研　究　集　録

第 30 集

昭和62年度

大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校

大阪教育大学教育学部附属高等学校天王寺校舎

まえがき

我々の附属天王寺中学校ならびに高等学校は、大学と緊密な連携を保ちながら、教育実践に関する科学的研究を行うと同時に、教育の研究・実証の場として、常に先進的な試行を積み重ねていかねばならない使命を帯びている。さらに、本校では中・高一貫教育という目的のもとに研究活動を続け、その教育全般にわたる研究成果は、本校での教育研究会、全国附属学校連盟の主催する研究会等を通じて発表され、あるいは研究論文として公表されてきた。本校の教官は、多忙な教育現場にあって、真摯な教科指導、特別活動の指導の中から、授業方法・教材開発等の実践的研究を行ってきたが、本年度もその新しい教育の創造に向けての情熱をこの「研究集録第30集」に結集することができたのは、我々の最も喜びとするところである。

振り返ってみれば、6・3・3制という新学制が導入されて、附属天王寺中学校が設置されたのは、昭和22年4月のことである。貧弱な教育施設・設備・予算のもとでの教育活動は、まさに暗中模索の状態であった。新しい学制をいかにして実のある内容にするかという課題に対して、本校ではガイダンスのあり方に焦点があてられ、1年間の成果は「研究紀要第1集」として、昭和23年12月に発行された。引き続き、ガイダンスの組織と実践、計画の立案と展開等、次々に研究が進められていったが、昭和26年、我国の独立とともに、教育を自主的に考える段階に入り、独立後の教育のあり方とその実践、個を育てる教育等、新しい教育を目指した研究は第7集まで継続された。昭和31年4月、附属高等学校が新設されたのを機会に、中学校・高等学校の教官が一体となっての教育研究態勢が整えられ、ここに中高一貫教育が実現した。そして、昭和32年度には、これまでの研究紀要を改め、新しく「研究集録第1集」として刊行して以来、教育への創意と工夫の集績は営々として、この第30集にまで引き継がれてきている。30年という研究の歩みを思うとき、感慨もまた一しおのものがあるが、先輩諸先生の貴重な研鑽を受け継ぎ、不断の努力を続けてきた30年の研究の歴史は、そのまま我が国の教育界の歴史と見ることができるであろう。

本集を発行するに当り、精魂を込めて責任を果している教官各位に深い敬意を捧げるとともに、我々の明日への教育のために、大方の御批判を仰ぐことができれば、この上もない幸いである。

昭和63年2月8日

大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校長

大阪教育大学教育学部附属高等学校天王寺校舎主任

下村　昇

目　　次

国語教室多元化の視点と展開……………………………………………河　野　文　男……　1

　－「『三国志』を旅し、子規を訪ねる」の場合－

いろいろな曲線の指導について……………………………………………西　谷　　　泉……　17

中・高における論理教育……………………………………………………本　間　俊　宏……　27

数学教育における実践活動とその題材……………………………………森　　　裕　一……　47

親しみの数学教育（１）……………………………………………………柳　本　　　哲……　59

　－中学３年の統計の実践から－

一次変換による不動点、不動直線について………………………………横　田　稔　良……　71

　－２次元の場合の固有値との関連において－

中学・高校理科（化学分野）実験の工夫…………………………………岡　　　博　昭……　79

　－コロイドの実験・金属の酸化の定量実験－　　　　　　　　　　　井野口　弘　治

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　櫻　井　　　寛

呼吸教材の取り扱い…………………………………………………………大　仲　政　憲……　87

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　濱　谷　　　巌

峨眉山（Emeishan）への憧憬 ……………………………………………浅　野　浅　春……101

　－中国中南部地学巡検の旅（その１）－

意欲的に器械運動(マット運動)に取り組ませるために(第２報)…鎌　田　剛　史……127

　－グループ単位の発表会を最終目標にした授業－

意欲的にサッカーに取り組ませるために（第２報）…………………田　中　　　譲……149

外傷者の多発に関する調査と予防…………………………………………成　田　五穂子……167

　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　楠　本　久美子

国語教室多元化の視点と展開

「『三国志』を旅し、子規を訪ねる」の場合

河野文男（こうの ふみお）

はじめに

国語科教育の今日的課題は多い。観点によっては枚挙に暇なしの観があるが、そのうちより次の二点を当面の課題としたい。

① 国語教室の活発化

手を変え、品を変えても国語教室の活発化は容易でない。「問題を解く」ことに慣れ、また、そうすることを勉強と思い込んでいる生徒の場合は特に「受身」の姿勢が目立つ。どこかで身に付けた学習態度なのであるが、それはそれとして、国語教室が沈滞に向かうことには耐えられない。

② 全員参加の国語教室

「ひとり一人を大切に」という理念は毫も揺るぐものではない。それ故にこそ教室の全員が等しく参加して学ぶ必要がある。だが「等しく」を強調するばかりに、低レベルでの妥協があってはならない。生徒ひとり一人は目一杯背伸びし、熱中することが大切である。各々の学力差を超えて教室の全員が学習に取り組むとき、各人の力はいやますに違いない。

以上の観点から、国語教室の多元化を図ることとした。教科書を中心とした学習単元とは別に、各学年にわたって年間の学習テーマを設けるのである。教科書との関連があればその方がより望ましいが、一応は教科書とは別の角度からの学習単元があってよい。じっくり、ゆっくり、1年間かけてこだわり、考え続けるのである。具体的には高Ⅰから高Ⅲの各学年にわたり、各学年の学力等を勘案してテーマを設定するが、学習そのものは1学年単一のものであってもよい。以下その大旨を述べることとする。

尚、先の第50回国語教育全国大会（昭和62年8月1日・2日　会場・国立教育会館　主催・日本国語教育学会）において、「『三国志』を旅し、子規を訪ねる」と題して発表する機会を与えられた。それはここに述べることの概要を発表したものである。

Ⅰ　中学生の子規研究に学ぶ

松山の中学校の6カ月にわたる子規研究のレポートがある。3枚のプリントから出発し、皆で『坂の上の雲』（司馬遼太郎）・「正岡子規」（石森延男）・『正岡子規』（福田清人、前田登美）・子規作品「養痾雑記」・「墨汁一滴」・「病牀六尺」・「仰臥漫録」、を読む。「子規の時代に生きていたなら、お嫁さんになってあげたのに」と言う。ここには、「習う」受身から脱した知的生活とその豊かさの内実がある。目一杯背伸びし、自づからに自己を啓発した中学生たちに学びたい。

子規研究のレポート概要

このレポートは、『伝記 正岡子規』（和田茂樹・長谷川孝士監修　松山市教育委員会編・昭和54年２月10日発行）に掲載されている。その中に、次のような記述がある。

> (ア)　「『父の墓』この詩の中に、私は子規自身がよく出ているように思う。文学者としての子規、人間としての子規、肉親を思う家族としての子規、私は、いろいろな面を知りたかった。」（略）
>
> 子規の作品には、常に二つの面が見られる。病魔と必死でたたかう姿、うちひしがれたように気弱い子規と、反面に、そうした弱さを寸分も許さぬ徹底した写生主義、客観的な冷静さがうかがわれることである。これらは、表裏一体のものに違いない。そして私は、この詩にその両面を見るのである。」（略）
>
> （「子規と私たち」昭和46年度温泉郡川内中学校文芸部）
>
> (イ)「彼等の青春イコール日本の青春であると思う。 明治日本は、日本の青春記である。すべての点で若々しさがあった。日清・日露の戦役に勝ち、子規が俳句の革新ができたのも、国全体に若々しさがあったからだ。その国の勢いは、国の心が若いか老いているかで決まる。ぼくは、今の日本を、老いた国にしてはならないと思う。」（略）
>
> （昭和47年度　松山市立拓南中学校）
>
> (ウ)　＜子規を学習して＞
>
> 「何よりも驚いたのは、子規の精神力の強さである。からだ中ハチの巣のように穴のあいた状態で、横になることも起きあがることもできずにいながら、なおかつ、創作の意欲を絶やさなかったことだ。そしてその中に、私は、子規らしい余裕のようなものを見つけた。例えば、自分が死んでからのことをあれこれと想像し、狭い棺おけではきゅうくつであろうとか、西洋のように花を入れるのはよいとか、それでも埋める役には立つまいとか……せっぱつまったようでいて、そのくせ思わず笑い出したくなるような余裕を感じるのだ。また、えんま大王との会話なんぞは、なんともユーモアがあっておもしろい。こんな子規の顔を想像してみると、「泣き笑い」の表情になるのではなかろうか。上を向いて、最後には、右ひじがだらしくて筆が持てなくなるまで書いた子規の、文学に対する情熱は、すばらしさを通りこして、すさまじく、何かこわい感じさえする。
>
> 生きることの尊さはむろんだが、より充実して生きる、ことについても考えさせられた。
>
> （昭和53年度　松山市立小野中学校）

「学習」とは、この中学生のような様相を呈することをもって一区切りを迎えるものではないか。子規を学んだ生徒たちが、自らの生き方に強い思いを致す姿には、「強い力」がある。更に、このことが、ある中学校のただ一人か二人の生徒のことではないこと、一人か二人の優等生のことではない、ということをよく考えねばならない。子規と松山の縁がいかに深いにしろ、この中学生たちの思いは、いわば普通の中学校の、普通の生徒が等しく思い到った一つの到達点であることを疑ってはならない。かてて加えて、このような「学習成果」には、必ず、厳然たる「教師の努力」が深くかかわっている。

中学生たちをここまで導かれた教師の「学習」への「かかわり」に深く敬服し、かつ、

その「かかわり方」に強い関心を持たざるを得ない。

「教師のかかわり方」については、中学生たちの研究のいきさつを見ることによってうかがい知ることができる。

子規研究のいきさつは、次のように記されている。

> 夏休みの課題として、調べてみることにしよう。教科書には、「北原白秋」があるが、郷土にゆかりのある人だから、「正岡子規」と組み替えよう。と、研究の計画を話し合った。
>
> 「子規をたずねて」(研究計画)
>
> ① 子規について自由な立場で調べる。(夏休みの課題)
> ② 子規研究の経過発表(夏休み明け)
> ③ 柳原極堂口述「子規の話」を読む。(9月)
> ④ 子規について話し合い、テーマを決め、グループを組んで自主共同研究を始める。(9月)
> ⑤ 共通資料づくり。(9月10日)
> ⑥ 共通資料を読み、話し合う。(11月)
> ⑦ 研究発表会「子規をたずねて」(12月)
> ⑧ 研究を反省し、今後の研究について話し合う。
>
> **子規に魅せられて**
>
> 楽しい夏休みの直前に私たちは、先生から3枚のプリントをいただいた。「松山の文学碑分布地図」・「子規研究参考文献一覧表」である。
>
> また、先生自作のスライドを見せていただいた。なんでも先生の親しい仲間が共同制作し、子規のグループ活動を地でいったものだそうだ。自慢そうにおっしゃる。果たしてなかなかの芸術作品である。(略)
>
> 参考文献を求める動きが見えはじめ、学校図書館に、市内の書店にと、足を運びはじめた。
>
> 今まで、なにげなく見過ごしてきた新聞に、子規関係の記事が多くみられ、私たちは、競ってスクラップ作りをはじめた。研究ノートに記録し、友だちと交換しては研究の遅れを取り戻した。(略)
>
> 私たちの活動の範囲は教室を越え、県立図書館へ、子規堂へ、またデパートの古書展へと広がっていき、開放的な学習となった。
>
> 今まで、見えなかった資料がどんどん見えてきた。銀行のサービスのパンフレットやお菓子の由来の説明書きなど、研究ノートはぶ厚くなっていった。
>
> **お嫁さんになっても**
>
> 研究が深められていくと、俳句や短歌の改革者としてだけでなく、全人生を生きぬいた彼の人間性に新鮮な感動を覚えていった。わけても、想像を絶する病床の苦痛のうちに、強い意志を持って、現実をあるがままに認めて生きていく子規の精神力に驚き、恐ろしいほどの感動を受けた。
>
> 短歌、俳句から子規と切り結ぶのでなく、「人間子規をたずねる」をテーマにしようとみんなの心は決まった。9月、グループを組んで、再び研究のスタート

をきった。

＜研究テーマ＞

◦子規の生いたち。　◦子規と野球。　◦子規と松山。　◦子規の旅。

◦子規の業績。　◦子規をささえた人々。　子規の作品。

◦当時の社会のようす。

先生のアドバイスを受けながらであるが、多面的な取り組みとなった。資料はなかなか入手できず、また、難しく、ずいぶん苦労をした。しかし、子規に魅せられた私たちは、「子規を知りたい。」という一念で、それを乗り越えていった。そして、研究が進めば進むほど、私たちをとらえて離さないのである。なぜだろう。

9月19日は「糸瓜忌」（子規の命日）である。報道機関による資料も多く入手できた。私たちは、研究のアンテナを高く掲げて、どんな情報もキャッチしていった。

一方、体育大会には、「鴨中版子規」も登場し、笑いを誘った。有田君の子規は、役になりきった感じだ。浴衣にはかまといういでたちで、俳句をよんだ。また、女子の中には子規に明け暮れ、「子規の時代に生きていたなら、お嫁さんになってあげたのに。」と熱中していく姿も見られるようになっていった。

資料による読み深めと、文学散策・文献探索などの、「足で読む」学習とが、車の両輪のように展開していった。

子規像を求めて

私たちの研究は深まり、子規についての知識は収集されていくのであるが、表面的に受け取り、人間子規の心のひだにくいいるような内容的な読み深め合いに欠ける傾向となった。

また、グループ内の交流は盛んであるが、学級全体の話し合いの場が少ないため、かた寄った見方をしがちである。そこで、悩み苦しみながら、常にユーモアと新しさを求めて生きぬいた子規の姿が表現されている作品の抜すいを、共通資料として読み合うことにした。

＜共通資料＞

◦「坂の上の雲」司馬遼太郎　◦「正岡子規」石森延男　◦『正岡子規』福田清人・前田登美

◦子規の作品から－「養痾雑記」・「墨汁一滴」・「病牀六尺」・「仰臥漫録」

資料の選定は、先生が中心であったが、資料は手づくりで、私たちが分担して書写した。先生の朗読を交じえながらの資料の読みである。

腕白ぶりを発揮する山口君も、子規は高慢な感じで好きになれないと言っていた桐野さんも、しんと心をしずめて読み浸っている。

多面的な子規の活動に目をみはり、子規は偉い人でどうしても遠くの人という感じがぬぐい去れなかったのに、『坂の上の雲』の中では、カンニングをしたり、親友秋山真之らと寄席でやじったり、落第したりするので、そっと胸をなでおろし、子規さんにいっそう親しみを覚えてきたときんづけする人も現れて来た。

共通資料の読みの話し合いにはいる前に、各自、子規像を紹介文として書いた。

- 「肝の太い人」　坪田　健一くん
- 「強い人」　大野　真由美さん

　自分の命を子規ほどすばらしく使った人はないと思う。激しい苦痛のあいまをみては、多くの作品を書いている。子規って強い人だ。どこで子規はそんな強い精神を鍛えてきたのであろう。

　もう死がそこまで迫っているのに俳句を三句もつくっている。死の前々日まで、「病牀六尺」を書き続けた。子規の命にはどこまでもむだがない。自分の命の長さを知ってそれを自覚したのだろう。重病で精神まで弱っていればこんなことができるはずがない。子規は強い人だ。

- 「故郷を愛した人」土岐　小百合さん
- 「食いしんぼう」　浜田　浩　一くん
- 「孤独な人」　村上　恭　子さん

これらの紹介文を読み合い、「ユーモア〕・「新しさ」・「強く生きる」の三点から、子規像を求めて話し合いを展開していった。

―（略）―

子規をたずねて（研究発表会）

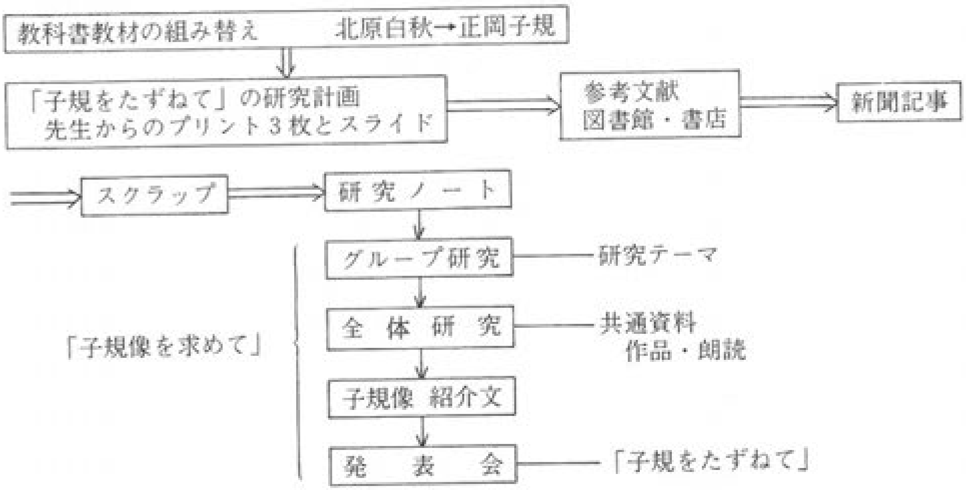
6ケ月の研究の集績である。……（略）

むすび

私たちの研究はほんのスタートである。しかし、研究をとおして、ふるさと「松山」を誇り、愛する心が自然にはぐくまれてきた。私たちはこれからの人生で苦難に出会ったとき、子規を思い起こしてきっと乗り越え、強く生きられるように思える。子規は私たちの心にいつまでも生き続けていくだろう。（略）

研究期間－昭和52年7月～12月
（松山市立鴨川中学校　2年）

この研究報告の概略をまとめると次のようになる。



6ケ月にわたる生徒たちの目の輝き、生き生きと「学習」する姿がある。「学ぶ」とはこうでなくてはかなうまいと思わしめる姿がある。レポートを活字で見るだけで、生徒たちの生きた姿にぞくぞくするほどの感動を覚える。〔教育にかかわる〕とはこうでなくてはかなうまい。

生徒たちのこのような歩みは、子規へのかかわりにおいて持続された。子規へのこだわりがあった。が、そのこだわりが、「国語学習」の根幹に触れるものであったことを重視したい。その子規へのこだわりに「かかわった」先生方は、決して「子規の偉大さ」のみを教えようとされたのではあるまいし、生徒たちも又、結果的に「子規の偉さ」のみに敬服し、中学で学んだことを「有意義」とする訳ではあるまい。生徒たちは、確かに子規山脈に敬服するが、今一つ生徒たちにとって確かなことは、子規を学んだ日々の、あれやこれやのことではなかったか、と思われる。1日30キロも自転車で汗を流したこと、木陰に埋もれた子規の句碑を見つけて喜んだこと、皆でしんとなって朗読を聞いたこと、一生に一度の大仕事のように発表会に臨んだこと、それらの一つ一つをとおして、いい友と、いい先生と、楽しい中学生活を送っていることを喜んだのに違いない。微細を極めた教科書教材の読解や幾千編の名文の学習に勝るとも劣らないものであることは、生徒にも、それにかかわられた先生にも十分に体得できるものに違いないと思われる。「習う」という「受身」から脱した、知的生活とその豊かさの内実があふれているレポートに多くを学びたい。

Ⅱ　学習単元の多元化

先の発表（国語教育全国大会）では、「『習う』日常に『考える』生活の柱を」とサブタイトルを付して単元構成の概略を述べた。高Ⅰから高Ⅲまでの、各学年の研究テーマを定め、教科書を中心とした学習と並行して学習するものである。

1.　「友情論」をめぐって－高Ⅰ

学生時代に一生涯の礎石を求めるとき、その最大のものは友を得ることではないか。自らがいい友になるためにも、自他のあり方をじっくり考えてみよう――これを「考える」生活の柱にすることで、高校一年をスタートする。

- 「自己について」（矢内原伊作　『現代人生論ノート』）
  読書体験・生活体験――→「友人について」（一学期初・第一次作文）
- 「子規の交友」（伝記正岡子規）→「友人について」(二学期初・第二次作文)
- 「徒然草の交際論」・意見会―→「友人について」（三学期初・第三次作文)

ここで言う「友情論」の取り組みは昭和53年からのもの、次の「三国人を訪ねて」は昭和51年からのものでかるから、直接的に松山の中学生に学んだ訳ではなきが、昭和54年以後は、先の中学生たちのレポートが強力な支えとなっている。

さて、「友情論」を最初に取り入れたのは、高Ⅱにおける「表現力育成」の一環であった。教科書教材、子規の交友、「三国志」の中の言葉、「徒然草」の交際論、を順に加えることによって第三次作文まで書き進め、確かな論拠を持った友人論を展開することによって、豊かな表現力を培うことを目指したものであった。要は、自らの友人観に、次々と「考える素材」を加え、より深く、幅広い友人論を完成させることにあった。その後、あれこれの試みを経て、ようやく近年には高Ⅰへの定着をみるようになり、その位置づけも、

表現力育成の視点と同時に、「考える生活」の基本テーマとして、「友情論」に取り組むこととした。

テーマ「友情論」の視点は、一つに、「友を得る」ことの重要性である。実際、高Iという学年を強力に支えている柱は「友人」である。自ずら興味、関心も高い。1年間の持続的思考に耐え得るテーマである。

二つ目は、高校1年を「考える生活」即ち「知的生活」にしようということである。そのために、読んだり、書いたり、討論したり、発表したりという、いわば教科書以外の「知的苦業」も敢えてやろうと話し掛けることからスタートする。「知的生活」「知的苦業」なる言葉遣いは勿論生徒への励ましであり、明るい雰囲気で発奮することを期待してのものである。

具体的な学習の展開は、「友人について」という題で、第一次から第三次まで書き進めるものである。第二次には「子規の交友」を、第三次には「『徒然草』」の交際論」を新たな内容として加える。そして高Iの終わりに、ひとまず生徒ひとり一人の「友情論」が完成することになる。日々の生活に「友人」を見ること、そして自らの「友人論」を完成することに啓発的意義を期するものであることは言うまでもない。

第二次作文の「子規の交友」には「伝記　正岡子規」より次の部分を抜粋する。

① 子規の友人観——友人を三等に分けたこと、友人評を好んだこと、など。
② 漱石との交友——終生にわたる2人の交友。
③ 子規の青春——ボール狂時代、その他。
④ 子規の仲間——野球仲間、その他。

子規の青春時代における交友について知ることを主眼とする。

第三次作文の「『徒然草の交際論」には、「徒然草」の次の部分を抜粋する。

① 第12段　「同じ心ならん人と……」
② 第170段　「さしたる事なくて人のがり行く、よからぬことなり。……」
③ 第117段　「友とするにわろき者、七つあり。……」

「徒然草」の交際論を取り入れるのは、見方、考え方を広げるためである。

一学期から三学期に至るまで、それぞれの学期始めと終わりに授業の中に組み込む。授業とは一応離れたところで進める。「友情論」を展開するに当たっては、上に記したもののほか、他の書物からの引用、「友情」「友人」に関する諺、名言調べ、表現上の工夫をしながら「友情論」を練り上げてゆくのであるから、全員が各々一応は納得のゆく友情論を作り上げることになる。

これらにかける授業数は各学期の始め、終わりにそれぞれ1～2時間、年間多くて6時間ほどであるが、生徒の「考える生活」は年間をとおして続いている。作文も1200字程度のものを一学期の間に一つ書き上げるのであり、特に期限もない。ただ、持続的思考を督励する必要はある。「いい友、いい旅していますか」「知的生活を送っていますか」というのがそれであり、折にふれての「励まし」と作文の遅れている生徒への「ひやかし」の「あいさつ」である。まとめは1年の終わりに「わが友情論」と題して文集とする。

2. 「三国人」を訪ねて－高II

「三国人」を訪ねて旅をしよう。「三国志」に生きた人々を訪ねると、きっと

素晴らしき人に会える。関羽か張飛か孔明か、はたまた曹操か玄徳か。どんな人に会ったかは後で話し合おう――これを高Ⅱの授業の初めとする。
◦『三国志』（吉川英治著・全十巻）読破（一学期）・レポート作成(夏休み中)
◦レポート分担－各巻四～五人（一クラスを十班に分ける）
内容－①あらすじ　②物語の背景・歴史的背景　③主要登場人物　④名文・名場面　⑤見どころ・おもしろさ・現代的意義
発表――二学期初め・十時間（各班=各巻・一時間で）
◦どんな素晴らしい人に会ったか－作文「『三国志』における人物像」（全員・全巻より一人を選び論評）・人物評論会

「三国人」を訪ねて旅をしよう……と言った気取った言い方には面映い気もあるが、「三国の歴史に生きた人々」に「尊敬と親しみの気持ち」を込めて「三国人」と言い、「三国人を訪ねて旅をしよう。――歴史とロマンを訪ねて……」と言った語り口で「三国志」の世界へ誘うのも一法である。正面切った語り掛けが、「この夏の終わりには、全員で『三国志』の旅を終えておこう――『三国志』を読破しておこう――」という呼び掛けにもなる。

「三国志」を授業に組み込んで読み始めたのは昭和51年からである。その間の実践記録は「国語教室」（大修館書店　1986年4月　第27号）にそのあらましを発表した。その後、更に61年度第5回目を数えることとなった。「国語教室」掲載分と一部重なるが、改めて整理しておきたい。

「三国志」はもともと「読書指導」の一環として取り入れたものである。その動機は

① 長編を読む。
② 極めて多くの語彙（漢語、熟語、語句を含む）に触れる。
③ 簡潔な文（漢文調も含む）が多い。
④ 人生の諸相、生死の実相に触れる。
⑤ 小説（虚構）の中に、一国の興亡、中国の歴史の一端を見る。
⑥ 人物評（玄徳、関羽、張飛、孔明、曹操、etc）を完成する。

等であるが、基本的には、ほとんどの生徒が面白く読めることにあった。皆で楽しく、とことん長いものを読んでみよう、ということであった。

その後、「友情論」と題する作文に「『三国志』の中の言葉」(「友人」「友情」に関する言葉）を用いるなど、「表現指導」の一環として取り組むこととなった。この指導過程は次のようである。

① あらすじをまとめる（要約力を培う)。
② 物語の背景、史的背景を探る（調べ読み、読書の広がり、作文素材の確かめ)。
③ 主な登場人物の言行をまとめる（人物を把握し、人物評＜作文＞に生かす)。
④ 名文・名場面を選び出す（簡潔な文、印象深い場面を明らかにする)。
⑤ 見どころ・面白さ・現代的意義を探る（主体的に読み、考え、意見を述べる)。
⑥ レポート作成と発表。
⑦ 人物評「『三国志』における人物像」を書く。

高Ⅰ、高Ⅱ、高Ⅲそれぞれで「三国志」を読んだが、現今では高Ⅱへの定着を見ている。その学習経過は次のとおりである。

〔一学期初め〕　「三国志」読破を全員に告げる。

〔一学期末〕　休暇中の課題と二学期の計画を説明。

① 全10巻のうち、各巻4～5人で分担（1クラス10班とする）。

② 各巻（各班）毎に次のレポートを作る。

㋐ あらすじ　㋑ 物語の背景（前後の巻とのつながり）・時代背景　㋒ 主な登場人物（簡単な解説）　㋓ 名文・名場面　㋔ 見どころ・面白さ・現代的意義

〔二学期初め〕　レポートのまとめ（各班毎）と発表レジュメ作成

〔発表〕（週2時間配当、全体で5週間）

一巻（一班）を1時間で発表（レポートとレジュメに基づいて発表する。レポートの分担に即して、全員発表）

1時間の時間配分

あらすじ（5分）　物語の背景等（5分）　主な登場人物（5分）

名文・名場面（10分）　見どころ・面白さ（10分）

指導（問題点、内容補足、まとめ、感想等）<10分>

〔全巻発表終了後〕　全員作文

題「『三国志』における人物像」……全巻の中から1人を選び、論評する。（1500字程度）

「レポート」――各班（各巻）毎にまとめ、最終的に1クラス分をまとめて全巻のレポートとする。字数制限、枚数制限はなし、各種の書物（歴史書、案内書など）を読みあさり、思い切り書くレポートであるから膨大なものとなる。

「発表」は、特に「あらすじ」などは、紙芝居あり、一人芝居あり、立ち回りありで、結構楽しいものとなる。

最後のまとめ、「『三国志』における人物像」は、「三国志」全巻の中で最も好きな人物を取り上げ、理想的な人間像を描くこととする。

とまれ高Ⅱの1年間は「三国志」の話題が途絶えることはない。

3　子規を考える－高Ⅲ

「わが国の近代文学の歴史に消えることのない輝かしい功績」(『伝記正岡子規』)を残し、「けっして遠い過去の人ではなく、その果たした仕事において、私たちの同時代人」(「子規山脈」坪内稔典）である子規。その人の俳句や短歌の数首を習うだけでよいものか。想像を絶する苦闘の生涯をとおして、人間子規の全体像、その生き様をじっくり考えてみよう。身動きならぬ病床にあってなお明るく強い意志で生き抜いた力はきっと諸君の将来を支えてくれる――これを高校最後の考える柱とする。

テキスト－①『伝記正岡子規』（和田茂樹・長谷川孝士監修・松山市民双書20）
②『子規山脈』（坪内稔典）　③『子規全集』（講談社）

構成内容－①幼少・中学時代　②青春・学生時代（友人清水則遠の遺族宛の手

紙）　③漱石との交友<手紙>　④子規周辺の人々　⑤文学活動（俳句・短歌の革新、写生文）　⑥闘病生活と随筆（『墨汁一滴』『病牀六尺』『病牀苦語』『仰臥漫録』）
◦身動きならぬ病床にあっても、「明るく強い意志」で、「生きていることの愉しさ」にふける子規を、明るい視点で考える。

子規については高Ｉの「友情論」──「漱石との交友」の項で触れている。高Ⅲでは子規の手紙や随筆、日記をじかに読むことにより、「人間子規」の全体像に迫る。具体的には次に示すものを読むこととする。（以下講談社「子規全集」）

①　清水則遠遺族宛の手紙──明治 19年

四月十七日　清水則備 則之 宛　〔伊豫〕松山新玉町　〔封筒缺〕
東京市神田區猿樂町　〔五番地〕板垣善五郎方〔自筆〕

一翰拝啓仕候　先日一寸電報を以て御報知申上候通り御令弟實ニ本月十四日を以て御遠逝被遊候　御兩親様御兄弟様之御愁傷實ニ奉思入候　訃報之親友諸子ニ達スル一同驚駭之外無之も尤之次第にて平生片時も御側を離れさる私等迠眞に吃驚狼狽之外無之候　在京親友にして此次第なれば千里之山海を隔てゝ御壯健ニ御勉學被遊候と御安心ありし御家内御一統之御驚駭は實ニ御推察申さへ涙之種ニ御坐候　今更何と申上候ても取かへしのならぬこと故言譯も立ち不申また御愁嘆を増すのミに御坐候得共幾分か御安心の爲にもと存當時之御様子荒増（あらまし）御話可申上候
今年之始には年始之禮として御令弟はじめ小生等數名久松家へ參賀仕其より諸處之知己をも見舞ひ挨致し歸宅仕候故歸里之路程に御坐候へとも御歩行も御達者に有之恰も平常無病之者と別ニ變る處も無御坐候　三月頃ニ至てハ暖氣相催候故にや足部ニ腫（ハレ(腫)）を來し候得とも歩行に少々之困難を覺ゆる丈之事故御氣にもかけられず殊ニ身體のはれる症ハ衝心之症にあらされバ小生等迠安心仕居候　只時々下痢藥を飲ミ被居候　然るに丁度前月廿日過より學校ハ休課之事故兎角御寐入勝ニ有之候へとも少しも氣に懸けず罷在候　本月十二三日頃ニ至てハ御食事もすゝミ不申候へとも晝夜御運動無之故と奉存候故これまた心配不仕候　十三日夜ハ御苦痛も有之様子ハ隣室之者より之話にて小生等ハ寐入候儘一向知り不申候　翌朝ニ至り目ざめ候へば聊か呼吸之急促なるを覺へ候間小生ハ學校を休ミて醫者と藤野へ報知旁出掛申候　尤今日相考候通り斯く急速に來る者なれば中々小生自身に出掛る譯もなく候へとも何様素人之悲しさハ其處へまでハ注意も及び不申候段悔ミても悔ミ盡せぬ譯ニ御坐候　小生人力車を飛して麻布へ罷越藤野へ面會仕候へとも折柄久松家天神祭（此天神祭と申ハ御承知の通り久松家の御先祖菅公を祭る事にして御親戚ハ勿論在京の松山人ハ（書生の外）盡ク御招待の御儀にて其煩忙いはんかたなし　實ニ暫時も手を離されぬ場合なれば此段御推察被下不惡御思召被下度候）にて早速來る譯にもゆかず荒増相談の上小生ハ再び車を本郷へ飛し大西克孝といふ大學醫學生を伴ひ急ぎに急ぎて歸宅仕候處同寓者井林廣政ハ勿論下宿屋の主人下女及ビ近隣の醫師水原某（大洲ノ人）も來集せし折にて大西も篤と診察仕候へとも已に衝心致候事故最早仕方な

しとて匕を投候　時に小生の心中實ニはりさくが如き思ひにて精神顛倒爲す所をしらず　思へば今朝出る時一言の談話に及びしが最早それもかなハぬ様になり給ひしか今一言をと思へとも呼吸切迫して精神も亂れし御模様にて小生が今朝別れし時とハ容體全ク異なりて胸のあたりハはりつんで板の如く堅きこと石の如し　手指の端及び鼻端ハ全ク紫色と變じ申候　醫者ハ瞼を開くに眼瞳中央にありて依然として動かず白き部分も已に光澤を失ひて死せるが如し　只時々手をあげて胸部を撫でらるるハ心臓の苦痛思ひやられていたわしく奉存候　小生も見る目、實につらく只涙をのみこみて氣を揉み候へとも欺くてあるべきにあらねば早速友人を雇ひ貴家への電報をうたしめ人を馳て藤野を迎へにやり申候處藤野も早々來訪し其間醫師ハ二人三人ヅツ入りかわりかいかわり診察して灌腸注射等種々方を盡し時に葡萄酒を飲まし候處其驗や顯ハれけん　暫時にして諸部の紫色漸く減じ兩眼を開きて周圍にある醫師友人等を見まわされたる時ニハ醫師も其病勢の減じたる様申せしかば小生ハ勿論來會者も皆心中に十分の勵みを生じ小生も回復期して待ッが如き心地に有之申候　其後病勢ハ依然として増減なく且ッ天神祭も午後ハ迚も手を離されぬ場合なれば藤野ハ歸邸致し候此時恰も午後一時なりき　且ッ今迄來集せし三四の友人も一旦歸宅致し其後は醫師二名と井林及小生のみ其他ハ時々下女の來る許りにて實ニ心細く存居候處少焉あつて醫師ハ何思ひけん突然脈を伺ひしが小生等に向つて最早是迠なりといひければ小生ハ駭然として驚くばかり前に立ち後へまわり熟々と眺め居候内格別の苦痛もなく溘然として遠逝され申候　實ニ明治十九年四月十四日午後一時二十分也皆々驚くの外ハ無之涙もなく語もなく茫然として爲す所も無之次第ニ御坐候　其内醫師ハ診斷書等の爲歸宅致候折柄下女も來りて泣涕ニ堪へず末期の水を口中へ注ぎいれし時ハ小生も覺へず落涙致候　思ひまわせば昔の事、小生未だ六ッの時、不幸、父を失ひたる其顔ハはや忘れしかども忘れもやらぬ其時ニ、母は僕をバ膝にのせ、我手に僕の手をそへて、末期の水を注ぎしが、今またこゝに、まのあたり又この事にあハんとハけふの今迠知らざりし　實に愁嘆やる方なけれども又せんすべもあらざれば再びこゝに氣をとりなほし井林にハ再度の電報をうたしめ小生ハ知己朋友への手帋を認めんとて涙に筆を濕し相發し終りし處へ友人五六名相來申候　其内御令弟の御病氣危篤なるを知りて來るもあれば何もしらずに來るもあり其遲かりしを悔むもあり其不意に驚くもあり　皆其最後の苦痛を問ひ候へば小生ハ格別苦痛を増す様にハ見へざりしと答へ申候處皆々不審に存居候　其故如何といふに通常脚氣衝心にて死する者ハ非常の苦痛を受け、もがきにもがきて息絶ゆる者なるに今其苦痛の様子なかりしと聞て驚申候譯ニ御坐候　今更御壽命の短きハ是非もなしせめて最期に御苦痛の少きハ心よく成佛さるゝのしるしかと存心やりに御坐候

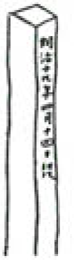
御令弟御上京の節より御遠逝之其際まで片時も御側を離れぬ者ながら前より其手あてなかりしハ實ニ小生之落度とも過失とも申様の無之次第にて　貴家御一同之御恨ミ思ひ入共に消へ度様存居候へとも如何様致しても致し方も無之次第御詫之申上様に盡きはて申候　此段宜敷御兩親へ御傳言被下度奉祈候　最早此上は既往を顧ミずして古人も名を揚げ家を興すハ孝之終りなりと申候へば今朋

友間之信義に於て　御令弟之名を揚くる事是小生が務として今後一生間之目的に御坐候　乍併自分之名をなさすして朋友之名を揚ぐるハ出來難き之事なれば先づ第一ニ僕の名を揚げんことを務むべく是も追善と存し命に懸けて相遂可申候　若シ又其前に小生も御後を追ふ樣な事ニ相成候へば最早是非もなし其時こそは十萬億土之其さきでぢきぢきに御詫可仕候　斯くなりてハ何もかも後之祭りニ御坐候　幾度繰返すもかへすも同じ小田まきのもつれし絲ハとけんかたなし、また昔の今になる譯もなければ無用と存じ先ッ閑話を休めて其後の事を御話可申上候

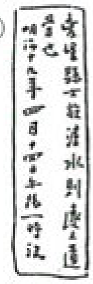
偖(さて)十四日之午後三時頃ニ至てハ爲知之到着するもあり友人より傳聞スルもありて友人次第ニ寄り集ひ候へとも何分書生之事故一向手之つけ處もなく依而僕ハ直ちに久松邸へ至り藤野ニ面會致荒増之話聞取歸宅之上其々手分をなし墓地の世話する者區役所學校等之届を世話する者柩及葬具之世話する者知己友人等へ爲知之世話する者其他十人餘之友人ハ常に傍ニ伽(とぎ)をなし居申候　已に夜に入るの時岩崎は吉川大人を伴ふて來りければ萬事之世話を頼ミ埋葬地届抔ハ一切其日之中ニ相すミ其夜ハ十餘人ニテ夜伽致シ候　翌朝ニ至り藤野内藤兩人來りけれは諸事大方ハ調ひ候　柩ハ寐棺に致し墓標モ成ル丈大ナル者を撰び小冨米三郎 其上ニ書スル左(注、下図①)ノ如シ

裏面ヨリ見れば右(注、下図②)ノ如シ

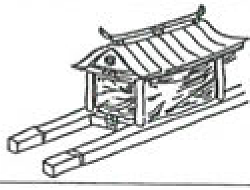
①


②


正午謹ンデ入棺式ヲ行ひ申候　藤野其蓋ニ書して曰く

③


午後一時出棺谷中(ヤナカ(原))天王寺ノ埋葬地ニ向ツて出發致候　送る者殆ンド三十名蓋シ四五名ハ已ニ先ヅ墓地にて待受居候　會葬者姓名表ハ別紙篤ト御覧被下度候　此中大學生過半ニ及び候間角帽子澤山にて中々立派なる葬送ニ御坐候　角帽子トハ上ハ四角なる帽にて大學帽と稱ふる者なり　御遺物之中にも有之候間御送り可申上候　其棺之有様ハ左ノ如く棺を蓮臺なる者にのせて人夫四人にて相挽(カツ(原))ぎ申候



② 「仰臥漫録」(明治34年)

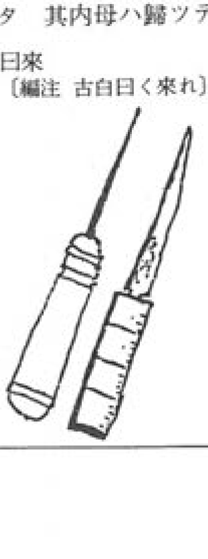
十月十三日　大雨恐ロシク降ル　午後晴

今日モ飯ハウマクナイ　晝飯モ過ギテ午後二時頃天氣ハ少シ直リカケル　律

ハ風呂ニ行クトテ出テシマウタ　母ハ黙ツテ枕元ニ坐ツテ居ラレル　余ハ俄ニ精神ガ變ニナツテ來タ「サアタマランタマラン」「ドウシヤウドウシヤウ」ト苦シガツテ少シ煩悶ヲ始メル　イヨイヨ例ノ如クナルカ知ラント思フト益亂レ心地ニナリカケタカラ「タマランタマランドウシヤウドウシヤウ」ト連呼スルト母ハ「シカタガナイ」ト靜カナ言葉、ドウシテモタマランノデ電話カケウト思フテ見テモ電話カケル處ナシ　遂ニ四方太ニアテヽ電信ヲ出ス事トシタ　母ハ次ノ間カラ頼信紙ヲ持ツテ來ラレ硯箱モヨセラレタ　直ニ「キテクレネギシ」ト書イテ渡スト母ハソレヲ疊ンデオイテ羽織ヲ着ラレタ「風呂ニ行クノヲ見合セタラヨカツタ」トイヒナガラ錢ヲ出シテ來テ「車屋ニ頼ンデコウ」トイハレタカラ「ナニ同シ事ダ　向(ムコ(原))ヘ迄往ツテオイデナサイ　五十歩百歩ダ」トイフタ心ノ中ハ吾ナガラ少シ恐ロシカツタ「ソレデモ車屋ノ方ガ近イカラ早イダロ」トイハレタカラ「ソレデモ車屋ヂャ分ラント困ルカラ」ト半バ無意識ニイフタ余ノ言葉ヲ聞キ棄テニシテ出テ行カレタ　サア靜カニナツタ　此家ニハ余一人トナツタノデアル　余ハ左向ニ寐タマヽ前ノ硯箱ヲ見ルト四五本ノ禿筆一本ノ驗温器ノ外ニ二寸許リノ鈍イ小刀ト二寸許リノ千枚通シノ錐トハシカモ筆ノ上ニアラハレテ居ル　サナクトモ時々起ラウトスル自殺熱ハムラムラト起ツテ來タ　實ハ電信文ヲ書クトキニハヤチラトシテヰタノダ　併シ此鈍刀ヤ錐デハマサカニ死ネヌ　次ノ間ヘ行ケバ剃刀ガアルコトハ分ツテ居ル　ソノ剃刀サヘアレバ咽喉ヲ搔ク位ハワケハナイガ悲シイコトニハ今ハ匍匐(はらば)フコトモ出來ヌ　已(や)ムナクンバ此小刀デモノド笛ヲ切斷出來ヌコトハアルマイ　錐デ心臓ニ穴ヲアケテモ死ヌルニ違ヒナイガ長ク苦シンデハ困ルカラ穴ヲ三ツカ四ツカアケタラ直ニ死ヌルデアラウカト色々ニ考ヘテ見ルガ實ハ恐ロシサガ勝ツノデソレト決心スルコトモ出來ヌ　死ハ恐ロシクハナイノデアルガ苦ガ恐ロシイノダ　病苦デサヘ堪ヘキレヌニ此上死ニソコナフテハト思フノガ恐ロシイ　ソレバカリデナイ　矢張刃物ヲ見ルト底ノ方カラ恐ロシサガ湧イテ出ルヤウナ心持モスル　今日モ此小刀ヲ見タトキニムラムラトシテ恐ロシクナツタカラジツト見テヰルトトモカクモ此小刀ヲ手ニ持ツテ見ヨウト迄思フタ　ヨツポ(ママ)ト手デ取ラウトシタガイヤイヤココダト思フテジツトコラエタ心ノ中ハ取ラウト取ルマイトノ二ツガ戰ツテ居ル　考ヘテ居ル内ニシヤクリアゲテ泣キ出シタ　其内母ハ歸ツテ來ラレタ　大變早カツタノハ車屋迄往カレタキリナ　古白曰來ノデアラウ

〔編注 古白曰く來れ〕

逆上スルカラ目ガアケラレヌ　目ガアケラレヌカラ新聞ガ讀メヌ。新聞ガ讀メヌカラ只考ヘル　只考ヘルカラ死ノ近キヲ知ル。死ノ近キヲ知ルカラソレ迄ニ樂ミヲシテ見タクナル　樂ミヲシテ見タクナルカラ突飛ナ御馳走モ食フテ見タクナル。突飛ナ御馳走モ食フテ見タクナルカラ雜用(ざふよ)ガホシクナル　雜用ガホシクナルカラ書物デモ賣ラウカトイフコトニナル……イヤイヤ書物ハ賣リタクナイ　サウナルト困ル　困ルトイヨイヨ逆上スル



③　「病牀六尺」　明治35年　（字体……一部新字体に改め）

○病床六尺、これが我世界である。しかも此六尺の病床が余には広過ぎるのである。僅に手を延ばして畳に触れる事はあるが、布団の外へ迄足を延ばして体をくつろぐ事も出来ない。甚だしい時は極端の苦痛に苦しめられて五分も一寸も体の動けなき事がある。苦痛、煩悶、号泣、麻痺剤、僅に一条の活路を死路の内に求めて少しの安楽を貪る果敢なさ、其でも生きて居ればいいたい事はいいたいもので、毎日見るものは新聞誌に限って居れど、其さへ読めないで苦しんで居る時も多いが、読めば腹の立つ事、癪にさわる事、たまには何となく嬉しくて為に病苦を忘るる様な事が無いでもない。

○爰に病人あり。体痛み且つ弱りて身動き殆ど出来ず。頭脳乱れ易く、目くるめきて書籍新聞など読むに由なし。まして筆を採ってものを書く事は到底出来得可くもあらず。而して傍に看護の人無く談話の客無からんか。如何にして日を暮すべきか。如何にして日を暮すべきか。

（六月十九日）

○病床に寝て、身動きの出来る間は、敢て病気を辛しても思わず、平気で寝転んで居ったが、此頃のやうに、身動きが出来なくなっては、精神の煩悶を起して、殆んど毎日気違のような苦しみをする。此苦しみを受けまいと思うて、色々に工夫して、或は動かぬ体を無理に動かして見る。愈々煩悶する。頭がムシャムシャとなる。もはやたまらんので、こらへにこらへた袋の緒は切れて、遂に破裂する。もうかうなると駄目である。絶叫。号泣。益々絶叫する、益々号泣する。その苦その痛何とも形容することは出来ない。寧ろ真の狂人となって仕舞へば楽であろうと思うけれどそれも出来ぬ。若し死ぬることが出来ればそれは何よりも望むところである、併し死ぬることも出来ねば殺してくれるものもない。一日の苦しみは夜に入ってやうやう減じ僅に眠気さした時には其日の苦痛が終ると共にはや翌朝寝起の苦痛が思いやられる。寝起程苦しい時はないのである。誰かこの苦を助けてくれるものはあるまいか、誰かこの苦を助けてくれるものはあるまいか。（六月二十日）

○病牀六尺が百に満ちた。一日に一つとすれば百日過ぎたわけで、百日の月日は極めて短かいものに相違ないが、それが予にとっては十年も過ぎたやうな感じがするのである。外の人にはないことであろうが、予のする事は此頃では少し時間を要するものを思いつくと、是がいつまでつづくであろうかという事が初めから気になる。些細な話であるが、病牀六尺を書いて、それを新聞社へ毎日送るのに状袋に入れて送る其状袋の上書をかくのが面倒なので、新聞社に頼んで状袋に活字で刷って貰うた。其之を頼む時でさえ病人としては余り先きの長い事をやるというて笑われはすまいかの窃(ひそか)に心配して居った位であるのに、社の方では何と思うたか、百枚注文した状袋を三百枚刷ってくれた。三百枚という大数には驚いた。毎日一枚宛書くとして十箇月分の状袋である。十箇月先きのことはどうなるか甚だ覚束ないものであるのに竊に心配して居った。それが思いの外五六月頃よりは容体もよくなって、遂に百枚の状袋を費したという事は予にとっては寧ろ意外のことで、此百日という長い月日を経過した嬉しさは人

にはわからんことであらう。併しあとにまだ二百枚の状袋がある。二百枚は二百日である。二百日は半年以上である。半年以上もすれば梅の花が咲いて来る。果して病人の眼中に梅の花が咲くであらうか。　　　　　　　　　　　　（八月二十日）

○先日西洋梨の事をいふて置いたが、其後も経験して見るに西洋梨も熟して来ると液が多量にある、あながち日本梨に劣らない。併し西洋梨と日本梨と液の種類が違う。

熱い国で出来る菓物はバナナ、パインアップルの如き皆肉が柔かで且つ熱帯臭いところがある。柑橘類でも熱い土地の産は肉も袋も総て柔かで且つ甘味が多い。それから又寒い国の産も矢張り肉の柔かなものが多い。林檎の柔かきはいう迄もなく梨でも柔かなものが出来る。然るに其中間の地（たとえば東海道南海道など）で出来るものは柑橘類でも比較的堅くしまって居るところがあって、液が多量にあり、しかも其液には酸味が多い。それ故其液は甘味というよりも寧ろ清涼なるために夏時の菓物として適して居る。日本梨の液も西洋梨の液に比すると矢張清涼なところがあって、しかも其液は粒の多い梨の方が多量に持って居るやうだ。　　　　　（八日二十一日）

○一日のうちに我痩足の先俄に腫れ上りてブクブクとふくらみたる其さま火箸のさきに徳利をつけたるが如し。医者に問えば病人には有勝の現象にて血の通いの悪きなりといふ。とに角に心持よきものには非ず。

四方太は八笑人の愛読者なりという。大に吾心を得たり。恋愛小説のみ持囃さるる中に鯉丈崇拝とは珍らし。

四方太品川に船して一網にマルタ十二尾を獲而かも網を外れて船に飛び込みたるマルタのみも三尾あり、総てにて一人の分前四十尾に及びたりという。非常の大漁なり。昨又隅田の下流に釣して沙魚五十尾を獲同伴のもの皆十尾前後を釣り得たるのみと。其言にいふ釣は敏捷なる針を択ぶことと餌を惜まぬこととに在りと。

左千夫いう。性の悪き牛、乳を搾らるる時人を蹴ることあり。人之を怒って大に鞭撻を加えたる上、足を縛り付け、無理に乳を搾らむとすれば、その牛、乳を出さぬものなり。人間も性悪しとて無闇に鞭撻を加えて教育すれば益々其性を害ふて悪くするに相違なしと思ふ。云々。

節いふ。かづらはふ雑木林を開いて濃き紫の葡萄園となさむか。（九月十一日）

○支那や朝鮮では今でも拷問をするさうだが、自分はきのう以来昼夜の別なす、五体すきなしといふ拷問を受けた。誠に話にならぬ苦しさである。　　（九月十二日）

○人間の苦痛は余程極度へまで想像せられるが、しかしそんなに極度に迄想像した様な苦痛が自分の此身の上に来るとは一寸想像せられぬ事である。

○足あり、仁王の足の如し。足あり、他人の足の如し。足あり、大磐石の如し。僅に指頭を以てこの脚頭に触るれば天地震動、草木号叫、女媧氏未だこの足を断じ去って、五色の石を作らず。　　　　　　　　　　　　　　（九月十四日）

これらの文章を生徒と一緒に読み進めてゆく。書かれている意味以外を多く調べたりすることはない。いやむしろ、そのまま「通読」「通釈」で読み進めるのがよい。ただ、正岡子規の場合、何よりの肝要は、「 明るい」視点でとらえることである。壮絶なまでの「死」との闘いを決して「暗い」視点でとらえてはならない。「生きる力」として「子規」を学ぶ場にあっては明るい視点が欠かせないのである。その意味では子規の大食漢の話、野球狂の話などに加えて、次のような文章を一緒に読むことも大切である。

「墨汁一滴」より

- このころは、左の肺の内でブツブツブツブツという音が絶えず聞こえる。これは「佛佛佛佛」と不平を鳴らして居るのであろうか。あるいは、「佛佛佛佛」と念仏を唱えて居るのであろうか。あるいは「物物物物」と唯物説でも主張して居るのであらうか。（『墨汁一滴』明34・4・7）
- 人間一匹／右返上申候但時々幽霊となって出られ得る様以特別御取計可被下候也（同、4・9）
- おかしければ笑う。悲しければ泣く。併し痛の烈しき時には仕様がないから、うめくか、叫ぶか、泣くか、又は黙ってこらえて居るかする。其中で黙ってこらえて居るのが一番苦しい。盛んにうめき、盛んに叫び、盛んに泣くと少しく痛が減ずる。

おわりに

「習う」ことに慣れると「考える」ことが少なくなって「学ぶ」ことが減る。「教える」ことに慣れても同様の観がある。大きく学習に「かかわる」姿勢を保って、「考える」生活の柱を補強したい。柱がなければ家は建たない。生徒たちは寄るべき柱（大樹）を待っている。大樹の下でとことん遊ばせてやるのが大人の「つとめ」ではないか。

いろいろな曲線の指導について

西　谷　泉

1.　はじめに

アルキメデス（Archimedes　B.C. 287〜212）の著書の中で、有名なものとして、『円の計測』と『螺線について』がある。

はじめの『円の計測』は、次の３つの命題から成っている。

> **命題１**
> すべての円は、その半径が直角を挟む１辺に等しく、その周が底辺に等しいような直角三角形に等しい。

> **命題２**
> 直径ＡＢの円の面積と、一辺ＡＢの正方形の面積の比が11:14である。

> **命題３**
> 円周と直径との比（円周率）が$3\frac{1}{7}$より小さく、$3\frac{10}{71}$より大きい。

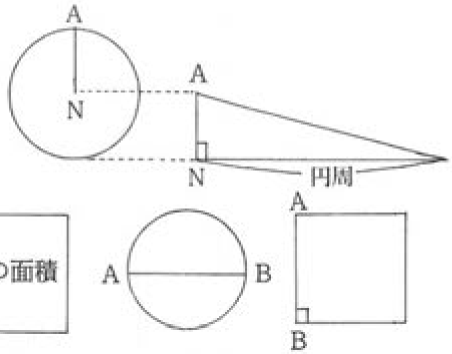


図１

アルキメデスは、区分求積法の萌芽であるアンティフォン（Antiphon）の論法の誤りを巧みに克服した〝取り尽しの方法〟を用いて、命題１を証明した。しかし、次のような疑問がわく。アルキメデスは、どのようにして、円周に等しい線分の長さを見つけたのか。これについては、エウトキオス（Eutocius）が『円の計測』への註釈の中で、アルキメデスは与えられた円の周囲に等しい線分を、ある螺線によって発見したと述べている。

そして、その螺線のことが、『螺線について』の中で著されている。この中で、有名な〝アルキメデスの螺線〟を次のように定義している。

> **定義**
> もし直線が平面にひかれ、その一端が固定されたまま、その直線が一様な速さで何回か回転して、それが出発した位置に再び戻ってくるとし、そして直線が回転すると同時に、ある点が固定された点から、その直線上を一様な速さで運動するならば、その点は平面上に螺線を描くであろう。

このように、アルキメデスは、螺線を運動学的にとらえ、それについて微分法の論法を用いたり、動的な極限論法を用いて、螺線と線分によって囲まれた図形の面積を求めることも考察している。

自然界には、多くのすばらしい曲線が存在し、人々を魅了する。アルキメデスをはじめ、アポロニウス（Apollonius）は円について研究し、デューラー（A.Dürer）やベルヌーイ（Jakob Bernoulli）による対数螺線など、幾多の数学者が多くの美しい曲線に心うばわれ、数学を用いてその美しさを解析しようとしてきた。また、数学の歴史の中で生まれた曲線も多い。

このようなすばらしい曲線を、数学的な見方でとらえ、分析することは教育においても大変意義深く、重要である。

そこで、たとえ一部でも、授業の中で、曲線をとりあげることを試みた。そして作図については、生徒自身がパソコンを使ってプログラムを組んで、描くことにした。

2. 授業内容について

「基礎解析」の中で、三角関数の指導後、その応用として、以下のような曲線について学習させた。まず曲線の条件を与え、それをものにして、曲線の方程式を求めさせた。

従来では、いろいろな曲線の方程式を求めても、生徒自身がその曲線を正確に描くことは殆んどできないことであり、知識として理論だけを教え、実感のもてないことが多くあった。しかし、パソコンが導入されてから、生徒自身がプログラム言語を学習した上で、それらの曲線を自由に、かつ正確に描くことができるようになった。

以下に、指導した内容を示しておく。

(1)サイクロイド

〔課題1〕
半径aの円が直線上を、滑ることなく転がるとき、この円周上の点Pの軌跡の曲線の方程式を求め、それを描くプログラムを作りなさい。

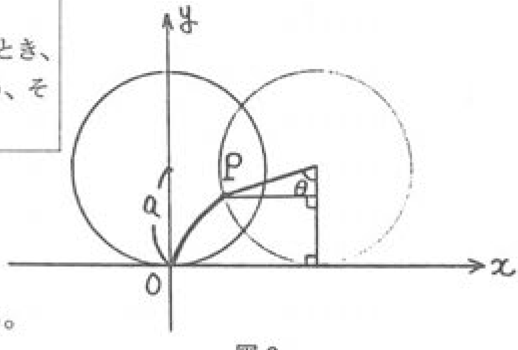


図2

（生徒の求めた結果の一例）

点Pの座標を(x, y)とおくと、

$$\begin{cases} x = a\,(\theta - \sin\theta) \cdots\cdots\cdots ① \\ y = a\,(1 - \cos\theta) \quad \theta\text{はラジアンである。} \end{cases}$$

この軌跡の曲線をサイクロイド（cycloid, 擺線）という。

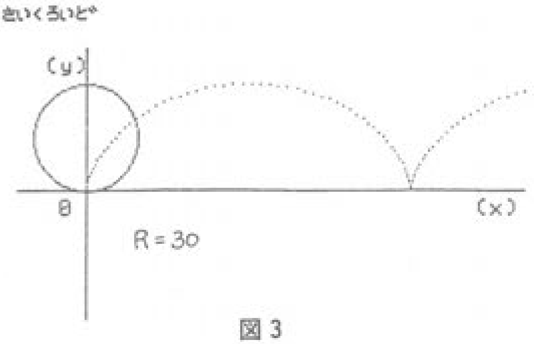


図3

```
10 REM **********************************
20 REM cycloid
30 REM 1987.6.2.
40 REM ﾜﾗﾙｺｰﾝ,knight2000,ﾁｬﾊﾞﾝ,ﾑﾘｮｰﾝ,ｵｻｲ
50 CLS
60 INPUT "ﾊﾝｹｲﾊ= ";R
70 SCREEN 4,4,4: CLS: COLOR 4,1,3
80 LOCATE 1,0: PRINT "ｻｲｸﾛｲﾄﾞ"
90 LOCATE 4,3: PRINT "(y)"
100 LOCATE 5,11: PRINT "0"
110 LOCATE 35,11: PRINT "(x)"
120 LINE (55,25)-(55,180),2,BF
130 LINE (16,105)-(307,105),2,BF
140 CIRCLE (55,105-R),R,3,,,1
150 FOR S=0 TO 720 STEP 5
160 T=S*3.1415/180
170 X=R*(T-SIN(T))
180 Y=R*(1-COS(T))
190 PSET (X+55,105-Y),3
200 IF X+55>307 THEN 220
210 NEXT S
220 GOTO 220
```

リスト1

(2)トロコイド

〔課題2〕
点Pが半径aの円に固定されており、Pと円の中心との距離をbとする。円が直線上をすべることなく転がるとき、点Pの軌跡の曲線の方程式を求め、それを描くプログラムを作りなさい。

（生徒の求めた結果の一例）
点P (x,y) とすると

$$\begin{cases} x = a\theta - b\sin\theta \\ y = a - b\cos\theta \end{cases} \cdots\cdots\cdots ②$$

この軌跡の曲線をトロコイド（trocoid, 余擺線）という。

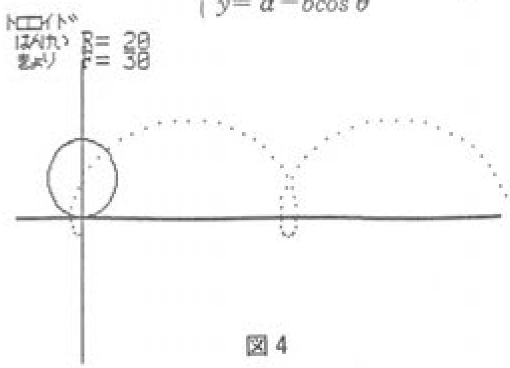


図4

```
70 REM ﾄﾛｺｲﾄﾞ
75 CLS
80 INPUT"ﾊﾝｹｲ R=";R
85 INPUT"ｷｮﾘ  F=";F
90 SCREEN 4,4,4:CLS:COLOR 4,1,5
93 PRINT" ﾄﾛｺｲﾄﾞ"
95 PRINT"  ﾊﾝｹｲ R=";R
97 PRINT"  ｷｮﾘ  F=";F
100 LINE (55,25)-(56,180),2,BF
110 LINE (16,105)-(307,106),2,BF
115 GOTO 140
120 LOCATE 4,3: PRINT "(y)"
130 LOCATE
140 CIRCLE(55,105-R),R,,,,1
150 FOR S=0 TO 720 STEP 10
160 T=S/180*3.14159
170 X=R*T-F*SIN(T)
180 Y=R-F*COS(T)
185 IF X+55>310 THEN S=720
190 PSET(55+X,105-Y)
200 NEXT S
210 LCOPY 2
220 END
```

リスト2

(3)エピサイクロイド

〔課題3〕
半径aの円C_0に半径bの円C_1が外接しながら転がるとき、動く円C_1の周上に固定した点Pの軌跡の曲線の方程式を求め、それを描くプログラムを作りなさい。

（生徒の求めた結果の一例）

点Ｐの座標を（x,y）とすると、

$$\begin{cases} x=(a+b)\cos\theta-b\cos\dfrac{a+b}{b}\theta \\ y=(a+b)\sin\theta-b\sin\dfrac{a+b}{b}\theta \end{cases} \quad\cdots\cdots\cdots③$$

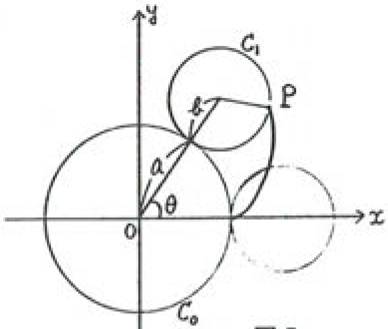


図５

この軌跡の曲線をエピサイクロイド（epicycloid,外サイクロイド）という。

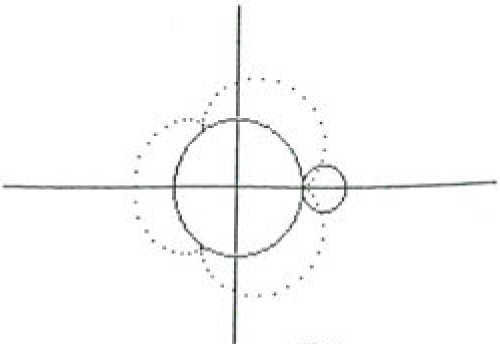


図６

```
90 CLS
100 INPUT"circle1ﾉﾊﾝｹｲﾊ= ";A
110 INPUT"circle2ﾉﾊﾝｹｲﾊ= ";B
120 SCREEN 4,4,4:CLS:COLOR4,1,5
130 LINE (160,0)-(160,199),2
140 LINE (0,100)-(319,100),2
150 CIRCLE (160,100),A,3,,,1
160 CIRCLE  (160+A+B,100),B,3,,,1
170 FOR S=0 TO 360 STEP5
180 T=S/180*3.1415
190 X=160+(A+B)*COS(T)-B*COS((A+B)*T/B)
200 Y=100-(A+B)*SIN(T)+B*SIN((A+B)*T/B)
210 PSET (X,Y),3
220 NEXT S
230 LCOPY2
```

リスト３

とくに、エピサイクロイドにおいて、$a=b$のときは、式③において、$x-a=X, y=Y$として、極方程式で表せば、$r=2a(1-\cos\theta)$となる。

これは、コンコイド（conchoid）の一種であるリマソン（limaçon, 蝸牛線）の特殊なものであり、カルジオイド（cardioid, 心臓形）と呼ばれている。

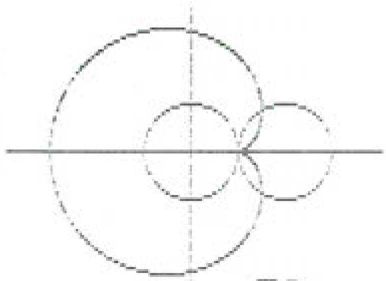


図７

(4)エピトロコイド

〔課題４〕

半径aの円C_0に半径bの円C_1が外接しながら転がるとき、動く円C_1の中心からcだけ離れて固定された点Ｐの軌跡の曲線の方程式を求め、それを描くプログラムを作りなさい。

（生徒の求めた結果の一例）

この曲線の方程式は

$$\begin{cases} x=(a+b)\cos\theta-c\cos\dfrac{a+b}{b}\theta \\ y=(a+b)\sin\theta-c\sin\dfrac{a+b}{b}\theta \end{cases} \quad\cdots\cdots\cdots④$$

となり、この曲線を、エピトロコイド（epitrocoid）という。

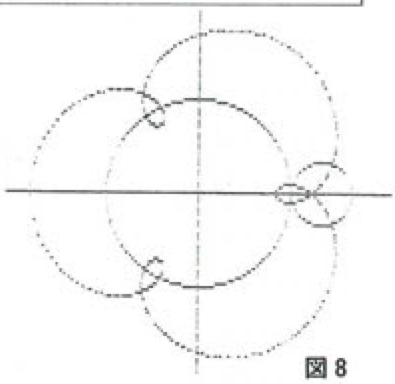


図８

(5)ハイポサイクロイド

> 〔課題5〕
> 半径aの円C$_0$に半径bの円C$_1$に内接しながらすべることなく転がるとき、動く円C$_1$の周上に固定された点Pの軌跡の曲線の方程式を求め、それを描くプログラムを作りなさい。

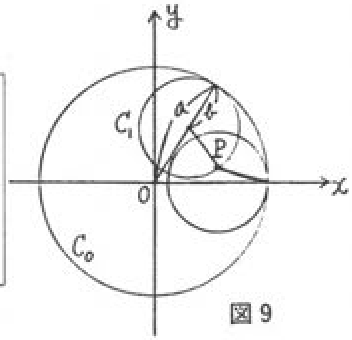


図9

（生徒の求めた結果の一例）

この曲線の方程式は、

$$\begin{cases} x=(a-b)\cos\theta+b\cos\dfrac{a-b}{b}\theta \\ y=(a-b)\sin\theta-b\sin\dfrac{a-b}{b}\theta \end{cases} \quad \cdots\cdots⑤$$

となる。

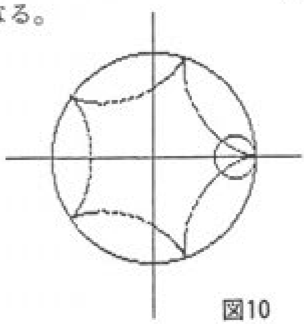


図10

この曲線を、ハイポサイクロイド（hypocycloid，内サイクロイド）という。

```
100 CLS
200 INPUT"C1ノ ハンケイ R=":R
300 INPUT"C2ノ ハンケイ B=":B
400 SCREEN 4,4,4:CLS:COLOR 4,5,1
500 LINE (10,100)-(310,100),2,BF
600 LINE (160,10)-(160,190),2,BF
700 CIRCLE(160,100),R,,,,1
800 CIRCLE(160+R-B,100),B,,,,1
900 GOTO 1000
1000 FOR S=0 TO 360 STEP 1
1100 T=S/180*3.1415926535
1200 X=(R-B)*COS(T)+B*COS((R-B)/B*T)
1300 Y=(R-B)*SIN(T)-B*SIN((R-B)/B*T)
1400 IF X+55>310 THEN S=720
1500 PSET(160+X,100-Y)
1600 NEXT S
1700 LOCATE 0,1: PRINT "END"
1900 END
```

リスト4

ハイポサイクロイドにおいて、$a=4b$のとき式⑤は、

$x=\dfrac{a}{4}(3\cos\theta+\cos3\theta), y=\dfrac{a}{4}(3\sin\theta-\sin3\theta)$となり、

$x=a\cos^3\theta, y=a\sin^3\theta$となるから、$\theta$を消去すると、

$$x^{\frac{2}{3}}+y^{\frac{2}{3}}=a^{\frac{2}{3}}$$

この曲線はアステロイド（asteroid，星芒形）と呼ばれている。

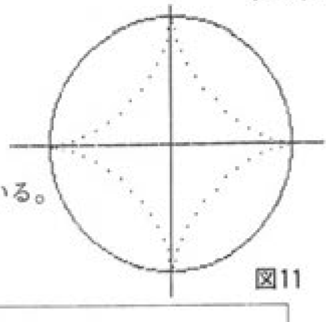


図11

(6)ハイポトロコイド

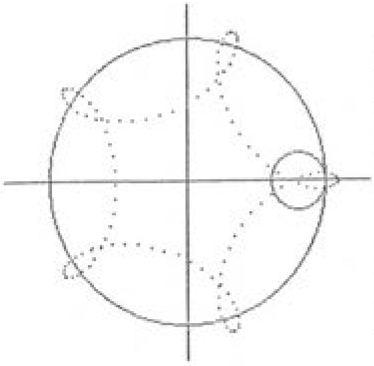
> 〔課題6〕
> 半径aの円C$_0$に、半径bの円C$_1$が内接しながら転がるとき、動く円C$_1$の中心からCだけ離れて固定された点Pの軌跡の曲線の方程式を求め、それを描くプログラムを作りなさい。

（生徒の求めた結果の一例）

この曲線の方程は

$$\begin{cases} x=(a-b)\cos\theta+c\cos\dfrac{a-b}{b}\theta \\ y=(a-b)\sin\theta-c\cos\dfrac{a-b}{b}\theta \end{cases} \quad \cdots\cdots\cdots⑥$$

となる。この曲線をハイポトロコイド（hypotrocoid）という。



```
97 INPUT"ﾊﾝｹｲ ";R
98 INPUT"ﾊﾝｹｲ ";Q
99 INPUT"C= ";C
100 SCREEN 4,4,4:CLS:COLOR2,1,1
105 LINE(0,99)-(319,99):LINE(159,0)-(159,199)
110 CIRCLE (159,99),R,3,,,1
115 CIRCLE (159+R-Q,99),Q,3,,,1
120 FOR T=0 TO6.3STEP.05
140 X=(R-Q)*COS(T)+C*COS((R-Q)*T/Q)
150 Y=(R-Q)*SIN(T)-C*SIN((R-Q)*T/Q)
160 PSET (X+159,100-Y),4
170 NEXT T:PLAY"c2":LCOPY2
180 GOTO 180
```

図12

リスト5

一般に、次の形の方程式で表わされる曲線をエピサイクリック（epicyclic）という。

$$\begin{cases} x=\alpha\,cos\mathrm{mt}+\mathrm{b}cos\mathrm{nt} \\ y=\alpha\,sin\mathrm{mt}+\mathrm{b}sin\mathrm{nt} \end{cases} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots⑦$$

$\alpha>0$、$b>0$のときは、原点を中心とする半径αの円周上を等速で動く点Qがあり、Qを中心として半径bの円周上を等速で動く点Pの軌跡を表している。

≪ 生徒の感想 ≫

・頭の中で想像するのが難しいものなのに、コンピュータですると、速くてきれいに軌跡を表すことができるという事実に改めて感動してしまった。数学だけでなく、コンピューターのことまで勉強することができるので、こういう授業が多い方がいいなぁと思った。

・まちがいながらも、やっと終えることができました。うれしいの一言です。HOMECLEARを押し、STOPで画面をとめて、ひやひやしながらの授業でした。みんなで協力しながらやりました。はじめは、どうしょうかなと、すごく不安でしたが最後には随分よくわかるようになりました。これでバッチリです。とても楽しい授業でした。またやりたいです。

・以前テレビで、シリコンバレーの特集をやっていた。その中で、コンピュータばかり相手にして仕事をしているうちに人間とつき合うのがいやになる病気にかかる人が多いという話しがあった。実際にパソコンに触れてみて、その人達の気持が少しわかったような気がした。

・家にパソコンがないから、使い方を少しわすれていたが、何度かやっているうちに解ってきた。画面に曲線が現れた時には、すごくうれしかったし、すごいなぁと思った。先生、わたし、パソコンが欲しいので、保護者の集会のときに、「授業でパソコンを使いましてねぇ。一家に１台の時代ですね。」と言って下さい。

・うちの班は、やけに時間がかかってしまいました。少しのんびりやってしまったり、ミスが多かったからです。でも全部を仕上げた時は、班員みんなで喜びました。エピサイクロイドやハイポトロコイドの式を見るより、画面を見ればすぐに理解ができたので、これらの作業は本当に有意義だったと思う。

この一連の曲線の学習の中で、生徒たちは、先ず考え、互いに相談して曲線の方程式を求め、軌跡の曲線の形を予想し、パソコンを用いてプログラムを組み、予想を確かめた。

3．それ以外のいろいろな曲線について

今回の授業で扱えなかったいろいろな曲線について以下に整理し、それらを描くプログラムを示しておく。

(1)アルキメデスの螺線　$r=a\theta$（$a>0$）

これについては前述したので、詳細な記述は省略する。

この螺線の特徴は、$\theta=\theta_1$に対する動径$r=a\theta_1$と$\theta=\theta_1+2\pi$に対する動径$r=a(\theta_1+2\pi)$の差は$2\pi a$でθ_1に関係なく一定である。

```
10 '***************************************************************
20 '                         ｱﾙｷﾒﾃﾞｽ ﾉ ﾗｾﾝ
30 '***************************************************************
40 CLS 3:CONSOLE 0,25,0,1:WIDTH 80,25:COLOR 6
50 LINE(0,100)-(639,100),5
60 LINE(320,0)-(320,199),5
70 LOCATE 50,1:COLOR 7
80 PRINT " ｱﾙｷﾒﾃﾞｽ ﾉ ﾗｾﾝ "
90 INPUT " A = ";A
100 FOR S=0 TO 630 STEP .5
110  T=S/180*3.14159
120  X=A*T*COS(T)
130  Y=A*T*SIN(T)
140  PSET (X+320,100-Y/2)
150 NEXT S
```

リスト6

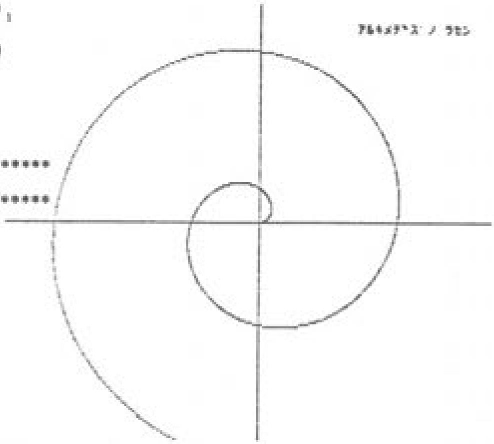


図13

(2)ベルヌーイ（Bernoulli）の螺線　$r=a^{\theta}$（$a>1$）

ベルヌーイの螺線は、対数螺線とか等角螺線とか呼ばれている。円錐を、勾配を一定に保ちながら登っていくときの螺線である。動径と接線のなす角が常に一定である。

```
10 '************************************************
20 '              ﾍﾞﾙﾇｰｲ ﾉ ﾗｾﾝ
30 '************************************************
40 CLS 3:CONSOLE 0,25,0,1:WIDTH 80,25:COLOR 6
50 LINE(0,100)-(639,100),5
60 LINE(320,0)-(320,199),5
70 LOCATE 50,1:COLOR 7
80 PRINT " ﾍﾞﾙﾇｰｲ ﾉ ﾗｾﾝ "
90 INPUT " A = ";A
100 FOR S=0 TO 1260 STEP .5
110  T=S/180*3.14159265#
120  X=(A^T)*COS(T)
130  Y=(A^T)*SIN(T)
140  PSET (X+320,100-Y/2)
150 NEXT S
```

リスト7

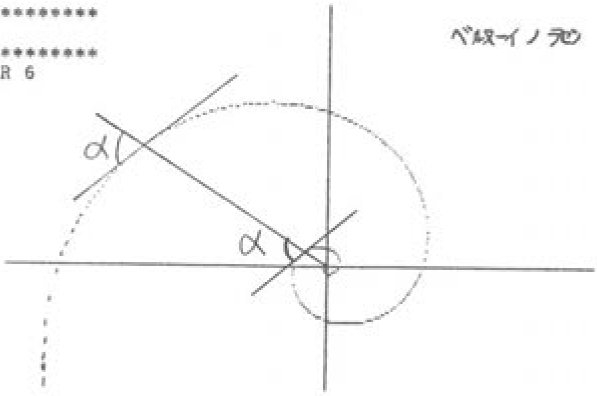


図14

(3)双曲螺線（hyperbolic spiral）　　$r=\dfrac{a}{\theta}\ (a>0)$

$\theta\to\pm\infty$のとき、$r\to 0$となりグラフは原点（極）にまきつく。また、直角座標に直すと$y=r\sin\theta=a\times\dfrac{\sin\theta}{\theta}$　となり、$\lim\limits_{\theta\to 0}y=a$だから、$y=a$が漸近線である。

```
10 '*********************************************
20 '                 ソウキョクラセン
30 '*********************************************
40 CLS 3:CONSOLE 0,25,0,1:WIDTH 80,25:COLOR 6
50 LINE(0,100)-(639,100),5
60 LINE(320,0)-(320,199),5
70 LOCATE 50,1:COLOR 7
80 PRINT " ソウキョクラセン"
90 INPUT " A = ";A
100 FOR S=10 TO 2000 STEP .5
110  T=S/180*3.14159
120  X=A/T*COS(T)
130  Y=A/T*SIN(T)
140  PSET (X+320,100-Y/2)
150 NEXT S
```

リスト８

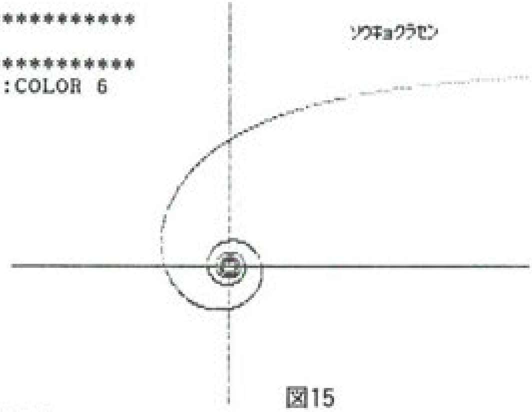


図15

(4)クロソイド（clothoid）曲線

これは、オイラー（Euler）の螺線またはコロニュー（Cornu）の螺線ともいう。

A．Fresnelが光の回折現象を論じたときに扱った２つの積分

$x=a\sqrt{\pi}\int_{o}^{t}\cos\dfrac{\pi t^2}{2}dt$、$y=a\sqrt{\pi}\int_{o}^{t}\sin\dfrac{\pi t^2}{2}dt$、

（これを*Fresnel*積分という）

が表す螺線がクロソイド曲線である。

M.A.Cornuは、この曲線を用いて、フレネルの光の回折現象に関する数学的方法を研究した。

この螺線を、LOGOを用いて描いたものを示しておく。（図16、リスト９）

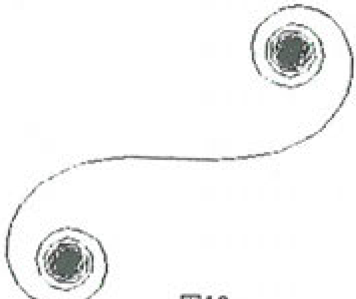


図16

```
TO クロソイド゛ :カク
 FD 20
 LT :カク
 クロソイド゛ :カク + 1
END
```

リスト９

この曲線上を一定の速さで進むとすると、進行方向の時間に対する変化率が時刻ｔに比例することになる。すると、自動車がこのような曲線でできた道路上を等速で走るとすれば、ハンドルを一定の角速度でまわすことになる。このことから、高速道路などにおいて、カーブの部分の緩和曲線として、このクロソイド曲線がしばしば利用されている。

4.　おわりに

今回、三角関数の応用として、いろいろな曲線を指導した。その中で、生徒達が互いに相談して、曲線の方程式を求め、パソコンを用いてBASICのプログラムを作って、それらの曲線を画面に描いた。時間数が少なかったので、１つ１つの曲線を十分に、かつ詳細に調べることができなかったが、自分達の求めた方程式をプログラムにし、パソコンをＲＵＮ

して、美しい曲線が現れたときは、みんな大喜びであった。自分で作ったものが正しいかどうかが即座にわかり、いろいろ条件を変えた場合もすぐに結果が得られることなど、パソコンは効果があったといえる。

生徒達が少しでも数学に対する興味を深め、学習するおもしろさを感じ、疑問を持ち追求する心を大事にし、さらに数学の美しさと有効さを感じてくれることを目指して、微力ながら、研究実践を重ねたいと考える次第である。

〔　参考文献　〕

(1)『いろいろな曲線』　栗田稔著、共立出版　1966.

(2)『いろいろな曲線と曲面』　佐藤伊助著　裳華房　1979.

(3)『自然と社会の算数・数学』　山岸雄策著　一光社　1982.

(4)『数学教育とパソコン』『算数教育とパソコン』　岡森博和編著　第一法規　1987.

(5)『数学の歴史Ⅰ・ギリシャの数学』彌永昌吉他著　共立出版　1979.

中・高における論理教育

本間　俊宏

I　はじめに

中学生・高校生を指導していて感ずることは，議論の過程を楽しむよりも，結果をそのまま覚えようとする傾向があることである。知識が豊富なことがテストにおいて有利であると体得しているからであろう。数学は好きなんだけれどテストの点数がよくないので本当に好きといえるのかわからないという生徒がいる。テストは学習の一つの目標であってそれがすべてではないと思う。むしろ，学習する過程を楽しませたいと思う。かつて，テストの答案は毎回，白紙にちかい生徒が高校卒業に際して，数学は自分で楽しむものですねといったひとことに，その生徒も私もすくわれた思いがした。

すじ道をたてて考えることは数学の生命である。数学の学習においては論理的な考察は欠かせない。数学の議論では，与えられた条件や仮定から結論を導くとき，その理由や説明が要請される。生徒は自分の感ずるままに経験的にすじ道をたてて理由を説明する。計算や理由の説明はできても，論理的に証明することは容易なことではない。理由の説明を強調しすぎると，証明ができにくくなる。

本稿では，中学校２年生の図形の論証と高校１年生の論理についての授業実践をとおして，中・高における論理教育の方向について考察する。

中・高における論理教育を試みるに際しては，次の点に留意した。

(1)　生徒の既習事項を確認する。

図形の論証では，図形の性質，既習の定義・定理などを確認させ，これから学習する目標を明確にする。高校の論理では，既習の数学を確認し，集合との対応を考慮する。

(2)　学習の最近接領域を設定する。

生徒が考えることのできる材料を提供する。それによって，議論が一歩すすみ深まることができる。そのために，具体的で簡単な問題を提供する。

(3)　既習事項と最近接領域との間に生ずる矛盾を克服して，認識の質を高次のものにする。

図形の論証では，既知の図形の性質を体系だてていくために，しばしばあらためて証明すべき場面がよくある。そこに生徒自身の葛藤が生じるであろう。

(4)　生徒の思考を尊重する。

生徒の思考の浅いところを深めたり，間違っているところを改めたりすることは，考える力を養う上で大切である。生徒の考えをとりあげるように心がける。

(注)　以上の留意点の設定に際しては，拙論[1]の授業論に基いている。

Ⅱ　図形の論証（中学校２年）

図形の問題について計算ができたり，図形の性質をその理由を含めて説明できても，論理的に証明することは要易なことではない。何故，証明するのか，その証明の必然性，必要感といったものの以前に，証明とは何かを理解させることを念頭において，次のような授業実践を試みた。

実践の時期 ： 1987年６月～12月

実践の対象 ： 本学附属天王寺中学校２年生全員　（中40期生　162名）

授業計画 ：

主題　　図形と証明（24）　　（　）内の数字は指導時間数を表す。

§１　三角形　　（11）	§２　四角形　　（13）
1.1　証明の意味　（２）	1.1　平行四辺形　（７）
1.2　二等辺三角形（４）	2.2　特別な平行四辺形（４）
1.3　直角三角形　（５）	2.3　平行線と面積　（２）

実践の概略 ：

⑴ 授業 ： 1.1　　証明の意味　より

４月～５月において，生徒は図形の移動（平行・回転・対称移動とその性質），平行線と角（角とその大きさ，対頂角の性質，平行線と同位角・錯角・同側内角およびその性質），多角形の角（三角形の内角と外角，多角形の内角と外角），三角形の合同（合同条件とその利用）などについて学んでいる。本章のはじめに次の問題を考えさせた。

問題　AD∥BCである四角形ABCDにおいて，CDの中点をEとし，半直線AEと半直線BCとの交点をFとすれば，AE＝FEである。

生徒各自に，図１のような図を作図させ，問題の正しいことを実測により確かめさせた。生徒はコンパスを用いて測っていた。

次に，誰の図でも，条件をみたすどんな四角形でも上のことは正しいことはどうやって保証するかを考えさせ，それが証明ということであると知らせた。

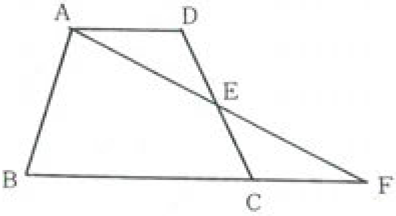


図１

AE＝FEを示すには，△AED≡△FECを示せばよいことを示唆し，証明を考えさせた。生徒に証明を発表させた後，次のようにまとめた。

（証明）

△ＡＥＤと△ＦＥＣにおいて

ＤＥ＝ＣＥ　①

∠ＡＥＤ＝∠ＦＥＣ（対頂角）②

∠ＡＤＥ＝∠ＦＣＥ（錯角）③

したがって，２角夾辺相等だから　④

△ＡＥＤ≡△ＦＥＣ　⑤

故に，ＡＥ＝ＦＥ　（終）　⑥

左の証明において，②は対頂角の性質，③は平行線と錯角，④は三角形の合同条件であり，これらは正しいことがすでにわかっていることがらである。これらより，⑥のAE＝FEを導きだしたと説明し，ここで述べたことは条件をみたすどんな四角形にも適用されることを理解させた。

証明とは，次のように述べることができる。
「正しいことがすでにわかっていることがらをよりどころとして，あることがらの正しいことをすじ道をたてて導きだしていくことを**証明**という。」
次に，（ⅰ）よりどころ，（ⅱ）すじ道をたてて導きだしていく　ということについて考えた。先ず，（ⅰ）よりどころ　について指導した。
図形の証明のいちばんの「よりどころ」として，次の基本性質を考えることにした。
いわば，公理に相当するもので，証明なしで事実として認めさせた。

図形の基本性質

Ⅰ．平行線の性質
(1) 平行線では，同位角または錯角は等しい。
(2) 同位角または錯角が等しければ，２直線は平行である。

Ⅱ．三角形の合同条件
２つの三角形は次の各条件について，おのおの合同である。
(1) ３辺がそれぞれ等しい。（３辺相等）
(2) ２辺とそのはさむ角がそれぞれ等しい。（２辺夾角相等）
(3) １辺とその両端の角がそれぞれ等しい。（２角夾辺相等）

この基本性質は教科書が採用しているものであり，妥当と考えている。三角形の合同条件は，定理としてその証明も考えられるが，今回の実践では事実として認めさせた。
さらに，「証明によって正しいとされたことがらのうち，よく用いられるものを**定理**という。」として，以後よく用いる定理は番号を付して整理していくことにした。
すでに学んだ図形の性質のうち，次の２つのことがらを定理として採用した。

〔定理１〕――対頂角
２つの直線が交わってできる２組の対頂角はそれぞれ等しい。

〔定理２〕――三角形の内角と外角
(1) 三角形の内角の和は２直角である。
(2) 三角形の外角は，それと隣り合わない２つの内角の和に等しい。

これらの定理はあらためて証明するまでもなく，ここでいう証明をすでにすましている。また，等式の性質などはあらためて公理として採用するまでもなく，よく知っている事実として用いることにした。今後とも，公理に類したことがらはでてくるかもしれないが，その都度考えることにして，公理主義的に陥らないようにした。以上が第１時である。
第２時は，（ⅱ）　すじ道をたてて導きだしていく　について指導した。
仮定と結論に分けることが大切であると知らせた。
「正しいことがわかっていることがらまたは与えられたことがらを**仮定**といい，正しいかどうかが導きだされていくことがらを**結論**という。多くの場合，pならばqと表すことができ，pを仮定，qを結論という。」
上の問題では　（仮定）　AD∥CF，DE＝CE　　（結論）AE＝FE　　となる。　さて，すじ道をたてて結論を導きだしていくためには，次の形式①，②をふまえている。この形式が「すじ道をたてる」ことである。これらの形式を有効な推論形式といい，トートロジー（恒真条件）の概念により有効性が認められる。くわしくは，Ⅲ　で述べる。

生徒は具体的な事実の中でこれらの形式①，②を認めることができた。むしろ，よく用いていたことを白日のもとに再確認したといってもよい。

$$① \quad \begin{array}{l} p \to q \\ p \\ \hline \therefore \quad q \end{array} \qquad\qquad ② \quad \begin{array}{l} p \to q \\ q \to r \\ \hline \therefore \ p \to r \end{array}$$

①の例

(1) 救急車が通れば　他の車は止まる
　　救急車が通る
―――――――――――――――
∴　　　　　　　　（他の車は止まる）

(2) 鈴木君が中学生ならば鈴木君は英語を学ぶ
　（鈴木君は中学生である）
―――――――――――――――
∴　　　　　　　　鈴木君は英語を学ぶ

②の例

(3) 明日晴天ならば　遠足がある
　　遠足ならば　　　朝，母は忙しい
―――――――――――――――
∴（明日晴天ならば　朝，母は忙しい）

(4)私の机上が乱雑ならば母は掃除をする
　（母が掃除をすれば私は母におこる）
―――――――――――――――
∴私の机上が乱雑ならば私は母におこる

上の例の（　　）の部分を生徒に考えさせるのである。①は当然のこととしているが，②は少しわかりにくかった。とくに，(4)は生徒自身の感情がはいって，机上が乱雑でも，掃除をしても，母がおこられることに反発していた。しかし，感情を抜きにすれば，①，②の形式が正しいことを認めた。そして，上の問題の証明では，①，②の形式をふまえていると説明したが生徒はあまり関心を示さなかった。

(2) 授業 :1.2　　二等辺三角形　より

生徒は，二等辺三角形や正三角形の性質をよく知っている。しかし，それらの性質は知識として知っているだけで，体系的に整理されているわけではない。そこで，二等辺三角形や正三角形の定義を考え，それらの性質を体系的に整理させた。どの性質をどの性質のつぎに並べるかといったことをすすめていくには，論理的な展開すなわち証明が必要になってくる。

先ず，生徒は二等辺三角形の定義を次のようにした。これには異論はなかった。

［二等辺三角形の定義］

　２つの辺の長さが等しい三角形を**二等辺三角形**という。

次に，二等辺三角形の性質を定義と三角形の合同条件より証明し，定理として採用した。

［定理３］――二等辺三角形の性質

　(1) 二等辺三角形の両底角は等しい。

　(2) 二等辺三角形の頂角の二等分線は，底辺を垂直に２等分する。（以上第１時）

第２時は，正三角形の定義である。

生徒は正三角形の性質をよく知っているので，定義に混乱がみられた。

41名のクラスで，３辺が等しいとした者　25名，３角が等しいとした者　３名，３辺と３角の両方が等しいとした者　13名　であった。

二等辺三角形と同じように辺で定義しようということになり，次のように定義した。

［正三角形の定義］

　３つの辺の長さがすべて等しい三角形を**正三角形**という。

この定義より，正三角形は二等辺三角形に含まれるから，正三角形の角については，定理３(1)を用いて，次の定理にまとめられる。

［定理４］――正三角形の角

正三角形の３つの角はすべて等しく60°である。

図形の基本性質，定義，定理をもとにして，証明をすすめながら図形の研究をするのである。そのためには，むつかしくない適切な例題が望まれる。そのような例題として，次の例題を与えた。

例題　正三角形ABCの３辺AB，BC，CA上に，それぞれ点D，E，FをAD＝BE＝CFとなるようにとるとき，△DEFは正三角形であることを証明せよ。

第３時は，二等辺三角形のしめくくりとして，定理３(1)の逆を指導した。

［定理５］――２つの角が等しい三角形

２つの角が等しい三角形は二等辺三角形である。

証明は，△ABCにおいて（仮定）∠B＝∠C（結論）ＡＢ＝ＡＣとして，生徒に考えさせたところ，補助線の引き方について次の３通りが提出された。

（ｉ）中線ＡＤを引く　（ii）∠Ａの２等分線を引く　（iii）ＡよりＢＣに垂線引く

これら３つの場合についての証明を考えさせた。（ｉ）は無理であり，（ii），（iii）は可能である。

第４時は，逆について扱い，あることがらが正しくても，その逆は正しいとはかぎらないことに触れた。正しくないことを示すには，反例を１つだけあげればよいことに触れた。二等辺三角形のしめくくりとして，次の例題を与えた。

例題　二等辺三角形ABCの等しい辺AB，ACの中点をそれぞれM，Nとし，BNとCMの交点をＰとするとき，△PBCは二等辺三角形であることを証明せよ。

(3)　授業 :1.3　直角三角形　より

第１時は，直角三角形の定義と直角三角形の合同条件の手がかりをつかませた。

［直角三角形の定義］

１つの角が直角である三角形を**直角三角形**といい，直角に対する辺を斜辺という。

定義について問題になることはなかった。次に，基本性質の三角形の合同条件以外に合同条件が直角三角形にあるかを考えさせた。

（ｉ）斜辺と両端の角（合同条件）⟶斜辺と１つの鋭角（○）

（ii）斜辺と他の２辺（合同条件）⟶斜辺と他の１辺（○）

（iii）直角とそれをはさむ２辺（合同条件）⟶直角とそれに隣りあう１辺（×）

（iv）斜辺外の１辺とその両端の角（合同条件）⟶斜辺外の１辺と１つの鋭角（×）

これは，左の合同条件より条件を１つけずっても直角三角形では成立するかどうかを作図により考えさせた。（　）内の○は作図ができ，×はできないことを示す。

第２時は，上の考察より，次の直角三角形の合同条件を導き，証明した。

［定理６］――直角三角形の合同条件

２つの直角三角形は次の各条件が成り立つとき合同である。

(1)　斜辺と１つの鋭角がそれぞれ等しい。（斜辺と１鋭角相等）

(2)　斜辺と他の１辺がそれぞれ等しい。（斜辺と他の１辺相等）

先ず，(1)を証明し，(1)の結果を用いて，(2)を証明した。

第３時は，上の定理の応用として，次の定理を導き，証明させた。

［定理７］――垂直二等分線の性質

(1)　線分の垂直二等分線上の点は，その線分の両端から等距離にある。

(2) 線分の両端から等距離にある点は，その線分の垂直二等分線上にある。

［定理８］――角の二等分線の性質

(1) 角の二等分線上の点は，角の２辺から等距離にある。

(2) 角の２辺から等距離にある点は，この角の二等分線上にある。

第４時は，上の定理７，８の応用として，次の例題を与えた。

例題 △ABCの各辺の垂直二等分線は１点で交わることを証明せよ。

(注) そのような点を三角形の外心という。

例題 △ABCの各内角の二等分線は１点で交わることを証明せよ。

(注) そのような点を三角形の内心という。

作図により確かめさせた後で，証明させた。

(4) 授業 :2.1　平行四辺形　より

［平行四辺形の定義］

２組の対辺がそれぞれ平行である四角形を平行四辺形という。

生徒は上述の定義の他に，２組の対辺相等，２組の対角相等，２組の対辺が平行で相等などをあげていた。やはり，平行四辺形についていろいろな知識が未整理で混在しているのである。ここでは，平行を示す必要があるということで上述の定義に落ちついた。

次に，平行四辺形の性質としては，次の３つを定理化した。

［定理９］――平行四辺形の性質

平行四辺形では，次のことが成り立つ。

(1) ２組の対辺はそれぞれ等しい。

(2) ２組の対角はそれぞれ等しい。

(3) ２つの対角線は互いに他を２等分する。

生徒は他に，１つの対角線でできる２つの三角形は合同，対角線で面積は２等分される，２つの対角線の交点について点対称などをあげた。定理９の証明は(1)，(2)，(3)の順ですすめた。(3)を証明するには，(1)の結果が必要である。ここに，単なる理由の説明でない論理的な証明における推論の順序を明確にする必要がでてきた。（以上は第１時）

第２時は，定理９の証明と，生徒があげた他の性質を例題として扱った。

例題 平行四辺形ABCDの対角線AC，BDの交点Oを通る直線を引き，辺AD，BCとの交点をそれぞれP，Qとするとき，Oは線分PQの中点であることを証明せよ。

第３時は，右図に点Dを追加して平行四辺形ABCDを完成させることを考えさせた。生徒から次のような作図法が出された。(図２)

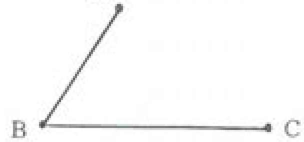


図２

① AよりBCに平行線を引き，また，CよりBAに平行線を引き，それらの交点をDとする。(AD∥BC, BA∥CD)

② Aを中心，BCを半径とする円とCを中心，BAを半径とする円の交点をDとする。(AD＝BC,BA＝CD)

③ △ABCを作り，AをCに，CをAに重ねて裏返してDを作る。（∠B＝∠D，∠A＝∠Cのつもりか?）

④ ACの中点をOとし，BOの延長上にBO＝ODとなる点Dをとる。(AO＝CO，BO＝DO)

⑤ AよりBCに平行線を引き，その上にBC＝ADとなる点Dをとる。(AD∥BC，AD＝BD)

⑥ ACの中点をOとし，半直線BOとAを中心，半径BCの円との交点をDとする。

⑦　CよりBAに平行線を引き，Aを中心，半径BCの円との交点をDとする。

以上のうち，⑥，⑦はいつも作図できるとはかぎらない。これらより次の定理を得た。

［定理10］──平行四辺形になるための条件

四角形は次の条件のうちどれか１つが成り立てば平行四辺形である。

(1)　２組の対辺がそれぞれ平行である。（定義）

(2)　２組の対辺がそれぞれ等しい。

(3)　２組の対角がそれぞれ等しい。

(4)　対角線が互いに他を２等分する。

(5)　１組の対辺が平行で等しい。

証明は(2)，(3)，(4)，(5)の順序ですすめた。とくに，(4)，(5)は(2)あるいは(3)に帰着させた。また，定理９，10は記述が同じなので注意がいる。生徒は混乱していた。前提となる条件が平行四辺形が一般の四角形か，また，何を結論としたいのか，よく考える必要を感じていた。（以上は第４時）

第５時は，次の例題を与えた。

例題　平行四辺形ABCDの２辺AB，CDの中点をそれぞれM，Nとするとき，四角形AMCNは平行四辺形であることを証明せよ。

例題　平行四辺形ABCDにおいて，AP＝CR，BQ＝DSとなる点P，Q，R，Sをそれぞれ辺AB，BC，CD，DA上にとるとき，四角形PQRSは平行四辺形であることを証明せよ。

生徒の証明は，定理10の(4)，(5)を用いるよりも，(2)，(3)を用いることが多い。それだけ証明を複雑にしている。証明を簡潔に表現するように心がけたいという生徒もでてきた。

(5)　授業 :2.2　特別な平行四辺形　より

長方形，ひし形，正方形の順序で指導した。

［長方形の定義］

４つの角がすべて等しい四角形を長方形という。

この定義より，定理10の(2)を用いて，長方形は平行四辺形であることが証明される。また，１つの角が直角である平行四辺形は長方形であることが，定理９の(2)を用いて証明される。生徒は長方形の対角線の性質はよく知っていた。（以上は第１時）

［定理11］──長方形の対角線

長方形の２つの対角線は等しい。

性質をよく知っていることと証明とは別のことであるから，三角形の合同に着目させて証明させた。また，２つの対角線が等しい平行四辺形は長方形であることを証明させた。このことを後日，定期テストの問題の証明の中で適用するとき，２つの対角線が等しいというだけで四角形を長方形であると結論づけた生徒が半数を占めた。平行四辺形であることを見逃してしまったわけである。そして，次の定理を例題として与えた。（以上第２時）

［定理12］──直角三角形の斜辺の中点

直角三角形の斜辺の中点は，この三角形の３つの頂点から等距離にある。

第３時は，ひし形の研究である。

［ひし形の定義］

４つの辺がすべて等しい四角形をひし形という。

長方形のときと同じ展開で，先ず，ひし形は平行四辺形であること，隣り合う２辺が等

しい平行四辺形はひし形であることを証明させたのち，対角線についての定理を証明した。

［定理13］──ひし形の対角線

ひし形の２つの対角線は垂直に交わる。

さらに，２つの対角線が垂直に交わる平行四辺形はひし形であるといえるかを考えさせ，証明させた。

第４時は正方形の研究である。

［正方形の定義］

４つの角がすべて等しく，４つの辺がすべて等しい四角形を**正方形**という。

生徒は定義に混乱もなく，正方形が平行四辺形であること，平行四辺形・長方形・ひし形・正方形の関係も表現方法を別とすれば，よくわかっていた。

さらに，１つの角が直角で，隣り合う２辺が等しい平行四辺形は正方形であること，正方形の２つの対角線は等しくて垂直に交わること，また，２つの対角線が等しくて垂直に交わる平行四辺形は正方形であることなどの証明をさせた。いずれも，正方形が長方形とひし形の共通部分であることから生徒は容易に証明した。

⑹　授業 :2.3　平行線と面積　より

この項は，作図による等積変形が中心であって，図形の論証から浮いた内容であるが，次の定理を設定することによって，前時までの流れの中にうめこむことができた。

［定理14］──平行線と面積

⑴　線分BCを共通の底辺とする△ABCと△DBCにおいて

AD∥BC　ならば　△ABC＝△DBC

⑵　線分BCの同じ側にあって，BCを共通の底辺とする△ABCと△DBCにおいて

△ABC＝△DBC　ならば　AD∥BC

生徒は平行２直線の間の距離は一定であることをよく知っているが，それを表面に出さずに平行四辺形の延長上で証明させた。点A，Dから直線BCに垂線を引き，その足をそれぞれH，Kとして，四角形AHKDが平行四辺形あるいは長方形になることを用いて証明させた。

次に，平行四辺形のしめくくりとして，台形について触れた。

［台形の定義］

１組の対辺が平行な四角形を**台形**という。とくに，平行辺の１つの両端の頂角が等しい台形を**等脚台形**という。

この定義から，平行四辺形は台形であるということになる。台形の性質として次の例題を与えた。（以上は第１時）

例題　AD∥BCの台形ABCDの対角線AC，BDの交点をOとするとき，

△OAB＝△ODCを証明せよ。

第２時は，等積変形として次の例題を与えた。

例題　四角形ABCDの辺BCの延長上に点Eをとり，△ABE＝四角形ABCDとせよ。

例題　△ABCにおいて，辺BC上の点Pを通って，△ABCの面積を２等分する直線を引け。

三角形の合同を中心とした図形の論証は以上であり，１月～３月は相似を中心とした図形の論証を続ける予定である。

Ⅲ　論理（高等学校１年）

高等学校における入門期の数学として，集合と論理は早期の段階で指導するのが望ましい。抽象的思考の訓練と論理的思考の訓練が以後の数学を制するからである。入門期であるから，生徒がよく知っている具体例を中心に展開しないと難解なものにしてしまう。

集合は，現代化の低迷とともに，教科書の記述がゆるめられたが，小・中・高を通してみると高等学校の記述はおとろえたわけではない。今回の実践では，６月に集合，９月～10月に論理を行った。とくに，９月～10月は本学の基本教育実習の期間であったので，論理は教育実習生の実習用教材としての役割ももった。

実践の時期 ： 1987年９月～10月

実践の対象 ： 本学附属高等学校天王寺校舎１年生全員　（高32期生　183名）

授業計画 ：

主題　　論理　⑽　　　（　）内の数は指導時間数を表す。

§１　条件　⑶	§２　限定命題　⑶	§３　推論　⑷
1.1　命題と条件	2.1　「すべて」と「ある」	3.1　条件文
1.2　条件の合成	2.2　限定命題の否定	3.2　逆・裏・対偶
1.3　条件代数		3.3　有効な推論形式
		3.4　必要条件・十分条件

実践の概略 ：

⑴　授業 ： 1.1　命題と条件　より

先ず，命題の定義から出発した。

［定義１］　文章や式で表されたことがらで，正しいか正しくないかが明確に決まるものを**命題**（proposition）という。

ある命題が正しいとき，その命題は**真である**（true）といい，正しくないとき，**偽である**（false）という。

命題をとりだすために，次の問を考えさせた。

問１　次のことがらは命題であるか。命題ならばその真偽を判定せよ。

⑴　大阪市は政令指定都市である。

⑵　数学は美しい。

⑶　x は素数である。

⑷　$1+1=10$

⑸　明日晴天ならば遠足がある。

⑹　２つの辺が等しい三角形を二等辺三角形という。

⑺　二等辺三角形の両底角は等しい。

⑻　寺田町駅のつぎは天王寺駅ですか。

⑼　明日の選挙には投票しましょう。

⑽　$x^2-1=0$

生徒は⑴を真の命題と認めるが，政令指定都市（人口50万人以上）の意味を知らなかった。⑵は，集合でもでてきたが「美しい」の範囲が明確でないから，命題でないとした。⑶は，x が定まらないから真偽の判定ができないとした。これは，次に定義する条件であ

る。(4)は偽であるが，２進法の算法ならば真である。生徒は，このことには気がつかない。(5)は，状況がはっきりしないから何んともいえないとしている。本校は，明日遠足は予定していないという説明もあった。これは，明日になると真偽が決まるので命題である。(6)は，生徒は真の命題と認めているが，定義を命題に入れるかどうかは議論のあるところである。定義を命題とみれば，それは真の命題である。(7)は定理であり，問題にはならない。定理は真の命題である。補足として，「直線外の１点を通り，その直線に平行な直線はただ１つ存在する」をあげた。公理は真の命題である。(8)はつぎがどの駅か不明とする生徒がいたが，疑問文は真偽の対象にしない。(9)は呼びかけであるから真偽の対象にならないと答えた。(10)は(3)と同様に，次にでてくる条件である。

［定義２］　変数を含む文章や式で表されたことがらで，変数のとる値に対応して正しかったり正しくなかったりして真偽が決められないものを**条件**（condition）または命題関数という。

変数のとる値の範囲をその変数の**変域**といい，Uで表す。変数xを含む条件は$p(x)$，$x\in$Uと表す。

(注)　Uは全体集合を表している。

専門的な数学では，命題と条件を区別しないこともあるが，高等学校では命題と条件を区別する。条件は変数のとる値が定まったときに，命題に昇格するわけである。条件は集合と対応させて議論をすすめていく。次の問はその準備である。

$\boxed{\text{問２}}$　次の条件をみたすような変数のとる値の集合を求めよ。

(1)　U＝$\{x \mid 1\leqq x\leqq 5,\ x\in \mathrm{N}\}$ のとき，

①　$p(x)$:$x^2-4x+3=0$，$x\in$U　　②　$q(x)$:xは素数である。$x\in$U

(2)　U＝$\{(x,\ y) \mid x\in \mathrm{R},\ y\in \mathrm{R}\}$ のとき，

③　$p(x,\ y)$: $y=x+1$，$(x,y)\in$U　④　$q(x,\ y)$: $y>x+1$，$(x,\ y)\in$U

④の不等式の領域は，中学校で指導されていないが，③の直線との関連でわかった。この問を具体例として，条件に対応する集合を次のように定義した。

［定義３］　条件$p(x)$，$x\in$U　をみたすような変数xの値の集合

P＝$\{x \mid p(x),\ x\in \mathrm{U}\}$ を$p(x)$ の**真理集合**という。

さらに，次の問で真理集合の意味の定着をねらった。

$\boxed{\text{問３}}$　次の条件の真理集合を求めよ。

(1)　$x^2-2x+1=0$，$x\in$R

(2)　yはxより１だけ大きい。ただし，$(x,\ y)\in\{(1,1), (1,2), (1,3), (2,1), (3,1), (3,2), (3,3)\}$

(1)は１変数xの条件，(2)は２変数x,yの条件である。また，(1)は方程式の実数解を求めることが，条件の真理集合を求めることと同じであることを示している。

［定義４］　２つの条件$p(x)$，$q(x)$，$x\in$Uの真理集合をそれぞれP，Qとするとき，$p(x)$ と$q(x)$ をみたすような変数xの値が一致する。すなわち，P＝Qならば$p(x)$ と$q(x)$ は**同値である**といい，$p(x)\Leftrightarrow q(x)$ で表す。

条件の同値を真理集合の等しいことに対応させて議論するわけである。同値の意味の定着をねらった問が次の問４である。

問4 次の条件のうち同値であるものはどれとどれか。ただし，$x \in R$，$y \in R$とする。

(1) $x(x-1) \neq 0$	(2) $0 < x < 1$
(3) $xy \neq 0$	(4) $x=y=0$
(5) $xy=0$	(6) $x \neq 0$ かつ $y \neq 0$
(7) $x^2+y^2=0$	(8) $x=0$ または $y=0$
(9) $x(x-1)<0$	(10) $x \neq 0$ かつ $x \neq 1$

同値の定義は1変数の場合であるが，2変数に拡張しても抵抗はなかった。

(2) 授業 :1.2　条件の合成　より

条件の合接，離接，否定とその真理集合について考察した。

［定義5］　2つの条件$p(x)$，$q(x)$，$x \in U$において，

(1) 条件「$p(x)$ かつ $q(x)$」を$p(x)$と$q(x)$の**合接**といい，$p(x) \wedge q(x)$ で表す。

(2) 条件「$p(x)$または$q(x)$」を$p(x)$と$q(x)$ の**離接**といい，$p(x) \vee q(x)$で表す。

(3) 条件「$p(x)$ でない」を$p(x)$ の**否定**といい，$\overline{p(x)}$で表す。

定理1　2つの条件$p(x)$，$q(x)$，$x \in U$の真理集合をそれぞれP，Qとするとき，合接$p(x) \wedge q(x)$，離接$p(x) \vee q(x)$，否定$\overline{p(x)}$の真理集合はそれぞれ$P \cap Q$，$P \cup Q$，$\overline{P}$である。

条件の合成の記号$\wedge$，$\vee$は集合の合成の記号$\cap$，$\cup$に対応しているので，抵抗はなかった。

問5　次の2つの条件

$p(x)$:xは2の倍数である。$x \in U$，$q(x)$:xは3の倍数である。$x \in U$

ただし，$U=\{x \mid 0 \leqq x \leqq 10,\ x \in U\}$ とする。次の条件の真理集合を求めよ。

(1) $p(x) \wedge q(x)$　(2) $p(x) \vee q(x)$　(3) $\overline{p(x)}$　(4) $p(x) \vee \overline{q(x)}$

定理2　2つの条件$p(x)$，$q(x)$，$x \in U$に対して，次のことが成り立つ。

(1) $\overline{p(x) \wedge q(x)} \Leftrightarrow \overline{p(x)} \vee \overline{q(x)}$　(2) $\overline{p(x) \vee q(x)} \Leftrightarrow \overline{p(x)} \wedge \overline{q(x)}$

［条件に関するド・モルガンの法則］

証明は集合に関するド・モルガンの法則に対応するのでわかりやすかった。

問6　次の条件の否定を述べよ。ただし，$x \in R$，$y \in R$

(1) $xy=0 \Leftrightarrow x=0$ または $y=0$　(2) $x^2+y^2=0 \Leftrightarrow x=y=0$

生徒は，定理2を適用するよりも，式のもつ意味から否定を考えたものが多かった。

(3) 授業 : 1.3　条件代数　より

条件$p(x)$: $x^2 \geqq 0$，$x \in R$の真理集合はR，条件$q(x)$: $x^2<0$，$x \in R$の真理集合はϕであることから，次の定義を導いた。

［定義6］　全体集合Uのすべての要素について，

(1) つねに真である，すなわち真理集合がUである条件を**恒真条件**といい，$u(x)$ で表す。

(2) つねに偽である，すなわち真理集合がϕである条件を**恒偽条件**といい，$\phi(x)$ で表す。

次の定理は，条件を計算するときの基本法則である。すなわち，条件を記号として，代数的な計算が可能である。その意味で，条件代数とよぶことにした。[2]

$\boxed{\text{定理3}}$ 全体集合をUとして，条件$p(x), q(x), r(x), u(x)$, $\phi(x), x\in$ Uについて，次の基本法則が成り立つ。

(1a) $p(x)\vee q(x)=q(x)\vee p(x)$

(1b) $p(x)\wedge q(x)=q(x)\wedge p(x)$

(2a) $[p(x)\vee q(x)]\vee r(x)=p(x)\vee[q(x)\vee r(x)]$

(2b) $[p(x)\wedge q(x)]\wedge r(x)=p(x)\wedge[q(x)\wedge r(x)]$

(3a) $p(x)\wedge[q(x)\vee r(x)]=[p(x)\wedge q(x)]\vee[p(x)\wedge r(x)]$

(3b) $p(x)\vee[q(x)\wedge r(x)]=[p(x)\vee q(x)]\wedge[p(x)\vee r(x)]$

(4a) $p(x)\vee p(x)=p(x)$

(4b) $p(x)\wedge p(x)=p(x)$

(5a) $p(x)\wedge[p(x)\vee q(x)]=p(x)$

(5b) $p(x)\vee[p(x)\wedge q(x)]=p(x)$

(6a) $p(x)\vee\overline{p(x)}=u(x)$

(6b) $p(x)\wedge\overline{p(x)}=\phi(x)$

(7a) $\overline{\overline{p(x)}}=p(x)$

(8a) $\overline{p(x)\vee q(x)}=\overline{p(x)}\wedge\overline{q(x)}$

(8b) $\overline{p(x)\wedge q(x)}=\overline{p(x)}\vee\overline{q(x)}$

(9a) $u(x)\vee p(x)=u(x)$

(9b) $\phi(x)\wedge p(x)=\phi(x)$

(10a) $\phi(x)\vee p(x)=p(x)$

(10b) $u(x)\wedge p(x)=p(x)$

(11a) $\overline{u(x)}=\phi(x)$

(11b) $\overline{\phi(x)}=u(x)$

(注) ここでは，同値$p(x)\Leftrightarrow q(x)$ を$p(x)=q(x)$ で表す。

証明は，条件の真理集合の間の関係が，６月に学んだ集合代数と同じであるから不要といってもよい。生徒は，ベン図をかいて確かめていた。

定理３を用いると次のような計算ができる。

$\boxed{\text{問7}}$ 次の等式の成り立つことを証明せよ。

(1) $\overline{[\overline{p(x)}\vee q(x)]\wedge p(x)}\vee q(x)=u(x)$

(2) $\overline{[\overline{p(x)}\vee q(x)]\wedge[\overline{q(x)}\vee r(x)]}\vee[\overline{p(x)}\vee r(x)]=u(x)$

これらの等式は，有効な推論形式をトートロジーから導くときにでてくる意味のある式である。証明は定理３を用いるか，真理集合について集合代数あるいはベン図を用いるかしてできる。生徒はベン図をよく用いていた。

(4) 授業 :2.1 「すべて」と「ある」 より

本学の基本教育実習の期間に入ったので，授業は教育実習生が担当した。

先ず，次の問を考えさせた。

$\boxed{\text{問8}}$ 次のことがらは命題であるか。命題ならばその真偽を判定せよ。

(1) すべてのxについて$x^2+1>0$, $x\in$R

(2) すべてのxについて $x^2-1>0$, $x\in$R

(3) あるxについて $x^2+1\leqq 0$, $x\in$R

(4) あるxについて $x^2-1\leqq 0$, $x\in$R

(1)が真，(2)が偽はすぐにわかった。しかし，(3)，(4)については「あるx」が何か定まらないので命題でないという意見がでた。すなわち，条件であると考えていた。指導にあたった実習生が，「あるxは素数である」と別の例を出しても，「あるx」では何も定まっていないという状況は変わらなかった。「このクラスで，ある生徒は女子である」という日常的な例でも状況は変わらなかった。これは「ある」の意味がはっきりしていないことによると考え，「このクラスで，女子である生徒が存在する」，「素数であるxが存在する」，「$x^2+1\leqq 0$であるxが存在する」といいかえることによって，真偽の判定が可能である

としていた。すなわち，「あるx」は「……となるxが存在する」の意味だと考えることによって，命題であり，真偽が判定できることがわかった。

［定義７］　条件$p(x)$，$x \in \mathrm{U}$において

　(1)　「すべてのxについて　$p(x)$，$x \in \mathrm{U}$」　を**全称命題**といい，

　　$\forall x \ \ p(x)$，$x \in \mathrm{U}$　と表す。

　(2)　「あるxについて　$p(x)$，$x \in \mathrm{U}$」を**存在命題**といい，

　　$\exists x \ \ p(x)$，$x \in \mathrm{U}$　と表す。

㊟　全称命題と存在命題をあわせて**限定命題**という。

さて，問8について，$x^2+1>0$，$x \in \mathrm{R}$の真理集合をPとすると，$\mathrm{P}=\mathrm{R}$

$x^2+1 \leqq 0$，$x \in \mathrm{R}$の真理集合をPとすると，$\mathrm{P}=\phi$

$x^2-1>0$，$x \in \mathrm{R}$の真理集合をPとすると，$\mathrm{P} \fallingdotseq \mathrm{R}$

$x^2-1 \leqq 0$，$x \in \mathrm{R}$の真理集合をPとすると，$\mathrm{P} \fallingdotseq \phi$

これらの考察から，次の定理を得る。（逆も真である）

$\boxed{\text{定理４}}$　条件$p(x)$，$x \in \mathrm{U}$の真理集合をPとするとき，

(1)　$\mathrm{P}=\mathrm{U}$　ならば　命題　$\forall x \ \ p(x)$，$x \in \mathrm{U}$　は真である。

(2)　$\mathrm{P} \fallingdotseq \mathrm{U}$　ならば　命題　$\forall x \ \ p(x)$，$x \in \mathrm{U}$　は偽である。

(3)　$\mathrm{P} \fallingdotseq \phi$　ならば　命題　$\exists x \ \ p(x)$，$x \in \mathrm{U}$　は真である。

(4)　$\mathrm{P}=\phi$　ならば　命題　$\exists x \ \ p(x)$，$x \in \mathrm{U}$　は偽である。

さらに，限定命題の定着をはかるために，次の問を与えた。

$\boxed{\text{問９}}$　次の命題の真偽を判定せよ。真のときは証明し，偽のときは反例をあげよ。

(1)　すべての実数xについて　$x^2+4x+5>0$

(2)　ある実数xについて　$x^3-4x^2+5=0$

(3)　すべての実数xについて　$x^2-2x-1 \geqq 0$

(4)　ある実数x，yについて　$x^2+y^2 \leqq 0$

「すべて」と「ある」の意味がわかったので問題になることはなかった。

⑸　授業 :2.2　限定命題の否定　より

本章（論理）のねらいは，数学の学習の一助となるように論理的思考を養成するところにある。学習の結果，生徒が日常の世界へと適用すれば幸いであるが，日本語のもつ非論理的な部分まで改革するようには意図していない。従って，できるだけ日常の世界は避けて，数学の世界にだけ限定したいと考えている。

そこで，実習生とのはじめの打合せでは，限定命題の否定についても数学の世界のみで展開しようということにした。

$\overline{\forall x \ \ x^2+1>0}$，$x \in \mathrm{R}$　を考えると，これは$x^2+1>0$とならないxがあるということである。すなわち，$\exists x \ \ x^2+1 \leqq 0$，$x \in \mathrm{R}$　である。

また，$\overline{\exists x \ \ x^2-1 \leqq 0}$，$x \in \mathrm{R}$　を考えると，これは$x^2-1 \leqq 0$となるxが１つもないということである。すなわち，$\forall x \ \ x^2-1>0$，$x \in \mathrm{R}$　である。

しかし，これまでの生徒の反応からすると，抽象的な数式よりも，日常会話の方がクラスの全員が同じように考えられるということで，具体例を導入に用いた。

沖縄で皆既日食が見られた直後であったので，次の文の否定を考えさせた。

①　このクラスのある生徒は日食を見た。

② このクラスのすべての生徒は日食を見た。

実習生の発案で，先ず，「ある」の否定からすすめた。生徒は①，②の否定として，いずれにしても，次の２つを答えた。

③ このクラスのある生徒は日食を見なかった。

④ このクラスのすべての生徒は日食を見なかった。

①の否定としての③は，①の状況と変わらない。すなわち，このクラスのある生徒が日食を見たということは，見なかった生徒の存在も暗に示唆している。このように述べた生徒の意見で，③は①の否定でないとすべての生徒が認めた。①の否定は，日食を見た生徒の存在を否定するのだから，④になるわけであると大半の生徒は賛成した。

②の否定は，③，③と④に分れた。④だけというのはなかった。③と④の両方を答えた生徒の意見は，見なかった生徒が存在してもいいし，それがクラス全員でもよいということである。③と答えた生徒から，「すべて」は「ある」の中に含まれる。すなわち，見なかった生徒が１人でも，２人でも，……,全員でも存在すればいいのだという意見であった。③と④の両方を答えた生徒の中には，「すべて」が「ある」に含まれることに最後まで抵抗を示した。以上より，次の定理にまとめた。

$\boxed{\text{定理5}}$ 条件$p(x)$，$x\in\mathrm{U}$ において，次のことが成り立つ。

(1) $\overline{\forall x\ \ p(x)},\ x\in\mathrm{U} \Leftrightarrow \exists x\ \ \overline{p(x)},\ x\in\mathrm{U}$

(2) $\overline{\exists x\ \ p(x)},\ x\in\mathrm{U} \Leftrightarrow \forall x\ \ \overline{p(x)},\ x\in\mathrm{U}$

定理５の証明は， $\mathrm{U}=\{1,2,3,\cdots\cdots,n\}$ のとき

$$\forall x\ \ p(x) \Leftrightarrow p(1)\wedge p(2)\wedge p(3)\wedge\cdots\cdots\wedge p(n)$$

$$\exists x\ \ p(x) \Leftrightarrow p(1)\vee p(2)\vee p(3)\vee\cdots\cdots\vee p(n)$$

であるから，ド・モルガンの法則より，次のように導かれる。

$$\overline{\forall x\ \ p(x)} \Leftrightarrow \overline{p(1)}\vee\overline{p(2)}\vee\overline{p(3)}\vee\cdots\cdots\vee\overline{p(n)} \Leftrightarrow \exists x\ \ \overline{p(x)}$$

$$\overline{\exists x\ \ p(x)} \Leftrightarrow \overline{p(1)}\wedge\overline{p(2)}\wedge\overline{p(3)}\wedge\cdots\cdots\wedge\overline{p(n)} \Leftrightarrow \forall x\ \ \overline{p(x)}$$

ここでは，定理４を用いて，集合によりもっと一般的な証明を指導した。

条件$p(x)$，$x\in\mathrm{U}$の真理集合をPとする。

(1) $\mathrm{P}=\mathrm{U}$ ならば 定理４(1)より $\forall x\ \ p(x)$，$x\in\mathrm{U}$ は真である。

$\mathrm{P}=\mathrm{U}$ の否定は $\mathrm{P}\neq\mathrm{U}$。従って $\overline{\mathrm{P}}\neq\phi$。これは $\exists x\ \ \overline{p(x)},\ x\in\mathrm{U}$が真であることにほかならない。

$\mathrm{P}=\mathrm{U}$の否定は，$\overline{\forall x\ \ p(x)},\ x\in\mathrm{U}$ が偽であるから，上の考察では

$\overline{\forall x\ \ p(x)},\ x\in\mathrm{U}$ が偽に $\exists x\ \ \overline{p(x)},\ x\in\mathrm{U}$ が真 が対応することになり(1)の証明にはなっていない。

そこで，$\overline{\forall x\ \ p(x)},\ x\in\mathrm{U}$ と $\exists x\ \ \overline{p(x)},\ x\in\mathrm{U}$ の真偽が一致することを証明することにし，授業では次のように証明した。

（ｉ）$\overline{\forall x\ \ p(x)},\ x\in\mathrm{U}$ が真のとき，

$\forall x\ \ p(x)$，$x\in\mathrm{U}$ は偽であるから，定理４(2) より$\mathrm{P}\neq\mathrm{U}$

$\mathrm{P}\neq\mathrm{U} \Leftrightarrow \overline{\mathrm{P}}\neq\overline{\mathrm{U}}=\phi$

従って，$\exists x\ \ \overline{p(x)},\ x\in\mathrm{U}$は真である。

（ii）$\overline{\forall x \ \ p(x)}$，$x\in \mathrm{U}$　が偽のとき，

$\forall x \ \ p(x)$，$x\in \mathrm{U}$　は真であるから，定理4(1)　より　$\mathrm{P}=\mathrm{U}$

$\mathrm{P}=\mathrm{U} \ \Leftrightarrow \ \overline{\mathrm{P}}=\overline{\mathrm{U}}=\phi$

従って，$\exists x \ \ \overline{p(x)}$，$x\in \mathrm{U}$　は偽である。

（i），（ii）より，$\overline{\forall x \ \ p(x)}$，$x\in \mathrm{U}$ と $\exists x \ \ \overline{p(x)}$，$x\in \mathrm{U}$　の真偽が一致するから，

$$\overline{\forall x \ \ p(x)},\ x\in \mathrm{U} \ \Leftrightarrow \ \exists x \ \ \overline{p(x)},\ x\in \mathrm{U}$$

(2)も同様に証明できるとして，生徒の自学自習にまかせたが，一部の生徒にしかできなかった。私は，定理5を集合を用いて証明するのに期待をもったが，結果はかなり複雑になり容易でなかった。生徒は，集合を用いると抽象的すぎて難解であった。定理5を導けたところで止めても支障はなかったと考えられる。

次の問を準備していたが，この項が実習生の公開授業であり，上述のごとき難点があったので割愛し，実習期間後にあらためて指導した。

問10　次の命題の否定を述べ，その真偽を判定せよ。

(1)　任意の実数 x に対して　$x^2\geqq 0$

(2)　$x^2=2$　となるような有理数 x が存在する。

(3)　ある実数 x，y に対して　$x^2+y^2>0$

(4)　適当な実数 y をとれば，どんな実数 x に対しても　$y\leqq x^2$

なお，$\forall x$，$\exists x$　については混乱がなく，生徒の中には，問10のような命題の否定を文章で述べるのが苦手という生徒もいた。$\vee$，$\wedge$，$\forall x$，$\exists x$ の記号は理屈なしに覚えればよいという今の生徒に合っているのだろう。

(6)　授業 :3.1　条件文　より

先ず，次のことがらの真偽の判定をさせた。

①　$x>1$　ならば　$x^2>1$，$x\in \mathrm{R}$　：真

②　$x^2=1$　ならば　$x=1$，$x\in \mathrm{R}$　：偽

［定義8］　2つの条件 $p(x)$，$q(x)$，$x\in \mathrm{U}$ において，「$p(x)$ ならば $q(x)$，$x\in \mathrm{U}$」を**条件文**といい，$p(x)\Rightarrow \ q(x)$，$x\in \mathrm{U}$ と表す。

$p(x)$ を**仮定**，$q(x)$ を**結論**という。

$p(x)\Rightarrow q(x)$，$x\in \mathrm{U}$　が真のとき　$p(x) \longrightarrow q(x)$，$x\in \mathrm{U}$

$p(x)\Rightarrow q(x)$，$x\in \mathrm{U}$　が偽のとき　$p(x) \not\longrightarrow q(x)$，$x\in \mathrm{U}$ と表す。

(注)　$p(x)\Rightarrow q(x)$，$x\in \mathrm{U}$　とは　$\forall x \ \ p(x)\Rightarrow q(x)$，$x\in \mathrm{U}$　のことであり，その意味で全称命題である。

これは，たとえば　「$x>1$　ならば　$x^2>1$，$x\in \mathrm{R}$」　は　「$x>1$ となるすべての x について　$x^2>1$，$x\in \mathrm{R}$」という全称命題であるとなる。

定理6　2つの条件 $p(x)$，$q(x)$，$x\in \mathrm{U}$　の真理集合をそれぞれP，Qとするとき，

(1)　$p(x) \longrightarrow q(x)$，$x\in \mathrm{U}$　ならば　$\mathrm{P}\subseteqq \mathrm{Q}$

(2)　$p(x) \not\longrightarrow q(x)$，$x\in \mathrm{U}$　ならば　$\mathrm{P}\not\subseteqq \mathrm{Q}$

(注)　逆も成り立つ。

(注)　$\mathrm{P}\subseteqq \mathrm{Q} \Leftrightarrow \overline{\mathrm{P}}\cup \mathrm{Q}=\mathrm{U} \Leftrightarrow \mathrm{P}\cap \overline{\mathrm{Q}}=\phi$　であるから，$\mathrm{P}\not\subseteqq \mathrm{Q}$ を示すには，$\mathrm{P}\cap \overline{\mathrm{Q}}\neq \phi$　すなわち　$\mathrm{P}\cap \overline{\mathrm{Q}}$　の要素を1つあげればよい。このような要素を反例という。

問11 次の命題の真偽を判定せよ。ただし，$x\in\mathrm{R}$，$y\in\mathrm{R}$

(1) $x=1$ ならば $x^2=1$ ：真

(2) $0<x<1$ ならば $x<1$ ：真

(3) $|x|=1$ ならば $x^3=1$ ：偽 反例 $x=-1$

(4) $x^2-x<0$ ならば $x^2+x\geqq 0$ ：真

(5) $xy>0$ ならば $x>0$，$y>0$ ：偽 反例 $x=y=-1$

とくに，問題になることはなかった。

(7) 授業 :3.2 逆・裏・対偶 より

先ず，逆・裏・対偶の定義を与えた。

［定義9］ 2つの条件$p(x)$，$q(x)$，$x\in\mathrm{U}$において，「$p(x)$ ならば $q(x)$」に対して，「$q(x)$ ならば $p(x)$」を逆，「$\overline{p(x)}$ ならば $\overline{q(x)}$」を裏，「$\overline{q(x)}$ ならば $\overline{p(x)}$」を対偶という。

逆・裏・対偶ともとの命題の関係を図式化すると右図のようになる。後で，逆・裏・対偶をかかせたとき，右図の形にかいた生徒がいた。

$$\begin{array}{ccc}
\boxed{p(x)\Rightarrow q(x)} & \longleftarrow\text{逆}\longrightarrow & \boxed{q(x)\Rightarrow p(x)} \\
\updownarrow\ \text{裏} & \nwarrow\nearrow\ \text{対偶}\ \swarrow\searrow & \text{裏}\ \updownarrow \\
\boxed{\overline{p(x)}\Rightarrow\overline{q(x)}} & \longleftarrow\text{逆}\longrightarrow & \boxed{\overline{q(x)}\Rightarrow\overline{p(x)}}
\end{array}$$

例をあげると，$x\in\mathrm{R}$において

「$x>0$ ならば $x^2>0$」：真

逆「$x^2>0$ ならば $x>0$」：偽

裏「$x\leqq 0$ ならば $x^2\leqq 0$」：偽

対偶「$x^2\leqq 0$ ならば $x\leqq 0$」：真

これより，次の定理を得る。

定理7 命題「$p(x)$ ならば $q(x)$，$x\in\mathrm{U}$」が真ならば対偶は真であるが，逆と裏は必ずしも真ではない。

証明は，$p(x)$，$q(x)$ の真理集合P，Qを用いて，$p(x)\longrightarrow q(x)$ ならば $\mathrm{P}\subseteqq\mathrm{Q}$ $\therefore\overline{\mathrm{Q}}\subseteqq\overline{\mathrm{P}}$ 従って，$\overline{q(x)}\longrightarrow\overline{p(x)}$。$\mathrm{P}\subseteqq\mathrm{Q}$のときは，$\mathrm{Q}\subseteqq\mathrm{P}$，$\overline{\mathrm{P}}\subseteqq\overline{\mathrm{Q}}$とはかぎらないから $q(x)\Rightarrow p(x)$, $\overline{p(x)}\Rightarrow\overline{q(x)}$ が真とはかぎらない。生徒の方には混乱はなかった。

問12 次の命題の真偽を判定せよ。さらに，逆・裏・対偶を述べ，それらの真偽を判定せよ。

(1) nが偶数ならばn^2は偶数である。$n\in\mathrm{Z}$

(2) $x^2+y^2=0$ ならば $x=y=0$。$x\in\mathrm{R}$，$y\in\mathrm{R}$

(3) すべての実数値xに対してつねに $x^2+ax+b>0$ ならば $b>0$。

実習生の授業であり，(1)のみを扱い，(2)，(3)は実習期間後に指導した。

とくに，(3)については説明をきいて理解する程度のむつかしさがあった。

(8) 授業 :3.3 有効な推論形式 より

この授業は1987年10月13日に中国・東北師範大学の劉先生の参観された授業である。

はじめに，次の問を考えさせた。

問 $x\in\mathrm{N}$において，条件$p(x)$：xは奇数である。$q(x)$：xは素数である。

について条件文$p(x)\Rightarrow q(x)$ の否定を述べよ。

先ず，$p(x)\Rightarrow q(x)$ の真偽を問うた。生徒は，偽といい，反例として$x=9$をあげた。

そこで，9は奇数であるが素数でない。このことから，$p(x) \Rightarrow q(x)$ の否定を考えよと問いかけた。生徒から，「奇数であるが，素数でない x がある。」という答えがでた。しかし，「奇数でないならば素数でない」と裏を述べる生徒もいて，次の定理を認めるのに時間を要した。

$\boxed{\text{定理8}}$ 2つの条件 $p(x)$，$q(x)$，$x \in \mathrm{U}$ において

$$\overline{\forall x \ \ p(x) \Rightarrow q(x)} \ \Leftrightarrow \ \exists x \, [p(x) \wedge \overline{q(x)} \,]$$

定理8の否定を考えると

$$\forall x \ \ p(x) \Rightarrow q(x) \Leftrightarrow \ \overline{\exists x \, [p(x) \wedge \overline{q(x)} \,]} \Leftrightarrow \forall x \, [\overline{p(x)} \vee q(x) \,]$$

これより次の定理を得る。

$\boxed{\text{定理9}}$ 2つの条件 $p(x)$，$q(x)$，$x \in \mathrm{U}$ において

$$[p(x) \Rightarrow q(x) \,] \Leftrightarrow [\overline{p(x)} \vee q(x) \,]$$

次に，有効な推論形式について扱った。先ず，トートロジーを導入した。[2]

［定義10］ 条件 $p(x)$，$x \in \mathrm{U}$ の真理集合をPとする。

P＝Uのとき，$p(x)$ を**恒真条件**または**トートロジー**（tautology）といい，$u(x)$ で表す。

［定義11］ 条件文 $p(x) \Rightarrow q(x)$，$x \in \mathrm{U}$ がトートロジーすなわち $[p(x) \Rightarrow q(x)] \Leftrightarrow u(x)$ のとき，仮定 $p(x)$ から結論 $q(x)$ が**導けた**といい，この推論は**有効である**という。

このとき，$\dfrac{p(x)}{\therefore q(x)}$ と表し，これを**有効な推論形式**という。

$\boxed{\text{定理10}}$ 次の形式は有効な推論形式である。

(1)
$$\begin{array}{ll} & p(x) \Rightarrow q(x) \\ & p(x) \\ \hline \therefore & \qquad\quad q(x) \end{array}$$

(2)
$$\begin{array}{l} p(x) \Rightarrow q(x) \\ q(x) \Rightarrow r(x) \\ \hline \therefore p(x) \Rightarrow r(x) \end{array}$$

(3)
$$\begin{array}{ll} & p(x) \Rightarrow q(x) \\ \hline \therefore & \overline{q(x)} \Rightarrow \overline{p(x)} \end{array}$$

(4)
$$\begin{array}{l} p(x) \vee q(x) \\ \qquad\qquad q(x) \\ \hline \therefore p(x) \end{array}$$

(5)
$$\begin{array}{l} p(x) \Rightarrow q(r) \\ p(x) \Rightarrow r(x) \\ \hline \therefore p(x) \Rightarrow [q(x) \wedge r(x)] \end{array}$$

(6)
$$\begin{array}{l} p(x) \Rightarrow q(r) \\ \qquad\qquad \overline{q(x)} \\ \hline \therefore \overline{p(x)} \end{array}$$

時間の都合で (1)，(2)，(3) について証明した。

(1) $[p(x) \Rightarrow q(x)] \wedge p(x) \Rightarrow q(x)$

$\Leftrightarrow \overline{[\overline{p(x)} \vee q(x)] \wedge p(x)} \vee q\ (x)$

$\Leftrightarrow u(x)$ （∵問7(1)）

(2) $[p(x) \Rightarrow q(x)] \wedge [q(x) \Rightarrow r(x)] \Rightarrow [p(x) \Rightarrow r(x)]$

$\Leftrightarrow \overline{[\overline{p(x)} \vee q(x)] \wedge [\overline{q(x)} \vee r(x)]} \vee [\overline{p(x)} \vee r(x)]$

$\Leftrightarrow u(x)$ （∵問7(2)）

(3) $[p(x) \Rightarrow q(x)] \Rightarrow [\overline{q(x)} \Rightarrow \overline{p(x)}]$

$\Leftrightarrow \overline{[\overline{p(x)} \vee q(x)]} \vee [\overline{\overline{q(x)}} \vee \overline{p(x)}]$

$\Leftrightarrow \overline{[\overline{p(x)} \vee q(x)]} \vee [q(x) \vee \overline{p(x)}]$

$\Leftrightarrow u(x)$

ここで，次のような例をあげて，有効な推論形式による推論を考えさせた。

例　$x \in \mathrm{N}$とする。$p(x)$: xは素数である。$q(x)$: xは奇数である。$r(x)$: xは合成数である。

(1)の例

$$\begin{array}{ll} & x\text{は素数ならば}x\text{は奇数である} \\ & x\text{は素数である} \\ \hline \text{故に} & x\text{は奇数である} \end{array}$$

(2)の例

$$\begin{array}{l} x\text{は素数ならば}x\text{は奇数である} \\ x\text{は奇数ならば}x\text{は合成数である} \\ \hline \text{故に}x\text{は素数ならば}x\text{は合成数である} \end{array}$$

(3)の例

$$\begin{array}{l} x\text{は素数ならば}x\text{は奇数である} \\ \hline \text{故に}x\text{は偶数ならば}x\text{は素数でない} \end{array}$$

これらの推論は事実に反するが，推論は有効である。すなわち，推論の有効性は内容を超えた形式の中にある。このことは，生徒にとっては奇異にうつり，納得のしにくいものにしている。先ず，次の例のように内容的に事実に合うものをとりあげ，その次に上例のような事実に反するものをとりあげるのが良いのではないかと考えている。

例　$x \in \mathrm{Z}$とする。$p(x)$: xは偶数である。$q(x)$: x^2 は偶数である。$r(x)$: x^2は4の倍数である。

(1)の例

$$\begin{array}{ll} & x\text{は偶数ならば}x^2\text{は偶数である} \\ & x\text{は偶数である} \\ \hline \text{故に} & x^2\text{は偶数である} \end{array}$$

(2)の例

$$\begin{array}{l} x\text{は偶数ならば}x^2\text{は偶数である。} \\ x^2\text{は偶数ならば}x^2\text{は4の倍数である} \\ \hline \text{故に}x\text{は偶数ならば}x^2\text{は4の倍数である} \end{array}$$

(3)の例

$$\begin{array}{l} x\text{は偶数ならば}x^2\text{は偶数である} \\ \hline \text{故に}x^2\text{は奇数ならば}x\text{は奇数である} \end{array}$$

有効な推論形式としては，中途半端な感じであるが，時間の都合もあって打切った。しかし，生徒からトートロジーとは何か，有効な推論形式とは何か，イメージがさっぱりわかないという問いかけがあったので，別の時間に再びとりあげた。

トートロジーの例としては，

(1)　$p(x)$: $x^2 \geqq 0$，$x \in \mathrm{R}$

　　$p(x)$の真理集合$\mathrm{P}=\{x \mid x^2 \geqq 0,\ x \in \mathrm{R}\}=\mathrm{R}$　だから　$p(x)$はトートロジー

(2)　$q(x)$: $x^2+x+1>0$，$x \in \mathrm{R}$

　　$x^2+x+1=(x+\frac{1}{2})^2+\frac{3}{4}>0$　だから

　　$q(x)$の真理集合$\mathrm{Q}=\{x \mid x^2+x+1>0,\ x \in \mathrm{R}\}=\mathrm{R}$　より$q(x)$はトートロジー

(3)　$p(x) \Rightarrow q(x)$，$x \in \mathrm{U}$が真のとき，$p(x) \Rightarrow q(x)$ はトートロジー

　具体例で調べてみた。

　①　$x>1 \Rightarrow x^2>1$，$x \in \mathrm{R}$　はトートロジーである

　②　$x>1 \Rightarrow x^2>2$，$x \in \mathrm{R}$　はトートロジーでない

①は，$x>1$であるすべてのxは，$x^2>1$をみたす。すなわち，$x>1$であって，$x^2>1$をみたさないxは存在しないとなる。

②は，$x>1$であるxで$x^2>2$をみたさないxが存在するとなる。

従って，①では，$x>1 \Rightarrow x^2>1$の真理集合がRとなる。すなわち，$x>1 \Rightarrow x^2>1$

はトートロジーである。②では，$x>1\Rightarrow x^2>2$ の真理集合はRと等しくない。すなわち $x>1\Rightarrow x^2>2$ はトートロジーでない。これらより，一般に，$p(x)\Rightarrow q(x)$ が真のとき，$p(x)\Rightarrow q(x)$ はトートロジーである。

この議論の中で，①では，$x>1$ をみたす x についてであって，$x\leqq 1$ をみたす x については考えられないという意見と，$x\leqq 1$ をみたす x を考えても，$x>1\Rightarrow x^2>1$ は何の影響もうけないからよいという意見にわかれた。これは，仮定が偽の場合の条件文の扱いのむつかしさがでていると思う。

次に，$p(x)$，$q(x)$ の真理集合をそれぞれP，Qとして，集合で考えた。

$p(x)\Rightarrow q(x)$，$x\in$ Uが真のとき，　$\mathrm{P}\subseteqq\mathrm{Q}\Leftrightarrow\overline{\mathrm{P}}\cup\mathrm{Q}=\mathrm{U}$

ここで，$\overline{\mathrm{P}}\cup\mathrm{Q}$を真理集合とする条件は $\overline{p(x)}\vee q(x)$だから$[p(x)\Rightarrow q(x)]\Leftrightarrow[\overline{p(x)}\vee q(x)]$と考えられる。従って，$[p(x)\Rightarrow q(x)]\Leftrightarrow u(x)$。すなわち $p(x)\Rightarrow q(x)$はトートロジーである。しかし，集合による説明は生徒にとっては抽象的でわかりにくいものになった。

(9) 授業 3.4 必要条件・十分条件 より

この項は実習生の公開授業として授業された。私と実習生との事前の打合せでは，生徒は「必要」，「十分」ということばの意味がわかりにくいので，具体例でそのイメージをつかませるということにした。

先ず，$x=1\Rightarrow x^2=1$，$x\in$ Rは真であることをつかませた。このとき，$x=1$ は$x^2=1$であるための十分条件，$x^2=1$ は $x=1$ であるための必要条件ということを知らせた。次に，「十分」，「必要」の意味を説明した。

$x=1$ の真理集合 $\mathrm{P}=\{1\}$，$x^2=1$ の真理集合 $\mathrm{Q}=\{1,-1\}$ だから，

$x\in$ Qを示すには　$x\in$ Pを示せば　十分　である。

$x\in$ Pを示すには　$x\in$ Qである　必要　がある

すなわち，$x^2=1$ をいうには　$x=1$　であれば，それで十分　である。

しかし，$x^2\neq 1$ ならば $x\neq 1$ となるのだから，$x=1$ をいうには $x^2=1$ である必要がある。実習生の説明が「十分」，「必要」の語にこだわりすぎたので，生徒はよくわかったとはいえない。ここでは，「十分」，「必要」は定義し，その機能を生徒に理解させるべきであった。これは，実習生の指導教官としての私の反省である。

［定義12］　条件 $p(x)$，$q(x)$，$x\in$ U　に対して，条件文 $p(x)\Rightarrow q(x)$，$x\in$ Uが真のとき，$p(x)$ は $q(x)$ であるための**十分条件**（sufficient condition）といい，$q(x)$ は$p(x)$ であるための**必要条件**（necessary condition）という。

次の問で，十分条件，必要条件の定着をはかった。

$\boxed{問}$ $x\in$ Cとして，$x^3=1$ は $x=1$　であるための何条件か。

$x^3=1 \not\longrightarrow x=1$，$x^3=1\longleftarrow x=1$ であるから　必要条件

$x\in$ Rとして，$x^3=1$ は　$x=1$ であるための何条件か。

$x^3=1\longrightarrow x=1$，$x^3=1\longleftarrow x=1$ であるから　十分条件かつ必要条件

［定義13］　条件 $p(x)$，$q(x)$，$x\in$ Uに対して，条件文 $p(x)\Rightarrow q(x)$，$x\in$ Uが真で，かつ　条件文 $q(x)\Rightarrow p(x)$，$x\in$ Uが真のとき，$q(x)$ は$p(x)$ であるための**必要十分条件**という。

このとき，$p(x)$ と $q(x)$ は**同値であるという**。

さて，$p(x)$，$q(x)$の真理集合をそれぞれP，Qとすると，$p(x)\rightarrow q(x)$　のとき　$\mathrm{P}\subseteqq\mathrm{Q}$，

$q(x) \to p(x)$ のときQ⊆P　であるから，$p(x) \to q(x)$ かつ $q(x) \to p(x)$ のとき P＝Qである。すなわち，定義4の意味で　$p(x)$ と $q(x)$ は同値である。

この項のしめくくりとして，次の問を与えた。

問　次の「　　」に十分条件，必要条件，必要十分条件，必要条件でも十分条件でもない　のどれかを入れよ。

(1)　2次方程式 $ax^2+bx+c=0$ の判別式D≧0はこの方程式が実数解をもつための「　　　」である。

(2)　$a>b$　は　$a^2>b^2$　であるための「　　　」である。

(3)　∠A>90°　は△ABCが鈍角三角形であるための「　　　」である。

生徒は，「十分」，「必要」の定義どおりに混乱なく答をだした。

論理は以上で打切り，次に，式と証明の章で，証明の方法として，対偶法と背理法を扱った。対偶法は有効な推論形式(3)　であり，生徒はよくわかった。

背理法については，次の3つの型に触れたにとどまった。

①　$[p(x) \Rightarrow q(x)] \Leftrightarrow [\overline{q(x)} \wedge p(x) \Rightarrow r(x) \wedge \overline{r(x)}]$ の型

例　実数 a, b, c, dに対して，$a+b=1$，$c+d=1$，$ac+bd>1$ ならば a, b, c, d のうち少なくとも1つは負であることを証明せよ。

②　$[p(x) \Rightarrow q(x)] \Leftrightarrow [\overline{q(x)} \Rightarrow \overline{p(x)}]$ の型

例　ある正の数 x, yが存在して　$\alpha x+\beta y>0$ ならば　$\alpha>0$ または　$\beta>0$ であることを証明せよ。

③　$[p(x) \Rightarrow q(x)] \Leftrightarrow [\overline{q(x)} \wedge p(x) \Rightarrow \overline{p(x)}]$　の型

例　x^2 が3の倍数ならば x は3の倍数であることを証明せよ。

Ⅳ　おわりに

Ⅱ，Ⅲの授業実践より中・高における論理教育の方向について考察すると，

(1)　中学校2年生は，図形の性質，とくに三角形，四角形の性質はよく知っている。これらをいかに体系だてるか。この過程を論証をとおして学ばすことができた。

(2)　証明は，すでに正しいと認めたまたは証明がすんだ基本性質（公理）や定理をもとにして簡潔に表現することだという生徒がでてきた。ここに，証明の本質があるといえる。

(3)　中学校2年生の論証は，過去の知識の整理の段階である。これを，論証をもとに図形の研究をいかに発展させるかは，今後の問題である。その中で，証明の必要性も論じる。

(4)　高等学校1年生での論証は，数学の扱いと直結して条件を中心に指導できた。しかし，有効な推論形式の指導では，条件だけでは十分でないので,命題についても扱いたい。

(5)　論証は，以後の高等学校数学の展開の中でどのように生かされるかが課題である。

(6)　教育実習用の教材としては論証は適切である。実習生の資質が問われてくる。

注

(1)　本間俊宏　高等学校における関数の指導について（第2報）
大阪教育大学教育学部附属天王寺中・高等学校研究集録（1985）27：49－66

(2)　横地清編　科学化をめざす数学教育・高等学校PP78－85誠文堂新光社（1964）東京

数学教育における実践活動とその題材

森　裕一

Ⅰ．はじめに

生徒自身の手による実験、作業、実測、製作といった実践活動は日々の授業において大切と考える。それは、数学の性質が、現実の場面のどんなところで、どう生かされているのかを知らせ、体験させることであり、いわゆる、導入、展開・まとめ、応用の言葉を使えば、導入や応用にどれだけ実在への働きかけを取り入れるかということである。「見せる」、「聞かせる」よりも「見つける」、「使う」に従来以上に重点を置こうということである。具体的なものを手にし、実地に体験するなら、見る、聞く、読む以上に掌握が容易になるし、数学が現実に応用できるという体験は、科学教育の上で大変重要であるからである。このことは、学習事項を定着させるだけでなく、子どもたちの視野を広げることにもつながるし、「何のために数学を学ぶのか」、「数学を勉強してどこに役立てるのか」という生徒の素朴な質問に答えることにもなる。

本稿では上記のような発想のもとに行った「平方根」、「１次関数」、「相似形と計量」の各授業実践を報告する。そこでは、次の点を特に留意した。

(1) 解決したい課題を身のまわりから設定する。

(2) 必ずその問題を数学を使って解明するなり、数学を見直すなりする。

(3) 事例の紹介だけでなく、それを実際に身体を動かして体験させる。

Ⅱ．平方根の存在（中学３年生）

1．指導にあたって

生徒たちの多くは学習以前からルートという言葉や$\sqrt{}$の記号をよく知っているが、決してその意味や性質を理解しているわけではない。また、平方根の学習中でも形式的な計算練習に終始するとその実在感を失いがちになる。そこで、平方根とはどんな数かを学習し、簡単な計算ができるようになったあとに、実際に平方根が存在していることを示すことにした。２次方程式や三平方の定理を学習すると平方根の利用場面は格段に増えるが、ここでは、未習であることを考慮して、「洋紙の規格」を例に身近な平方根を指導した。Ａ４サイズやＢ４サイズの大きさにとどまらず、もとの大きさ、すなわち、Ａ０やＢ０大の洋紙を実際に作り上げることを通して、$\sqrt{2}$を比として体験させることにした。

2．指導展開（全２時間）[1]

(1) 平方根の利用場面

まず、平方根が生かされている場面をあげさせてみるが、予想通り何も出てこない。しかし、身近なところで平方根と接しているわけで、その例として 教科書やノートのもつ

性質に注目させてみる。

(2) 洋紙の規格について

教科書やノートは、2つあわせたり半分に折るともとの長方形と同じ形の長方形ができることに気づかせる。これは、使われている洋紙が「長辺を半切するともとの長方形と相似になる」ような長方形であるからで、そのようなサイズとして2つの判（A判とB判）があり、順に半切していくごとに番号が大きくなっていくということを説明する。A判やB判という言葉は生徒たちも耳慣れており、意外と単純な番号づけに驚いていた。

では、上記のような特徴をもつ長方形とはどんな長方形であるかを考えさせる。そのために、相似であることをてこにして、縦と横の辺の関係に注目させ、横を1としたときの縦の長さを求める方法で、その比を表してみる。

図1から次のようにして求まる。

$$x:1=1:\frac{x}{2}$$
$$\frac{x^2}{2}=1$$
$$x^2=2$$
$$x=\pm\sqrt{2}$$
$$x>0 \text{ より } \quad x=\sqrt{2}$$

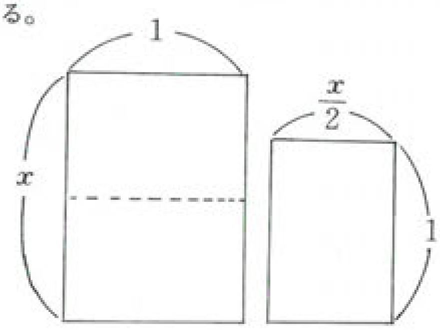


図1

したがって、縦と横の比は　$\sqrt{2}$　: 1

これが規格を決めてきることに着目させ、普段使っているノート類に平方根$\sqrt{2}$が認められることを押さえる。同時に、$\sqrt{2}$: 1を用いると、「むだな紙を出すことが少なく紙が節約できる」、「長辺の半分、半分……と規格の番号に統一性が出る」という特徴も現れることをまとめておく。なお、$x^2=2$は2次方程式であるが、これは「2乗すると2になる数」と説明することで$\pm\sqrt{2}$は出てくる。

(3) 洋紙の各サイズの作成

さて、理論的な特徴はわかったが、原型となっている0判サイズの大きさは一体どれぐらいであろうか、また、それぞれのサイズの関係は実際にはどうなっているのであろうか、という問題提起のもとに、次の方法で体得させる。活動は4人一組の班で行わせた（写真1、2、図2、3）。


写真1


写真2

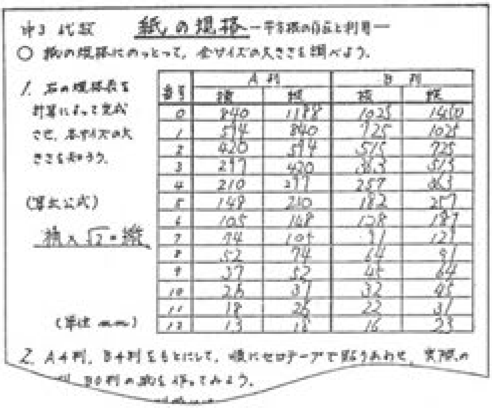


図 2

図 3

〔参考資料〕

【洋紙の寸法と取引単位】寸法には，紙全紙の寸法と，書籍，雑誌，事務用紙などに仕上げた場合の寸法とがあり，前者を原紙寸法（または全紙寸法），後者を仕上寸法という。原紙寸法は，A列1番およびB列1番を基準とし，それぞれ化粧だちの余裕を見込んだもので，本判（書籍，雑誌など折りたたみ切断して冊子とするものに用いる紙の寸法。切断分だけ寸法を大きくしてある）と小判（便せん，けい紙などに用いる紙の寸法。折りたたみ切断して冊子とする必要がないので，寸法を小さくしてある）との２種がある。第１表にJISの原紙寸法を示す。つぎに仕上寸法（第２表）にもA列とB列との２系統がある。A列は，面積 1 m²，縦横の長さの比 1：$\sqrt{2}$ のA列０番を基本とし，順次にその長辺を半切していったもので，１番以下12番まである。B列は，面積1.5m²，縦横の長さの比 1：$\sqrt{2}$ のB列 ０番を基本とし，順次にその長辺を半切していったもので，１番以下12番まである。

第１表　紙の原紙寸法（JIS P0202）

種　類	寸法(mm)
A列本判	625× 880
B列本判	765×1 085
四 六 判	788×1 091
菊　　判	636× 939
ハトロン判	900×1 200

第２表　日本工業規格の仕上寸法

A列　番号	単位 (mm)	B列　番号	単位 (mm)
0	841×1 189	0	1 030×1 456
1	594× 841	1	728×1 030
2	420× 594	2	515× 728
3	297× 420	3	364× 515
4	210× 297	4	257× 364
5	148× 210	5	182× 257
6	105× 148	6	128× 182
7	74× 105	7	91× 128
8	52× 74	8	64× 91
9	37× 52	9	45× 64
10	26× 37	10	32× 45
11	18× 26	11	22× 32
12	13× 18	12	16× 22

図 4

①プリントの規格表を完成する。

電卓を利用し、縦＝横×$\sqrt{2}$の計算を繰り返し、各サイズを算出する。参考資料として、図４のような資料を配布した。

②Ａ４判の紙16枚、Ｂ４判のわら更紙16枚を貼り合わせて最も大きいＡ０判、Ｂ０判を作り、できた０判に１～12のサイズを枠どりさせる。

③実際の本や手帳などはどの規格であるか枠にあてはめて確かめる。

⑷　応用場面

さらに、今回習った原理が適用されている例として、拡大縮小コピーの倍率の数値141

%と71%の根拠を考えさせた（図3の下）。

これは、相似比、つまり辺の長さの比を表しているわけであるから、

一つ上のサイズに拡大するとき、$\sqrt{2}$倍すればよい。四捨五入して144%となる。

一つ下のサイズに縮少するとき、$\frac{1}{\sqrt{2}}$倍すればよい。四捨五入して71%となる。

以上を通して、身近なところの平方根のアイデアの存在や有用性について確認して、2時間の指導を終えた。

3．考察

何かむずかしそうな$\sqrt{2}$が普段使っている教科書やノートの中にあったことが平方根の学習への大きな動機づけになった。また、1㎡や1.5㎡の大きさもわかったし、有理化や近似値の利用方法、さらに相似比は長さの比であることなどが押さえられた授業であった。

しかし、書物のサイズを調べさせるときに、正方形のものがあったり、ファイルは少し大きめに作ってあるので、全てがA、B判にあてはまらず、判断させたり説明するのに困った。全てがA、Bにあてはまるという説明は避けなければならない。また、ただ0判の紙に枠どりをするだけでなく、各班ごとに0判大の新聞を作ってはなどの意見が出されたが、実践には至らなかった。

Ⅲ．レタースケールの作製（中学2年生）

1．指導にあたって

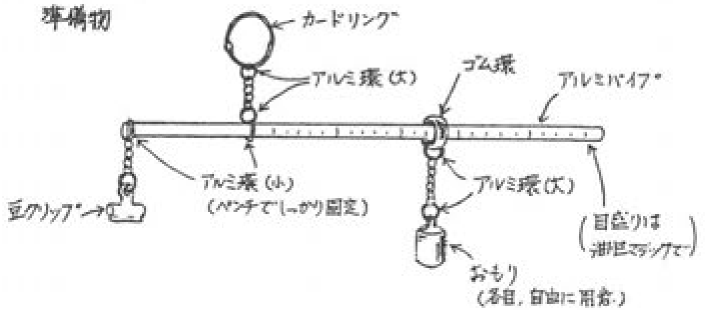
1次関数の知識が総合的に応用でき、意欲的に取り組めるもので、しかも真剣にとりかからなければ価値の実現ができないものとして、「さお秤」を取り上げる。製作活動を通じて数学を実感させたい、さらに役に立つものを作らせたいということが動機であるが、全員に1つずつ持たせたいということと持ち運びやすいものということで、さおが20㎝ほどのものを作らせることにした。当然、測れる範囲が小さくなるので、郵便料金を調べるとき手紙の重さを測るのに便利なので、レタースケールと名づけた。最初は、割箸と糸と5円玉で考えていたが、果たして授業が終わったあと残しておくだろうかと思い、図5のように材料を工夫してみた。おもりには、各自自由なものをつけさせ、モビール的な要素ももたせた。また、支点の位置やおもりの重さも各自の測りたい範囲に応じて、実測によって決めさせた。

2．指導展開（全4時間）

(1) 問題提起

1次関数の応用として、そして代数領域の学習の締めくくりとして、教科書にも載っている「さお秤」を実際に作ってみようともちかける。課題意識をもたせるには、鉛筆や消しゴムの重さを予想させ、それを知るための方法を考えさせるとよい。ただし、教科書に載っているからといって、さお秤に1次関数が内在されていることを鵜呑みにするのではなく、製作過程で実測して1次関数の関係が見出されることを確認した上で、その知識を利用して完成をめざすことを生徒たちに納得させておく。そして、各自のオリジナルを作り上げることを約束する。

準備物



【材料】アルミパイプ(5mm×20cm)　【道具】分銅(班ごと)

アルミ環(大3，小4)

ゴム環(1)

くさり(10cm)

豆クリップ(1)

カードリング(1)

各自で用意
- 油性マジック(細)
- ラジオペンチ or ペンチ
- ものさし
- おもり(10g〜20gが適当)

図5

⑵　関数関係の確認

さお秤の原理を説明する。図6で、xg の物をつるしたとき、おもりを支点からある距離$y$cmにしたときにつりあう。このとき、重さxと長さyの間に関数関係が見出される。したがって、重さに対応する長さのところにその重さを目盛っておけば秤となるわけである。より重いものを測れるようにするには、「支点を測るものの方によせる」、「おもりの重さを重くする」という2つの方法があることにも触れておく。そこで、この関数関係に着目させながら、⑶の作製に入る。

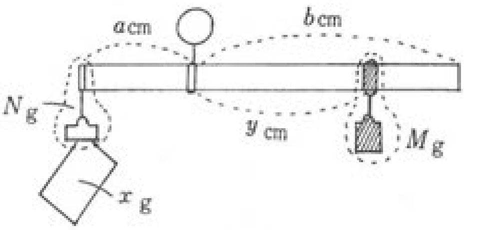


図6

⑶　レタースケルの作製

材料を配り、次の手順で製作に取りかからせる。金属質なので作業はなかなか真剣であ

写真 3

写真4

る（写真３、４、図７）。
①各部品を作り、測る重さの上限・下限と自分の持ってきたおもりから支点の位置を決める。
②全て固定できたら、目盛打ちのための関数値の実測を行う。
　実測には、理科で使う分銅を順にクリップではさみ、それとつり合うおもりの位置を測っていく。何ｇ単位で測るかは各自のめざすレタースケールによって異なるが、できるだけ多くのデータを何回か繰り返してとらせる。
③データーを対応表とグラフに表す。
④グラフより実験式を作る。
⑤③、④から目盛り打ちに必要な数値を取り出し、油性マジックで記入していく。
　式の x に１から順に値を代入していく者、x の係数を増分として目盛っていく者などに分かれる。
(4)　いろいろなものの重さの計測
　できあがったレタースケールを使って、身のまわりのいろいろなものの重さを測らせた（図８）。時間が余った生徒には、おもりをかえて測定範囲を広げることを考えさせた。
３．考察
　授業をしていておもしろかったのは、おもりにキーホルダーやマスコット人形などいろいろ工夫を凝らしていたことと、支点の位置やおもりの重さを自由にしたので自分独自のものができ喜んでいたことである。

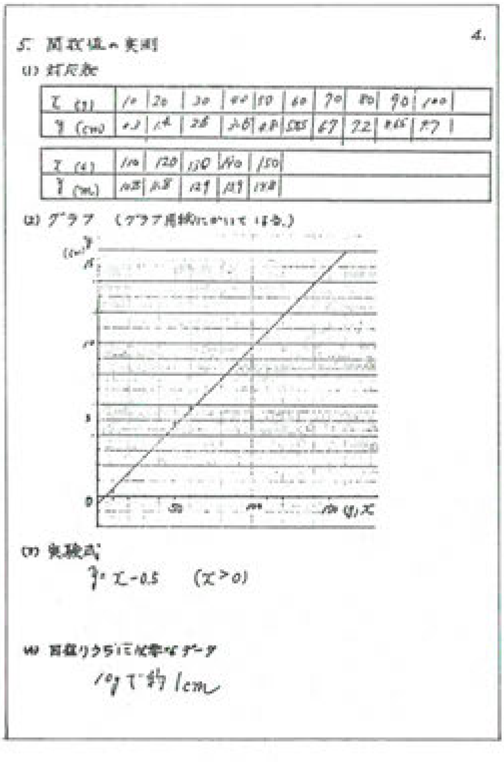


図７　生徒のレポートから

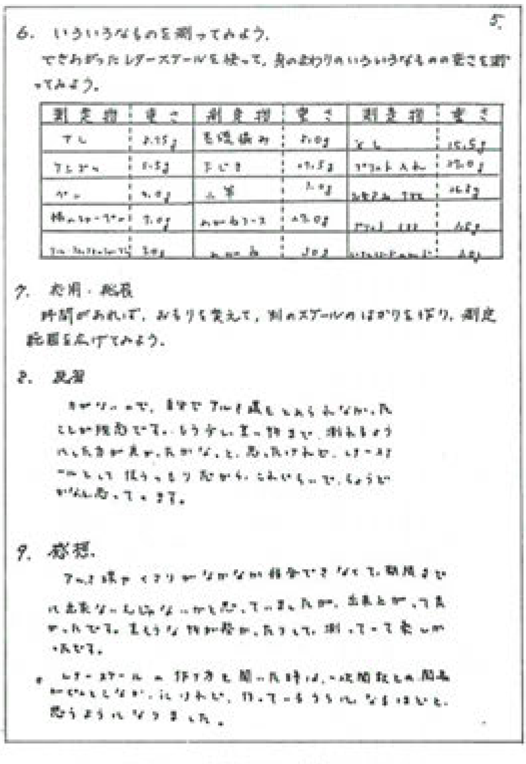


図８　生徒のレポートから

今回の活動を通して、立式するときには、グラフから切片と傾きを読み取った者やグラフ上の２点から直線の式を求めた者がおり、学習内容を自然と深められた。また、実測によって目盛り打ちを行うが、全ての重さについて調べなくても実験式から計算で求められる素晴らしさを体験したわけである。ここに数学の有用性を実感したに違いない。また、できあがったものは価値のあるものであり、完成させなければならないという目的意識が働く上、オリジナルであるので、作業は真剣そのものである。変量の対応関係、グラフのかき方、立式、関数値の算出などが復習でき、価値の実現という意味で１次関数の応用として十分であった。

一方、むずかしかったところは、技術的なこととして、アルミ環をペンチで固定することが大変であった。これは材料を工夫することで改善できる。また、実測したそのままを目盛る生徒がいるので注意しなければならない。内容的には、さお秤はモーメントの話[2)]になるので、必ずしも支点が０、あるいは支点よりおもり側に０がくるわけではないことが理解しにくかったようである。これは、支点の位置やおもりの重さを自由にしたことによるもので、負の領域の実例にもなりえるので、１次関数の中での扱い方を考え直すとおもしろい教材になろう。以下、提出されたレポートの中から感想をピックアップしておく。

「すごく楽しかった。１次関数が実生活に役立つこともよくわかったと思う。重いものが計れる方が便利だと思ったけど、そうでもなかった。あんがい、90ｇもあるものが少ないのにはおどろいた。手紙とかだったら、もっと少ないだろうなと思った。ペンチの使い方がよくわからなくてアルミ環がぐちゃぐちゃになった。台所とかに置いたら、レタースケールのみならずベジタブルスケールにもなるかなって思いました。料理をするときって結構計らなければならないものもあるからです。とにかくうまく活用したいと思います。」

「自分のスケールがちょうど$y=0.3x-1$になったことで良かったと思います。実際にやってみるとおもしろいようにいつでも$y=0.3x-1$になったからです。またいつかこういうのをもう一度やりたいと思います。」

「アルミ環やくさりがなかなか結合できなくて、期限までに出来ないんじゃないかと思ってましたが、出来上がって良かったです。重そうなものが軽かったりして、測っていて楽しかったです。レタースケールの作り方を聞いた時は、１次関数との関連がピンとこなかったけれど、作っているうちになるほどと思うようになりました。」

「分銅をつりさげてもなかなかとまってくれなくて上下や前後にゆれて、とても困り疲れた。ビニール袋による誤差はほとんどなくホッとした。次回にこのような製作の授業があるとしたら、一度水時計を作ってみたい。」

「目盛りの１ｇが少しあらかったと思う。測定値と計算式が少しずれていたのは残念だった。測定値のグラフは１次関数とは言いがたかったのは支点がずれたからだと思う。今度このようなことがあるときはもう少し精密に作ろうと思う。」

Ⅳ．建物の高さの測量（中学３年生）

１．指導にあたって

中学３年生の「相似形と計量」の内容に縮図の応用がある。教科書ではわずか２～３ページの扱いで、しかも図が与えられており、単に縮尺倍するだけで答えが求められてしまう。これだけでは、実際に使える知識とはいいがたい。ましてや、相似の考えが反映されてい

ることを押さえぬうちに通過することが多い。せっかく相似のよい利用場面であるのに、その根拠を相似に求めずにおくことはない。なぜ証明しなければならないのかその必要性を納得させるよい題材ともなりえるのである。

そこで、実際に高さを測る活動を行い、上記問題点の打開を図ることにする。そのための媒体として高さを簡単に測れる「簡易測高器」を作らせ、利用させた。

2. 指導展開（全3時間）

(1) 高さの測定方法を考える

校舎の高さは何mか知っているかたずねてみる。わからないので、測り方を考えさせる。出てきた意見は、縮図の利用（影など）、実測する、設計図を見る、物を落とすなどである。ここで、縮図を利用するのが応用範囲が広いことと、どうせなら簡単に値が出る方法をとろうということで、簡易測高器を作製して高さを測ることにする。先の意見の中に、角度を用いて高さを測ろうというアイデアが出てくるので、簡易測高器はそのアイデアを深めるという形で導入すればよい。

(2) 簡易測高器の作製

材料は、ボール紙、グラフ用紙、5円玉、糸（色のついているもののほうがよい）で、グラフ用紙を10cm×25cmの長方形に切り、長辺に10cmを1とする目盛りをとる。これを台紙のボール紙にはって、目盛り0の対辺の頂点におもりをつけた糸を結び付ければできあがりである。糸をつけた頂点を中心に半径10cmの分度器をかいておけば角度も測れる。

きっちりした証明は(4)で行うが、糸をつけた頂点と逆の頂点に目をもってきて、ボール紙の辺の延長上に建物の最高部がくるようにすれば、

（糸が示す目盛り）×（建物までの水平距離）＋（目の高さ）

で、建物の高さが求まる。各自に1つずつ作らせた。

(3) グランドへ出て実測

簡易測高器ができあがれば、4人一組の班になり、実測を行う（写真5、6）。

①保健室の身長計で各自の目の高さを測る。

②50mのメジャーを持ってグランドへ出る。

③建物までの距離を測定し、その場所での簡易測高器の目盛りを読み取る。

④建物までの距離、見上げる角度、目盛りの読みをレポートに書き込み、上記の式で高さを求める。

写真5

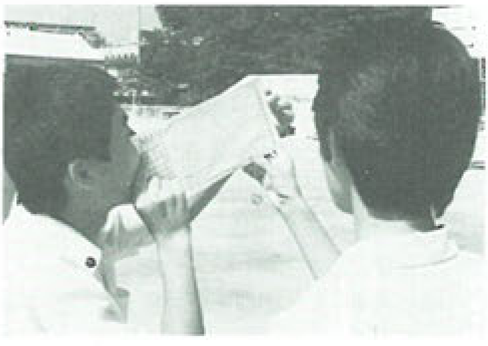


写真6

南校舎は全員測るものとし、あとは自由に測らせた。一人ではなく合議で目盛りを決めることと測定位置を10m、20mなど複数箇所で行わせることで、正確を期した。糸をうまく静止させることと目盛りをお互い読みあうなどの４人の協力がポイントになる。

⑷　実測結果の報告・検討と原理の証明

測定箇所は、体育館、いちょうの木、高鉄棒、サッカーゴール、バスケットゴール、友達の身長など、多くに及んだ。南校舎だけは、屋上からメジャーをたらし、本当の高さを測らせ（17.13m）、各班の測定値と比較させた。

教室へ戻ってからは、簡易測高器の原理の証明をさせた。証明にあたっては、なぜこの方法でいけるのか、どんな場合でもいけるのか、その根拠を示すためだということを強調しておく。証明は生徒のレポートを参照していただきたい（図９、10)。

３．考察

生徒たちは、こんな簡単に高さが測れるものかと驚いていた。しかし、簡単な方法にもかかわらずより正確な値を求めようと必死で、結果、真の値を知り、誤差がほとんどなく大喜びしたり、大きい誤差やミスのあった班は悔しがるなど悲喜交々の様相であった。それでも、長さに比べて劣っている高さの感覚は十分に養えたし、目的とした数学の実感も達成できたといえる。特に、簡易測高器は数学のアイデアが形として残る良い題材であった。これによって、証明の必要性が実感でき、指導上宙に浮いていたような証明の利用価値を押さえることができたといえる。なお、この方法で社会生活に目を向けさせるため、

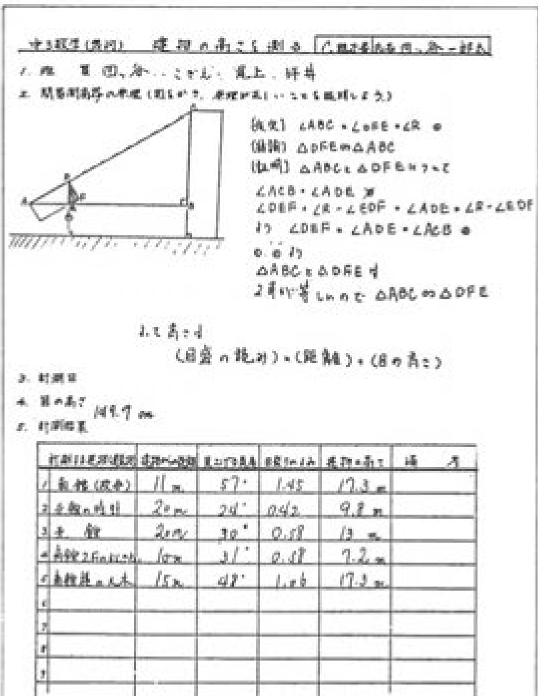


図９　生徒のレポートから

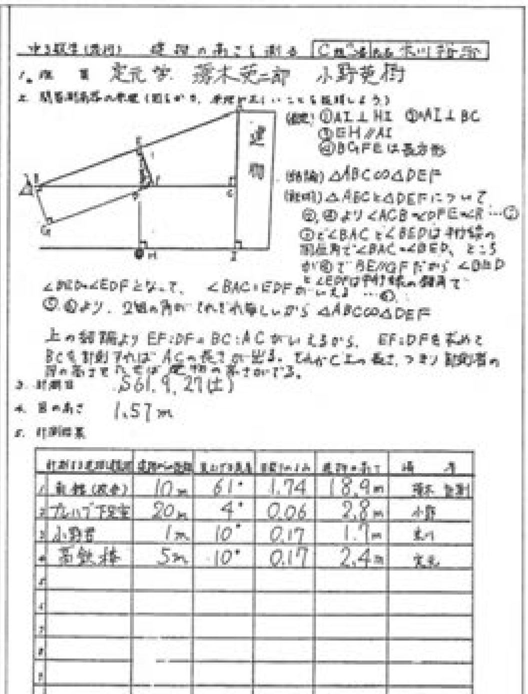


図10　生徒のレポートから

秋の遠足（奈良）のフィールドワークの課題にもした。観光客の目を気にしながら、東大寺や正倉院を測っていたのが印象的であった　（写真７）。

写真７

Ｖ．おわりに

今回のアプローチを生徒の感想をまとめる形で考察を加えておく（実例はⅢの3.）。

まず、数学が実生活に役立つことを実感したことがあげられる。授業内での活動は楽しかったと言い、過去にこのような経験がなかったことも原因の一つと考えられる。次に、製作、実測活動はそうたやすいものではなく、緊張感があったことがある。それだけ、学習へ積極的に参加したということになる。また、内容の説明を聞いているだけではわからなかったのが、活動しているうちに理解できたという感想が多いのも、従来の指導以上の内容の深化が図れたことを物語っている。一方、実測活動によって、彼らの認識は大きく変化している。たとえば、重いと思っていたものが意外と軽かったり、予想外に高さを示す数値が小さかったりで、これは実測活動がなければ得られない感覚である。そして、各活動で得た知識を他の場面へ応用しよう、発展させようという態度が出てきたことからもそれがうかがえる。逆に、誤差や失敗作に悩まされた生徒も少なからずいたが、それはそれでよい経験であったはずである。

以上のように、題材をうまく構成して、数学を体験する活動の中に数学の発想や体系立てを組み込んでいけば、数学を用いて身のまわりの事象に迫り、数学の有用性を実感させることが十分可能となる。また、その必要性は、身体を動かした経験の少なさ、自ら行動する力の弱さが目立ってきた昨今であるからなおさらである。手作業を通しての数学の体験と、その数学をてこにした手作業の完成は、より質の高い数学及び問題解決へ導けると考える。いざ問題解決の場面に直面したときに対応できるためにも、定理の羅列だけでない教育をめざし、子ども自身が実践する数学を展開したいものである。

注

１）この指導の第１時の指導案を次ページにあげておく。

２）モーメントの考えから次のようになる。

図６で、支点から左端のクリップまでを a cm、支点から右端までを b cm、クリップとくさりの重さを Ng、おもり全体の重さを Mg、さおの１cm当りの重さを s g/cmとすると、モーメントがつり合うから、

$$a(N+x)+as\times\frac{a}{2}=yM+bs\times\frac{b}{2}$$

$$y=\frac{a}{M}x+\frac{2aN+a^2s+b^2s}{2M}$$

となり、１次関数であることがわかる。

数 学 科 学 習 指 導 案

指導者　　森　裕　一

1．日　　　時　　昭和62年9月22日(火)　第3時限(10:40～11:30)
2．場　　　所　　大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校　第3学年B組教室(北館3階)
3．学　　　級　　大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校　第3学年B組(男子27名，女子14名)
4．主　　　題　　平　方　根　(教科書：中学数学3，大阪書籍)
5．単元設定の理由

量的な関係(面積と長さなど)に着目したとき，たとえば，2乗すると2になる数や3になる数を考えなければならない場面がある。これらは，これまで扱ってきた数(有理数)では解決できない。このような場面を与えることから，平方根を1つの代表として，無理数が存在していることを意識付けていく。そして，近似値や大小関係を考えることから，無理数もこれまでの数と同じように捉え，演算も可能であることを理解させたい。なお，演算については，無理数の特徴，すなわち，結果はできるだけ簡単にすることと，$\sqrt{2}+\sqrt{3}$のように式も1つの無理数を表すことに留意しておきたい。これらを通して，有理数から無理数へと数の概念を拡張し，問題を解決する能力を育てるために本単元を設定した。

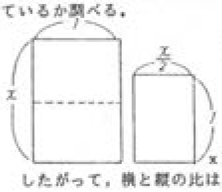
一方，生徒たちの多くは，学習以前からルートという言葉や$\sqrt{\ }$の記号をよく知っているが，決してその意味や性質を理解しているわけではない。また，平方根の学習中でも形式的な計算練習に終始するとその実在感を失いがちになる。したがって，指導にあたっては，実在の量から平方根を抽出し，数学として諸性質をしっかりまとめ，さらにそれを実在に返していくという手順を踏みたい。2次方程式や三平方の定理が未習であるので，平方根の利用場面は数に限りがあるが，やはり，存在と実用性を示し，平方根そのものを実感させたい。

6．単 元 の 目 標
(1) 2乗するとその数になるような数の存在に気づかせ，平方根の意味とその表し方を知らせる。
(2) 平方根を1つの例に，有理数と無理数の意味を理解させ，近似値についても平方根表を使って求められるようにする。
(3) 平方根の性質を理解させ，それを使って平方根の四則計算に習熟させる。
(4) 身のまわりの平方根を取り上げ，有効に利用されていることを知らせ，平方根の理解を深める。

7．指 導 計 画

区　分	学習内容	時間配当(全12時間)
第1次	平方根	5時間
第2次	根号をふくむ式の計算	4時間
第3次	平方根の存在と利用	1時間(本時)
	問題演習	2時間

8．本時の学習指導
(1) 題　　材　　平方根の存在と利用 (第3次第1時)
(2) 目　　標　　洋紙の規格を例に，平方根($\sqrt{2}$)が身近な場面で使われていることを実感させ，平方根の理解を深める。
(3) 準 備 物　　授業プリント，A4判用紙，B4判用紙，電卓，セロテープ，マジック，定規
(4) 指導過程

段階	学　習　事　項	生　徒　の　活　動	指導者の活動・評価
導入 (5分)	○平方根の利用場面	○平方根が生かされている場面をあげてみる。	○平方根が生かされている場面にあまり気づいていないことを意識づける。
展開 (40分)	○本時の学習のねらいの確認 ○洋紙の規格について ・洋紙の特徴 ・洋紙の規格 ・相似の確認 ・縦と横の辺の関係	○本時は"洋紙の規格"について調べることを知る。 ○洋紙の規格について調べる。 ・洋紙は，半分，半分…としていくと，どんどん次のサイズの紙ができていく。これは，洋紙の特徴であることを知る。 ・A列，B列やA4，B4などの番号について知る。 ・長い方の辺を半分に切り取ると，できた長方形はもとの長方形と相似であることを確かめる。 ・相似になることより，縦と横の辺の比はどうなっているか調べる。  $1:x=\frac{x}{2}:1$ $\frac{x^2}{2}=1$ $x^2=2$ $x=\pm\sqrt{2}$ $x>0$より $x=\sqrt{2}$ したがって，横と縦の比は，$1:\sqrt{2}$	○教科書やノートを例にその2つ分はもとの長方形と相似になることを示す。これは使用されている洋紙の規格に関係していることから，実際の洋紙の規格の仕組みを紹介する。 ・左記のような特徴を持つには，辺の長さの関係を解明すればよいことに着目させる。したがって，横を1としたときの縦の長さを求める方法で，比を求めさせる。そのとき，2つの長方形が相似であることを根拠に式変形させる。 「$x^2=2$」は，2乗して2になる数は何かという説明にとどめる。 ・これが規格を決めていることに着目させ，洋紙の規格には平方根$\sqrt{2}$の存在が認められることを押さえる。
	・$1:\sqrt{2}$の特徴の再確認	・$1:\sqrt{2}$を用いる洋紙の規格の特徴を再確認する。	・$1:\sqrt{2}$であることを次のようにまとめる。 ・むだな紙を出すことが少なく紙が節約できる ・長辺の半分，半分…ということで規格の番号に統一性が出る。
	○洋紙の各サイズの算出とA0判とB0判の紙の作成	○洋紙の規格の全サイズを次の方法で調べていく。(活動は4人1組の班で行う。) ①プリントの規格表を完成する。(電卓利用) ②A4判，B4判の紙を貼りあわせて最も大きいA0判，B0判を作り，それに各サイズを記入していく。 ③実際の本や手帳などはどの規格にあてはまるか確かめる。 ④拡大縮小コピーの倍率の数値(141%や71%)の根拠について考える。	○「実際の大きさを知ろう」という課題提起のもとに， ・縦＝横×$\sqrt{2}$の計算を繰返し，各サイズを算出。 ・実際に紙を貼りあわせて，0判の作成。 の2つの方法で体得させる。(プリント，電卓，更紙，参考資料配布) ・できた0判に1～12のサイズを枠どりさせる。 ・規格の確認をさせる。 ・今日習った原理が適用されている場面を示し，その理由を考えさせる。 ・時間の足りなかった班は，次時までの課題とする。
整理 (5分)	○まとめと次時の予告	○本時のまとめとして次の2つを確認する。 ・身近なところの平方根のアイデアの存在 ・洋紙の規格の$1:\sqrt{2}$の有用性 ○次時は，③④の確認と問題演習を行うことを知る。	○本時の経験をもとに，次時は③④をまとめ，問題演習に移ることを予告する。

親しみの数学教育 (1)

──中学3年の統計の実践から──

柳本　哲

Ⅰ．はじめに

数学は、生徒にとって親しみのもてるものでなければならない。中等教育がこれほど普及し、中高等学校で学ぶ生徒がその年齢層のほとんどを占めている現在においては、その学習内容は生徒達にとってより親しみの持てるものでなければならないといえる。余りにも現実からかけ離れた内容であったり、実際にそのことがどんな役に立つのかが全くわからないような内容であっては困る。大学受験を頂点とした受験のための問題解きになってしまうとしたら、もはやその内容は生徒にとって親しみの持てるものでなくなってしまっている。

数学が記号化され、抽象的な形式的な存在となっているとすれば、それは、高度に専門化され、その理論と体系や、その考え方と構成がどんな意味を持つかを模索している研究途上だからである。あるいは、その数学内容が実際の適用場面から独立しているからかもしれない。一見しただけではその意味がわからなくても、その本質はいろんな場面で現実の問題と関わっているのである。数学が抽象的な存在となっていることが、逆にその適用範囲を広げているともいえる。数学をより高度に学ぼうとする一部の人たちには、一時現実から離れて、抽象的な理論体系のみを学習させるということも必要だと思われるが、一般的に数学を学ぼうとする中等教育の多くの人たちには、やはり現実との関わりをしっかり理解させた上で数学のもつ明快さを味あわせていくことが大切だと思われる。

上に述べたような主旨から、筆者はできるだけ生徒にとって親しみのもてる数学の授業を実践したいと考えている。ここでは、その実践の内容をまとめたいと思っている。今回は、その第1回目として、中学校3年生の統計の内容で、標本調査の指導の実践を以下にまとめておく。

Ⅱ．授業の実践内容

まず、指導の概略を示しておく。

○主題　　標本調査

○指導者　　大阪教育大学附属天王寺中学校　　柳本　哲

○指導対象　　大阪教育大学附属天王寺中学校3年生（約160名）

○指導時期　　1987年11月〜12月

○主題の目標

標本から母集団のもつ傾向を推測するという考えを知らせる。そのために、

ア．標本調査の必要性と標本による推定についての基本的な考えを知らせる。

イ．比率や平均の推定について、実験を通して、経験的にわからせる。

○指導の計画　（全５時間）

1．　標本調査の意味…………1　 時間
2．　比率の推定………………1.5 時間
3．　平均値の推定……………1.5 時間
4．　まとめと練習……………1　 時間

次に、指導の内容を、比率の推定と平均値の推定について示す。比率の推定は、日本語ワープロにおけるかなキーの使用頻度を題材とし、平均値の推定は、生徒達の睡眠時間を題材としたものである。

⑴　比率の推定　「ワープロかなキーについて」

標本調査の意味を指導した後で、比率の推定の実験に入る。生徒にとってできるだけ親しみの持てる内容で、生徒が実験をすることによって、経験的に比率の推定について理解させたいものである。今回は、日本語ワープロのかなキーを取り上げてみた。

最近の日本語ワープロの普及はめざましいものである。どんどん携帯化し、安価で購入しやすくなると同時に、その機能も魅力的なものとなり、一般消費者をひきつけている。パソコンを所持している人の中には、市販のワープロ・ソフトによって日本語ワープロとしても活用している人が多い。本校の生徒の状況を見ると、現在３分の１から４分の１ぐらいの生徒の家庭でワープロを所持しているが、更に増加していきそうな感じである。

日本語ワープロを使用する場合、かなキーによる入力が基本となる。その際、かなキーの配置をどれだけ覚え込んでいるかということが、文章作成の速さの決め手だといえる。かなキーの配置に、ＪＩＳかな配列のものと50音かな配列のものがある（図１）。初心者は50音かな配列が使いやすく、慣れてきた人にはＪＩＳかな配列が使いよいらしい。

ＪＩＳかな配列

50音かな配列

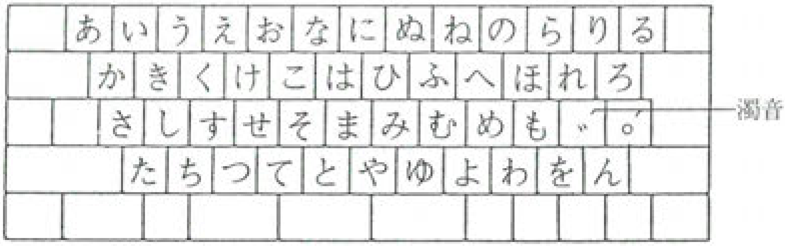


図１　ワープロかなキーの配列

ひらがな使用量の調査　（A）組　（国語）の教科書の場合

	かな	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	計	比率
B	あ	12	7	29	10	12	9	7	11	3	11	106	0.019
A	い	23	24	23	29	25	37	13	21	7	44	246	0.044
A	う	17	20	20	24	28	82	23	16	11	17	274	0.049
C	え	4	9	4	5	8	14	4	3	3	3	57	0.010
B	お	10	5	13	5	4	12	2	15	3	7	76	0.014
A	か	31	28	50	33	23	29	23	21	23	9	290	0.052
B	き	15	13	21	13	12	11	13	5	2	8	113	0.020
B	く	10	8	15	17	8	27	4	17	7	10	119	0.021
C	け	2	8	9	10	6	4	3	2	3	4	51	0.009
A	こ	13	9	18	16	13	29	16	14	22	11	151	0.027
B	さ	7	10	8	9	4	10	6	5	0	8	61	0.012
A	し	16	26	28	44	23	64	20	18	9	47	305	0.055
B	す	5	6	12	4	6	6	4	2	5	14	65	0.012
B	せ	5	2	11	13	7	11	4	2	2	9	66	0.012
C	そ	13	9	13	9	4	6	9	9	3	3	58	0.010
A	た	16	24	29	31	27	32	21	14	21	49	259	0.046
B	ち	2	10	13	4	7	15	3	4	1	16	75	0.013
A	つ	20	26	28	16	12	19	31	18	11	21	199	0.036
A	て	19	17	29	22	15	28	17	15	7	39	203	0.036
A	と	15	15	22	26	25	20	13	16	6	27	185	0.033
B	な	15	12	10	17	13	11	17	12	8	29	134	0.024
A	に	22	12	21	18	14	20	8	4	4	20	142	0.026
C	ぬ	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	3	0.001
C	ね	2	1	0	2	2	9	5	4	1	0	21	0.004
A	の	27	29	29	27	17	29	14	20	12	27	266	0.048

かな	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	計	比率	
は	18	17	21	13	17	16	12	8	10	21	163	0.027	A
ひ	3	3	7	6	2	2	4	7	1	6	41	0.007	C
ふ	9	8	7	4	5	9	7	4	2	3	58	0.010	C
へ	5	0	1	3	0	4	3	1	2	1	20	0.004	C
ほ	3	2	7	2	2	10	6	5	2	2	43	0.008	C
ま	11	26	5	6	5	3	1	0	5	18	80	0.014	B
み	12	3	6	7	4	5	3	0	1	8	49	0.009	C
む	0	1	2	1	0	0	1	2	3	1	11	0.002	C
め	3	3	6	2	4	1	10	1	6	4	40	0.007	C
も	8	5	11	13	2	6	2	10	9	19	85	0.015	B
や	6	2	12	4	2	3	4	3	3	5	44	0.008	C
ゆ	6	5	8	5	10	17	8	2	1	3	65	0.012	B
よ	8	5	11	15	17	26	6	9	3	11	111	0.020	B
ら	3	8	8	4	4	9	6	4	5	7	60	0.011	B
り	14	10	10	6	7	11	6	2	1	5	72	0.013	B
る	20	10	19	10	18	15	6	9	9	10	121	0.022	B
れ	5	14	8	9	7	3	7	7	2	8	70	0.013	B
ろ	10	2	4	6	1	9	3	8	3	0	46	0.008	B
わ	6	3	4	15	8	2	10	4	4	15	71	0.013	B
ん	20	14	23	36	25	44	10	17	1	15	205	0.037	A
を	8	9	12	14	11	14	5	10	5	13	101	0.018	B
°	2	5	7	0	8	2	1	1	0	5	31	0.006	C
″	51	52	77	53	50	59	31	31	18	50	480	0.086	A
合計											5586	0.999	

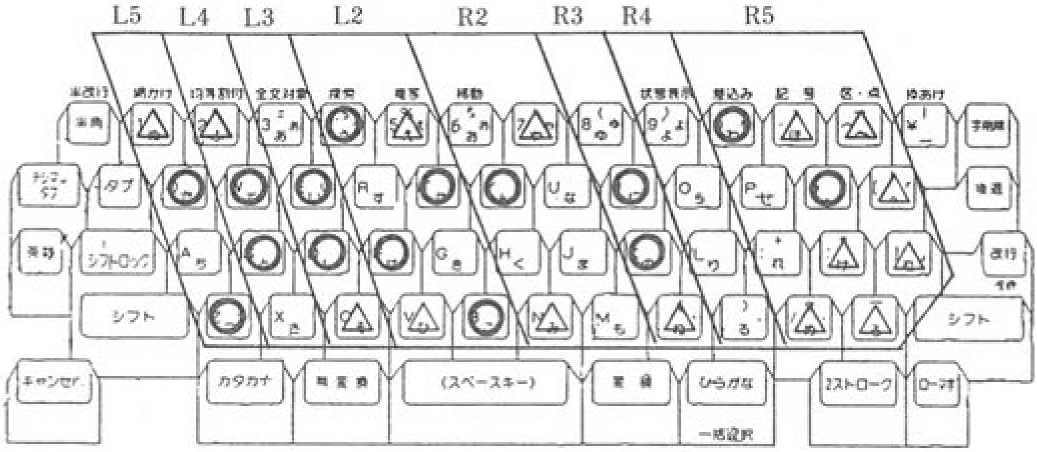
A…比率が0.025以上 (14)
B…　〃　　〃 0.011以上～0.025未満 (20)
C…　〃　　〃 0.010以下 (14)

表1　生徒による「かな」調査結果（A組）

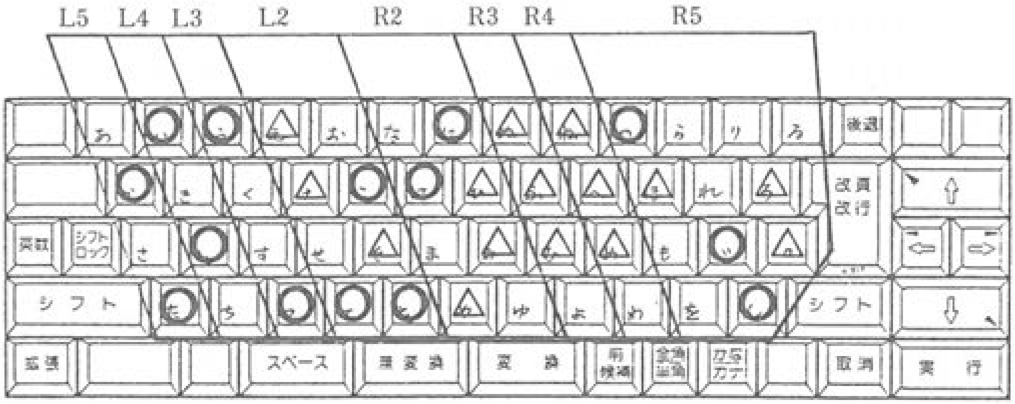
授業では、この2つの配列について考えてみることにした。1クラスの生徒を10班に分け、日本語ワープロでかな入力をすると考えて、それぞれのかなキーの使用頻度を標本調査させた。標本は書籍類から任意に1、2ページを選ばせ、10班の合計からその比率を計算させた（表1）。そして、比率の大きさによってキーを3グループに分けたときのキー配列上での分布を調べさせた（図2）。各クラスの標本としたものは、次の通りである。

A組……中3国語教科書　　　B組……学級内の書籍
C組……中3数学教科書　　　D組……学芸会自作シナリオ

ＪＩＳかな配列の場合



50音かな配列の場合



(注)・ ○ は、そのキーの使用量が比較的多いもの（比率0.025以上）
・ △ は、そのキーの使用量が比較的少ないもの（比率0.01以下）
・Ｒ２～Ｒ５、Ｌ２～Ｌ５は、それぞれ右図のような指の種類

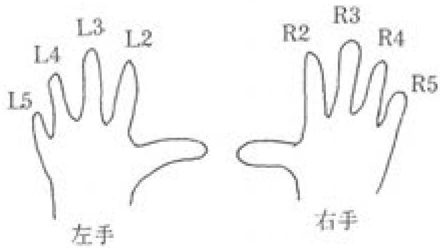
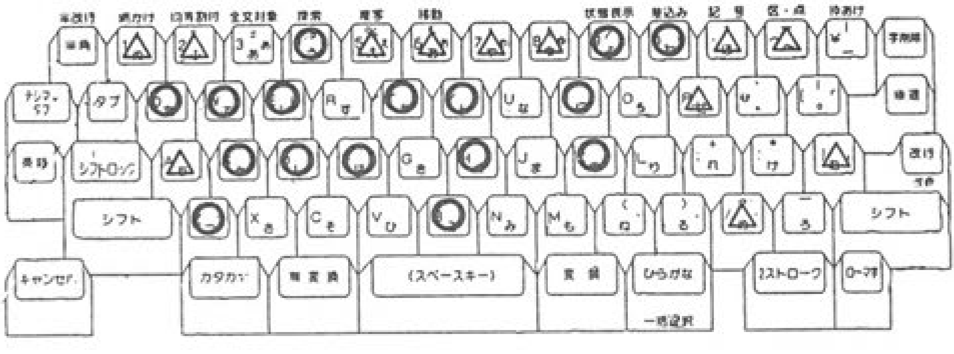


図２　かなキーの使用頻度（Ａ組）

JIS



50音

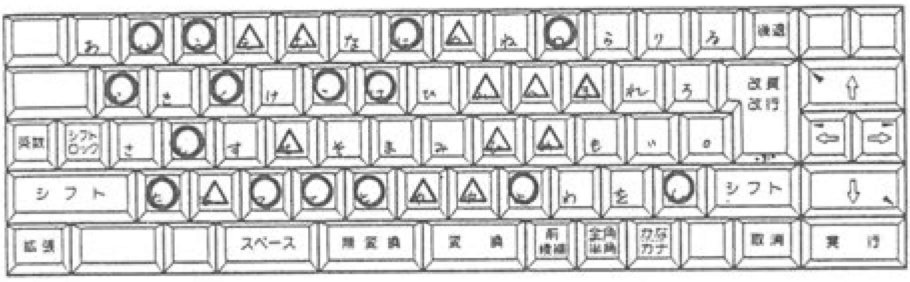
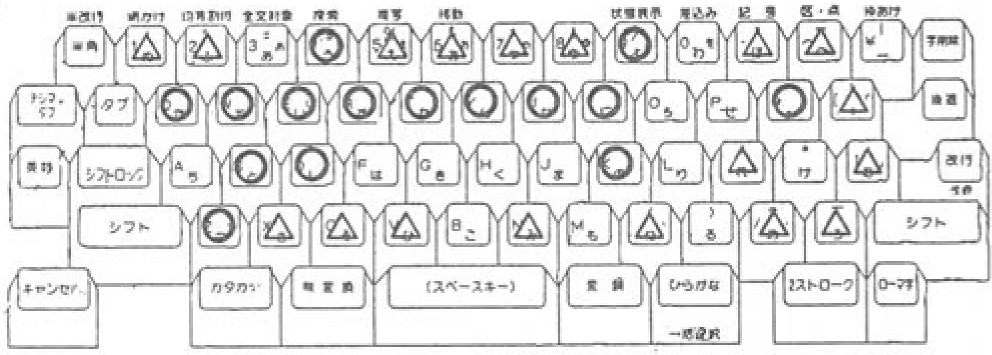


図３　Ｂ組の調査結果（種々の本から）

JIS



50音

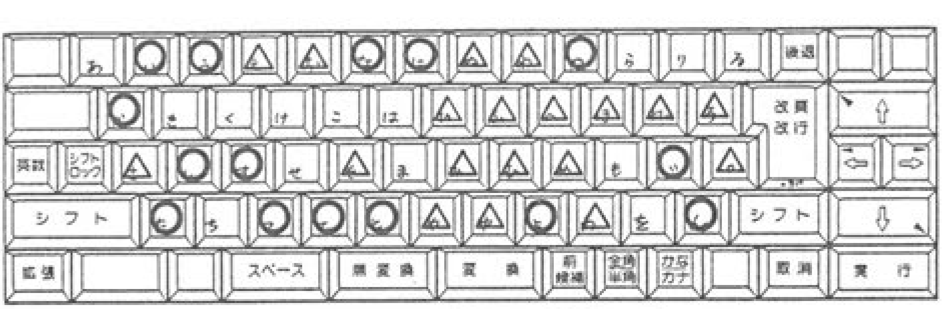
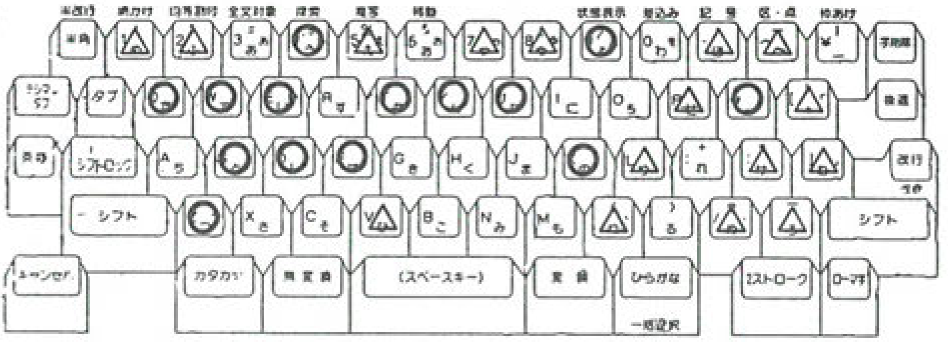


図４　Ｃ組の調査結果（数学の教科書から）

JIS



50音

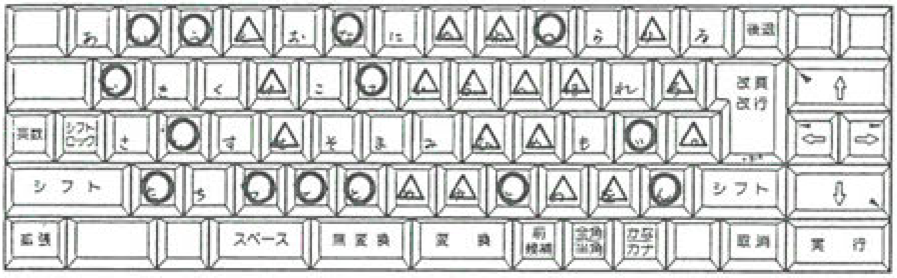


図５　D組の調査結果（学芸会自作シナリオから）

最後に、生徒による考察と感想をいくつかあげておく。

〔生徒の考察と感想〕

S１:ＪＩＳかな配列では、ひんぱんに使われる文字はだいたい真ん中へんの手のとどきやすきところにあって、あまり使われない文字ははしや手前や奥にあつまっている。それに対して、５０音かな配列は右手をおくところや、そのまわりのうちやすいところにつかわれにくい文字があり、よくつかわれる文字がはしになっていたりしている。このことからＪＩＳの方がうちやすいように配列していると思われる。でも、自分で使うなら50音の方がさがしやすくていいと思う。

S２:打ちやすい位置に比率の高いものが並んでいるかと思ったが、意外にそうでもなかった。50音かな配列よりはＪＩＳかな配列の方が打ちやすさを考えて作っているようだ。日本人は右ききが多いので右手でキーを打つ方が打ちやすいと思うのだが、左手の方に比率0.025以上が多いのはなぜか不思議だ。

S３:ＪＩＳかな配列では、よく使う文字が真ん中など、よく使う指の届きやすいところにあり、あまり使われない文字は、端の方にある。けれど、50音かな配列は、よく使う文字が端にあったり、あまり使わない文字が真ん中にあったりとバラバラである。初めて使うのなら50音かな配列の方がいいと思うが、慣れてきたらＪＩＳかな配列の方が使いやすいと思う。

S４:ＪＩＳかな配列の方は、人さし指、中指、薬指の打ちやすいところに0.025以上のキーが多い。50音かな配列の方は、あまり決まっていないようだ。ＪＩＳかな配列の方はきちんと考えられているんだなと思った。

Ｓ５：中央によく使うキーをもってくると入力し間違うことがあるので、ＪＩＳ配列では全体によく使うキーを分散させている。これは人間の指に合わせた設計だという話だが、ＪＩＳ配列などはどのような理由でややこしく並んでいるのかよくわからなかった。しかし、見る限りではＪＩＳ配列の方が機能的で便利だと思う。

Ｓ６：今まで、なぜ50音順にならべていないのだろうと思ったが、なぜかがわかったのでよかった。

Ｓ７：ＪＩＳかな配列は、ただ単にばらばらになっているのではないということが分かった。（以上Ａ組）

Ｓ８：打ち易い位置は、だいたい、ＪＩＳなら「無変換」「ひらがな」キー、50音なら「スペース」「かな／カナ」キーを中心とした円周上にある。それに対し、キーボードのなか上の辺、手首の近く、下の両はしが押しにくい。このことから考えて、ＪＩＳはよく打つキーが頂度その円周上にだいたい並び、余り打たないキーは端においやられている。それに対し、50音は全々考えていないように分散している。50音は最初のころは楽だろうが、キーの場所を覚えてからはＪＩＳの方が打ち易そうだ。

Ｓ９：ＪＩＳ配列では、あまり使わないキーは端のほうにある。これは予想通りだった。しかし、よく使われるキーはまん中にかたまっていると思っていたのに案外分散していた。なぜだろうと考えた。

①ある程度分散した方が使いやすい。

②横本調査のやり方のミス、標本の大きさが小さい。

色わけしてみたところ、やはりＪＩＳ配列の方が打ちやすそうに見える。もっともぼくたちはパソコンの日本語入力はローマ字入力でやっている。その方が楽だからだ。

S10：ＪＩＳ配列はブラインドタッチで打つには良いようだが、慣れないと使いづらい。50音はすぐにでも使えるが、やはりよく使うキーが中央にあるほうが良い。ＪＩＳ、50音とも一長一短だが、僕のようなパソコンユーザーが日本語入力をするときは、ローマ字入力を使うので、かな配列は特に気にしていない。しかし、かな配列を気にしないということは、あり使わないので慣れるのに時間がかかるということだから、50音配列のほうがいいのではないか。そのほうが、たまに使うとき使いやすい。

S11：私の家のワープロはＪＩＳの方です。でも50音の方がいいなと思います。上の結果から見ると、ＪＩＳの方はよく使われる文字が真ん中の方にあって、あまり使われない文字が小指の方にあるようです。今回は0.025以上、0.01以下、その他という３つに分けましたが、もっと細かく分けると、もっとはっきりすると思います。

S12：ＪＩＳは、やはりよく使うの（「の、が、は」など）は、人指ゆびとか中指に集中しています。ということは、アルファベットもそのように配置されているんですね。知りませんでした。（以上Ｂ組）

S13：ＪＩＳかな配列
- 下から３段目の列に、よく使われる文字が多い。
- 右手の小指が打つ場合が少ない。
- 下から１段目の列は、あまり使われない。

50音かな配列
- 下から2，３段目の右手の部分があまり使われない。
- 全体的に2，３段目が少ない。

ＪＩＳかな配列の方が、うちやすさを考えて並べてあるのではないかと思う。クラブのタイプライターでは、あまり気にしなかったが、やはりこういう配慮はあったのだなと思った。

S14: よく打つかなは打ちやすいところにあるということがわかった。これはある程度予想していたことだったが本当だった。

S15: ＪＩＳ配列は、一見無秩序に見えるが、比率の高いものが真ん中近く、低いものは端に配列されており、非常に合理的である。対する50音配列は、不思議と固まっているものの、比率の低いものが真ん中、高いものが端にきており非合理的であると思った。（以上Ｃ組）

S16: ＪＩＳのかな配列は、使いやすい配列になっていることは知っていたが、調べてみてもだいたいまん中にいく程使用比率の高いものになっているのでびっくりした。50音のかな配列は、この統計から見るとだいたい比率0.025以上のものが端の方によってしまっているので使い慣れた人には使いにくいと思う。（Ｄ組）

(2) 平均値の推定　「生徒の睡眠時間について」

比率の推定にひきつづいて、平均値の推定についての実験をさせた。今回は、生徒の睡眠時間を取り上げてみた。

最近の子供たちの生活を見ていると、生活リズムが不規則になっていることを痛切に感じる。電化製品の普及にともなう昼と夜の区別の不明確化、ラジオ・テレビ等による放送番組の充実にともなう夜間の情報過多、パソコン等の機器の普及による仕事の家庭内化、

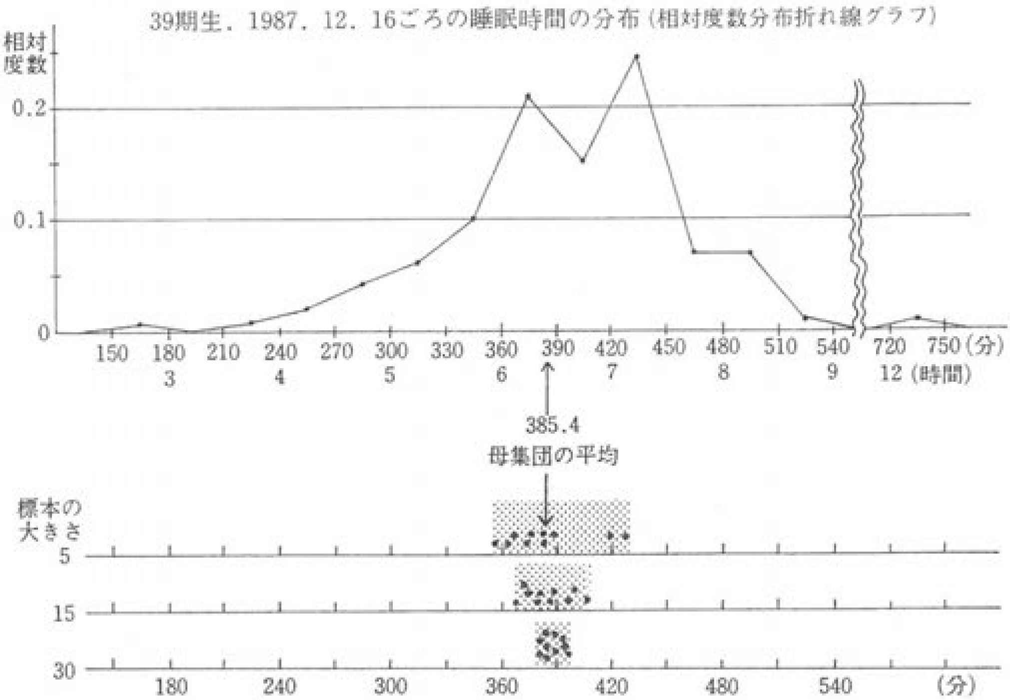
39期生．1987．12．16ごろの睡眠時間（一日の平均）

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	420	280	390	380	350	320	400	420	360	430
10	345	160	420	330	320	360	430	330	410	430
20	390	400	320	450	310	420	360	420	390	375
30	430	360	350	380	360	360	392	470	400	500
40	420	370	400	420	420	480	390	360	420	450
50	360	270	280	390	410	360	375	390	360	420
60	380	380	381	300	420	400	390	420	530	300
70	420	420	418	390	450	420	390	450	420	720
80	350	440	345	420	360	400	420	390	450	440
90	480	390	360	435	330	330	450	450	400	420
100	360	480	350	360	420	350	370	330	420	315
110	480	360	360	360	470	320	420	420	420	450
120	240	480	330	450	420	480	340	390	480	390
130	420	360	255	480	360	260	420	420	480	380
140	350	360	425	330	480	290	360	360	420	420
150	323	325	270	280	270	210	（以上 156名）		単位（分）	

表2　12月中旬の睡眠時間

受験による熱の汎乱、夜間開業店の増加、等々、子供たちの生活リズムに影響を与える要素がたくさんある。実際に、それらの原因で睡眠不足となり、朝の寝起きの悪い子供が多いし、昼間の怪我も非常に多い。これらは、本校の保健室の利用状況からも裏付けられている。

授業では、この睡眠の問題について考えることにした。3年生を対象にして、1987年12月の中旬（2学期の期末テスト数日後）に睡眠時間の調査をした。前日2日間ぐらいの平均の睡眠時間は何分かを調べた（表2）。そして、集まった 156の資料を母集団と考え、平均値の推定をさせた。つまり、1クラスの生徒を10班に分け、母集団の平均と度数分布表からの相対度数分布多角形と156の生の資料を与え、乱数表によって標本の大きさ5、15、30の標本を抽出させ、それぞれについて、10個の標本平均を数直線上にとらせ、その分布状態を調べさせた（図6）。



標本平均（分）

標本の大きさ＼班	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	9班	10班
5	384	374	376	387	362	384	356	367	420	428
15	380	382	368	407	386	395	399	389	376	374
30	386	397	381	395	386	390	394	382	389	385

図6　標本平均の分布

最後に、生徒による考察と感想をいくつかあげておく。

〔生徒の考察と感想〕

S17:標本の大きさが30になるとだいぶ幅がせまくなって平均に近くなっている。標本平均のやり方がよくわからなかったけれど、だんだんわかってきた。乱数表でこのようにできるのだなあと思った。

S18:本当に標本調査は正しいのか、あまり分からなかったけれど、この調査でそれが実感できてよかった。

S19:標本平均は、全部調べる必要がなく、それだけ労力もかからずに真の値に近い値が出されるので便利だと思う。でも、ときどき特異な値が出たりするので気をつけなければいけないと思う。

S20:標本平均の分布の図を見れば分かるように、標本の数が大きくなるほど散らばりがなくなってきて平均の値に近くなってきていることがわかる。標本の大きさが小さいと散らばりが大きいのは、とびぬけて他と違う数が標本に含まれたとき、小さい標本ほど受ける影響が大きいからだと思う。この実験を通して、標本の大きさの違いによってどれぐらい差が出るかがよくわかった。とても勉強にもなったし、どれぐらいの数になるのかなあと思いながら計算するのも楽しかった。

S21:5より15、15より30と標本が大きくなるにしたがって、範囲がせまくなっていると思う。4人で分担してやったので、割合早くできたと思います。時間があったので50ぐらいまですれば良かったと思います。

S22:標本の大きさが、5のとき範囲は72分、15のとき39分、30のとき16分となっている。つまり、標本の大きさが大きくなっていくと範囲がせまくなっていって、母集団の平均に近づいていっていることがわかる。だから、標本調査はその標本の大きさが大きいほど全数調査のときに近い正確な値がでることがわかる。乱数表の使い方が今までわからなかったが使ってみて便利だなあと思った。日常生活で「無作為」を要することに使ってみたい。

S23:グラフはやっぱり標本の数が多くなる程くわしくなっていると思います。みんな睡眠時間が短いと思いました。でも12時間以上にはびっくりしました。

S24:標本の大きさを大きくしていくと、だいたい標本の平均は母集団の平均に近づいてきている。しかし、5ぐらいではばらつきが多い。ある程度標本の大きさを大きくしないと大きな誤差がでるので、誤差を少なくしようと思えば、労力がいるのはやむをえないと思う。睡眠時間が極端に短い人や長い人がいておもしろい。平均が385.4分というのは少し短いと思う。

S25:標本の大きさが全体において小さいので、1つの標本の影響がその標本平均にすごくあらわれる。しかし、やはり最大の30のものはけっこう他に比べると広がりが小さかった。標本の大きさの小さい標本平均は決してあてにならないと思う。

睡眠時間は平均的には6時間25分くらいで、まあだいたい予想はあたっていたが、しかし、やや短いように思う。それにしても、3時間ぐらいしかねていない人がいるのには驚いた。12時間ぐらい眠っている人にも驚いたが、まあ健康的でいいのではないか。しかし、半日も眠っているなんて、学校以外はほとんど眠っているのではないだろうか。

S 26:標本の大きさが５、15、30と大きくなるにつれて、各班の標本平均の分布は、その範囲がだんだん狭くなってくる。５のときは356 分から428 分までだが、30になると381 分から397 分で、その幅は72分から16分と非常に小さくなっている。このことから標本調査において、標本の大きさを大きくすると、その平均は母集団の平均に限りなく近づき、また正確さを増すことが考察できる。

睡眠時間については、母集団の平均385 分すなわち６時間25分について考えると、７時に起きるとすると12時30分ごろに床についているものと推測できる。この数字について僕の考えを言うと、少し短いのではないかと思う。より健康な生活、より充実した学校生活を送るには足りないのではないか。そのため、昼以降の授業は静かになるのだと思う。

Ⅲ．おわりに

はじめに筆者は、数学の学習が生徒にとって親しみのもてるようになることを願っていると述べた。ここでは中学３年の標本調査の教材について、その指導内容と指導法について検討し、実践を試みた。今回の指導では、生徒の感想等からもうかがえるように、この目的は一応達成されたのではないかと思っている。数学の学習に対して生徒が親しみを感じ、身近なものについて考える中から、数学の理論的なことを身につけていけることが最善の教育法だといえる。

日本語ワープロの存在は、今後ますます身近なものとなって行き、その利用について考えていかなければならない場面が多々起こるものと思われる。今回の学習を通して、生徒は、一見無秩序なものの中に非常に合理的なものが存在することに驚きを感じとっている。実際に生徒の手で調べることによって、そのことがわかるというのは、この標本調査の教材の素晴らしいところだろう。

睡眠時間についても、今後の生徒たちの生活にとってますます考えなければならない存在であろうと思われる。今回の学習を通して、生徒は、睡眠時間の短さが自分たちの生活の中に全体的に存在していることを感じとっている。さらに、そのことが充実した学校生活、安全で健康的な生活とどう関わっているのかを考えさせるように指導を高めることが課題だといえる。平均値の推定については、標本が小さければ、標本調査が必ずしもあてにならないということも実感できたようである。

今回の標本調査の学習をした経験が、少しでも彼らの今後の生活の中に生かされれば、指導者のねらい以上の成果だといえる。数学のどの教材内容についても生徒に親しみを持たせることは難しいかもしれないが、筆者は今後も、親しみのもてる数学教育の実践を試みていきたい。

一次変換による不動点・不動直線について

── 2次元の場合の固有値との関連において ──

横田稔良（よこた としろう）

＜はじめに＞

高校の教材として行列がとり入れられると、ここで一次変換を取り扱うのは妥当であろう。一次変換を行列による写像として取り扱うと、初めのうちは行列とベクトルの積の和をもちだして、成分の計算をやることになるのは仕方がない。

しかし、一次変換の性質や、一次変換によって自分自身に移るいわゆる不動直線などの考察を成分ばかりで処理していると大抵嫌になってしまう。行列やベクトルの便利さや面白味は何も感じられない。連立方程式の一般的な解法の研究から生れたといわれる行列を習うことによって、逆に、連立方程式の計算ばかりさせられるという皮肉な結果になりかねない。

不動点や不動直線について高校生に深く理解させる必要のある教材ではないかも知れないが、一次変換の理解と、行列やベクトルの利用による問題解決のテーマとして、余力のある高校生は大いに興味を持つようである。私が高校生に使ったのはここに挙げた一部分の固有値が異なる２つの実数解をもつ場合だけであった。

不動点や不動直線について、成分をもちださないで論じたもっと一般的な研究があるのかも知れない。少し考察していくとなかなか興味があることがわかってきたので、自分の力で解決してみようとして、固有値、固有ベクトルとの関連として整理し、証明を与えてみた。

これをテキストにするときを考えて、はじめに、用語の説明をつけ加えさせて貰った。

以下、行列は２行２列とし、一般にはMで、単位行列はE、零行列はOで表すことにする。また、ベクトルも２次元とし、一般には$\vec{p}$のように表す。

$M=\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$とするとき、$a+d=\boldsymbol{tr}(M)$, $ad-bc=\boldsymbol{det}(M)$と書き表す。

０．＜固有方程式・固有値・固有ベクトル＞

$$M\vec{p}=\lambda\vec{p}\ (\vec{p}\neq\vec{0}) \quad \cdots\cdots ①$$

をみたすスカラーλを行列Mの**固有値**という。また、このときの$\vec{p}$を固有値λに対する**固有ベクトル**という。

①を変形して

$$(M-\lambda E)\vec{p}=\vec{0}$$

$\boldsymbol{det}(M-\lambda E)\neq 0$ならば、$(M-\lambda E)^{-1}$が存在するから、これを左からかけて

$$\vec{p}=\vec{0}$$

これは条件に反するから、$\boldsymbol{det}(M-\lambda E)=0$でなければならない。

$M=\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ とすると

$$M-\lambda E=\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}-\lambda\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} a-\lambda & b \\ c & d-\lambda \end{pmatrix}$$

$$\therefore\quad (a-\lambda)(d-\lambda)-bc=0$$

$$\therefore\quad \lambda^2-(a+d)\lambda+(ad-bc)=0$$

すなわち

$$\lambda^2-\boldsymbol{tr}(M)\lambda+\boldsymbol{det}(M)=0 \quad\cdots\cdots ②$$

これを行列Mの**固有方程式**（または、**特性方程式**）という。

したがって、固有値はこの固有方程式の解として得られる。

1．＜不動点＞

(1) 任意の行列Mに対して$M\vec{0}=\vec{0}$

となるから、原点Oは任意の行列による1次変換の不動点であることは明らかである。原点以外にはたして不動点が存在するであろうか。

(2) もし、不動点P$(\vec{p})$が存在するとすると

$$M\vec{p}=\vec{p}\ \ (\vec{p}\neq\vec{0})$$

これは$\vec{p}$が固有値が1に対する固有ベクトルであることを表している。

逆に、固有値1をもつ行列Mの固有値1に対する固有ベクトルの1つを$\vec{p}$とすると

$$M(t\vec{p})=t(M\vec{p})=t\vec{p}\quad (t\text{は任意の実数})$$

となるから、直線ＯＰ上のすべての点が不動点になっていることがわかる。

(イ) 行列Mによる1次変換で原点以外の不動点が存在するための必要十分条件はMが固有値として1の値をとることである。

2．＜不動直線の方向ベクトル＞

行列Mによる1次変換によって、全体としては不動な直線lとなるものがあったとし、不動直線の性格を調べてみよう。

$$l:\ \vec{p}=\vec{a}+t\vec{v}$$

とし

$$\vec{p_0}=\vec{a}\ ,\quad \vec{p_1}=\vec{a}+\vec{v}$$

であるようなl上の2点$P_0(\vec{p_0}), P_1(\vec{p_1})$がそれぞれ$l$上の2点$P_0'(\vec{p_0}'), P_1'(\vec{p_1}')$

$$\vec{p_0}'=\vec{a}+t_0\vec{v}\ ,\ \vec{p_1}'=\vec{a}+t\vec{v}$$

に移ったとすると

$$\vec{p_0}'=M\vec{p_0}=M\vec{a} \quad\cdots\cdots ③$$

$$\vec{p_1}'=M\vec{p_1}=M(\vec{a}+\vec{v})=M\vec{a}+M\vec{v} \quad\cdots\cdots ④$$

④から③をひくと

$$\vec{p_1}'-\vec{p_0}'=M\vec{v}$$

P_0'、P_1'はl上の点であったから

$$\vec{p_1}'-\vec{p_0}'=(\vec{a}+t_1\vec{v})-(\vec{a}+t_0\vec{v})=(t_1-t_0)\vec{v}$$

$$\therefore\quad M\vec{v}=(t_1-t_0)\vec{v}$$

これは$\vec{v}$がMの固有値t_1-t_0に対する固有ベクトルであることを表している。

したがって、つぎのことがわかった。

(ロ) 不動直線の方向ベクトルは、1次変換を行う行列Mの固有ベクトルでなければならない。

このことがらの対偶から、つぎのこともいえる。

(ハ) 実数の固有値を持たないような行列Mによる1次変換には不動直線は存在しない。

3．＜原点を通る不動直線＞

1次変換を行う行列Mの固有値をλ、その固有ベクトルを$\vec{p}$とすると

$$M\vec{p}=\lambda\vec{p}$$

であるから、tを任意の実数とすると

$$M(t\vec{p})=tM\vec{p}=t(\lambda\vec{p})=(\lambda t)\vec{p}$$

したがって、つぎのことがいえる。

(ニ) 1次変換を行う行列Mの0でない固有値に対する固有ベクトルを方向ベクトルとする原点を通る直線は不動直線である。

なお、この証明からつぎのことも同時にわかる。

(ホ) 固有値が1に対する固有ベクトルを方向ベクトルとする原点を通る不動直線上の点は全点が不動点である。

(ヘ) 固有値が1でないような固有値に対する固有ベクトルを方向ベクトルとする原点を通る不動直線上の点では、原点だけが不動点であり、他は不動点ではない。

4．＜固有値が0とα（$\neq 0$）のとき＞

1次変換を行う行列Mの固有値λが0の値をとるとき、固有方程式②で$\lambda=0$を代入すると

$$\boldsymbol{det}(M)=0$$

$$\therefore\ \lambda^2-\boldsymbol{tr}(M)\lambda=0$$

$$\therefore\ \lambda=0,\ \lambda=\boldsymbol{tr}(M)$$

このとき、固有値0と$\boldsymbol{tr}(M)$（$\neq 0$）に対する固有ベクトルをそれぞれ$\vec{v}$と$\vec{a}$で表すと

$$M\vec{v}=0\vec{v}=\vec{0}$$

$$M\vec{a}=\boldsymbol{tr}(M)\vec{a}$$

したがって、tを任意の実数とすると

$$M(t\vec{v})=tM\vec{v}=\vec{0}$$

このことから、つぎのことがいえる。

(ト) 1次変換を行う行列Mの固有値0に対する固有ベクトルを方向ベクトルとする原点を通る直線上の全ての点は原点に移る。

また、kをある定数、tを変数として、方向ベクトルが固有値0に対する固有ベクトル$\vec{v}$で、もう1つの固有値に対する固有ベクトル$\vec{a}$を使って表す直線

$$\vec{p}=k\vec{a}+t\vec{v}$$

の1次変換を考えると

$$\begin{aligned}M\vec{p}&=M(k\vec{a}+t\vec{v})\\&=kM\vec{a}+tM\vec{v}\\&=k\cdot\boldsymbol{tr}(M)\vec{a}\end{aligned}$$

したがって、これからつぎのことがわかった。

(チ)　1次変換を行う行列Mの固有値0に対する固有ベクトルを方向ベクトルとする直線上の点は全て唯1点に移される。

そうして、上の定数kを全ての実数に亘って動かすと、もう1つの固有ベクトルを方向ベクトルとする原点を通る直線全体を動くことがわかるから、

(リ)　1次変換を行う行列Mの固有値が0と$\alpha(\neq 0)$のとき、0に対する固有ベクトルを方向ベクトルとする平行な直線1本1本が、αに対する固有ベクトルを方向ベクトルとする原点を通る直線上の1点1点に上への写像として移される。

(ホ)　＜固有値が1とα（$\neq 1$，$\neq 0$）のとき＞

固有値が1とαに対する固有ベクトルをそれぞれ$\vec{p}_1$、$\vec{p}_\alpha$とすると

$$M\vec{p}_1=\vec{p}_1 \quad , \quad M\vec{p}_\alpha=\alpha\vec{p}_\alpha$$

6.で一般に証明するように、$\vec{p}_1$と$\vec{p}_\alpha$は平行ではないから、直線は一般にkをある定数、tを変数として

$$\vec{p}=k\vec{p}_1+t\vec{p}_\alpha$$

と表すことができる。これをMによって1次変換すると

$$\begin{aligned}M\vec{p}&=M(k\vec{p}_1+t\vec{p}_\alpha)\\&=kM\vec{p}_1+tM\vec{p}_\alpha\\&=k\vec{p}_1+t\alpha\vec{p}_\alpha\end{aligned}$$

となるから、$\vec{p}$はもとの直線上に移されることがわかる。

(ヌ)　1次変換を行う行列Mの固有値が1とα（$\neq 1$，$\neq 0$）のとき、固有値αに対する固有ベクトルを方向ベクトルとする直線は全て不動直線である。また、この不動直線上には不動点は1つずつあり、それは固有値1に対する固有ベクトルを方向ベクトルとする原点を通る直線との交点である。

それでは固有値1に対する固有ベクトルを方向ベクトルとする平行線の方も不動直線となれるであろうか。

$\vec{p}_1$と$\vec{p}_\alpha$とは平行ではないから、$\vec{p}_1$を方向ベクトルとする直線はkを定数、tを変数として

$$\vec{p}=k\vec{p}_\alpha+t\vec{p}_1$$

と表されるから、これをMによって1次変換すると

$$\begin{aligned}M\vec{p}&=M(k\vec{p}_\alpha+t\vec{p}_1)\\&=kM\vec{p}_\alpha+tM\vec{p}_1\\&=k\alpha\vec{p}_\alpha+t\vec{p}_1\\\therefore\ M\vec{p}-\vec{p}&=k(\alpha-1)\vec{p}_\alpha\end{aligned}$$

これは$\vec{p}_1$に平行ではないから、不動直線にならないことがわかる。

(ル)　1次変換を行う行列Mの固有値が1とα（$\neq 1$，$\neq 0$）のとき、固有値1に対する固有ベクトルを方向ベクトルとする不動直線は原点を通るもの1本しかない。

同じようなことは固有値が1でない2つの実数値をとるときについてもいえる。

6．＜固有値0，1以外の異なる実数値をとるとき＞

2つの固有値をα、β、それらに対する固有ベクトルをそれぞれ$\vec{p}_\alpha$、$\vec{p}_\beta$と表すと、

$$M\vec{p}_\alpha=\alpha\vec{p}_\alpha \quad , \quad M\vec{p}_\beta=\beta\vec{p}_\beta$$

$\vec{p}_\alpha$と$\vec{p}_\beta$は平行ではない。何となれば

もし、$\vec{p}_\alpha /\!/ \vec{p}_\beta$と仮定すると、ある実数$m$が存在して

$$\vec{p}_\alpha = m\vec{p}_\beta$$

$$\therefore\ M\vec{p}_\alpha = M(m\vec{p}_\beta) = mM\vec{p}_\beta = m(\beta\vec{p}_\beta) = \beta(m\vec{p}_\beta) = \beta\vec{p}_\alpha$$

ところが、$M\vec{p}_\alpha = \alpha\vec{p}_\alpha$であったから

$$\alpha\vec{p}_\alpha = \beta\vec{p}_\alpha$$

$\vec{p}_\alpha \neq \vec{0}$であるから

$$\alpha = \beta$$

これは$\alpha \neq \beta$に反するからである。

さて、$\vec{p}_\alpha$を方向ベクトルとする原点を通らない任意の直線はkを0でないある定数，tを変数として

$$\vec{p} = k\vec{p}_\beta + t\vec{p}_\alpha \quad \cdots\cdots⑤$$

と表すことができるから、これをMによって変換すると

$$M\vec{p} = M(k\vec{p}_\beta + t\vec{p}_\alpha)$$

$$= kM\vec{p}_\beta + tM\vec{p}_\alpha$$

$$\therefore\ M\vec{p} = k\beta\vec{p}_\beta + t\alpha\vec{p}_\alpha \quad \cdots\cdots⑥$$

⑥−⑤より

$$M\vec{p} - \vec{p} = k(\beta - 1)\vec{p}_\beta + t(\alpha - 1)\vec{p}_\alpha$$

これは$\vec{p}_\alpha$と平行ではない。何故ならば、もしこれが$\vec{p}_\alpha$と平行であるとすると、mをある実数として

$$k(\beta - 1)\vec{p}_\beta + t(\alpha - 1)\vec{p}_\alpha = m\vec{p}_\alpha$$

$$\therefore\ k(\beta - 1)\vec{p}_\beta = \{m - t(\alpha - 1)\}\vec{p}_\alpha$$

$k(\beta - 1) \neq 0$、$\vec{p}_\beta \neq \vec{0}$であるから、$\vec{p}_\alpha /\!/ \vec{p}_\beta$となって矛盾するからである。

したがって、$\vec{p}_\alpha$を方向ベクトルとする不動直線は原点を通るもの1本だけであることがわかった。同じことは$\vec{p}_\beta$を方向ベクトルとするものについてもいえるから、つぎのことがなりたつ。

(ヲ) 1次変換を行う行列Mの固有値が0，1以外の異なる実数値だけをとるときは、これらの固有ベクトルを方向ベクトルとする原点を通る直線だけが不動直線である。

7．＜固有値が0を重解とするとき＞

(1) $M = O$のときは平面上の全点が原点に移る特殊な場合になる。

(2) $M \neq O$のとき

Mの固有値が0を重解とするのだから、固有方程式②より

$$\boldsymbol{tr}(M) = 0,\ \boldsymbol{det}(M) = 0$$

したがって、Cayley−Hamiltonの定理から

$$M^2 = O$$

このことから、任意のベクトル$\vec{p}$に対して、Mによる変換を2回続けて行うと$\vec{0}$となることがわかる。

$$M(M\vec{p}) = M^2\vec{p} = O\vec{p} = \vec{0} \quad \cdots\cdots⑦$$

一方、Mの固有値0に対する固有ベクトルを$\vec{p}_0$とすると

$$M\vec{p}_0 = 0\vec{p}_0 = \vec{0} \quad \cdots\cdots⑧$$

$M \neq O$であるから、⑦と⑧より

$M\vec{p}=k\vec{p}_0$（kは定数）……………………………………………………………………⑨

とならなければならない。何となれば、$M\vec{p}=\vec{q}$とすると

$$M\vec{q}=\vec{0}=0\vec{q}$$

となって、$\vec{q}$は固有値０に対する固有ベクトルだからである。

(ワ) O行列でない行列Mの固有値が０を重解とするときは、行列Mによる１次変換によって任意の点は固有値０に対する固有ベクトルを方向ベクトルとする原点を通る直線上に移る。

したがって、この$\vec{p}_0$を方向ベクトルとし、$\vec{p}_0$とは平行でない１つのベクトルを$\vec{a}$として、$\vec{p}=\vec{a}+t\vec{p}_0$と表わされる直線は

$$\begin{aligned}M\vec{p}&=M(\vec{a}+t\vec{p}_0)\\&=M\vec{a}+tM\vec{p}_0\end{aligned}$$

$M\vec{a}=k\vec{p}_0$（kは０でない定数），$M\vec{p}_0=\vec{0}$であったから

$$M\vec{p}=k\vec{p}_0$$

したがって、つぎのことがいえる。

(カ) O行列でない行列Mの固有値が０を重解とするとき、行列Mによる１次変換によって固有値０に対する固有ベクトルを方向ベクトルとする直線１本１本がこれと平行な原点を通る直線上の１点１点に上への写像として移される。

以上のことからして、行列Mの固有値が０を重解とするときは、これによる１次変換によって不動な直線が存在し得ないことがわかる。

８．＜固有値が０ではない重解αをとるとき＞

$$\lambda^2-\boldsymbol{tr}(M)\lambda+\boldsymbol{det}(M)=0$$

この固有方程式の解が重解αなのであるから

$$\boldsymbol{tr}(M)=2\alpha\ ,\ \boldsymbol{det}(M)=\alpha^2$$

また、Cayley－Hamilton の定理より

$$M^2-2\alpha M+\alpha^2E=O$$

$$\therefore\ (M-\alpha E)^2=O$$

したがって，$M-\alpha E=B$とおくと、$B^2=O$であり

$$\{\boldsymbol{det}(B)\}^2=\boldsymbol{det}(B^2)=\boldsymbol{det}(O)=0$$

$$\therefore\ \boldsymbol{det}(B)=0$$

また

$$\begin{aligned}\boldsymbol{tr}(B)&=\boldsymbol{tr}(M-\alpha E)\\&=\boldsymbol{tr}(M)-\alpha\boldsymbol{tr}(E)\\&=2\alpha-2\alpha\\&=0\end{aligned}$$

つまり、$\boldsymbol{tr}(B)$も$\boldsymbol{det}(B)$も０であるから、行列Bは固有値が重解０となる行列であることが判明した。

そうして，いまMの固有値αに対する固有ベクトルを$\vec{p}_\alpha$とすると、$M=B+\alpha E$であるから

$$\begin{aligned}M\vec{p}_\alpha&=(B+\alpha E)\vec{p}_\alpha\\&=B\vec{p}_\alpha+\alpha\vec{p}_\alpha\end{aligned}$$

一方

$$M\vec{p}_a=\alpha\vec{p}_a$$

これらの2式より

$$\beta\vec{p}_a=\vec{0}$$

したがって、$B=O$であるか、または、$\vec{p}_a$がBの（固有値0に対する）固有ベクトルであることがわかった。

$B=O$のときは、$M=\alpha E$となるからこれは**相似変換**で

$$M\vec{p}=(\alpha E)\vec{p}=\alpha\vec{p}$$

つまり

(ヨ) $M=\alpha E$のときは、原点を通る全ての直線が不動直線である。特に、$M=E$のとき**恒等変換**であり全平面は不動点で、任意の直線が不動直線となる。

また、Mの固有値αに対する固有ベクトル$\vec{p}_a$と、Bの固有値0に対する固有ベクトルは同じものであったから、$\vec{a}$を$\vec{p}_a$と平行ではない定ベクトルとして直線

$\vec{p}=\vec{a}+t\vec{p}_a$を考えると

$$M\vec{p}=(B+\alpha E)(\vec{a}+t\vec{p}_a)$$
$$=B\vec{a}+tB\vec{p}_a+\alpha\vec{a}+\alpha t\vec{p}_a$$

Mの固有ベクトルとBの固有ベクトルは同じものだから、⑨より

$$B\vec{a}=k\vec{p}_a \quad (k\text{は定数})$$

と表わされ、$B\vec{p}_a=\vec{0}$なのであったから、上の直線のMによる1次変換は

$$M\vec{p}=\alpha\vec{a}+(k+\alpha t)\vec{p}_a$$

$\vec{a}$は$\vec{p}_a$とは平行ではなかったから、$\vec{a}=\vec{0}$でない限り定数kは0とはならない。よって、つぎのことがなりたつことがわかった。

(タ) $M\fallingdotseq\alpha E$で、Mの固有値が0でも1でもない重解の固有値αをとるとき、$M-\alpha E$の固有値が重解0となり、その固有ベクトルとMのαに対する固有ベクトルは同じもので、これを方向ベクトルとする原点を通る直線のみが不動直線である。

(レ) $M\fallingdotseq E$で、Mの固有値が重解1であるときは、$M-E$の固有値0の固有ベクトルとMの固有値1に対する固有ベクトルは同じもので、これを方向ベクトルとする原点を通る直線上の点は全て不動点であり、これと平行な直線は全て不動直線であるが、この直線上には不動点は存在しない。

中学・高校理科（化学分野）実験の工夫

－コロイドの実験・金属の酸化の定量実験－

岡　博昭・井野口弘治・櫻井　寛

Ⅰ．はじめに

生徒実験はできるだけ操作が簡単で、定量実験ならばできるだけ理論値に近い結果、また、定性実験では再現性のある結果が出るものでなければならない。そのような実験を生徒の思考のきっかけとし、充分な資料ともして、生徒の生きる力を育てようと考え、昭和61年度より実験を工夫している[1]。今年度は、コロイドの電気的性質の実験の工夫と、金属酸化の定量実験材料について検討したので報告する。

Ⅱ．コロイドの電気的性質を調べる実験

⑴　凝析

50mlの精製水を沸騰させ、1 mol／l $FeCl_3$ 1 mlを加えて作った水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド溶液を用いて凝析の実験をするとき、①加える電解質の量がある値を超えると凝析する　②正・負どちらかのイオンが効果がある　③イオンの価数が大きいと効果が大きい　④保護コロイドの作用　を考察させたいと考えた。結果が明白に出て、操作が簡単な生徒実験をと考え、大阪府高等学校理化教育研究会編の化学実験書[2]をもとに工夫した。生徒用実験プリントを次のようにした。

＜凝析＞　8本の試験管に、表のA欄のように水酸化鉄(Ⅲ)コロイド溶液と精製水または、ゼラチン溶液をよく混合しておけ。次に№2～№8の試験管にB欄の電解質溶液各2 mlを加えて振り混ぜ静置せよ。№1と比較し濁りのあるものを調べよ。

	A			B		結　果
No.	$Fe(OH)_3$コロイド溶液	精製水	ゼラチンコロイド溶液	電解質水溶液	2 ml	
1	2 ml	3 ml				
2	2	1		0.0005mol／l	Na_2SO_4	
3	2	1		0.005	Na_2SO_4	
4	2	1		0.05	Na_2SO_4	
5	2	1		0.5	NaCl	
6	2	1		5	NaCl	
7	2		1 ml	0.05	Na_2SO_4	
8	2		1	0.5	Na_2SO_4	

電解質水溶液を滴下させ、滴下量と濁りの関係を判断するのはむずかしい。電解質の濃度を変えて一定体積ずつ加えて静置すると、電解質の濃度の差をつけることが容易にでき、結果は大変明らかである。№3、4、6のみが凝析し、①～④の考察に十分使用できる。なお、ゼラチンコロイド溶液は0.5%濃度のものであり、水酸化鉄(Ⅲ)コロイ

ド溶液2 mlに対して0.4ml以上加えれば保護作用をするが､安全のため余分に加えている。

⑵ 電気泳動

U字管を用いての電気泳動については、100V、50分間で水酸化鉄(Ⅲ)のコロイド界面が1.5㎝明確に移動する東京都理化教育研究会化学部会の方法[9]がある。前記大阪府の実験書では、それよりずっと簡単に泳動されるベレンスのコロイド溶液を用いている。この大阪の方法の問題点は、電極をコロイド溶液中に入れるため、陰極に$Fe(OH)_3$と思われる析出物が着き、また､青いコロイドの界面が退いたあとにうすい赤褐色の溶液が陰極付近に残ることである。低電圧で短時間に泳動できるベレンス[10]を用いて工夫した。

東京の方法で解決することもできるが、生徒実験としては操作が複雑すぎる。コロイドの濃度をうすくして行えば、析出物は気にならなくなるが、界面の移動というより、陰極付近の色が抜けるという感じになる。

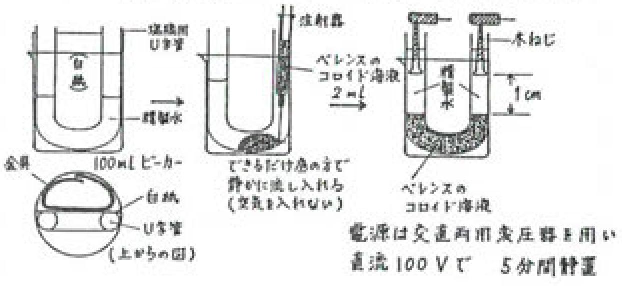
ベレンスのコロイドの泳動のされやすさを利用し、極板付近を精製水として、その下にコロイド溶液の界面を作れば電気泳動は短時間で明瞭に実験できる。水の下にコロイドの界面を作るには、使い捨てタイプの細い注射器（1 ml用）に針をつけて注ぎ入れる。空気泡を出すこともなく、器具の出し入れの際の界面の乱れも少なく、ピストンを押したときだけゾルが流れ出し、押し方により流出の速さも自由にできるから、意外にうまくいく。注射器はテルモシリンジ（ツベルクリン用）を、針は26㎜型を用いた。

電極とコロイド界面との距離が近い程、泳動は速いが、極板付近で出る熱による対流の影響を受け界面が乱れる。その影響を除くには極板から1㎝程離す必要がある。

小さいU字管の支持は、ブリキで作った金具の弾力を利用してビーカー中に保持すると楽にできる（下図参照）。

界面に対する電極の面積が広い方が、泳動も速く、界面の乱れもなくシャープに移動する。U字管（内径10㎜）に入る最も大きな頭をもつ木ねじ（頭の直径9㎜）を電極とした。生徒用実験プリントは次のようにした。

＜電気泳動＞ 0.01mol／l $K_4[Fe(CN)_6]$ 2 mlに、0.01mol／l $FeCl_3$ 2 mlを加えてよく混ぜてベレンスのコロイド溶液をつくれ。下図のように操作し、コロイドが陽極、陰極のどちらへ移動するか観察せよ。



直流100Vで5分間（20Vで15分間）で陽極側は青くなり、陰極付近は無色透明で、陰極側の界面は平らで、下方に5㎜程下がる。ゾルの注入を生徒は苦もなくやった。

コロイド溶液作り・透析・チンダル現象・凝析・電気泳動を組み合わせて、高2の生徒に50分の授業内で実験させたが、結果も明瞭であり、考察に十分使用できた。

Ⅲ. 金属の酸化の定量実験

定比例の法則を導くための定量実験には、鉄・マグネシウム・銅などがよく用いられている。酸化の方法は、用いる金属によって多少異なる。鉄の場合、硬く丸めたスチールウール球をガスバーナーで加熱して酸化させる。マグネシウムと銅の場合は、それぞれの粉末をステンレス皿に広げ、下から加熱する方法がとられている。

定比例の法則を導くためには、金属の質量とそれと結びつく酸素の質量との間に比例関係があることを示せばよい。すなわち、もとの金属の質量をX（g）、その酸化物の質量をY（g）とすれば、金属と化合した酸素の質量は、質量保存の法則よりY−X（g）である。よって実験操作としては、加熱と２度の質量測定だけであるから比較的簡単である。ところが、横軸に金属の質量、縦軸に酸素の質量を取ってグラフ化すると、なかなか教科書のようなグラフにならず、生徒のデーターを使って授業を展開することが困難な場合が多い。

そこで、生徒が求めた実験データーのばらつきを調べるために、酸化による質量増加率（Y/ X）を求め、この値について推計学的検討をおこなった。なお対象の生徒は、本校中学37期生 160名（40班）、40期生 162名（40班）、41期生 162名（40班）である。

⑴ 生徒の実験データーと平均値の有意差の検定

本校では、鉄の酸化は中１で、マグネシウムと銅の酸化は中２で実施している。生徒実験で使用している天びんは、石田製自動上皿天びん（使用範囲１ g〜50 g、最小目盛り 0.05 g）である。各学年の実験データーから質量増加率を求め、更にその平均値（m）標準偏差（s）、不偏分散（V）を計算した。

㈠ 鉄の酸化

表１　41期生（昭和62年）

組＼班	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1.28	1.21	1.19	1.17	1.23	1.07	1.21	1.25	1.26	1.15
B	1.10	1.14	1.41	1.22	1.20	1.20	1.30	1.38	1.33	1.28
C	1.08	1.19	1.31	1.34	1.30	1.33	1.07	1.15	1.22	1.21
D	1.17	1.14	1.19	1.17	1.20	1.25	1.21	1.25	1.06	1.15

$m=1.21$　　$s=8.30\times10^{-2}$　　$V=7.06\times10^{-3}$

表２　40期生（昭和61年）

組＼班	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1.08	1.21	1.19	1.28	1.25	1.18	1.14	1.19	1.17	1.30
B	1.25	1.24	1.19	1.28	1.18	1.20	1.21	1.20	1.22	1.24
C	1.13	1.21	1.26	1.51	1.05	1.00	1.11	1.13	1.22	0.70
D	1.08	1.04	1.13	1.22	1.10	1.17	1.14	1.13	1.11	1.05

$m=1.17$　　$s=1.16\times10^{-2}$　　$V=1.37\times10^{-2}$

使用した鉄（スチールウール）は日本スチールウールＫＫの№０であり、質量は 0.6g 〜1.0gの間で班ごとに変えた。質量増加率の理論値は、酸化生成物をFe_3O_4と

考えると1.38となり、Fe_2O_3と考えると1.43となる。全体的に生徒のデーターは、これらの値よりもはるかに小さい。また、表２のＣ組６班とＣ組10班のデーターは、明らかに測定の誤りがあったものと思われる。41期生と40期生の実験データーの平均値に0.04の差があるので、平均値のｔ検定をおこなうと、$t=2.062$となった。これは、５％水準で有意差があるということになる。一般に、危険率５％以下ならば差が認められることになっているから、この場合は差があると言ってよい。また後でくわしく検討するが、不偏分散の値も大きく、データーにはかなりばらつきがある。

(イ) マグネシウムの酸化

表３　40期生（昭和62年）

組＼班	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1.62	1.58	1.57	1.61	1.67	1.80	1.64	1.58	1.62	1.64
B	1.58	1.58	1.64	1.48	1.36	1.61	1.58	1.52	1.61	1.72
C	1.60	1.78	1.66	1.66	1.58	1.54	1.56	1.76	1.59	1.68
D	1.70	2.23	1.60	1.50	—	1.58	1.53	1.50	—	1.59

$m=1.62$　　$s=1.30\times10^{-1}$　　$V=1.72\times10^{-2}$

表４　37期生（昭和59年）

組＼班	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	2.00	1.53	1.60	1.96	1.71	1.50	1.83	1.70	1.71	1.57
B	1.40	1.83	1.80	1.54	1.65	1.63	1.83	1.72	1.61	1.69
C	2.10	1.73	1.60	1.60	1.64	—	1.27	1.88	1.64	1.73
D	1.80	1.47	1.15	1.68	1.67	1.57	1.66	1.70	1.66	1.84

$m=1.67$　　$s=1.77\times10^{-1}$　　$V=3.23\times10^{-2}$

使用したマグネシウムは片山化学ＫＫの粉末で、質量0.5g〜1.4gの間で実験を実施した。40期生と37期生とも質量増加率の平均値は、理論値の1.66とよく一致している。また、理論値に比較的近いものも多い。しかし、表３のＤ組２班や表４のＡ組１班、Ｃ組１班のように明らかに測定に誤りがあったと思われるデーターもある。なお、表３のＤ組５班と９班、及び表４のＣ組６班は、質量測定前に酸化生成物を皿からこぼしたため結果を出すことができなかった。マグネシウムの場合も、鉄のときと同様平均値0.05の差がある。ｔ検定をおこなうと、$t=1.375$となり、これは20％水準で有意差があるということになる。よってこの場合、40期生の平均値と37期生の平均値の間に差があるとは言えない。しかし、不偏分散の値が大きく、鉄の酸化同様データーのばらつきは大きいように思われる。

(ウ) 銅の酸化

表５　40期生（昭和62年）

組＼班	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1.20	1.20	1.20	1.25	1.24	1.23	1.22	1.18	1.24	1.21
B	1.40	1.05	1.27	1.18	1.17	1.19	1.18	1.20	1.19	1.15
C	1.40	1.23	1.20	1.20	1.31	1.25	1.25	1.18	1.12	1.17
D	1.28	—	1.17	0.99	1.24	1.10	1.16	1.16	1.15	1.14

$m=1.20$　　$s=7.46\times10^{-2}$　　$V=5.72\times10^{-3}$

表６　37期生（昭和59年）

組＼班	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	1.30	1.03	1.40	1.16	1.15	1.14	1.36	1.17	1.19	1.18
B	1.20	1.10	1.18	1.42	1.30	1.24	1.35	1.23	1.17	1.09
C	1.25	1.20	1.10	1.44	1.15	1.17	1.16	1.19	1.16	1.18
D	1.10	1.17	1.15	1.26	1.22	1.23	1.16	1.17	1.25	1.27

$m=1.21$　　$s=8.98\times10^{-2}$　　$V=8.28\times10^{-3}$

使用した銅は、三津和化学工業ＫＫの325meshの粉末で、0.5g～1.4gの間で班ごとに質量を変えた。40期生と37期生の平均値はよく一致しているが、理論値1.25よりはやや小さくなっている。これらの平均値は、ｔ検定において、$t=0.383$となり、80％水準で有意差があるということから、ほとんど差がないと考えてよい。また、表５のＤ組４班のように、明らかに測定に誤りがあったと思われる班もあるが、鉄やマグネシウムに比べると不偏分散も小さく、比較的ばらつきは小さいと言える。

⑵　生徒の実験データーのばらつきの検定

金属の酸化の定量実験を用いて定比例の法則を導くには、実験データーの平均値が理論値に近いことが大切ではあるが、それ以上にデーターのばらつきが小さいことが重要である。そこで、ばらつきの程度を比較するために、３種類の金属についてそれぞれＦ検定をおこなってみた。鉄の場合、41期生と40期生とでは$F_0=1.941$となり、2.5％水準で有意差が認められる。マグネシウムの場合、40期生と37期生とでは$F_0=1.876$となり、５％水準で有意差がある。しかし、銅は、40期生と37期生とでは$F_0=1.448$で、これは危険率５％以下においては差は認められない。よって、37期生、40期生、41期生の実験技術がほぼ同じ程度であると仮定するならば、鉄と銅の酸化実験においては、何か測定誤差以外の要因で、ばらつきが生じているものと考えられる。

次に、40期生の実験データーを用いて、３種類の金属間でＦ検定をおこなってみた。不偏分散の最も大きいのがマグネシウムであり、最も小さいのが銅である。マグネシウムと鉄とでは$F_0=1.256$となり、危険率５％以下においては差は認められない。しかし、鉄と銅とでは$F_0=2.398$で、これは１％水準で有意差があることになる。このことより、鉄とマグネシウムの実験データーのばらつきが大きく、ばらつきの小さい銅との間には明らかに差があることがわかる。

(3) 天びんの検討

実験データーのばらつきの中で、天びんによる誤差がどの程度か検討してみた。次の表7は、現在生徒実験で使用している自動上皿天びん（オイルダンパー使用）で30gの分銅（電子天びんによると質量30.009g）を測定したものである。表8は、最近購入し

表7

天びん番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
測　定　値	30.02	30.03	30.04	30.03	30.03	30.02	30.05	30.04	30.04	30.02	30.03

$m=30.03$　　$s=9.36\times10^{-3}$　　$V=9.64\times10^{-5}$

表8

天びん番号	1	2	3	4
測　定　値	30.01	30.00	30.01	30.02

$m=30.01$　　$s=7.07\times10^{-3}$　　$V=6.67\times10^{-5}$

た同じ型の自動上皿天びん（マグネットダンパー使用）で測定した結果である。表7の平均値は、30.03gで実質量よりも0.02g多くなっている。それに対し、表8の平均値は、ほぼ実質量と一致している。両者の平均値のt検定をおこなうと、t=3.946であり、2%水準で有意差があった。しかし、F検定では、$F_0=1.445$であるから、ばらつきに差があるとは言えない。

(4) まとめ

鉄の酸化反応の実験は、中1で実施しているために、生徒の実験技術、特に天びんの操作の未熟さによってばらつきが大きかったと考えられる。さらに、平均値が理論値よりはるかに小さいことから、燃焼が充分でなかったと思われる。鉄の場合、酸化生成物がFe_3O_4とFe_2O_3の2種類あり、教材としては取り扱いにくいものであるが、伊藤・田村共氏によるグーチルツボ法は[6]参考に値する。

マグネシウムの酸化反応の実験では、平均値は理論値とほぼ一致しているが、ばらつきが大きくなっている。マグネシウム粉末をステンレス皿の上で酸化すると、酸素が不充分となり、酸化物以外に窒素化合物もできる。窒素化合物には、アジ化マグネシウム$Mg(N_3)_2$と窒化マグネシウムMg_3N_2が知られている。$Mg(N_3)_2$ができれば、MgOよりも質量が増すが、Mg_3N_2では質量が減少する。また、マグネシウムリボンを用いて、充分に酸素が供給されるような条件下では、酸化生成物が煙となって大量に逃げる。以上のようなことが原因となってばらつきが大きくなっているのではないかと考えられる。

銅の酸化反応の実験では、平均値は理論値よりやや小さいが、ばらつきが他の金属よりはるかに小さい。平均値が理論値より小さいのは、銅の粉末の内部まで充分酸化が進んでないからだと考えられる。

以上のことより、定比例の法則を導くためには、銅の酸化の定量実験が最も適していると考えられる。しかし、質量増加率は、筆者の実験によると1.21であり、350meshの新しい銅粉を使っても結果は変わらなかった。よって、生徒の実験データーの中で、質量増加率が1.21以上になっているものは、天びんの器機誤差及び生徒の測定誤差が原因

であると考えられる。

Ⅳ. おわりに

コロイドの電気的性質の実験の工夫に関しては、アナログ的な溶液の加え方をデジタル的な加え方にすることにより、また、より便利な器具を使用することにより、従来より明瞭でかつ再現性のある結果が出るようになった。また、金属酸化の定量実験に関しては、新しい実験方法の開発はできなかったが、生徒に定量実験をさせる場合の問題点が明らかになった。我々は、自分で予備実験をしてみて、期待どうりの結果が出ると、生徒も同じような結果を出してくれると考えがちである。やはり、生徒の出した結果を常に検討しながら教材を改善していかねばならない。

定性実験は、生徒はその時に感動し、定量実験は、後日データーを処理してから感動する。そのような感動を生徒に体験させ、より化学に興味をもたせるためには、できるだけ操作が簡単で、定量実験なら規則性が明確に表れるもの、定性実験なら結果が明瞭であり再現性のあるものが必要になる、今後もこのような観点から、実験の工夫を続けていきたいと思う。

参 考 文 献

1）桜井　寛・井野口弘治・岡　博昭　本校研究集録　25（1982）～29（1986）

2）大阪府高等学校理化教育研究会編　化学実験書　昭和62年4月　再訂版

3）東京都理化教育研究会化学部会　日本化学会誌　化学教育　34、320（1986）

4）三原恕・井田誠夫　昭和58年度日本理化学教会新潟大会研究発表資料集　P.183

5）伊藤信良・田村仁　日本化学会誌　化学教育　33、260（1985）

呼吸教材の取り扱い

──中学校を中心として──

大仲政憲（おおなかまさのり）　濱谷巌（はまたにいわお）

1. はじめに

小・中・高校の生物教材の中でも、「光合成」に並んで取り扱いの困難な内容として「呼吸」教材があげられる。この分野の学習において、生徒達に、ともすれば抽象的な知識を押しつけるだけに終ってしまいがちになるのが現状ではないだろうか。参考までに、指導要領を調べてみると、小学校では、「人は、肺で酸素を取り入れ二酸化炭素を出すこと」、中学校では、「生物は、有機養分をもとにして呼吸しており、高等動物では、外界とガス交換をするつくりが発達していること」、高等学校では、「呼吸に関連して解糖の経路、ＴＣＡ回路、電子伝達系などを扱う場合、それらの存在に触れる程度にとどめること」となっている。小学校の段階では、いわゆる「息をする」（外呼吸）、中学校、高等学校になると「有機養分からエネルギーを取り出すしくみ」（内呼吸）を学習することになる。日常生活で単に「呼吸」というと「息をする」という意味で使われているが、中学校以後になると「エネルギー」ということが主体になってくる。従って、小学生から中学生になると、呼吸に対する理解の転換が必要になってくる。

従来の中学校での実験では、二酸化炭素の発生については、ダイズの発芽種子や木の葉、コウボキン、熱（エネルギー）の発生についてはダイズの発芽種子を用いるなど、どちらかというと一貫性のない材料を扱い、生徒にとっては関連性を把握しにくい傾向にあったように思われる。また、指導要領に唱われている、有機養分を消費することを実験的に調べることが殆んどなされていないのが実状である。このようなことから、呼吸による二酸化炭素の発生・熱の発生・有機養分の消費について、コウボキンを用いることにより一度の実験で調べる方法を考案した。本稿ではこのことを中心にして、児童・生徒が呼吸に対してどのような認識をもっているかについても、アンケート調査を踏まえて報告する。

2. 指導計画

本校は創立以来、中・高６ケ年一貫教育をとっており、理科では「中・高６ケ年を通じて、発達段階に応じた系統的な理科学習指導」をテーマに研究を続けている。生物科においてもその主旨で昭和59年に発表したカリキュラムに従って、日常の教育活動を続けている。

中学校の「呼吸」の指導については、全４時間を目標にして行っている。その展開については次の通りである。

第一次　生きている細胞

・「細胞が生きていると判断するのは、どのような現象がみられるときか。」

（アンケートの実施）

・細胞が生きていることの判断基準について考える。
・原形質流動の観察（カナダモ）——湯につける。

第２次　呼吸していることの事実

・呼吸とは、どういうことかについて考える。
・肝臓（ニワトリ）ともやしを用いて、二酸化炭素が発生することを実験により調べてみる。

第３次　コウボキンの呼吸

・ＢＴＢ溶液の色の変化——→二酸化炭素の発生
・温度の上昇——→熱（エネルギー）の発生
・ブドウ糖量の減少（尿糖試験紙による）——→ブドウ糖の消費

第４次　呼吸についてのまとめ

・呼吸とは、栄養分を分解して生きるためのエネルギーを得るはたらきであること。
・外呼吸と内呼吸
・呼吸に使われる栄養分——有機物
・有機物と無機物

3．展開の内容について

呼吸についての指導を行う前に、Ｉ．細胞の構造と機能、Ⅱ．葉の構造と機能、Ⅲ．茎の構造と機能、Ⅳ．根の構造と機能というタイトルで指導を行っている。また、これらの展開の中で、タマネギやほおの粘膜の細胞、カナダモの細胞、インドゴムノキの葉の断面、ホウセンカの茎の断面の顕微鏡観察を行い、スケッチもさせている。これらのことを踏まえて、生徒達が細胞が生きているということをどのように把握しているかについて、前もって次のようなタイトルでアンケートを行った。調査したのは81名で、数値は%をあらわしている。

・細胞が生きていると判断するのは、どのようなときか。できるだけたくさん書きなさい。（①、②として箇条書にしなさい。）

1．細胞が動いている。（原形質流動をしている。）　60
2．細胞がふえている。（細胞分裂をしている。）　58
3．呼吸してい。　49
4．気孔が開閉している。（蒸散作用をしている。）　17
5．葉が緑色をしている（光合成をしている。）　12
6．後形質がつくりだされている。　10
7．液胞が大きくなっていく。　6
8．色など、そのものの生きているときの状況とくらべる。　4
9．茎に水が流れているかどうか。　4
10．細胞膜が破れていない。　2
11．植物が枯れていない。　2
12．茎がのびる、またはふとる。（成長する。）　2
13．形がはっきりしている。　2
14．血液が流れている。　2

15．細胞本来の形をしている。　　　1

16．核がある。　　　1

17．水や養分がたくさん行きかっている。

18．髪の毛がのびる。　　　1

この調査結果を生徒達に提示して、細胞が生きていると判断できる基準について考察を行った。まず、約半数以上の者がその基準としてあげている3つのうち、「細胞が動いている」とはどういうことかについて意見を求めた。この解答が出された背景には、細胞の構造の学習時に、カナダモの細胞内で葉緑体が動いていたという感動がある。彼らにとって細胞内でこのような動きがあることは新鮮な驚きであったようだ。そこで、この動きは環境がかわっても続くものであるのかという疑問から、熱湯につけてみてはどうかということになった。顕微鏡下での動きの様子を再び観察した後、そのカナダモの葉を約 70℃の湯に数分浸し、再度検鏡を行わせた。その結果、葉緑体の動きが全く見られなくなり、このことから、この現象は細胞が生きている時にのみ見られる現象であるということになった。ここで、原形質流動についての説明を補足した。次に、「細胞がふえている」ということについては、生物の成長ということを踏まえて説明を行った。続いて、「呼吸している」ということについての考察を進めた。まず、「呼吸」とはどのようなことを言うのかについて、自分の知っていることを用紙を与えて書かせてみた。その結果をみると、「酸素を吸収して、二酸化炭素を出す。」というのが一般的であったが、中には、「動物は、酸素を吸収して二酸化炭素を出すが、植物は二酸化炭素を吸収して酸素を出す。」と答えている者もあった。このことについては、後で考察することにする。

さて、生物は生きているかぎり呼吸しているということについては、多くの生徒が認める所である。この事を調べる実験として、呼気を石灰水中に吹きこんで白くにごる現象を観察したり、木の葉やもやしをビニール袋に入れておいてその中の気体をやはり石灰水中やＢＴＢ溶液中に通して、呼吸により二酸化炭素が発生している事を調べる方法がとられていた。しかし、現行の指導要領に改訂されてから、多くの教科書で肝臓をＢＴＢ溶液中に浸して、その色の変化から呼吸により二酸化炭素が発生している事を調べる実験がとり上げられるようになった。この実験が行われるようになった背景には、文部省の指導書やその解説書にカエルの肝臓を用いて検証する例があったことに関係があるものと思われる。確かに、この方法によりＢＴＢ溶液の黄変が認められることは事実であるが、果たしてこれで良いのかという疑問がある。試みに、肝臓片をアルミはくでよくくるんで沸とう水中で十分煮たものをＢＴＢ溶液中に浸しても、やはり同じ結果が得られる。この事実から、ＢＴＢ溶液が黄変するのはもともと組織に含まれていた酸性物質に起因するのではないかと考えられる。そこで、ガラス容器にＢＴＢ溶液を入れ、肝臓を浸さずにつるした状態にして容器を密閉してみた。この方法を行うと、やがてＢＴＢ溶液の黄変が認められた。従って、もし肝臓を用いるのであれば直接浸すのでなくつるした状態で実験すべきであると判断したい。呼気を吹きこんだものであれば、そのＢＴＢ溶液を試験管にとって加熱すると溶けていた二酸化炭素が空気中にでていってしまうため液の色は黄色から緑色に変わる。肝臓をつるしておいた場合も同じ結果が得られた。しかし、浸しておいたものでは黄色からの変化がみられなかった。この事実からも、上記の判断の妥当性が考えられる。蛇足になるが、この実験を掲載している教科書では、おしなべて生きたカエルを解剖してその新鮮

な肝臓を使用するとなっているが、必ずしもこの必要はない。筆者は鶏肉店で新鮮な肝臓を購入して実験してみたが、十分反応がみられた。

4．コウボキンを用いた実験

コウボキンは生徒達にとっては余りなじみのないものであるが、パンをつくるときに用いられるものである事を説明すると多くの者はその存在に気づく。普通、家庭でパンをつくるときは乾燥コウボ（ドライイースト）が用いられているようであるが、製パン工場では生コウボが用いられている。今まで、本実験では生コウボと乾燥コウボのどちらかを使用してきたが、最近ではほとんど乾燥コウボを用いている。その理由として、使用に際しての定量が容易であることがあげられる。また生コウボの場合、購入して冷蔵庫で保存しても２～３週間経過すると発酵力が低下してくるが、乾燥コウボでは開缶後、約６ケ月は有効のようである。どちらのコウボを用いても、実験結果にはほとんど違いは認められなかった。

(1) 指導の目標

① コウボキンは呼吸のためにブドウ糖を消費し、同時に熱（エネルギー）が発生することを理解させる。

ブドウ糖が分解してエネルギーを出す反応は、抽象的な内容のため実験的には、指導上困難な面が多い。従来から、砂糖を燃焼させて二酸化炭素や水ができ、熱を発生することなどからの考察も行っていたが、生徒達に十分な理解が得られないことが多かった。このようなことから、本実験ではコウボキンをブドウ糖水溶液中に入れてよくかきまぜ、これを魔法ビンに入れ、その後のブドウ糖量の変化を尿糖試験紙で判定し、同時に温度計によって温度変化も測定させた。この結果をグラフ化することにより、変化の様子を考察させる。

② コウボキンの呼吸により、二酸化炭素が発生することを理解させる。

二酸化炭素の検出には、ＢＴＢ溶液を用いた。溶液の色が黄色になったからといって、すぐにそれが二酸化炭素による結果であるとは判定しがたいが、一応の目安とした。できれば、石灰水を併用する方が、生徒達にとってはより理解が深まるかも知れない。

③ 実験を通して呼吸について理解を深め、実験に慣れさせるとともに、互いに協力して実験し考察をしていく態度を養う。

本実験の装置・操作は、今まで経験したものの中でも少し複雑なものの部類にはいる。しかし、グループ全員で互いに協力することにより実験も可能であることに気づかせたい。また、グループの中で考察をすすめる中で、友人の考えにも耳を傾け同時に自分の考えをまとめていく過程を大切にしたい。

(2) 指導過程

段階	学習事項	生徒の活動	指導者の活動・評価
導入 (5分)	∘前時の復習と本時の学習目標の確認	∘前時の学習内容を想起する。 ∘本時の学習目標を知る。	∘細胞の呼吸により、二酸化炭素が発生したことを確認する。 ∘本時は、コウボキンの呼吸について実験することを知らせる。
展開 (40分)	∘生徒実験の説明 ∘実験の準備 ∘結果の予想 ∘実験 ∘結果と考察	∘実験の方法を正しく理解する。 ∘１班と８班は、ブドウ糖のみであることを知る。 ∘装置を正しく組みたてる。 ∘分担を話し合いで決定する。 ∘結果について、グループ内で話し合う。 ∘個々の操作がどういう意味をもつかを考えながら実験する。 ∘温度はできるだけ正確に測定する。 ∘尿糖試験紙は正しく使用する。 ∘三角フラスコ中の溶液（ブドウ糖＋コウボキン）の変化にも注意する。 ∘温度と糖濃度の結果をグラフ化する。 ∘実験結果を踏まえて考察する。 ∘反省と感想についてもまとめる。	∘コウボキンの呼吸による、温度とブドウ糖量の変化について調べることを説明する。 ∘器具の確認と注意事項等について説明する。 ∘予想することにより、実験に興味を持たせる。 ∘机間巡視により次のことを指導する。 ・互いに協力しているか。 ・温度の測定は一人の者が行い、目の位置に注意しているか。 ・テステープの使用に誤りはないか。 ・魔法ビンのふたの開閉はす早く行っているか。 ∘正しくグラフ化できているか適宜指導する。 ∘いくつかの班に、ＴＰにもグラフ化させる。 ∘仮説を頭において、結果を分析させる。
整理 (5分)	∘まとめ ∘次時の予告	∘コウボキンの呼吸について理解する。 ∘次時に学ぶ事項を知る。	∘コウボキンは呼吸により、ブドウ糖を消費して二酸化炭素と熱を発生することを理解させる。

(3) 実験プリント

コウボキンの呼吸

I．目　的

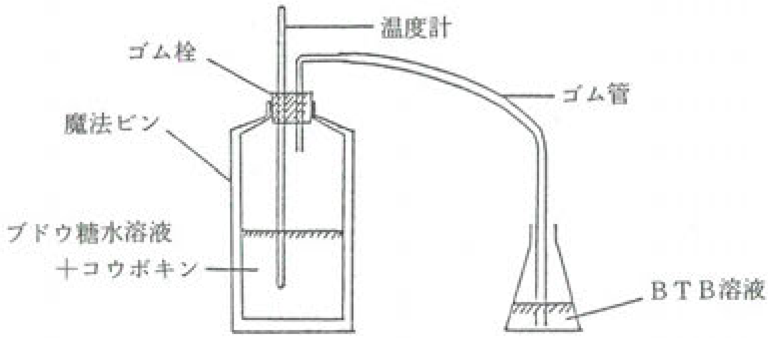
コウボキンの呼吸による、温度と糖濃度の変化について調べる。

II．準備物

コウボキン（ドライイースト）　ブドウ糖水溶液（２％）　魔法ビン　ビーカー
三角フラスコ(2)　ガラス棒　温度計　ルーペ　ゴム栓　ガラス管　ゴム管
尿糖試験紙　ＢＴＢ溶液

III．操　作

1．ビーカーに、約 40℃ のブドウ糖水溶液200cm³とコウボキン20ｇをいれ、ガラス棒でよくかきまぜて溶かす。
2．三角フラスコに、１の液を約30cm³入れる。その後の様子をよく観察する。
3．残りの液を魔法ビンに入れ、図のような装置を組む。



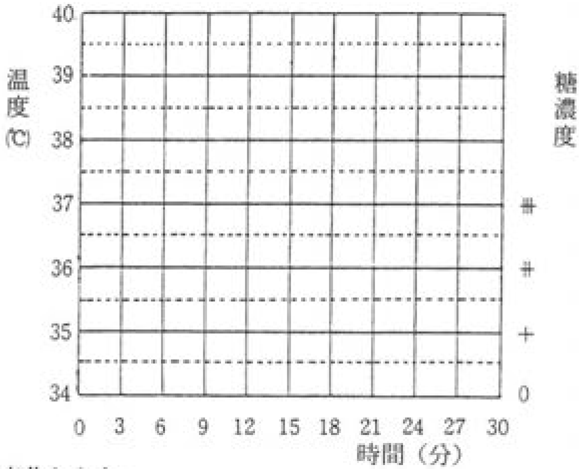
4．最初の温度を記録し、その後３分毎に温度を記録する。また温度を記録した直後にふたをあけて、ガラス棒で中の溶液を軽くかきまぜ、棒についた液を尿糖試験紙の先に少量つけて１分後に判定する。
　　注意 ： ふたはす早くしめておくこと。

IV．実験結果

1．温度と糖濃度の変化

時　間（分）	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
温　度（℃）											
糖濃度											

結果をグラフで表す。



2．ＢＴＢ溶液は、何色から何色に変化したか。

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

3．三角フラスコ中の混合液（ブドウ糖水溶液＋コウボキン）にどのような現象がられたか。

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

Ⅴ．考　察

1．ＢＴＢ溶液の色の変化からわかること。

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

2．グラフからわかること。

① 温度について

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

② 糖濃度について

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

③ ①・②を比較して

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

3．糖濃度が２の②のようになったのは、なぜか。

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

Ⅵ．反省と感想

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

2年　組　番　班　氏名＿＿＿＿＿＿＿＿　共同実験者＿＿＿＿＿＿＿＿

(4) 生徒のレポートより

生徒のレポートから、実験結果・考察・反省と感想をまとめた。

○実験結果

1．温度と糖濃度の変化

図1は、約 40℃ の2％ブドウ糖水溶液（約200㎤）にコウボキン（20ｇ）を入れたときの、時間経過に対する水の温度変化と糖濃度変化を示したものである。また、図2は、約 40℃ の2％ブドウ糖水溶液（約200㎤）のみを入れたときの温度変化を示したものである。

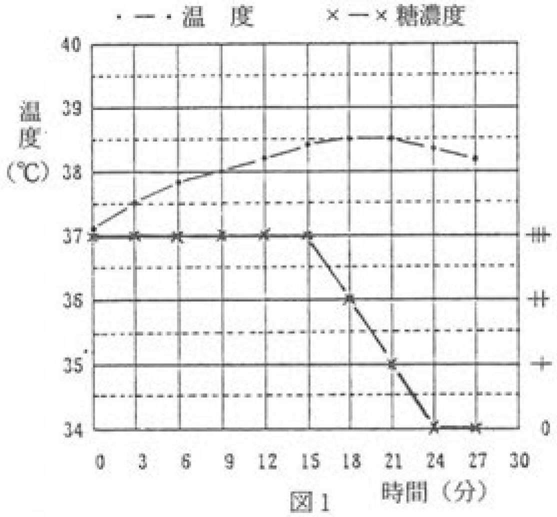


図1

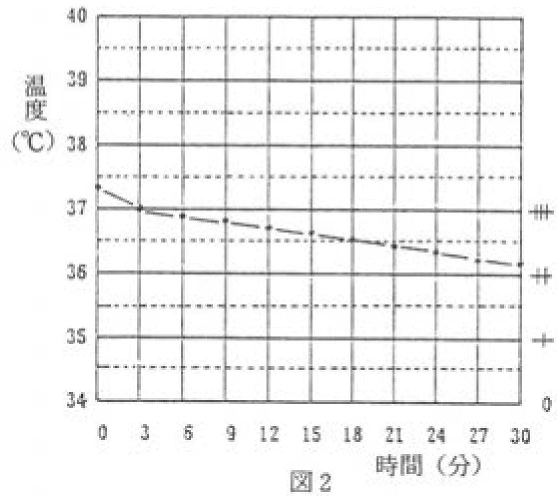


図2

各班の結果をみると、温度の上昇は約1．2～1．8°Ｃであり、糖濃度が０になるのに要する時間は21分～24分であった。

2．ＢＴＢ溶液は、何色から何色に変化したか。

緑色から黄色になった。

3. 三角フラスコ中にどのような変化がみられたか。
- 表面が、あわでかこまれている。
- あわのようなものが、表面にういていた。フラスコに水滴がついてくもっていた。
- 上層にあわ状のもの、下層にはブドウ糖＋コウボキンの混合液。
- 小さなあわが表面にでて、フラスコの壁に大きなあわがでた。
- あわがブッブッでていた。時間がたつとあわがふえる。まん中がもり上がっている。
- まくができている。

○考　察

1. ＢＴＢ溶液の色の変化からわかること。
- 混合液から酸性の気体がでていると思われる。二酸化炭素であろう。
- 二酸化炭素がでてきてそれが水にとけて、中性から酸性になった。
- 二酸化炭がでてきたことがわかる。だから、呼吸しているのではないか。
- コウボキンは呼吸するとき、二酸化炭素をだすのかもしれない。
- コウボキンの出す気体は酸性である。

2. グラフからわかること。

① 温度について
- 最初急に上がり、途中から比例してあがり、糖濃度が0になったとき温度が下がった。
- コウボキンが活動すると温度が上がる。
- 徐々に上がっていることから、コウボキンは二酸化炭素とともに熱を出していることがわかる。
- コウボキンがブドウ糖を食べて熱を出した。
- ブドウ糖がなくなるまで、温度は上昇する。

② 糖濃度について
- コウボキンが活動すると糖濃度は減る。
- ある所までは卌で一定であるが、ある時間からいっぺんに糖がなくなっている。
- コウボキンがブドウ糖を食べたのでブドウ糖がなくなり、濃度は0になる。
- 温度上昇とともに減り、温度が下がるころには0になる。

③ ①、②を比較して
- 温度の上昇とともに糖濃度は減り、温度が最高のとき糖濃度は0になった。
- 糖が溶液中に残っている間は、コウボキンが活動をして温度が上がってきたが、糖がなくなると温度が下がりだした。
- コウボキンが活動するために糖が使われ、温度が上がる。
- 糖濃度が0になるとコウボキンの食べものがなくなり、温度が下がる。
- コウボキンが糖を食べたので糖が減り、温度が上がった。

3. 糖濃度が②のようになったのはなぜか。
- コウボキンがブドウ糖を栄養として活動して、消費したから。
- コウボキンが呼吸するときにブドウ糖を使ったから。
- コウボキンが活動するために糖が使われたから。

・ブドウ糖がコウボキンによって分解されたから。
・おそらく、コウボキンがブドウ糖を食べたと考えられる。

○反省と感想

・コウボキンがブドウ糖を分解して熱を出さなくなったとたんに温度が下がったので、微妙なところまで温度にあらわれるのだと思った。
・反省は、最初よくわからなくてもたもたしたこと。でも後の方はうまくいけた。感想はずい分むずかしい実験で、どうやるのかよくわからなかった。はじめは、ずっと糖濃度が卅のままだから、失敗したのかと思っていたら急に0になってしまった。でもなかなかいいデータだったようでうれしかった。
・ドライイーストは、長い間たったものでもパン生地をつくれば発酵する。乾燥しているとき、コウボキンは何をしているのか? 栄養を与えられないでも生きているのか? また、実験をあのまま続けると死んでしまうのか? コウボキンははじめはただの粒だったのに、栄養を与えると活動するなんてとても不思議だ。
・コウボキンが呼吸していることがよくわかった。コウボキンとブドウ糖水溶液をまぜるとツーンと鼻をつくおみそのきつい臭いがしてくさかった。まわりの班が糖濃度0になったのに、私の班だけなかなかならなくてあせった。
・糖濃度がずっと同じ色だったからなやんでいたが、途中からちゃんと変わっていったので安心した。手順はわりとすっとできたので、スムーズにできた。すごく楽しい実験だった。ふたをあけるたびに、見るのが楽しみだった、コウボキンてすごいと思った。やっぱり生物なんだと思った。

⑸　考　察

実験をはじめるにあたって、どのような結果が得られるかを予想させたが、多くの生徒にとって渡された顆粒状のコウボキンが果たして本当に呼吸するのかどうか半信半疑であったようだ。呼吸するのなら多分二酸化炭素が出るだろう、また、温度も上昇するだろうという見通しは多の生徒がもっていた。実際に実験を始めてみて、魔法ビンの中の様子は十分観察できないものの、三角フラスコ中の様子からある程度は推測していた。実験書を読む限りでは難しそうな実験だなあという感があったようだが、実験を進めていく中で操作に慣れ、果たして結果がどうなるか非常に興味が湧いてきたようである。

実験の途中では、糖濃度と温度変化の関係についてはよくわからないものの、グラフ化してみて両者の関係に新たな驚きを感じている。授業では、いくつかの班に図1のグラフ化前のものをＴＰして渡しグラフ化させた。実験結果のまとめとして、生徒が作成した図1・図2のＴＰを提示し、コウボキンとブドウ糖を混合した場合とブドウ糖のみの場合とを比較させた。実験に時間がかかるため授業ではＴＰの提示のみにし、個々で考察をまとめさせたが、レポートをみる限りではコウボキンによりブドウ糖が分解されたこと、熱（エネルギー）が発生したこと、さらに二酸化炭素が発生したことについては、殆んどの生徒が理解していたようだ。

このことを踏まえて、コウボキンのような単細胞生物と同じく我々多細胞生物も、呼吸により同様の働きを行っていることを理解させたい。また、呼吸とは基本的には個々の細胞の中で行われているものであることへの橋渡しとしても理解させたい。

5．呼吸に関するアンケート

小・中・高校で呼吸について学習した結果、それをどのように理解しているかについてアンケート調査を行った。図3の設問と表1の公立高校のデータは、日本生物教育全国大会における大阪府高等学校生物教育研究会「小・中・高一貫教育研究班」の資料によるものである。なお、表1の中学校3年の公立校と本校のデータは、「光合成」を学習した後の調査によるものである。

図3　植物と動物の呼吸に関するアンケート

次のアンケートに答えなさい。

植物と動物の呼吸について、次のア〜ウから正しいと思うものを一つだけ選び、下の□の中にその記号を記入しなさい。

ア　動物は呼吸しているが、植物は呼吸していない。

イ　動物の呼吸と植物の呼吸は逆である。
　（動物は酸素を吸って二酸化炭素を出すが、植物は二酸化炭素を吸って酸素を出す。）

ウ　動物も植物も、呼吸のしかたは同じである。
　（酸素を吸って二酸化炭素を出す。）

□

表1．図3のアンケート結果

（単位　%）

		公立校				本校			
学年		調査人数	ア	イ	ウ	調査人数	ア	イ	ウ
中学校	1	86	4	87	9	80	0	52	48
	2	85	1	91	8	79	0	53	47
	3	82	1	51	48	77	0	7	94
高校	Ⅰ	142	0	45.1	53.5	90	1	19	80
	Ⅱ	137	1.5	76	24.1	92	2	29	69
	Ⅲ	140	1.4	78.6	18.6	52	0	17	83
教育実習生		33	6	12	82				

6．おわりに

小学校、中学校、さらに高等学校へと進んでいく中で、生徒達は個々の教材をどのように理解し、また日常生活の中で「生きた知識」としてどのように活用しているのだろうか。授業者は、１つの教材を指導した後で彼らがその内容に対して、今までと少しでも違った見方・考え方をもつようになることを期待している。いや、むしろそうでないと教育したことにはならないのではないだろうか。このような考えから、たとえば「呼吸」について学習した者であれば,各発達段階に応じてそれなりの理解をもって自分の体のことを考えて欲しいと望むのは当然であろう。

今回、「呼吸教材の取り扱い」というテーマで研究を進めてきたが、この教材の取り扱い方のむずかしさを改めて認識した次第である。どのような材料で、どのような実験を行えばより生徒の理解が深まるのか。いろいろ工夫して、いざ授業で展開してみると疑問を抱かざるを得ないことも多い。「コウボキンの呼吸」の実験については、過去いろいろな方法を試みたが、結局今回報告した方法が目的とする事柄を理解させるためには最善のものではないかと自負している。しかし、この方法に到達するまでには多くの失敗と工夫を重ねた。予備実験をくり返していく中で、生徒達に少しでも理解が深まる方法という考えのもと、ムダな時間を長々と費やしたこともあった。しかし、その時間を単にムダなものとして終らせないためにも、今後とも努力と工夫を続けていく必要がある。

参考文献

(1) 濱谷　巌・大仲政憲他　(1984)　中学・高校を通した理科カリキュラム　本校研究集録

(2) 文部省　(1978)　小学校指導書理科編　大日本図書

(3) 森川久雄・大塚誠造　(1977)　改訂中学校学習指導要領の展開理科編　明治図書

(4) 石黒浩三・大塚誠造　(1978)　改訂高等学校学習指導要領の展開理科編　明治図書

(5) 朝井勇宣・飫塚　廣　(1972)　現代生物学大系微生物　中山書店

(6) 篠原尚文　(1965)　「発酵作用を調べる」・科学の実験臨時増刊　共立出版

(7) 山極　隆　(1977)　「アルコール発酵の授業を実践して」・理科の教育　東洋館出版

(8) 佐藤脩・矢本恒雄・秋沢一位　(1979)　「中学校第２分野／生物の呼吸について」・理科の教育　東洋館出版

(9) 町田邦夫　(1981)　「呼吸のしくみ、中学校／細胞レベルの呼吸を中心に」・理科の教育　東洋館出版

(10) 山岡　剛　(1982)　「ＢＴＢ液を用いての『呼吸検証実験』について」・理科の教育　東洋館出版

参考資料　　小・中・高校の呼吸教材

以下は、小学校・中学校・高等学校の教科書から呼吸に関するものだけを抜粋したものである。

小学校

4年　◦芽や根が育つとき、いものデンプンが使われる。

5年　たねの発芽　◦たねの発芽には適当な温度・水のほかに空気が必要である。

草木の育ちと土　◦土の中の空気も草木の育ちに役立っている。

6年　わたしたちの体　◦酸素と二酸化炭素の交換は肺で行なわれる。

◦血液は酸素をたくさん含み、毛細管を通る間に、周りに酸素をあたえ、二酸化炭素を受けとる。

◦運動をすると、筋肉で酸素や養分がたくさん使われ、呼吸や脈が速くなる。

中学校

1年　動物の世界　◦魚類はえらで水に溶けている酸素をとり入れて呼吸している。

◦両生類は幼生の時はえらで、成体は肺で呼吸している、

◦ハチュウ類・鳥類・ホニュウ類は肺で呼吸する。

◦ホニュウ類はへそのおを通して、胎児に酸素を送る。

2年　生きている細胞　◦細胞が生きているかどうかは、呼吸しているかどうかをめじるしにする。組織や器官が呼吸しているかどうかを調べる。（例：根・花びら・もやし）

◦生物が呼吸するのは栄養分から生活活動の原動力となるエネルギーを得るためである。

◦細胞の中では栄養分と酸素が結びついて栄養分が分解され、その結果二酸化炭素がでてくる。

◦細胞の呼吸に栄養分が必要なことをコウボキンを使って調べる（BTB溶液とCO_2の反応）。

◦細胞が必要とする栄養分には炭水化物・脂肪・タンパク質がある。

◦葉などでつくられた栄養分は水にとける糖にかえられ、師管を通って各細胞に運ばれ、呼吸などに使われる。

◦気孔から空気がはいり、細胞の間のすきまに広がる。

◦根の細胞も土のすき間や地中の水にとけた酸素を利用して呼吸している。

動物のからだのしくみ　◦細胞は酸素と栄養分を組織液からとり入れ、二酸化炭素などを組織液に出して生きている。

◦血液は組織液に酸素や栄養分をあたえ、組織液から二酸化炭素などをとり除く。

◦ヘモグロビンは赤血球に含まれ、酸素の多いところでは酸素と結びつき、酸素の少ないところでは酸素をはなす。

◦血しょうには、ブドウ糖・脂肪・アミノ酸などの栄養分が含まれている。

◦肺のつくり－－肺胞のまわりを毛細血管がとりかこみ、ここで酸素と二酸化炭素の交換をする。

3年　◦地球上の生物の呼吸に使われる酸素は、おもに緑色植物の光合成によってつく

りだされたものである。

◦植物は昼は呼吸と光合成を行ない、夜は呼吸のみを行なう。

◦呼吸により酸素を使い、二酸化炭素をだしている。

◦光合成でつくられたデンプンは細胞がはたらくためのエネルギー源として使われる。

高　校

理科Ⅰ　◦細胞の構造（ミトコンドリア）

生　物　酸素呼吸　◦解糖系でブドウ糖がピルビン酸になる。

◦ピルビン酸はクエン酸回路で多くの水素を生じ、この水素は助酵素に受けとられる。

◦助酵素にわたされた水素はミトコンドリア内で水素伝達系を経て、最終的には酸素と結合して水をつくる。

◦水素伝達系では特に多量のエネルギーが解放される。このエネルギーはＡＴＰに貯えられる。

◦脂肪やアミノ酸もクエン酸回路にはいり、水素伝達系を経て分解される。

無気呼吸　◦酸素のない状態でも、解糖系の経路によって、ブドウ糖がピルビン酸に分解し、ＡＴＰをつくることができる。

峨眉山への憧憬

Emeishan

── 中国中南部地学巡検の旅（その1）──

浅野 浅春（あさの あさはる）

◎ 中国大陸への旅（その1）

◦中国の地形を概括して下さい。
◦中国では地震や火山活動があるのでしょうか。
◦長江と黄河の源はどこですか。

などと自問しても簡単には答えられない。中国の人たちの生活様式や文化のことになれば、ほとんどなにも知らないと云ってもよい。自慢にはならぬ。数年前、アフリカのケニアやリフトバレー、南ア連邦のキンバーライト鉱山を訪れる前には、自分の中のアフリカは、中学校の社会で習った暗黒大陸のままであったということをアフリカを訪れて初めて認識した。今回の、中国については訪れる前から何も知らないということだけは解っているつもりであった。しかし、訪れたとき、またしても同じ思いであった。印象の残っている間に整理しておかねばならぬ。

1．コース

香港──→広州──→武漢──→宜昌──→成都──→自貢──→楽山──→峨眉山──→昆明──→石林──→桂林──→広州──→香港

1.）成都から自貢へ、自貢から峨眉へ

1982年8月4日、中国に入って6日目、朝7時40分われわれを乗せたバスは成都を出発、一路自貢へ向かって南下する。バスは、自転車の荷台に振りわけ荷物さながらに、大きなたて長の空の竹カゴを二つ積んだ男たちが必死に走るのを横目にどんどんと追い抜いていく（写真1）。信号もない、マナーも悪い運転で、ひやひやしながら、しかし、豊かそうな盆地と丘陵の風物をたのしみながら竜泉山脈に近づく（写真2）。山村の人たちは天秤で、収獲した農作物を満載した竹カゴをかつぎ、道路際に集まってくる。しかし、買い手は全くない。買い手はバスが追い抜いた男たちに違いない。売り手ばかりが道路ぎわをうずめている（写真3）（写真4）。自動車での通行者が停車をして買いに下車する。それで道路は交通渋滞、北京からの通訳氏は「中国人はこのようなところが良くない。他人が後で困ってようがどうしていようが気にしない。けしからん」と嘆く。われわれには停車が長いことは必らずしも困らない。窓を開けて売り手ばかりのところに一元を差し出すと、競争で果実をもってくる。安く買ったのか、高く買ったのか、わからない。こうしている間も売り手は増える。丘陵の道路では、深い谷あいから、見るからに重そうな荷を担いで登ってくる家族が見える。家族全員で登ってくる。年令、身体の大きさに比例して、天秤カゴの中の作物の量が異なる。五つくらいの子供も汗をしたたらせながら運んでいる。こちらでは、毎日の当然のことだろうこの風物が、新鮮

ですばらしく尊く見える。このようにして、一生ここで暮らし、海も見ないで土に還っていくのかも知れない。やがて、小さい町に近ずく、買い手も増えている。しかし成都のような町からの多勢の買い手はない。売れるのだろうかと心配になる。なかに、大きな丼鉢で食事をしながら商売している女性が見える。片手で持っているのではない。小脇にかかえているのだ。鉢に盛り上げた飯の上に具を飯が隠れるくらいにのせている。重たいのだ。片手では持てないのだ。やがて、ほとんど、人の見あたらないところ、即ち山を登り切ってバスは進む。ほっとしながら風景をたのしむ。ジュラ、白亜系の赤色地層や、大規模なケスタ地形が見られる（写真５）。 自貢まではまだまだ、既に６時間も走っているのに。あこがれの峨眉へはまだまだ。


写真１　荷運びは振りわけ？で


写真２　ジュラ・白亜系の茶畑


写真３　桃を運搬してきて、買手の到着を待つ


写真４　唐ガラシを売る

◎　嵯眉山への憧憬

私の峨眉山に対する思いは数年前からである。気高く、美しき乙女のまゆ（峨眉のもつ意）のように見える山、広大な中国にかって「震旦第一」と称された山とはどんな山だろう。道教徒の修行場として、漢代以後は仏教徒の修行場として多くの寺院が建立され、多くの人たちが訪れた山でもある。李白は右にあげた有名な詩を詠んでいる……、とあげていけば、いろいろある。しかし、峨眉山への思いの理由は他にもある。それは峨眉山玄武岩の存在にある。峨眉山を含む地域には古生代の末、２億５千万年程前、日本列島の面積の1.5 倍にも達する玄武岩が溢流した。ここは中国大陸を東西に二分する大構造線が南北に走っているところであり、地震帯でもある。この玄武岩をもたらした火成活動とそれに伴なう造構運動は中生代の環太平洋変動域の造構作用にひきつがれていく性格をもつ。結論を急げば、日本列島形成とも関連するというのだ。日本列島のような変動帯が大陸にもあるというのだ。どのような変動帯なのだろうか。四川盆地は地球の観察にとっても、宝庫なのだ。

峨眉山月　李白

峨眉山月半輪秋
影入平羌江水流
夜發清溪向三峡
思君不見下渝州

しかし、峨眉山への道のりは遠い。

◎四川盆地。

図１は中国の地形である。中国大陸の中央から南よりに四川盆地がある。四川盆地とはどんなところだろう。

（図　1）

図　1　中国の地形(中華人民共和国地図集, 1972; 人民中国編集部, 1975*による)

1. 四川盆地とその周辺の地形

図2は、四川盆地とその周辺の地形を示している。等高線が書かれてあるが、構造線を推定することが目的であるから地域によって書かれている等高線の最低値や最高値は異なる。図中の直線と弓状線は推定構造線（断層線）である。

（図　2）

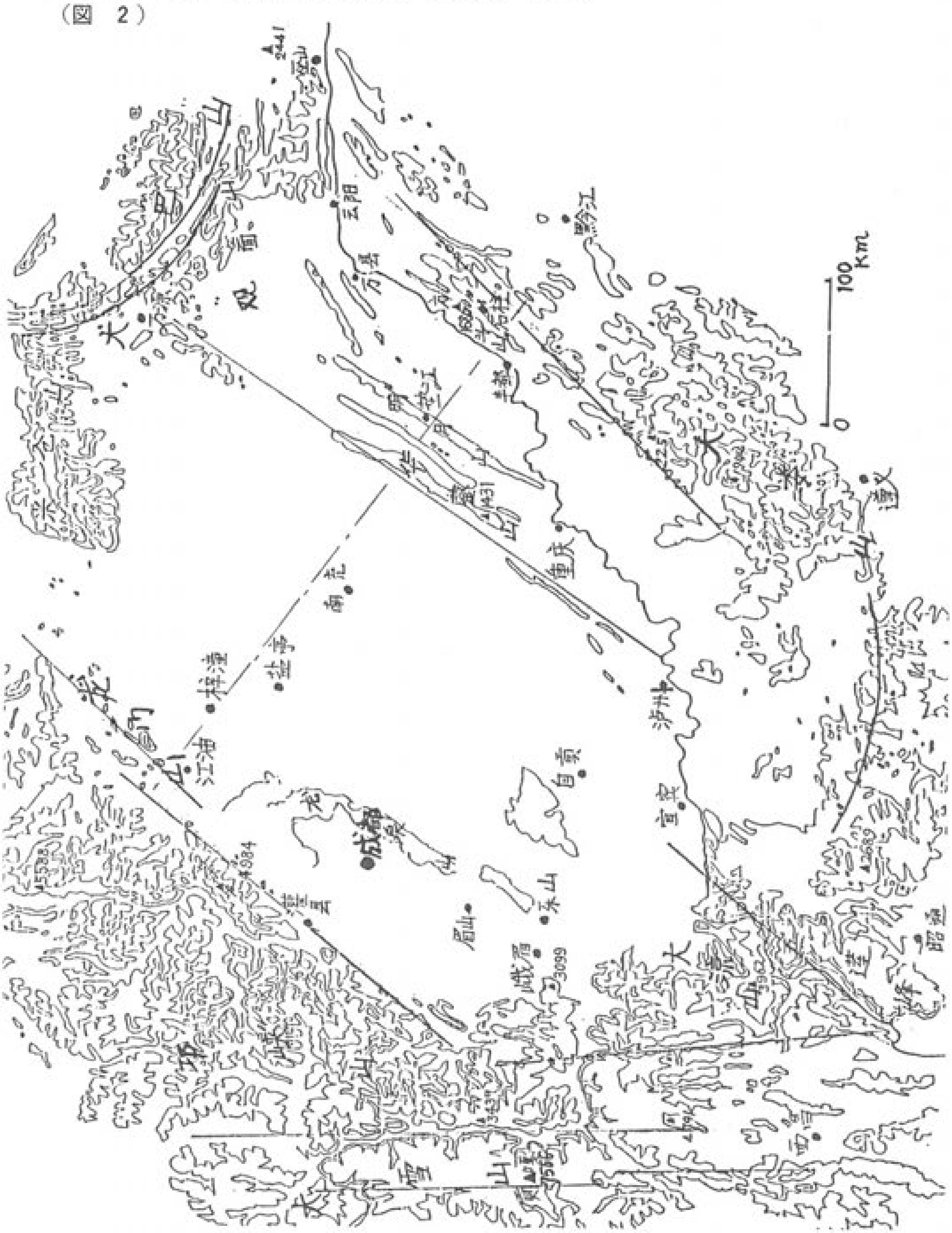
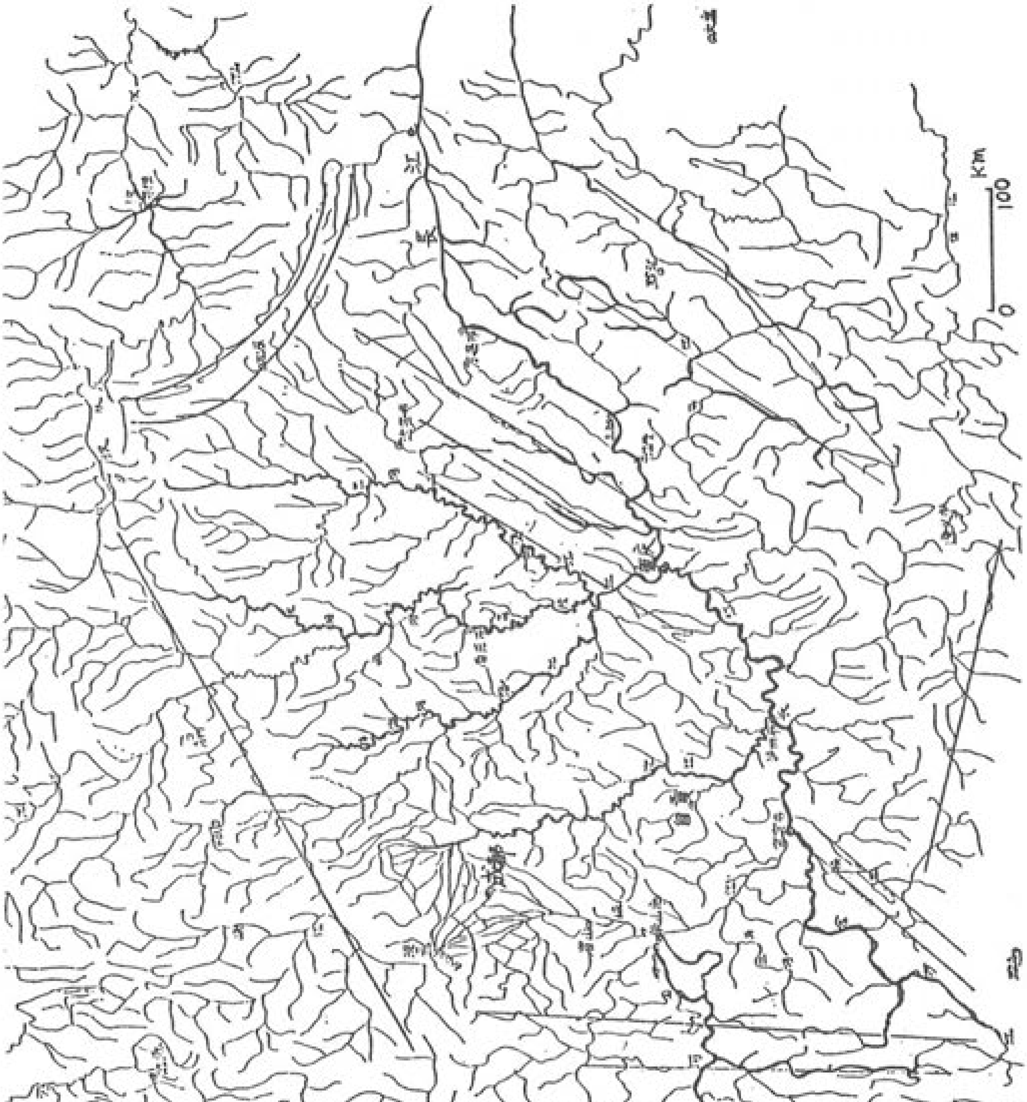


図３は、同じ地域の水系図と推定構造線である。地形から見ても水系から見ても、推定構造線がほぼ一致する。

（図　３）

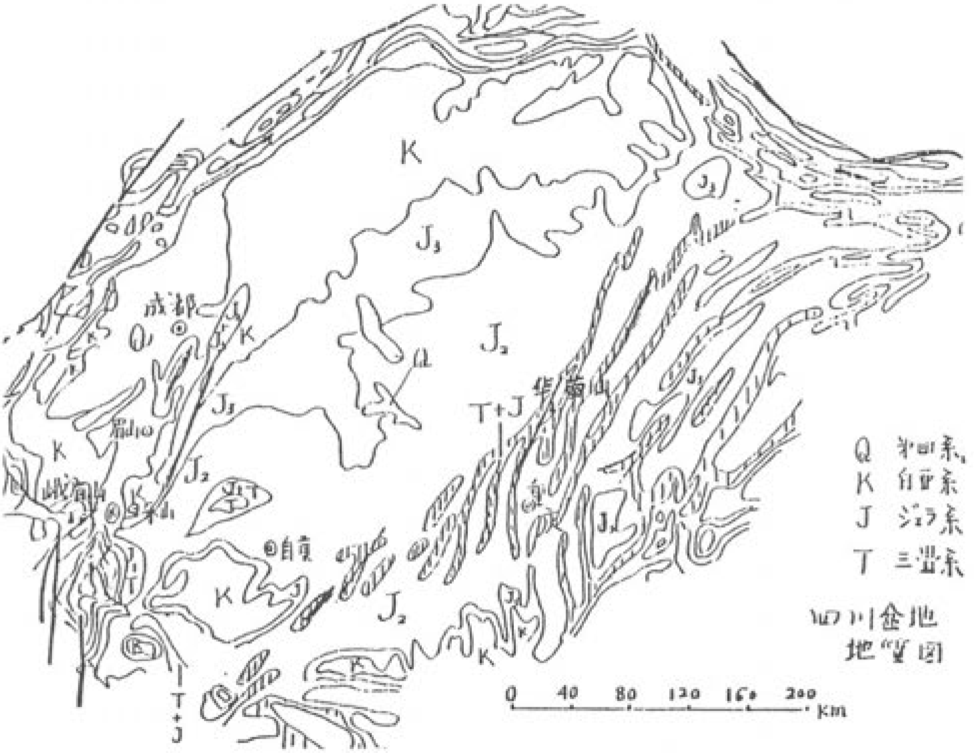


2．四川省と四川盆地の地学的概要

四川省の西部の高原は、川西地区向斜地域といわれる。地殻変動が烈しく起こったところだ。特に、中期三畳紀が強烈であった。後期三畳紀にはフリッシュ堆積物ができた。堆積物の層厚は1万mにも達した。印支変動、燕山変動、ヒマラヤ変動が変成岩や地向斜、地背斜構造をつくり、さらに種々の酸性火成岩をつくった。それらの変動による構造や岩体が、帯状あるいは一群として見られる。

東部は盆地とその周辺丘陵を含む。盆地は豊かな土地である。周囲の山々は北に米仓山、大巴山、南に大涼山、大娄山、西に 邛崍山、龙門山、東に七跃山がある。原生界や古生界はこれらの地域で見られる。盆地では、华蓥山の東で背斜の核部に二畳系と三畳系が見られるが、それ以外は図4の地質図に見られるように、ジュラ系と白亜系の赤色層である。そんなところから、この盆地は「四川赤色盆地」とよばれる。その面積は約15万7千㎢である。

（図　4）

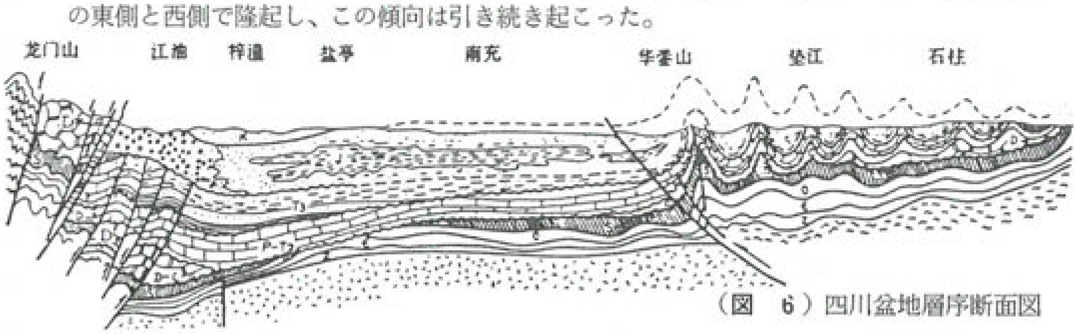


また、盆地は楊子地塊（準卓状地）の準構成単位の一つである。盆地はこの地塊によって南東から力を受け、北東からは中朝地塊によって力を受け、南西からはインド地塊によって力を受けて菱形になっているように見える。

（図　5）

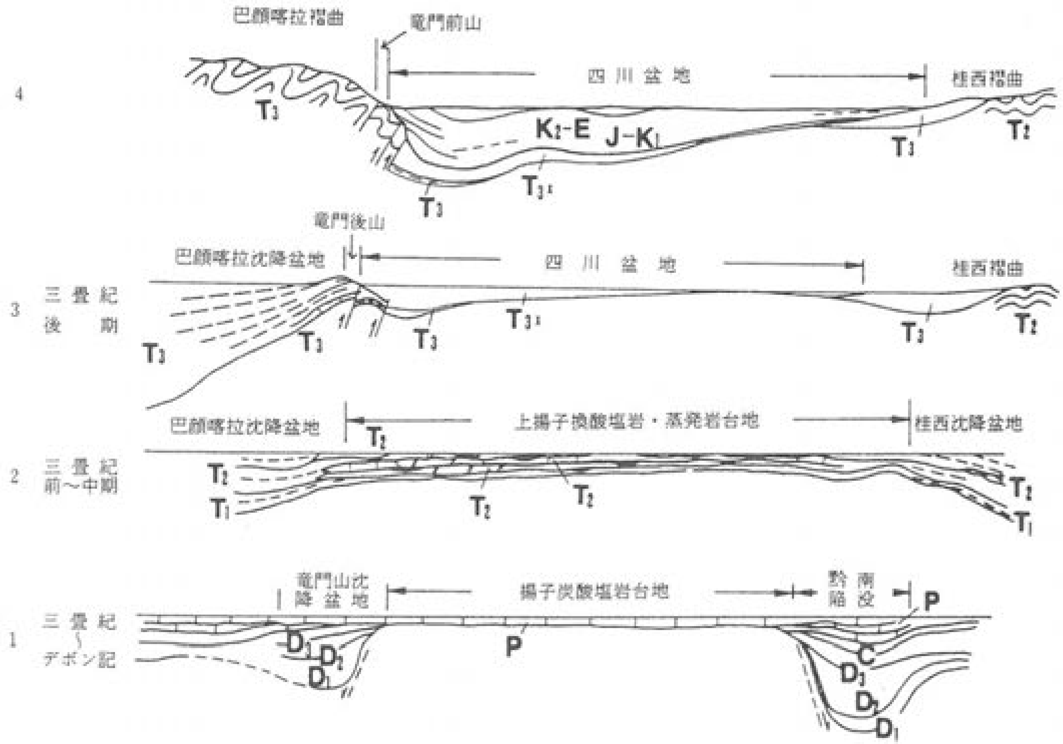
◎四川盆地の地史

四川盆地を構成する地層は後原生界（元古界）の褶曲底盤の上の堆積物である。震旦系から中期三畳系は海洋性で後期三畳系から第三系は陸性であり、全層厚は８千m～１万２千mである。この間にいくつかの造山運動のあったことを示す証拠がある。最初の晋宁（Jining）変動は前震旦系を褶曲し、地層を変成した。この時期以来、この地域には卓状地相が始まったと考えられている。古生代末のカレドニア変動において、上部地層は撓曲し、大きな隆起・沈降を起こした。同時に、ＮＮＥ走向の主断層が次第に活発になり、ブロック断層の傾向も強まっている。この造山運動で、揚子準卓状地の上層部は撓曲し、そこが再び沈降して海底になり、砕屑物の堆積の場となった二畳紀になるまでの間、浸食の場になっており、デボン系と石炭系を欠いている。初期印支（Indosinian）変動（後期三畳紀の始め）も主に撓曲があり、大スケールの隆起と沈降が堆積層に起こった。この期間の隆起～沈降の延伸方向はＮＥである。この時期に揚子準卓状地から海水は退出し、以後大きな海進はなく、内陸湖盆堆積層の場に移った。次の初期燕山変動（白亜紀初め）での撓曲は盆地内部地層で盛んに起こり、上部ジュラ系は浸食により削りとられた。盆地の東側と西側で隆起し、この傾向は引き続き起こった。



（図　６）四川盆地層序断面図

そして盆地の面積は次第に減少していった。初期ヒマラヤ変動では、上部地層は褶曲変形した。図6は、図2中の破線での地質断面図である。図7は古生代から中生代にかけての四川盆地形成過程を示している。



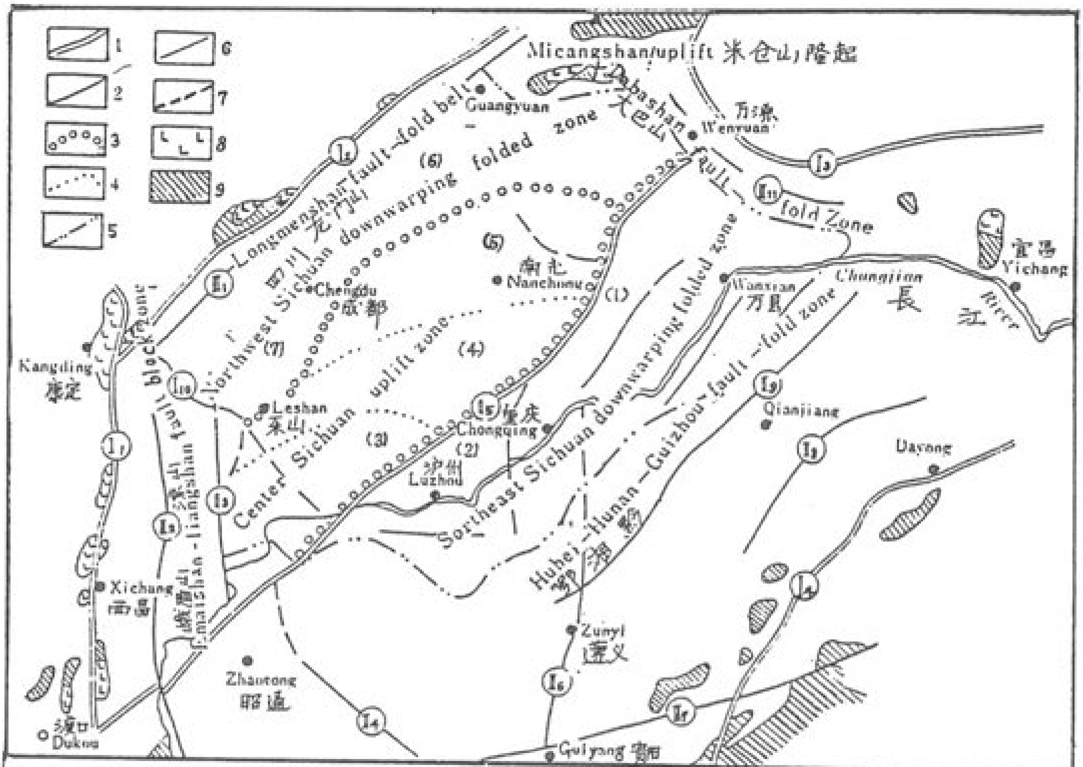
（図　7）四川盆地の形成過程復元図（朱夏，1983）

◎盆地とその周辺の構造

盆地は菱形をした構造堆積盆地である。東部と西部では盆地と周辺丘陵の間にＮＮＥの構造線が境界をなし、北部と南部では同様の境界が曲がってはいるがＷＮＷに走っておりそれらの構造線によって囲まれた盆地は菱形をしているのである。当然であるが、周辺構造と盆地は極めて深い関連をもって発達し、上記したように、盆地の概形は印支変動によって形成され、初期ヒマラヤ変動で大褶曲がなされ、現在の構造形態がつくられた。盆地とその周辺は地史及び構造上以下のように区分できる（図　8）。

1.　盆地内部地域

华蓥山（Huaying shan）背斜帯と龙泉山（Longquan shan）背斜帯を境界として、盆地内部は三つの地域に分けられる。即ち、西川北西凹地（拗陥）帯、四川中央隆起帯、四川南東凹褶曲（拗褶）帯である。



first order(deep fault)

I_1 Anninghe 安宁河
I_2 Longmenshan 龙门山
I_3 Chengkou 城口
I_4 Songtao sandu 松桃三都
II_1 Pengguan 彭灌
II_2 Ganluo xiaojiang 甘洛 小江
II_3 Emei Jinyan 峨眉 金阳
II_4 Yadumashan 垭都马山
II_5 Huayingshan 华蓥山
II_6 Zunyi songpan 遵义 松坎
II_7 Guiyang Zijiang 贵阳 紫江
II_8 Longshan Xiushan 龙山 秀山
II_9 Jianshi Pengshui 建始 彭水
II_{10} Emei washan 峨眉 瓦山
II_{11} Wanyuan.

second order(basement fault)

(1) Southeastern Sichuan 四川 high—foldbelt
(2) Southern Sichuan 四川 low—foldbelt
(3) Ziliujing 自流井 depression
(4) weiyuan—Longnusi 威远 龙女 uplift
(5) Nanchong 南充 slope
(6) Tongjiang 通江 depression
(7) Chengdu 成都 depression

1. First order fault (deep fault)
2. Boundary of 2nd order fault (basement fault)
3. Boundary of 3rd order tectonic elements
4. boundary of 4th order tectonic elements
5. Limit of the Sichuan 四川 Basin
6. Commonly regional fault
7. Infered regional fault
8. Pre—Sinian granite
9. Siniain

（図　8）　四川盆地の地質構造（尤学明原図）

1） 北西凹陥帯 ── 中生代～新生代の間に龙泉山の西側で相対的に陥没地域になった。白亜系、第三系、第四系の分布地域は広く、ＮＥ走向であり、盆地基底は６～11ｋｍである。龙泉山でさらに二つの区域、即ち、成都凹陥帯と梓橦－通江凹陥帯にわけられる。
2） 中央隆起帯 ── ジュラ紀赤色層が広く分布している。ここは古生代～中生代の間に相対的に隆起した。したがって、地層の厚さは西部や東部の半分で、ゆるやかに褶曲しているが断層も、ケイオティックなところも稀である。基底部の深さは隆起部の最高のところで４～５ｋｍ以内である。
3） 南東凹褶帯 ── 华蓥山と七跃山（Oiyao shan）の間に位置する。沈降はジュラ紀以後起こった。基底の深さは７～９ｋｍあり、地表には断層・褶曲帯がＮＥに走り、狭い背斜と広い向斜の様子がわかる。そして、これらの軸部で二畳系と三畳系の露頭となっている。。
2　盆地周辺地域
北西の龙門山断層褶曲帯、北北東に大巴山断層褶曲帯、北に米仓山隆起帯、東南に鄂湘黔断層褶曲帯、西南に峨眉山－涼山断塊帯に分けられる。
1） 龙門山断褶帯 ── 後期震旦紀に沈降し、上部震旦系は変成複合岩類を被っている。カレドニア造山運動によって、いくつかの不整合がつくられているが、傾斜不整合は見られないことから当時は昇降運動が優勢であったことがうかがわれる。後期カレドニア運動の間、上昇した揚子準卓状地は風化浸食される場になった。やがて、この地帯の東側は烈しく沈降し、北東走向の大沈降帯には数ｋｍの層厚のデボン系と石炭系が堆積した。引き続いた沈降で、全揚子卓状地に広がる外海の一部ができた。二畳紀の初めには、東側と西側がつながり堆積の場になった。二畳紀から初～中期三畳紀には、主として炭酸塩沈澱物が堆積した。西部トラフから海進によって形成された初期の地層を除いては、後期三畳紀以来西部に沿って褶曲を始めた。そのため、この時期、龙門山の西は撓曲し、四川盆地と龙門山地域の前面は内陸湖相を呈する新しい段階に入る。この時期の須家河組（Xujiahe formation）は、陸源砕屑物から成っている。後期三畳紀が終るまでに、強い変形作用や変成作用があり、龙門山の西側を中心として褶曲や断層を起こした。
　ヒマラヤ造山運動の間、この地域には衝上断層による盆地に向かう覆瓦構造ができ、いくつかのクリッペン構造（飛来峰）が中～南部にできた。
2） 大巴山断層 ── 背斜・向斜構造をしており、南西側に凸でＮＷに並ぶように褶曲が発達している。ここでの最古の露頭は上部震旦系である。カレドニア造山運動の間、沈降の振幅は北から南に向かって減少し、層厚もその向きに薄くなっている。南秦岭地向斜を伴なうカレドニア造山運動の終りには褶曲が起こり、隆起した部分は浸食されデボン系と石炭系は削られた。二畳紀の始まった頃には再び沈降が起こり、中期三畳紀までには海につながり炭酸塩が堆積した。初期印支（Indosinian）変動の後には内陸湖になり陸成相が堆積した。
3） 米仓山隆起帯 ── 龙門山と大巴山の間にある。主なテラスは漢南（Hannan）にある鷹口崖（Yingzinya）複合岩である。このテラスは前震旦系複合岩体とマグマ性岩体でできている。震旦系からジュラ系が東西走向で複合岩体をとり囲むように露出している。
龙門山や大巴山に比較して相対的に隆起地帯であったので、いくつかの紀の地層は欠落

しているが、主として早期古生界から成っている。この地域は印支変動の後再び隆起した。

4）　鄂湘黔断褶帯——下位震旦系と上位震旦系の両方がよく発達していて層厚5000ｍに達する。デボン系と石炭系はほとんど見られない。ペルム系から中位三畳系に海成炭酸塩が堆積した。印支造山運動の後に湖成相に変化した。ジュラ紀の終りには初期燕山変動による褶曲期があり震旦系から三畳系が変形された。上位白亜系と第三系はこの上に不整合で被っている。なこ、この地方が褶曲山脈になったのはジュラ紀の末である。

5）　峨眉山－涼山ブロック断層帯——盆地の南西部にあってブロック断層構造をしている。 この構造は幾本かの断層によって切られている。堆積岩に加えてマグマ性の岩石が見られる。火山岩は上位震旦系と上位二畳系の中に見られる。断層は大規模でこれがこの地域を特徴づけている。

四川盆地の地層

界	系	統	組	地層付号	年代(百万年)	層厚	岩質	構造運動
新生界	第四系			O	3	0～380	礫・砂・粘土	
	上第三系			N	25	0～300	砂礫岩	-後期ヒマラヤ変動
	下第三系			E	80	0～800	泥岩・砂岩・石こう	初期ヒマラヤ変動 (Himalalayan)
中生界	白亜系			K	140	0～2000	泥岩・泥灰岩・石こウ・底部礫岩	-（四川変動） (Scchuan)
	ジュラ系	上統	逢来鎮組	J$_3$p		650～1400	黄灰色塊状砂岩　紫紅色泥岩互層	-燕山変動 (Yanshanian)
		中統	遂宁組	J$_2$sn		340～500	紫紅色泥岩　細粒砂岩互層	
			沙渓庙組	J$_2$s		600～2800	紫紅色砂岩・泥岩・含化石灰黒頁岩	
		下統	自流井群	J$_1$z	195	200～900	コキナ・灰色頁岩・泥岩・湖成石灰岩※$_1$	
	三畳系	上統	須家河組	T$_3$x	205	250～3000	黒色頁岩・礫及び石灰を含む厚い砂岩	
		中統	雷口坡組	T$_2$l		900～1700	石灰岩・ドロマイト（石コウ含む）	-初期印支変動 (Indosinian)
		下統	嘉陵江組	T$_1$j			石灰岩・ドロマイト（石コウ含む）	
			飛仙関組	T$_1$f	230	200～500	暗紫紅色頁岩・灰緑色泥岩石灰岩互層※$_2$，※$_3$	
古生界	二畳系	上統	来平統	P$_1$		200～500	石灰岩・石炭・頁岩・硅質球状含層・玄武岩	-東呉変動 (Dongwn)
		下統	阻新統	P$_2$	270	200～500	石灰岩・底部黒色頁岩・石炭・砂岩	
	石炭系			C	320	0～500	ドロマイト・コキナ	雲南変動 (Yunnan)
	シルル系	上統		S$_2$	320	50	灰緑色頁岩・極細砂岩	-カレドニア変動 (Caledonian)
		下統		S$_1$		400～900	黒色頁岩・含筆石コキナ	
	オルドビス系			O		252～615	黒色頁岩・石灰岩・砂岩・ドロマイト	
	カンブリア系			∈$_{2-3}$ ∈$_1$	570	220～420 225～900	ドロマイト・泥質ドロマイト ドロマイト・砂泥岩・底部含燐鉱	-桐湾変動 (Tongwan)
原生界	震旦系	上統		Z$_2$		200～1100	ブドウ状・藻類ドロマイト・頁岩・底部氷積層	-澄江変動 (Chengjiang)
		下統		Z$_1$	850	0～400	紫色流紋岩・安山岩・凝灰岩・砂礫岩	
	前震旦系			AnZ			頁岩・千枚岩・大理石・花崗岩	-晋宁変動 (Jinning)

※$_1$：自貢大安地区の湖成石灰岩（写真６）（写真７）
※$_3$：峨眉龙門洞付近の三畳系下統の暗紫紅色頁岩と石灰岩の互層（写真９）
※$_2$：峨眉龙門洞付近の暗紫紅頁岩に見られる漣痕（写真８）

写真 5

三畳系の地層面が畑になる

写真 6

ジュラ系下統の湖成石灰岩の大露頭。

しっくいの原料として採掘している。

写真 7

ここでは子供も働き手
石灰岩を運んでいる

（自貢 大安区）

写真 8　三畳系下統の漣痕

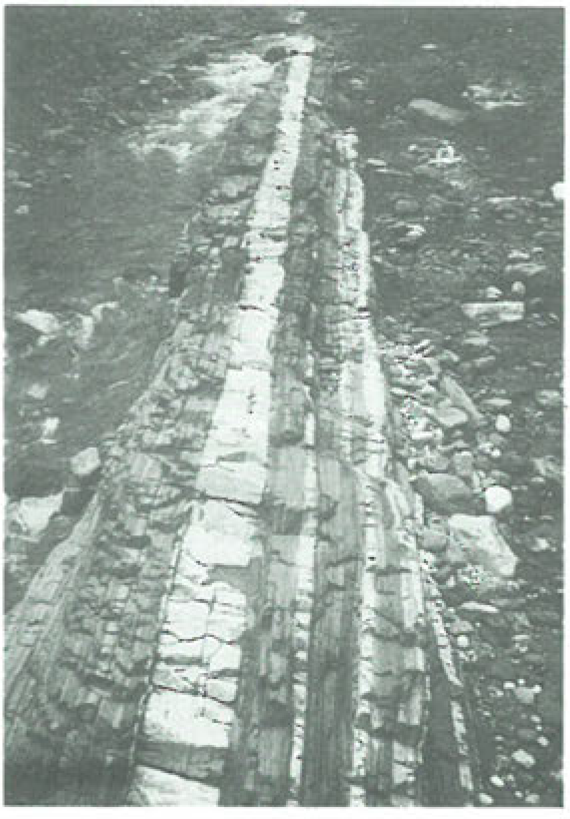


写真 9　三畳系下統の頁岩、石灰岩の互層

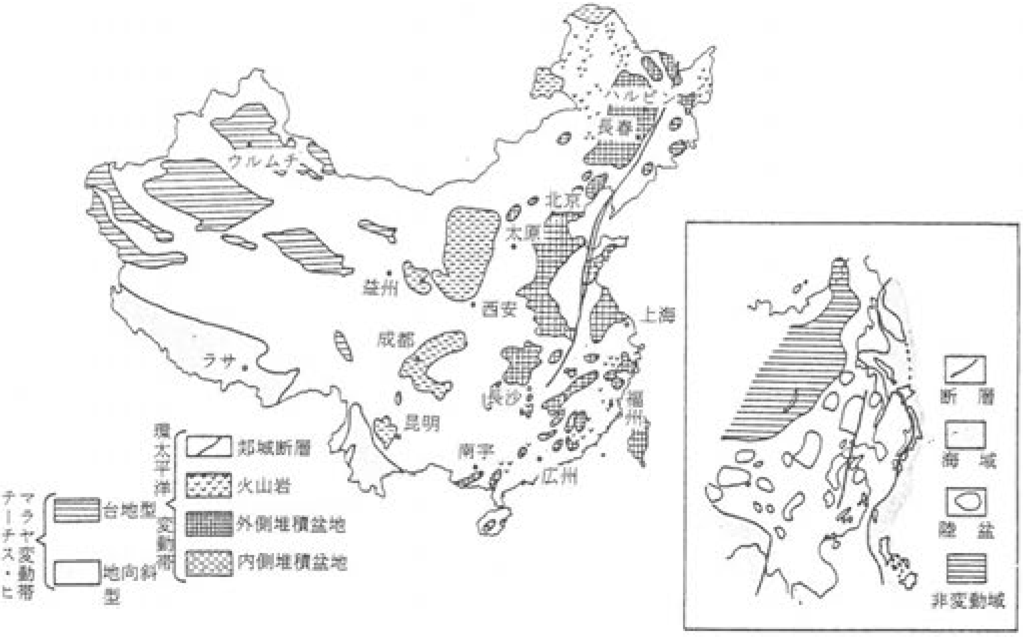
◎四川盆地形成に関する問題

四川盆地は上に記したような変遷の後に生まれたといわれているのであるが、隆起、沈降、撓曲、火成活動といった地学現象の根本原因について解明できるところまでは至っていない。その解明への過程の事実認識に関してもなお未知の部分が多く残っている。以下に、四川盆地形成と関連するいくつかの意見をまとめる。

その1．中国東部の陥没盆地群について

この地域の陥没盆地の発生～発展についての規則性

1） 堆積盆地の発生の時代について――この地帯に最初に現れる巨大堆積盆地は本地域では最西部のもので、北北東～南南西にのびる盆地群である。（第9図）こうした一連



（図　9）極東の白亜紀の地質構造図と古地理図　（傅ほか3名，1980）

の盆地は地表では一部を除き陥没ではなく撓曲である。この盆地はバリスカン地向斜の真上に発生しているものであるが、四川盆地はすでにデボン紀から、周辺よりは沈降度の小さい沈降盆地－相対的隆起―(図7－1））、とくに、三畳紀にその傾向が強まり、（図7－2、3）、ついで、ジュラ紀になって四川堆積盆地が撓曲盆地として著しく落ちこみはじめるのである。（第7図－4）。このことは、中生代の変動は決して中生代になってから突然はじまるのではなく、古生代のかなり前から進行していることを意味する。

2） 撓曲と陥没のちがい―中国東部の最西部には撓曲性の堆積盆地が配列しているが、その東側には、ジュラ紀以後の巨大陥没盆地が、方向は西側と同様に北北東～南南西に配列している。この撓曲と陥没のちがいの現れの原因は、表層部の地層が新しく、可塑性の高い部分に陥没が発生すると、地下では陥没の形成をとるが、地表では撓曲の形式をとり、これに対して、表層部の地層が古くて固結度が高いと、そこには、地表にまで陥

没が生じると考える。四川盆地やオルドス盆地付近は、古生代末まで前代の名残りの沈陥盆地が残っていて、三畳紀になっても地表部はやわらかい地層が残っていたのであろう。

3)　撓曲、陥没における絶対的垂直変動－撓曲～陥没盆地が後背地の基盤に対して、絶対的におちこんだのか、それとも後背地側が絶対的に隆起したのか。これを解明することは地殻変動の解明にとって重要である。撓曲、陥没盆地はともに、もともとの基盤が大きくつきあげられ、そのために生じた水平引張によって割れた岩盤の中央部が絶対的におちこんで生じたものと考えるならば、絶対的な垂直運動は基盤の絶対隆起分と撓曲・陥没による絶対的沈下分の差引で説明しなければならない。

4)　マントルのつき上げで生じた撓曲と陥没――撓曲で生じた四川堆積盆地の地下構造を見ると、堆積盆地下にモホ面がつき上げたように発達している（図10）。このことは、マントル物質の上昇が撓曲・陥没盆地を下からつき上げ、それが原因で、そのような堆積盆地が生じたと考えられる。

5)　巨大陥没盆地と火山活動を伴なう小陥没盆地――巨大陥没盆地のまわりには、火山～深成作用を伴う小型の陥没盆地が数多く発生している。この小型のものは、日本列島の広島変動のそれに似ている。こうした堆積盆地群は、時代をおって西から東へ、そして南西側から北東側へと集中していく傾向がある。つまり、今日の日本海の方向へ集中していくかにみえる。

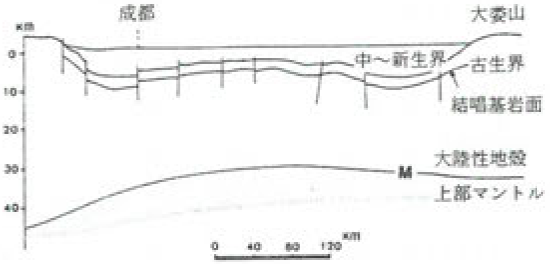


図10　四川盆地の地質断面図（張用夏，1980）

その2.　リフト谷形成と山間盆地の成因について

1)　ベロウソフの造山方式群と山間盆地に関して――造山方式群というものを隆起運動が沈降運動にまさっている運動方式としている。玄武岩時代には全地球的な隆起現象（地球の膨張）が見られるが、大陸域では地殻（または岩石圏）が不均質なために隆起の規模は不均一で、ある場所では山脈・高原を生じ、他の場所では盆地・平野を生じた。しかし盆地・平野といえどもそこは沈降域ではなく、周縁にくらべて隆起量が小さかった地域である。パリ盆地が周辺部にくらべて隆起量が少い山間盆地であるといわれているが、四川盆地も同様の生い立ちをもつのかもしれない。四川盆地の西側は雲嶺急崖で境されており、これは急傾斜のmonoclinal upwardsおよび正断層で形成されており、鮮新世～更新世に12000ftの隆起を行なったという。四川盆地に西隣する青蔵高原の隆起はヒマラヤ山脈の隆起と同時であることは生物地理の立場からも立証されていて、その隆起は汎地球的な人類紀（鮮新地～現在）の隆起の一環である。

2)　山間盆地とリフト谷成因――北米Great Basin　の地質断面模式図によると、リフト谷と同様に基盤のアーチ状隆起の頂部に、正断層によって相対的〝沈降〟が生じている。これは山間盆地とリフト谷の成因が同一機構によるものであることを示し、リフ

ト谷が両側の肩の隆起によって谷地形を形成するように、山間盆地もマントルダイアピアの頂部に周縁部の隆起にくらべてより隆起量の小さかったところに生じたものであろう。リフト谷の形態をとるか、山間盆地の形態をとるかは安定大陸と造山帯の地質構造の差異が上部マントル膨張体の運動を反映した結果である。

その3. 東アジアにおける古生代末期以降の造構運動

30億年にわたる中国の地史は大きく３つの発展段階──①古中国台地の形成段階（始生代・原生代）、 ②古ユーラシア大陸の逐次形成・発展段階（古生代）、③環太平洋構造地域およびテーチス・ヒマラヤ構造域の強烈活動段階（中・新生代）──に区分される。第１、第２段階の諸変動の結果、ほぼ古生代末期に完成した中国大陸の先中生代基盤構造の顕著な特徴の一つは、いくつかの（準）台地とそれらの間を占めてＥ－Ｗ（東縁部ではＮＥ－ＳＷ）方向にのびる古生代地向斜群とが、交互に配列している点である。即ち、北から南へ、シベリア台地、タリムー中朝準台地、揚子準台地が配置され、それぞれの南側に蒙古、秦嶺、華南の３つの地向斜褶曲帯が配列する。各地向斜内部での発達史にいずれの地帯においても北から南へ向かう極性がみられ、３回の主要な褶曲期を経て古代末期ころまでには以上の広大な地帯がひとつづきになり、雄大な古ユーラシア大陸が完成した。ところが第３段階に入ると、以上のような古ユーラシア大陸の基盤構造は大きく解体されはじめ、東縁部は環太平洋構造域に組みこまれていく。（この環太平洋構造域とは中国の東半部を占め、その西縁は、ほぼ東経105°に北から南へ連らなる賀蘭山・六盤山・龍門山・大雪山を通る大断裂帯にあたる。ここは、現在でも中国大陸を東西に二分する大地形・地殻構造・重力構造の第一級の不連続線をなし、又、南北地震帯とよばれる大陸内部における最大規模の浅発地震集中帯でもある。）即ち、Ｅ－Ｗ方向の基盤構造をもつ中国東部が、それとは大きく斜交するＮＮＥ－ＳＳＷ方向の主要な構造方向をもつ大陸縁辺活動帯に転化するものである。そこでは、三畳紀中部・上部の広汎な不整合をもたらした印支変動、ジュラ紀～白亜紀に特有な様式をもつ構造作用・火成作用をひきおこした燕山変動が生起した。さらに新生代のヒマラヤ変動を通じて今日の縁海、島弧－海構などからなる東アジア大陸と太平洋の境界地帯が形成されることとなった。

　中国東部が環太平洋変動域に組み込まれて、その基盤構造が改変されはじめるのは上述のように中生代に入ってからのことと考えられている。ところがこのような新しいタイプの変動のはじまりは古生代末期まで遡るものという考え方もある。というのは、すでに後期二畳紀、一部は前期二畳紀後半に、環太平洋変動帯の西縁を画する賀蘭山－大雪山を連ねる大断裂帯の南縁部に沿って特異な性格をもつ大規模な玄武岩が流出し、しかも、いくつかの点で中生代の変動にひきつがれる側面を有しているからである。

いよいよ峨眉山玄武岩に近づいた。

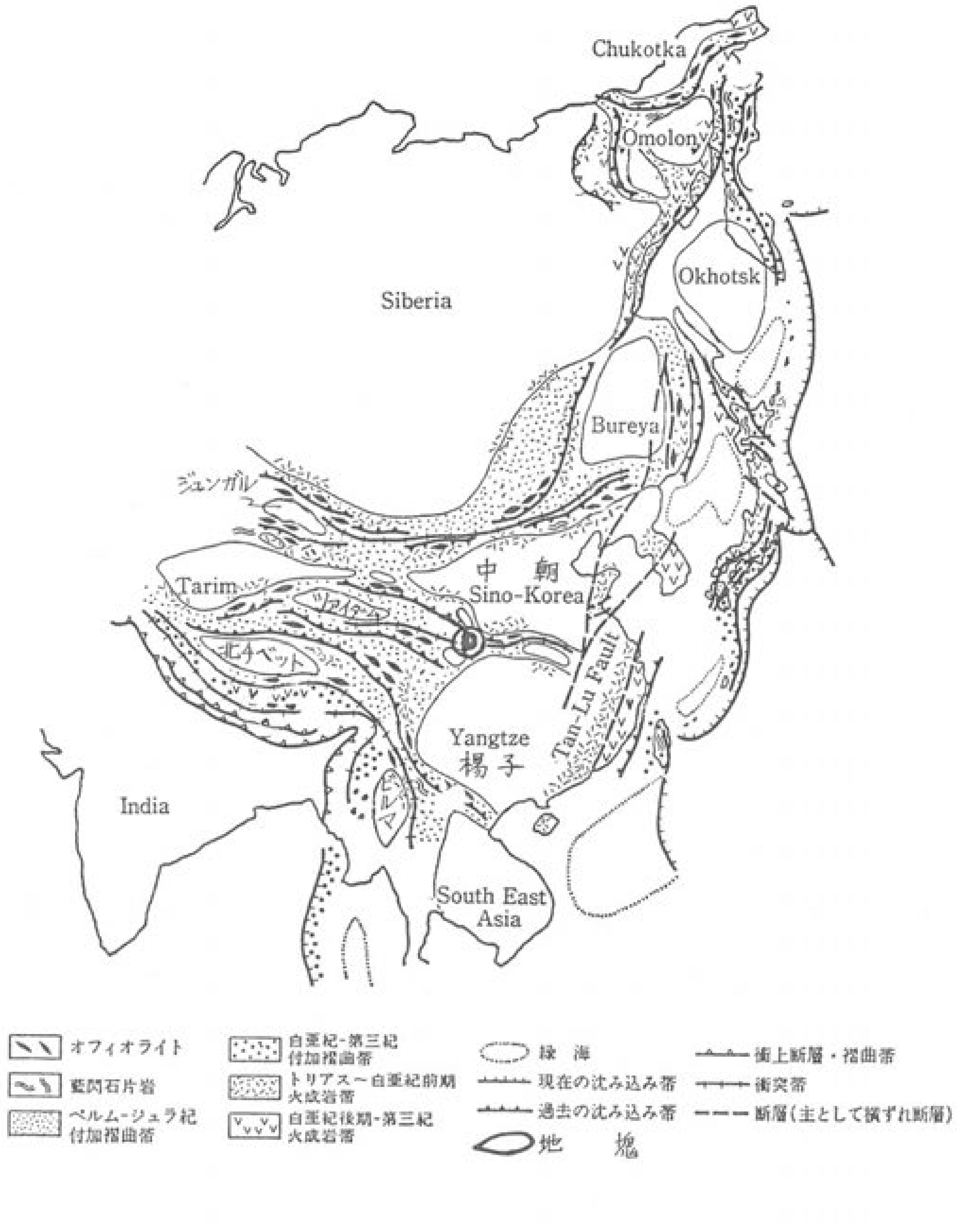
この玄武岩は環太平洋変動帯の西端、日本列島はとも東端ひある。両変動帯の成立ちひ共通の要因があるということがわかってきた。

（ 図11 ）

地塊の集合、合体による東アジアの形成

Ⓓは秦嶺、大巴山衝突帯（中生代前期）である。

四川盆地の北北東にある。



その4.　東アジアの形成

図11に見られるように東アジアはシベリア地塊や中朝地塊、楊子地塊、インド地塊等の集合体である。これらの地塊は、かってはゴンドワナ大陸を構成していた。しかし、大陸は分裂して多くの地塊に分かれ、それらは移動し、古生代末から新生代初めにかけて衝突した。この際、地塊と地塊の間には大山脈が形成され、その周囲に沈み込帯ができ、海溝堆積物、海底扇状地、大洋底堆積物、海山、海台、島弧などが付加し、付加褶曲帯が形成された。ジュラ紀末～白亜紀にかけて、東アジアの東縁には大横ずれ断層帯が形成され、地質体の再編成が行なわれた。このような地塊の衝突、付加、再編成が第三紀まで続き、日本列島を含め、ほぼ現在の東アジアを形成することになった。図11によると、四川盆地と日本列島には同じマーク、即ち、オフィオライト、過去の沈み込み帯、付加褶曲帯がある。日本列島が孤立した特異な場ではなく、日本列島の形成やそれを構成する岩体の一部には、大陸と、しかも、かなり西側とも共通する性質や構成岩体があるというわけである。

◎峨眉山

1.　峨眉山

峨眉山（Emeishan）は大峨山（Daeshan）、二峨山（Ereshan）、三峨山（Shaneshan）から成る。計2000㎢で、各々、海抜3099m、1900m、2000mの峰で、北から順に並んでいるが、二峨と三峨は大峨より東にずれて北南に並んでいる、峨眉市から見ると、大峨と二峨が対をなし美しいまゆに見えることから峨眉（Emei）と呼ばれる。ふつう峨眉山といわれているのは大峨山のことである。ここで、震旦系、カンブリア系などについての研究が行なわれてきた。

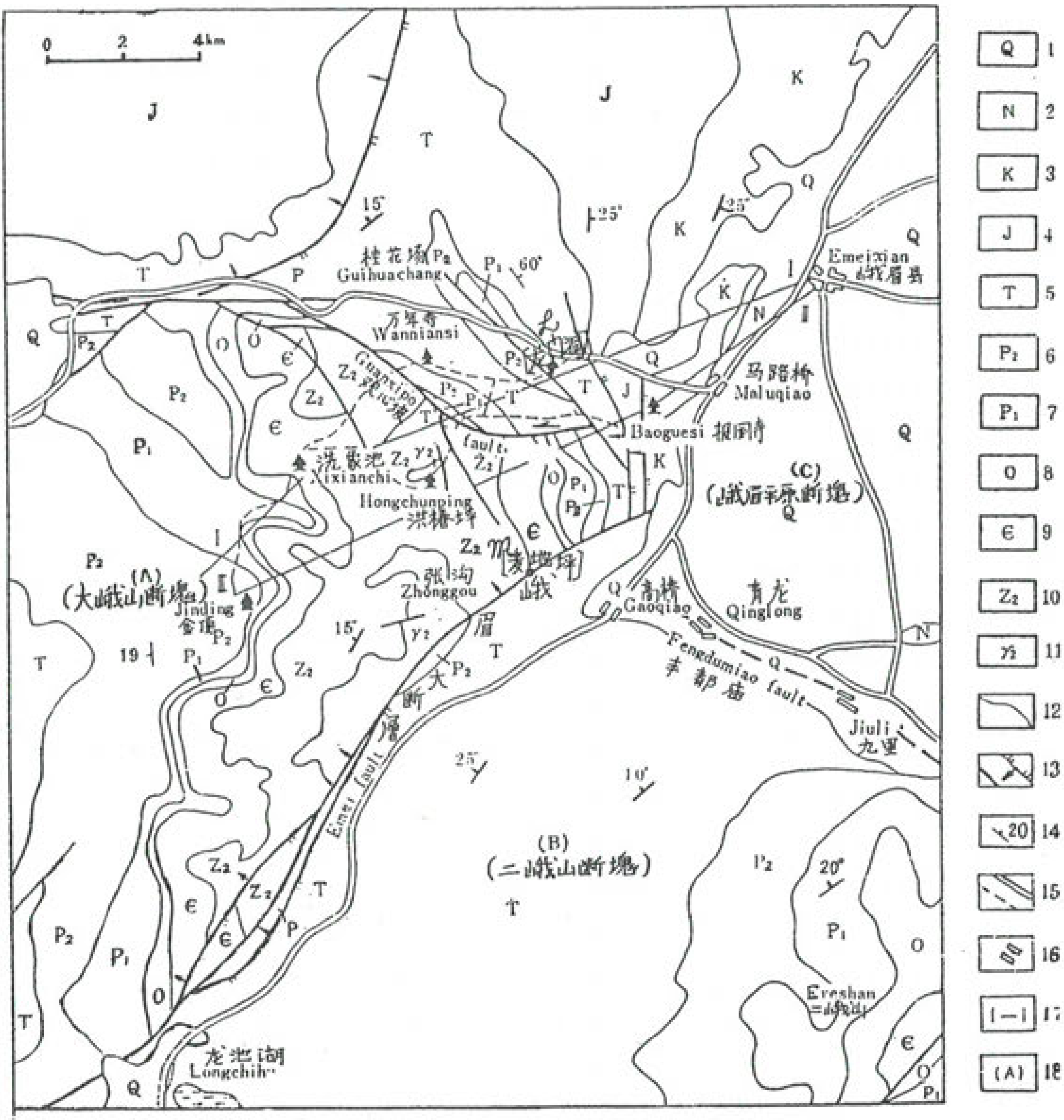
2.　峨眉山の地質構造

峨眉山は揚子準卓状地の西端にある。全体に背斜および向斜構造をしており、断層も顕著に見られるため、峨眉山－瓦山断塊とよばれている。褶曲は大峨山背斜と二峨山背斜がいずれも南北軸をもっている。また、山をブロックに分ける主断層が三本あり、一本は峨眉断層でＮＥに走っており、別の一本は二峨山断層（丰都庙断層）でＮＷ－ＳＥ走行である。この為、北西部に大峨山ブロック、南部に二峨山ブロック、北東部に菱形をした峨眉平ブロックに分けられる。（図12）

1）　大峨山断塊――この地域には主褶曲構造である大峨山背斜とその二次褶曲である桂花場（Quihuachan）向斜及び控断山（Waduanshan）背斜がある。背斜軸はＮ－Ｓに走り、核部は張沟（Zhanggou）―洪椿坪（Hongchunping）の線上にある。先震旦の峨眉花崗岩と古生界及び中生界の地層が褶曲の両翼にわずかの傾斜で露出している。桂花場向斜と控断山背斜の走向はいずれもＮＷで、それらの核部の地層はで仙芺組（formation）（下位三畳統）である。峨眉大断層は断塊の南東にあって、走向Ｎ－Ｓで40ｋｍも続く。この断層は、大峨山背斜を斜めに切り、二畳系と三畳系の上に前震旦系が衝上しており、最大のずれが、張沟で1700m以上と見られる。

大峨山断塊の北の境界を切る衝上断層である观心坡（Guanxinpo）断層が大峨山背斜、桂花場背斜、控断山背斜を切っている。即ち、この断層はＺ字を描くように、ＥＷ、ＮＷ、ＳＥ、ＥＷと走行を変え、18ｋｍ程続いている。この断層のため、大峨山背斜の核

（図 12） 峨眉山の地質ガイド



1. Quaternary, 2. Tertiary, 3. Cretaceous, 4. Jurassic, 5. Triassic, 6. Upper Permian, 7. Lower Permian, 8. Ordovician, 9. Cambrian, 10. Sinian, 11. Pre—Sinian granite, 12. Stratigraphic boundary, 13. Fault, 14. Attitude of Stratwn, 15. Road, 16. Town, 17. Location of section, 18. Desiquation of fault block.

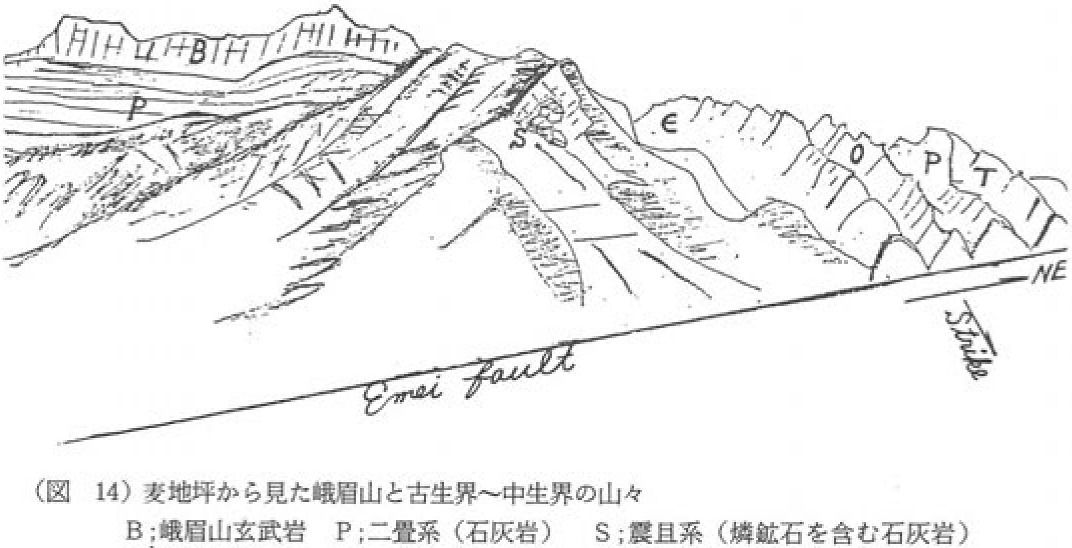
部のところで、花崗岩と震旦系をもち上げ、古生界や中生界と接触させている。峨眉断層と共に峨眉山を大規模に隆起させて盆地の西に高い壁をつくったのである。

2) 二峨山断塊——二峨山断層は短かい軸で、ほぼＮＳの走向をもつ背斜をつくっている。核部分の地層はカンブリア系で東翼では少し傾斜は大きく、西翼では小さい。北端では、30°〜40°で北側に沈入背斜（プランジング）している。大渡河畔の堤でＮＳ、丰都庙でＮＷに走り、九里付近で消える。傾斜はＳＷで、西南側が隆起、東北側が落ちているので逆断層である。その結果、古生界がジュラ系や白亜系と接している。

3) 峨眉平原断塊——この断塊は相対的に沈降した。即ち、二峨山断層と大峨山断層の間にあって、大峨山断塊は大きく隆起し、二峨山断塊は少し隆起し、その間にあって沈降したように見える。そして、この断塊は菱形の平原につくり変えられた。第三紀以来、周囲の削剥による砕屑物の堆積で、南西から北東の傾斜をもち、第三紀末より160m以上の層厚になっている。

3. 峨眉山玄武岩

峨眉山玄武岩は後期二畳紀の初め、揚子大陸プレートに起こった大陸リフト縁（マージン）から噴出した基性火山岩である。溶岩は雲南、貴州、四川の境界付近一帯に広がり、面積にして30万㎢以上その厚さは227〜420mに及ぶ大規模なものである。峨眉清音での厚さは257.68mで、9回溢流し、活動は三輪廻と見られる。溢流のたびに、杏仁体が底部で少量、頂部で多く、中位ではほとんど見られないという状態であった。この玄武岩はOje玄武岩（弱アルカリ）で、クリプティクな微晶玄武岩である。杏仁体は底部では斑状黄鉄鉱が多く、上部になるにつれて減少する。色は青灰、緑灰、緑、黒色などを呈していて、露頭では柱状節理が発達している。なお、杏仁体は玄武岩中ふつう12%くらいで、最大で30〜35%である。それの主鉱物は石英、緑泥石、蛋白石、方解石で石英成分をもつ杏仁体が上部にいくにつれて増加する。

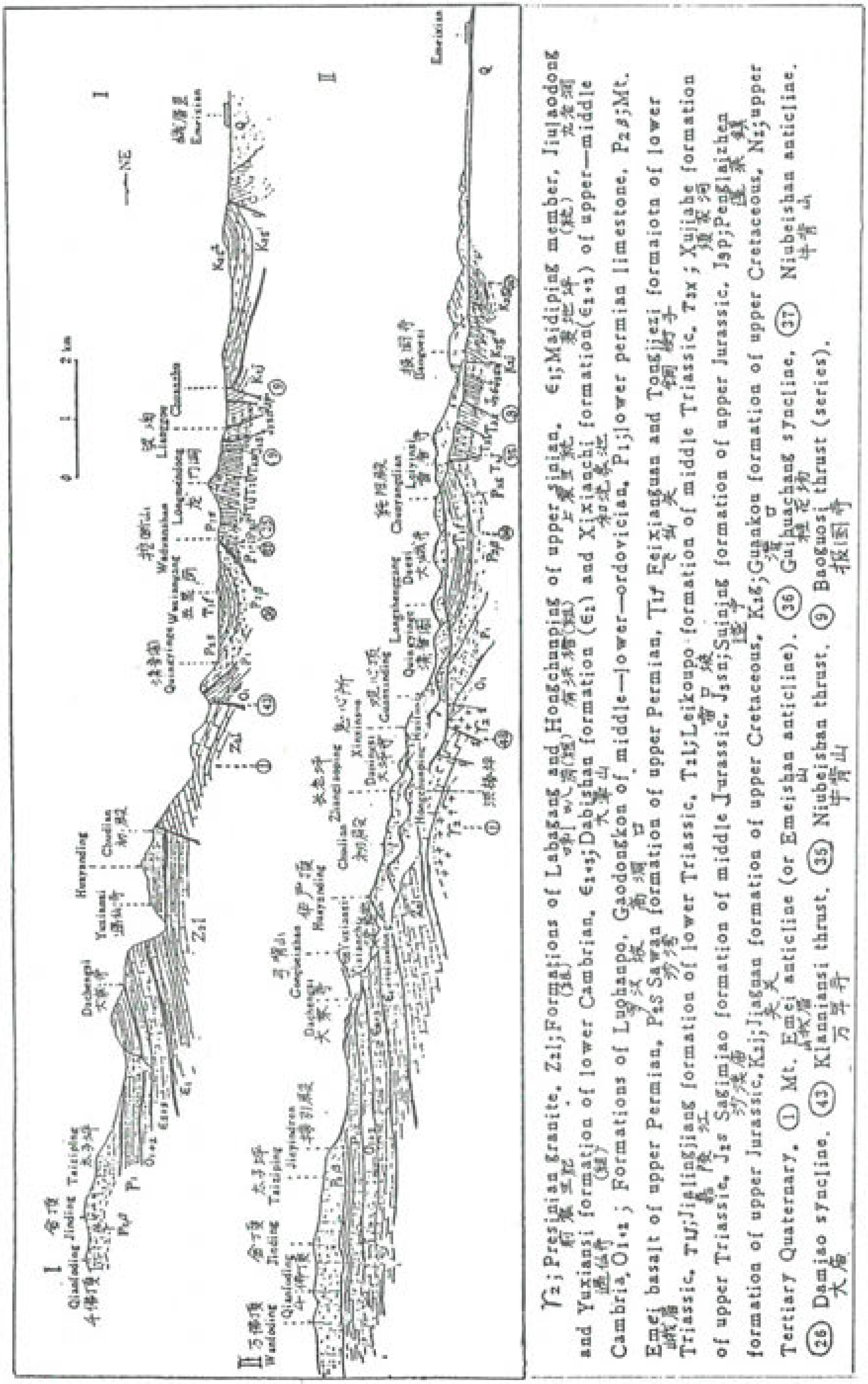


（図　14）麦地坪から見た峨眉山と古生界〜中生界の山々

B;峨眉山玄武岩　P;二畳系（石灰岩）　S;震旦系（燐鉱石を含む石灰岩）

E;カンブリア系　O;オルドビス系　P;二畳系　T;三畳系

図13は、図12のⅠ──Ⅰ、Ⅱ──Ⅱでの地質断面図であり、図14は図12中の麦地坪（m）で峨眉大断層を目前にして左前方（NW）に峨眉山、右手方向（NE）にカンブリア系から次第に新しくなる地層を遠望したスケッチである。なお、中央の崖は燐鉱石 3 CaO・P_2O_5を採掘している石灰岩の露頭である。又、写真⑩は、図12中の龙門洞（ℒ）での露頭で、背斜軸付近であるから地層は立っている。



（図　13）　峨眉山と峨眉県で切った地質断面図（龙学明原図1987年）

写真10

三畳系、中統石灰岩
背斜軸部

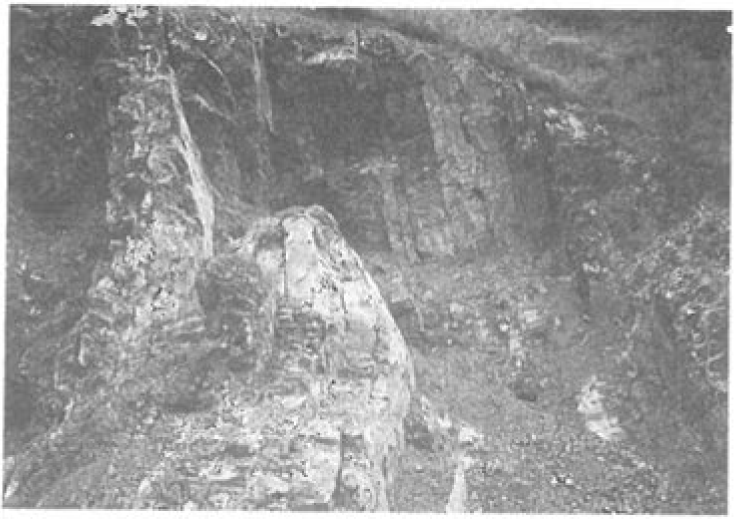


写真11

竹でつくられた駕籠
三畳系、紅色砂岩で
階段がつくられている

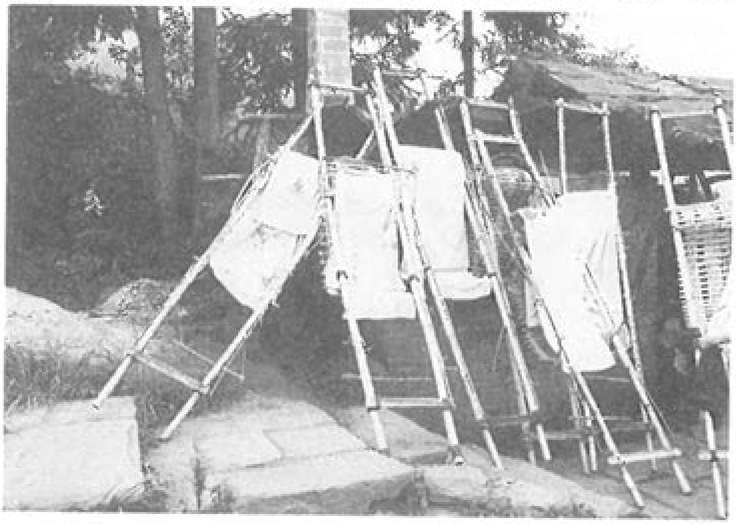


写真12

駕籠で出発

◎峨眉山行

とうとうやってきた。山麓にわれわれのバスが停車する。下車するとただちに駕籠かきが客引きにやってくる。カゴを見て感動した。タイムトンネルを抜けて江戸時代に戻ったようだ。多産する竹を利用するのだ。中国の人たちは自力で生きようとする。地方に産するものを大切にするのだ。乗ってみたい気もほんの少しあったが、カゴかきに悪い。こちらが乗せてあげたいくらいの年配の人もいる。とにかく登るとしよう。でも、われわれは金頂（頂上）まで行く時間はない。途中で霧が発生して登頂できない残念さが紛れる。それでも案内してくださった龍先生（成都地質学院）は、頂上まで行けば、道中で見ることができるすばらしい露頭の話をして再び、三たび口惜しがらせる。山頂まで登らなかったので、峨眉山の山容を形成した重要な要因である玄武岩に直接には触れることはできなかった。しかし、龙門洞で見た玄武岩、さらに麦地坪（図12、m）から見た産状から、二畳紀末の玄武岩の大規模流出が想像できてたのしかった。ある個人が、憧憬する対象はほんの何かがあればよい。しかし多勢が同じように憧憬するにはそれなりの条件が必要だ。絵画の対象となり、詩で表わされ、文に書かれる、そして、その存在の歴史がいろいろな角度からいろいろな分野の人によって解明されてきた。それだけの魅力をもった山であるということだ。日本人にとっての富士山のようなものであろうか。富士山とは容姿も成立ちも全く異なるものではあるが……。図15は峨眉山の頂上付近と1700ｍもの断崖絶壁を描いたものである。原生界の上に古生界、その上を柱状節理をもった玄武岩が被っている。何度かの変動によって、今、屹立している。一方、近くから見たこの姿とは異なりその遠望は又格別である。帰途のバスから見た峨眉山は将に乙女の美しいまゆであった。後日、成都から昆明に飛んだときも機上から峨眉らしい山容が見えると期待し、誰れかれとなく、あれだ!と叫んだが、ステュワデスの、「峨眉山は見えません」で一瞬し〜ん。貢嘎（コンガ・7556ｍ）が見事な姿を見せていたのにそちらには気のりせず。

写真13　峨眉山絵画

中国には画家や書家がわんさといる。四川の町は行く町ごとに画家がいて、峨眉山の絵を見せてくれる。しかし、手が出ない。良い画はやはり高いのだ。それで写真を撮ってきた。この写真の峨眉山と図15の峨眉山を比べながら、この旅行での団長の鷹村先生（福山大学）や石の会の皆様にお礼申上げ、第１回のレポートを了える。

（図　15）峨眉山頂上（大峨山）（龍学明）

参　考　文　献

〔１〕　龍 学 明（1987）中国四川省地質考察旅遊指南。

〔２〕　佐藤信次（1975）中国大陸の地質構造発達に関する最近の研究　地球科学29。

〔３〕　藤田至則・星野通平・小松直幹・柴崎達雄（1986）シンポジウム　陥没と隆起、地球科学研究センター設立準備室。

〔４〕　平　朝彦・中村一明（1986）日本列島の形成、岩波書店。

〔５〕　星野通平（1971）第三紀末期の海水準変化と海溝の形成、島弧と海洋、東海大出版会。

〔６〕　佐藤信次（1979）中国の地史、岩波講座地球科学16、世界の地質、岩波書店。

〔７〕　中華人行共和国地図集（1979）地図学版社。

〔８〕　中国大地构造図、国家地震局広州地震大队主編（1974）地図出版社。

〔９〕　中華人民共和国地質図集、中国地質科学研究院（1980）築地書館。

意欲的に器械運動（マット運動）に取り組ませるために（第２報）

－グループ単位の発表会を最終目標にした授業－

鎌田剛史（かまだ たけし）

１　はじめに

器械運動の授業を生徒達が好まなくなる傾向は中学校高学年から高校へと学年が進むにつれて顕著である。また、実際の授業中を見ても、目標をもって意欲的に取り組んでいる生徒が少ないのが現実である。これらのことは、我々の行っている授業そのものが学習意欲を高めさせようとする工夫のないままに終ってしまっていることに原因があるのではないだろうか。そこで第１報として中学生において意欲的に取り組ませるための工夫を、同一課題提示の一斉授業からの脱皮として、記録用紙を中心とした主体的、目的的な活動への工夫として報告した。今回は高校の授業（マット運動）について考えてみたい。

２　今回の研究の方向

生徒達がなぜ器械運動（マット運動）の授業に意欲的に取り組めないのか、その原因をさぐってみると

(1) 技の危険性という面から考え、教師が一定レベル以上の技に進ませないため、技の練習が、今までに学習した技の反復に終ってしまう。新しく挑戦する技はもうないのだろうか。

(2) しかし、技の復習といっても、教師主導の一斉授業の中では、各自の課題にかかわらず、教師が一方的に各技にかける練習時間を区切ってしまう。また、新しい技の習得についても、器械運動の危険性から考えると、教師主導の一斉授業による制限、管理という現実の前で、各自の自由な練習時間を確保することの困難さがある。そしてそういう状況が個人の技の伸び悩みにつながる可能性もある。

(3) 自分が努力をし、工夫をした成果を発表する場というものが、教師によるテストという外発的なところで確保されていることが多い。

ということがあげられた。

そこで、

(ア) 個人個人がやりがいや意欲を持って、練習に打ちこめるような方法はないのか。

(イ) 技の復習だけに終ってしまう授業や個人の技の伸び悩みに何か刺激を与えられるような方法はないのか。

(ウ) 生徒側の、より内発的な欲求から生じてくるような発表の場は作れないのか。

という観点から考えて浮かびあがってきたのが、新体操（昔の名称で言うところの団体徒手体操、団体体操）の男子団体競技形式の発表会を最終目標においた授業づくりであった。そして、授業の過程において、生徒が、できるだけ自由に自分の課題に取

り組めるような場を多く作るようにして授業を実践してみた。今回は高校１・２年生、二学年において実施したが、授業の流れと時間配分は下の表１のとおりである。

	項　　目	時間	計
1　次	オリエンテーション	1	12
2　次	技の復習（一斉指導）	3	
3　次	マットごとに練習する技を 分けての自由練習	2	
4　次	グループごとの 自由練習 個人の技の練習の時間 発表会に向けての演技の創作　および練習の時間 グループ練習	4	
5　次	リハーサル	1	
6　次	発　表　会　　まとめ	1	

表１　授業の流れと時間配分

1次

この授業でどういうことをするのか、新体操の男子団体競技とはどういうものか、イメージをつかませるためにＶＴＲを見せた。

2次

3次からの授業で、安全に気をつけて、自主的に練習ができるように、段階をふんでの練習の仕方や補助の方法を確認しながら一斉指導で基本的な技の復習をした。特に、ヘッドスプリング、前方倒立回転とび（地転）、後転倒立については時間をかけた。

3次

1枚のマットに1グループという形の練習を取りはらい下図のようにマットごとに練習する種目を決め、自分の課題としている技のマットのところで自由な練習ができるようにした。特に危険をともなう技の練習マットは、中央に集め、教師の目がゆきとどくように注意した。

図1　3次での練習マット配置例

4次

個人の技の練習をグループ単位で自由に練習する形で進めた。安全に練習をすることができるように、マットを使う方向を一方向に決め、同一マット上で1人以上の者が練習をすることがないように注意をした。

発表会に向けての演技の創作、練習の時間

授業を、個人の技の練習にあてる時間と発表会に向けての演技の創作、練習にあてる時間に分けた。授業が進むにつれて、発表会に向けての創作・練習の時間の割合いがふえるようにした。

5次

発表会の形式に敷いたマットの上で、自分達の演技を試してみる時間を設けた。

6次

生徒に配布した発表会の要項をあげておく

マット運動団体編発表会

◦ 内容

授業の中で各個人が磨きあげたマット運動の技をさらに複数で、組み合わせその美しさを競うものとする。

〝男らしいダイナミックな動き〟を創作の際、中心に考えること。

◦ 技の規定について

個人の必須種目、選択種目は以下とする。

必須種目
- 開脚前転
- 倒立前転
- とびこみ前転
- バランス技

選択種目

難度A（2種目選択）
- 伸膝後転
- 側方倒立回転（側転）
- ネックスプリング
- 後転腕はねとび

難度B（1種目選択）
- 伸膝前転
- ヘッドスプリング
- ロンダート（側転¼ひねり）
- 後転倒立
- 前方倒立回転とび（地転）

上の条件を満たしていれば同じ技を何度使ってもよい。また自分で工夫した技や複数の人数で行なう技なども自由に取り入れてよい。

◦ 演技について

体育館にマット14枚をひきつめて行なう。

だいたいバレーコート半分くらいの広さ

演技時間は1グループ2〜3分

音楽をつける（統一したもの）曲目は未定

◦ 採点の方法

演技グループ以外のすべての人が次の観点で得点をつける。

工夫、創造性、表現力5点
技の難易度、完成度5点
10点満点

各班で得点の平均を求め、演技グループ以外の7つの班の和がその演技グループの得点となる。　70点満点

◦ 役　割

班　　長　各班の得点集計
体育委員　全体の得点集計
先　　生　ビデオ係
　他　　　司会者　　適役1名

3　授業への取り組み方の様子

◦個人の技の練習の時間

授業の始め頃は、あいかわらず座ったままぼうっとしている生徒や、時々、思い出したように練習をするだけの生徒が見かけられた。しかし、グループごとの技の自由練習（４次）に入り始めた頃から、練習に熱が入り、グループの中でお互いに悪いところを見合ったり、補助をし合ったりする姿が見られるようになった。

◦発表会に向けての演技の創作・練習の時間

授業の始め頃は、グループでの話し合いに非協力的な者が見られたが、これも、４次に入り始めた頃から少なくなった。しかし、組み合わせ技の創作や練習は熱心に取り組み、また、それを楽しんでいるようであったが、肝心な発表会の演技の流れの創作は、リハーサル直前頃まであまり進んでいなかったようである。

◦発表会

発表会では、他の班の演技を見る態度は非常に良く、熱心に見て評価をしていた。

4　マット運動に対するイメージの変化

マット運動に対するイメージの変化を調べるために、次のようなアンケート調査を授業前・後に実施した。

マット運動についてのアンケート

年　　組　　番

氏　名＿＿＿＿＿＿＿＿

マット運動について、君がもっているイメージや考えを正直に答えて下さい。

(1)　マット運動は好きである。　はい 5 4 3 2 1 いいえ

(2)　マット運動はやりがいがある。　はい 5 4 3 2 1 いいえ

(3)　マット運動は意欲をもって、取り組むことができる。　はい 5 4 3 2 1 いいえ

(4)　マット運動はお互いの協力によりうまくなることができる。　はい 5 4 3 2 1 いいえ

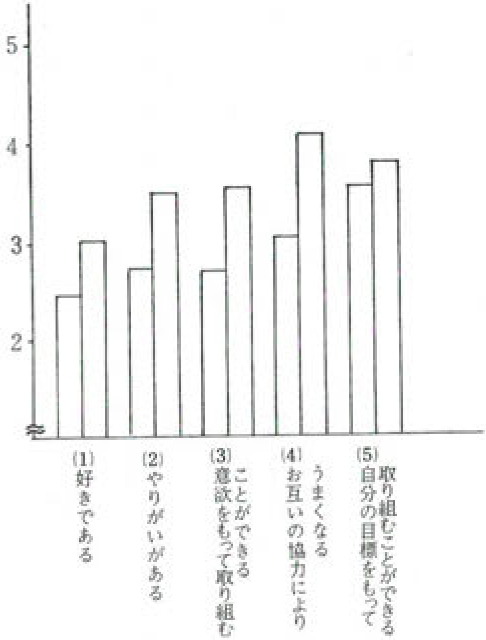
(5)　自分の目標をもって取り組むことができる。　はい 5 4 3 2 1 いいえ

(6)　発表会を楽しむことができた。　いいえ ふつう はい

※(6)は授業後のみ、調査した。

※今回はアンケート調査は、第１報のアンケート調査で(1)好きである、という質問項目に対して、他の球技等のスポーツとの比較で答えた者が多くいたという反省から、調査前に(1)についてはマット運動そのものが好きかどうかで答えるように注意した。また第一報では、質問項目は９問あったが、今回は５問に精選して調査をした。

各質問項目に対する評価が、単元の前後でどのように変化するかを調べ、それを平均で示したのが下図である。



		x	S，D
(1)	前	2．44	1．18
	後	2．96	1．30
(2)	前	2．70	1．03
	後	3．46	1．08
(3)	前	2．70	1．18
	後	3．51	1．07
(4)	前	3．01	1．21
	後	4．04	1．18
(5)	前	3．53	1．12
	後	3．75	1．08

図1　授業前・後のマット運動に対するイメージの変化

授業前の各質問項目に対する回答を見ると、平均値で5段階中、3（ふつう）までにいかないものは、(1)好きである　(2)やりがいがある　(3)意欲を持って取り組めるであった。また、授業前、後の変化を見ると、すべての質問項目について平均値は伸びている。その中でも特に　(2)やりがいがある、(3)意欲を持って取り組むことができる　(4)お互いの協力によりうまくなることができる、については伸びが顕著であった。

(1)　好きである

前＼後	1．2	3	4．5	計
1．2	57	31	14	102
3	11	35	29	75
4．5	1	7	28	36
計	69	73	71	

(2)　やりがいがある

前＼後	1．2	3	4．5	計
1．2	11	27	29	67
3	18	48	41	107
4．5	2	11	23	36
計	31	86	93	

(3) 意欲を持って取り組むことができる

前＼後	1.2	3	4.5	計
1.2	17	35	32	84
3	9	33	31	73
4.5	2	16	34	52
計	28	84	97	

(4) お互いの協力によりうまくなることができる。

前＼後	1.2	3	4.5	計
1.2	15	19	37	71
3	4	12	57	73
4.5	3	10	54	67
計	22	41	148	

(5) 自分の目標を持って取り組むことができる。

前＼後	1.2	3	4.5	計
1.2	7	15	11	33
3	6	22	41	69
4.5	7	32	72	111
計	20	69	124	

表2　授業前・後の各グループの人数の変化

上の表2は授業前に実施したアンケート調査で、各質問項目について1•2と答えた者を否定的なグループ、3と答えた者をふつうのグループ、4・5と答えた者を肯定的なグループとしてまとめ、その各グループの人数が授業終了後、どのように変化したかを人数の内訳で示したものである。

この表2は次の2つの観点から見ることができる。(A) 授業前、授業後で各グループの人数の内訳がどのように変化したのか。 (B) 授業前の各グループの者が、授業後に他のグループにどれだけ移行したのか。例えば、質問項目(1)について(A)の観点で見ると、授業前、好きでないと答えた者が102名いたが、授業後には69名に減少している。逆に、好きであると答えた者が授業前36名だったのが、授業後には71名に増えている。(B)の観点で見ると、授業前1・2グループの102名は、授業後、31名が3グループへ、14名が4・5グループへ移行し、逆に4・5グループの36名は、授業後、7名が3グループへ1名が1・2グループへ移行している。他の質問項目についても同じように調べてみると次のようなことがわかる。(A)の観点で否定的なグループの増減を見ると、すべての質問事項について人数は減少している。(5)目標を持って取り組むことができる、については授業前に否定的な回答をした者が少なかったので変化の幅は少なかったが、(1)好きである、(2)やりがいがある、(3)意欲を持って取り組むことができる、(4)お互いの協力によりうまくなることができる、についてはいずれも減少の幅が大きかった。また、肯定的なグループの増減を見ると、すべての質問項目について人数は増加している。これも、(5)目標を持って取り組むことができるについては、授業前に肯定的な回答をした者が多かったので増加の幅は少なかったが、他の(1)(2)(3)(4)については増加の幅が大きかっ

た。次に(B)の観点について言うと、1・2グループが肯定的な変化を示しているもので、特に人数の増加の顕著なものは、(2)やりがいがある(3)意欲を持って取り組むことができる、(4)お互いの協力によりうまくなることができる、であった。しかし、その反面、各質問事項の4・5グループの者が、授業後に1・2グループに否定的な移行をしているのも少数ではあるがあった。

授業後の(6)発表会を楽しむことができましたか。という質問に対しては、はい57.1% ふつう30.4%、いいえ12.4%（総人数217名）という結果が出た。しかし、この調査には自分の班の演技のできばえが影響しているようであった。

5　授業後の生徒の感想文

授業後の生徒の感想文からも変化の様子がうかがえたので一部をあげておく。

- ◦　マット運動というのは、はっきり言って嫌いである。なぜなら技がうまくできないからである。しかし、今回のマット運動の授業には、いつものようないやな感じは少なかった。みんなで発表会を目標にして組みたててきたのはとても興味があった。発表会は、それぞれの班が個性的な発表を行ってとてもおもしろかった。
- ◦　新体操と聞いて始めは嫌だと思ったが、皆と考えていると楽しくなり、又、練習の目標が見えてきたので熱が入った。技術面では、中学の時にくらべて、地転等ができるようになり、かなり上手になったと思う。
- ◦　中学の時やったのと技の難度はさほど違わなかったので、もの足りないような気もした。それでも、その中で、工夫して挑戦すること（例えば地転を伸膝ですること）をしたり、2人以上でする技に挑戦できたのでよかった　発表会の結果はあまりよくなかったのだが、うちの班は全員の意見を取り入れてみんなで考えたということで自分としてはよかったと思う。
- ◦　今回のマット運動で一番うれしかったのはロンダートができたことです。はっきり言ってもう無理だと思っていたのにY君が親切に教えてくれたのがよかったです。発表会の練習を始めるのがおそかったので、少しもたついてしまったが、3位になれてうれしい。やはり、みんなで長い間、話をしたのがよかったのだと思います。
- ◦　今回は新体操の発表を中心にやる。と言われて、僕はあまり嬉しくは思っていなかった。今回の班分けは、偶然「器械体操が苦手だ」と言う人ばかりで、みんなあまりやる気がなく、一人で頑張るだけではできないことをやりとげるにはとても難しそうだったからだ。でも他の人に技を教えるということで、自分の技がよくわかったし、また教えるということがおもしろかった。また追いこまれて急いでみんなで考えて、発表することができたというのも楽しかったように思う。
- ◦　発表会は見ていておもしろかったが、自分がマット運動を好きでないのでそれ以外はおもしろくなかった。だけど、自分のできる技が多くなったことが今回の収獲だと思う。発表会は、はじめはいやだと思ったがやってみるとまあまあおもしろかった。みんな予想以上によく考えて、よく練習していたのにはおどろいた。
- ◦　マット運動は、はっきりいってきらいだ。球技等と違って楽しむことができない。特に、技ができないとよけいにおもしろくなくなる。しかし、今回のように班ごとに発表するというようにすると、個人個人の技も必要だが、班で1つのものをするというこ

とで個人種目という感じがしなくなる。個人でやる時はテストがいやだけども、みんなでやるとおもしろい。

- 初めのころは地転もロンダートも出来なかったが、発表会が近くになるにつれて、少しずつ形もきれいになり膝も伸びてきた。皆、けなしあったりしたが、次第に協力というか、調和がとれてきたというか、そのような事を気付き出した。自分としても、体を動かしてマット運動をするのが良かった。発表会ではいきなり課題をこなし、メリーゴーランド等も取り入れた。見る態度もさることながら内容の深い授業だったと思う。
- 今回のマット運動はたいへん楽しくすることができた。その楽しさとは、みんなで技を作りあげていく課程で感じられた。最初はたいへん戸或い、しんどかったが、それらの準備の段階が楽しくて非常に充実した授業になった。
- 発表会がもしなければ、こんなに団結できなかったと思うし、又、個人の目標達成のためにこんなに頑張らなかったかもしれない。みんなに迷惑がかからないようにと全ての技において磨きをかけることができたので「発表会」という目標があって大変良かったと思う。
- マット運動はやって大変良かったと思う。特にその気持がはっきりわかったのは、今日の発表会を見た時だった。それぞれの班がまとまっている、その中での１人１人も一生懸命演じていた光景が美しかった。はじめは発表会なんていやだと思っていたけれども、今日の発表会により、発表する側も発表を見る側も、お互いに刺激があってとてもいいことであることがわかった。
- 今回、地転、ネックスプリングに力を入れて、ネックスプリングはできたが、地転は結局できなかった。でも自分で一生懸命に一つのことにうちこめたということは、体育では珍らしかったし、発表会にむけても一生懸命になれたのでよかった。
- 今回の授業で、種目別にマットを分けて、C組、D組混ざって練習できたのは良かったと界います。それは、D組にも大変上手な人が沢山いて、その人に色々と技のアドバイス等を聞いたからです。発表会での技を決めるのはとても大変で、最後は班長のＳ君にたよってしまって悪い気がします。
- １年生の時には練習に対して消極的だったので、技術的向上があまり見られなかった。今年を振り返ってみると、練習に対して積極的に取り組めたので、技術も伸びたし、マット運動も嫌いではなくなった。練習に対する姿勢が一年間で急変したのは、発表会のおかげである。他人の前で自分の技を披露するわけだし、あまりひどい演技をしていたら恥ずかしい。少しでもまともにできるようにと練習にも熱が入った。また、班長になったこともある。班長が一番下手だったらみっともないという気持ちがあり少しでも意地を見せつけてやろうとした。
- 技の組みあわせ方とか全体の流れとかが気になって、一つ一つの技で見ると、進歩はあまりなかった。発表会でも技の順序があまり把握できなくてもう一つだった。また技の完成度も満足できるものではなかった。しかし、新しい技に取り組む時、少しの恐怖をのりこえる勇気と友達の補助があれば、できるもんだなあと思った。発表会では一人一人の技の完成度がたいしたことなくても、全体としてみれば美しいという動きがあるんだと思った。次は自分の技を完成させていきたいと思う。

◦　１つの技ができると、とてもうれしかった。これが今まで中学の時のマット運動後の感想だった。確かに高校に入ってからもヘッドスプリングができるようになってうれしかったが、それよりも、今までにすでにできていた技をもっときれいに相手に見てもらうようにと今回の授業では取り組んできたつもりである。そのおかげでネックスプリングや地転で足がほぼ伸ばせるようになり、少しはきれいな技ができるようになってきたと思っている。しかし、発表会ではそんなことを考えているひまもない程あわててしまった。

◦　マット運動は、練習することが大半をしめる。他の球技なら、ゲームがあるから、班におけるチームワークも、勝つということで一つになると思う。言いかえれば、お互いがカバーをすることで勝つこともできる。しかし、マット運動は根本的には、自分が技をきちんときめないと、いくらまとまりのある演技をしても、それはスムーズに行かない。僕にも、できる技とできない技があり、確かにできなきものができたときはうれしかった。だから、できないものはよく練習もし、できるものも、きれいにできるように練習した。発表会では、練習したもの全部をしなかったのが残念だった。また、ほとんどあわせる練習をしなかったので、不安だった。感想としては、どこの班もまじめにやっていたというのか印象に残った。

6　まとめ

今回、グループ単位の発表会を最終目標とした授業を行い、多少なりとも好ましい結果を得ることができたように思われる。生徒達が授業に取り組む様子や器械運動に対するイメージの変化、授業の感想をもとに、今回の授業から得られた結果をまとめてみると次のようなことがいえるのではないか。

◦　技の組みあわせや、演技の組み立てを創作することを生徒達が楽しんでいる様子が見られたことから、技の復習だけに終わってしまう授業や、授業の中での個人の技のゆきずまりに多少なりとも新しい刺激を与えることができたのではないか。

◦　グループ単位の発表会に向けて、その必要性から、個人としてもやりがいや意欲、目標を持って努力することができ、器械運動の克服的スポーツをしての特性に触れることができたのではないか。

◦　グループ単位の発表会という目標のために、グループ内の練習においてお互いに補助をしあい、教えあうという協力作業がより活発に行なわれるようになった。

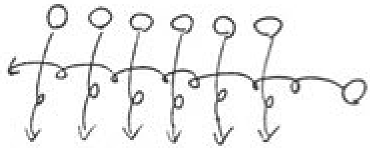
◦　発表会に向けて、できない技をできるようになることだけでなく、できる技についてもより美しく見せれるように完成するという、一歩ステップアップした課題を持つ生徒が少数ではあるがでてきた。

◦　みんなで何かを作りあげていくことの楽しさやむつかしさを体験させることができた。

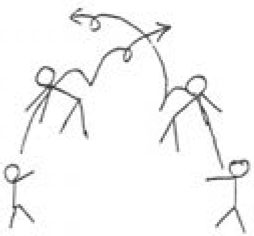
しかし、今回の研究では、ある程度生徒の授業後の感想文からは読みとれたが、技能の低い生徒についての問題や、今回の授業で生徒達に技能の伸びを保障できたのかということは、はっきりとした結論を出すことができなかった。また、生徒達の感想文から発表会に向けての話しあいや創作に束縛されて個人の練習の時間が短かかったという意見やリハーサルの時間が短かすぎたことやリハーサル後に演技を見なおす時間を欲しかったという、授業の進め方に関する意見も見られた。これらは今後の課題としたい。

発表会で見られた技の組み合わせの工夫例

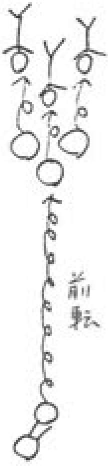
お互いに向かい合って前転、1人は馬とびの台をつくり、
1人は飛ぶ、その後すぐ二人とも前転



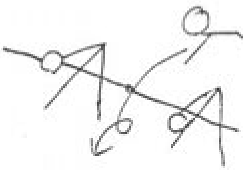
1人が前転で通ったあと次々に
とびこみ前転



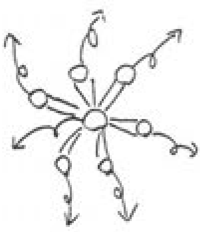
馬とび後、斜めに前転ととびこみ前転
ですれちがう



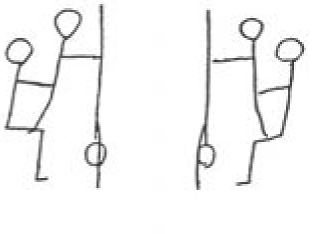
ボーリング
1人の者をボールに見たててころがし
ピンの者はボールにあたって
立位から伸膝後転後、伏が姿勢



バランス技ととびこみ前転の組み合わせ



1人の倒立を全員で補助し、
タイミングをあわせて倒立の者
は倒立前転で、他の者は後転で
ちらばる



倒立と組体操の組みあわせのバランス技

マット運動

発表会

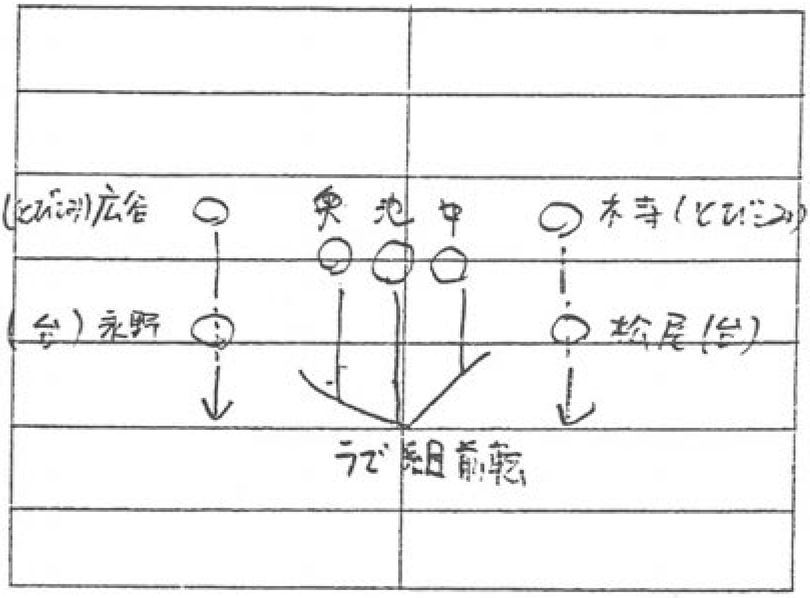
演技計画書

年　組　　班

秘

この計画書は自由に使ってよい

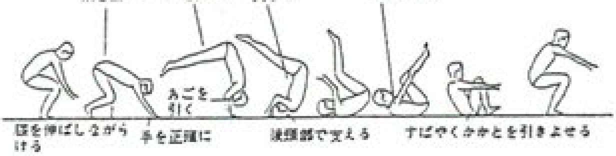
(NO.5)



バランス

器　械　運　動　No. 1

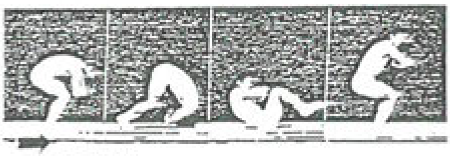
前　　転

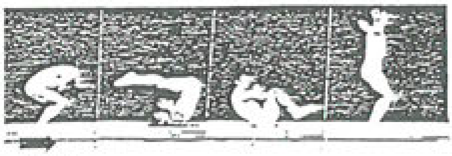


前転の発展技

(1)手で足首をつかんでの前転

手で足首を握ったしゃがみ立ち姿勢から前転し，手を離さないで起き上がる。しゃがみ立ち姿勢で足を左右(肩幅程度)に広げ，膝を深くまげながら頭を入れるとよい。

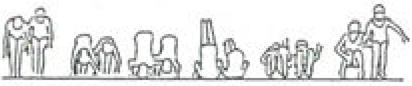




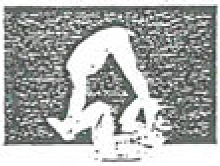
(2)腕を組んだままの前転

(3)腕を横にひろげたままの前転

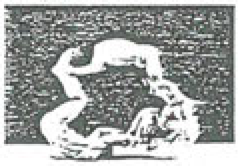
(4)二人組の前転



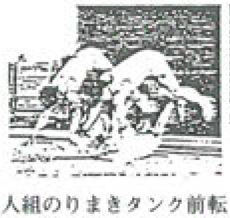
６人組の前転

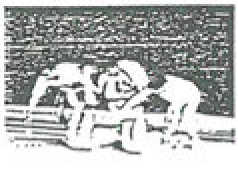


(5)２人組タンク前転



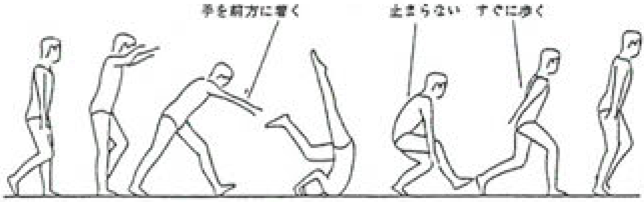
３人組タンク前転





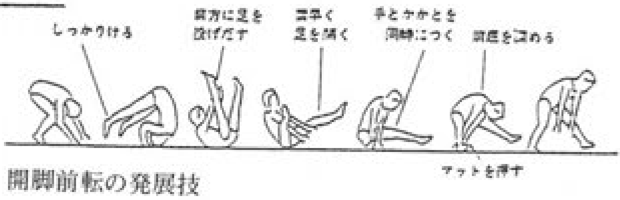
(6)３人組のりまきタンク前転　５人組のりまきタンク前転

(7)歩からの前転



2～3歩，歩いて大きく足を前に踏み出し，手でマットを軽く支えながら頭を入れて前転する。回転スピードは後足の振り上げ方向によって調整する。そして，起き上がると同時に歩く。

開脚前転

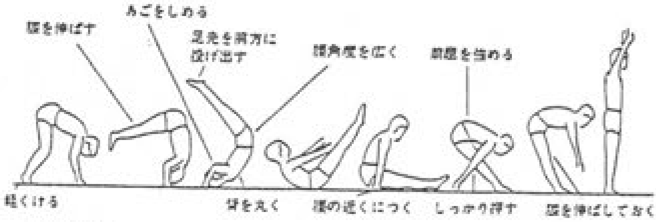


開脚前転の発展技

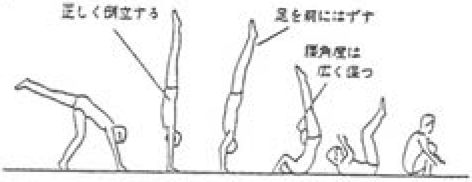
(1)手を使わない開脚前転

腰がマットに接する直前に足を左右に大きく開き，足がマットに着くと，手を前に出しながら上体を前に強く前屈して手を横に開く。そして，上体を起こすとともに下腹部を前方につき出し，開脚立ちになる。ここでは，股関節の左右開脚を大きくする必要がある。

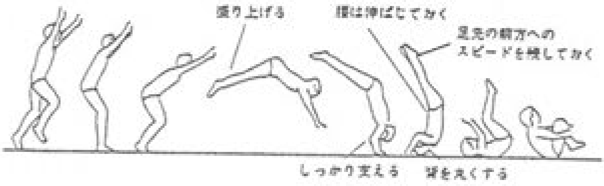
伸膝前転



倒立前転

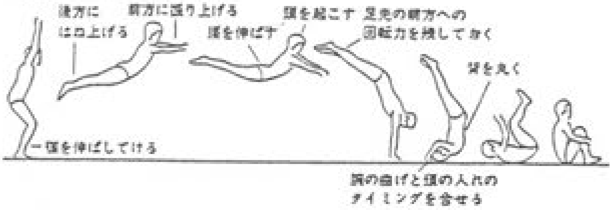


とび込み前転（とび前転，とび上がり前転）



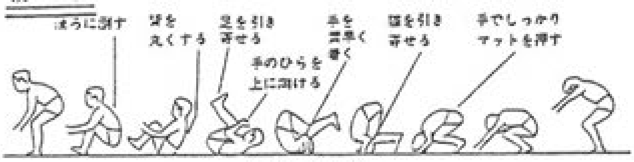
とび込み前転の発展技

(1)伸身とび込み前転



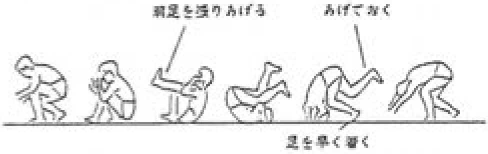
No. 2

後　転



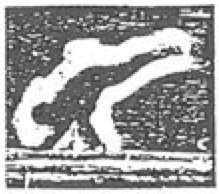
後転の発展技

(1)片足後転（前後開脚後転）

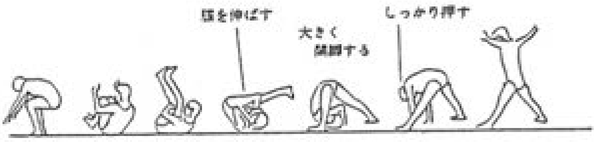


(2)後転からの片足立ち

しゃがみ立ち姿勢から後転のスピードをつけて行なう。足が頭の上にきたとき、片脚の膝を素早くまげてマットに着ける。他方の脚は後ろ上方に伸ばして保ち、手でマットを強く押し片足立ちの姿勢になる。



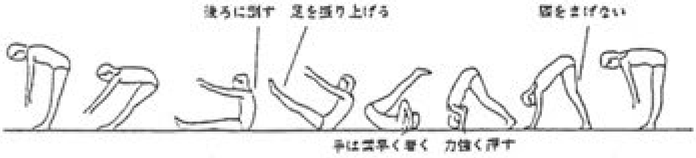
開脚後転



伸膝後転

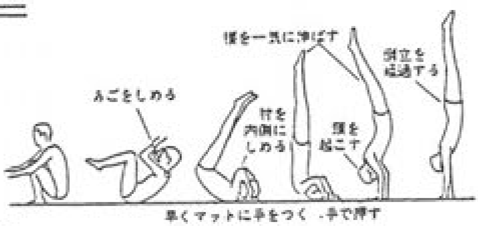
伸膝後転の発展技

(1)回転前半に手を着かない伸膝後転

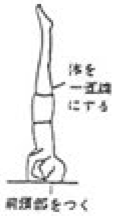


腰がマットに着く瞬間、上体の後方への倒すタイミングを習得し、できるだけ衝撃をなくしたスムーズな回転をする。

後転倒立

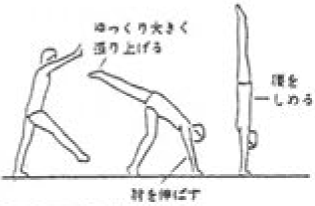


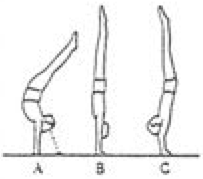
頭支持倒立（三点倒立）



肩幅より少し広めに手を着き，それを底辺にした正三角形の頂点に頭の前頭部を着ける。肘はまげて外側に開かないようにしっかりと固定しておく。足のけりによって，腰を頭の上にのせバランスをとる。そして，ゆっくりと足を伸ばして倒立体勢になる。はじめは，補助をしてもらったり，壁などを利用して腰が反らないように注意する。

倒　立





技のポイント

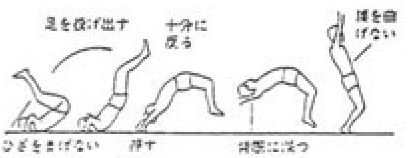
ここでは一人でバランスを保ち静止することを目標にする。はじめは，瞬間静止や一秒間といった時間的目標を決め，だんだん静止している時間を長くする。基本的なポイントは第2段階の倒立と同じであるが，倒立姿勢になったとき，図Aは顔の起しが強すぎて体の反りが目立つ。図Cは頭を背屈して肘や腰がまがる。図Bは正しい倒立姿勢である。倒立の練習をしているとき偶然に止まることがある。そのとき，手の上に重心がうまく乗っているのでその感じをよく覚えておくとよい。

・足の振り上げが強すぎても弱すぎても倒立静止はできないので，肩・腰の上に足が止まるように足の振り上げスピードを調整する。
・手は肩幅より少し広目に，肘をしっかりと伸ばし，肩角度は十分に広げ上に伸びあがる。
・指先は軽く開き，倒立が前に倒れそうになると，すばやく指先に力を入れてマットを押えるようにして調節する。また，足が下がりそうなときは，肩を少し前に出して肘をゆるめて調節する。

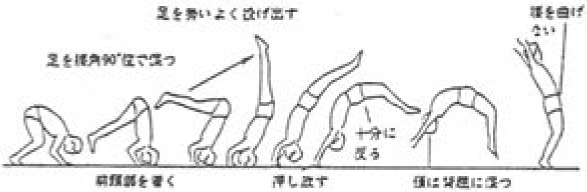
首はね起き（ネックスプリング）

技のポイント

体を屈身にまげ，両手と首で支えた姿勢から，腰を鋭くまげ伸ばす勢いを利用して両手で押し放しながら体を前上方にはね上げ，体を十分反って前方に回転して起きあがる。足を投げ出すタイミングは背中が着こうとするとき，一気に足を前上方に投げ出し，両手でマットを押し放し，その反動で体を十分に反る。このタイミングが，この技の成否を決定する。



頭はね起き（ヘッドスプリング）

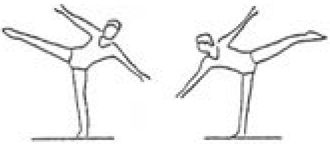


バランス系の技　No. 3

静的バランス

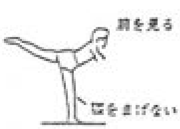
(1)側方バランス

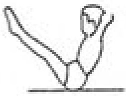
直立の姿勢から片足を側方にゆっくり上げ，それに合せて上体を反対側の側方に倒しバランスをとる。腕は体の横に開いておくか，あるいは，下の腕を頭の横で水平に保ち，上の腕は体側に置くようにする。視線は斜め前方に落し，腰がまがらないように胸を張る。このとき，大切なことは，軸足の膝をまげないようにすることである。



(2)正面水平立ち（水平バランス）

片足をゆっくりと後ろに上げながら，背を伸ばして上体を前に倒す。手は，横に開いておく。足と上体が水平になったところでバランスを保つ。できれば足は腰以上に高く上げ，胸をはって頭を起こせば美しい姿勢になる。軸足の膝がまがらないように注意しておく。



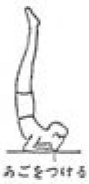


(3)V字バランス

長座姿勢で腕を横に上げ胸を張った姿勢からゆっくりと足を上げる。このとき，膝がまがらないように注意する。そして上体と下体のなす腰角度を90°以下になるようにして，V字の姿勢をつくり，バランスを保つ。

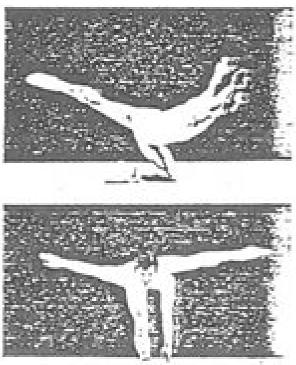
(4)前腕倒立

ひじをまげ前腕からてのひらをかけて三角形を作り，前腕全体をマットにつける。その頂点にあごを置き胸を軽く反らせて倒立位に足を振り上げる。

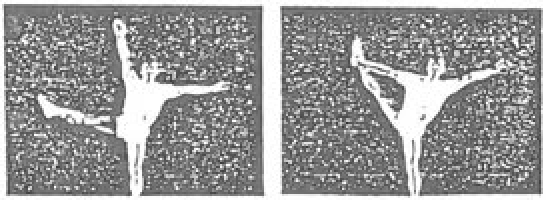


(5)膝支持バランス（ひこうき）

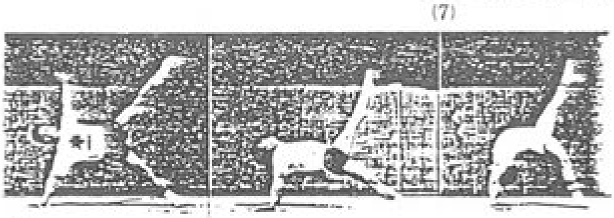
腹ばい姿勢から，手を横に上げ，上体と下体を起こして体を反らし，腹部で支えてバランスをとる。頭はしっかりと起こし前方を見る。膝はまがらないように伸ばしておく。



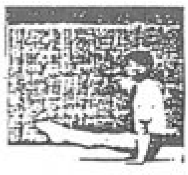
(6)水平位片足平均立ち



(7)



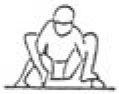
(8)



(9)

⑽かえる立ち

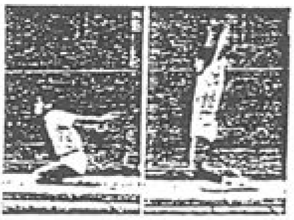
足を肘の外側から回して肘に掛ける。腕を伸ばしながら腰を浮かせ，手だけで支持する。



動的バランス

⑴正座姿勢からジャンプして立つ

正座姿勢から，手の前上方への振り上げと，腰の伸ばしの反動を利用して，腰の浮きと同時に脚を前にすばやく引き寄せて立つ。できるだけ高い位置で立てるようにする。



⑵腕立て支持から足の前入れ

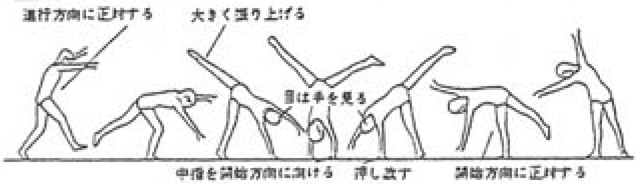
腕立伏臥支持から腰の反動と足のけりを利用し，手の押しとともに足を横から回しながら前に出して腕立仰臥支持になる。

⑶両足中ぬき

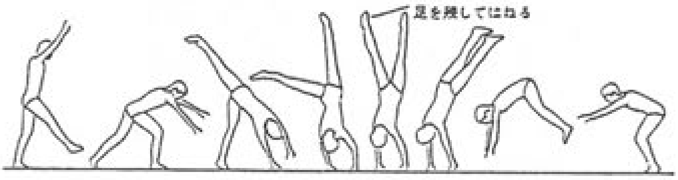
⑷片足回旋

回転系の技　*No.* 4

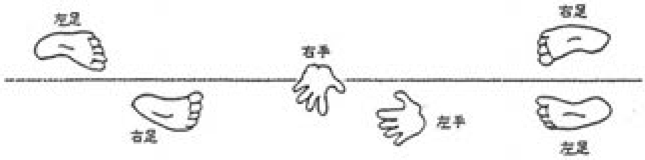
側方倒立回転（その2　側転、腕立て側転）



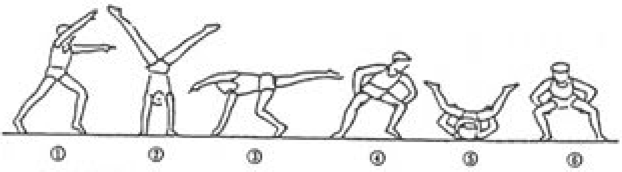
ロンダード（側方倒立回転とび1/4ひねり後向き直立）



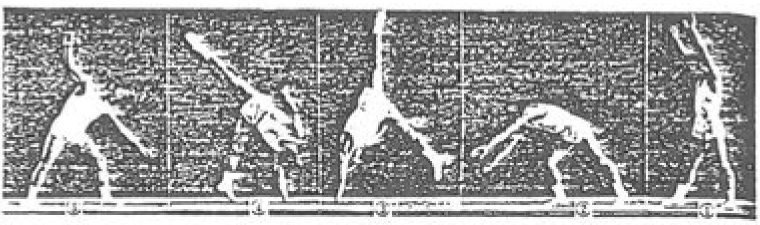
〔手足の着き方〕



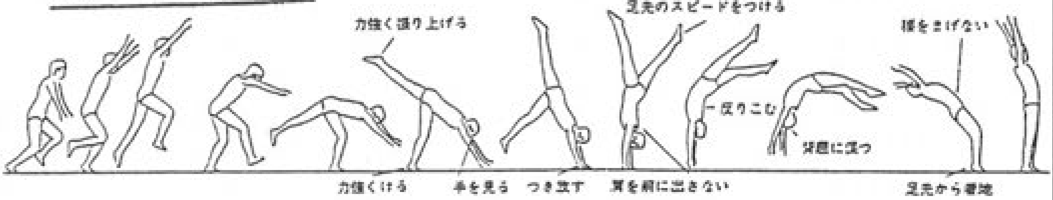
側方倒立回転の発展技



これは側方倒立回転から側転の組合わせである。



前方倒立回転とび（前転とび）



参考文献、引用文献
器械運動の授業　　　タイムス

意欲的にサッカーに取り組ませるために（第二報）

田中　譲

1．はじめに

サッカーのゲームの特性の一つとして、攻守の切り換えが瞬時に行なわれるとともに、すべての技術が、その切り換えに遅れることなく、す早い判断のもとに展開されることがある。野球やバレーボールは、攻守の切り換わる時期が明確であり、比較的考える時間的余裕があるが、バスケットボールやラグビーなどは、サッカーと同様の特性を有している。しかしながら、バスケットボールやラグビーは、ボールを手で扱い、ボールコントロールに関しては、容易であるが、サッカーは脚でボールを扱う特性ゆえに、偶然性が高いゲームになりがちである。さらに、技能の習得の困難さは、おうおうにしてサッカーのゲームを単に蹴って走り、汗を一杯かいたという一次的欲求の満足だけに終始させたり、技能の高い者しか楽しめないものにさせがちであった。

第一報で報告したように、少しでも個人技能の軽減をはかり、よりゲームらしいゲームが楽しめるようにとの目的で、はずまないボール＝コントロールしやすいボールを使ってゲームを行なったところ、サッカーの特性を大きく損なうことなくゲームを楽しめるという指針が得られたので、今回は、練習からはずまないボール（モルテン社製ガーデンフットボール）を使用してみた。

ところで、１９８７年度文部省実技指導者講習会中部地区に参加した２２校のうち、ゲームを中心とした課題解決的な教材編成でグループ学習を行なっている高等学校は、わずか１０％にも満たなかった。このことから即断することはできないが、多くの指導者は、サッカーの個人技能の習得の困難さを熟知しているがゆえに系統的一斉的な学習系態を選ばざるを得ないのではないだろうか。しかしながら、技能の習得に固執し技能がなければゲームは成立しないと考えることはかえってゲームに生きる技能の習得につながらないと考えられる。

このような理由で、今回ゲームを中心に置き「学びとり方」を目標とした小集団での課題解決的教材編成による探求的、発見的な学習形態の授業と、「技能の習得」を目標とした一斉的で、系統的な教材編成による提示的、説明的な学習形態の授業との比較[1)]の中で、技能や授業に対する態度などについて検討を加えてみた。

2．授業の進め方

表１は、授業の進め方を示したものである。「学びとり方」を目標とした授業は高２男子１１７名を対象とし、「技能の習得」を目標とした授業は高１男子１１９名を対象としている。どちらの授業においても、ガーデンフットボールを使用し２人に１個ずつあたる個数を用意した。なお、全授業の最初と最後に、ガーデンフットボールと５号球のボール

で、おのおの５分間ボールリフティングを実施し、地面に落とさずについた最高回数を記録した。

授業時間数は、当初１５時間を予定していたが、雨などでグランドが使えず、実際はそれより２～３時間ずつ少なくなった。そのため、２年生では練習とゲームを同一時間内で行なわなければならない授業が後半に生じた。ゲームはどちらもリーグ戦で、オールコートの４分の１の広さのゴールキーパーのない５人制ミニゲームを行なった。

表１　　授業の条件

教材		サッカー	
目標		作戦を考え、パスをつないでシュートする。	
対象		高校１年生男子１１９名	高校２年生男子１１７名
期間		10月～12月上旬　全12～13時間	
教材の編成		系統的	課題解決的
教授活動		提示・説明的	探求的・発見的
学習集団		ゲームに入るまでは一斉的 リーグは１チーム７～８名の グループ	グループ学習 １チーム７～８名
ゲーム		ミニサッカーのルール	
使用ボール		ガーデンフットボール（２人に１個の割合）	
教師		同一教師	
授業の展開	１時	ボールリフティング	オリエンテーション
	２〃	ドリブルとボールコントロール	ゲーム
	３〃	ドリブル、フェイント、キック	練習
	４〃	トラップ、ドリブル、フェイント、キック	ゲーム
	５〃	１ゴールゲーム①	練習
	６〃	１ゴールゲーム②	ゲーム
	７〃	守備の方法	練習
	８〃	攻撃の方法、オープン攻撃、速攻	ゲーム
	９〃	リーグ戦	練習とゲーム
	10〃	〃	練習とゲーム
	11〃	〃	練習とゲーム
	12〃	まとめ	まとめ
指導上の留意点		・ボールタッチの感覚を伸ばす	・チームリーダーの養成
		・個人技能の習得	・チームワークの認識
		・組織的な攻防ができる	・作戦を考え、ゲームに生かす

3. 調査の結果と考察

技能のうち個人技能に関しては、前述したように5分間のボールリフティングの最高回数を調べ、集団技能に関しては、ゲームにおけるパスの連続性を調べた。また、授業前後にアンケート調査と態度測定[2)]を実施し、生徒の実態を調べた。

図1表2はリフティングの最高回数の平均を表わしたものである。ボールリフティングは、全身の腕以外のどの部分を使ってもよく、ボールを地面に落とさず5分間で何回タッチしたかを測定させ、自己申告させた。なお、授業前、後のリフティングでは、ボールは各自1個ずつ使い、ガーデンボールと5号球の両方で行ない授業中練習の前に行なったボールリフティングでは、2人に1個ずつとし、5分間の中で交互にリフティングさせた。

表2

学年		授業前	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	授業後
1年	N	114	110	111	108	111	109	113	100	110
	$\overline{X}$	30.68 (35.97)	29.13	32.73	34.31	29.58	33.03	34.77	31.19	34.56 (41.07)
	SD	39.46 (56.71)	38.28	48.01	48.09	31.80	35.58	42.62	33.40	41.71 (49.76)
2年	N	114	114	105	106	89	——	——	——	111
	$\overline{X}$	28.1 (33.5)	24.75	23.62	23.99	22.89	——	——	——	42.03 (44.29)
	SD	46.7 (63.0)	36.04	33.73	33.97	34.26	——	——	——	74.28 (71.47)

（　）の中は5号球を用いたもの

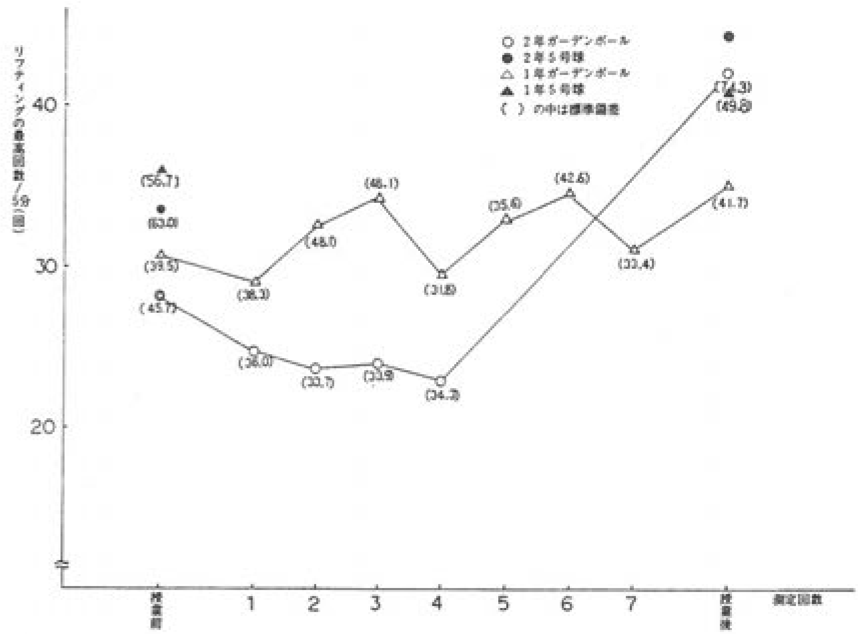


図1

ボールリフティングは、スキルテストの一つとして一般によく使われ、ボールコントロールの能力を養う目的や準備運動としてもしばしば用いられる。昭和５０年〜５３年に行なわれた、日本サッカー協会の「ヤング・フットボーラーの実態調査」では、リフティングの回数は、年齢が高いほど回数が増えていると報告されている。年齢が高い＝経験年数が長いとは必ずしもいえないが、そのような傾向を示すと考えてよいだろう。授業前のリフティングは、１年生が３０、７回（S．D　３９，５）２年生が２８、１回（S．D　４６，７）授業後は１年生が３０、６回（S．D　４１，８）２年生が４２、０回（S．D　７４，３）であり、授業前では１年生の方が高い値を示したが、授業後は、２年生が逆転している。ところで、１年生は７回、２年生は４回と、その差があるのは、２年生は、練習のある日しか測らなかったことと、雨でリーグ戦を消化するため、止むなく練習とゲームを同一日に行なったので、リフティングの測定を中止したためである。（授業前後、１年と２年のいずれにおいても、有意差は認められなかった）

それぞれのグラフを見ると、１年生はわずかではあるが増加傾向を示し、授業前よりも授業後が伸びている。反面、２年生は、やや減少傾向を示しているが、授業後では、大きく上まわっている。増加と減少の傾向に関しては、それぞれの授業における内容の違いがこういう結果となった。つまり、技能を系統的に学習している方が伸びる傾向にあるが、授業後に行なったリフティングでは、２年生の方が１年生を上まわっている。この原因として考えられるものは、１年生では、リフティングはあくまでもリフティングであってそれ以上、それ以下のものでもなく、練習内容の１つとしてのみ意味づけられているのに反して、２年生では、確かにリフティングの練習そのものは少ないけれど、他の練習内容が生徒の課題と直結し、その練習が積極的に取り組まれた中で総合的なボールを扱かう技能が養なわれたため、リフティングにもそのことが影響を及ぼしているのではないだろうか。

サッカーのゲームにおいて重要なことは、その場の状況に応じてそれに適した技能をスムーズに出すかである。ゲームで役立たない技能を身につけても、サッカーを楽しむにはほど遠い。それでは、その技能を生徒はどのように知るかであるが、一つは指導者の側の説明によるものであり、もう一つは、生徒自からが知ることである。前者は、提示的、説明的な教授活動であり、後者は探求的、発見的な学習活動となり、今回においては、１年生が前者となり、２年生が後者となる。ゲームで技能が役立っているかどうかは,ゲームを分析しなければならないが、その一つの方法として、パスの連続性を調べる方法がある。

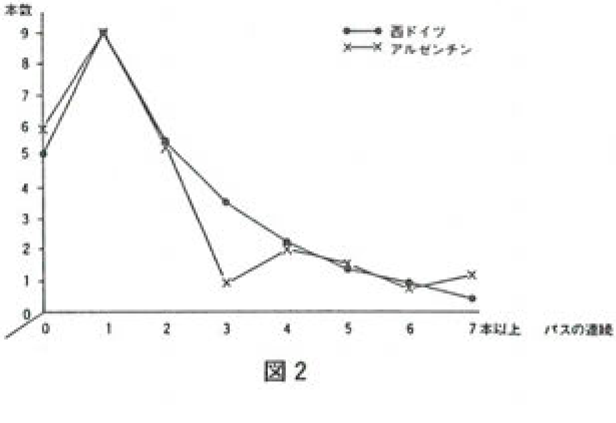


図２

図３、４は、１年生・２年生のゲームにおけるパスの連続性の変化を１チームの平均になおして表わしたものである。パスの連続性は、第一報で報告した通り、ゲームの発展を知る上で一つの効果的な手段となり得る。[3) 4)] ちなみに、図２は、１９８６年メキシコワールド

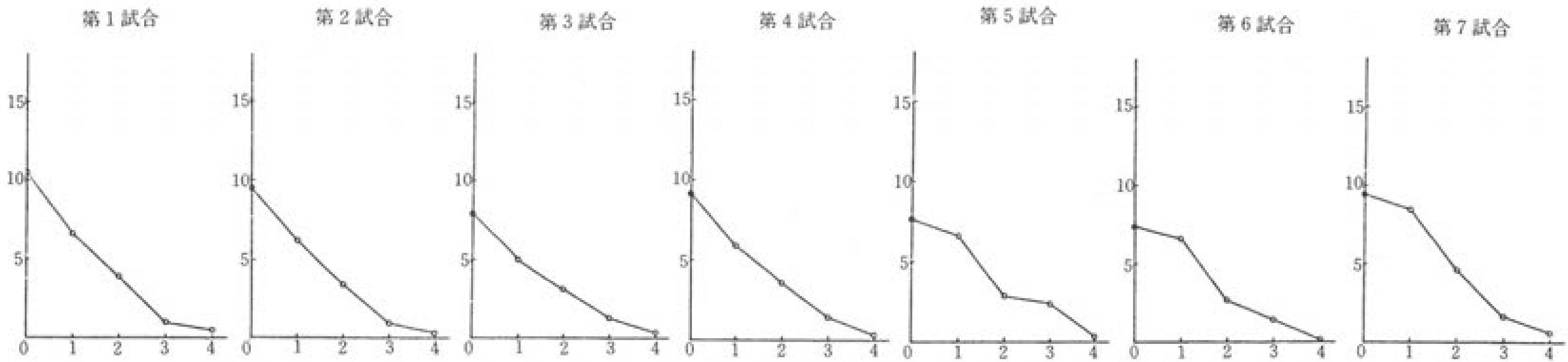


図3　1年生のパスの連続性

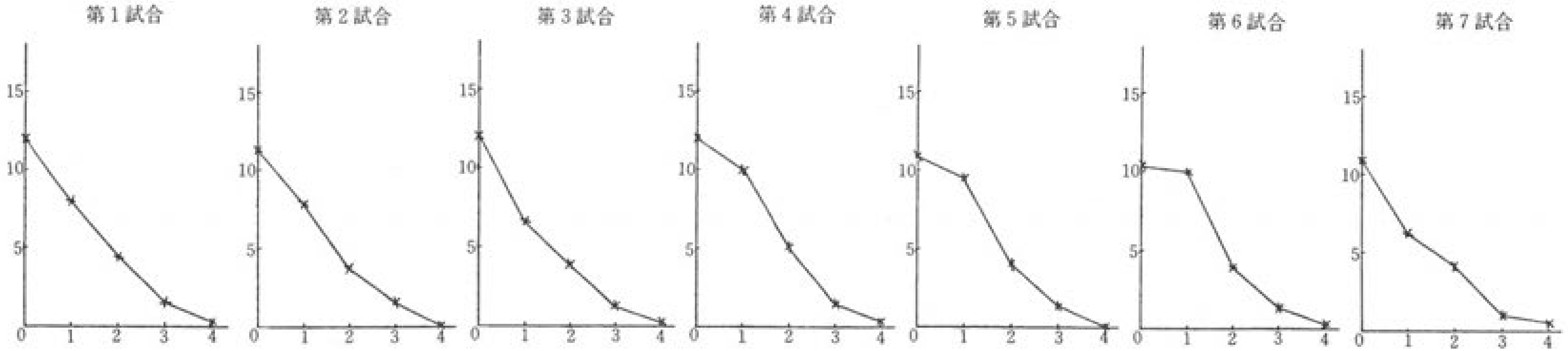


図4　2年生のパスの連続性

カップ決勝戦、アルゼンチン対西ドイツの試合のパスの連続性を、２０分のゲームに換算したものをグラフ化したものである。ここにみられるように、１本のパスを頂点とした横にひろがった形のグラフが理想的と考えられる。その点について両者を比較してみると、１年生では第５試合から、２年生では第４試合から１本のパスが増えはじめ、以後しだいにこの傾向を強めていっている。ただ、２年生の第７試合は、１本のパスが減り最初のパターンにもどってしまったが、これは、グランドの状態が悪くパスが通りにくかったためと考えられる。第一報[3)]の２年生の場合でも今回と同様第４試合から多くなくなりしだいに横にひろがる傾向を示したが、この原因が学習形態の違いによるものなのか、あるいは、１年間の年齢差によるものなのかは現段階では判断できない。どちらにしても、どの学習形態に関わらず、ゲームの発展は後半に見られた。

生徒がどういう実態で何を学習したかについては、授業の前・後にアンケート調査を実施した。調査内容と結果は次の通りである。

授業前に実施したアンケート

１. サッカーは好きですか、嫌いですか。

	％ １年生（116名）	％ ２年生（111名）
・大好き	１６．４	１９．８
・好き	４０．５	４３．２
・好きでも嫌いでもない	３３．６	２９．７
・嫌い	６．９	６．３
・大嫌い	０．９	０．９
［その理由］		
◎好意的なもの		
・おもしろい、楽しい	３９．７	２２．５
・のびのび走れる	６．０	１０．８
・クラブで経験した	３．４	７．３
・熱中できる	１２．１	６．３
・球技だから	４．３	３．６
・ストレスが発散できる	１．７	３．６
・技術に関係なく楽しめる	０	２．７
・全員が協力できる	４．３	２．７
・他の人より上手だ	７．８	２．７
・その他	６．０	６．３
◎否定的なもの		
・技術が低い	６．９	７．２
・技術差が大きい	３．４	２．７
・技術が向上しない	４．３	０．９
・体力的に劣る	０	４．５
・勝敗にこだわりすぎる	０．９	１．８

・ミスを非難される	0	0.9
・サッカーの経験が少ない	2.6	0
・その他	6.9	0

2, 今までのサッカーの授業で、最も良かったことは何ですか。

・ゲームに勝った	24.1	26.1
・チームワークやチームプレーができた	20.7	19.8
・シュートが決まった	15.5	15.3
・ゲームで全力が出せた	5.2	15.3
・グループで学びあった	6.9	0
・その他	16.4	9.0
・思いつかない	11.2	23.4

3, 今までのサッカーの授業で、悪かったり嫌だったことは何ですか。

(チームに関すること)	・ミスを追求される	※1	12.1	6.3
	・上手な者が勝手にプレーする		6.9	5.4
	・責任のなすりあい		6.0	2.7
	・チームがまとまらない	※2	18.1	2.7
	・その他		6.9	4.5
(ゲームに関すること)	・ファウル・ラフプレイが多い		3.4	9.0
	・負ける		5.2	6.3
	・勝敗にこだわる		0.9	2.7
	・その他		6.9	4.5
(ゲームの運営に関すること)	・ゲームが少ない		4.3	6.3
	・ミニがいや		5.2	6.3
	・ゲームの出場が少ない		1.7	6.3
(その他)	・技術が上達しない	※3	16.4	0
	・その他		6.0	0
	・思いつかない		18.1	21.6

4. サッカーの中で難しいと思うものは何ですか。

・個人技能に関するもの	80.1	73.9
・集団技能に関するもの	25.9	26.1
・チームワーク	12.9	10.8
・すべて	12.1	9.9
・状況判断	5.2	5.4
・その他	2.6	4.5

5．サッカーの中でやさしいと思うものは何ですか。

・ない	45．7	58．6
・個人技能や体力、気力など個人に属するもの	37．9	31．5
・パス	11．2	3．6
・ルール	2．6	1．8
・守備	5．2	0
・その他	0	4．5

6．今までのサッカーの授業でどういうことを学びましたか。

・チームワークにすること		31．9	27．0
・チームプレーに関すること		27．6	20．7
・パス		16．4	11．7
・ルール		3．4	5．4
・個人技能	※4	30．2	4．5
・体力		3．4	4．5
・その他		13．8	16．2
・ない		3．4	9．9

（重復回答あり）

生徒の授業前の実態については、1年、2年とも大きな違いはみられなかった。生徒の3分の2はサッカーを好み、その理由として、おもしろい、楽しい、熱中できる等の一次的欲求を満足させることをあげている。逆に嫌いな理由としては、技術に関するものが多くあげられる。そして、サッカーの授業で、チームワークやチームプレーを楽しむ反面、※1や※2にみられるチームワークを乱す原因となる要因によって、嫌な思いを感じている。サッカーの中で難しいものとしては、個人技能・集団技能をほぼ全員があげ、やさしいものはないと答える生徒が半数近くいた。生徒にとっては、ボールを扱うことがいかに難しいかということがわかる。ただ、この点に関しては、※3、※4でみられるように、1年生の方が高く、両者を比べた場面、1年生の方が個人技能の習得の機会が多い授業を経験してきたことを示唆し、授業前のリフティング回数が、1年生の方が高かったことからもそれる裏づけることができる。

このように、ほとんど同じ実態の生徒が、授業後どう変わったかを、授業後のアンケートでみてみた。内容と結果は次の通りである。

授業後に実施したアンケート

1．サッカーを行なう場合、最も必要だと思うことは何ですか。

		1年（113名）%	2年（108名）%	
・チームワークやチームプレイ	※1	59．3	43．1	
・やる気や積極性など精神的なもの		19．5	31．5	※2
・個人技能		13．3	14．8	
・体力		8．0	13．0	
・作戦・戦術		0	4．6	

・ルールを守る	１．８	４．６
・パス	８．８	３．７
・判断力	２．７	１．９
その他	９．７	１０．２

2. サッカーで一番大切だと思う技術は何ですか。

・パスに関する技術	４１．６	４５．４
・キックに関する技術	３０．１	２６．９
・トラップやボールキープなどのコントロール技術	１１．５	２０．４
・シュート	１７．７	１３．０
・ドリブル	８．０	５．６

3. サッカーで一番難しいと思う技術は何ですか。

・トラップやボールキープなどのコントロール技術		１３．３	１７．６	
・パス		１２．４	１６．７	
・ドリブル		２０．４	１４．８	
・リフティング		１．８	１１．１	※3
・その他の個人技能		１５．９	１０．２	
・シュート		１０．６	９．３	
・フェイント	※4	３１．９	９．３	
・状況判断		２．７	７．４	

4. サッカーで身について良かったと思う技術は何ですか。

・パス		１３．３	１６．７
・守備の技術		１２．４	９．３
・ドリブル		１４．２	８．３
・キック	※5	１９．５	６．５
・シュート		３．５	６．５
・トラップ		８．０	６．５
・ヘディング		２．７	５．６
・リフティング		１０．６	３．７
・その他		１．８	７．４
・ない		１８．６	２６．９

5. サッカーの授業でうれしいと感じる時はどんな時ですか。

・勝った時		４２．５	４３．５	
・得点した時（チーム、個人両方）		３８．９	３２．４	
・チームに貢献できた時		９．７	１３．９	
・作戦がうまくいった		２．７	７．４	
・上手くプレイができた		９．７	７．４	
・チームワークが良い		９．７	４．６	
・練習の成果があった		０	２．８	
・パスがつながった	※6	８．８	０	
・その他		１３．３	６．３	

6. サッカーの授業で身についたと考えられる事がらをすべてあげて下さい。

・個人技能に関すること	※7	１００．０	４６．３	
・チームワークに関すること		２３．０	２６．９	
・チームプレイに関すること		２３．９	２３．１	
・気力、集中力など精神力に関すること		８．０	１７．６	※8
・パスに関すること	※9	２７．４	１４．８	
・指示や判断力に関すること		２．７	１２．０	
・その他		６．２	８．３	
・ない		８．８	１５．７	

7. ガーデンボールの感想を書いて下さい。

（肯定的なもの）	・扱いやすい・よい		４８．７	４７．２
	・ミニコートにあっている		８．８	１３．９
	・技術の差が出ない		８．０	７．４
	・パスしやすい		１．８	６．５
	・５号球と差はない		３．５	２．７
	・その他		５．３	８．３
（否定的なもの）	・扱いにくい	※10	６３．８	３３．３
	・大きくできない		７．１	２．７
	・痛い		２．７	２．７
	・その他		２．７	６．５

8. ミニサッカーの感想はどうでしたか。

（肯定的なもの）	・おもしろい・楽しい		４４．２	４７．２	
	・全員がプレイできる		６．２	１２．０	
	・チームプレイしやすい		８．８	１２．０	
	・運動量がある		８．８	３．７	
	・技能の低い者によい		１．８	３．７	
	・その他		８．８	１０．２	
（否定的なもの）	・狭い、正規のコートがいい	※11	２１．２	１０．２	
	・疲れる		１０．６	９．３	
	・技術がより難しくなる		６．２	５．６	
	・その他		８．０	８．３	

9. サッカーについて気づいたこと、感じたことを書いて下さい。

・チームワークや協力の重要性		２４．８	１９．４	
・おもしろい、楽しい	※12	２９．２	１７．６	
・戦術、作戦		０	１１．１	※13
・チームプレイについて		８．０	７．４	
・個人技能の伸び		８．０	５．６	
・サッカーの難しさ		９．７	４．６	
・体力の必要性		８．８	４．６	
・良い印象が残らない		４．４	５．６	
・その他		２２．０	１７．６	
・ない		２．７	３．７	

（重複回答あり）

両者を比較して、１０％以上ひらきのあるものと特徴的なものについて検討を加えた。

まず、**１．サッカーに最も必要なものは**、という項目では、チームワークとチームプレイとやる気や積極性など精神的なものの二つに違いがあらわれた。前者では１年生が、後者では２年生が高く、それ以外はほぼ同様であった。１年生にとって、チームワークやチームプレイを学習する場面が少ないため、その必要性をより多く感じたためであろう。２年生においてやる気や積極性などが特徴だったことは、チームとしてゲームや練習を行なう上で必須の条件といえるし、小林[2)]のいう「ひたむきにがんばることこそ授業の基底」を裏づけるものであり、６、サッカーの授業で身についたと考えられる事がらでの※８気力、集中力などが高いことからも学習形態の目標と関連づけて考えられる。

３．サッカーで一番難しいと思う技術は何ですかという質問に対しては、１年生は※４フェイントが高く、２年生では※３リフティングが高かった。１年生のフェントについては、記述内容から類推すると、ドリブルでフェイントを入れて抜く一連の動作としてとらえているようである。理由としては、やはり学習の過程が大きいとともに、パスを使って攻めるゲームを経験することが少ない比較的個人中心のゲームしかできなかったことによ

ると考えられる。そのことは、次の４、サッカーで一番身について良かったと思う技術は何ですか、という質問に対して、２年生ではパスが最も高いにも関わらず、１年生ではキックが最も高かったこと、さらに※６パスがつながったこと、※７個人技能に関すること、※９パスに関すること、などからも、技能の習得を中心とした学習形態の影響であると考えられる。

ところで、７．ガーデンボールと８．ミニサッカーに関する質問では、どちらの問いに対しても肯定的に答えた生徒は、４５～４８％であったが、否定的に答えた生徒は、１年生で特に多くみられ、特にガーデンボールについての評価は、肯定的な数字を大きく上まわった。（６３、８％　※10,※11）授業前に行なった５号球を使ってのボールリフティングの後どちらが扱いやすいかの質問には、表３の通り１年、２年の間に大きなへだたりはなく、ガーデンボールの特性が、小さくはずまない＝トラップしやすいことからわかるように、キックやドリブルはしにくいため、技能中心の授業においては、やりずらいという声が大きかったのではないだろうか。しかし、この特性こそ、パスの重要性を増し、個人技能の高い者が独壇場となるゲームを制限する要因となり、学習形態ともあいまって作戦や戦術を導びき出しやすいと考えられる（※13）

表３

	1年生(107人)	2年生(111人)
ガーデンボールが扱いやすい	21.5%	22.5%
５号球が扱いやすい	66.4%	52.3%
どちらでもない	12.1%	25.2%

表４、５、６は態度測定[2)]の診断結果である。授業後の態度得点は、１年生ではすべてのクラスが、かなり高いレベルか高いレベルを示し、２年生では、１クラスがアンバランス以外は、やや高いレベル以上の判定を得た。さらに、態度変化の診断では、１年生では１クラスがアンバランス、１クラスがやや成功、残り２クラスが成功となり、２年生では、4クラスともかなり成功以上の診断を得た。これらのことは、２つの異なる学習形態の授業が、いずれも成功したと考えてよいだろう。ただ、学期始めの診断では、１年生が高い反面、２年生がかなり低いレベルであった。両学年とも、中高６年の一貫教育において、グループによる課題解決的な体育の授業を数多く経験してきているのだが、この差は極めて興味深い。高等学校における１年間の授業による差とは考えにくく、この学年が授業だけでなく、いろんな場面で達成感や満足感、協力のよろこびなどの成功の経験が乏しかったことが影響しているのではないかと考えられる。

次に、診断結果の解釈だが、両学年とも「よろこび」、「評価」、「価値」の三つの尺度において、全般的な上昇が見られるが,特に２年生では、評価の伸びが著しい。指導者がただ巡回しているだけのグループ学習では、「評価」が低いことから考えると、このグループ学習が成功であったことがわかる。表７は、小林[2)]が提示した「良い授業」の構造と項目点が標準以上の伸びを示したものの対比である。２年生では、すべての要因で多数の項目がみられ、しかもクラス数も多い。一方、１年生では「ひたむきな活動」と「わざや力の伸び」の要因を除いて、２年生と同じ傾向を示した。

表4　1年態度診断結果

調査人員（n）			診	断		診	断		診	断		診	断		項目点が上がったクラス数	項目点が下がったクラス数
学期始め 学期末			学期始め	変化	学期末	学期始め	変化	学期末	学期始め	変化	学期末	学期始め	変化	学期末		
よろこび	1	こころよい興奮		↗	○	○	↗	○	○	↗	○	○	↗	○	4	
	2	心身の緊張ほぐす	×				↗	○	○		○			○	1	
	3	生活のうるおい	×					○						○		
	4	苦しみより喜び	×	↗	○	○		○	○		○	○		○	1	
	5	集団活動の楽しみ	○	↗	○	○	↗	○	○		○	○	↗	○	3	
	6	友だちを作る場	×					○	○		○					
	7	積極的活動意欲	×	↗	○	○		○	○	↗	○	○		○	2	
	8	自主的思考と活動			○	○		○	○		○	○		○		
	9	体育科目の価値			○	○	↗	○	○		○	○		○	1	
	10	授業時間数	×				↘	×	○		○		↘			2
	態度スコア		E	4	B	A	4	A	A	3	A	B	4	A	計12	2
評価	11	キビキビした動き			×									×		1
	12	体力づくり			×	×					×	×	↘	×		1
	13	明朗活発な性格	×	↗				○	×		×	×			1	
	14	精神力の養成	×		×							×				
	15	堂々がんばる習慣	×									×				
	16	協力の習慣			○	○		○	○		○	○		○		
	17	基本的理論の学習			×	○		○	○		○	○		○		
	18	深い感動				○	↗	○				○	↗	○	2	
	19	授業とまとまり		↗	○	○	↗	○							2	
	20	授業の印象	×	↗	○	○		○		↗	○	○		○	2	
	態度スコア		E	4	C	A	4	A	C	4	B	B	3	B	計7	4
価値	21	チームワーク発展	○	↗	○	○	↗	○	○	↗	○	○	↗	○	4	
	22	みんなの活動	×	↗		×			×		×	×			1	
	23	みんなのよろこび				○	↗	○				○		○	1	
	24	利己主義の抑制	×	↗	○				×		×	×		○	1	
	25	永続的な仲間	×	↗	○	○		○	○		○				1	
	26	主体的人間の育成	×	↗	○			○							1	
	27	理論と実践の統一	×			○		○	○	↘	×					1
	28	授業のねらい	×	↗		○		○		↘					1	1
	29	教師の存在価値	×									○				
	30	体育科目の必要性	×	↗	○	○		○				○	↘		1	1
	態度スコア		E	5	B	A	4	A	C	2	C	C	B	B	計11	3

表5　2年態度診断結果

調査人員（n） 学期始め 学期末			診断			診断			診断			診断			項目点が上がったクラス数	項目点が下がったクラス数
			学期始め	変化	学期末	学期始め	変化	学期末	学期始め	変化	学期末	学期始め	変化	学期末		
	1	こころよい興奮		↗	○	○	↗	○		↗	○		↗	○	4	
	2	心身の緊張ほぐす	×	↗	○		↗	○				×			2	
よ	3	生活のうるおい	×	↗	○		↗	○						○	2	
	4	苦しみより喜び	×			○		○	×					○		
ろ	5	集団活動の楽しみ			○		↗	○	○		○	○		○	1	
	6	友だちを作る場	×					○						○		
こ	7	積極的活動意欲	×			○	↗	○	○		○	○		○	1	
	8	自主的思考と活動	○	↗	○		↗	○	○		○	○		○	2	
び	9	体育科目の価値	×	↗	○			○			○	○		○	1	
	10	授業時間数	×											○		
	態度スコア		E	5	A	B	5	A	C	4	B	B	4	A	計13	0
	11	キビキビした動き	×		×	×	↗	○	×		×	×		×	1	
	12	体力づくり	×	↘	×	×	↗	×	×		×	×		×	1	1
	13	明朗活発な性格	×		×	×	↗	○	×		×	×	↗	○	2	
評	14	精神力の養成	×	↗			↗		×		×	×			2	
	15	堂々がんばる習慣	×				↗		×		×	×			3	
	16	協力の習慣		↗	○		↗	○		↗	○	○		○	1	
	17	基本的理論の学習	○					○	○					○		
価	18	深い感動			○	○	↗	○	○		○	○		○	1	
	19	授業とまとまり	×	↗			↗	○					↗	○	3	
	20	授業の印象	×		×		↗	○	×						1	
	態度スコア		E	4	D	C	5	A	D	4	C	D	4	B	計15	1
	21	チームワーク発展				×	↗	○		↗	○	○		○	2	
	22	みんなの活動	×		×	×		×	×		×					
	23	みんなのよろこび	×			×	↗	○	×		○	○		○	1	
価	24	利己主義の抑制	×		×	×	↗		×		↗	×			1	
	25	永続的な仲間	×	↗	○	×					○				1	
	26	主体的人間の育成	×		×	×						×				
	27	理論と実践の統一		↘	×	×										1
値	28	授業のねらい	×	↗			↗	○		↗				○	3	
	29	教師の存在価値	×		×	×		×								
	30	体育科目の必要性		↘	×	×			×			○		○		1
	態度スコア		D	3	D	A	4	C	D	3	C	C	3	B	計8	2

表6　　　　　1 年 生

	総合診断							
態度スコア	学期初め	学期末	学期初め	学期末	学期始め	学期末	学期初め	学期末
高いレベル			⊖	⊖				⊖
かなり高いレベル		⊕				⊕	⊕	
やや高いレベル					⊕			
ふつうのレベル								
やや低いレベル								
かなり低いレベル								
低いレベル	⊖							
アンバランス	—	—	—	—	—	—	—	—

今学期の授業				
成功	⊖	⊖		
かなり成功				
やや成功				⊕
横ばい				
やや失敗				
かなり失敗				
失敗				
アンバランス	+	+	⊕	+

2 年 生

	総合診断							
態度スコア	学期初め	学期末	学期始め	学期末	学期始め	学期末	学期初め	学期末
高いレベル								⊖
かなり高いレベル				⊕				
やや高いレベル						⊕		
ふつうのレベル								
やや低いレベル								
かなり低いレベル					⊕			
低いレベル	⊖							
アンバランス	—	⊖	⊕	+	+	+	⊕	+

今学期の授業				
成功		⊖		
かなり成功	⊕		⊕	⊕
やや成功				
横ばい				
やや失敗				
かなり失敗				
失敗				
アンバランス	+	+	+	+

表７　小林の「よい授業の姿」の構造との対応

構成要因＼学年	１　年	２　年
自主的・創造的な集団活動 ５・８・21・22・26	５…③ 21…④ 26…①	５…① ８…② 21…②
積極的活動意欲 ７	７…②	７…①
ひたむきな活動 14・15		14…② 15…①
ワザや力の伸び 11・12		11…① 12…①　(12…①)
ほんとうのよろこび ３・13・25	13…① 25…①	３…② 13…② 25…①
思い出に残る授業 10・20・27・28・30	19…② 20…② 28…① 30…① (27…① 28…① 30…①)	19…③ 20…① 28…③ 30…① (27…① 30…①)

(　) 内は標準以下だったもの
○は該当するクラス数を示す

小林[2)]は、「ひたむきにがんばり、そして動きのワザを身につけたという実感こそが、授業内容に対する子どもたちの評価を高める。」つまり「子どもたち自身の自主的、創造的な集団活動の中で、子どもたちがひたむきにがんばり、そして動きのワザを身につけていく時、「よろこび」も高まり、「評価」も高まる」と「よい授業」を意味づけている。こういった点から２つの授業を比べると、２年生は、授業前の態度得点のレベルの低さにも関わらず、「よい授業」として位置づけられ、一方１年生では、技能の習得を目標としながらも、かえって「ワザや力の伸び」が低く、教師主導型のやらされている授業であったため、「ほんとうのよろこび」の伸びが少なかったのであろう。そして、「思い出に残る授業」では、１年生ではアンバランスさを示したのに対して、２年生での評価が高く、このことからも、２年生の授業が良かったと判断される。１年生のアンバランスについては、これまであまり経験のない技能中心の系統学習に目新しさを感じた反面、グループ学習に対する強い要望もあり、そのことも影響しているであろう。

３．まとめ

サッカーを学習する上で、その指導に最も苦慮することが技能の習得であり、脚でボールを扱かうといった特性から生じるその困難さが、ゲームの発展をさまたげたり、作戦や戦術が生かせなかったりする大きな原因といえる。そこで、この負担を少しでも軽減し、生徒がゲームらしいゲーム、つまり作戦が生きてくるゲームを楽しめるようにとの工夫から、ボールをはずまないボール（コントロールしやすいボール）を使って授業を行なった結果、作戦が生きやすく、パスのつながりやすいゲームが見られた。（第一報）

今回、高等学校において比較的多く行なわれている「技能の習得」を目標とした系統的な教材編成による、提示、説明的な教授活動の一斉的な授業を１年生で、「学びとり方」の能力の形成を目標においた課題解決的な教材編成による、探求的、発見的な教授活動のグループ学習を２年生で実施し、個人技能をボールリフティングで、ゲームの発展をパス

の連続性で、生徒の実態をアンケートで、そして、授業の診断として態度測定を行ないこれらを比較し、生徒がサッカーを楽しみながらゲームらしいゲームに近づく方法を探ろうとした。その成果が、生徒が意欲的にサッカーに取り組むことにも通じる。

結果は次の通りであった。

1) ボーリフティングは、1年生では、授業前が３０，６８／１人（S.D　３９，４６）、授業後が３４，５６回／１人（S.D　４１，７１）　２年生では、２８，１回／１人（S.D　４６，7）であった。同時に行なった5号球のボールでは、1年生が授業前３５，９７回／１人（S.D　５６，７１）、授業後が４１，０７回／１人、２年生が授業前３３.５回／１人（S.D　６３，０）、授業後が４４，２９回／１人（S.D　７１，４７）であった。それぞれの回数を比べると、いずれも有意差は認められなかったが、授業前は、1年生が2年生より高いが、授業後は逆転し、両学年とも、授業後の方が回数が多く、特に2年生において伸びが大きかった。5号球はいずれもガーデンボールより高い数値を示したが、有意差はなかった。

2) パスの連続性は、1年生では第5試合から、2年生では第4試合からパターンの変化が認められた。

3) 授業前のアンケートでは、1、2年とも同じような実態を示したが、授業後のアンケートでは、1年生は、キックやパスなどの技能に関する答が多く、2年生では、やる気や積極性などの精神力、作戦や戦術が特徴的にみられ、学習形態の違いがこれらの違いにも反映していた。

4) ガーデンボールについては、扱いやすいと答えた生徒が、1年では４８，７％、２年生では４７，２％とほぼ同じであったが、扱いにくいと答えた生徒は1年で６３，８％、２年で３３，３％と、圧倒的に1年生が多かった。また、ミニより正規のコートを望む生徒も、２年１０，２％に比べ1年生２１，２％と高く、1年生にとって、このボールとコートは不評であった。

5) 態度得点は、授業前は、1年生が高いレベルに位置し、2年生は低いレベルであった。授業後はいずれも上がり、特に2年生の上昇が大きかった。得点診断においては1年、2年とも成功した授業であった。

6) 小林[2)]の「よい授業の構造図」における対比では、2年生では、すべての要因で対応したが、1年生では、「ひたむきな活動」、「ワザや力の伸び」に対応がなく、「思い出に残る授業」では、アンバランスな傾向を示した。

以上の結果は、生徒がサッカーに意欲的に取り組み、よりゲームらしいゲームを学習するためには、課題解決的な教材編成による、探求的、発見的な教授活動でのグループ学習が、技能の面でも、態度得点でも目標に近づきやすいと推察できる。ただ、同一学年での比較でないため、年齢による差があるかどうかについて、中高6ケ年の中での学習内容の最適化などについても、今後検討していきたい。

〔参考文献〕

1） 辻野昭・松岡弘　編　「保健体育科教育の理論と展開」　第一法規　１９８０年
２０９Ｐ
2） 小林　篤　「授業分析法入門」　明治図書　１９７５年　Ｐ４３〜Ｐ８０

3） 田中　譲　「意欲的にサッカーに取り組ませるために」（第一報）
大阪教育大学附属中・高等学校研究集録第２９集　１９８２年
4） 堀口正弘ほか　「サッカーのゲーム分析（報告その１）」　東京経済大学人文自然
科学論集２０：７１－９５　１９６８年

外傷者の多発に関する調査と予防

成田五穂子・楠本久美子

Ⅰ．はじめに

本校を含め、大阪府下の学校管理下での被災率は高くなる一方である[1]（表１）本校では年間の外傷者数が一時期に比べると低い（図１・表２）にもかかわらず、日本体育・学校健康センターの申請率は57年度から上昇するばかりである。(表３・図２）多分、将来も上昇すると思われる。53年から55年度にかけて、外傷者が多かったため、56年９月に運動場の改修工事が行われ、その改修の効果があって外傷者はすぐ激減し喜んでいた。再び、61年度から原因がつかめないまま、けがの大小を問わないでけがをする者が増加している。この報告は、61年と62年に実施した外傷者急増原因調査の結果をまとめた中間報告である。

表１　過去10年間の被災率

（大阪府）　（%）

年　度	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
小学校	3.93	3.87	4.01	4.05	4.24	4.60	4.50	4.86	5.28	6.01
中学校	5.95	6.06	5.98	6.08	6.19	6.30	6.30	6.43	6.72	7.09
高等学校	3.21	3.46	3.31	3.41	3.35	3.30	3.32	3.46	3.41	3.57
合　計	4.17	4.14	4.31	4.36	4.62	4.62	4.56	4.81	5.07	5.49

注）加入者数のうち義務教育諸学校および保育所における要保護児童生徒等の数は除く。
（日本体育・学校健康センター調べ）

表２　年間外傷者数

単位：人数

校種	年度	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
中学校	男	786	975	956	972	847	684	838	629	688	651
	女	573	669	601	785	744	557	465	604	589	646
高　校	男	752	645	550	545	719	642	496	244	471	654
	女	395	386	362	398	309	340	252	247	262	309

表３　学校健康センター申請率

（%）

校種＼年度	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
中学校	10.94	5.40	5.03	4.65	5.56	7.92	11.13	11.20	9.27	13.59
高　校	10.96	9.48	7.11	6.76	4.73	8.40	7. 24	11.45	8.16	21.93

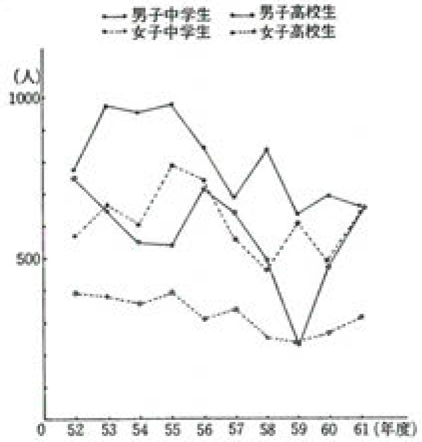


図1　年間外傷者数

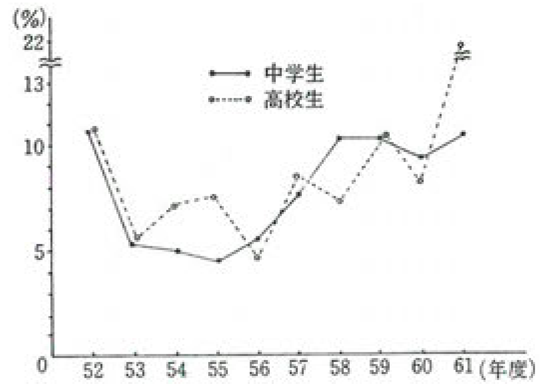


図2　学校健康センター申請率

Ⅱ. 本　文

調査は、61年度始めからの受傷者と滅多に受傷しない生徒を対象にアンケートを行ない、両者の相違点からけがの予防対策と指導について検討を行なった。

1. 調査対象者

Aグループ：頻般に保健室で治療を受けたり、61年度中に外科病院での治療を受けたことのある生徒たちである。

Bグループ：比較対照者であり、滅多にけがをしない生徒たちである。中学生・高校生を区別するために次のように表わし、調査人数も次の通りである。

A_1グループ：中学生男子24人　中学生女子17人

B_1グループ：中学生男子24人　中学生女子17人

A_2グループ：高校生男子26人　高校生女子 7人

B_2グループ：高校生男子24人　高校生女子 7人

2. 調査時期

A_1・B_1・A_2・B_2の各グループに61年12月ごろ、同じアンケート調査を行い、62年5月にA_2・B_2の男子グループだけにスポーツテストの比較調査を行った。

3. 調査内容

アンケート調査は、口頭試問で行い、できるだけ正確な解答を得るように努めた。質問していくうちに、生徒本人が、けがに対しての予防意識に目ざめたり、あるいは、生活態度の反省などをするきっかけになったりして好都合の調査であった。

1) アンケート内容

①61年4月から、けがを何回しましたか。

②何月にけがをしましたか。

③身体のどの部分にけがをしましたか。

④どの場所でけがをしましたか。

⑤1日のうちどの時間帯にけがをしましたか。

⑥けがをしたのは何が原因でしたか。

⑦所属部は運動部ですか。文化部ですか。

⑧下校時刻はだいたい何時ごろですか。

⑨塾に何時間行っていますか。(通塾時間も含む)
⑩食事や間食で一週間のうち４日は食べる食品はどれですか。
⑪テレビは１日平均何時間ぐらい見ますか。
⑫テレビはだいたい何時ごろまで見ますか。
⑬ラジオは何時ごろまで聞いていますか。
⑭だいたい何時ごろ寝ますか。
⑮睡眠時間はだいたい平均何時間ですか。
⑯いつも熟眠して寝ていますか。
⑰毎日、疲労感や、だるさ、眠たさがありますか。
⑱日曜日はひと月のうち、何回ぐらい電車や車に乗って外出しますか。

２）スポーツテスト

①反復横とびの成績はいくらですか。
②背筋力の成績はいくらですか。
③立位体前屈の成績はいくらですか。

４．調査結果

１）アンケート結果

中学校と、高校とでは、カリキュラム、クラブ活動、生活面での内容に違いがあるので、一諸に検討するのには無理があると思うが、結果は順を追って次の通りである。

① けがの回数について（表４）

中学生の解答と高校生のとでは、Ｂグループのけがの回数に相違がある。これは中学校と高校の質問に少々違いがあったためである。中学校では「病院で治療を受けるほどの外傷の回数」を問い、高校は「すり傷を含めた外傷の回数を」質問した。高校生の場合、日ごろけがをしにくい生徒でも8ケ月の間に0.5回ぐらいはけがをする危険性があることがわかる。この質問はけがをよくする生徒は、ほんとうによくけがをする生徒としてレッテルを貼ってよいものかどうか比較するためのものである。有意差検定（表26）の結果では、男女ともＡグループに有意差があり、Ａグループの生徒はけがをしやすい生徒として注意を要する生徒といえる。

表４　けがの回数

回数 ＼ グループ・性別	A_1		B_1		A_2		B_2	
	男	女	男	女	男	女	男	女
０　回	0	0	24	17	0	0	16	4
	0	0	100	100	0	0	67	57
１～２回	18	10			13	6	8	3
	75	59			50	86	33	43
３～５回	5	3			8	1		
	21	18			32	14		
６～10回	0	3			1			
	0	18			4			
10回以上	1	1			4			
	4	5			16			

上段：人数　　下段：％　　空白は０人

② 何月にけがをしているかについて（表５）

中学生は、けがの回数の解答では合計43件あるのに「何月にけがをしたか」の解答では、合計が24件になっているため、少々この項目だけ信憑性がないように思われる。高校生は男子は６・７月、女子は５月にけがが集中している。学校健康センターの申請件数も６月・７月に多かったので、このころのけがは大きなけがが多発した時期のようである。季節的な要因、あるいはカリキュラム等が影響したため

かと推測したが、有意差検定では(表26) 有意差がないので、季節とか、カリキュラムとか関係なく、彼らはけがをしたとしかいえない。

③ 身体のどの部分にけがをしているかについて（表6）

服で被われていない部分をけがするのが普通と思われるし、また、頭部のけがも少ないのが普通と考える。結果は有意差（表26）がなかったものの、A_1 グループの女子に腰部外傷が多い。これは打撲・筋肉痛が原因なのだが、若い年代ですでに腰痛がでるのは考えものである。この点については他の面からの指導をしていきたい。その他のグループでは、脚・足首から下の部位・手指の部分のけがが圧倒的に多い。けがの部位についてはA_1 グループ女子以外はさほど問題がないと考える。

④ どの場所でけがをしているかについて（表7）

どのグループも運動場のけがが多い。中学生は、バスケットコートと大学運動場とが約半々という結果で、高校生は80%近く大学運動場でのけがである。これはクラブ活動中のけがが多いので大学運動場をよく利用するためと考える。有意差もない（表26）ので、深く検討する必要もないのかもしれないが、クラブ活動と授業とで大学運動場を利用する回数は附属運動場とほぼ同じである。大学運動場自体に原因があるのか、あるいは、クラブ練習の方法に原因があるのか、けがをする生徒本人に原因があるのか、そのどちらと考える。

⑤ 時間帯とけがについて（表8）

どのグループも放課後にけがをしやすい。これはクラブ活動中のけが

表5　何月にけがをしたか

月別 ＼ グループ・性別		A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
4	人数	2				2	1		
	率	8				8	14		
5	人数	2	1			9	3	2	
	率	8	6			35	43	8	
6	人数	10	4			22	2	2	1
	率	42	24			85	29	8	14
7	人数	3	3			24	1	1	1
	率	13	18			92	14	4	14
8	人数	3	3			18	1		
	率	13	18			69	14		
9	人数	1	2			4			
	率	4	12			15			
10	人数	2	2			4	1	1	
	率	8	12			15	14	4	
11	人数	1	1			2		1	1
	率	4	5			7		4	14
12	人数		1					1	
	率		5					4	

空白は０人

表6　けがの部位

部位 ＼ グループ・性別	A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
頭　部	4	1			4			
	17	6			15			
頚　部		1			2			
		6			8			
顔　部	4	1			2			
	17	6			8			
腕　部	1	1			6	1		
	4	6			23	14		
手指部	6	1			12	2	1	3
	25	6			46	29	4	43
胸　部					1			
					4			
背面部		1			2			
		6			8			
肩　部		2				1		
		12				14		
腰　部	1	4			7	1	1	
	4	24			27	14	4	
脚　部	9	4			14		3	1
	36	24			54		13	14
足首から下	7				17	4	5	1
	29				65	57	21	14

上段：人数　　下段：%　　空白は０人

が多いためであるが、女子は放課後でも早い時間帯で、男子は下校時刻が近づいたころにけがをする者が多い。女子と男子とのどの点の違いから、このような時間帯の相違が表われるのか不思議である。A_1グループの男子は放課後以外に始業前でのけがも多い。これはクラブの早朝練習によるけがだけでなく、一般に始業前のけがが増加しつつある。たとえば始業に間に合うために走って階段を踏みはずし、捻挫や骨折をするケースがあり、学校内で松葉杖をついた生徒が往来する光景は見慣れてしまったという観がある。この点については中学校で検討しているところである。

⑥　けがの原因について（表9）

これはけがをした本人が述べている原因なので信頼してよいものか、どうか疑わしいが、最も多くあげている原因は、どのグループも「自分の不注意」である。その次に「疲労」が多い。けがのほとんどは、そのあたりが原因と考えてよいと思うのだが有意差（表26）がない。他にも色々な原因を推測しなければいけないことになる。この項目の解答に案外「視力の低下」「めがねをはずしていた」からという人が少ないのに少々疑問を感じる。口頭試問中、視力低下や、めがねをはずしていたことを肯定していてもそれが原因とは考えない生徒が多いのである。運動中のスピードに視力がついていけないとか、見落し、見まちがいによるけがもあると推測しているのだが。

⑦　所属クラブとけがについて（表10・図3）

Aグループは、圧倒的に運動部員

表7　どの場所でけがをしましたか

場所＼グループ・性別	A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
教室		1						
		6						
実験室	1							
	4							
廊下		1						
		6						
階段						1		
						14		
運動場	17	4			51	2	6	
	71	24			196	29	25	1
テニスコート	1	1					1	14
	4	6					4	
体育館	6	3			24	2	2	1
	25	18			92	29	8	14
部室								1
								14
学校外	4	2			6	4		
	17	12			23	57		

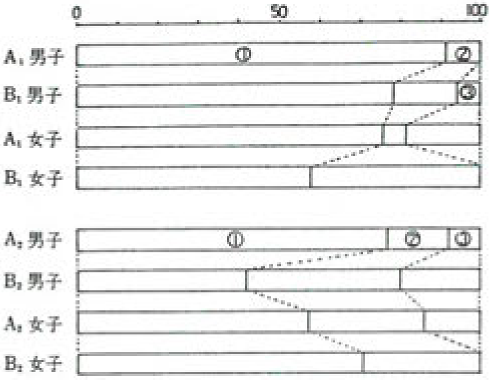
上段：人数　　下段：％　　空白は0人

表8　けがの時間帯

時間＼グループ・性別	A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
始業前	7	2			2			
	29	12			8			
1限目					3		2	
					12		8	
2限目	1	2					1	
	4	12					4	
3限目	2				2	1	2	1
	8				8	14	8	14
4限目	1				1		1	
	4				4		4	
昼休み	1				3			
	4				12			
5限目	4					1		
	17					14		
6限目	3				1			
	13				4			
3：11～4：00	2	6			5	2	2	
	8	35			19	28	8	
4：01～5：00	7	5			11	1	1	1
	29	21			42	14	4	14
5：01～6：00		1			11	1		
		6			42	14		
6：01～7：00					4	1		
					15	14		
7時以降					1	1		
					4	14		

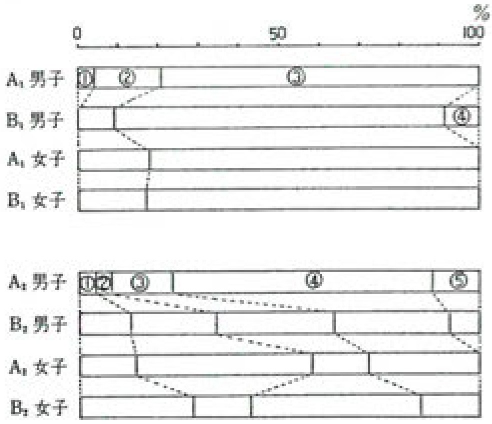
上段：人数　　下段：％　　空白は0人

が多い。それでは運動部員がけがをしやすいかというとそうでもないようで有意差検定（表26）では、高校生の男子だけは、文化部員もけがをしやすいという結果がでている。これは、どの場面でもけがをする危険性が潜んでいるということだろうか、あるいは、本校の高校生男子はもともとけがをしやすい集団なのだろうか。一方、中学生は女子の運動部員がけがをしやすいという結果であった。



①運動部員　②文化部員　③所属なし

図３　所属クラブ



①3：11～4：00　②4：01～5：00　③5：01～6：00
④6：01～7：00　⑤7 時 以 降

図４　下校時刻

表９　けがの原因

原因＼グループ・性別	A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
自分の不注意	13	7			14	5	4	3
	54	41			54	71	17	42
能力の過信	1	2			3		2	
	4	11			12		8	
疲労	6	3			10	1	1	
	25	17			38	14	4	
水分の摂取不足					1			
					4			
かぜひき中					1	1		
					4	14		
腹痛・下痢中		1			2			
		6			8			
気温が低かった					2			
					8			
気温が高かった					7			
					27			
器具の調整不備	1				1			
	4				4			
設備の不備	4	3			4		1	
	17	18			15		4	
第三者の不注意		1			1			
		6			4			
視力の低下		1			1			
		6			4			
めがねをかけていなかった		2			2			
		12			8			

上段：人数　下段：%　空白は０人

表10　所属クラブ

クラブ＼グループ・性別	A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
運動部員	22	13	19	10	20	4	10	
	92	76	79	59	77	57	42	
文化部員	2	1	4	7	4	2	9	5
	8	6	16	41	15	29	38	71
所属していない		3	1		2	6	5	2
		18	5		8	14	20	29

上段：人数　下段：%　空白は０人

⑧　下校時刻とけがについて（表11・図４）

日没後、螢光燈の下で活動するのは潜在危険もあるだろうし、下校時刻がいつも遅ければ疲労も蓄積され、けが

をしやすくなるのではないかと推測し、この質問をした。中学生は下校時刻が５時から５時半なので、B_1グループの６：01～７：00の下校は少々おかしいのだが。ほとんどの中学生は放課後、何らかの活動を下校時刻までして帰るようである。高校生の方は、男子の下校時刻がA・Bグループともに遅く、女子はけがをよくするAグループの方が、下校時刻が早い。有意差（表26）もなく下校時刻が遅くて疲労蓄積を考えるより、むしろ、下校してからの行動の内容を調査した方が蓄積疲労の分析ができるかもしれない。

⑨ 塾の時間とけがについて（表12・図５）

この調査も疲労、あるいは、心のゆとりのなさがけがの引き金になっていると推測しての問いである。全然通塾していない生徒もいるが、実際に通塾していないかどうかは疑問であるが、結果は、Bグループの方がややAグループより通塾時間が長い。有意差（表26）もなくけがとは無関係のようである。

⑩ よく食べる食品とけがについて（表13・図６、７）

骨折はカルシウム不足といわれた。しかし、ここ２～３年前から「普通の食事をしていれば決して骨折するほどのカルシウム不足にならない[21]」そうだが、彼らの食生活とけがとの関係をみてみた。中学生・高校生ともにもっと食べてほしいのが、緑黄色野菜である。料理のし方にひとくふうをして食べさせてもらいたい。牛乳はB_1グループとA_2グループがよく飲んでいる。清涼飲料水は中学生・高校生ともに男子のAグループ

表11　下校時刻

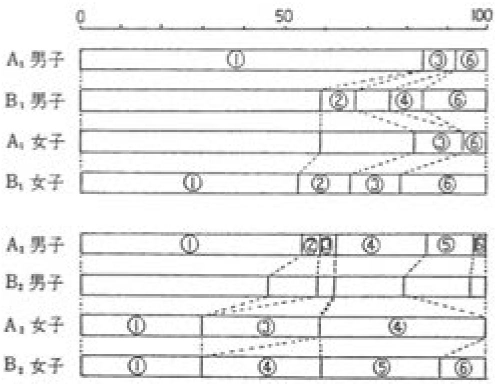
時刻＼グループ・性別	A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
3：11～4：00	1				1	1	3	2
	4				4	14	13	29
4：01～5：00	4	3	2	3	1	3	5	1
	17	18	8	17	4	43	21	14
5：01～6：00	19	14	20	14	4	1	7	3
	79	82	84	83	15	14	29	43
6：01～7：00			2		17	2	7	1
			8		65	29	29	14
7 時 以 降					3		2	
					12		8	

上段：人数　　下段：％　　空白は０人

図12　塾の時間

時間＼グループ・性別	A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
0 時間以上	20	10	14	9	14	2	11	2
	84	59	58	53	54	29	46	29
1 時間以上		4	2	2	1		3	
		23	8	12	4		12	
2 時間以上		2	2	2	1	2	1	
		12	8	12	4	29	4	
3 時間以上	2		2		6	3	4	2
	8		8		22	42	17	29
4 時間以上					3		4	2
					12		17	29
5 時間以上	2	1	4	4	1		1	1
	8	6	16	23	4		4	13

上段：人数　　下段：％　　空白は０人



①０時間　②１時間　③２時間
④３時間　⑤４時間　⑥５時間以上

図５　塾の時間

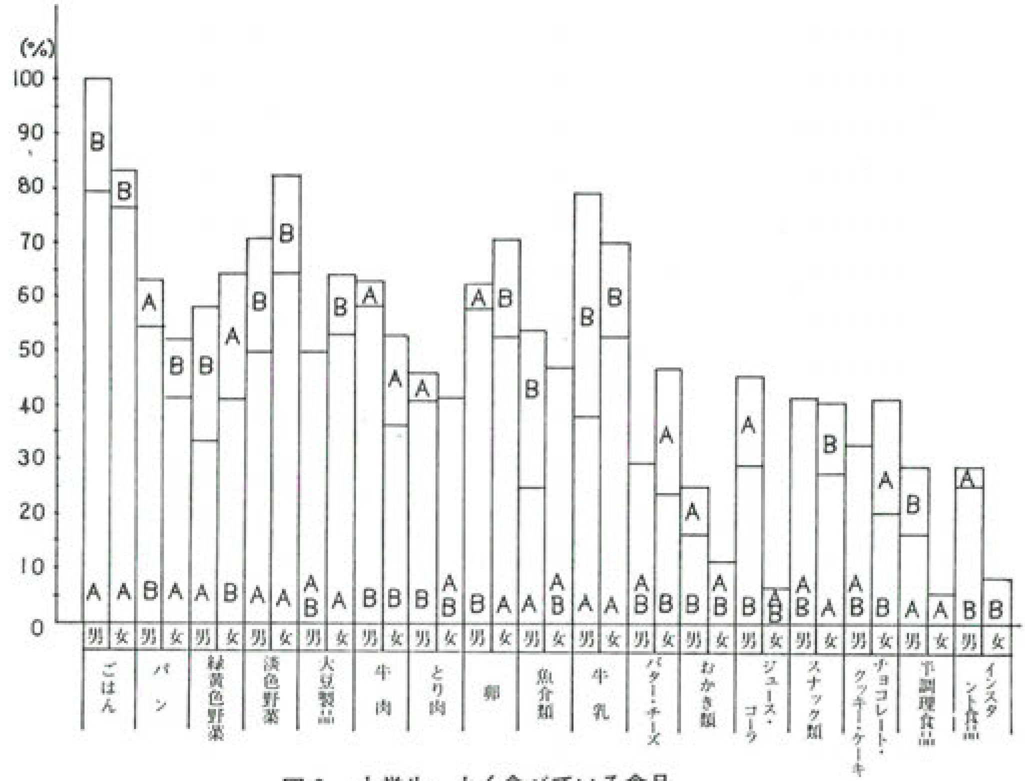


図６　中学生　よく食べている食品

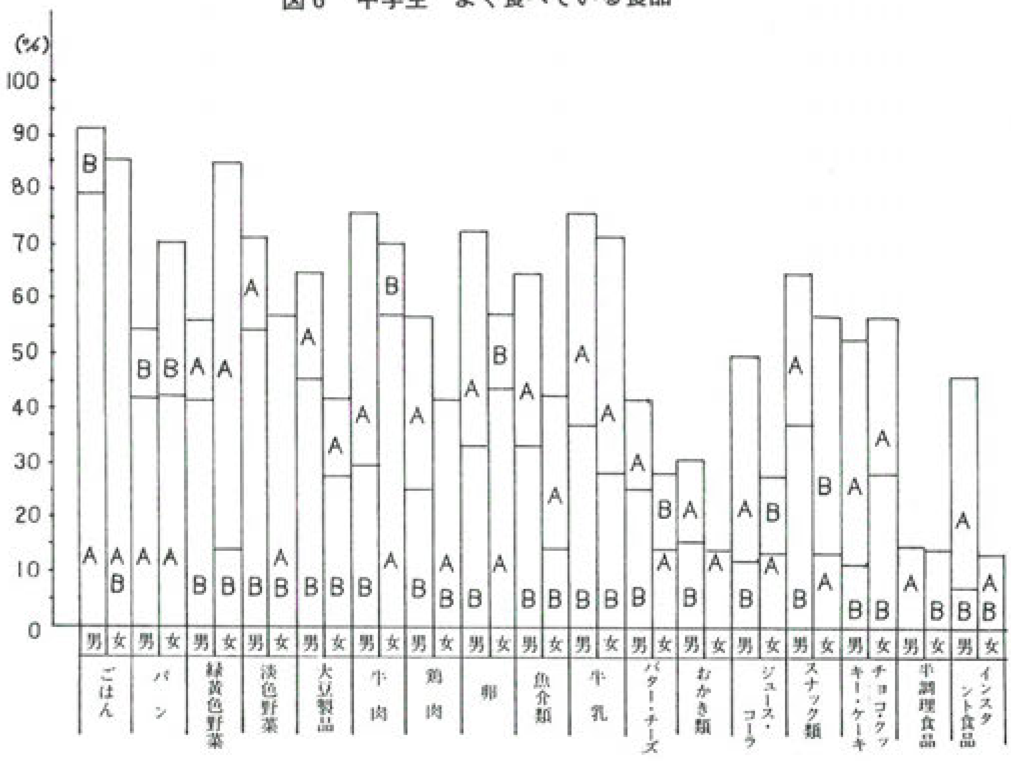


図７　高校生　よく食べている食品

がよく飲んでいる。有意差検定(表26)では、中学生の場合、牛乳をよく飲む男子にけがをしにくいという結果であり、高校生は、牛肉をよく食べる男子と清涼飲料水をよく飲む男子とにけがをしやすいという結果がでた。牛乳はカルシウムが豊富なので精神を安定させる[3]ためけがもしにくいかもしれない。一方、甘い清涼飲料水の過度の摂りすぎはカルシウムを排泄する働き[4]しかしないので、精神が不安定になり、けがもしやすくなるだろう。精神を安定にさせるカルシウム量は極く微量のようだが、極くわずかな無機質の量が、心のゆとり、緊張感に作用しけがを誘発させるとしたら食餌内容の指導は大変重要なものになってくる。また、牛肉の摂りすぎは筋肉を堅くするので捻挫、骨折につながるかもしれない。

⑪　テレビの視聴時間とけがについて（表14・図8）

表13　よく食べる食品

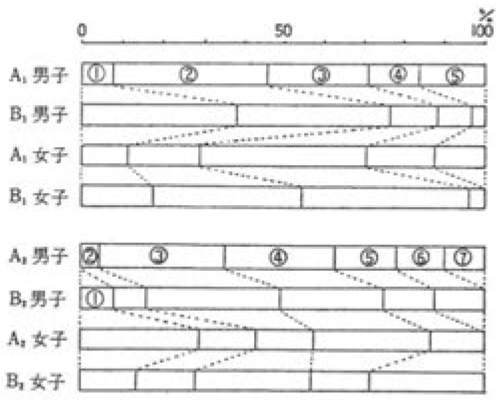
食品＼グループ・性別	A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
ごはん	19	13	24	14	24	6	19	6
	79	76	100	82	92	86	79	86
パン	15	7	13	9	11	3	13	5
	63	41	54	53	42	43	54	71
緑黄色野菜	8	11	14	7	15	6	10	1
	33	65	58	41	58	86	42	14
淡色野菜	12	11	17	14	19	4	13	4
	50	65	71	82	73	57	54	57
大豆製品	12	9	12	11	17	3	11	2
	50	53	50	65	65	43	46	29
牛肉	15	8	14	6	20	4	7	5
	63	47	58	36	77	57	29	71
鶏肉	11	7	10	7	15	3	6	3
	46	41	42	41	58	43	25	43
卵	15	9	14	12	19	3	8	4
	63	53	58	71	73	43	33	57
魚介類	6	8	13	8	15	3	8	1
	25	47	54	47	65	43	33	14
牛乳	9	8	19	12	19	5	9	2
	38	47	79	71	77	71	38	29
バターチーズ	7	4	7	8	11	1	6	2
	29	24	29	47	42	14	25	29
おかき類	6	2	4	2	8	1	4	
	25	12	17	12	31	14	17	
ジュース・コーラ	11	1	7	1	13	1	3	2
	46	6	29	6	50	14	13	29
スナック類	10	5	10	7	17	1	9	4
	42	21	42	41	65	14	38	57
チョコ・クッキー	8	7	8	5	14	4	3	2
	33	41	33	21	54	57	13	28
半調理食品	4	1	5		4			1
	17	6	21		15			14
インスタント食品	7		6	2	12	1	4	1
	29		25	8	46	14	17	14

上段：人数　　下段：%　　空白は0人

表14　テレビを見る時間

時間＼グループ・性別	A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
30分程度	9	3	9	6	1	1	2	1
	38	18	38	36	4	14	8	14
1時間程度	6	7	9	7	8	1	8	2
	25	41	38	41	31	14	33	29
1時間半程度	3	3	3	1	7	2	6	1
	13	18	12	6	27	29	25	14
2時間程度	4	2	2		4	1	3	2
	17	12	8		15	14	13	29
2時間半程度			1		3		3	
			4		12		13	
3時間以上					2			
					8			

上段：人数　　下段：%　　空白は0人



①0分　②30分程度　③1時間程度　④1時間半程度
⑤2時間程度　⑥2時間半程度　⑦3時間以上

図8　テレビを見る時間

テレビの視聴時間と視力低下との間には相関がある[5]が、けがとテレビの視聴時間との間には相関はないと思われる。ただ、毎日の視聴時間が長い場合は疲労なり一過性の視力低下による見まちがい等によるけががあるかもしれない。そういう観点からの調査である。高校生は中学生よりも半時間ほど長く見ているが、３時間も見ている生徒を除けばそう問題になる視聴時間でもない。

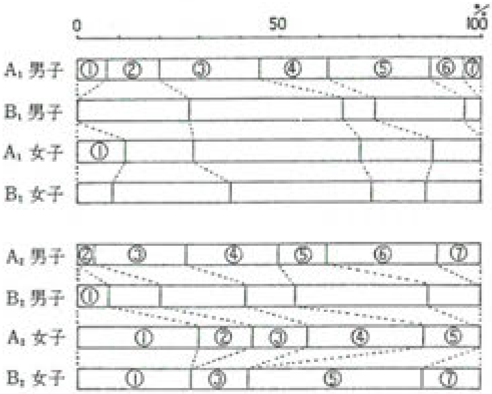
⑫　何時までテレビを見ているかについて（表15・図９）

これも⑪の項目と同様に見まちがいによるけがを想定してでの質問だが、眼部打撲の生徒に睡眠不足、夜遅くまでテレビを見ていたという訴えがあることから、有意差もあるかと推測したが、どのグループ間にも有意差はなかった。(表26) 有意差はみられなかったが、１時までテレビを見るのは心身の健康上よくない。普通なら睡眠中の時間であるのが望しい。

表15　何時までテレビを見ているか

時刻 ＼ グループ・性別	A_1		B_1		A_2		B_2	
	男	女	男	女	男	女	男	女
8 時 ま で	3	2	7	5	1	1	3	
	13	12	29	29	4	14	13	
9 時 ま で	6	3	9	6	6	2	5	1
	25	18	38	35	23	29	21	14
10 時 ま で	4	7	2	3	6	1	3	
	17	41	8	13	23	14	13	
11 時 ま で	6	3	5	3	3	1	8	3
	25	18	21	13	12	14	33	43
12 時 ま で	2		1		7		3	
	8		4		27		13	
1 時 ま で	1				3			1
	4				12			14

上段：人数　　下段：％　　空白は０人



①見ない　②８時まで　③９時まで　④10時まで
⑤11　時まで　⑥12時まで　⑦１時まで

図９　何時までテレビを見ているか

⑬　ラジオは何時ごろまで聞くかについて（表16・図10）

これは、睡眠について調査する上で必然的に知っておかねばならない生活調査の一つである。だいたい、ラジオを聞きながら勉強をしているか、寝床でラジオを聞いているかのどちらかで、ラジオを消す時刻が、就寝時刻の１時間前になっている。９時まで聞く生徒はだいたい10時前後に寝ている。ラジオの内容まで調査していないが、全体にナガラ族の傾向が見られる。そして、テレビを見ていない生徒はラジオも聞いていないのだが、新聞は読んでいるのかどうか尋ねていないのでわからないが、両者を視聴していない生徒は勉強ばかりしている生徒でもないし、クラブ活動に熱中している様子もない。けがとは関係がないので、それ以上の質問も指導もしていない。

⑭　就寝時刻とけがについて（表17・図11）

人間はだいたい早く寝て早く起きる生活が健康によく、生体のリズムにかなっている[6]そうだが、かなり遅くに寝る生徒の生体のリズムはそれなりに違ったリズム

表16　ラジオを何時ごろまで聞いているか

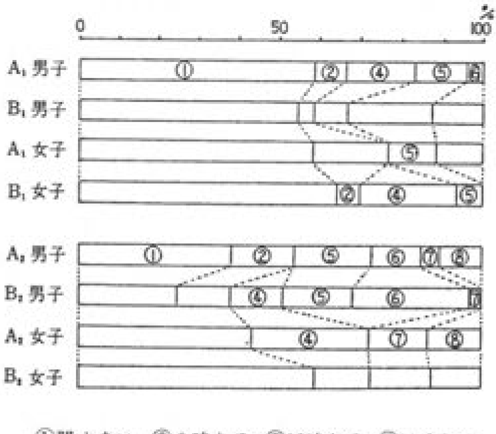
時刻＼グループ・性別	A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
聞かない	14	10	13	11	10	3	6	4
	58	58	54	64	38	43	24	58
9時まで	2	3	1	1	4		3	
	8	18	4	6	15		13	
10時まで								
11時まで	4		2	4		2	3	1
	17		8	24		29	13	14
12時まで	3	2	5	1	5		4	
	13	12	21	6	19		17	
1時まで	1	2	3		3		7	
	4	12	13		12		29	
2時まで					1	1	1	1
					4	14	4	14
3時まで					3	1		1
					12	14		14

上段：人数　　下段：%　　空白は0人

表7　就寝時刻

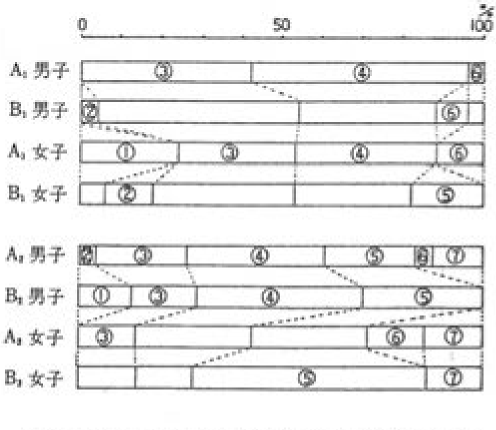
時刻＼グループ・性別	A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
10時までに		4		1			3	
		24		6			13	
10時すぎ			1	2	1			
			4	12	4			
11時すぎ	10	5	12	6	6	1	4	1
	42	29	50	35	23	14	16	14
12時すぎ	13	6	8	5	9	2	10	1
	54	35	34	29	34	29	42	14
1時すぎ			2	3	6	2	7	4
			8	18	23	29	29	58
2時すぎ	1	2	1		1	1		
	4	12	4		4	14		
3時以降					3	1		1
					12	14		14

上段：人数　　下段：%　　空白は0人



①聞かない　②9時まで　③10時まで　④11時まで
⑤12時まで　⑥1時まで　⑦2時まで　⑧3時まで

図10　ラジオを何時ごろまで聞いているか



①10時までに　②11時すぎ　③11時すぎ　④12時すぎ
⑤1時すぎ　⑥2時すぎ　⑦3時すぎ

図11　就寝時刻

で動いているのだろうか。ともかく有意差（表26）がないとはいえ、少数の遅い就寝者を無視してよいとは限らない。けがとは別に指導したい。

⑮　睡眠時間とけがについて（表18・図12）

51年に調査した時の睡眠時間と、今回の睡眠時間とはあまり変っていない。しかし、さきほどの就寝時刻は51年と比較すると1時間遅い就寝になっている。これは今の生徒が10年前の生徒より1時間遅く起床していることを表わしている。始業前あわてて階段を踏みはずし、けがをするのもうなづける。有意差もないし、けがをしないBグループの方が、やや睡眠時間が短かいので、けがと睡眠時間とは全く無

関係といえるかというと決してそうでないと考えている。骨折をした直後の生徒に聞くと、きのうは4時間しか寝ていないとか、睡眠不足だったとか答える。いつも睡眠時間が短かい生徒は、慣れか、動作がにぶく不活発さのためにけがをしないのか、どちらかわからないが、いつも寝不足の者はけがをしにくいらしい。それにひきかえ、たまに睡眠不足をした者はいつもの調子で活動をするからけがをしてしまうのではないだろうか。

⑯　熟睡度とけがについて（表19・図13）

だいたい皆、よく眠れるようで明日にまで疲労が残ることもないようである。よく目覚める生徒については、目覚める原因がよくわからないまま調査を終えてしまっていたので、調査から半年後、熟睡度はどのようなものか高校生だけに聞いてみると、「今は目覚めることがなくなった」という生徒が約80%、あとの20%は変化が

表18　睡眠時間

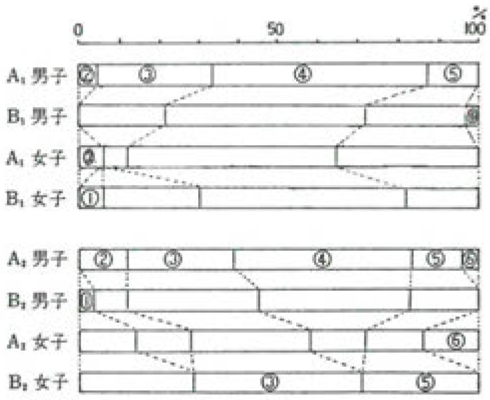
時間＼グループ・性別	A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
約3時間				1		1	1	2
				6		14	4	29
約5時間	1	1			3	1	2	
	4	6			12	14	8	
約6時間	7	1	5	4	7	2	8	3
	29	6	21	24	27	30	33	42
約7時間	13	9	12	9	12	1	9	
	54	53	50	52	45	14	38	
約8時間	3	6	6	3	3	1	4	2
	13	35	25	18	12	14	17	29
約9時間			1		1	1		
			4		4	14		

上段：人数　　下段：%　　空白は0人

表19　熟　睡　度

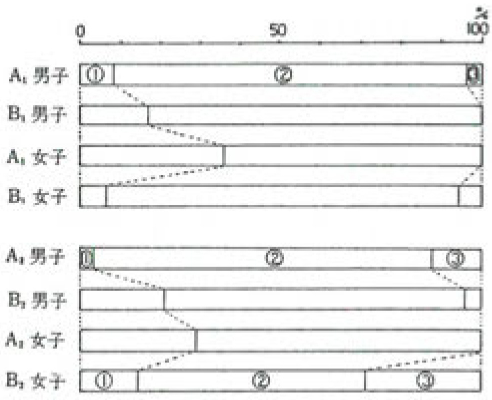
グループ・性別	A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
普通	2	6	4	1	1	2	5	1
	8	35	17	6	3	29	21	14
いつも熟睡している	21	11	20	15	22	5	18	4
	88	65	83	88	85	71	75	57
よく目が覚める	1			1	3		1	2
	4			6	12		4	29

上段：人数　　下段：%　　空白は0人



①約3時間　②約5時間　③約6時間
④約7時間　⑤約8時間　⑥約9時間

図12　睡眠時間



①普通　②いつも熟睡している　③よく目覚める

図13　熟　睡　度

ないとのことである。またその逆で以前はよく眠れたのにこのごろ寝つきが悪くなったという生徒もあり、じょうずに眠れる方法を見つけだすのが大変むづかしいことがわかった。

⑰　毎日の疲労感　眠たさとけがとの関係について（表20・図14）

疲労感は時々あるか、滅多にないのが普通だと考える。毎日眠たいのはしかたないとしても毎日疲労があると答えた生徒については、もっとよく事情を聞き疾病がないかどうか問診をした。これらの生徒については、栄養不足、気力不足、幼少のころからの体力不足と判断せざるを得ない者ばかりで今後も健康観察をしていくことにした。有意差検定（表26）では、「滅多に疲労を感じない」高校生男子がけがをしにくいという結果であった。この結果からも、いかに疲労がけがの原因になり得る可能性をはらんでいるかがよくわかる。試験の終了日は心身ともに疲労しているだろうから、下校時刻を早めるとか、疲労の表われやすい木曜日や金曜日のクラブ活動は軽減すべきである。

⑱　通学時間とけがについて（表21・図15）

10年前の調査では、通学時間が長くとも身体の調子が悪いとは限らない結果がで

表20　疲労感・眠たさ

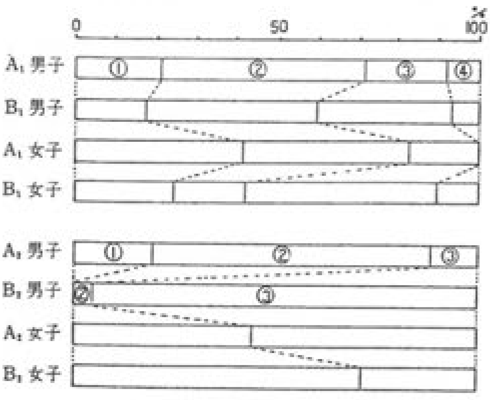
疲労感 ＼ グループ・性別	A_1		B_1		A_2		B_2	
	男	女	男	女	男	女	男	女
毎日ある	5	7	4	4	5			
	21	41	17	24	19			
時々ある	12	7	10	3	18	3	1	5
	50	41	42	18	69	43	4	71
滅多にない	5	3	8	8	3	4	23	2
	21	18	33	47	12	57	96	29
全然ない	2		2	2				
	8		8	12				

上段：人数　　下段：％　　空白は０人

表21　通学時間

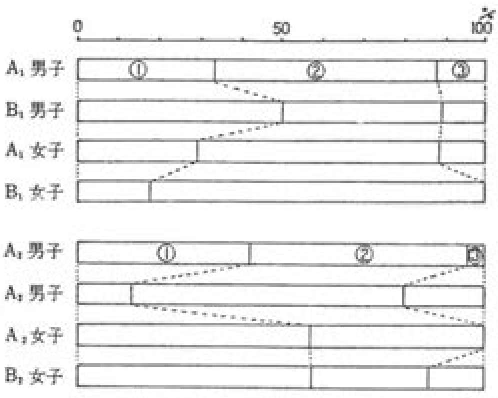
時間 ＼ グループ・性別	A_1		B_1		A_2		B_2	
	男	女	男	女	男	女	男	女
30分以内	8	5	12	4	11	4	3	4
	33	29	50	17	42	57	13	57
31～60分	13	10	9	13	14	3	16	2
	54	59	38	83	54	43	67	29
61～90分	3	2	3		1		5	1
	13	11	12		4		20	14

上段：人数　　下段：％　　空白は０人



①毎日ある　②時々ある　③滅多にない　④全然ない

図14　疲労感・眠たさ



①30分以内　②31～60分　③61～90分

図15　通学時間

た。むしろ、通学時間が長く、睡眠時間が短かい生徒に不調やけが人があるという結果であった。今回の場合、有意差検定（表26）で通学時間が30分以内の高校生男子はほとんどけがをしないという結果である。調査中、通学時間の長いB_2グループがA_2グループよりも活動範囲が狭い印象を受けたのはうなづける。それは、通学時間が短かければけがをしにくい理由の一つに多分、通学に要する疲労や時間が少なくてすむので体力と時間的余裕ができるからと推測する。だから体力と時間的余裕をけずられがちな通学時間の長いB_2グループは、活動範囲を縮少して疲労しないよう、また時間的余裕を作り、あわてないようゆとりある生活形式を作っているといえないだろうか。

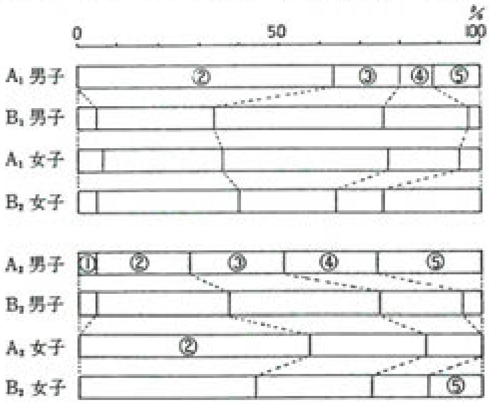
⑲　ひと月の日曜日の外出回数とけがについて（表22・図16）

運動部員は、試合で日曜日の外出が多いから、１日ゆっくり家で休養をとる機会が少ないと思われる。毎日、外出するのは疲労を蓄積すると考えてこの質問をしたが、どのグループも日曜日の外出をしていて、むしろＢグループの女子の方が回数が多い。４回以上の外出は試合のための外出である。それぞれに有意差はなかった。

表22　ひと月のうち、日曜日に車・電車等で外出する回数

回数＼グループ・性別	A_1 男	A_1 女	B_1 男	B_1 女	A_2 男	A_2 女	B_2 男	B_2 女
たいがい家にいる		1	1	1	1		1	
		6	4	6	4		4	
1回ぐらい出る	15	5	7	6	6	4	8	3
	63	29	29	35	23	57	33	43
2回ぐらい出る	4	7	10	4	6	2	9	2
	17	41	42	24	23	29	38	29
3回ぐらい出る	2	3	5	2	6	1	5	1
	8	18	21	12	23	14	21	14
4回以上	3	1	1	4	7		1	1
	12	6	4	23	27		4	14

上段：人数　　下段：％　　空白は０人



①たいがい家にいる　②１回ぐらい出る　③２回ぐらい出る
④３回ぐらい出る　⑤４回以上出る

図16

２）スポーツテストの結果

スポーツテストの成績とけがとの相関を見るために62年４月の成績結果を参考にした。スポーツテストは持久力・敏捷性・筋力・瞬発力・柔軟性等を判断する示標

表23　スポーツテスト（10年間平均値）

種目＼年度		52	53	54	55	56	57	58	59	60	61
反復横とび	男	43.3	44.9	46.5	45.9	45.2	41.3	48.3	48.2	44.4	45.8
	女	36.7	38.4	40.2	37.7	36.4	41.5	42.8	43.2	42.5	41.2
背筋力	男	117.4	128.4	126.9	127.3	107.2	134.8	158.8	130.1	132.7	137.2
	女	75.6	77.3	85.1	83.3	79.4	90.7	96.1	85.1	103.7	84.2
立位体前屈	男	12.2	13.2	12.0	11.9	14.3	11.0	12.5	12.4	9.5	13.3
	女	16.9	16.6	17.8	16.3	15.6	16.2	16.6	16.5	15.9	17.8

単位：反復横とび　回/分　　　背筋力　kg　　　立位体前屈　cm

であるが、けがとの関係を見るため、敏捷性の反復横とび、筋力の背筋力、柔軟性の立位体前屈について10年間の推移(表23・図17) を見てみた。これはけがのしやすい高校２年生の成績である。背筋力の起伏はあるものの、反復横とび、立位体前屈は10年間、そう変化が見られない。そこで、けがをよくする生徒、しない生徒それぞれ36名の高校生男子の成績を比較してみた。運動部員の人数も各々同数とした。

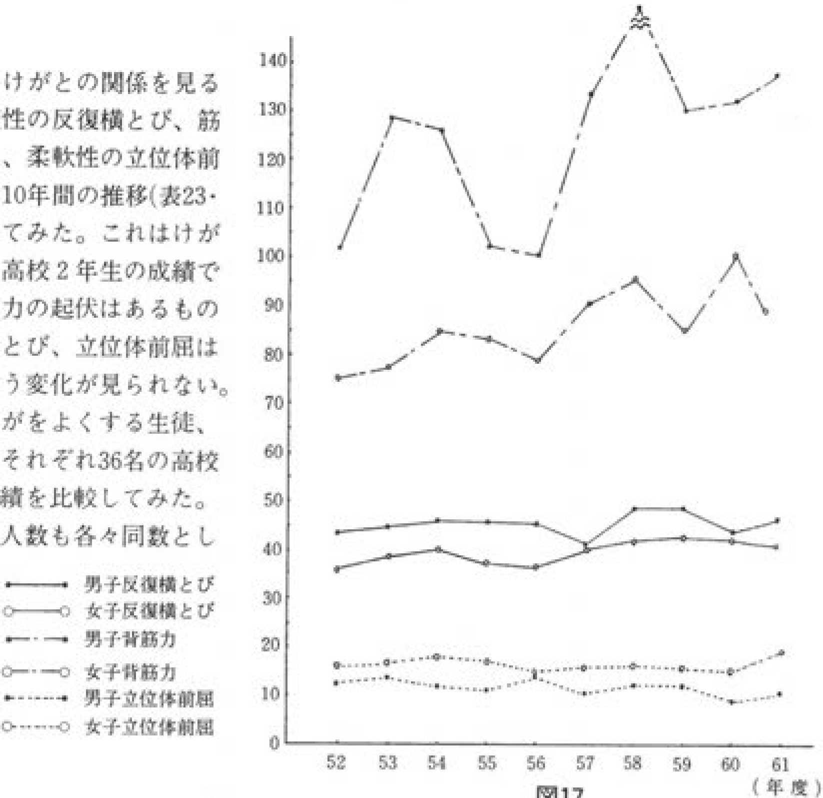


図17

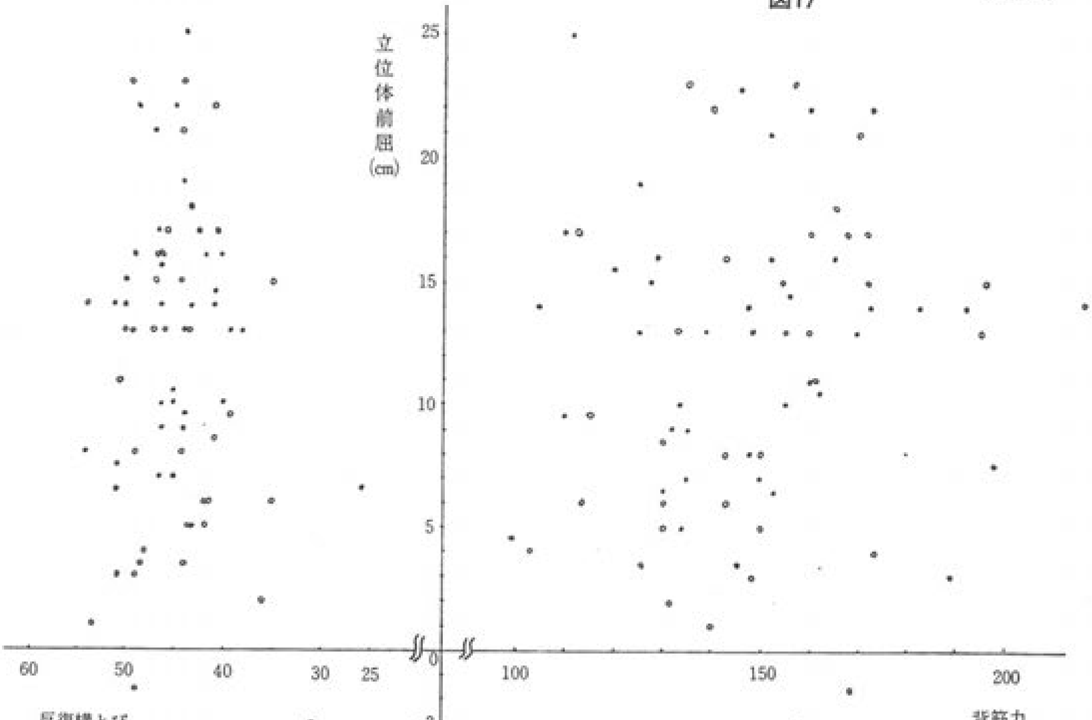


図18

① 反復横とびとけがについて（表24・25）

敏捷であればけがをしやすいか、否かということであるが、Ａグループの方がやや成績がよい。有意差検定（表26）では敏捷でない人の方がけがをしにくいという皮肉な結果である。

② 背筋力とけがについて（表24・25）

腰痛をおこす人は背筋力が弱いことが原因で、背筋力を鍛えると腰痛が改善されることは保健室でも実証済みである。しかし、外傷と背筋力と関係があるだろうか。Ｂグループの方が少しばかり筋力があるようだが、有意差検定（表26）では、背筋力の低い人の方がけがをしやすいという結果であった。けがをするとすればどの部位なのか今後さらに調査してみたい。

③ 立位体前屈とけがについて（表24・25）

筋力も必要だが、筋肉が堅くなると剝離骨折の原因となる[7]。身体の柔軟性は骨折防止にかかせない。有意差検定（表26）では、柔軟でない人の方がけがをしやすいという結果がでた。本校での剝離骨折者の実態そのものの結果である。

表24　Ａグループ　スポーツテスト結果（62年度）

種目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
反復横とび	45	46	46	40	43	42	44	43	46	54	45	43	47
背筋力	160	134	135	155	134	152	132	139	173	148	160	147	151
立位体前屈	22	10	9	10	5	16	9	13	14	8	11	14	21
種目	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
反復横とび	48	40	41	50	38	49	45	38	45	41	49	46	47
背筋力	173	129	105	192	125	148	150	170	162	156	165	120	110
立位体前屈	22	16	14	14	13	13	7	13	11.5	14.5	16	15.5	17
種目	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	平均値		
反復横とび	51	43	43	46	50	51	26	51	51	43	46.9		
背筋力	189	118	125	135	128	182	130	152	198	110	140.0		
立位体前屈	3	25	19	7	15	14	6.5	6.5	7.5	9.5	12.8		

表25　Ｂグループ　スポーツテスト結果（62年度）

種目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
反復横とび	46	47	43	43	44	42	45	41	47	35	48	42	44
背筋力	132	155	165	130	172	143	160	167	152	114	103	150	170
立位体前屈	13	13	18	5	15	6	17	17	15	6	4	5	21
種目	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
反横査とび	42	44	49	41	35	44	44	39	53	48	41	46	53
背筋力	130	156	148	140	196	142	126	115	140	174	130	171	216
立位体前屈	6	23	3	22	15	8	3.5	9.5	1	4	8.5	17	14
種目	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	平均値		
反復横とび	49	36	50	47	42	48	47	31	51	49	44.3		
背筋力	150	131	160	112	195	169	143	159	140	135	149.8		
立位体前屈	8	2	13	17	13	-1.5	16	-3	11	23	10.8		

表26

調査項目＼グループ・性別＼値	平均値または※中央値				有意差				平均値または※中央値				有意差			
	A_1		B_1		A_1		B_1		A_2		B_2		A_2		B_2	
	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女	男	女
けがの回数	2.375	3.588	0.000	0.000	①	②			3.826	1.857	0.500	0.642	③	④		
※月とけがについて		6 月	なし	なし	なし	なし	なし	なし	7 月	5 月	なし	なし	なし	なし	なし	なし
※場所とけがについて	運動場	運動場	〃	〃	〃	〃	〃	〃	運動場	運動場	〃	〃	〃	〃	〃	〃
※けがの部位	脚	脚・腰	〃	〃	〃	〃	〃	〃	足首から下	足首から下	足首から下	手・指	〃	〃	〃	〃
※けがの時間帯	始業前 4:01～5:00	3:11～4:00	3:11～4:00	3:11～4:00	〃	〃	〃	〃	6:01～7:00	3:11～4:00	なし	なし	〃	〃	〃	〃
※けがの原因	自分の不注意	自分の不注意	〃	〃	〃	〃	〃	〃	自分の不注意	自分の不注意	自分の不注意	自分の不注意	〃	〃	〃	〃
所属クラブ	運動部	運動部	運動部	運動部	〃	⑤	〃		運動部	運動部	なし	運動部	⑥	〃		〃
※下校時刻	5:01～6:00	5:01～6:00	5:01～6:00	5:01～6:00	〃	なし	〃	なし	6:01～7:00	4:01～5:00	5:01～6:00 6:01～7:00	5:01～6:00	なし	〃	なし	〃
通塾時間	0.666	0.764	1.333	1.529	〃	〃	〃	〃	1.461	1.857	1.583	2.714	〃	〃	〃	〃
※よく食べる食品	ごはん 牛肉 卵	ごはん 緑野菜	ごはん 牛乳	ごはん 淡色野菜	〃	〃	⑦	〃	ごはん 牛肉	ごはん 緑野菜	ごはん	ごはん	⑧	〃		〃
※テレビの視聴時間	30 分	1 時間	30 分～ 1 時間	30 分～ 1 時間	〃	〃	なし	〃	1時間～ 1時間半	1時間半	1時間	1 時間	なし	〃	なし	〃
※何時までテレビを見ているか	9時まで 11時まで	10時まで	9時まで	9時まで	〃	〃	〃	〃	12時まで	9時まで	11時まで	11時まで	〃	〃	〃	〃
※就寝時刻	12 時	12 時	11 時	11時	〃	〃	〃	〃	12 時	12時～1時	12 時	1 時	〃	〃	〃	〃
※睡眠時間	7 時間	7～8時間	7 時間	7 時間	〃	〃	〃	〃	7 時間	6 時間	7 時間	6 時間	〃	〃	〃	〃
※いつも熟睡しているか	いつも	いつも	いつも	いつも	〃	〃	〃	〃	いつも	いつも	いつも	いつも	〃	〃	〃	〃
※疲労感	時々	毎日 時々	時々	めったにない	〃	〃	〃	〃	時々	(なし)	めったにない	時々		〃	⑨	〃
※通学時間	31～60分	31～60分	30 分	31～60分	〃	〃	〃	〃	31～60分	〃	31～60分	30 分		〃	⑩	〃
ひと月の日曜日の外出回数	1.083	1.882	1.916	2.117		〃		〃	2.461	1.571	1.875	2.000	なし	〃	なし	〃
反復横とび									46.880		44.330				⑪	
背筋力									147.000		1149.750		⑫			
立位体前屈									12.880		10.770				⑬	

① $\chi^2=24.022$ $P=(\chi^2\geqq 9.210)\geqq 0.01$ n = 3
④ $\chi^2=7.699$ $P=(\chi^2\geqq 5.992)\geqq 0.01$ n = 2
⑦ $\chi^2=7.140$ $P=(\chi^2\geqq 6.635)\geqq 0.01$ n = 1
⑨ $\chi^2=34.915$ $P=(\chi^2\geqq 9.210)\geqq 0.01$ n = 3
⑫ $\chi^2=2{,}077.279$ $P=(\chi^2\geqq 63.69)\geqq 0.01$ n = 35

② $\chi^2=17.020$ $P=(\chi^2\geqq 13.277)\geqq 0.01$ n = 4
⑤ $\chi^2=7.885$ $P=(\chi^2\geqq 5.992)\geqq 0.05$ n = 2
⑧ 牛肉 $\chi^2=11.457$ $P=(\chi^2\geqq 6.635)\geqq 0.01$ n = 1
⑩ $\chi^2=7.204$ $P=(\chi^2\geqq 5.992)\geqq 0.01$ n = 2
⑬ $\chi^2=159.460$ $P=(\chi^2\geqq 63.69)\geqq 0.01$ n = 35

③ $\chi^2=32.191$ $P=(\chi^2\geqq 13.277)\geqq 0.01$ n = 4
⑥ $\chi^2=6.595$ $P=(\chi^2\geqq 5.992)\geqq 0.05$ n = 2
清涼飲料水 $\chi^2=5.283$ $P=(\chi^2\geqq 3.842)\geqq 0.05$ n = 1
⑪ $\chi^2=158.710$ $P=(\chi^2\geqq 63.69)\geqq 0.01$ n = 35

Ⅲ．考　　察

今回のようなけがについての調査は５年ぶりのものである。61年度・62年度とけがが多発し、確固たる予防対策もないまま、けがの治療と処置に追われるのみで原因究明もできないまま過ごしてきた。しかし、アンケート調査を実施している期間だけ、生徒自信もけがについて注意をはらったのか一時期下火になったものの再びけがは毎日増えつづけ、外科病院通いも連日続いた。調査の結果で次の点を、強調し授業・特別活動にいかしていきたい。

1．２カ月に１回程度の割合でけがをする生徒は、本来のけがのしやすいタイプとして健康管理を行なう。具体的に本人の学校生活、家庭生活、食生活、性格、体質等を調査し、管理票を作製する。今回の調査で有意差のあった項目を参考にし、改善すべき点を指導する。指導する際、本人が神経質になりすぎて返って指導されることが負担になってはいけないので、その点に注意しながら指導すべきであろう。

2．集団への予防対策として、次の点を提唱したい。けがのしやすい中学女子運動部だけでなく、クラブ活動は必ず顧問の指導の下で活動をすること。特に始業前の練習は通学時間30分以上かかる生徒がいれば充分な睡眠指導、生活指導を行なうこと。できれば30分以上の通学時間のかかる生徒は早朝練習をしなくてすむのであればしないですむ活動方法を考えるべきである。また、疲労がたまってくる木曜日・金曜日のクラブ活動は軽減すべきである。これは試験終了日の疲れきった日も同様でクラブ活動は軽減すべきである。これらは、保健管理の域でなく、顧問、教務に協力を得なければ実現しないものばかりである。ぜひとも協力をお願いしたい。

3．父兄への啓蒙であるが、次のことについて機会ある毎にお願いしていきたい。まず食事として、緑黄色野菜をもっと食卓に増やすこと。特異体質でなければ牛乳を１日360㎖飲ませること。毎日の牛肉摂取はやめること。動物タンパク質は牛肉以外で摂るくふうをすること。清涼飲料水は多飲させない。睡眠不足をしないよう就寝時刻の家庭指導をすること。高校を卒業するまで現在の家を学校に近くなるのはよいが遠くへ決して転居しないこと。家が学校から遠くなればなるほどけがをしやすいだけでなく、本人もつらくなるだけである。以上の点はぜひとも父兄に協力していただきたい。

4．その他の予防対策としては生徒個人が予防する以外ないのだが、本人の背筋力の強化と柔軟性を高めることであり、行動をおこす時、あわてないで落着いて行動することである。後者の落着いて行動する点については、各々の授業中、教科担任が注意を促してもらえばよいことだが、前者の背筋力の強化、柔軟性の軟化は体育の授業、運動クラブの活動中に鍛えられる機会をふやす必要がある。また生徒たちも、歩く時、足早に歩き少々の長距離でも自転車に乗らないで歩くようにすべきである。

以上、けがについて調査した結果を元にして今後の予防対策と指導を述べた。現在、新たな調査を実施しており、外傷で一番多い捻挫予防について検討をしている。次回、この調査結果を報告する予定である。

この発表に際し、調査にご協力を賜った学級担任の先生方、体育科の先生方に深謝いたします。

参考文献

1）日本体育・学校健康センター大阪府支部発行「61年度学校種別等災害発生の概況」1987

2）高沢晴夫：こどもの骨折は増えているか・からだの科学増刊18・13　138　1987

3）山内邦男：牛乳の栄養知識・全国牛乳普及協会　1980

4）五島孜郎：ミネラルと病気・からだの科学83　59～64　1978

5）有田和弘：学童の裸眼視力及び屈折度と成長ならびに生活習慣との関連性　学校保健研究27（3）138～145　1985

6）太田龍朗・尾崎紀夫：睡眠障害とリズムの異常　からだの科学136　59～64　1987

7）中嶋寛之：最近多いスポーツ外傷　からだの科学　スポーツ医学読本18　128～132　1987

国語科	**音声表現領域の研究**
河野文男	主題単元研究と教材発掘
篠原　修	高校生に於ける朗読・暗誦の効果的方法
琢磨昌一	古典教材の整理
金藤行雄	音声表現活動の試み
中村英治	音読の工夫
中西一彦	音声表現活動の試み
平田達彦	朗読と暗誦を効果的に用いた授業について
社会科	**中・高社会科の学習内容の再検討**
岩城一郎	倫理における仏教とキリスト教の取り扱いについて
白土芳人	近・現代史学習の実践（高等学校日本史の場合）
高木正喬	地域教材を世界史学習に如何に活かすか
田原悠紀男	日本の農業の現在と将来について
冨田健治	日本地理の教材構成の再検討
西田光男	近・現代史学習の実践
場本　功	公民学習の教材構成の再検討
数学科	**教材の精選**
乾　東雄	関数指導
越智治躬	教材・内容の検討
西谷　泉	数学教育におけるコンピュータ利用について
平林宏朗	統計指導について
本間俊宏	数学教育内容の検討と教材開発
森　裕一	教材開発と指導形態について
柳本　哲	統計指導について
横田稔良	微積分の指導内容について
理科	**中・高の学習内容の検討**
浅野浅春	雪の結晶について（シャボン玉の色について）
井野口弘治	中・高化学実験法の工夫法
岡　博昭	同　上
桜井　寛	同　上
大仲政憲	中・高の呼吸教材の取り扱い
浜谷　巌	同　上
柴山元彦	「応用地学」教材の開発
武田和生	物理実験の再検討－中・高一貫教育における－
辻　退一	同　上
保健体育科	**意欲的に取り組ませるための学習過程の工夫**
浦久保寿彦	球技の学習指導について
風間建夫	認識と実践の一致を目指して
鎌田剛史	球技・機械運動の学習指導について
田中　譲	球技の学習指導について
成田五穂子	筋肉にかかわる障害について－原因調査と予防－
楠本久美子	同　上
音楽科	**長くつきあえる音楽をめざして**
和田垣究	上記に同じ 声楽演奏
美術科	**観念と美術教育**
武田　薫	上記に同じ
技術家庭科	**男女共修及共学における教材開発**
上田　学	技術領域における男女共学のための教材開発 情報基礎教育における試行
藤村克子	家庭領域における男女共学のための教材開発
英語科	**新指導要領をふまえた授業研究**
伊藤洋一	音声による言語の習得
井畑公男	英文読解の指導
金井友厚	機能と場面を重視した指導
高橋一幸	同　上
冨田大介	音声による言語の習得
野々部泰司	機能と場面を重視した指導
東元邦夫	高校英語のまとめ

研究集録　第30集

昭和63年 3 月 13 日印刷
昭和63年 3 月 15 日発行

大阪市天王寺区南河堀町 4 － 88
編集発行者　大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校
大阪教育大学教育学部附属高等学校天王寺校舎
代表者　下　村　昇

印刷所　イマノ印刷工芸社