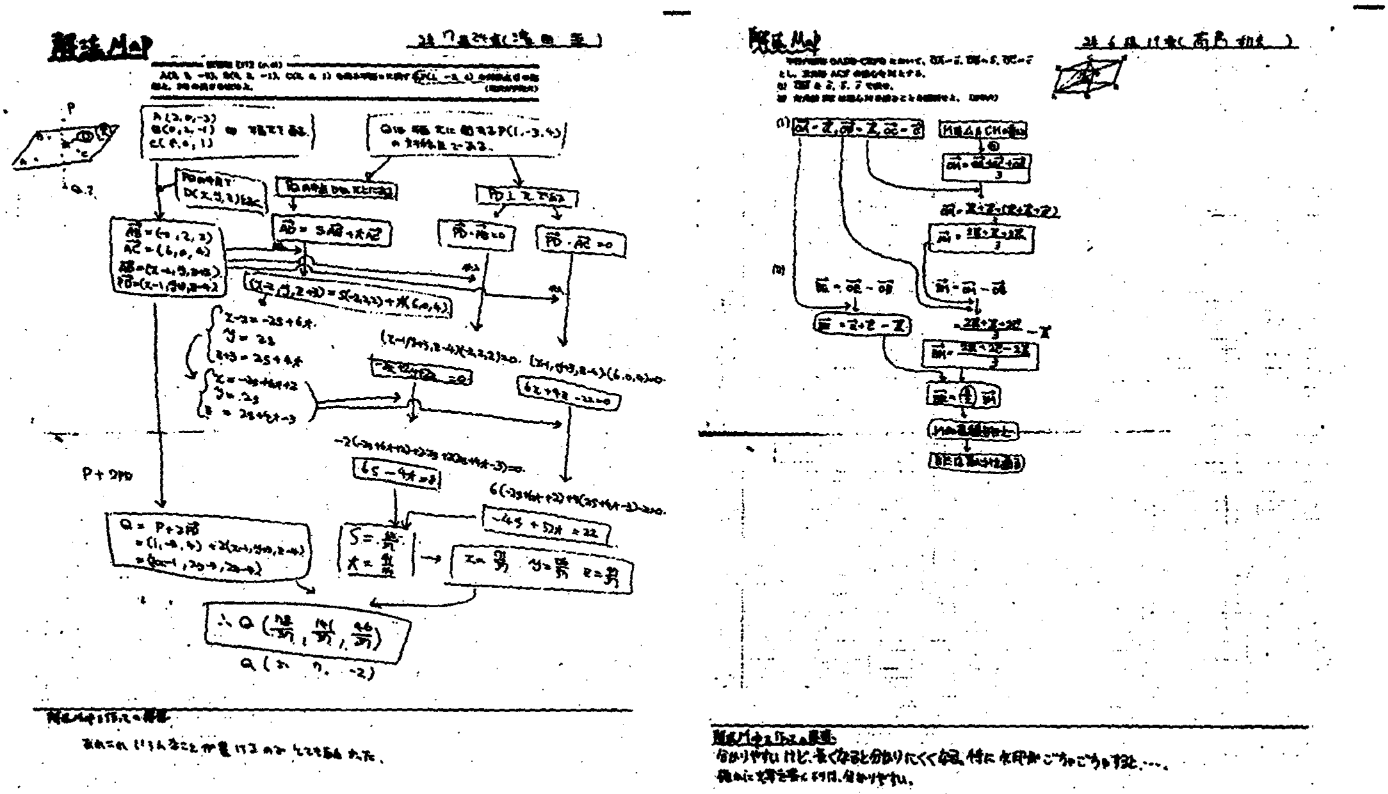


図 1-3　生徒の問題解法マップ

1-8-6 問題解法マップの効果

問題解法マップを用いることの効果として次のような点がある．解法マップを描くことにより自分の考えの道筋が，明確化され視覚的に捉えることができ，そのことにより結論への見通しが立てやすくなる．それにより，問題を解いている途中で行き詰まったときに，そこまでの解法マップを見直すと，次に何をすればよいかの示唆が得られる．また，最初に条件を抜き出し明確にしていることにより，問題の条件を見落とすことがなくなる．さらに，結論を導くためには何がわかればよいのかという逆向きの思考がしやすくなることなどがある．

また，後で見直したときに，解答の構造が一目でわかり理解しやすいので，解き方を暗記しようとするのではなく，解答の構造を理解しようとする態度を育てることができる．そのことは，暗記型学習から構造理解型学習への転換を促し，それはほかの問題への応用力へとつながると考える．

1-8-7 問題解法マップの問題点

問題から必要な条件を読み取ることは生徒にとって，想像以上に困難なことである．これができるためには，解答の見通しが必要である．解法マップを使わなくても解ける生徒は，解法マップを作ることができるが，解けない生徒は最初の時点でつまずいてしまい，解法マップの作成の意欲がなくなる．そのために，問題文から必要な条件は何であるかを見極める指導が重要になる．

1-8 コンセプトマップ･問題解法マップのアンケート結果

コンセプトマップ･問題解法マップを利用した授業について生徒にアンケートを実施した．各質問項目には，1．まったく思わない　2．あまり思わない　3．やや思う　4．とても思う　の4段階で回答させた．その結果を表1-3に示す．

表 1-3

コンセプトマップを利用することによって授業がわかりやすくなったと思いますか（人数）

	まったく	あまり	やや	とても
5組	1	15	15	9
6組	3	14	18	4
7組	1	13	25	4
合計	5	42	58	17

コンセプトマップを自分で作ることにより，理解がより深まったと思いますか（人数）

	まったく	あまり	やや	とても
5組	2	13	21	4
6組	5	16	16	2
7組	1	18	19	5
合計	8	47	56	11

解法マップは普通の答案よりもわかりやすいと思いますか（人数）

	まったく	あまり	やや	とても
5組	0	9	19	12
6組	4	5	17	13
7組	1	7	28	7
合計	5	21	64	32

解法マップ形式の答案を自分も利用しようと思いますか（人数）

	まったく	あまり	やや	とても
5組	2	19	12	7
6組	4	16	14	5
7組	4	22	14	4
合計	10	57	40	16

1-10　数学概念の二面性とコンセプトマップ

Sfard[13]（1991）は，数学概念には二面性(Dual Nature)があると述べている．操作的見方(operational conception)と構造的見方（structural conception）である．学習や問題解決の過程はこの二つの見方の複雑な相互作用から成り立つ．また，それまでの操作が対象化され，全操作が次の段階における操作の対象となると考えている．この操作的見方から構造的見方への移行は次の3段階からなる．そのプロセスは，内面化(interiorization)，圧縮化（condensation)，具現化（reification）と呼ばれる3段階から構成されている．そして，操作的見方と構造的見方を関連付けることにより，数学的認識の歴史的発展と，個人における心理的発達を捉える枠組みとして，提示している．認識の心理的発達を操作的見方から構造的見方への変容として捉えることは認識に関わる問題の顕在化に有効であった．

この枠組みのもとで森本・江藤(1999)[14]は，数学的概念の構造的意味の伝達には二重の困難性があると指摘している．一つは，送り手側の問題で，抽象的な構造的意味の伝達を意図する場合でも，具体的な操作の提示によって受け手側に抽象的な概念の想起を促すという方法をとらざるを得ない．構造的見方により問題解決をしたとしても，それを伝達する際には操作的意味の伝達に置き換えられてしまう恐れがあるという困難性である．もう一つは，受け手側に起因するもので，抽象的な構造的意味が具体化を通して伝達される際に受け手の解釈が操作的意味に留まってしまうと，送り手の意図した構造的意味の伝達は操作的意味の伝達へと転化してしまう．これが，構造的意味を伝達する困難性の第二の点である．

コンセプトマップによる学習は，この操作的見方と構造的見方を関連付けたり，操作的見方から構造的見方への移行を促進させたりする効果があると考えられる．各学習要素を結びつけるという操作が，その概念を他の概念と結びつきを意識化させ，構造的な概念理解を生徒に構成させやすくするためである．

1-11　この章のまとめ

生徒にコンセプトマップを作成させることにより，学習内容を構造的に理解することの重要性を認識させることができ，各学習内容のつながりを意識的に自分で考えようとする態度を育てることができた．さらに，学習内容が関連付けられ「わかった」と実感することは，情意面にもよい影響を与え

ている.

コンセプトマップの評価と中間テスト得点の相関が低いことから，基本概念の関連づけを理解するだけでは，問題が解けることにすぐには結びつかないことが明らかになった．しかし，個々の問題を解くときにも構造を明確にする問題解法マップを利用すれば，解答の流れが明確になり理解しやすくなる．問題を解くときには，概念的知識と手続き的知識の両方を必要とするが，そのどちらもが構造化されていることが重要になってくる．問題解法マップを用いた学習は，求めたい結論までの見通しがよくなり，解答の構造が明確化されることから，生徒に暗記中心学習から理解中心学習への変容が期待できる.

今回の結果ではコンセプトマップの評価と学力との相関は低かったが，コンセプトマップや問題解法マップなどを利用し概念や解法を構造的に深く理解させることにより，大学受験にも対応できるような学力の基礎を築くことができる．現実の高校教育において大学受験に向けて「問題が解ける」ということは重要な一つの目標であると考える．学習内容が削減され，学力の低下が言われているように，このことの重要性は増してくるであろう．しかし，演習の繰り返しにより解法を暗記させようとする指導方法は，そこに数学を理解した時の喜びが存在しないという点においても問題がある．また,「個々の概念を理解する」「概念間の結びつきを理解する」ことももちろん数学教育にとって重要なことである.「問題が解ける」ことと「概念を理解する」こととは相反するものではなく，相互に関係させながら数学教育は行われていくことが必要である.

今後の課題としては,「問題が解ける」ことと「概念を理解する」こととが，どう関係しているのかを明らかにし，それらを結びつけていくより効果的な指導法を研究することが考えられる.

2　情意面に考慮した高等学校数学の授業

2-1　数学教育における情意面

これまでの高等学校における数学の授業は，学習内容が多くあるため，知識･技能面の習得が中心になりがちであった．しかし，興味･関心や意欲など，数学に対する態度･情意面について考えていくことは，高等学校の数学教育においても今後は重要性が増してくると考える．生徒が主体的に学び，生涯にわたり学習を継続していく力をつけていくことが，必要になってくるであろう.

この章では，高等学校においてコース別習熟度クラス授業での授業が数学に対する情意面にどのような影響を与えるのかを調べ，情意面を考慮したより好い授業とは何かを探求することを目的とした.

2-1-1　国際数学教育調査

第３回国際数学･理科教育調査（ＴＩＭＳＳ）[15]によると数学の知識･技能面における日本の得点は，41カ国中３番目で非常によい（中学２年生を対象とした資料)．しかし，数学に対する態度面において「数学は楽しい」と思っている生徒は，国際平均が65％に対してわが国は46％で，６番目に低い.「数学は，生活で大切だ」という意識については国際平均で92％の生徒が持っているが，わが国は72％でもっとも低い．数学に対する態度に関する5項目の質問について肯定的に回答した生徒の割合の国際平均は70％であるが，わが国は51％で，これは最も低い値である.

これまでの数学教育が，受身型であり生徒が数学の学習をさせられていると感じていることが大きな原因であると考える．これからは，受身型の数学教育ではなく，生徒が数学の重要性を感じ主体的に学習するような数学の授業を創造していくことが重要である.

2-1-2　学習指導要領

中央教育審議会第一次答申（H8）では,「知識を一方的に教え込むことになりがちであった教育か

ら，自ら学び自ら考える力や創造性の基礎となる力の育成を目指した教育に，その基調を変えていく必要がある.」と示されている．それをふまえて改定される学習指導要領[16]（文部省1999）の改善の基本方針では，創造性の基礎として重要なことのひとつとして，学習への興味·関心などの情意面をあげている．創造性を発揮するためには，多くの心理的エネルギーを必要とする．この心理的エネルギーの源が興味·関心などの情意面であると考える．また，学習指導要領改善の基本方針では，「実生活におけるさまざまな事象との関連を考慮しつつ，ゆとりを持って自ら課題を見つけ，主体的に課題を解決する活動を通して，学ぶことの楽しさや充実感を味わいながら学習を進めることができることを重視する」と主体的な学習が情意面に好ましい影響を与えることを主張している．数学科の目標のなかでも，「数学を学習する意義，数学的な見方や考え方のよさ，数学の美しさ，文化や社会生活において数学が果たしている役割などを理解させることにより，数学への興味·関心を持たせ，学習への意欲を高めることを大切にした」と意欲の重要性を強調している．

2-2　数学に対する態度（情意面）の測定

2-2-1　数学に対する態度

「数学に対する態度」とは，数学·数学の授業に対して持っている，好き嫌い，意欲，積極性，自信，重要性などを総合した心理特性で，好ましい－好ましくない（肯定的－否定的）という方向性を持っている．ゆえに，測定用具を用いることで数値化することができると考えられる．

2-2-2　数学に対する態度測定用具

数学に対する態度を測定する用具は，多くのものが開発され検討されている．
Aiken, L, R（1979）[17]は，興味·関心（Enjoyment or Interest），重要性（Importance or Value），動機付け（Motivation），不安からの開放（Freedom from Fear or Anxiety）の4次元からなる数学に対する態度尺度（Mathematics Attitude Scale，ＭＡＳ）を開発した．伊藤（1984）[18]は，AikenのＭＡＳを日本の大学生に実施し，因子分析を行いAikenと同様に4因子を得ている．さらに伊藤（1996）[19]は，島根式算数·数学に対する情意的特性検査を開発し，小中高校生における情意の構造の変容について研究している．湊（1983）[20]は，好意的·非好意的側面を測定するためのＳＤ型測定用具ＭＳＤを開発し，中学生を対象に成績との相関を検討している．さらに湊（1986）[21]は情意面5領域を測定するためのリッカート型測定用具を開発している．

2-2-3　SandmanのMathematics　Attitude　Inventory（ＭＡＩ）について

本研究で使用する測定用具MAIは，Sandman[22]（1973）が開発したもので，6つの多次元尺度から構成される．各尺度はそれぞれ８つの項目からなり，合計48項目の質問に（１.まったくそう思わない　２.あまりそう思わない　３.ややそう思う　４.とてもそう思う）の４段階で解答させる．今井（1986）[23]は，ＭＡＩを日本の中学一年生に対して実施し，その適用の可能性を検討している．その結果，妥当性·信頼性などが検証された．

MAIの6尺度

ＭＡＩが測定する6尺度は次のとおりである．

* 教師に対する知見（ＴＥ：Teacher）：教師の専門的な特性，特に教師の判断の厳格さや指導面についての生徒の見識
* 数学への不安（ＡＮ：Anxious）：教科そのものへの生徒の不安程度
* 社会における数学の価値（ＶＡ：Value）：教科の有用性への生徒の見解
* 数学における自己概念（ＳＣ：Self Concept）：教科における自分の能力への見解

＊　数学への楽しさ（ＥＮ：Enjoyment）：教科活動における快さの程度
＊　数学への動機付け（ＭＯ：Motivation）：教科の知識を増大させようとする生徒の意欲

2-2-4　ＭＡＩを用いた測定

兵庫県の私立中高一貫の男子高校1年生（291名）を対象にＭＡＩを用いて調査を実施した.
今井が中学生を対象に適用の可能性を検討しているので，今井の日本語訳をほぼそのまま使用した.
実施時期：２０００年３月（３学期末考査終了後の授業で）

2-2-5　MAI適用の妥当性･信頼性などについて

MAIの適用を検討した結果，以下に示すようにほぼ期待されるとおりに信頼性･妥当性ともに得られた.

クロンバックのα係数

尺度を折半するすべての方法を考慮した信頼性係数の推定値[24]で，次の式で求めることができる.

$$\alpha = \frac{m}{m-1}\left(1 - \frac{\sum_{j=1}^{m}\sigma_j^2}{\sigma_x^2}\right)$$

α係数は，尺度の内的一貫性（内的整合性）を意味している．0.8程度で信頼性があると判断される目安といわれている.
6つの尺度ごとにクロンバックのα係数を求め，今井，Sandmanの結果との比較を表2-1に示す.

表 2-1

	α係数	α係数（今井）	α係数（Sandman）
ＴＥ	0.74	0.80	0.83
ＡＮ	0.88	0.74	0.86
ＶＡ	0.82	0.72	0.77
ＳＣ	0.83	0.77	0.83
ＥＮ	0.91	0.77	0.85
ＭＯ	0.84	0.64	0.76

すべての尺度は，比較的高い値であるので，それぞれのカテゴリーの心理的特性を測定していると考えられる．TE尺度の0.74は整合性としては低い値ではない．しかし，0.8以下であることから，TE尺度が，いくつかの要因から構成されている可能性を示唆している.

項目―尺度スコア間の相関係数

各項目の点数とその項目が属する尺度スコアとの相関を求め，先行研究の結果と比較した.（表2-2～表2-7）

表 2-2　各項目と尺度スコアの相関（ＴＥ）

TE	5	17	21	27	31	40	44	46
本調査	0.50	0.74	0.74	0.62	0.72	0.67	0.43	0.56
今井	0.57	0.66	0.69	0.59	0.63	0.74	0.64	0.60
Sandman	0.61	0.60	0.64	0.54	0.54	0.54	0.47	0.53

表 2-3　各項目と尺度スコアの相関（ＡＮ）

AN	7	11	20	25	34	36	39	43
本調査	0.59	0.80	0.73	0.63	0.69	0.64	0.80	0.76
今井	0.40	0.61	0.54	0.41	0.59	0.67	0.63	0.63
Sandman	0.54	0.64	0.59	0.62	0.60	0.65	0.61	0.65

表 2-4　各項目と尺度スコアの相関（ＶＡ）

VA	1	9	12	15	23	24	33	38
本調査	0.72	0.61	0.60	0.65	0.65	0.64	0.68	0.58
今井	0.56	0.47	0.59	0.56	0.61	0.55	0.47	0.69
Sandman	0.50	0.44	0.40	0.52	0.56	0.51	0.41	0.42

表 2-5　各項目と尺度スコアの相関（ＳＣ）

SC	4	10	16	19	22	30	35	48
本調査	0.77	0.79	0.79	0.73	0.70	0.79	0.64	0.32
今井	0.69	0.64	0.70	0.61	0.58	0.65	0.63	0.18
Sandman	0.64	0.66	0.59	0.60	0.41	0.71	0.48	0.36

表 2-6　各項目と尺度スコアの相関（ＥＮ）

EN	2	6	13	18	26	28	29	45
本調査	0.82	0.82	0.74	0.83	0.63	0.75	0.64	0.65
今井	0.75	0.80	0.72	0.73	−0.09	0.67	0.55	0.55
Sandman	0.75	0.69	0.60	0.60	0.59	0.59	0.43	0.44

表 2-7　各項目と尺度スコアの相関（ＭＯ）

MO	3	8	14	32	37	41	42	47
本調査	0.33	0.65	0.73	0.69	0.56	0.72	0.72	0.78
今井	0.09	0.12	0.62	0.66	0.53	0.64	0.43	0.67
Sandman	0.38	0.41	0.42	0.44	0.45	0.56	0.43	0.60

項目－尺度間の相関係数を算出した．その結果，No 3 とNo48が低い値を示した．No 3「私は，易しい数学の問題が好きです」は，難しい問題よりも易しい問題のほうが好きだと考えるか，難しい問題はもちろん易しい問題も好きではないと考えるかによって，解答にばらつきが出ることが原因ではないかと考える．No48「もし，私が数学の問題の解き方がわからないのであれば，それは今までに学んでいない内容であるからです」は，日本語訳に問題があり，「もし，私が数学の問題の解き方がすぐにわからなければ，その後いくら考えたとしてもその問題解けません」とすべきであったと考える．

内部相関係数

それぞれの尺度スコア間の相関係数（内部相関係数）を求めた．内部相関係数は，被験者の持っている各側面間の関連を表すと考えられる．

表 2-8

ＴＥ	AN	ＶＡ	ＳＣ	ＥＮ	ＭＯ	
ＴＥ	1.00					
ＡＮ	−0.12	1.00				
ＶＡ	0.11	−0.41	1.00			
ＳＣ	0.07	−0.78	0.37	1.00		
ＥＮ	0.15	−0.82	0.46	0.72	1.00	
ＭＯ	0.14	−0.71	0.58	0.66	0.75	1.00

不安（ＡＮ），自己概念（ＳＣ），楽しさ（ＥＮ），動機付け（ＭＯ）はそれぞれ高い相関がある．教師（ＴＥ）は他の５つの尺度とは独立した要因を測定していると考えられる．

アチーブメントとの関連

本調査におけるＭＡＩの各尺度と学業成績１月実施の模試（数学）の得点との相関係数を求め，今井，Sandmanの結果とともに表 2-9に示した．学業成績としては，１年３学期１月に実施した模擬テストの点数を用いた．また，母相関係数 $\rho=0$ の検定結果も付記しておく．

表 2-9 MAI得点とアチーブメントの相関

	本調査	今井	Sandman	
			８学年	１１学年
ＴＥ	−0.05	0.18*	0.23*	0.03
ＡＮ	−0.49**	−0.42**	−0.47**	−0.18
ＶＡ	0.29**	0.17*	0.08	−0.17
ＳＣ	0.50**	0.49**	−0.08	0.11
ＥＮ	0.42**	0.35**	0.08	0.32**
ＭＯ	0.48**	0.35**	−0.22*	−0.10

（* ：５％水準　　**：１％水準）

アチーブメントと数学に対する態度との相関について，Neal (1969)[25]は，0.2～0.4程度であるものが多いことから，2者の影響はわずかであるとしている．しかし，本調査の結果では，TEを除く5尺度とアチーブメントの相関は今までの結果に比べてかなり高い数字が得られた．このことからも高等学校数学においても，情意面へ考慮した授業実践の重要性が今後強調されるべきである．

認知面の達成度と情意面とはどちらかが原因で他方が結果であるというような一方向の因果関係ではなく，認知面の高い達成度が情意面によい影響を与え，逆に情意面の肯定的な感情が数学に対する取り組みを積極的にさせ，その結果達成度も高くなっていると考える．

さらに，本調査の結果から教師に対する知見は，達成度にほとんど関係がないことがわかった．これは，高校生という年齢的なことが大いに影響していると考える．中学生･小学生においては別の結果が出る可能性も高いと思われる．

2-3　コース別習熟度クラス間の情意尺度の分析

2-3-1　クラス編成について

調査校においては，高校2年生から大学受験を意識したコース（文･理系）別･習熟度クラス編成を実施している．文系クラス（1～4組）のかなで，1～3組は主に私立文系大学受験を目指したクラスで，そのために数学は大学受験に直接関係しない．さらにその中で3組は英語の成績を中心に考えて成績上位者のクラスとなっている．4組は国公立文系大学を目指すクラスで，数学Ⅱ・Bまでを大学受験を前提とした授業を実施している．理系クラス（5～7組）の中で5組は主に私立理系大学を目指すクラス，6･7組は国公立理系大学を目指すクラスとなっている．さらに，6・7組は数学･英語の成績により習熟度別クラス編成となっており，7組が上位クラスである．

2-3-2　クラス別尺度得点

高校2年生からのコース別習熟度クラスでの各尺度得点の平均値を求めたのが表 2-10である．MAIを実施した高校1年3学期の時点では，まだ文理別のクラスにはなっていないが，各生徒は自分がどのクラスになるかはすでに知っていた．

TE(教師)尺度は，文系理系，習熟度によってほとんど差が見られない．

AN(不安)尺度は，文系よりも理系選択生徒の方が低くなっている．さらに，文系･理系の中では，習熟度上位クラスのほうが低くなっている．

VA(価値)尺度は，理系生徒のほうが高い．理系の中では，習熟度による差は見られない．文系生徒の中では，受験に数学を必要と考えているクラスの得点が高い傾向がある．

SC(自己概念)尺度は，理系生徒のほうが高い．理系の中では習熟度上位クラスの生徒が高い．文系の中では，受験に必要と考えているクラスの得点が高い．

EN(楽しさ)尺度は，理系のほうが高い．文系理系とも習熟度上位クラスのほうがより高くなる傾向がある．

MO(動機付け)尺度も，理系のほうが高い．文系の中では，習熟度上位のクラスのほうが高くさらに，受験に数学を必要と考えている生徒のほうが高い．理系の中では，習熟度上位クラスのほうが高くなっている．

表 2-10　MAＩ得点（高校１年　３学期末）

	文系				理系		
	1組	2組	3組	4組	5組	6組	7組
ＴＥ	23.3	24.3	24.0	22.7	23.4	23.4	23.7
ＡＮ	23.0	23.5	22.8	20.9	17.2	17.8	16.6
ＶＡ	17.0	18.1	18.6	20.0	21.5	19.7	22.0
ＳＣ	14.6	13.7	14.5	17.2	19.3	18.6	20.4
ＥＮ	15.9	15.3	16.8	17.9	22.6	22.5	23.6
ＭＯ	15.2	16.1	17.0	19.6	21.1	21.2	23.3

2-4 情意面に働きかけるための授業実践

高校数学においても，知識技能だけでなく，興味･関心，意欲など情意面にも考慮した授業が今後は，重要になってくる．塚原[26]は，高校数学の授業に数学史を積極的に取り入れた授業を実施した結果，「興味･関心」「数学的見方･考え方の良さの認識」「結果よりも数学的概念形成の過程が重要であるという意識の形成」など情意面において有効であることを示している．

高校2年生を対象に1学期の授業での，実践がどのように情意面に影響を与えたかを研究した．

2-4-1　（文系クラス　1･2組）

このクラスは，高校2年生で数学の学習を終了する生徒のクラスである．高校2年の１学期には，数学Ⅱの微分法の単元を学習した．

数学に関するエピソードの紹介

授業中に直接指導内容とは関係ないけれども，数学にまつわる話をいくつかした．それぞれ話は長くても１５分程度で授業の導入部分に実施した．何人かの生徒はこれを雑談と言っているが，このような短い話をすることによって生徒の情意面によい影響を与えるのではないかと筆者は経験的に考えている．今学期に，話した内容は以下のようなものである．

数学史的な内容

＊　ニュートン･ライプニッツによる微積分の発明
＊　三田市の神社にある算額（和算）の紹介（江戸時代のもの）

数学の応用例

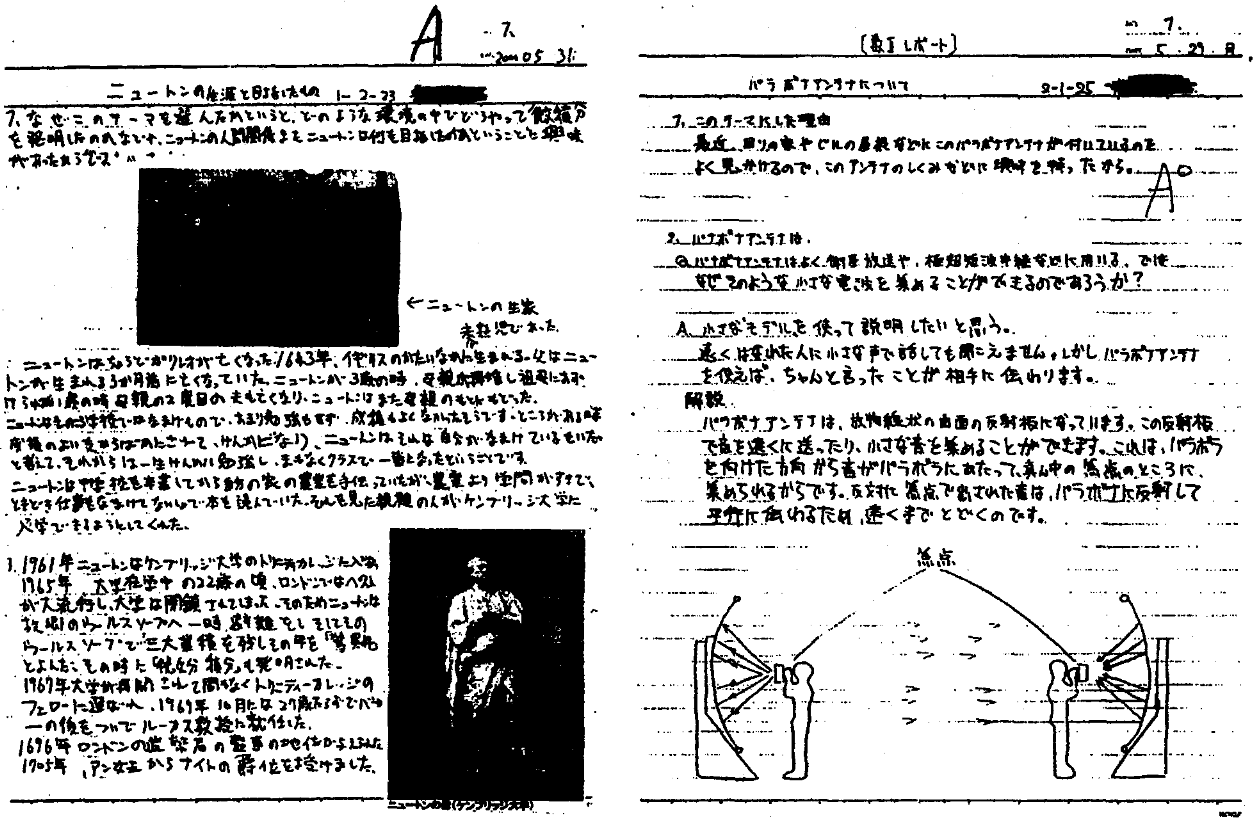
＊　身近にある二次曲線の紹介（明石海峡大橋のケーブル，パラボラアンテナなど）
＊　大学の経済学部での数学の必要性（講義要綱の紹介，微積分の重要性を説いている）

数学に関する自由レポート課題を提出（1組のみ）

数学の課題として，興味あるテーマについて自分でさらに調べさせ２～３ページのレポートを提出させた．テーマは，授業中に紹介したエピソードに関するものがほとんどであったが，その他にもギリシャ時代の数学について調べている者もあった．自分で，図書館やインターネットを使い資料を集め，それをまとめるという経験は高校数学においてほとんどはじめての経験であったと思う．提出されたレポートは決して高いレベルのものとは言えない．しかし，生徒が主体的に行動し数学に関する情報を自分自身で集めた経験は，数学に対する考え方に大きな影響を与える可能性があると考える．

生徒の自由レポートの例を図 2-1，に示す．

図 2-1　生徒の自由レポートの例



2-4-2　（理系クラス　5・6・7組）

コンセプトマップを利用した授業

高校２年１学期に理系クラス数学Ｂの授業では，「ベクトルの応用」と「複素数と方程式の解」の分野を指導した．その際に佐藤隆弘(1996) ２７など多くの実践例があるコンセプトマッピングを利用した．教師が指導単元内の学習要素を提示しておき授業の進度に応じて学習要素間の結びつきを考えさせることにより，断片的な知識でなく構造化された知識を作り上げることを狙った学習指導方法である．

問題解法マップを利用した授業

コンセプトマッピング学習法は，単元全体の構造化を目標にしたものである．それに対して，個々の問題を解くときには，条件などを構造的に結び付け，それらから学習した内容(公式)などを利用しながら論理的に考えていくことが必要になる．個々の問題の解法を構造的に書き表し見やすくするために筆者が考案したのが問題解法マップである．この問題解法マップを作ることにより問題解法を機械的に暗記する学習でなく，問題中の要素の結びつきを重視した学習が促進されると考える．

2-5　コース別習熟度クラス授業での情意面の変化

2-5-1　文系クラスでの変化

1年3学期と2年1学期の各尺度得点を比較すると次のような特徴がある．

価値尺度の上昇

数学に対する価値尺度（ＶＡ）が文型において上昇している．この平均点の変化は，t検定において5%水準で有意であった．これは，身近にある数学が利用されている事例や，歴史上の数学者のこ

とをレポート課題として，調べさせたことが影響していると考えられる．授業中に，明石海峡大橋や，数学者ニュートン・ライプニッツを紹介しただけで，レポート課題を課していないクラスにおいては価値尺度の上昇は見られない．自分で資料を探して調べることを通して初めて，情意面での変化が現れると考えられる．

不安尺度の減少

数学に対する不安尺度（AN）は，減少している．2年生になり文理別の授業において文系生徒に対しては，比較的ゆっくりしたペースで授業を行い，丁寧な説明をしたためと思われる．

自己概念尺度の上昇

不安尺度と同様に授業のペースや内容がより理解しやすくなったためと思われる．

楽しさ・動機付けの減少

楽しさ尺度と動機付け尺度は減少している．

2-5-2 理系クラスでの変化

不安尺度の上昇

不安尺度は上昇しており（表 2-11～表 2-13），これは5%水準で有意な差があった．不安尺度の上昇の原因として，高校2年生になり教材が難しくなったこと，クラス分けによりある程度数学が得意な生徒ばかりのクラスであるので，自分の数学の力に自信がなくなったことなどが考えられる．このことは，不安感は自分の置かれている環境が大きな影響を与えていることが推測できる．

自己概念，楽しさ，動機付け尺度の減少

これらの3尺度はいずれも減少しており（表 2-11～表 2-13），しかも5%水準で有意な差があった．高校2年生になり，文理別クラスに分かれ，進路目標がある程度しっかりと認識されてきている時期にもかかわらず，すべてのクラスにおいて動機付け尺度は，減少している．しかも，習熟度のもっとも高いクラスで有意な減少となった．本来ならば，進路目標が明確化されることは意欲を増す要因と考えられる．教材が難しくなり，大学入試を意識することが逆に意欲を減少させることを示している．さらに原因をはっきりさせることは，今後の課題として残った．

表 2-11　MAI得点（高校2年1学期末）

	文系				理系		
	1組	2組	3組	4組	5組	6組	7組
TE	24.3↑	24.6↑	＊21.0↓	＊20.5↓	＊25.3↑	23.4	24.3↑
AN	22.2↓	22.6↓	22.5↓	21.5↑	＊18.8↑	18.9↑	17.8↑
VA	＊19.8↑	17.9↓	18.4↓	18.2↓	20.7↓	19.3↓	21.3↓
SC	15.0↑	14.6↑	15.6↑	16.3↓	＊16.7↓	17.2↓	19.0↓
EN	14.9↓	15.3	16.1↓	17.4↓	21.4↓	20.7↓	22.1↓
MO	14.6↓	14.4↓	16.7↓	＊17.9↓	20.2↓	20.0↓	＊21.5↓

（＊は，1年3学期と比べてｔ検定において5％水準で有意差あり）

表 2-12　文理別尺度得点（1年3学期末）

	文系(1･2組)	理系(5･6･7組)
TE	23.8	23.5
AN	23.2	17.2
VA	17.5	21.1
SC	14.2	19.5
EN	15.6	22.9
MO	15.6	21.9

表 2-13　文理別尺度得点（2年1学期末）

	文系(1･2組)	理系(5･6･7組)
TE	24.4↑	24.4↑
AN	22.4↓	*18.5↑
VA	*18.8↑	20.5↓
SC	14.8↑	*17.7↓
EN	15.1↓	*21.4↓
MO	14.5↓	*20.5↓

（*は，1年3学期と比べてt検定において5％水準で有意差あり）

2-6　この章のまとめ

今回の研究で，数学の実際場面への応用例を授業の中で話したりしても，「数学の価値」に対する情意面の変化は認められなかった．しかし，自分で主体的にレポートを作成したり，現実世界での応用例を調べたりすることにより，「数学の価値」に対する評価が上昇する事がわかった．また，文系クラスで，習熟度に適した授業を行えば，数学に対する不安を減少させることが明らかになった．高校で数学学習を終える生徒に，数学の知識面での学力をつけることももちろん重要ではあるが，それよりも数学に対する肯定的な態度を育成することが，いっそう重要だと考える．

理系クラスでは，内容的に難しい教材を使い，進度も早めた授業を行うことは，短期的に生徒の興味･関心，意欲などの情意面に否定的な変化をもたらしている．これが，一時的なものなのかどうかの判断は，現状ではすることができない．しかし，理系の生徒である，あるいは数学がよくできる生徒であるという理由で，情意面を考慮せずに授業を進めることには問題点があることが明確になった．理系を選択している生徒の持っているはずである数学に対する肯定的な面を，さらに伸ばす指導法の研究が今後必要である．

3　まとめと今後の課題

現在高等学校は進学率が95％を超え準義務教育となっているといってもよい．その中で数学に関して能力･意欲の乏しい生徒も増えつづけている．そのような生徒により有効な学習指導法を追究することから本研究はスタートした．その中で，「構造的理解」と「情意面」を二つのキーワードとして研究を進めた．

第1章では，コンセプトマップを用いて「構造的理解」を促す指導法が高校生でも有効であることがある程度明らかになった．さらに，一つ一つの問題を解く際の思考の流れを図にした「問題解法マップ」を利用することを提案した．これは，自分の思考の過程を視覚化することによりメタ認知的な思考を促進すると考える．

第2章では，「情意面」の測定用具MAIを用いて測定し，高校生の数学に対する情意面の特性を明らかにした．また，文理別習熟度クラスでの授業により情意面がどのように変化するのかが限定的な状況ではあるが分かった．これらのことから高校生においても情意面に考慮した授業は重要であるとの示唆が得られた．

1・2章の関連，すなわち問題解決過程において「構造的理解」や「情意面」がどのように関わっているのかを明らかにすることは不十分に終わっている．

「問題解決過程」において，知識が重要な役割を果たすことは，認知科学の知見から分かってきて

いる．その際に，より有効に効率的に的確な知識を利用するためにはそれぞれの知識がばらばらに記憶されているのではなく，有機的に結びついていることが重要である．つまり「構造的理解」がされることが，問題解決において使える，生きた知識の必要条件になっている．数学教育において生徒一人一人に生きた知識（構造的理解）を構築させることの重要性がここにある．

「構造的理解」ができたとき，ある概念が自分の中で再構築され，「ああ，分かった」という感情が起こる．これは，「情意面」に好ましい影響を与えると考えられる．構造的理解のなされている知識を用いて，「問題解決」に成功した体験も肯定的な影響を憶意面に与える．また，肯定的な情意面は，数学学習全般に積極的態度をもたらすので，より深い理解を構成することに役立つと思われる．「情意面」「構造的理解」「問題解決過程」は，一人の人間の中でそれぞれが密接に結びつきながら複雑に影響しあっているものと考えられる． 本研究では，「情意面」「構造的理解」「問題解決過程」においてそれぞれの分野で限定的な研究となっているが，今後の課題としてこれらの関係を明らかにして，そこからより有効な指導方法の研究していきたいと考える．

引用・参考文献

1 オースベル(Ausubel)，吉田章弘・松田弥生(訳)，『教室学習の心理学』，黎明書房，(1984)

2 西林克彦，『間違いだらけの学習論』，新曜社，(1994)

3 J．アダマール，伏見康治他(訳) 『数学における発明の心理』，みすず書房，(1990)

4 和田秀樹，『数学は暗記だ！受かる青チャートの使い方』，ブックマン社，(2000)

5 市川伸一，『学習と教育の心理学』，岩波書店 (1995)

6 Novak＆Gowin，福岡敏行・弓野憲一(監訳)『子どもが学ぶ新しい学習法－概念地図法によるメタ学習』，東洋館出版，(1984)

7 佐藤隆博，ISM法による学習要素の階層的構造の決定，日本教育工学雑誌 Vol.4 No1，pp 9 ～16，(1979)

8 佐藤隆博，『構造学習法の入門』，明治図書，(1996)

9 Carol G. Williams, Using Concept Maps to Assess Conceptual Knowledge of Function, Journal for Research Mathematics Education Vol. 29 No4, (1998)

10 斎藤昇，コンセプトマップを分析するための評価尺度の開発，全国数学教育学会第3回研究発表会資料 (1995)

11 斎藤昇・佐々木孝志，学習内容の構造的把握・理解力と問題解決力との関連，日本数学教育学会誌７６巻１号，(1994)

12 山本芳彦他，『高等学校数学Ｂ』 p61，啓林館，(1998)

13 Sfard, A, On the Dual Nature of Mathematical Conceptions, Educational Studies in Mathematics 22, pp 1～36, (1991)

14 森本明・江藤英世，数学的概念の構造的意味の伝達に伴なう二重の困難性，科学教育研究，Vol. 23，No５，pp357～364，(1999)

15 国立教育研究所，『中学校の数学教育・理科教育の国際比較』，東洋館出版社，(1997)

16 文部省，『高等学校学習指導要領解説（数学編)』，実教出版，(1999)

17 Aiken, L, R, Attitudes toward Mathematics and Science in Iranian Middle Schools, Scholl Science and Mathematics, LXXIX pp229～234, (1979)

18 伊藤俊彦，数学に対する態度測定用具の検討〔1〕－AikenのLikert型態度尺度について－，日本数学教育学会誌 第66巻 第1号 pp28～34，(1984)

19 伊藤俊彦，児童・生徒の算数・数学に対する情意の変容－算数・数学学習におけるやる気に関する研究(XVI)－，第29回数学教育論文発表会論文集，日本数学教育学会，(1996)

20 湊三郎，算数·数学に対する態度を測定するために開発されたＳＤについて，日本数学教育学会誌　数学教育学論究 39·40，pp1～25，(1983)

21 湊三郎他，主として小学校5年生から中学生までの算数·数学に関する情意領域の五つの目標の評価のための一連のリッカート型測定用具について，秋田大学教育学部研究紀要(教育科学)36，pp1～21，(1986)

22 Sandman R.S, The development, validation, and application of a multidimensional mathematics attitude instrument, Doctoral dissertation, (1973)

23 今井敏弘，SandmanのMathematics Attitude Inventory について，日本数学教育学会誌Vol.68，No14，pp39～47，(1986)

24 鎌原雅彦他，『質問紙法』，北大路書房，(1998)

25 Neal.D.C, The role of attitude in learning mathematics , The Arithmetic Teacher 1969 vol.16, (1969)

26 塚原久美子，数学史活用による数学学習における高校生の意識の変容，日本教科教育学会誌　第22巻第4号　pp27～36，(2000)

27 佐藤隆博，『構造学習法の入門－コンセプトマッピングアプローチ－』，明治図書，(1996)