

学習内容の定着を高めるための指導方法の工夫

- 『記憶』のメカニズムに基づいた数学の勉強法 -

高等学校

(数学科)

1 はじめに

平成 21 年 3 月 9 日に公示された高等学校学習指導要領によれば、現行に引き続いて生徒の「自ら学び自ら考える力」、つまり「生きる力」をはぐくむ具体的な手立ての一つとして、基礎的・基本的な知識・技能を確実に習得させることを掲げている。そして、それらを活用して課題を解決するための思考力・判断力・表現力等の育成を行うこととされている。そのためにも、その根底となる知識が必要である。今後も、まずは教科書を中心とした、基礎的・基本的な知識・技能の定着が重要であることに変わりはないであろう。

基礎的・基本的な知識・技能の定着には、学習意欲の向上や理数に対する興味・関心を高めるなど様々な方策が考えられるが、中でも授業展開や指導方法の工夫が大変重要な要素となる。教科書の内容を終わらせることを目標とした講義形式の単調な授業では、学習内容の定着を十分に図ることができない。生徒の『記憶』に残るような授業を実践していく必要がある。

そこで、『記憶』をキーワードに、生徒が学習内容をさらに定着できるような授業展開の工夫を研究テーマとして実践することにした。「公式をすぐ忘れてしまう」、「テストで点が取れない」などの悩みを生徒から聞くことがよくあるが、「勉強が足りないから」と言うのは簡単である。しかし、中には一生懸命勉強しているにもかかわらず、結果を出せずに悔しい思いをしている生徒がいることも事実である。そうした悩みを持つ生徒に、効率の良い勉強方法をアドバイスできればと常日頃から考えていた。そこで、どうしたら『記憶』に残る授業になるか、どのように勉強すれば『記憶』に残るのかを調べていくことにした。すると、非常に興味深い一冊の本に出会った。『最新脳科学が教える高校生の勉強法(池谷裕二著)』(後述の「脳科学的な考察 ～ 」は、許可を得てこの本の内容を要約、図 1・図 2 もこの本から転載許可を得て改変)である。この本の内容を元に、今まで経験則に基づいて語られてきた様々な指導方法のうち、科学的に根拠のあるものをいかに数学の授業で取り入れられるかを研究していきたい。

2 本校の概況

本校は現在普通科 24 クラス(各学年 8 クラス)の学校で、ほとんどの生徒が進学を希望しており、その約 8 割が大学進学を希望している。本校の 1, 2 年次の選択は、芸術と 2 年次の理科のみで、3 年次に文系・文理系・理系の 3 つの類型に分かれる。

本研究は、2学年の「数学」履修4クラスを対象とした。本校の教育課程（表1）において、「数学」は3単位であり、標準単位数4単位より1単位少ない。そのため、授業進度を速めざるを得ない状況であり、生徒の授業内容の定着が難しいことも、今回の研究テーマを選択した要因の一つである。

表1 教育課程表（数学） は選択

	1年	2年	3年文	3年文理	3年理
数学	3				
数学		3			
数学					4
数学A	2				
数学B		2			
数学C					2
数学研究			2	2	
数学研究			2	2	

3 実践 効果的な小テストの実践 - 短期記憶を長期記憶へ -

定期考査とは別に、短い期間における学習内容の定着の度合いを確認し、あるいは以前の授業内容の振り返りを目的として、しばしば小テストが用いられる。この小テストを行う際の、効果的な出題のタイミングや回数について考える。

(1) 脳科学的な考察

小テストを行うにあたり、効果的な実施方法を考える上で、学習した内容がどのように脳に記憶され、またいつ忘却されていくのかを確認する。

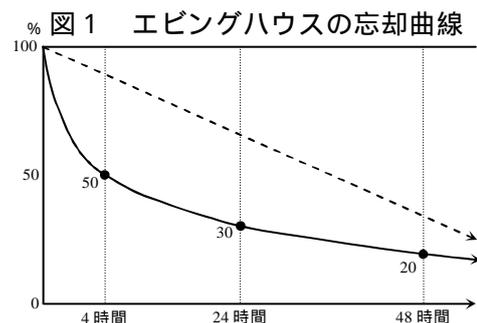
ア 記憶と忘却のメカニズム

人間の記憶には、「短期記憶（顕在意識）」と「長期記憶（潜在意識）」がある。物事を考えたりするときに使われる短期記憶はとても容量が小さく、五感のすべての情報を短期記憶として記憶すると、5分間でパンクする程度の容量しかない。そこで、入りきらなくなった情報は次々と忘れられていく性質を持っている。逆に長期記憶は容量も大きく、しかも一旦保存された内容は忘れにくい特徴を持つ。

学習した内容をすべて長期保存できれば良いのだが、そう簡単にはいかない。人間を含む動物の脳は、生きていくのに必要な情報を優先して長期記憶に保管する。その判定を行うのが「海馬」と呼ばれる脳部位である。しかし残念ながら、学校で学習する内容の多くは、生死に関わるほど生物学的に重要な情報ではないので、「海馬」には必要と判断されない。だから学習内容の多くは、授業を1度聞いただけでは長期記憶として保管されず、忘れられてしまうのである。そこで、「海馬」に何度も情報を送り続けて、学習内容が生きていくのに必要なものであると「騙す」必要がある。脳に入った情報が「海馬」に留まっている時間は最長でもおよそ1ヶ月であることがわかっているので、この間に「海馬」に情報を送り続ければよいのである。

イ 忘却曲線と復習効果

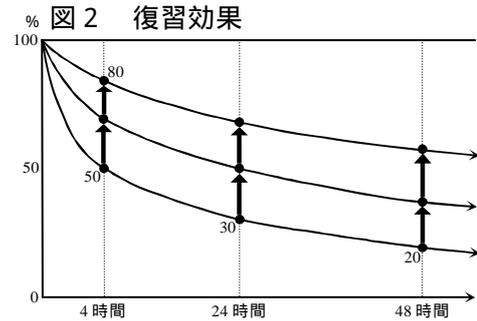
人がものを忘れていく速度について、100年以上前にドイツのエビングハウスによって実験が行われている。その実験結果を表したものが、有名な「エビングハウスの忘却曲線」(図1)と呼ばれるものである。この曲線からもわかると



おり、忘れるスピードは一定ではなく、覚えた直後が最も忘れやすい。初めの4時間で半分くらいを忘れてしまうが、その後に残った記憶は比較的長持ちする。

次に、時間をあけた後に同じ実験を行うと、1回目よりも忘れにくくなる。さらにもう一度時間をあけて同じ実験を行うと、より忘れにくくなるという結果が出ている。つまり、復習すればするほど、忘れる時間が遅くなっていくのである。これを「復習効果」(図2)と呼ぶ。

復習の回数は多いに越したことはないが、一つの内容ばかりに時間を費やすわけにもいかない。そこで効率と「海馬」の性質を考えると、ある内容を初めて覚えた日の「翌日、1週間後、2週間後、1ヵ月後」のように、間隔を少しずつ広げながら復習することが望ましい。



(2) 小テストの実践

ア 小テスト 期

具体的な実施方法としては、授業本編に支障をきたさないためにも、解答を3～5分、採点を1分程度とし、短時間で行える形式にした。また、採点結果を小テスト記録表(図3)に自ら記入し、小テストによる継続的な結果が本人にもわかるようにした。なお、この小テストについては成績は一切加えないことも事前に説明した。

出題内容としては、出題例(図4)のようにA問題とB問題に分け、それぞれ最多で4問ずつ、計8問を出題した。A問題は定義や公式を出題し、文言は一切変更しないことにした。一方、B問題は多少の計算を必要とする内容とし、同様の内容でも数値等の条件は変更した。また、小テスト終了後、解答用紙は回収した。

出題のタイミングについては、(1)イで述べた復習の間隔が理想的だが、授業の設定曜日や行事等の兼ね合い、あるいは扱う単元の内容によっても変動せざるを得ない。また、目標を短期的に設定した方が、生徒も取り組みやすいであろうと考えた。そこで、定期考査ごとの範囲内に絞って行い、学習した内容を翌授業から約4回、同様の内容を繰り返し出題することを原則として出題計画(4ページ表2)を立てた。具体的にはA問題「(3)180°の弧度」は、学習した翌授業時に実施する第2回小テストのA問題の

図3 小テスト記録表生徒記入例

数学Ⅱ 小テスト記録表 ～目指せ!正答率90%以上!～

回数	月/日	正誤記入欄								正答数	問題数
		A問題				B問題					
例	9/16	○	○	×	○	○	○	×	○	3	4
1	9/16	×	○	○	○	○	○	○	○	4	6
2	9/24	○	×	○	○	○	○	○	○	7	8
3	9/24	×	○	○	○	○	○	×	×	5	8
4	9/30	○	○	○	○	○	○	○	○	8	8
5	10/1	×	○	○	○	○	○	×	×	5	8
6	10/1	○	○	○	○	○	○	○	×	7	8
7	10/8	○	○	○	○	○	○	○	×	7	8
8	10/8	×	○	○	○	○	○	○	○	7	8
9	10/8	○	○	○	○	○	○	○	○	8	8
10	10/15	○	○	○	○	×	○	○	×	6	8
11	10/15	○	○	○	○	○	○	○	○	8	8
12	10/15	×	○	○	○	×	○	○	○	6	8
13	10/15	○	×	○	○	○	×	○	○	6	8
14	/										
○の合計		7	11	12	11	10	12	10	7	正答計	88
×の合計		6	2	0	0	3	1	2	4		93
正答率		54%	85%	100%	100%	77%	92%	83%	63%		82%

自分なりに80%を超えたので満足な結果です。
でも○問題A問題の正答数が悪いことが目立つので断りなく学んだことは、しっかり復習しておきたい。

2年H組 番名前:

図4 小テスト出題例

数学Ⅱ 小テスト 第4回

A問題

① 中心角が θ である動径と、単位円との交点Pの座標を θ で表せ。 ② 扇形の弧の長さ l を、半径 r 、中心角 θ (ラジアン)で表せ。

③ 180° を弧度法で表せ。 ④ $0^\circ \leq \alpha < 360^\circ$ 、 n は整数とするとき、一般角 θ を、 α と n を用いて表せ。

B問題

① $\theta = \frac{7}{6}\pi$ のとき、 $\sin \theta$ 、 $\cos \theta$ 、 $\tan \theta$ の値を求めよ。 ② $\frac{3}{4}\pi$ を度数法で表せ。

③ 450° を弧度法で表せ。 ④ $\theta = -510^\circ$ の動径を図示せよ。

月 日 2年 組 番 氏名

数学Ⅱ 小テスト 第4回 千葉県立船中央高等学校

出題し、さらに翌授業で実施する第3回小テストのA問題の で、同様に第4回小テストのA問題の (3ページ図4)で、というように問題番号をずらして出題した。なお、小テスト 期は2学期の中間考査範囲で、単元は三角関数であった。

表2 小テスト計画表 期(三角関数 同内容を3回連続して出題)

	A問題	A	A	A	B問題	B	B	B
第1回	(2)一般角の表し方	(1)			(2)動径の図示	(1)		
第2回	(3)180°の弧度	(2)	(1)		(3)度数 弧度	(2)	(1)	
第3回	(4)扇形の弧長	(3)	(2)	(1)	(4)弧度 度数	(3)	(2)	(1)
第4回	(5)単位円上の点の座標	(4)	(3)	(2)	(5)弧度 三角関数の値	(4)	(3)	(2)
第5回	(6)0°の三角関数の値	(5)	(4)	(3)	(6)sinxのグラフ	(5)	(4)	(3)
第6回	(7)sinxの周期	(6)	(5)	(4)	(7)cosxのグラフ	(6)	(5)	(4)
第7回	(8)tanxの周期	(7)	(6)	(5)	(8)tanxのグラフ	(7)	(6)	(5)
第8回	(9)三角関数の相互関係	(8)	(7)	(6)	(9)sin3xの周期	(8)	(7)	(6)
第9回	(10)第3象限の動径の図示	(9)	(8)	(2)	(10)tan(x/2)の周期	(9)	(8)	(2)
第10回	(11)a ³ +b ³ の因数分解	(10)	(9)	(3)	(11)sinx, cosxの和 積	(10)	(9)	(3)
第11回	(12)a ³ -b ³ の因数分解	(11)	(10)	(4)	(12)sin(-9π/4)の値	(11)	(10)	(4)
第12回	(13)動径の表す一般角	(12)	(11)	(5)	(13)三角方程式	(12)	(11)	(5)
第13回	(14)図示された三角不等式	(13)	(12)	(6)	(14)三角不等式	(13)	(12)	(6)

(1)直角三角形の三角比

(1)120°などの三角比

イ 小テスト 期

期を終え、生徒からもおおむね好評(エ アンケート結果参照)であったが、A・B 4問ずつは、採点も含めると時間がかかってしまった。また、復習の間隔を広げながら、もう少し長い期間で実践してみようと考えた。そこで、小テスト 期では、中間考査がなく、行事等で授業間隔も比較的あく3学期に実施した。また、出題数を最多でもA・B 3問ずつの計6問に減らし、特に一つの項目に対する3回目の出題は、間隔を1週間以上あけることを原則として出題計画(表3)を立てた。単元は微分法と積分法である。なお、答案を回収されると復習ができないという要望があったので、 期では答案を回収しないこととし、その分、B問題では出題ごとに難度を上げた。

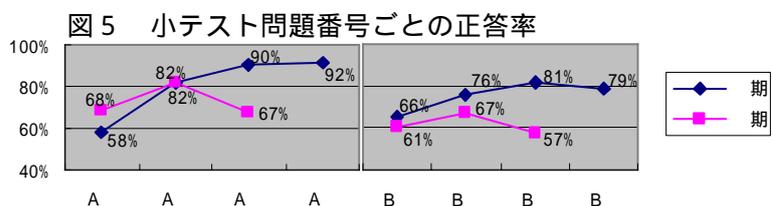
表3 小テスト計画表 期(微分法と積分法 間隔を少しずつあけて出題)

	A問題	A	A	B問題	B	B
第1回	(1・2)平均変化率の定義			(2)平均変化率の値(a~a+h)		
第2回	(3)微分係数の定義	(1・2)		(3)極限値の計算	(2)	
第3回	(4)導関数の定義	(3)		(4)導関数の計算(定義)	(3)	
第4回	(5)微分の公式	(4)	(1)	(5)導関数の計算(公式)	(4)	(1)
第5回	(6)直線の方程式	(5)	(2)	(6)接線の方程式	(5)	(2)
第6回	(7)導関数と増減の関係	(6)	(3)	(7)増減表と増減	(6)	(3)
第7回	(8)極大値・極小値の意味	(7)	(4)	(8)極大値・極小値	(7)	(4)
第8回	(9)不定積分の公式	(8)	(5)	(9)不定積分の計算(単項式)	(8)	(5)
第9回	(10)不定積分の性質	(9)	(6)	(10)不定積分の計算(多項式)	(9)	(6)
第10回	(11)[F(x)] _a ^b の意味	(10)	(7)	(11)定積分の計算	(10)	(7)
第11回	(12)定積分の性質(和・差)	(11)	(8)	(12)定積分の計算(係数分数)	(11)	(8)
第12回	(13)定積分の性質(その他)	(12)	(9)	(13)定積分の和	(12)	(9)
第13回	(14)面積と定積分	(13)	(10)	(14)面積(1曲線と3直線)	(13)	(10)
第14回	(15)面積と定積分(f(x) 0)	(14)	(2)	(15)面積(1曲線と1直線)	(14)	(1)

(1)平均変化率の値(a-b)

ウ 小テスト記録表集計結果

期、 期ともに、生徒が記入した記録表を回収し、問題番号ごとの正答率を集計(図5)した。



～ の問題番号は、同じ問題について何回目の復習かと考えることができる。まず気が付くのが、前時に学習したばかりの内容を確認する の正答率が低いことである。授業は聞いていても、公式がうろ覚えであったり、出題形式が少しでも変わると対応できない生徒が多いことがわかる。また、 期は比較的短期間に等間隔で出題しているため、正答率は回数を重ねるごとに順調に上がっている。それに対し 期に関しては、 と の間隔が広いので、正答率は下降している。 期より正答率が落ちているため、一見悪い結果のように感じるが、受験勉強を含めた本当の知識、つまり「長期記憶」にするためには、 期程度の比較的あいた間隔で「覚える・忘れる・思い出す」のサイクルが必要なのではないか。

エ 生徒アンケートの実施及び結果

質問1 毎時間の「小テスト」について、その内容が記憶に残っていて、今回の定期考査に役に立ちましたか。
 質問2 「小テスト」について、今後も継続した方が良いですか。
 質問3 「小テスト」について、ここまで実施した感想を自由に書いてください。

図6 【質問1 集計結果】

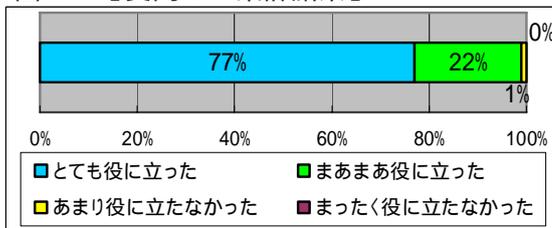
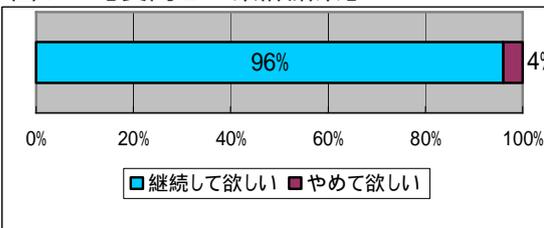


図7 【質問2 集計結果】



【質問3 主な意見】

- ・ 毎時間の小テストはやったことを忘れるということがなくなったのでとてもためになったし、良かったと思う。これからも続けて欲しい。
- ・ 小テストのおかげで公式とかも速く暗記できてよかった。授業の最初に簡単な計算をやることで、脳を切り替えできる。
- ・ 何度も繰り返し同じ問題を解いたおかげで頭に入って助かりました！小テストで になりたいたから復習する気も起きたし、すごく良かったと思います。
- ・ 始めはできなかった問題も、繰り返しやればできるものだなと実感しました。
- ・ 小テストをやったおかげで、定期考査前になっても問題の解き方がわからなくなるってことがなくなったので、とても良かったです。
- ・ 毎回繰り返しテストすることでわからない所も見えてきて、弱点も見つけられて良かった。ミスも少なくなったのでこれからも続けて欲しいです。
- ・ 役には立つが（小テストに時間を割いた分だけ）授業スピードが速くなるのがダメだと思う。
- ・ 問題が回収されて正しい答えが何なのか忘れてしまうので、できれば答えを返して欲しいです。
- ・ 覚えやすかったです。でも、他の人のテストの点上がるからやめて欲しい。
- ・ 目標正答率に全然届いてなく、復習が足りないと思いました。B問題などの応用もきちんと理解をしていないからできないのだろうと思いました。

オ 考察

非常に多くの生徒が、小テストの効果を感じているようである。本来であれば、自分で復習して授業に臨むことが望ましいが、毎日の授業内容をこまめに復習している生徒はそう多くない。そうした中、授業の始めの数分で前時までの内容を思い出すことができるので、今までよりも授業効率を高めることができたようである。また実感として、考査前の時期に、基本的な内容の質問が普段よりも少なく感じたことも、この小テストに起因しているように思う。

4 実践 語呂合わせの活用 - 知識記憶と経験記憶 -

三角関数の単元において、加法定理の証明後、補助的に「語呂合わせ」を活用する。語呂合わせというと学校現場では「邪道」扱いされがちだが、脳科学的には実に効率の良い学習法である。ここでは、より効果的な語呂合わせの活用方法について考える。

(1) 脳科学的な考察

先に短期記憶と長期記憶の違いについて述べたが、長期記憶の中にもいくつかの種類がある。そのそれぞれの特徴について確認する。

ア 経験記憶と知識記憶

まずは二つの記憶について紹介しておきたい。過去に自分が実際に体験したことは比較的容易に思い出すことができる。このように自分の過去の経験が絡んでいて、自由に思い出せる記憶のことを「経験記憶」と呼ぶ。一方、人から教わったり、ただ情報を見聞きしただけの記憶は思い出しにくい。このような知識や情報の記憶のことを「知識記憶」と呼ぶ。例えば何かを思い出そうとしても思い出せない、つまり「ど忘れ」をしてしまうような場合、その対象が人やものの「名前」であることが多い。これが知識記憶である。知識記憶は自在に思い出すことが難しく、思い出すには何らかのきっかけが必要となる。しかし、学校の授業内容で覚えなければならないもののほとんどはこの知識記憶で、何か思い出すきっかけが与えられないと思い出すことができない。そのきっかけとは、他のものとの「関連」である。この「関連」の内容は様々であり、例えば「教科書の ページの右上に書いてあった内容」であったり、「体育祭前日の授業でやった内容」であったりする。そして、この「関連」が強ければ強いほど、また「関連」している数が多ければ多いほど、容易に思い出せるのである。こうした「関連」をさせる有効な方法の一つが「語呂合わせ」なのである。例えば「1192(いいくに)つくろう鎌倉幕府」は「1192年」という知識記憶と「鎌倉幕府」という知識記憶を一つの文が関連付けている典型例(現在では鎌倉幕府の成立を「1185年」とする教科書もある)である。

イ 語呂合わせと経験記憶

語呂合わせは、記憶という観点でとても有効な手段であるが、さらにその効果を高めるための工夫を考えていきたい。語呂合わせを覚えるときは、言葉のリズムやノリだけで覚えるのではなく、意味していることをきちんと「想像」することが大切である。先の「1192つくろう...」も、ただ言葉だけで覚えるのではなく、「源頼朝がどのような気持ちで鎌倉に幕府を開いたのか...」といったストーリー性を持たせて覚えると、「関連」が強くなり、記憶はより補強される。さらに、既存の語呂合わせを覚えるよりも「自分で作る」と一層効果的である。語呂合わせを自分で作る過程で、多くの試行錯誤中に「関連」が強くなり、さらには作るという経験により、もともと「知識記憶」であったものが「経験記憶」となる。そこに、自分の経験も結び付けて記憶するとさらに効果は大きく、語呂合わせの意味している状況を具体的に想像できるようにもなり、完全に経験記憶となるのである。

(2) 語呂合わせの実践

ア 語呂合わせコンテストの概要

加法定理については、有名な語呂合わせがいくつもあるが、(1)のことを踏まえ、自ら考えさせた。また、考えた内容を提出させ、優秀作品を選んで紹介するといった「語呂合わせコンテスト」を実施した。

イ 語呂合わせコンテストの実施方法

加法定理の導入時に「語呂合わせコンテストエントリー用紙(図8)」を配付し、次回授業時までの課題とした。次回授業時にエントリー用紙を回収し、集計した後に優秀作品については作品一覧(図9)として配付し、紹介した。

図8 生徒作品記入例

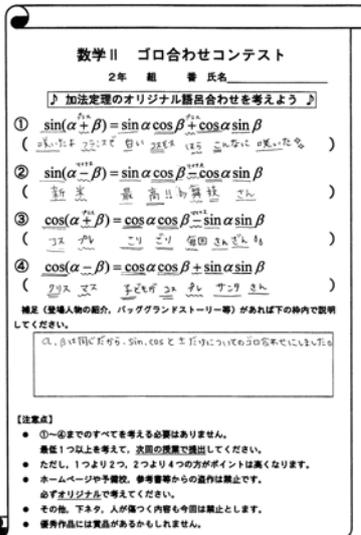


図9 語呂合わせコンテスト優秀作品例

<p>語呂合わせ No.1 Sさんの作品 ひっ <u>こ</u>すと <u>こ</u> <u>こ</u>は <u>シー</u> <u>サー</u> (-)(cos) (cos)(cos)(+) (sin)(sin) シーサーがある沖縄へ引っ越したという話。</p> <p>語呂合わせ No.2 Hさんの作品 <u>サイン</u> 会 開催 <u>最</u> 高 の <u>後</u> 妻 (sin) (+) (sin)(cos) (cos)(sin) <u>サイン</u> 会 中 止 <u>在</u> 庫 の <u>後</u> 妻 (sin) (-) (sin)(cos) (cos)(sin) 後妻はたぶん前の奥さんから奪ったぐらいだから、 キレイな女性だろうという予想と想像と妄想です。</p> <p>語呂合わせ No.3 Uさんの作品 <u>サク</u>ツと<u>コン</u>ガリ、<u>小</u>池屋<u>スコ</u>ーン (sin) (cos) (cos) (sin) <u>コ</u>マツタ<u>コ</u>マツタ<u>マ</u>ア <u>サン</u> <u>ザ</u>ン (cos) (cos) (-) (sin) (sin) ピクニック中に、少年が「小池屋スコーン」を食 べていたが、びっくりして湖に落ちてしまい、 困り果てました。急いで取りに行きたけど、中身 は散々な結果となりました。</p> <p>語呂合わせ No.4 Oさんの作品 <u>シミ</u>が増えた！<u>シミ</u>がここにもここにも<u>シミ</u>が... (sin) (+) (sin) (cos) (cos) (sin) <u>シミ</u>が減った！<u>新作</u>コスメで怖い程<u>シミ</u>が減った！ (sin) (-) (sin)(cos) (cos) (sin) (-) おばちゃんの日々の戦い。</p> <p>語呂合わせ No.5 Iさんの作品 <u>最</u>後に<u>出</u>したら <u>最</u>高の<u>上</u>がり <u>国</u> 土 無 双 (sin) (+) (sin)(cos) (+) (cos)(sin) 今週の土日は<u>コ</u> <u>ユ</u>スに <u>二</u> 時 集 合 で (cos) (+) (cos)(cos) (-) (sin)(sin)</p> <p>語呂合わせ No.6 Sさんの作品 被 災 者 は <u>最</u> 高 の <u>コ</u> ス ト 削 減 (-) (sin) (sin)(cos) (cos)(sin) (-)</p>	<p>語呂合わせ No.7 Nさんの作品 幸 せ は <u>新</u> 婚 + <u>コ</u> サ ー ジ ュ (sin) (+) (sin)(cos) (+) (cos)(sin)</p> <p>語呂合わせ No.8 Sさんの作品 <u>こ</u>ん <u>び</u>らは <u>こ</u> <u>こ</u> <u>ま</u>です <u>す</u>め (cos) (+) (cos)(cos) (-) (sin)(sin)</p> <p>語呂合わせ No.9 Iさんの作品 <u>光</u>れ！<u>光</u>り <u>輝</u>け <u>輝</u>け <u>光</u> (sin) (sin)(cos)(cos)(sin) <u>コ</u>ー <u>ヒ</u>ー <u>濃</u>すぎる <u>足</u>そう <u>砂</u>糖 (cos) (-) (cos) (+) (sin) <u>サイン</u> <u>シャ</u>イン <u>光</u></p> <p>語呂合わせ No.10 Iさんの作品 <u>サン</u> <u>タ</u>が <u>サイ</u> <u>コ</u>ロ <u>十</u> 個に<u>サイン</u> (sin) (+) (sin)(cos) (+) (cos)(sin) <u>コ</u> <u>ニ</u>ラ <u>ゴ</u>ク <u>ゴ</u>ク <u>炭</u> 酸 <u>シ</u>ョウ (cos) (-) (cos)(cos) (+) (sin)(sin)</p> <p>語呂合わせ No.11 Mさんの作品 <u>新</u> 米 事 故 <u>米</u> <u>コ</u> <u>シ</u>ヒカリ (sin) (-) (sin)(cos) (-) (cos)(sin) <u>こ</u>じ <u>ま</u> <u>二</u> 個 <u>タ</u> <u>ニ</u> <u>シ</u> (cos) (-) (x2)(cos) (+) (x2)(sin)</p> <p>語呂合わせ No.12 Nさんの作品 コンニチ 今日 晴(正)天 日光(ニッ コ ニ) サン サン (cos) (+) (x2)(cos) (-) (sin)(sin) 甲 府(負)の 高 校 生(正)は 紳 士 的 だ (cos) (-) (cos)(cos) (+) (sin)(sin)</p> <p>語呂合わせ No.13 Nさんの作品 恋 恋 焦 が れ て 少 し せ つ な く (cos) (cos)(cos) (sin)(sin) (-) 失 恋 恋 心 あ っ て も 彼 女 (she) と す れ 違 い (-) (cos)(cos)(cos) (+) (sin)(sin)</p>
---	--

ウ 生徒アンケートの実施及び結果

質問1	加法定理(三角関数)の「語呂合わせコンテスト」について、その内容が記憶に残っていて、今回の定期考査に役に立ちましたか。
質問2	「語呂合わせコンテスト」への取組について、自分に対しての正直な評価をしてみてください。
質問3	「質問2」で、「あまり真剣に考えなかった」または「まったく考えなかった」を選択した人だけに質問します。その理由はなぜだと思いますか。
質問4	「語呂合わせコンテスト」について、実施した感想を自由に書いてください。

図 10 【質問 1 集計結果】

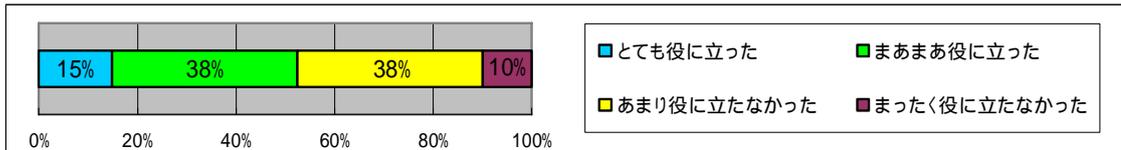


図 11 【質問 2 集計結果】

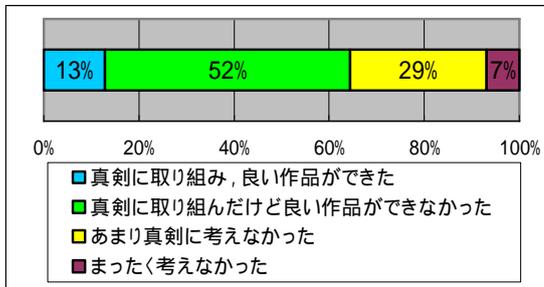
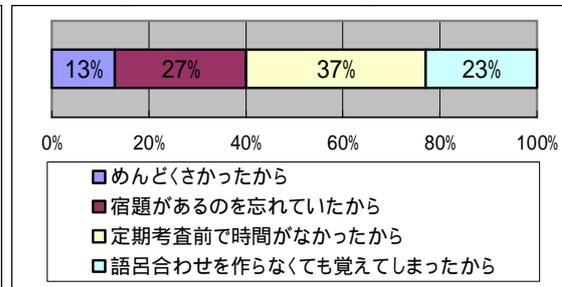


図 12 【質問 3 集計結果】



【質問 4 主な意見】

- ・ 語呂合わせを考えるのは案外むずかしくて、あまり良いのが思い浮かばなかった。
- ・ こういうの苦手です...。ただ、友達の話が良かったので、それで覚えました。
- ・ 考えるのが大変だったけど、自分で作った分、頭に残っていてテストの時に使えた。
- ・ 最初本当に思いつかなくて苦戦しましたが、だんだんおもしろくなってテンション上がって...。変な作品ができてしまいました。たぶん自分のゴロは役に立った気がしますー。
- ・ 思ったよりも、思いついた。自分で考えたものだったので、いつまでも頭に残っていて、すぐに思い出すことができた。
- ・ まったく面白いのができなかった。残念。無念。自分の面白くなさに悲しくなりました。
- ・ コンテストのおかげで一つは覚えられたけれど、テスト前にやるのはきつかったです。
- ・ 考えるのは楽しかったけど、どんな風に作ればよいのかいまいちわからなかった。例を挙げて欲しかった。でも問題を解くときはすごく役に立った。
- ・ 下ネタが禁止で相当悩んだ。
- ・ あまり役に立たなかった。ぶっちゃけ、先生が言ってくれた tan のだけが頭に残ってる。
- ・ 語呂合わせを考えて覚えるより、丸暗記の方が早い。
- ・ 語呂合わせコンテストとかをやるとおもしろい！でも考えるのがすごい難しかった。

エ 考察

質問 1 については、今回の研究で行った実践のすべてで同じ質問をしているが、この「語呂合わせ」が最も「役に立った」と答えている割合が少なかった。その理由としては、質問 2～4 の結果から「良い語呂合わせが思いつかなかった」が一番多かった。他人から教わった語呂合わせでも、ある程度は覚えることは可能であるが、生徒それぞれに「経験記憶」として覚えてもらいたかったため、今回はあえて自作での語呂合わせを考えさせたので、このような結果が出たのであろう。その分、自分で時間をかけて考えたために、良い作品ができなくても試行錯誤する過程において、しっかりと覚えることができた生徒も多い。実際に優秀作品を含め、それなりの作品を作ることができた生徒は、質問 1 で「とても役に立った」と答えている割合がとても高い。やはり、自分で語呂合わせを考えるという作業自体はとても効果があったと考えられる。本来であれば良い作品が思いつかなかった生徒についても他の生徒の作品等で覚えられれば良いのだが、残念なことに授業時数の関係で優秀作品を全体に紹介する前に定期考査を迎えてしまった。定期考査前で余裕を持って作成に時間をかけられなかったという意見もあるので、同様のことを実施する際は、その実施時期についても検討すべきであると感じた。

5 実践 脳を活性化させる授業実践 - L T P の起こし方 -

私の現状を踏まえても、高校の授業形式としては依然として講義形式が多い。しかし、小学校や中学校では、生徒に体験的な作業をさせたり、コンピュータを用いたりする授業が多く取り入れられている。これらの授業形式の効果を再検証する。

(1) 脳科学的な考察

講義形式よりも体験的な授業の方が記憶に残る脳科学的根拠は、先に述べた経験記憶と知識記憶の違いもあるが、他にも「L T P」と呼ばれる現象が挙げられる。

ア 記憶力が高まる状態

「好きこそ物の上手なれ」の諺のとおり、他人からするととても覚えられないようなことでも、自分が興味を持っているものならば不思議と覚えられてしまうものである。このように、あることを記憶する際にその人の置かれている環境やその時の精神状態によって記憶の効率が高まるのが最新脳科学で確認されている。これは、記憶に関わる脳部位（海馬）のシナプスと呼ばれる脳神経細胞同士の結びつきが、通常より強くなっている状態の時に起こる現象である。この記憶能力が高まっている状態を「長期増強」、あるいは「L T P (Long-Term Potentiation)」と呼ぶ。この「L T P」という現象がいつ起こるのかを考えていけば、生徒の記憶力を高める、つまりは記憶に残りやすい授業にすることが可能といえる。

イ L T P を引き起こす方法

では、その「L T P」はいつ起こるのであろうか。その要因の一つは「シータ波」と呼ばれる脳波である。リラックス時に生じるのが「アルファ波」、イライラしている時に生じるのが「ベータ波」。それに対して「シータ波」は、人が「好奇心」を抱いている時に生じることがわかっている。初めてのものを見たり、未知の場所に来たりすると生じる脳波である。反対にいつも見慣れたものに対して興味が薄れてしまうとシータ波は生まれない。「L T P」を引き起こすには「新鮮さ」が大切である。

「L T P」を引き起こすもう一つの要因は、「扁桃体」と呼ばれる脳の神経細胞を活動させることである。「扁桃体」は、海馬の隣にある小指の爪くらいの小さな場所で、喜び、怒り、悲しみなどの感情を生み出す場所であることが知られている。記憶に関わる海馬の隣にあるせいか、この「扁桃体」が活動すると「L T P」が起こりやすくなるのである。言い換えれば、「扁桃体」が活動するほど感情が盛んな時には、記憶力が高まるということである。確かに昔のことで覚えていることといえば、楽しかった行事や悲しかった事件といった、感情の絡んだことが多い。

(2) 二つの授業実践

(1) のことを踏まえ、普通の授業と異なり、生徒が新鮮な気持ちで授業に臨むことができるように、体験的な授業とコンピュータを用いた授業を実践した。黒板だけによる授業よりも、作業を行ったりコンピュータで提示される授業の方が、興味を持つ生徒の割合も多いであろう。こうした状況がシータ波を生じさせ、「L T P」を引き起こすと考えた。

また、体験的な作業やコンピュータを用いて、生徒を感動させたり楽しませたりすることができれば、偏桃体を活動させることにより「LTP」を発生させ、生徒の記憶により残りやすい授業となると考えた。

ア 体験的な授業の実践

三角関数の単元において、弧度法の導入時にハサミで紙を切り取る作業を実施した。「180度 = π 」を表す半円が複数かかれたプリント(図13)を用意し、それらをハサミで切り取り、さらに等分することにより30度や45度といった基本角を弧度法で感覚的に理解させた。また、できたものはこれ以降の授業で利用した。

図13 作業プリント

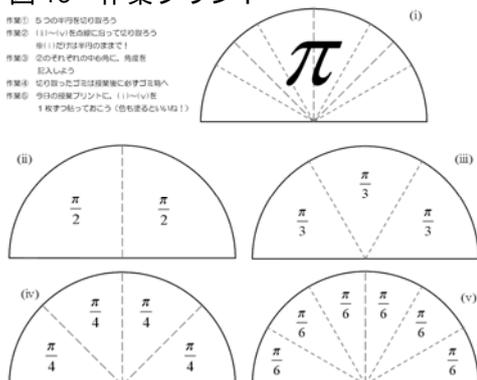


図14 作業風景



イ コンピュータを用いた授業の実践

三角関数の単元において、三角関数のグラフの導入時にコンピュータ(以下PC)室で授業を行った。プレゼンテーションソフト(図17)をメインとし、授業内容をPC室正面のメインスクリーン、及び生徒2人に1台の割合で配置されているセンターモニタに投影した。グラフ描画時にはグラフ描画ソフト「FunctionView」のデモ機能を利用し、パラメータを変化させることで単位円上の点とグラフの関係(図18)を提示した。

図15 PC室授業風景



図16 センターモニタ

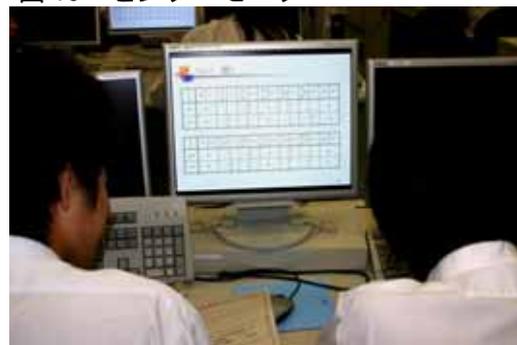


図17 プレゼンテーションソフト 表示例

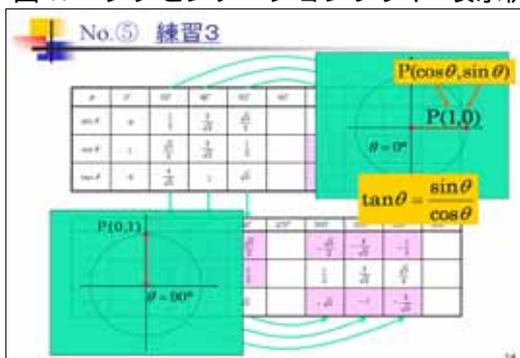
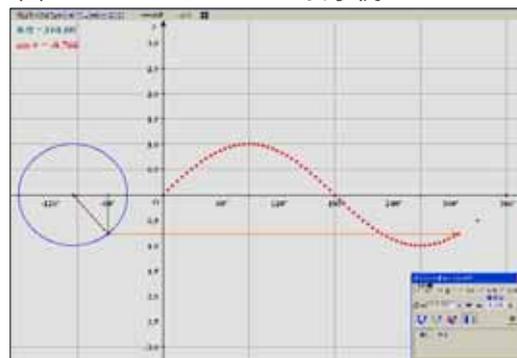


図18 FunctionView 表示例



ウ 生徒アンケートの実施及び結果

それぞれの授業時間内の最後にアンケートを実施した。

質問1 今日の授業の率直な感想は？(あてはまるものすべてに をつけてください)
 質問2 今日の授業の感想を自由に書いてください。

図19 【(体験的な授業)質問1 集計結果】

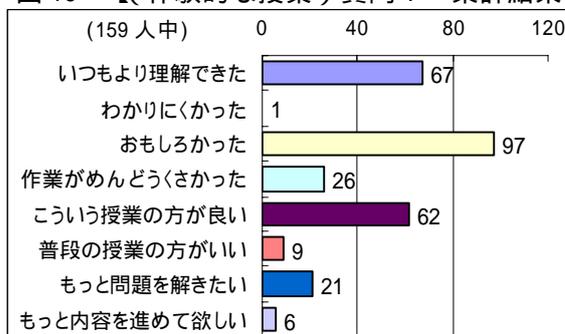
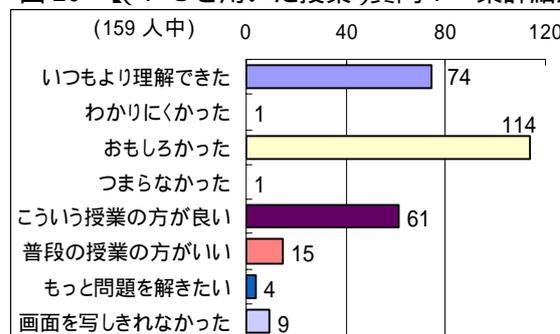


図20 【(PCを用いた授業)質問1 集計結果】



【(体験的な授業)質問2 主な意見】

- ・ 作業があって理解度が増した。あっという間に授業が終わった。
- ・ 話ばかりだと眠くなるから、脳と手を動かさせてよかった(笑)
- ・ 算数じゃなくて、数学でもこういう作業があって楽しかったです!!
- ・ いつもと違う感じの授業で新鮮だった。たまにはこういうのもいいと思った。
- ・ しいて言うなら、作業プリントがガンブラみたいになっていて楽し。
- ・ 事前に、はさみやのりを持ってくるように連絡した方が早く取り組めると思う。
- ・ 紙を切るのが楽しかったけど、ゴミがでたのが難点だと思った。
- ・ 短縮授業のせいもありましたが、もう少し作業時間が欲しいです。
- ・ 理解しやすいが、かなりめんどく。できれば二度とやりたくない。
- ・ 頭の中だけだとわからなくなるから、自分で図を作った方がわかりやすい。
- ・ 最初、作業の方に集中して、問題がよくわかりにくかったけど、答えがわかったとき、この図が本当に役に立ってわかりやすいと気づきました。

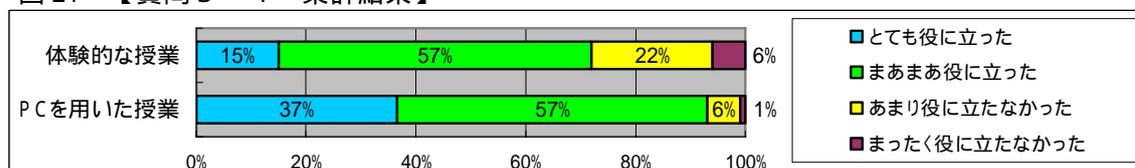
【(PCを用いた授業)質問2 主な意見】

- ・ 表やグラフがとても見やすかった。色使いもきれいでとても見やすかった。
- ・ PC室だったので、いつもと違って新鮮な感じで授業を受けられて良かったです。
- ・ とても楽しい授業でした。また、パソコン室でやりたいです(^o^)
- ・ 黒板では曲線の図はわかりづらいので、映像で見れてわかりやすかったし、面白かった。
- ・ いろんなグラフが出てきたりして、「ちょっと一休み」とかもおもしろかったです。
- ・ 新鮮さがあって楽しかったです。こういう授業の方がいい!!
- ・ 移動(教室)だとテンション上がる。
- ・ 円が、がって動くのが楽しかった。コンピュータってやっぱ楽しい(・v・)
- ・ 黒板のように文字を残しておけないのでプリントを書き写すのが少し忙しかった。
- ・ PC室まで行くのが面倒です。体育祭の次の日の移動教室はつらい。

また、これらの授業内容を試験範囲とする定期考査後に、先の「小テスト」・「語呂合わせ」と同様のアンケートを実施した。

質問3 体験的な授業(弧度法:ハサミで半円を切る作業)について、その内容が記憶に残っていて、今回の定期考査に役に立ちましたか。
 質問4 コンピュータを用いた授業(三角関数のグラフ等)について、その内容が記憶に残っていて、今回の定期考査に役に立ちましたか。

図21 【質問3・4 集計結果】



エ 考察

三角関数の単元では、毎年いきなり弧度法でつまずいてしまう生徒がいるので、なんらかの工夫をしたいと考えていた。実際に体験的な授業を実践してみると、生徒からの反応は想像以上に良かった。比較的数学を苦手とする生徒の多くが、質問2で「理解できた」「楽しかった」といった好印象のコメントを書いてくれたのが率直にうれしかった。逆に、質問3で「役に立たなかった」と答えた生徒の多くは、こうした作業をしなくても弧度法を理解できるであろう比較的数学を得意とする生徒であった。「こんなことしなくても…」と感じる生徒もいたかもしれないが、これ以降の授業において弧度法でつまずいている生徒はほとんどいなかったのも、効果は大きかったであろう。

PCを用いた授業については、逆に数学を得意とする生徒から好評であった。特に、グラフがアニメーションで描画された際には歓声すら沸いた。これこそが、「LTP」が引き起こされた瞬間であろう。また、普段の授業と違う教室、異なる授業スタイルといった新鮮さも、多くの生徒には好評であった。しかし、PCによるプレゼンテーション型の授業に慣れていない生徒が多く、また、せっかくの機会だからと内容を多少詰め込み過ぎたことで授業が速くなり、ついていけないと感じる生徒がでてしまったことが反省点として挙げられる。

6 おわりに

高等学校学習指導要領の数学科の目標は、『数学的活動を通して』から始まる。これは、小学校及び中学校においても同様である。このことは、数学的活動を一層重視しており、講義形式の授業だけでなく、生徒の理解を深められるような教師側の工夫を求めていると考えられる。また、学年間や学校段階間における学習内容の反復（スパイラル）も学習指導要領の特徴の一つである。今回の研究結果からも、これらが脳科学的に理にかなったものであることがわかる。

今回の研究においていくつかの授業実践を行ったが、いずれにおいても「いつもと違う授業は良い」と感じてくれた生徒が多い。教師側のひと工夫により、いつもとは少し違う授業を生徒が期待しているということを、今回の研究で知ることができた。脳科学の発展の如何に関わらず、いかに生徒に理解させるかといった教師側の努力が重要なことには変わりはない。これからも新旧の情報を収集しながらそれらをうまく活用し、生徒の理解を深められる授業となるように心掛けていきたい。

最後に、今回の研究で参考とさせていただいた『最新脳科学が教える高校生の勉強法』の著者池谷裕二先生をはじめ、このような研究の機会を与えてくださった先生方や御指導・御助言をいただきましたすべての先生方に深く感謝申し上げます。

【参考文献等】

- ・ 池谷裕二著 「最新脳科学が教える高校生の勉強法」 ナガセ
- ・ 池谷裕二著 「記憶力を強くする-最新脳科学が語る記憶のしくみと鍛え方」 講談社
- ・ 文部科学省 「高等学校学習指導要領」平成21年3月
- ・ 文部科学省 「新しい高等学校学習指導要領及び特別支援学校学習指導要領の公示について」(大臣談話)
- ・ 和田啓助作 「高機能関数グラフ・図形表示ソフト FunctionView」