

研 究 集 錄

第 13 集

(昭和45年度)

大阪教育大学附属天王寺中学校
大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎



はしがき

このたび、「研究集録」第13集を発行することになりました。現在、教育の現場で教師が直面している問題は、極めて多いのです。私どもの学校も事情は同じこと、その上にいわゆる「教育革新」の扭い手としての抱負もあります。

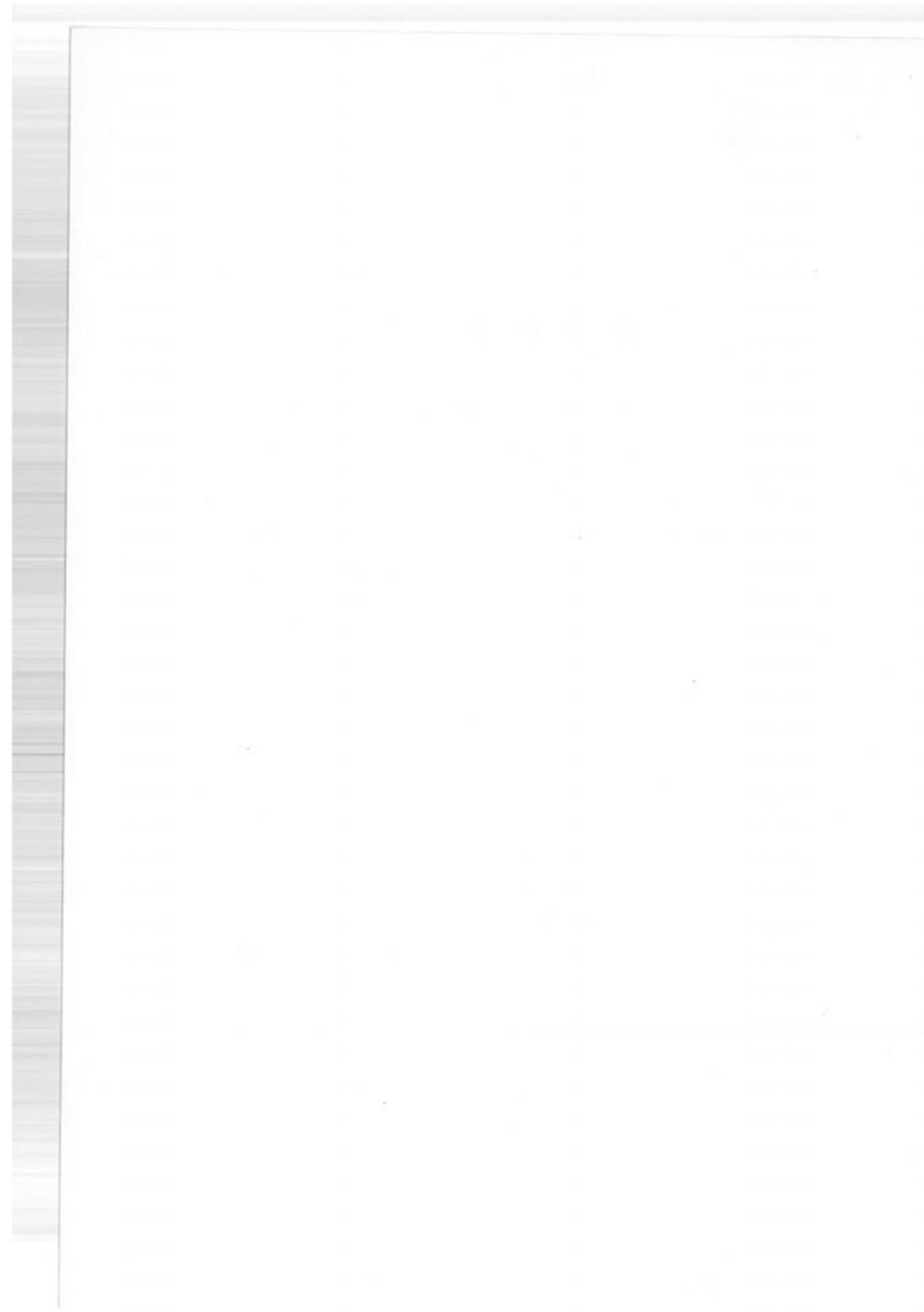
この多忙な状況の中で、過去1カ年あるいはそれ以前からの諸研究一教育の実践的研究および専門分野での研究一の成果をとりまとめたのが本冊子であります。

読者諸君におかれましては、投稿者の熱意を御読みいただくとともに、本冊子の内容につき厳正な御批判をいただくことを御願いし、以て今後の精進の糧とさせていただきたいと存じます。

昭和46年6月

大阪教育大学附属天王寺中学校長
大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎主任

斉 藤 洋



目 次

社会科

- 近・現代史学習の実践（第一報）
—近・現代史学習をめぐる諸問題— 西田光男 1

数学科

- 中学校における確率・統計の指導についての実験的研究
—とくに統計的仮設検定の指導について— 松宮哲夫 12
- 高等学校における行列の指導について
—2次、3次の行列を中心として— 平林宏朗 20

理科

- 大阪周辺で得られる土壤性総堀類 芳賀和夫 44
- 探求の過程を重視するには（そのⅡ） 浅野浅春
辻退 57

保健体育科

- 教室のガスストーブ暖房と二酸化炭素 保田喬 79

英語科

- 読解指導についての一試論
—英語学習の問題点（第4報）— 樋口忠彦
今倉大
田村啓 86

授業の実際

- 高校英詩教材、etc.— 山口格郎 107

近・現代史学習の実践（第1報）

一近・現代史学習をめぐる諸問題一

西田光男

はじめに

ここ数年来、近・現代史学習の重要性が叫ばれ、教育雑誌や各種の教育研究会で数多くの実践が報告され、討議されているにもかかわらず、現場における近・現代史学習はまだまだ低調であるというのがいつわらざる現状であろう。

このような原因については、多くの人々によって指摘されている。社会科歴史の学習目標が、現在の日本のおかれている歴史的位置と日本民族がおかれている大小の実践的課題を明らかにし、明日への進むべき道を考えさせることにあるとすれば、近・現代史の学習をぬきにして歴史教育を考えることはできないであろう。

しかも、ここ数年来、明治を「光輝ある時代」としてとらえ、それをもって過去百年の近代日本をつらぬく「栄光」とし、さらに、その「栄光」をもって今後の日本の指針とする動きや、日本の明治以来の近代化の歴史を、同時代の世界史上にまったく例のない輝かしい成功としてとらえ、現代のアジア、アフリカの新興国は、この日本の近代化を模範とし、それにならう以外発展の道はないという理論などが鼓吹されている現在、現場における近・現代史学習については、さらに検討をすすめていく必要を感じられる。

さらに、今回改訂された学習指導要領においては、歴史学習は、三学年を通して仕上げるようになっている。しかし、その取り扱いにおいては、疑問の点がないとはいえない。

特に、戦後史の部分については、大きな流れは歴史分野において概観し、内容は主として、公民的分野においてわが国を中心に取り扱うよう指摘されている。また、公民的分野における学習は、日本経済の復興とその後の急速な成長、国際政治の推移と現状、わが国をめぐる国際関係などのあらましを、歴史的分野の学習の基礎のうえにたって取り扱うように考えられているが、実際には戦後史をこのような趣旨でまとめ扱うところではなく、必要に応じて公民的分野の各主題におりこむというかたちがとられている。これでは、はたして歴史学習として戦後史を扱うということになるであろうか。

また、近・現代史の学習内容についても、多くの学者や現場からも指摘されているように近代文化と近代工業の発展という二本の柱でもって一貫され、近代化論によって見事に仕上げられていることは事実であり、これでは、指導要領の目標(5)にいう「歴史の事実を正確に把握し、諸事象を歴史的に考察し公正に判断しようとする態度と能力を育てる」ととらできるかどうかはなはだ疑問であるといわなければならない。

近・現代史学習の諸問題

次に、近・現代学習の諸問題について考察をすすめていきたい。これらの問題について

は大別して、学習内容に関するものと学習方法に関するものにわけることができるが、両者は完全に分離して考えることはできないものであり、本論稿においても、この両者の関連のもとに、いくつかの問題点をとりあげていくことにしたい。

(1) 近・現代史学習の困難性

近・現代史学習の困難点については、多くの理由が指摘されている。その一つは、古代からやってくると、近・現代史までやる時間がないということである。私は、かって、本校の附属高等学校に入学した生徒の中学校での歴史学習について調査したが、現代史、なかでも、戦後史まで学習してきた者はすくなく、はなはだしい場合は明治時代末まであり、大半が太平洋戦争終結でおわっていた。また、戦後史について学習した生徒の場合も、ほとんどが戦後の民主改革と日本国憲法の制定が多く、その後の事項について学習しているものはきわめてすくなかった。附属高校入学者は附属中学校からの進学者をのぞくと、大阪府下の中学校の出身者でしめられており、この調査からただちに府下の中学校の歴史学習の実態を考えることはできないにしても、一つの侧面をものがたっていることは否定できない。また、吉田太郎氏が、関東地区的公立高校出身者について、中学校および高等学校での歴史授業の進度について調査されているが、その結果は、中学校においては現代（ここでは1957年）まで学習してきている者は、調査人員の75%であるが高等学校では24%にすぎない。（注1）

また、その授業内容は、ほとんどが「時間不足によるかけあし授業」であり、この点については、芳野大門氏の北多摩郡下の中学校（10校）における明治・大正・昭和にあてる所要時間の実態調査も、ほぼ同じ傾向をしめしている。（注2）

このような事情は、今日においても、ほとんど大差がないと私は考えている。しかし、この事実をもって、ただちに歴史学習、とりわけ近・現代史学習が不徹底であると指摘することはできない。というのは、日米安全保障条約にしても、松川事件、サンフランシスコ講和条約にしても、中三の政経社分野で取り扱われていることは事実である。だが、その扱い方は、戦後史の流れのなかで扱うという視点にたつものではない。このように考えた場合、特に歴史学習における近・現代史の学習はきわめて貧弱であるといわざるをえない。

また、その他の理由としては、特に、現代史学習の場合、父母、教師、生徒の考え方のちがいがはげしく実施にあたって、しばしば困難に直面することや、教師の現代に対する認識の不足などがあげられる。さらに事件の評価が一定でなく、新しい事実があらわれたり、資料がでてくることによってかわることがあるという点も考えられる。

しかし、このような理由はたんに近・現代史学習だけにあるものではなく、それらの理由のなかには、むしろ困難だけをしめすのではなく、逆にその必要性をうらづけるものもある。例えば、評価が定まっておらず、また変わるということは、古代、中世、近世史においてもみられるものであり、遠山茂樹氏のことばをかりるならば、「人民大衆が歴史をつくる。その歴史創造によって、不斷に歴史像、歴史的評価はかきかえることができるし、必然的に変わらざるをえないのだ」という把握の仕方を生徒の身につけさせることができるのであって、このことは、近・現代史の学習だけでなく、他の時代の歴史学習のなかでも当然おこなわれなければならないのであって、とくに戦後史などの場合は、その性格上、もっともよくこのことを生徒によくわからせることができるのではないだろうか。

結局、近・現代史学習の実践をなすためには、本多公栄氏が指摘するように、教師自身が、権力と対決する姿勢をもち、近・現代史のみならず、前近代史の内容の再検討をおこない、さらに、現代史教育をおこなう可能な諸条件を学校や、地域でつくっていくという課題を背負わなければならない。そして、それは、教師1人の力で可能なものではなく、組織的集団的におこなわねばならないということになるのではないだろうか。

すなわち、近・現代史学習の実践は、たんなる教育技術の域において解決されるのではなく、そこには、よりよい社会をめざしてすすんでいく教師の姿勢というものが大切になってくるのではないだろうか。そして、それをめざしては、近・現代史学習はありえないものであるといわなければならない。

(注1)

吉田太郎「中・高校における歴史授業度の実態」(歴史教育(1965年1月号))

	中学校	高等学校
江戸時代のおわりまで	2%	23%
明治時代のおわりまで	7%	10%
大正時代のおわりまで	3%	19%
第二次大戦前まで	13%	24%
現代(1957年)	75%	24%

調査対象——関東地区の公立高校11校(全日制10校・定時制1校1050名)

(注2)

芳野太門「中学校における学年プラン」(社会科教育(1965年8月号))

校名	所要時間	はいる時間	進行状況
A	20時間	1月	早くなる
B	58%	12月	早くなる
C	40%	12月末	早い
D	40%	12月末	普通
E	50%	11月下旬	スピードを早める
F	55%	12月初旬	いそぎすぎる
G	50%	12月	早くなる
H	55%	12月～1月	追いつめられてスピードをあげる
I	55%	11月下旬	古代中世と同じスピード
J	30%	1月末	第一次大戦後は打切り

(2) 近・現代史学習内容の構成について

近・現代史学習については、今日数多くのプランや実践がだされているが、そこで問題

になるのは、近・現代史を全体的にどのようにとらえるか、さらに、それをどのように配列していくかという点である。

近代史については、戦争、民主主義の発達、資本主義の発展を中心とするもの、とりわけ、そのなかでも戦争を近代史の中心におくという考え方は、これまでかなり一般にあつたようである。しかし、これに対して、民主主義の発達、あるいは、資本主義の発展というものを軸にした方がよいという批判もおこっている。さらには、これらをきりはなしで考えることには問題があるという批判もなされている。この三つの側面をどのようなかたちでとらえ、それを実際にどのように教材として、配列、構成するかは近・現代史学習を考えていくうえでの重要な問題である。

つぎに、現代史については、社会主義社会の成立、発展の歴史が基本であるという考え方もあるが、これについても数多くの面より批判がなされている。

まず、近代史学習の軸については、吉村徳藏、加藤文三両氏が、上に述べた三つの軸のうちでも、資本主義の発展を軸として扱い、それに階級斗争の発展（それを民主主義の発展とよんでもよい。）を関連させて考えていくのに対して、川島孝郎氏は、三つの軸をきりはなしで、資本主義の発展が軸であるという考え方には疑問をもち近・現代史の学習においては、戦争の歴史に力を入れ、比重をかけるのは当然であり、また、民主主義の発展、階級斗争の発展という「人類の多年にわたる自由獲得の努力の結果」をだいじにしないのでは、何のための歴史教育であるかと手きびしい批判をくわえている。この点について、木多公榮氏は、両者の共通の基盤と相違点を考えながら、a、資本主義経済の発達→資本主義の発展、b、反封建斗争の発展と労働者階級の成長→民主主義の発達、c、植民地支配をめぐる戦争と被圧迫民族の解放斗争の発展→戦争というように、その関連をとらえ、学習の柱は一つであるが、不可分の関係にある三つの側面から成り立っているとし、三つの側面の中で軸を一、二に確定することはやめたいとのべている。（注1）

また、日本現代史については、日本現代史を世界史の中に正しく位置づけることと、1945年8月15日の断絶と連続の両面を正しくとらえることの二点を基礎に再検討されるべきであると主張している。このような考え方のもとには、日本の現代史のはじまりをいつとしてとらえるかという点がある。この点については、学者の間でも、多くの考え方方にわかるが、井上清氏は、日本歴史講座の中で、①現代を資本主義ととらえた場合、その始まりは1868年の近代天皇制の出発期におかれる。②資本主義の歴史を独占段階とそれ以前とにわけたとすれば、日本現代史のはじまりを1900年におくことができる。③独占段階への移行を第一次大戦のちの1920年の経済恐怖をへて完成したとすれば、1909年あるいは、1920年にはじまるといえる。④さらに敗戦を転機に日本資本主義が再編成され、民主化や米国との占領と従属がつよめられたということに力点をおけば、現代史のはじまりは、日本が第二次世界大戦に敗北した日にしなければならないと指摘している。そして、同講座では、1900年を現代史のはじまりとしている。本多氏は、井上氏の分類の理由を根拠に現代史は1945年からはじめた方がよいとのべている。ただし、その場合、氏は、①世界的視野では、現代史は、1917年からはじまっている。しかも、日本現代史はあくまでも世界史の一部であり、世界現代史の側面の中に位置づけねばならない。この点よりみれば、日本現代史の開始期は1945年からではなく、1917年からはじまるのだということを銘記しなければならない。②世界現代史は、社会主義社会の質的・量的発展が重要な位置をしてい

るのに対して、日本現代史は資本主義社会の歴史であるという意味から、井上氏の1900年から現代史を問題とすることに大きな意義をみとめ、1945年以後を日本現代史とすることによってそれ以前の歴史と断絶することがあってはいけないのであって、ともすれば、従来の歴史教育においてはそれ以前の歴史との同質性に対する追求がよわく、この断絶が子どもたちに1945年以前の日本歴史を否定的にとらえさせ、1945年以後は肯定的にとらえさせるという歴史認識をそだてたのではないかという問題点を提起している。そして、本多氏は、その実践において、日本近・現代史学習の前に、世界近・現代史の学習をおこなっている。そこでは、加藤氏などの世界史独立論に批判検討をくわえながら、各國史を中心とする世界近・現代史を構成している。その内容は、1.ヨーロッパ近代史 2.アメリカ近・現代史 3.ソ連近・現代史 4.中国近・現代史 5.朝鮮近・現代史 6.ベトナム現代史である。その構成理由については、①高校生段階では、世界史、日本史をサンドウイッチ式に教える、世界的観点で同時代史的に教える、歴史の全体像あるいは個々の認識を分断せずに接続させて総合的に認識できるかもしれないが、中学生の段階では、各國に対する認識などは分断学習では育ちにくいということの論理的思考の発達段階が考えられる。②とりあげた国々については、1965年の段階では生徒は非常な興味をもっているものであり、また教師もぜひ教えておきたいものであり、その構成は、子どもの生活の論理の上にのっているものである。③学習の力点では、ヨーロッパ近代史で封建社会から資本主義社会を中心に教える、ソ連現代史では資本主義から社会主義を教える。植民地からの脱脚は、ベトナム現代史を中心に中国、朝鮮史などで教える、米国近現代史では資本主義の全盛と衰退の歴史に力点をおく。また各國間における歴史事象のダブリについては反復学習という意味であってもよいが、同一の歴史事象を焦点として授業はダブルさせる。

しかし、本多氏の日本近・現代史学習の中には、相当の世界史がおりこまれている。この点について、氏は、①世界各國史であるので、相当穴がある。（例えば、アフリカ、ラテンアメリカ、ナチスドイツなど）②同時代史に重点をおかないと、世界史像の形成が弱いという2点をおぎなういみもあって、文部省のサンドウイッチ式に近いほど多量に世界史的なものをもりこんでいる。

しかし、私は、この点について、いくつかの問題点をあげておきたい。①日本近・現代史を学習する前に、このような世界近・現代史をとりあげることが世界史的視野にたった日本近・現代史であるといえるのかどうか、また、その学習の有効性はどうか。②日本近・現代史においては、東南アジアをめぐる日本と列強との関係の中でつかせることができると考えた場合、本多氏の世界近・現代史のあつかい方には、若干修正をくわえる必要があるのではないか、③地歴併行という面から考えた場合には、世界史の構成というものについては、ちがった構成ができるのではないか、④本多氏は、理解度のちがいは、基本的には子どもの発達段階の問題であるとのべているが、はたしてそう考えてよいのだろうか、それは社会科における教材や学習内容と関係がないであろうか。

（注1）木多公栄著、近・現代史をどう教えるか（明治図書 1997年）

（3）戦後史のとり扱い方について

戦後史は、問題史学習であるべきか、通史学習であるべきかについては、現在まだ解決されていないと考えている。事実、本多氏も、戦後史学習については、通史的に扱った授業、問題別に扱った授業、前半は通史的に後半を問題別的に扱った三態の授業を実践され、

そのうえで極力通史学習にするべきであると主張されている。しかし、私はあくまでも、戦後史学習は問題史学習であるべきであると考える。これは戦後史学習においてはたして通史学習が可能であるかという疑問によるところが大きい。戦後史の場合、他の時代と違って資料あるいは、それに類したものが無限に多いほど多くある一方、発表をはばまれているものも少なくなく、今後新資料の出現によって新しい事実がうまれてくる可能性が多い。

また、戦後の事件の多くは、東西両陣営の政治的対立にひきされながらでてくるということも、一層事実の確立をむずかしくしている。また、その当時は、非常に意義が高く考えられた事件であっても、その後の時間的経過とともに、さしたるものでなくなる場合もあるし、その逆の場合も生じてくるのである。

このように考えてくれば、戦後史を通史学習としておこなうことについては疑問がある。私はかねがね戦後史学習については、問題史を加味した形態でおこなうことがのぞましいと考えていたが、遠山氏も、この点について、「もし通史学習をおこなうにしても、問題史を加味した形態をとったならばよい……そして、むしろ安定した位置づけと評価に困難があるという戦後史の特性を生かして、結論は、教師からあたえるのではなく、国民ひとりひとりが現実を検討し、歴史発展の巨視的見とおしに照らして思考することによって、結論をだすべきであり、私たちが現代史をどう認識し、どう働きかけるかによって、歴史創造の仕事に参加しているのだという意識をそだてることに重点をおくべきだ」とのべられているのは、適切であり、現場における戦後史学習のあり方について改めて考えるべきものをもっていると私は考える。

今歴史教育者協議会編の「教師のための日本歴史」と「教師のための歴史」における戦後史の学習教材配列をしめてみるとつぎのようである。

教師のための日本歴史（53年刊）

戦後の日本

I ポツダム宣言（2時間）

II 戦後の諸改革（1～2時間）

1. アメリカ軍の占領

2. 占領軍による諸改革

III 民主主義運動の発展（4時間）

1. 民主主義運動の復活

2. 日本国憲法

3. 農地改革と財閥

4. 外資導入と「占領政策の転換」

世界平和と日本

I 戦後の世界の変化（2～4時間）

1. 國際連合

2. 世界の変化

3. 平和の声

II 二つの世界とサンフランシスコ条約（4～6時間）

1. 二つの世界

2. サンフランシスコ条約

III 現在の世界と日本（4～6時間）

1. 世界の問題

2. 日本の問題

教師のための歴史（62年刊）

戦後の世界と日本

- | | | |
|------------------|-----------|------------|
| ◦敗戦と占領 | ◦戦後の民主化 | ◦2・1スト前後 |
| ◦国連と二つの体制 | ◦新中国の誕生 | ◦松川事件 |
| ◦朝鮮戦争とサンフランシスコ条約 | | ◦死の灰と軍事基地 |
| ◦アジア・アフリカの動き | | ◦戦後日本の文化 |
| ◦日本独占資本の復活 | ◦宇宙時代 | ◦動評と皇太子ブーム |
| ◦安保条約をめぐって | ◦日本と中国・朝鮮 | |

この二つの戦後史学習の教材配列について考えた場合、約10年の経過があるわけであるが、そのため同事項の扱い方についてもちがいがみられる。この場合、日本国憲法の扱い方について考えてみれば、「教師のための日本歴史」では、世界史的にみた戦後の日本の民主化運動の一つのピークとしてとらえられている。

しかし、安保斗争を経過した後の62年刊の「教師のための歴史」のほうは、民主運動のなかからとくに占領と独立の問題のなかでの日本国憲法の意義をとらえさせようと強調しているかに見える。

このように日本国憲法について、その強調点がかわることは、現代史においてはやむをえないものと観念して、通史学習としてただ一回だけそのことにふれるということで満足してよいだろうか。生徒にもっと復眼的なもののみかたをあたえることによって、みずから歴史的に考えることどもにすることが大切であると考えられる。

たとえば、日本国憲法との関係を安保斗争で意識づけようとしたとき、53年にやったときとちがった解釈をしなければならなくなるだろう。それでは、日本国憲法を戦後史全体のなかで確定的に位置づけることになるから、通史学習ができるという主張は、破綻することになる。こどもに歴史をわからせるという方法が評価のきまった事実を年代的におしえるだけでことたりるように考えられる戦後史以前の歴史学習では、それでよいが、みずから歴史にたいする態度をじょじょに、みずからきめていくことを歴史学習の本質とするならば、戦後史学習においては、また戦後史学習においてこそ、日本国憲法なら、日本国憲法をいろいろな視点からみられるようにしておくことが、眞の歴史学習であると考えられる。

このようなことから、私は、次のような戦後史学習をおこなった。（注1）それは、戦後の日本を特徴づける根本的なことは、①人民大衆が労働者階級を先頭にして、国家と民族の進路をきめるのに、直接の積極的な力として登場してきたことであり、②わが国の運命が世界の運命と直接に一体に結びつけられていることである。（注2）この考え方のもとに、私は、わが国の国民が、国民自身の課題として世界史にはたらきかけた事件を中心にして、これと関連のある事実を関連づけておしえようとしたのである。

そして、その事件として、(1) 日本国憲法 (2) サンフランシスコ講和 (3) 安保斗争の三つをとりあげ、次のように構成した。

1. 日本国憲法

- A. 明治憲法——終戦時における憲法論争——占領軍のだした憲法草案——日本のこれに対する対処方——議会における成立
 - B. 日本国憲法がまげられていく過程——朝鮮戦争——サンフランシスコ講和——戦後はおわった——安保斗争——改憲論議
 - C. 教育の場における憲法——教師の政治的中立——勤評斗争・学テ斗争・教員養成制度の改正
2. サンフランシスコ講和
占領下の日本——日本国憲法——独立へのねがい——朝鮮戦争——米・ソの対立——全面講和・単独講和——安保条約をふくむサンフランシスコ講和——池田・ロバートソン会談——日本経済の復興——日米新体制——安保斗争
3. 安保斗争
A. 武装解除された日本——ポツダム宣言——日本国憲法——国内治安と管理政策——朝鮮戦争と保安隊——サンフランシスコ講和
- B. 警察予備隊・保安隊・自衛隊——日共の革命路線——占領軍と軍事基地——砂川事件——安保斗争

(全配当時間 15時間)

この方法でおこなうと、① 自分の意図した世界史のなかでの戦後日本のあゆみがどのようなものであったか、具体的にわからせるともに、日本国憲法の具体的な把握をさせることができる。② 同時に、もう二つのつながりをあたえることができる。③ 時間の都合によっては、① ② ③ 全部をとりあげる必要はなく、① ② のみでもよいわけであり、指導計画においても弾力性のある計画がなされる。

このような学習をすることによって、日本国憲法、サンフランシスコ講和、安保斗争というものを、いろいろな方向からみることができ、こともの歴史を見る眼が多方向のものを総合的にとらえていく路がひらかれる私たちは考えている。

遠山氏が「いわば戦後史は、原始から第二次大戦にいたるまでの通史学習でえられた知識の総復習であり、そこでえられた歴史的思考の現実への適用、いわば応用問題の解答練習である」といわれていることもこのことをいっておられるのであろう。

1970年現在、この三つの事件については、もう一度検討する必要をかんじている。

本多氏も、1970年段階では、戦後史といつても、1945年～51年、1952年～60年と時代像の変貌を経て、1960年代をむかえており、この変貌の全体像は歴史学習でなければ把握できないと考えているが、1960年代学習については、遠山茂樹氏の考え方とともに、問題別学習の実践がおこなわれている。(注3) 私なりに戦後史学習の問題点をあげるならば、①戦後史学習における問題史学習とはどのようなものをさすのか、特にそこでの問題とはなにか、②通史学習と問題史学習において生徒の認識のうえでどのような差異がみられるかという検証の必要性、③戦後史学習と公民的分野とのつながりをどのように考えるか。

(注1) 抽 稿 戦後史の流れをどう方向づけるか(社会科教育1964年12月号No.3 明治図書)

(注2) 日本歴史講座第7巻戦後十年史(井上清序論担当)(東京大学出版会 1956年)

(注3) 本多公栄 近・現代史学習をめぐる現状と問題点(社会科教育 1970年2月号 No.66 明治図書)

(4) 近・現代史学習における地域の歴史のとりあげかた

従来の近・現代学習においては、資本主義の矛盾や戦争に対する認識を強調するあまり、地域での人民大衆の生存や生活などを明らかにしていく面に欠けていたことも考えられる。しかし、今日のごとく、明治時代の「榮光」をもって日本の近代化をながめていこうとする考え方や、近代文化と近代工業の発展という二面でとらえていこうとするような理論がまかり通っている時、それらのあやまりを明白に指摘するためには、地域における人民の生存や生活や権利を明らかにすることは必要なことであり、資本主義を人民の問題としてとらえさせるばかりでなく、地域を通して日本の資本主義の発達や矛盾を明らかにし、近代化論をうちやぶっていく有効性をもつものであると考える。その意味からも、一方では地域の人民の生活の史実をほりおこし、それを積極的に教材として取り上げていくことの必要性をかんじるとともに、他方では、現に各地域でなされている地域史の研究活動に関心をもち、その仕事に積極的に参加すべきであると考えている。

しかし、地域史のとりあげかたについては、特に考えねばならないことがある。それは、地域社会は基本的に一貫した階級的または体制的矛盾が貫徹する特定地域住民の社会的生産と斗争の場であり、その場における民衆の集団と意識連帯を根源として成立している。したがって、それは、あくまでも、地域史と日本史を一階から三階までエレベーターで昇降するような三階建ビルディング式認識や同心円的な関係でとらえるべきではない。

地域社会の歴史は民族社会の歴史と人類社会の歴史と不可分であり、このことは、各時代各時期における各地域社会と各民族の社会と各地域世界はそれぞれ不均等な発展をしながら存在し、しかもたがいに関連しながら運動するかぎりにおいて共通した環境を共有している。地域社会の形成と変革と創造の過程を民族の人民的成长の過程を軸として、具体的に究明することなしにただ「地域」の諸斗争をほりおこすことだけにとどまっていれば安易な観念的把握に停滞するであろう。（『歴史地理教育』154号、篠崎勝氏「地域社会史の理論と課題」参照）この原則は大切である。しかし、それを教育の場特に近・現代史の学習においてどのように教材化するかについては実践を通して検討しなければならない。

おわりに

以上、近・現代史学習をめぐる諸問題について私なりにいろいろな面から考察をすすめてみた。一昨年來数多くの高校において紛争がおこっている。そこには、私達の教育の意味を問うものも多い。文部省は、小中の指導要領につづいて、高等学校の学習指導要領を発表したが、この中でも社会科は大きくかえられている。そして、すでに今春より小学校は、改訂指導要領にもとづく学習がおこなわれている。このような中で、今一度近・現代史学習の内味や方法を考えることとは教師の現代に対する認識や教育とは何にかという問題ともかかわるものであり、それなくしては、近・現代史の重要性とうらはらに、現場における低調さがつづくと私は考えている。その克服こそ、まさに、近・現代史をどこまでもまなばせる第一歩になるのではないだろうか。

（附記）

1970年度に実践した近・現代史学習の内容は、次のようである。

立案、実施にさいしては、次の点に留意した。

①近・現代史学習の軸については、資本主義経済の発達→資本主義の発達、反封建斗争の発展と労働者階級の成長→民主主義の発達、植民地支配をめぐる戦争と被圧迫民族の解放斗争の発展→戦争を軸と考える。

②日本史と世界史をきりはなすのではなく、できるだけ同時代的に教材構成をおこない、東アジアをめぐる日本と列強との関係の中でつかませるように配慮した。

③政治、経済、文化というふうに別々に教えるのではなく、よこ割に時代をながめていくようにした。

④地域の歴史をとりあげ、できるかぎりくみこんでいくように努めた。

⑤戦後史学習については、通史学習ではなく、問題史学習を考えた。

近・現代史学習指導計画

明治維新 (9時間)

- 1 開国期の國際情勢
- 2 開国
- 3 反幕府運動の激化
- 4 幕府の滅亡
- 5 明治政府の成立
- 6 明治初期の外交
- 7 四民平等
- 8 地租改正
- 9 富国強兵

日本の近代化 (5時間)

- 1 自由民権運動のおこり
- 2 自由民権運動の展開
- 3 憲法の成立
- 4 初期の議会

世界の中の日本 (13時間)

- 1 条約改正
- 2 朝鮮への進出
- 3 日清戦争
- 4 第一次産業革命
- 5 社会運動のはじまり
- 6 帝国主義の時代
- 7 列国の中国進出
- 8 日露戦争への道
- 9 日露戦争
- 10 社会運動
- 11 韓国併合
- 12 辛亥革命
- 13 近代文化の発達

大正デモクラシーと教養主義 (7時間)

- 1 資本主義の発展と政党の進出
- 2 第一次世界大戦前の世界
- 3 第一次世界大戦
- 4 大戦参加と対華21カ条要求
- 5 民本主義と米騒動
- 6 ワシントン体制と日本
- 7 関東震災と普通選挙法

軍国主義への道 (12時間)

- 1 世界恐慌
- 2 日本の恐慌
- 3 満州事変
- 4 ファシズムの進展
- 5 天皇制ファシズム
- 6 労働者、農民階級のたたかい
- 7 日中戦争
- 8 第二次世界大戦
- 9 国家総動員体制
- 10 太平洋戦争
- 11 国民生活の破壊
- 12 第二次世界大戦の終結

※戦後史については、論文中にふれているので省略。

実践 (1)

世界の中の日本

10社会運動

(ねらい) 日露戦争後の日本資本主義の発展と労働運動の発展をあきらかにする。
(展開)

・資本主義の発展とともに次第に独占が形成された。

・明治期の大坂紡績業の合併状況を通して大阪における独占の傾向をつかませる。(特に、大阪においてはカルテルは1870年では、同業組合的色彩をつよくおびていた。) 1880～90年代にはいってカルテル的統制をはじめ、以後戦争を経過することに、結成分野を広げていったこと。綿糸、綿布、硫酸、人造肥料、バーナ、マッチ、セルロイドなどの諸工

業で大阪がとりもなおさず中心地であったこと。紡績資本の集中については、1901年から1912年にかけて銭数、綿糸生産高が倍増しているにもかかわらず、会社数では、1890年の79社を最高に1911年には、2分の1以下の34社に減少しており、戦後の国内需要の停滞と1907年から、10年まで続いた銀相場の暴落による中国向綿糸輸出の減退に対処するため、1908年以降、紡績連合会が連年のうちにこなった操短を通じて促進されたこと、太糸生産から細糸生産へ、綿糸輸出から綿布輸出へ転換したこと、電気、ガス、水道などの公益企業をはじめ、機械器具工業、化学工業が高度の発達をしめし、日露戦争後大きく産業構造上に変化があったこと（大阪鉄工所、陸軍造兵廠大阪工廠の伸長、大阪電灯、大阪ガス会社などの公益事業諸会社の成長のあしどりを具体的にみさせる）

・日本資本主義の矛盾による労働運動の発生——反戦、反体制の運動の強化

・戦後の物価の高騰、恐慌による生活による賃上げ要求を中心とする労働争議、その代表的なものは、1906年の大阪砲兵工廠のストライキであり、これは労働者側の完敗におわるが、砲兵工廠という近代的大軍事工場で激烈な斗争態勢の争議が発生した事実は、この時期の社会状勢的一面を示している。そして1907年代にはいると、活版技工組合のストライキにみられるような同職組合組織を通じてのストライキをうむにいたったこと。そして、水の都大阪にふさわしい大阪巡航会社のストライキ（ここでは指導や組織があつたわけではないが、近代的労働者として秩序ある理性的な運動がとられたことで異色のものである）大阪平民社を中心とする社会主義活動「大阪平民新聞」の発行——分裂——その中における森近運平の活躍——大逆事件に連座して1911年の中央親友会、1912年の府下在住の石工を中心とする大阪石工和平会という経営者指導下の相互扶助、労資協調を目的として共済組合的あるいは業者の発展と相互親睦、相互扶助のための同職組合の結成——友愛会と大阪——これに対する職工組合期成同志会の発足などを通して、労働運動の発展と政府の弾圧による変化をながめていく。地域を通じて天皇制絶対主義国家の経済的基盤の確立とそれに反対する自覚した労働者、政府の国内民主勢力への弾圧をつかませる。

実践 (2)

〔戦後史〕 教育の場における憲法

- ・最近の教育の動向を考える。（教科書検定、教師の政治的中立、教育工学、教育の科学化、新しい人間像教育など）
- ・戦後の教育の流れを考える。（明治憲法と教育規定、公民科から社会科への出発、生活を認識する教育、教育基本法と学習指導要領、地域教育計画運動、戦後教育の再検討、動評斗争、新教委法）
- ・憲法とのかかわりを考える。〔教育法制（自由権的規定と社会権的規定、教育権）安保体制と人材開発政策、教育政策の新段階、学テ問題、教員養成制度の改正、人間像と國家像、教育の民主主義など〕
- ・今後の教育のありかたを考える（教育の質と量、学制改革、実生活と教育の結合、国家主義と国際主義など）

(1971. 4. 28)

中学校における確率・統計の指導についての実験的研究

——とくに統計的仮説検定の指導について——

松 宮 哲 夫

目 次

I 研究の立場	12	V 実験指導の概要	14
II 研究の目的	12	VI 結果とその考察	15
III 研究の方法	13	VII 要 約	18
IV 研究の経過	13	VIII 今後の課題	18

I 研究の立場

本研究は、昭和42年度から始めて、昭和45年度に一応の区切りをつけたものである。昭和42年度の時点では、学習指導要領改訂の前夜にあたり、中学校の数学教育において、確率・統計の指導が、改めて、クローズアップされてきたころであった。

従来からも、中3において、統計が指導されていたので、それに関して、かなり研究が行なわれてきた。しかし、それらは、記述統計の一部分にとどまっていた。また、確率指導の研究については、緒についたばかりであった。^{*}したがって、確率から推定・検定までの一貫した内容に関する実験的研究は、中学校において、ほとんど実施されていなかつたといえる。

その理由としては、推定や検定などの内容になると、中学生には困難なものが相当ふくまれてくるからである。しかし、これも、その取り扱い方によっては、ある程度可能であり、しかも、このような一貫した指導があつてはじめて、確率や統計の基本的な理解に到達させることができるのでないかと考えたわけである。

そこで、われわれ^{**}は、上述の立場から、本テーマを取り上げ、これまで4年間、実験的研究をすすめてきた。

われわれの行なってきた実験での指導内容は、昭和44年4月に、文部省から告示された学習指導要領数学科編の確率・統計の内容とかなりちがっている。しかし、われわれは、昭和42年度の研究の出発点において立てた計画を変更することなく、そのまま引きついで研究をすすめてきたのである。

II 研究の目的

推測統計を主眼においていた確率・統計に関する内容が、中学生に、どの程度理解されるかについて、実験によって明らかにする。

III 研究の方法

1. 実験の内容

「簡単な統計的推定や検定の意味がわかる」というところに目標をおき、これに到達させるために、次のような内容を取り上げることにした。

- (1) 記述統計……資料のまとめ方、度数分布、平均、分散、標準偏差
- (2) 確率……確からしさ、確からしさの数量化→確率、確率の求め方、確率の加法性・乗法性、大数の法則
- (3) 確率分布……離散変数、連続変数、二項分布、正規分布、正規分布表
- (4) 推定……標本と母集団、標本分布、中心極限定理、区間推定
- (5) 検定……母分散が既知の場合の母平均の検定

2. 実験の方法

直接、教師が指導することはやめ、すべて、学習プログラム（シートプログラム）によってすすめる方法をとった。これは、2校以上で実験を行なうため、その条件をそろえるためである。

実験では、前記(1)～(5)の内容について、それぞれ、

事前テスト→プログラム→事後テスト

という順序に実施することを原則とし、それぞれのねらいに対して、生徒たちが、どれだけ到達できたか、プログラムのどこに問題があるかなどについて検討することにした。

3. 実験の対象

主対象は、中学校第2学年とし、副対象として、中学校第1、3学年をとった。

われわれの研究期間の実験の対象校は、次のとおりである。

- (ア) 昭和43年度……大阪府堺市立旭中学校第2学年（2学級）
　　大阪府堺市立長尾中学校第2学年（1学級）
　　大阪府枚方市立第二中学校第2学年（1学級）
　　大阪府堺市立旭中学校第1学年および第3学年（各1学級）
　　大阪教育大学附属天王寺中学校第3学年（3学級）
- (イ) 昭和44年度……大阪市立我孫子中学校第2学年（16学級）
- (ウ) 昭和45年度……大阪市立我孫子中学校第3学年（4学級）
　　（この4学級の生徒は、前年度の中2のとき、内容(1)～(4)について
　　プログラム学習を行なっている。）

IV 研究の経過

1. 昭和42年度……上記の内容(1)～(5)のそれぞれの学習プログラムを、分担して作成し、部会で検討を加えて修正し、完成した。
2. 昭和43年度前期……内容(1)、(2)について、(ア)を対象として実験を行ない（7月中旬），
　　その結果を、日数教第50回全国大会において報告した。^{*3}
3. 昭和43年度後期……内容(1)～(4)について、(ア)を対象として実験を行ない（10月上旬），
　　その結果を、日数教第3回数学教育研究発表会にて報告した。^{*4}
4. 昭和44年度……内容(1)～(4)について、(イ)を対象として実験を行ない（6月後半），
　　その結果を、日数教第51回全国大会において報告した。^{*5}

5. 昭和45年度………内容(5)について、(4)を対象として実験を行ない（6月～7月），
その結果を、日数教第52回全国大会において報告した。^{**}, ^{††}

以上のうち、昭和43年度の研究の結果について簡潔に要約すると、次のような。*

注 上位群は数学科の5段階評価で5, 4, 中位群は3, 下位群は2, 1のものとした。

(1) 記述統計……度数分布表の作成、表より平均を求めるることは、上・中・下位群ともほとんど理解できている。また、分散では、上・中位群に効果があり、その意味を理解しているが、標準偏差の理解は不十分であった。平方根の指導が中2では指導されていなかったためである。

(2) 確率……確率の単純な計算は、どの群もほとんどできた。確率の加注性・乗法性の問題は、上・中位群にとくに効果があったが、二項分布は、どの群も理解不十分であった。

(3) 確率分布……確率の加法性に関する演算、連続的確率変数の定義、標準型正規分布表の使用についての理解は十分ではなかったが、他はほぼ理解した。正規分布表の使用については、上位群にのみ効果があった。

(4) 区間推定……上・中位群において、学習の効果はあったが、下位群では、標本平均の分布の平均以外、信頼区間の算出など、ほとんど効果がなかった。平均、分散、標準偏差などの処理がもっと自由にならないと、全体的には困難のようである。

以上の(1)～(4)の4つの内容のプログラムの学習時間は、約4時間であったが、主対象（中2）の上・中位群の生徒は、ほぼ理解したようであった。

以下、本稿では、サブタイトルに示したように、昭和45年度に行なった統計的仮説検定の指導についての実験的研究の結果を述べることにする。

V 実験指導の概要

1. 昭和45年度の研究の方針

昭和44年度に、(1)～(4)の内容について指導を受けた生徒を対象として、検定を指導することにした。そのねらいを、簡単な統計的仮説検定の意味がわかることにおいた。

昭和44年度までの実験指導では、III-2で述べたように、すべてプログラム学習によってすすめたのであるが、中学部会で検討した結果、授業による「肉づけ」が必要であることを認めたので、昭和45年度の実験指導では、学習プログラムにもとづいてテキストを作成し、それを使い、一齊授業によってすすめることにした。授業は、実験校の中村教諭が担当し、その後、反省会をもって検討した。

2. 実験指導のアウトライン（時数、計8時間）

・内容(1), (2)の復習	1 時間（テスト形式）
・内容(3), (4)の復習	2.5時間（テスト形式）
・内容(5)の事前テスト	0.5時間
・内容(5)「検定」の指導	3 時間（一齊授業）
・内容(5)の事後テスト	0.5時間

3. 「検定」の指導（3時間分）のコース・アウトライン

I. 導入	1時間
-------	-----

1. 区間推定	
2. 判断の仕方（起こりやすいこと）	
3. 判断の基準としてのZの求め方	
II. 仮説検定の手順	1.5時間
1. 有意水準	
2. 仮説（帰無仮説）	
3. 棄却域	
4. 統計的仮説検定の方法	
III. 仮説検定の実際	0.5時間
1. 仮説検定の方法の要約	
2. 演習	

VI 結果とその考察

1. 「検定」の事前・事後テスト問題

〔備考〕事前テスト・事後テストの問題は同一の内容である。

〔1〕仮説の立て方

- ① 竹ひごの1本の強さが50gと考えてよいかどうかというとき、仮説をどう立てればよいか。仮説を書け。
- ② クラスの「こずかい」の平均が、月に800円と考えてよいかどうかというときの仮説を書け。

〔2〕標本平均の分布

- ③ 母平均が1300、母分散が900の母集団から、60個の標本を取り出したとき、標本平均の分布はどのような分布になるか。
- ④ 14才の男子が100mを走る平均の時間は15.6秒といわれている。また、この分散は4.0秒という。100人について調査したときの100mを走る時間の平均の分布は、どのような分布になるか。

〔3〕有意水準のとり方

- ⑤ 強い主張をしたいとき、有意水準を何%にすればよいか。
- ⑥ そう強くない主張のときは、有意水準は何%にするか。

〔4〕棄却域

- ⑦ 有意水準が5%のとき、標準正規分布 $N(0, 1)$ での棄却域はどの範囲か。
- ⑧ 有意水準が1%のとき、 $N(0, 1)$ での棄却域はどの範囲か。

〔5〕Zの値の求め方

- ⑨ 平均20、分散25の正規分布 $N(20, 25)$ で、横軸の値 $x = 30$ は、標準正規分布 $N(0, 1)$ にしたとき、いくらになるか。
- ⑩ 平均50、分散100の正規分布 $N(50, 100)$ で、横軸の値 $x = 80$ は、 $N(0, 1)$ にしたとき、いくらになるか。

〔6〕仮説検定の方法

- ⑪ 次の()の中に、1, 2, …, 5の番号を入れて、仮説検定の考え方の正しい手順を示せ。

- () 有意水準をきめる。
 () 仮説を立てる。
 () 粒度をきめる。
 () 標本平均の分布を求める。
 () 結果を仮説と比較して検討する。
- ⑫ 標本数64, 標本平均46.0, 母分散144のとき, 母平均を41.0と考えてよいか。仮説検定をせよ。
- ⑬ あるテストを100人に実施した結果, 平均点は48.5となった。このテストを10万人に実施した場合, 平均点は50.0と考えてよいか。仮説検定をせよ。ただし, このテストの分散は100.0である。

2. 事前・事後テストの結果

(備考) 1. 次の表の数字は, テストの正答率(%)を示している。
 2. 表中, 事前・事後テストでは正答率70%以上を, 差では30%以上を太字で示した。
 3. 表で, 上・中・下位群の分け方は, 昭和45年度第1学期末の数学の10段階評価によるもので, 7~10のものを上位群, 5, 6のものを中位群, 1~4のものを下位群とした。なお, I.Q.の平均は, 上位群126, 中位群114, 下位群97である。

項 目	上位群 (52名)			中位群 (66名)			下位群 (49名)			全體 (167名)			
	事後	事前	差	事後	事前	差	事後	事前	差	事後	事前	差	
準備問題	〔2〕標本平均の分布 ③平均1300, 分散15の正規分布に近づく ④平均15.6, 分散 $\frac{4}{100}$ の正規分布に近づく	80.8	75.0	5.8	54.5	40.9	13.6	24.5	28.6	-4.1	53.9	47.9	6.0
	〔5〕Zの値の求め方 ⑨ $\frac{30-20}{\sqrt{25}} = 2$	86.5	80.8	5.7	71.2	72.7	-1.5	32.7	40.8	-8.1	64.7	65.9	-1.2
	⑩ $\frac{80-50}{\sqrt{100}} = 3$	84.6	84.6	0.0	68.2	71.2	-3.0	32.7	36.7	-4.0	64.7	65.3	-0.6
過程問題	〔1〕仮説の立て方 ① 50 g ② 800 g	100.0	11.5	88.5	97.0	4.5	92.5	79.0	4.1	74.9	92.8	6.6	86.2
	〔3〕有意水準の立て方 ⑤強い主張をしたいとき ⑥そう強くない主張のとき	90.4	1.9	88.5	83.3	1.5	81.8	67.3	0.0	67.3	80.8	1.2	79.6

過程問題	(4) 梨却域									
	⑦有意水準5%のとき N(0,1)での梨却域	98.1	0.098.1	87.9	0.087.9	53.1	0.053.1	80.8	0.080.8	
目標問題	⑧有意水準1%のとき N(0,1)での梨却域	98.1	0.098.1	80.3	0.080.3	46.9	0.046.9	76.0	0.076.0	
	(6) 仮説検定の方法									
得点	⑪仮説検定の手順	98.0	38.5	59.5	95.4	28.8	66.6	91.9	10.2	81.7
	⑫仮説	94.2	0.094.2	90.9	0.090.9	69.4	0.069.4	85.6	0.085.6	
問題	有意水準	98.1	0.098.1	90.9	0.090.9	67.3	0.067.3	86.2	0.086.2	
	梨却域	96.2	0.096.2	87.9	0.087.9	57.1	0.057.1	81.4	0.081.4	
得点	計算	94.2	0.094.2	81.8	0.081.8	42.9	0.042.9	74.3	0.074.3	
	仮説は捨てられる	92.3	0.092.3	83.3	0.083.3	34.7	0.034.7	71.9	0.071.9	
問題	完全正答	84.6	0.084.6	74.2	0.074.2	26.5	0.026.5	63.5	0.063.5	
	⑬仮説	92.6	0.092.6	75.8	0.075.8	28.6	0.028.6	68.3	0.068.3	
得点	有意水準	96.2	0.096.2	66.7	0.066.7	34.7	0.034.7	66.5	0.066.5	
	梨却域	96.2	0.096.2	63.6	0.063.6	26.5	0.026.5	62.9	0.062.9	
問題	計算	94.2	0.094.2	53.0	0.053.0	14.3	0.014.3	54.5	0.054.5	
	仮説は捨てられない	94.2	0.094.2	54.5	0.054.5	16.3	0.016.3	55.7	0.055.7	
得点	完全正答	86.5	0.086.5	51.5	0.051.5	8.2	0.0	49.7	0.049.7	
	平均 (13点満点)	10.9	3.6	7.3	9.0	2.4	6.6	5.3	1.5	3.8
	標準偏差	1.71	1.59	—	2.32	1.39	—	2.80	1.29	—
		—	—	—	—	—	—	3.2	1.7	—

3. 結果の考察

事前テストの結果、顕著なことについていえば、準備問題の〔2〕、〔5〕では、上位群はかなりできていること、過程問題の〔3〕、〔4〕、および目標問題の〔6〕では、どの群も、ほとんどできていないことである。なお、準備問題の事前・事後テストの結果の差において、負のあらわれているところもあるが、これは、事前テストでは、事後テストに比べて、〔2〕、〔5〕に多くの時間をかけることができたためと思われる。

事後テストの結果について述べると、準備問題、過程問題では、上・中位群はかなりよくできており、目標問題では、上位群は、⑪で98.0%、⑫で完全正答率84.6%、⑬で完全正答率86.5%と、それぞれ通過していて、極めて良好である。中位群では、⑪で74.2%、⑫で51.5%通過、つまり過半数のものができていることになる。しかし、下位群の正答率はかなり低い。

次に目標問題〔6〕の⑪と⑬を比較すると、全体では、⑬の正答率の方が13.8%低い。⑪の方が問題としては少しづつ難しいが、中・下位群の仮説の正答率を比べてみると、⑪の方が一段として低い。また、その無答率を調べると、全体では、⑪の事後テストで14.4%、⑬のそれは31.1%であって、⑬の方が大である。これは、テスト時間が25分では足りなかったことを示している。下位群では、⑪、⑬ともわるく、総合的に判断し解決していくものに対しては弱いことを示している。

全体的にみて、正答率からいえば、上・中位群では、かなりよく理解しているといえ

るが、しかし、下位群にとっては、その理解は困難のようである。

もとより正答率が高いといつても、問題がないわけではない。仮説検定の形式的な計算処理はできても、^⑩のように、それを活用していく段になると困難になる。また、標本平均の分布、有意水準のとり方、強い・弱い主張というとの意味、帰無仮説の意味などについて、どのように認識しているかは疑問の残るところであり、さらに、その認識の様相について深く追求しなければならないと考える。しかし、仮説検定の指導の可能性は認められる。

VII 要 約

過去4年間にわたって研究してきたことがらのうち、最終年度の実験内容に焦点をあわせて述べてきたのであるが、現時点では、いろいろ不備な点が多く、初期の目的が、どの程度達成されたかは心もとない。実験指導の条件が整備されれば、もっとよい結果が得られると思う。しかし、以上の研究の結果からは、結論として次のことがいえる。

1. 標本平均の分布や正規分布の意味を、ある程度理解させることができる。また、今後の社会に生きる人間にとって、義務教育の段階で、それを理解させることが必要であると考えられる。
2. 推定・検定の考え方を、ある程度、中学生に理解させることができる。

VIII 今後の課題

1. 指導の可能性と指導の必然性とは、別個の問題ではあるが、推測統計の考えは、今後ますます重要になるので、改訂指導要領の点推定よりもっと強化し、また、前期・後期中等教育の数学教育における位置づけについて、実践を通して検討していく必要がある。
2. 本研究の実験指導では、ほとんどプログラム学習により行なったのであるが、確率・統計の指導では、実験・実習が不可欠であり、たとえば、中心極限定理にしても、実習を通して理解させることが大切で、この点、もっと研究していく必要がある。

〔注〕

- * 1 中学校における確率指導の実践報告については、昭和41年5月に京大で開かれた数学教育学会春季年会で、3篇あった。田島一郎氏（慶大）、小泉忠男氏（武藏工大附中高）と筆者の3人である。筆者の分については、その後、次のものに報告した。
松宮哲夫「中学校における確率指導—その実践報告—」、大阪学芸大学附属天王寺中高等学校研究集録第8集、昭和41年6月刊、pp.33～53
- * 2 大阪学校数学研究会の中學部会のもので、メンバーは次のとおりである。
上林弥四郎、金沢秀男、北川如矢、阪倉清太郎、塩田行雄、瀬川清米、瀬戸川寛、竹村正一、樽井正好、中嶽治磨、中村恒雄、藤田賢一、藤原宏、松宮哲夫、森喜好、八木孝夫、山根芳知、米崎生男、和田翼
- * 3 日本数学教育会誌第50回総会特集号（前編）1968年 第50巻第8号 p.136
- * 4 日本数学教育会第3回数学教育研究発表会要項 1968年10月
- * 5 日本数学教育会誌第51回総会特集号 1969年 第51巻臨時増刊 pp.242～243
- * 6 日本数学教育学会誌第52回総会特集号（中学校部会） 1970年 第52巻臨時増刊

pp. 56~57

* 7 なお、各年度の発表ごとに、次の冊子を作成して配布した。

「中学校における確率・統計についての実験的研究（その1）」（1968. 8）9p.

「中学校における確率・統計についての実験的研究（その2）」（1968. 10）16p.

「中学校における確率・統計についての実験的研究（その3）」（1969. 8）19p.

「中学校における確率・統計についての実験的研究（その4）」（1970. 8）5p.

* 8 昭和43年度、昭和44年度の研究内容の詳細については、次の研究報告集に報告されている。その内容については、本稿では殆んど省略してあるので、参照されたい。

大阪府科学教育センター「統計教育に関する研究」（昭和44年3月） 研究報告集
第48号 pp. 13~32

大阪府科学教育センター「統計教育に関する研究」（昭和45年3月） 研究報告集
第53号 pp. 1~26

昭和46年4月3日記

高等学校における行列の指導について

—2次3次の行列を中心として—

平 林 宏 朗

I はじめに（問題点の所在およびねらい）

今度高等学校の新しい学習指導要領が発表され、その中の数学科の内容は現行の学習指導要領（数学科）の内容にくらべ、種々の面で大きな改訂が為されている。数学一般という新しい科目が設けられたのを始め、各科目の単位数の増減、内容として新しく加えられたもの、除去されたものまた平易にされたもの等、そこには著しい変化が見られる。これ等いづれもが大きな問題点を持ちまたその実施に当って細心の注意を要わねばならないことは言うまでもなかろう。しかし、ここで私が特に上げたのは、数学一般、数学ⅡA、数学ⅡB、応用数学で新しく取り入れた行列についてである。数学ⅡBにおけるその目標、内容および内容の取扱いについてふれてみると、目標として「(3)行列を通して、いくつかの組を一つのものとしてとらえ、数学的に表現するしかたを理解させ、それを用いる能力を養う」であり、内容として「(3)行列、行列とその演算について理解させ、連立一次方程式が一つの方程式として表わされることや一次変換と行列との関係について理解させる。ア、行列の意味、イ、行列の演算、加法、減法、実数との乗法、乗法、ウ、連立一次方程式 エ、一次変換、平面上で原点を動かさない一次変換を扱う。オ、用語および記号、行列、逆行列、 A^{-1} 、一次変換、加法定理（三角関数に関するもの）」でありまた内容の取り扱いでは「(3)内容のAの(3)のイのうちの乗法については、 2×2 行列までを取り扱うものとする。(4)三角関数の加法定理は内容のAの(3)のエまたはAの(2)のエなどに関連して取り扱うものとするが、それを導く程度とする。(5)内容のAの(3)のエなどに関連して、群の考え方について知らせることもさしつかえない」としている。以上の事柄を要約して考察してみると（数学一般、数学ⅡA、数学ⅡB、応用数学のおのおのについて若干の相違点は存在するが）行列を通して、いくつかのものの組を一つのものとしてとらえ、数学的に表現するしかたを理解させ、それを用いる能力を養うことであり、また行列（主として 2×2 行列）とその演算について理解させ、基本的な一次変換の例とそれが行列によって表現できることを理解させるとしさに代数的構造の一つの例として群の定義を、行列の一次変換などと関連して導入してもよいとしているのである。

このような内容が果して高校数学科の内容として適當であるか、また適當でないか。またその程度の良否、その数学の現代化における位置づけ等（例えば行列と不可分の関係にある行列式がかけていること）等について、いろいろの意見が出てくるのはやむを得ないものと思われる。しかしそれ等の意見はいずれもまだ抽象的な机上の論であってはその信頼性に欠けるのも当然であろう。実際の実践の裏づけを基にした論こそ、よりその信頼性が得られるものと思われる。そこで私は新指導要領案が発表された段階でその数学ⅡBに

おける行列の内容を基本として当大学附属高等学校天王寺校舎で数学II B のベクトルの指導について11時間にわたって授業し、またかんたんな試験をして、生徒の理解度を考察したのが当研究結果である。この研究を通して前に述べて諸問題点の解決にいさかの手がかりを与え、また今後の行列授業に少しでも役立てばと思う次第である。

II 指導計画

1. 実験の期日およびその対象

実験の期日 昭和45年9月～10月

実験の対象 附属高校二年生

2. 内容と時間配分について

1. ベクトル空間

§ 1. ベクトル空間 1時間

§ 2. 一次独立と一次従属 1時間

§ 3. 基底と座標系の変換 2時間

2. 行列

§ 1. 一次変換 A 1時間

§ 2. 行列の演算 1時間

§ 3. 一次変換 B 2時間

§ 4. 連立一次方程式と行列式 1時間

§ 5. 逆行列の計算と連立方程式の解法 1時間

§ 6. 一次変換と群について 1時間

計 11時間

III 展開

1. ベクトル空間

§ 1. ベクトル空間

これまで複素数をはじめ、いろいろなベクトルの集合について勉強してきた。しかし、これからはおののおののベクトル系に共通な性質を考察することにする。おののおののベクトルの集合系に共通な性質とは、次の様である。

i. 集合Mには加法という演算が定義されていて、

交換律: $\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a}$

結合律: $(\vec{a} + \vec{b}) + \vec{c} = \vec{a} + (\vec{b} + \vec{c})$

が、任意の元 $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c} \in M$ について成り立つ。

ii. Mには加法の単位元Oがある。つまり

$$\vec{a} + \vec{o} = \vec{a}$$

が任意の元 $\vec{a} \in M$ について成り立つ。

iii. Mの任意の元 \vec{a} の逆元 $-\vec{a}$ がある。つまり

$$\vec{a} + (-\vec{a}) = \vec{o}$$

が成り立つ。

iv. 実数と、Mの元との積が定義されていて、

$$1 \cdot \vec{a} = \vec{a}$$

が、任意の元 $\vec{a} \in M$ について成り立つ。

v. この積について

$$\text{結合律: } \ell \cdot (k \cdot \vec{a}) = (\ell k) \cdot \vec{a}$$

$$\text{分配律: } k \cdot (\vec{a} + \vec{b}) = k \cdot \vec{a} + k \cdot \vec{b}$$

$$(\vec{a} + \ell) \cdot \vec{a} = k \cdot \vec{a} + \ell \cdot \vec{a}$$

が、任意の実数 k, ℓ と、任意の元 $\vec{a}, \vec{b} \in M$ について成り立つ。

このように性質 i ~ v をもつ集合 M をベクトル空間という。

問 いろいろなベクトル空間の例を考えてみよ。

§ 2. 一次独立と一次従属

同一直線上に 3 点 A, B, C があれば、 $\overrightarrow{AC} = k \overrightarrow{AB}$ あるような実数が定まるし、直線 AB 上に点 C がなければ \overrightarrow{AC} は \overrightarrow{AB} の実数倍として表わすことはできない。したがって 3 点 A, B, C が同一直線上にある条件は \overrightarrow{AC} が \overrightarrow{AB} の実数倍として、すなわち、 \overrightarrow{AC} が \overrightarrow{AB} の一次結合として表わされることだといえる。

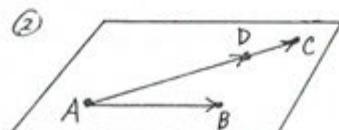
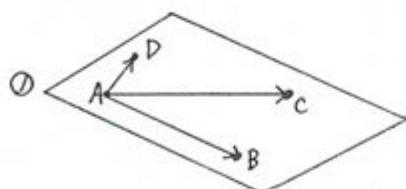
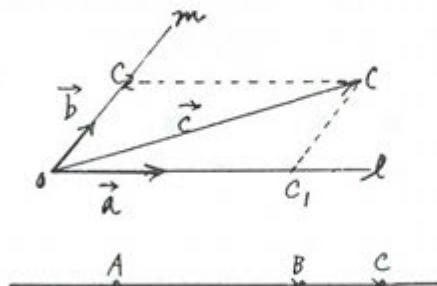
$P = \ell x + my$ という関係があるとき、 P は x と y の一次結合で表わされるという。

任意ベクトルはその成分を係数として基本ベクトルの一次結合で表わされることがわかる。基本ベクトルに限らず、平面上では O を始点としたばあいに同一直線上にない 2 つのベクトル \vec{a}, \vec{b} を用いると、任意のベクトルはそれらの一次結合として表わすことができる。

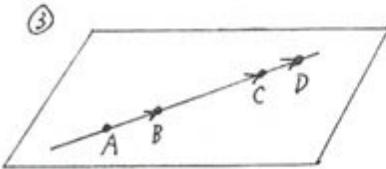
右の図でわかるように

$$\vec{C} = \overrightarrow{OC_1} + \overrightarrow{OC_2} = p\vec{a} + q\vec{b}$$

また、同一平面上に 4 点 A, B, C, D があれば、 $\overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AC}, \overrightarrow{AD}$ のうちのどれか 1 つが、他の 2 つの一次結合として表わされる。たとえば、① 図のように、どの 3 点も同一直線上にないとすると、 $\overrightarrow{AC} = K\overrightarrow{AB} + \ell\overrightarrow{AD}$ となる O でない実数 K と ℓ が定まる。② 図のように 4 個のうち 3 個だけが同一直線上にあれば、 $\overrightarrow{AC} = O\overrightarrow{AB} + \ell\overrightarrow{AD}$ 、③ 図のように 4 個すべて同一直線上にあれば、 $\overrightarrow{AC} = O\overrightarrow{AB} + \ell\overrightarrow{AD}$ あるいは $K\overrightarrow{AB} + O\overrightarrow{AD}$ の形で書ける。しかも、4 点 A, B, C, D を同一平面上にのせることができない場合には、 $\overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AC}, \overrightarrow{AD}$ のどの 1 つも他の 2 つの一次結合として表わすことはできない。それは、 \overrightarrow{AB} が \overrightarrow{AC} と \overrightarrow{AD} の一次結合であるとすると、 B は A, C, D を通る 1 つの平面上にふくま



れ、不合理を生ずるからである。したがって、4点A, B, C, Dを同一平面上にのせることができる条件は、 \overrightarrow{AB} , \overrightarrow{AC} , \overrightarrow{AD} のうちの少なくとも1つが他の2つの一次結合として表わされることだといえる。



一般に、ベクトル $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n$ がある。そのうち少なくとも1つが他の $n-1$ 個の一次結合として表わされるとき、これらのベクトルは一次従属であるという。どの一つも他の $n-1$ 個の一次結合として表わすことができないならば、つまり一次従属でなければ一次独立という。一次従属、一次独立という用語を使えばつきのことといえよう。3点A, B, Cは $\overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AC}$ が一次従属ならば同一直線上にのせることができ、一次独立ならそれは、不可能である。4点A, B, C, Dは $\overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AC}, \overrightarrow{AD}$ が一次従属ならば同一平面上にのせることができ、一次独立ならそれは不可能である。これに関して次の定理が出てくる。

定理、ベクトル $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n$ が一次従属である必要十分条件は、
 $c_1 \vec{v}_1 + c_2 \vec{v}_2 + \dots + c_n \vec{v}_n = \vec{o}$

が成り立つようならすべては \vec{o} でない n 個の実数の組 C_1, C_2, \dots, C_n を定めることができることがある。

定理、ベクトル $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n$ が一次独立である必要十分条件は、
 $c_1 \vec{v}_1 + c_2 \vec{v}_2 + \dots + c_n \vec{v}_n = \vec{o}$

が成り立つのは $C_1 = C_2 = \dots = C_n = 0$ のときに限ることである。

前の定理が証明できれば後の定理は当然のことであるから、前者の証明だけをする。

ベクトル $\vec{v}_1, \vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n$ が一次従属であるとすれば、これらのうちの一つ、たとえば、 \vec{v}_1 が $\vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n$ の一次結合で表われる。

$$\begin{aligned} \vec{v}_1 &= c_2 \vec{v}_2 + c_3 \vec{v}_3 + \dots + c_n \vec{v}_n && \text{とおく} \\ \therefore \vec{v}_1 - c_2 \vec{v}_2 - c_3 \vec{v}_3 - \dots - c_n \vec{v}_n &= \vec{o} \end{aligned}$$

$1, -C_2, -C_3, \dots, -C_n$ はすべては \vec{o} でないので必要条件であることを証明は終ったことになる。すべては \vec{o} でない C_1, C_2, \dots, C_n があって

$$c_1 \vec{v}_1 + c_2 \vec{v}_2 + \dots + c_n \vec{v}_n = \vec{o}$$

とする。たとえば $C_1 \neq 0$ とすれば

$$\vec{v}_1 = -\frac{c_2}{c_1} \vec{v}_2 - \dots - \frac{c_n}{c_1} \vec{v}_n$$

となって、 \vec{v}_1 が $\vec{v}_2, \dots, \vec{v}_n$ の一次結合として表わされ、 $\vec{v}_1, \dots, \vec{v}_n$ が一次従属であることになる。したがって十分条件であることもわかったわけである。

次に、一次独立な元の組 $\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \dots, \vec{e}_n\}$ が存在して、集合 M の任意の元 \vec{a} が、

$$\vec{a} = a_1 \vec{e}_1 + a_2 \vec{e}_2 + \dots + a_n \vec{e}_n$$

のように一意に表わすことができるとき、集合 M を n 次元ベクトル空間という。このとき、 M の $n+1$ 個以上の元は一次独立ではない。したがって、ベクトル空間の次元とは、 M における一次独立なベクトルの組の元の最大個数を意味する。

一次元ベクトル空間においては、任意の二つのベクトル \vec{a}, \vec{b} の対 $\{\vec{a}, \vec{b}\}$ は明らかに一次従属である。二次元ベクトル系においては、2つの基本ベクトル $e_1 = (1, 0)$,

$e_2 = (0, 1)$ の対 $\{e_1, e_2\}$ は一次独立である。なぜならば、

$$\alpha \vec{e}_1 + \beta \vec{e}_2 = \alpha (1, 0) + \beta (0, 1) = (\alpha, \beta) = O$$

より、つねに $\alpha = \beta = 0$

が導かれるからである。同じようにして三次元ベクトル空間においては、3つの基本ベクトル $\vec{e}_1 = (1, 0, 0)$, $\vec{e}_2 = (0, 1, 0)$, $\vec{e}_3 = (0, 0, 1)$ の組 $\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3\}$ は一次独立である。

二次元ベクトル空間においては、任意のベクトル $\vec{a} = (a_1, a_2)$ は

$$\vec{a} = a_1 \vec{e}_1 + a_2 \vec{e}_2 \quad (2 \cdot 1)$$

のように表わされる。三次元ベクトル空間においては、任意のベクトル $\vec{a} = (a_1, a_2, a_3)$ は、

$$\vec{a} = a_1 \vec{e}_1 + a_2 \vec{e}_2 + a_3 \vec{e}_3 \quad (2 \cdot 2)$$

のように表わされる。これらの一次結合の表わし方は一通りに定まる。すなわち、このときの係数 a_1, a_2 および a_1, a_2, a_3 は一通りしかない。このようにベクトル系の任意のベクトル \vec{a} がそれぞれ \vec{e}_1, \vec{e}_2 および $\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3$ の一次結合として一意に表わされるとき、対 $\{\vec{e}_1, \vec{e}_2\}$ および組 $\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3\}$ をそれぞれ二次元ベクトル空間および三次元ベクトルの空間基底という。ここで基底 $\{\vec{e}_1, \vec{e}_2\}$ および $\{\vec{e}_1, \vec{e}_2, \vec{e}_3\}$ は、互いに垂直な単位ベクトルよりなるので正規直交系とよばれる。

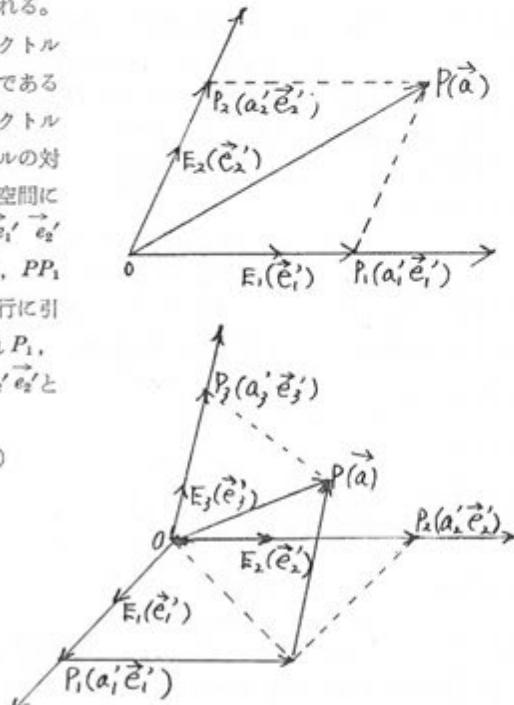
ところで、垂直であることと単位ベクトルであることは、ベクトル空間の基底であるための必要条件ではない。二次元ベクトル空間においては、一次独立なベクトルの対 $\{\vec{e}'_1, \vec{e}'_2\}$ をとり、三次元ベクトル空間においては一次独立なベクトルの組 $\{\vec{e}'_1, \vec{e}'_2, \vec{e}'_3\}$ をとればよい。図 (a) において、 PP_1 は OE_2 に平行に、 PP_2 は OE_1 に平行に引いて OE_1, OE_2 との交点をそれぞれ P_1, P_2 とする。 $\overrightarrow{OP_1} = a'_1 \vec{e}'_1$, $\overrightarrow{OP_2} = a'_2 \vec{e}'_2$ すれば、明らかに

$$\vec{a} = a'_1 \vec{e}'_1 + a'_2 \vec{e}'_2 \quad (2 \cdot 1')$$

である。三次元ベクトル空間においても同じようにして、

$$\vec{a} = a'_1 \vec{e}'_1 + a'_2 \vec{e}'_2 + a'_3 \vec{e}'_3 \quad (2 \cdot 2')$$

である。 $(2 \cdot 1')$ および $(2 \cdot 2')$ 式は一通りに定まるから、対 $\{\vec{e}'_1, \vec{e}'_2\}$ および組 $\{\vec{e}'_1, \vec{e}'_2, \vec{e}'_3\}$



\vec{e}_3') はそれぞれ二次元ベクトル空間および三次元ベクトル空間の基底である。

問1 ベクトル $\vec{a} = (3, 4)$, $\vec{b} = (2, -1)$ の組 $\{\vec{a}, \vec{b}\}$ は一次独立であることを証明せよ。

問2 $\vec{a} = (3, -1, -2)$, $\vec{b} = (-1, 2, 3)$, $\vec{c} = (1, 3, 4)$ の組 $\{\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}\}$ は一次従属であることを証明せよ。

問3 4個の点 A $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$, B $(1, 0, 0)$, C $(0, 1, 0)$, D $(0, 0, 1)$ は同一平面上にのせることは不可能であることを証明せよ。

§ 3. 基底と座標の変換

二次元ベクトル空間において、 $\{\vec{v}_1, \vec{v}_2\}$ および $\{\vec{v}'_1, \vec{v}'_2\}$ を二つの基底とすれば、後者が基底であることの性質によって、 \vec{v}_1, \vec{v}_2 は \vec{v}'_1, \vec{v}'_2 の一次結合として表わされる：

$$\begin{cases} \vec{v}_1 = a \vec{v}'_1 + b \vec{v}'_2 \\ \vec{v}_2 = c \vec{v}'_1 + d \vec{v}'_2 \end{cases} \quad (3 \cdot 1)$$

ベクトル \overrightarrow{OP} の終点 P の基底 $\{\vec{v}_1, \vec{v}_2\}$ に関する座標を (x, y) とし、基底 $\{\vec{v}'_1, \vec{v}'_2\}$ に関する座標を (x', y') とする。このとき、ベクトル \overrightarrow{OP} は、 $x \vec{v}_1 + y \vec{v}_2$ とも表わされ、 $x' \vec{v}'_1 + y' \vec{v}'_2$ とも表わされるから、等式

$$x \vec{v}_1 + y \vec{v}_2 = x' \vec{v}'_1 + y' \vec{v}'_2$$

が成り立つ。左辺に (3・1) を代入すれば

$$x(a \vec{v}'_1 + b \vec{v}'_2) + y(c \vec{v}'_1 + d \vec{v}'_2) = (ax + cy) \vec{v}'_1 + (bx + dy) \vec{v}'_2$$

となり、これが $x' \vec{v}'_1 + y' \vec{v}'_2$ に等しいことから、

$$\begin{cases} x' = ax + cy \\ y' = bx + dy \end{cases} \quad (3 \cdot 2)$$

が導かれる。(3・1) は基底 $\{\vec{v}'_1, \vec{v}'_2\}$ を基底 $\{\vec{v}_1, \vec{v}_2\}$ に変換する関係式で、(3・2) はこの基底の変換に対応する座標 (x, y) から座標 (x', y') への変換を表す関係式である。

(3・1) の右辺の係数からなる図式

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \quad (3 \cdot 3)$$

および (3・2) の右辺の係数からなる図式

$$\begin{pmatrix} a & c \\ b & d \end{pmatrix} \quad (3 \cdot 4)$$

をそれぞれ基底 $\{\vec{v}'_1, \vec{v}'_2\}$ から基底 $\{\vec{v}_1, \vec{v}_2\}$ への変換、および座標 (x, y) から座標 (x', y') への変換の行列またはマトリックスといいう。

特に、 $\vec{v}'_1 = \vec{v}_1$, $\vec{v}'_2 = \vec{v}_2$ であるとき、行列 (3・3) および (3・4) はともに

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3 \cdot 5)$$

となる。このときの変換 (3・1) および (3・2) を恒等変換といい、行列 (3・5) を単位行列といい、 \vec{E} で表わす。

間、三次元ベクトル空間においては、 $\{\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3\}$ および $\{\vec{v}'_1, \vec{v}'_2, \vec{v}'_3\}$ を 2 つの基底とし、基底 $\{\vec{v}_1, \vec{v}_2, \vec{v}_3\}$ から基底 $\{\vec{v}'_1, \vec{v}'_2, \vec{v}'_3\}$ への変換および座標 (x, y, z) から座標 (x', y', z') への変換の行列を求めよ。

これまで基底の変換に関する変換の行列を考えてきたが、これからは、変換から独立に行列を考えることができる。すなわち、

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \text{ および } \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

のように、数または文字を表わす文字からなる正方形の図式をそれぞれ二次および三次の正方行列または単行列といい、構成する数または文字 a_{ik} ($i, k = 1, 2, 3$) を成分または要素という。横に一列にとった成分のならび、たとえば、

$$a_{11} \ a_{12} \text{ および } a_{21} \ a_{22} \ a_{23}$$

を行列の行といい、縦に一列にとった成分のならび、たとえば、

$$\begin{array}{cc} a_{11} & a_{11} \\ a_{21} & \text{および} \\ & a_{21} \\ & a_{31} \end{array}$$

を行列の列といい。 $(3 \cdot 5)$ のように、左上から右下への対角線上の成分 $a_{11} \ a_{22} \ a_{33}$ が 1 で、他の成分がことごとく 0 となる行列を単位行列といい、 \vec{E} で表わす。 $(3 \cdot 3)$ は $(3 \cdot 4)$ の行と列とを変換したものに等しい。このように行列 A が行列 B の行と列とを変換したものに等しいときは、A は B の転置行列であるといい、 $A = B'$ または $A = B^{-1}$ で表わす。明らかに、 $A = B'$ ならば $B = A'$ $(3 \cdot 6)$

である。ただ一つの成分からなる図式 (a) を一次の行列といふ。

行列に関連してここでベクトルの表現について触れておくと、これまで、ベクトルを成分で表わすとき

$$(a_1, a_2) \quad \text{および} \quad (a_1, a_2, a_3) \quad (3 \cdot 7)$$

のように横に一列に書き表わしたが、これに対して

$$\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} \quad \text{および} \quad \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} \quad (3 \cdot 8)$$

のように書き表わすことも多い。 $(3 \cdot 7)$ は行列の 1 つの行ともみられ、行ベクトルといふ。 $(3 \cdot 8)$ は行列の 1 つの列ともみられ、列ベクトルといふ。列ベクトルは行ベクトルの転置ともみられ、しばしばこのことを

$$\begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = (a_1 \ a_2)' \quad \text{および} \quad \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} = (a_1 \ a_2 \ a_3)'$$

または、

$$(a_1 \ a_2) = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix}' \quad \text{および} \quad (a_1 \ a_2 \ a_3) = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix}'$$

のように書き表わす。

列ベクトルの場合には、和およびスカラー倍は次のように書き表わされる。

$$\text{和: } \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1+b_1 \\ a_2+b_2 \end{pmatrix} \quad \text{および} \quad \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_1+b_1 \\ a_2+b_2 \\ a_3+b_3 \end{pmatrix}$$

$$\text{スカラー倍: } \alpha \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha a_1 \\ \alpha a_2 \\ \alpha a_3 \end{pmatrix} \quad \text{および} \quad \alpha \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha a_1 \\ \alpha a_2 \end{pmatrix}$$

問、座標軸を θ だけ回転したとき座標 (x, y) から座標 (X, Y) への変換を表わす式を書け。

2. 行列

§ 1. 一次変換(A)

二次元ベクトル系において、基底の変換によって座標 (x, y) から座標 (x', y') に変換するとき、その変換の式は、

$$\left. \begin{array}{l} x' = a_{11}x + a_{12}y \\ y' = a_{21}x + a_{22}y \end{array} \right\} \quad (1 \cdot 1)$$

によって与えられる。三次元ベクトル系において、基の変換によって座標 (x, y, z) から座標 (x', y', z') に変換するとき、その変換の式は、

$$\left. \begin{array}{l} x' = a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z \\ y' = a_{21}x + a_{22}y + a_{23}z \\ z' = a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z \end{array} \right\} \quad (1 \cdot 2)$$

によって与えられる。ここで、改めて、関係式 $(1 \cdot 1)$ をもって同一平面上の点 $P(x, y)$ を他の点 $P'(x', y')$ に移す変換として考え、変換 $(1 \cdot 1)$ を、一次変換といい、係数の行列

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \quad (1 \cdot 3)$$

をこの一次変換の行列という。同じように、関係式 $(1 \cdot 2)$ をもって、同一立体空間において点 $P(x, y, z)$ を他の点 $P'(x', y', z')$ に移す変換として考え、変換 $(1 \cdot 2)$ を一次変換といい、係数の行列

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \quad (1 \cdot 4)$$

をこの一次変換の行列という。行列 $(1 \cdot 3)$ および $(1 \cdot 4)$ を A で表わすことにして、変換 $(1 \cdot 1)$ および $(1 \cdot 2)$ はともに記号的に

$$P' = AP \quad (1 \cdot 5)$$

のようく表わすこととする。あるいは、列ベクトルを使って、

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad \text{および} \quad \begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (1 \cdot 6)$$

のようく表わす。

§ 2. 行列の演算

いま平面において、点 $P(x, y)$ を点 $P'(x', y')$ に移す一次変換 $(1 \cdot 1)$ のほかに、点 $P(x, y)$ を点 $P''(x'', y'')$ に移す一次変換

$$\left. \begin{array}{l} x'' = b_{11}x + b_{12}y \\ y'' = b_{21}x + b_{22}y \end{array} \right\} \quad (1 \cdot 7)$$

を考える。このときの変換の行列は、

$$B = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix}$$

である。点 P' と点 P'' の和、すなわち、ベクトル $\overrightarrow{OP'}$ とベクトル $\overrightarrow{OP''}$ の和ベクトルの終点を $P'''(x''', y''')$ とすれば、

$$x''' = x' + x'', \quad y''' = y' + y''$$

であるから、(1・1) と (1・7) より

$$\begin{aligned} x''' &= (a_{11} + b_{11}) x + (a_{12} + b_{12}) y \\ y''' &= (a_{21} + b_{21}) x + (a_{22} + b_{22}) y \end{aligned}$$

となる。これは点 $P(x, y)$ を点 $P'''(x''', y''')$ に移す一次変換である。その変換の行列は、

$$C = \begin{pmatrix} a_{11} + b_{11} & a_{12} + b_{12} \\ a_{21} + b_{21} & a_{22} + b_{22} \end{pmatrix}$$

である。

上のことがらは、一次変換を (1・5) の形式で表わせば、

$$AP + BP = CP \quad (1 \cdot 8)$$

の形で表わされる。これによって、2つの行列 A と B の和 $A + B$ として、

$$A + B = C \quad (1 \cdot 9)$$

すなわち、

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} + b_{11} & a_{12} + b_{12} \\ a_{21} + b_{21} & a_{22} + b_{22} \end{pmatrix} \quad (1 \cdot 10)$$

のように定義すればよいことがわかる。このように定義すると、(1・8) は

$$AP + BP = (A + B)P \quad (1 \cdot 11)$$

の形に書き直される。

また、点 $P(x, y)$ を線型変換 (1・1) によって点 $P'(x', y')$ に移し、点 P' を α 倍した点、すなわち、ベクトル $\overrightarrow{OP'}$ を α 倍したベクトルの終点を $P''(x'', y'')$ とすれば、

$$x'' = \alpha x', \quad y'' = \alpha y'$$

であるから、

$$\begin{aligned} x'' &= \alpha a_{11} x + \alpha a_{12} y \\ y'' &= \alpha a_{21} x + \alpha a_{22} y \end{aligned}$$

となる。これは、点 $P(x, y)$ を点 $P''(x'', y'')$ に移す一次変換である。その変換の行列は、

$$B = \begin{pmatrix} \alpha a_{11} & \alpha a_{12} \\ \alpha a_{21} & \alpha a_{22} \end{pmatrix}$$

である。このことがらは一次変換を (1・5) の形式で表わせば

$$\alpha(AP) = BP \quad (1 \cdot 12)$$

の形で表わされる。これによって、行列 A のスカラー倍 αA として

$$\alpha A = B \quad (1 \cdot 13)$$

すなわち、

$$\alpha \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha a_{11} & \alpha a_{12} \\ \alpha a_{21} & \alpha a_{22} \end{pmatrix} \quad (1 \cdot 14)$$

のように定義すればよいことがわかる。このように定義すると (1・12) は

$$\alpha(AP) = (\alpha A)P \quad (1 \cdot 15)$$

の形に書き改められる。

O のみよりなる行列を零行列といい、 O で表わす：

$$O = \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

二次の行列の全体の集合は、和、スカラー倍をそれぞれ (1・10), (1・14) によって定義するとき、ベクトル系となる。このときの零ベクトルは零行列 O である。

問、三次の行列についても二次の行列の場合と同様にして行列の和、およびスカラー倍を定義してみよ。

問、三次の行列の全体の集合はやはりベクトル空間になることをたしかめよ。

次に関係式 (1・1) について考えてみると、

$$\begin{aligned} x' &= a_{11}x + a_{12}y \\ y' &= a_{21}x + a_{22}y \end{aligned} \quad (1 \cdot 1)$$

これはまた (1・6) の形にも書き表わされる。すなわち、

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (1 \cdot 6')$$

の形に書き表わされる。これは形式的にみれば、その右辺は、

$$\text{行列} \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \text{に列ベクトル} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \text{を}$$

右から掛けた形をしており、その結果が (1・6') の左辺の列ベクトルとなるわけである。そこで 行列 $\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$ に列ベクトル $\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix}$ を

右側に掛けることを次のように定義することにする。すなわち行列の第一行のおのの元に列ベクトルの対応元を掛けて加えたもの、すなわち $a_{11}b_1 + a_{12}b_2$ を結果の列ベクトルの第一行の元とする。次に行列の第二行の各元に列ベクトルの対応元を掛けて加えたもの、すなわち、 $a_{21}b_1 + a_{22}b_2$ を結果の列ベクトルの第二行の元とする。すなわち

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}b_1 + a_{12}b_2 \\ a_{21}b_1 + a_{22}b_2 \end{pmatrix} \quad (1 \cdot 16)$$

のように定義する。この定義によって、(1・6') は変換 (1・1) を行列と列ベクトルとの積であらわしたものとみなされる。

問、三次の行列についても行列と列ベクトルの積を定義してみよ。

問、A, B が行列、 \vec{a}, \vec{b} がベクトル、 α がスカラーであるとき、次の等式が成立することを証明せよ。

$$1. (A+B)\vec{a} = A\vec{a} + B\vec{a} \quad (\text{分配法則}) \quad (1 \cdot 17)$$

$$2. A(\vec{a} + \vec{b}) = A\vec{a} + A\vec{b} \quad (\text{分配法則}) \quad (1 \cdot 18)$$

$$3. (\alpha A)\vec{a} = \alpha(A\vec{a}) = A(\alpha\vec{a}) \quad (\text{結合法則}) \quad (1 \cdot 19)$$

問、次の計算をせよ。

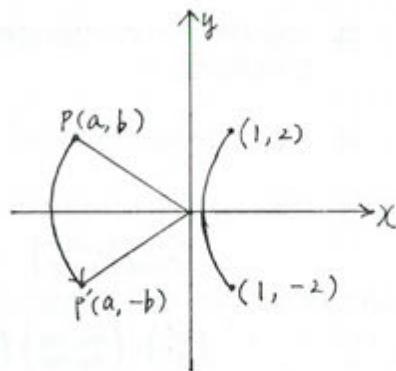
$$1. \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 3 & 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -1 & 3 \\ -2 & 4 \end{pmatrix} \quad 2. \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix} \quad 3. \begin{pmatrix} -1 & 3 & 2 \\ -5 & 4 & 0 \\ 2 & 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}$$

§ 3. 一次変換[B]

次にもう少し一次変換について調べてみることにしよう。

x 軸に関する対称移動によって、点 $(1, 2)$ は点 $(1, -2)$ に移り、点 $(-2, 3, 4, 5)$ は点 $(-2, 3, -4, 5)$ に、一般に点 (a, b) は点 $(a, -b)$ に移る。この x 軸に関する対称移動のように、平面上の点 P に対して、その平面上の点 P' を対応させる操作を平面上の点の変換または写像といい、 P は P' に変換される（写像される）という。このとき P' を P の像、 P を P' の原像という。変換は、定義域も値域も平面上の点集合である広い意味での関数と考えることもできる。

平面上の点 P の位置は座標 (a, b) で表わされるが、原点を始点とするベクトル $\overrightarrow{OP} = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ で表わすこともできるから、平



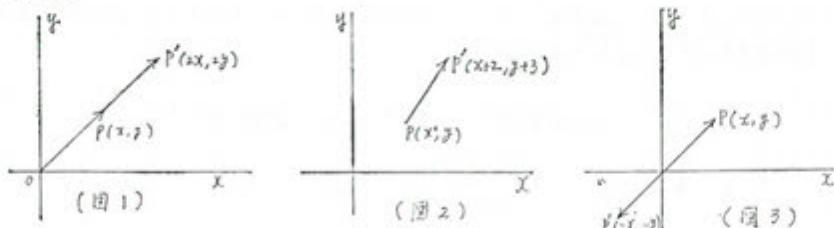
面上のベクトルにその平面上のベクトルを対応させる操作が変換であると考えられる。したがって x 軸に関する対称移動は、ベクトル $\vec{v} = \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}$ に $\vec{v}' = \begin{pmatrix} a \\ -b \end{pmatrix}$ を対応させる変換と考えることができる。

一般に \vec{v} に \vec{v}' を対応させる変換を f で表わすとき、関数記号と同じように $f(\vec{v}) = \vec{v}'$ と書く。また矢印を用いて、 $\vec{v} \rightarrow \vec{v}'$ と書くこともある。たとえば、 x 軸に関する対称移動を g で表わすと

$$g\left[\begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix}\right] = \begin{pmatrix} a \\ -b \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \xrightarrow{g} \begin{pmatrix} a \\ -b \end{pmatrix}$$

のように書ける。

変換の例



$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} 2x \\ 2y \end{pmatrix}$ 、点 P の座標を (x, y) とすると、この変換は P を $\overrightarrow{OP'} = 2\overrightarrow{OP}$ を満たす点 P' に移すものである。（図 1）

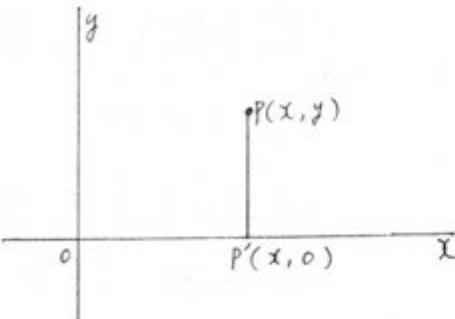
点 P をベクトル $\begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$ だけ平行移動することは、変換 $\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} x+2 \\ y+3 \end{pmatrix}$ で表わすことができる。（図 2）

$f\left[\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}\right] = \begin{pmatrix} -x \\ -y \end{pmatrix}$ で表わされる変換 f は原点のまわりの対称移動を表わす。（図 3）

これまで述べた変換は異なったベクトル（点）には異なったベクトル（点）が対応した。

すなわち “ $\vec{u} \neq \vec{v}$ ならば $f(\vec{u}) \neq f(\vec{v})$ ” が成り立つ” ものである。このような変換は 1 対 1 変換であるということにする。

しかし、1 対 1 変換でないものもある。たとえば点 P に対して、
 P の x 軸上への正射影 P' を対応させる変換 $\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} x \\ 0 \end{pmatrix}$
 は、 x 軸上の点 P' の原像は無数に
 があるので 1 対 1 ではない。



問1. 変換 $\vec{v} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} x+2y \\ 4x+3y \end{pmatrix}$ は、行列の形で、 $\vec{v} \rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 4 & 3 \end{pmatrix} \vec{v}$ と書けることを示し、この変換を $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 4 & 3 \end{pmatrix}$ に行なったときの値を求めよ。

x 軸や原点に関する対称移動や前間のような変換は、すべて一般につぎのような形で書くことができるることは明らかである。

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} a_{11}x + a_{12}y \\ a_{21}x + a_{22}y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$\text{ここで } \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} = A \text{ とおけば、簡単に } \vec{v} \rightarrow A \vec{v} \text{ と書ける。}$$

この形で書くことのできる変換を、これから行列変換ということにする。

行列変換にはつぎの性質がある。

$$(I) \quad A(\vec{u} + \vec{v}) = A\vec{u} + A\vec{v},$$

$$(II) \quad A(k\vec{v}) = kA\vec{v} \quad (k \text{ は実数である})$$

これらはベクトル \vec{u} も \vec{v} も一種の行列だから、行列の和と積が分配法則と結合法則を満足することからすぐにわかることがある。これらの性質はつぎのように述べることができる。

行列変換では、

(I') ベクトルの和の像は各ベクトルの像の和であり、

(II') ベクトルの k 倍の像はベクトルの像の k 倍である。

一般にこの 2 つの性質を満足する変換を一次変換、(または線型変換) という。
 すなわち、変換 f が一次変換であるということは、

$$f(\vec{u} + \vec{v}) = f(\vec{u}) + f(\vec{v}),$$

$$f(k\vec{v}) = kf(\vec{v})$$

が成り立つときである。

ところが、この一次変換は必ず行列変換であることが証明されるのである。

正確にいえば、どんな一次変換 f に対しても、適当な行列 A を選んで、

$$f(\vec{v}) = A\vec{v}$$

が成り立つようにできるということである。そこでこれを証明してみると、

f を一次変換とし、これによって基本ベクトル \vec{e}_1 と \vec{e}_2 が

$$\vec{e}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \end{pmatrix}, \quad \vec{e}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \end{pmatrix}$$

のように変換されたとする。すると、

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = x\vec{e}_1 + y\vec{e}_2$$

$$\begin{aligned} \text{に対して, } f(\vec{v}) &= f(x\vec{e}_1 + y\vec{e}_2) = xf(\vec{e}_1) + yf(\vec{e}_2) \\ &= x\begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \end{pmatrix} + y\begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}x \\ a_{21}x \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{12}y \\ a_{22}y \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} a_{11}x + a_{12}y \\ a_{21}x + a_{22}y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \vec{v} \end{aligned}$$

となるから、一次変換は基本ベクトルの像ベクトルの成分を要素とする行列変換であることがわかる。このときの行列をこれから一次変換の行列と呼ぶことにする。

変換 f によって \vec{u} が \vec{u}_1 に移り、変換 g によって \vec{u}_1 が \vec{v} に移ったとき、 \vec{u} を \vec{v} に対応させる変換を gf と書いて、合成変換という。すなわち gf は、

$$gf(\vec{u}) = g(f(\vec{u}))$$

で表わされる変換で、変換 fg は

$$fg(\vec{u}) = f(g(\vec{u}))$$

を満たす変換である。

f, g がいずれも一次変換であって、 f の変換の行列が A 、 g の変換の行列が B であるとする。そのとき $f(\vec{u}) = A\vec{u}$ 、 $g(\vec{u}) = B\vec{u}$ であるから、

$$\begin{aligned} fg(\vec{u}) &= f(g(\vec{u})) = f(B\vec{u}) = AB\vec{u} \\ g(f(\vec{u})) &= g(f(\vec{u})) = g(A\vec{u}) = BA\vec{u} \end{aligned}$$

したがって fg, gf はいずれも一次変換であって、変換の行列はそれぞれ、 AB, BA に等しい。

ベクトル \vec{u} を 0 のまわりに θ だけ回転し（変換 f_θ ）、つぎに 0 のまわりに φ だけ回転する（変換 f_φ ）。これは \vec{u} に変換 $f_\varphi f_\theta$ を行なったとも、また 0 のまわりに $\theta + \varphi$ だけの回転 $f_{\theta+\varphi}$ を行なったとも考えられるので、

$$f_\theta + \varphi = f_\varphi f_\theta$$

であることがわかる。したがって $f_\theta + \varphi$ の変換の行列は f_φ の行列に f_θ の行列を右から掛けたものに等しい。これをを利用して正弦、余弦の加法定理を導くことができる。

問2. 問1の変換は1対1変換であることを示せ。

問3. 原点 0 のまわりの回転移動は1つの一次変換であることを示し、つぎにその変換を行列変換で表わせ。

§ 4. 連立一次方程式と行列の積

次に、連立一次方程式解法に関連して行列の積を定義する。 x, y を未知数とする連立二元一次方程式

$$\left. \begin{array}{l} a_{11}x + a_{12}y = b_1 \\ a_{21}x + a_{22}y = b_2 \end{array} \right\} \quad (4 \cdot 1)$$

は、行列とベクトル方程式に変形すると、

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} \quad (4 \cdot 2) \quad \text{となる。}$$

方程式 (4・1) は、次のようなベクトル方程式にかける。

$$\vec{A} \vec{x} = \vec{b} \quad (4 \cdot 3)$$

ここに、 A は係数の行列、 x は求めるべき未知ベクトル、 b は既知ベクトルを表わす。

これは、一つの未知数 x に関する一元方程式

$$ax = b$$

と非常によく似た形をしている。後の方程式は $a \neq 0$ のときに解けて、かつただ一つの解をもつのであるが、(4・3) はどんな場合にとけるかということが問題になってくる。この問題をとくために、行列と行列との積を考えなければならない。行列と行列との積を考える前に次の補助定理が必要である。

$$\text{補助定理 } \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = x \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ a_{31} \end{pmatrix} + y \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ a_{32} \end{pmatrix} + z \begin{pmatrix} a_{13} \\ a_{23} \\ a_{33} \end{pmatrix}$$

証明

$$\begin{aligned} & \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}x + a_{12}y + a_{13}z \\ a_{21}x + a_{22}y + a_{23}z \\ a_{31}x + a_{32}y + a_{33}z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11}x \\ a_{21}x \\ a_{31}x \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{12}y \\ a_{22}y \\ a_{32}y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a_{13}z \\ a_{23}z \\ a_{33}z \end{pmatrix} \\ & = x \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \\ a_{31} \end{pmatrix} + y \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \\ a_{32} \end{pmatrix} + z \begin{pmatrix} a_{13} \\ a_{23} \\ a_{33} \end{pmatrix} \end{aligned}$$

平面上で点 $P(x, y)$ が一次変換

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = B \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (4 \cdot 4)$$

によって点 $P'(x', y')$ に移され、さらに、この点が一次変換

$$\begin{pmatrix} x'' \\ y'' \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} \quad (4 \cdot 5)$$

によって点 $P''(x'', y'')$ に移されるとき、結果として点 $P(x, y)$ は点 $P''(x'', y'')$ に移されるわけであるが、このときの変換を調べてみる。

$$\begin{pmatrix} x'' \\ y'' \end{pmatrix} = A [B \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}] = A \left[\begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \right]$$

において、角括弧 [] 内に補助定理を適用すると、

$$\begin{pmatrix} x'' \\ y'' \end{pmatrix} = A \left[x \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{pmatrix} + y \begin{pmatrix} b_{12} \\ b_{22} \end{pmatrix} \right]$$

さらに、(1・18) および (1・19) を適用すると、

$$\begin{pmatrix} x'' \\ y'' \end{pmatrix} = x \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_{11} \\ b_{21} \end{pmatrix} + y \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_{12} \\ b_{22} \end{pmatrix}$$

ここで、

$$a_{11}b_{1j} + a_{12}b_{2j} = C_{ij} \quad (i, j = 1, 2)$$

において、再び補助定理を利用すると、

$$\begin{pmatrix} x'' \\ y'' \end{pmatrix} = x \begin{pmatrix} c_{11} \\ c_{21} \end{pmatrix} + y \begin{pmatrix} c_{12} \\ c_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

したがって、点 $P(x, y)$ を点 $P''(x'', y'')$ に移す変換はやはり一次変換で、その行列は、

$$C = \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12} \\ c_{21} & c_{22} \end{pmatrix}, \quad \left(c_{ij} = a_{i1}b_{1j} + a_{i2}b_{2j} \right) \quad (4 \cdot 6)$$

で、これを行列Aに行列Bを右側に掛けた積と定義し、このことからを

$$AB = C$$

で表わす。この積はまた、行列Bに行列Aを左側に掛けた積ともいう。この定義は、次の公式、

$$A [B \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}] = [AB] \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (4 \cdot 7)$$

を満たすことから適当である。

問. 次の計算をせよ。

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 2 \\ -5 & 4 & 0 \\ 2 & 1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 & 1 & 3 \\ 1 & 0 & 1 \\ 3 & 2 & -1 \end{pmatrix}$$

問. 積の転置に関して次の式がなりたつことを証明せよ。

$$(AB)' = B'A' \quad (4 \cdot 8)$$

問. A, B, Cをそれぞれ二次の行列としたとき

$$\textcircled{①} \quad A(B, C) = (A \cdot B) C \quad (\text{結合法則})$$

$$\textcircled{②} \quad A(B+C) = AB+AC \quad (\text{分配法則})$$

$$\textcircled{③} \quad (A+B)C = AC+BC \quad (\text{分配法則})$$

が成立することを証明せよ。

乗法に関しては、交換法則は必ずしもなりたたない。これを次の例で示すと、

$$\begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 3 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4 \cdot 1 + 2 \cdot 2 & 4 \cdot 3 + 2 \cdot 4 \\ 3 \cdot 1 + 1 \cdot 2 & 3 \cdot 3 + 1 \cdot 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 8 & 20 \\ 5 & 13 \end{pmatrix}$$

ところで $\begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 4 & 2 \\ 3 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 13 & 5 \\ 20 & 8 \end{pmatrix}$ であるから、交換法則はなりたたない。

2つの行列A, Bに対して $AB=BA$ であるとき、この2つの行列は可換であるという。
単位行列Eはすべての行列と可換である：

$$AE=EA=A \quad (4 \cdot 9)$$

結合法則はなりたつ。また単位行列Eが乗法単位となる。逆元は必ずしも存在しない。

そこで行列Aに対して

$$AX=X A=E \quad (4 \cdot 10)$$

を満足するような行列Xが存在するとき、行列Aは正則であるといい、このときの行列Xを行列Aの逆行列といい、 A^{-1} で表わす：

$$AA^{-1}=A^{-1}A=E$$

ここで、ベクトル方程式の解について考えてみる。Aが正則であるとき、この両辺に逆行列 A^{-1} を左側に掛けると

$$A^{-1}(Ax) = A^{-1}\vec{b}$$

ところが、(4・7)を適用して、関係 $A^{-1}A=E$ を利用すると、

$$A^{-1}(Ax) = (A^{-1}A)\vec{x} = E\vec{x} = \vec{x}$$

であるから、次の定理が得られる。

定理 「行列Aが正則であるならば、ベクトル方程式

$$\vec{Ax} = \vec{b}$$

は1つしかもただ1つの解 $\vec{x} = A^{-1}\vec{b}$ をもつ」

系 「行列Aが正則であるならば、同次方程式

$$\vec{Ax} = \vec{o}$$

はただ1つの解 \vec{o} をもつ」

いま、行列Aに対して $XA = E$ を満足する行列Xが存在するならば、Aの各列からなる列ベクトル、すなわち、二次の場合

$$\vec{a}^{(1)} = \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \end{pmatrix}, \quad \vec{a}^{(2)} = \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \end{pmatrix}$$

は一次独立でなければならない。なぜならば、もう一次独立でないとすると、ことごとくはOでないスカラー α, β が存在して、

$$\alpha \vec{a}^{(1)} + \beta \vec{a}^{(2)} = \vec{0}$$

あるいは、書き直すと、

$$\alpha \begin{pmatrix} a_{11} \\ a_{21} \end{pmatrix} + \beta \begin{pmatrix} a_{12} \\ a_{22} \end{pmatrix} = \vec{0}$$

となる。前の補助定理を適用すると、

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} = \vec{0}, \quad \text{ただし } \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} \neq \vec{0}$$

となる。これは、同次方程式 $\vec{Ax} = \vec{o}$ が \vec{o} 以外の解 $\begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix}$ をもつこととなって、系に反する。(定理および系は、上のXが存在するならばなりたつ。)

したがって、列ベクトル $\vec{a}^{(1)}, \vec{a}^{(2)}$ は一次独立でなければならない。

逆に、列ベクトル $\vec{a}^{(1)}, \vec{a}^{(2)}$ が一次独立であるならば、列ベクトル

$$\vec{e}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \vec{e}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\begin{aligned} \vec{e}_1 &= a_{11}' \vec{a}^{(1)} + a_{21}' \vec{a}^{(2)} \\ \vec{e}_2 &= a_{12}' \vec{a}^{(1)} + a_{22}' \vec{a}^{(2)} \end{aligned}$$

を満足するようなスカラー a_{ij} ($i, j = 1, 2$) が存在する。上の関係式は、少し前に使った仕方と、補助定理によって、

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{11}' \\ a_{21}' \end{pmatrix}, \quad \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{12}' \\ a_{22}' \end{pmatrix}$$

の形に表わされる。このことがらは、また、

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{11}' & a_{12}' \\ a_{21}' & a_{22}' \end{pmatrix}$$

の形に表わされる。したがって、上の等式の右辺の第二行列をYで表わせば、 $AY = E$ となる。上に述べたことは、 $XA = E$ となる行列Xが存在するならば、 $AY = E$ となる行列Yが存在することを示す。このとき、 $X = X(AY) = (XA)Y = EY = Y$ となり、(4 · 10) がなりたつ。ゆえにAは正則である。

Aが正則であるならば $A^{-1}A = AA^{-1} = E$ であるから、両辺の転置行列を考えると、(4

・ 8) と関係式 $E' = E$ によって

$$A' (A^{-1})' = (A^{-1})' A' = E$$

となる。これより、 $(A^{-1})'$ は A' の逆行列で A' は正則である。

以上のことからをまとめると次の定理が得られる。

定理 行列 A が正則であるためには、 A の各列（または各行）からなる列ベクトル（または行ベクトル）が一次独立であることが必要十分である。

また以上論じたところでも明らかであるように、行列 A の列ベクトル（または行ベクトル）が一次独立であることと、同次方程式 $A \vec{x} = \vec{o}$ がただ 1 つの解 $\vec{x} = \vec{o}$ をもつこととは同値であるから、次の系が得られる。

系 「同次方程式 $A \vec{x} = \vec{o}$ がただ 1 つの解 $\vec{x} = \vec{o}$ をもつためには、 A が正則であることが必要十分である」

したことから、行列 A の行または列の間に一次従属の関係が存在するときは A は正則ではない。この特別の場合として、行列 A のある行（または列）が他の行（または列）の一次結合として表わされるとき、さらに特別な場合としては、2つの行（または列）の数が比例するとき、また最も特別な場合としては、1つの行（または列）の数がことごとく 0 に等しいときは、行列 A は正則でない。たとえば、行列

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 6 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & 0 & 5 \\ 3 & 0 & -1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 2 & 3 & 1 \\ -4 & -6 & -2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & -1 & 2 \\ 3 & 1 & -4 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 \\ 2 & -4 & 0 \\ 9 & -1 & -2 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 \\ 3 & -6 & 0 \end{pmatrix}$$

はいずれも正則ではない。（最後から 2 番目の行列は第 1 行に 3 を掛け、第 2 行に 2 を掛けて加えると第 3 行が得られる。すなわち、第 3 行は他の 2 行の一次結合である）

§ 5. 逆行列の計算と連立方程式の解法

行列 A が正則であるとき、その逆行列 A^{-1} を実際に計算する方法を求める。それには、(i) 行または列にスカラー X を掛けること、(ii) 2 つの行または列を交換すること、および、(iii) 1 つの行または列に他の行または列のスカラー倍を加えることの 3 つの手続きを何回かくり返せばよいことを示そう。それにはまずこれらの手続きが特定の行列、たとえば、

$$E(\alpha_2) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad E(1, 2) = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, \quad E(\alpha_{12}) = \begin{pmatrix} 1 & \alpha & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

を A の右側または左側に掛けることに帰着することを示そう。(i) 行列 A の第 2 列を α 倍することは、積 $AE(\alpha_2)$ をつくることで、 A の第 2 行を α 倍することは、積 $E(\alpha_2)A$ をつくることである。(ii) 行列 A の第 1 列と第 2 列とを交換することは、積 $AE(1, 2)$ をつくることで、 A の第 1 行と第 2 行とを交換することは、積 $E(1, 2)A$ をつくることである。(iii) 行列 A の第 1 列の α 倍を第 2 列に加えることは、積 $AE(\alpha_{12})$ をつくることで、 A の第 1 行の α 倍を第 2 行に加えることは、積 $E(\alpha_{12})A$ をつくることである。ところで、これらの特定の行列の特別な記号を無視して、施す順序に従って、単に E_1, E_2, \dots のように番号づけることにする。いま A にこれらの特定の行列を連続して右側に掛けて

$$AE_1E_2\dots E_n = E \quad (5 \cdot 1)$$

となつたとすれば、積

$$E_1 E_2 \cdots E_n = E E_1 E_2 \cdots E_n$$

は明らかに A の逆行列である。したがつて、 (5×1) となるような E_1, E_2, \dots, E_n を同じ順序に単位行列 E に施せば A の逆行列 A^{-1} に到達する。これは列に対する操作であるが、行に対する操作によつても同じである。

例1. 行列 $\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 2 \end{pmatrix}$ の逆行列を求める。

解. 与えられた行列と単位行列 E を

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 2 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

のよう並べておいて、両者に同一の手続きを施すこととする。第1列と第2列とを交換すると、

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

第1列の -2 倍を第2列に加えると

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 2 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & -2 \end{pmatrix}$$

第2列の2倍を第1列に加えると

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ -3 & 2 \end{pmatrix}$$

第2列に -1 を掛けると

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} 2 & 1 \\ -3 & 2 \end{pmatrix}$$

したがつて、求める逆行列は $\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ -3 & 2 \end{pmatrix}$ である。

例2. 方程式 $\begin{cases} 3x + y = 6 \\ 5x + 2y = 11 \end{cases}$ をとけ。

解. 行列の形で、 $\begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 5 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 \\ 11 \end{pmatrix}$ とかける。

$\begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 5 & 2 \end{pmatrix}$ の逆行列は $\begin{pmatrix} 2 & -1 \\ -5 & 3 \end{pmatrix}$ であり、これを両辺に左からかけて、

$$\begin{pmatrix} 2 & -1 \\ -5 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 5 & 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ -5 & 3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 6 \\ 11 \end{pmatrix}$$

両辺の行列の積を計算して

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix}$$

$$\text{したがつて } \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 3 \end{pmatrix} \quad \therefore x = 1, y = 3$$

問1. $a = (1, -2)$, $A = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 4 & 5 \end{pmatrix}$, $B = \begin{pmatrix} 3 & 2 \\ 5 & 6 \end{pmatrix}$ であるとき、

Aa' , Ba' , AB , BA を求めよ。

問2. 次の行列の逆行列を求めよ。

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 7 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}$$

問3. 次の連立方程式をベクトル方程式に直してとけ。

$$\begin{cases} 3x + 7y = -1 \\ 2x + y = 2 \end{cases}$$

§ 6. 一次変換と群について

座標軸の変換より述べよう。よく知られている変換は次のように書ける。

(I) 平行移動は

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -a \\ -b \end{pmatrix} \quad (6 \cdot 1)$$

または、

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a \\ b \end{pmatrix} \quad (6 \cdot 1')$$

(II) 直交軸の回転は、

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta \\ -\sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (6 \cdot 2)$$

または、

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} \quad (6 \cdot 2')$$

(III) x 軸のまわりの裏返し

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (6 \cdot 3)$$

または

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} \quad (6 \cdot 3')$$

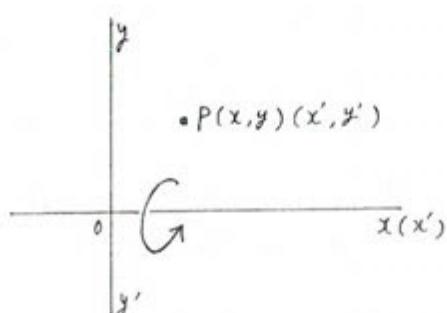
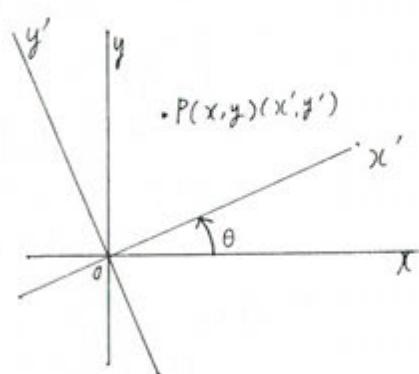
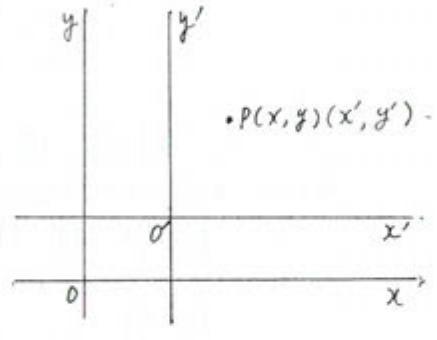
である。そして (I), (II), (III) を組合せることによって平面上の任意の直交座標軸の変換が得られる。(I), (II), (III) を有限回組合させた結果は、

$$\begin{cases} x' = a_{11}x + a_{12}y + b_1 \\ y' = a_{21}x + a_{22}y + b_2 \end{cases} \quad \begin{array}{l} a_{11}^2 + a_{12}^2 = 1 \\ a_{21}^2 + a_{22}^2 = 1 \\ a_{11}a_{21} + a_{12}a_{22} = 0 \end{array} \quad (1)$$

となる。この変換(1)の条件

$$\begin{array}{l} a_{11}^2 + a_{12}^2 = 1, a_{21}^2 + a_{22}^2 = 1, \\ a_{11}a_{21} + a_{12}a_{22} = 0 \end{array} \quad (6 \cdot 4)$$

は行列を用いて書けば



$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} \\ a_{12} & a_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (6 \cdot 5)$$

これは $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}$ とおけば $AA^t = E \quad (6 \cdot 5')$

と書けることがわかる。ここに A^t は行列 A の転置行列を表わす行列である。 $(6 \cdot 5)$ を満足するような行列を直交行列という。(I), (II), (III) の変換を特徴づける変換の行列

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

はいずれも直交行列である。

さて、(1)の他にさらに

$$\begin{cases} x'' = a_{11}x' + a_{12}y' + \beta_1 \\ y'' = a_{21}x' + a_{22}y' + \beta_2 \end{cases} \quad (6 \cdot 6)$$

とし、(1)を $(6 \cdot 6)$ に代入すれば(これを(1)と $(6 \cdot 6)$ を結合するともいう)

$$\begin{cases} x'' = (a_{11}a_{11} + a_{12}a_{21})x + (a_{11}a_{12} + a_{12}a_{22})y + \gamma_1 \\ y'' = (a_{21}a_{11} + a_{22}a_{21})x + (a_{21}a_{12} + a_{22}a_{22})y + \gamma_2 \end{cases} \quad (6 \cdot 7)$$

となる。ここに

$$\gamma_1 = a_{11}b_1 + a_{12}b_2 + \beta_1, \quad \gamma_2 = a_{21}b_1 + a_{22}b_2 + \beta_2 \quad (6 \cdot 8)$$

である。これを図式で示せば、

$$(x, y) \xrightarrow{(1)} (x', y') \xrightarrow{(6 \cdot 6)} (x'', y'') \quad (6 \cdot 9)$$

さて、(1)は行列およびベクトル

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} \quad (6 \cdot 10)$$

で $(6 \cdot 6)$ は

$$\begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \end{pmatrix} \quad (6 \cdot 11)$$

で特徴づけられ、これらを結合して得られる $(6 \cdot 7)$ は

$$\begin{pmatrix} \alpha_{11}a_{11} + \alpha_{12}a_{21} & \alpha_{11}a_{12} + \alpha_{12}a_{22} \\ \alpha_{21}a_{11} + \alpha_{22}a_{21} & \alpha_{21}a_{12} + \alpha_{22}a_{22} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \alpha_{11}b_1 + a_{12}b_2 + \beta_1 \\ \alpha_{21}b_1 + a_{22}b_2 + \beta_2 \end{pmatrix} \quad (6 \cdot 12)$$

で特徴づけられる。

さて、 $(6 \cdot 10)$, $(6 \cdot 11)$ においてそれぞれ

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_{11} & a_{21} \\ a_{12} & a_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{12} \\ \alpha_{21} & \alpha_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_{11} & \alpha_{21} \\ \alpha_{12} & \alpha_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

とすれば、 $(6 \cdot 12)$ においても、

$$\begin{pmatrix} \alpha_{11}a_{11} + \alpha_{12}a_{21} & \alpha_{11}a_{12} + \alpha_{12}a_{22} \\ \alpha_{21}a_{11} + \alpha_{22}a_{21} & \alpha_{21}a_{12} + \alpha_{22}a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha_{11}a_{11} + \alpha_{12}a_{21} & \alpha_{21}a_{11} + \alpha_{22}a_{21} \\ \alpha_{11}a_{12} + \alpha_{12}a_{22} & \alpha_{21}a_{12} + \alpha_{22}a_{22} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

が成り立つことが証明できる。すなわち、

2つの直交行列の積はやはり直交行列になる。

ことがいえるのである。

この結果を用いて、(I), (II), (III) の行列

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

が直交行列なることに注意すれば、(1)の行列が直交行列なることがいえるのである。

また逆に、任意の直交軸 $O-xy$ における点 $P(x, y)$ の座標 (x, y) と他の直交軸

$o'-x'y'$ における同じ点Pの座標 (x', y') の関係は必ず(1)の形に書き表わすことでのることも証明される。たとえば右図の場合直交軸 $o-xy$ より $o'-x'y'$ に移るには、まず(i) $o-xy$ において x 軸のまわりに平面を裏返し(IIIの変換)、つぎに(ii)原点 o を o' に平行移動して $o'-xy$ に移し(Iの変換)、さらにこれを o' のまわりに θ だけ回転すれば(IIの変換)、直交軸 $o-xy$ は $o'-x'y'$ に移り、これらI, II, IIIの変換はいずれも直交変換なので、上述により(1)もまた直交変換であることがわかるのである。

さて、(1)で表わされる一次変換の全体(係数 $a_{11}, \dots, a_{22}, b_1, b_2$ の選び方により無数にある)の集合を考え

{ I, S, T, U, ... }

表わし S と T を結合した結果を TS で表わせば

(I) これら任意の 2 つを結合した結果はやはりこの形の変換である。

(II) $U(TS) = (UT)S$ 、すなわち結合法則が成り立つ。

(III) 任意の変換 T に対し $TI=IT=T$ なる I がある。

この I は $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ で特徴づけられる $\begin{cases} x' = x + 1 \cdot x + 0 \cdot y \\ y' = y + 0 \cdot x + 1 \cdot y \end{cases}$ である。

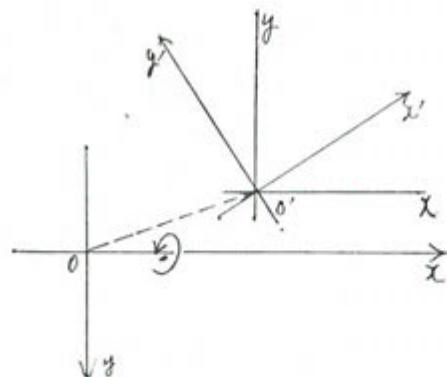
(IV) 任意の変換 T に対し $T^{-1}T = TT^{-1} = I$ なる T^{-1} が存在する。

この他にも(I)～(IV)の性質を満足する集合はたくさんあるが、このような集合を数学では群というのである。

IV 試験結果の考察と反省

〔試験問題〕

- ベクトルの組 $\{\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}\}$ が 1 次独立であるのはどんなときか。
- ベクトルの組 $\{\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}\}$ が 1 次従属であるのはどんなときか。
- 行列 A が正則であるための必要十分条件をのべなさい。
- 同次方程式 $A\vec{x} = \vec{o}$ がただ 1 つの解 $\vec{x} = \vec{o}$ をもつための必要十分条件をのべなさい。
- $\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 2 \end{pmatrix}$ の逆行列を求め、それを利用して、 $\begin{cases} 2x + y = 1 \\ 3x + 2y = 2 \end{cases}$ をときなさい。
- 変換 f が一次変換であることの定義を書きなさい。
- 次のように座標軸を変換するとき、 $P(x, y) \rightarrow P'(x', y')$ の関係を表わす変換式を書きなさい。
 - 直交軸を θ だけ回転したとき、
 - $y=x$ に関して対称に変換したとき、
- 直交行列の全体 {I, S, T, U, ...} が群をつくるためには、どんな条件をみ



- たせばよいか。 ① ② ③ ④
9. 4点 $(3, 2, 1)$ $(2, 1, 3)$ $(1, 2, 3)$ $(-1, 1, -1)$ は同一平面上にのせることができるかどうか調べなさい。
10. 原点 O のまわりの回転移動は 1 つの一次変換であることを示し、つぎにその変換を行列変換で表わせ。

〔試験結果〕受験人員 男子 121名、女子 61名、計 182名、時間 1 時間

問題番号	正 答 数			誤 答 数			正 答 率					
	男 (人)	子 (人)	女 (人)	計 (人)	男 (人)	子 (人)	女 (人)	計 (人)	男 %	子 %	女 %	全 体 %
1	113	54	167	8	7	15	93	89	92			
2	109	52	161	12	9	21	90	85	89			
3	81	39	120	40	22	62	67	64	66			
4	83	44	127	38	17	55	69	72	70			
5	104	47	151	17	14	31	86	77	83			
6	58	29	87	63	32	95	48	48	48			
7	i	75	36	111	46	25	71	62	59	61		
	ii	51	23	74	70	38	108	42	38	41		
8	48	22	70	73	39	112	40	36	39			
9	70	30	100	51	31	82	58	49	54			
10	27	15	42	94	46	140	22	25	23			

時間的な制約があった故に、試験問題の選択に悩まされた。だからこの試験問題が実際授業全体の内容を代表するものとは思われない。しかし生徒達の教材内容の理解度を知る一応の目安にはなり得ると思う。

さて上の集計を見ても推察されるように、問6、問7の②、問8、問10、での生徒達の成績は悪く従ってその理解度に欠けるものと思われる。しかし結果から判断してこれら以外の問については大体理解しているようである。正答率の低かった問6、問7の②、問8、問10を考察してみると問7の②を除き、それ等はいづれも抽象性の高い問題であり、生徒達は如何にこの種の問題に弱いか、また抵抗を感じるかが分る。そしてこれ等の抽象的な事柄を指導するときは、より細心な計画をもってことに当たらなければならないかが、あらためて痛感される。問6、問10の理解度の悪さから見て一次変換の概念の具体的な把握にまで十分でなかったと共に指導の至らなかったことが反省させられる。また群の概念に触れてみたが、結局生徒達にとってこの概念が本当に消化されていなかったという感じがすると共にこの種の抽象性の高い教材は指導者が考えているより生徒達にとって如何に難しいものであるかが再認識されたのである。

V まとめ

さて、数学ⅡBを中心として、新指導要領に示された内容をできるだけやさしく指導したつもりである。例えば行列の種類を2次（ときには3次）の行列までにとどめ、生徒に困難を感じさせないように努力したつもりである。そして先の試験の結果からみてもわかるように生徒達はベクトルおよび行列に関して一応の理解が得られたように思われる。しかし内容がより抽象的なものになるとどうしてもその理解に困難を感じるようである。これは、一つは指導の不徹底さにその原因があるのかも知れない。しかし他の一面から見ると、抽象的な教材の指導の困難性の再認識をわれわれに与えてくれたものと信ずる。特に計算過程を得意とする生徒達はことの他、難かしく感じたようであった。内容自体も前に述べたようにできるだけ易しく書いたつもりであるが、生徒達の立場から考えるともう少し平易にすべき所も多々あったようである。

さて、今般の指導要領の改定で行列が導入されたことはある意味で高校数学に新しさを加えたことは確かである。そしてたとえ積が2次の行列までであっても、座標軸の回転移動、対称移動等が行列の形で与えられ、また零因子が存在することや複素数の行列による表示（ここでは特に教材として取り上げないで自由研究の形で生徒達に与えたのである）という従来の教材にはなかった新しいまた生徒達にとって興味深い教材も出てくるのである。しかしすべてが満足とは決して言えない。たとえば折角一次変換を導入しながらそれらの応用になるとやはり貧弱さをかくし得ない。できるならばその程度をやさしくして、固有値までも教材として考えてよいであろう。もう一つの大きな問題点は行列式の導入である。行列の逆行列を使って連立方程式を解いたが、これは解法として知っているのは有意義ではあるが、解法自体にあまり興味をおこさせない。計算が割り好きな生徒でもこの解法にはあまり興味を示し得なかつたのである。やはり行列式の導入を考えるべきだろう。そして行列式を利用しての連立方程式の解法を生徒達に指導してやる必要があるのでないだろうか。（程度は3元連立方程式まで十分である）。最後に群の概念についてであるが、新指導要領には群の概念を知らせることもさしつかえないとしているが、ここで群概念を取り扱うことは、前の試験結果の考察の所で述べたように大きな問題点となるのである。われわれが軽く扱うつもりでも生徒達にとっては決して軽くはならない場合が多く心理的に非常な負担となるのである。だからこの教材はより慎重に扱わなくてはならないのであり、むしろここで群の概念を導入するより数式の集合と四則計算の発展段階として体、環、整域、および群を導入する方がより生徒達にとって親切といえるのではないだろうか。

以上導入の利点、考慮すべき点（今回の実験を基礎にして）を列挙してみた。しかし、教材内容においてまだまだ研究の余地のある所も多数あるかとも思う。これ等は今後の研究課題として更にとり組んで行きたいと思っている。

参考文献

- 稲葉 三男 ベクトル 共立出版株式会社
" 行列と行列式 至文堂

- 北村 泰一 ベクトルと行列 横書店
上田 稔
入江 昭二 線形数学 I 共立出版株式会社
茂木 勇 線形代数入門 森北出版株式会社
秋月 康夫 代数学と幾何学 袋華房
奥川光太郎 線形代数学入門 朝倉書店

大阪周辺で得られる土壤性総翅類

芳賀和夫

昭和45年10月に公示された高等学校の改訂指導要領は、理科において、探究の過程を重視し、科学的な方法および見方や考え方を習得させることを目標の一つとしており、そのためには、適切な課題を設け、特に継続的に指導を行なうことが望ましいとの方針が打ち出されている。「生物Ⅱ」の内容の取り扱いに関しては、適切なものとして9課題が例として示されており、その一つに〔土じょう中の生物群集〕がある⁽⁹⁾。このため、最近、関係者の間で、土壤生物についての関心が高まっているが、高校教育に関係しない分野でも、1965年から着手されたIBP(国際生物学事業計画)に土壤動物のワーキンググループがつくられて活発な活動がすすめられ土壤動物の実態がだいにあきらかにされてきている。

筆者は昭和42年より森林々床の生物群集を試験的に取り扱い、身近かな得やすい材料として高等学校生物への教材化を考えてきた。この土壤中の生物群集の教材価値あるいは取り扱い上の問題に関しては別稿⁽¹⁾に譲るが、本稿ではその生物群集を構成するメンバーの1グループについてまとめるところとする。

土壤生物を研究するまでの一つの隘路は、それにふくまれる複雑多様な土壤動物の同定のわざらわしさ、困難さであろう。さいわいなことに、極く最近、わかりやすく便利な検索表がつくられ64の図をもとに、ほとんどのグループを知ることができるようになった。

⁽¹⁰⁾また、それぞれのグループについても平易な、しかもよりくわしい解説がつくられ⁽¹¹⁾⁽¹²⁾、しだいに研究がすすめやすくなっている。

土壤動物の抽出に最もよく使われているTullgren Funnelによって、大阪周辺各地(第1表)のサンプルから得られた標本を整理し、今まで、ほとんど取り上げられていないかった総翅類(Insecta, Thysanoptera)をまとめてみたところ、分類学上の記載がおこなわれていないものを多数ふくむことがわかった。これらを種レベルで扱うことができるまでは数年を要するものと思われるが、とりあえず、科・亜科および属までの検索を作製し、研究者、指導者の便に供したい。

上記のようにこの類については研究のおくれが感じられ、ここに取り扱うものの中にも、従来、正式には日本で記録されていなかったものをふくむので、つぎの点に関して特にことわっておきたい。
〈本報告は土壤動物研究のためのマニュアル的なものであって分類学的記載の価値を持たない。そのため、種(species)には全くふれないことにする。〉

土壤性の総翅類の研究は国外でもあまりおこなわれておらず、ANANTHAKRISHNANの報文⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾に一部見られ、MOUNDのソロモン群島の総翅類をまとめたものの大半が落葉堆葉中から得たものでしめられている⁽¹⁴⁾のが目立つ程度である。また STANNARDが採集法

* 現在、北里大学の采川昌昭博士と筆者によって記載準備がすすめられている。

を解説し、ペルレーゼ器の写真を示している⁽²⁰⁾が、土壤総翅類を特にはまとめていない。

この小文を発表するにあたり、つきの方々に感謝する。土壤動物についての御指導をいただき、文献を供与していただいた国立科学博物館の青木淳一博士、総翅類研究上の指針を与えてくれている北里大学の采川昌昭博士、それに、標本の一部の同定をしていただき、数々の示唆をもいただいた British Museum (Natural History) の Laurence Alfred MOUND 氏。また、この報告にとりあげた標本の一部は奈良春日山の原生林の林床から得られたものである。筆者は1970年1月から12月まで、各月1回のサンプル採取を奈良県知事の許可を得ておこなうことができた。諸手続き等で御協力いただいた奈良県観光課には、この小文をもって礼状にかえたい。なお、この報告は本校の生物担当教官、浜谷巖氏の側面からの援助なしでは実現しなかったであろうことも付記しておきたい。

土壤性総翅類の採集としらべ方

大阪府およびその周辺の森林（照葉樹林）の林床から通常 50cm × 50cm の面積を設定し、堆積する落葉層（リッター層）を厚さ 2~3 cm で手でかき集め、ポリエチレン袋に入れて研究室に持ち帰り、重量を測ったのち、いわゆるペルレーゼ法で小動物の抽出を行なった。使用した Tullgren funnel は、大口径 (35cm) のもの 2 台で、1 台に 500W ヒーター、他の 1 台は 40W の電球で、12~48 時間をかけ、ほとんどの場合、直接 A · G · A 固定液* に採取した。その後、60~70% エチルアルコールに保存し、必要に応じて、プレパラートをつくった。この類はごく一部をのぞいて体長 2 mm 以下で、肉眼ではもちろん、×15 の双眼実体顕微鏡でも同定はむずかしく、プレパラート標本を高倍率で検鏡することによってようやく“属”を決定できるものもすくなくない。プレパラート作製のもっとも簡便な方法は、60% アルコール液漬標本をそのままスライドグラスにのせ、Gum chloral 液でマウントするもので、カバーグラスの周辺をエナメルでシールすることにより、数年間は保存できる。体色が濃いものは一旦、5% KOH で処理する（常温のまま標本を 1 ~ 48 時間つけておき、フェノールフタレンを使用し酢酸で中和したのち 60% アルコールでよく洗い、スライドグラスにのせる）永久保存の必要あるものは、プレパラートを湯につけて剥離し、アルコール脱水剤を通してキシロール・バルサムでマウントしなければならない。

土壤性総翅類の区分

リッター層から Tullgren 抽出で得られる総翅類はつきの 3 群にわけて考えることができる。

第 1 群。 通常地上の枯枝・枯葉・あるいは朽木を棲み家としているもので、ときたま、リッターから得られるもの。

Astrothrips, Bactridothrips, Ecacanthothrips, Hoplothrips, Megathrips,

* エチルアルコールとグリセリンと酢酸を 5 : 1 : 1 に混合したもので、虫は「リラックス状態」で固定される。

Polyphemothrips. など

第2群 冬期落葉下で越冬するもの、あるいは一時的に落葉にひそむもの
Taeniothrips, Sericothrips, Scirtothrips, Haplothrips, Liothrips. など

第3群 落葉間隙を生活空間とし、その life cycle 全部あるいは大部分をリッターレ層で過ごすもの。
Amphibolothrips, Baphikothrips, Holurothrips, Oxythrips, Phlaeothrips,
Psalidothrips, Scirtothrips, Glyptothropini の一属など。

この3群のうち、真の土壤動物といえるのは第3群にふくまれているもので、これらのものは落葉層での適応形を持っている。つまり、ア. 体は小型で多くは 2.5mm 以下である。イ. 体は細長いか、背腹に扁平。ウ. 体色は浅く。エ. 皮下色素を持つものが多い。オ. 複眼を構成する個眼は比較的すくなく。カ. 腹部の刺毛は長い。キ. 翅はあまり発達せず、全く欠くものもあり、翅があってもふさ毛 (fringe cilia) は密生しない。などの特徴を持っている。食性については確認されていないが、ほとんどが、カビ、ソウキンなどの菌糸や胞子を摂食するものと思われ、腐食連鎖の第1～2次の消費段階にある。しかし、中には口器がきわめてよく発達したものも見られるので、predator の可能性を持つものもある（“陸上” に産するものではハダニ類を捕食するものが知られている）

土壤性総翅類の科の検索

1. ——腹部は円筒形か紡錘形で末端はせばまり尾管を形成しない。
雌はギザギザのある産卵器を持っている 2
- 腹部は扁平で後方にいくに従ってしだいにせばまり末端は尾管を形成する。
雌は産卵器を持たない Phlaeothripidae
クダアザミウマ科

2. ——触角の第3・第4両節に窓形の感覺器がある。雌の産卵器は小さく弱々しい Merothripidae

- 触角の第3・第4両節には感覺錐 (sense cone) がある。雌の産卵器は大きく発達する Thripidae
アザミウマ科

亜科と属の検索

Merothripidae

1. ——体は白色で体長約 1 mm、頭部は細くタテ長で、その幅は触角 2 本分よりわずかに大きい程度、触角は 8 節 Merothrips 属 (Fig. 2)

Thripidae

1. ——体表のクチクラは網目状の刻紋になっており、頭部は特に顯著である。触角の第2節は球形で、末節は先端が細く尖っている。
..... *Heliothripinae* 亜科
- 体は黄褐色と暗褐色、触角は5節である。頭部の複眼の間はコブのようになっており、触角第1節はその下にかくれている.....
..... *Astrothrips* 属 (Fig. 3)
- 体表に網目状の刻紋はなく、あっても前胸部にかぎられる。触角の末節は小さいが、細くとがらない *Thripinae* 亜科 2
2. ——腹部は密生した微毛でおおわれている（中央部をのぞく） 3
——腹部には微毛が密生していない 4
3. ——赤褐色で密生している部分は黒く見える。前胸部はカゴ形で網目がある。頭部は短い..... *Sericothrips* 属 (Fig. 4)
——白色か淡黄色、橙色を帯びているものもある。前胸の表面には横しわがある。
0.7~0.8mm *Scirtothrips* 属 (Fig. 5)
4. ——前胸部には後縁角に左右1本ずつの長い刺毛がある。触角第6節の上部 $\frac{1}{3}$ のところに横筋が入っている。雄の腹部第9節には大小2対の太く短かいトゲがついている..... *Oxythrips* 属 (Fig. 6, 7)
——前胸部には後縁角に左右2本ずつの長い刺毛がある。触角第6節には横筋がない、雄の腹部第9節にはトゲがついていない
..... *Taeniothrips* 属 (Fig. 8)

Phlaeothripidae

1. ——触角は5節で無翅、長い尾管とその先に尾管よりも長い6本の尾毛を持っている *Urothripinae* 亜科
- 頭部と前胸部は灰褐色で赤色の皮下色素がある。頭部前胸部ともに表面はゴマ粒状の突起が密にあって滑らかでない。複眼はわずか数個の個眼でできている..... *Amphibolothrips* 属 (Fig. 9)
——触角は8節か7節、ほとんど有翅、尾毛は尾管よりも短い 2
2. ——体長は3mm以下、小腮刺針 (Maxillary stylet) は細い.....
..... *Phlaeothripinae* 亜科 3
- 体長は4mm以上で8mmに達するものもある。小腮刺針は幅ひろくバンド状に見える。胞子食 *Megathripinae* 亜科 9
3. ——触角の第6節以上は癒合していて6節に見える。頭部には多角形の刻紋がある。無翅 *Glyptothripini* の1属 (Fig. 10)
——触角は8節 4
4. ——体色はほぼ一様に濃い 5
——体色は淡く、明かるいが、皮下色素のためにカラフルに見える 6
5. ——前翅は中央部で幅がせまくなっている。小腮橋 (Maxillary bridge) がある

- Haplothrips 属 (Fig. 11)
- 前翅は中央部にくびれがなく、小腮橋もない。前方単眼は頭頂で前方に突出している Liothrips 属
6. ——複眼はあまり大きくなるく見える。体色は黄褐色で赤い皮下色素を欠く 7
- 複眼は比較的大きく長円形、赤い皮下色素を持っている 8
7. ——小腮刺針は頭部に引き入れられているとき、左右が近寄っており、すくなくとも頭部の中央付近まで引き入れられる Hoplothrips 属
- 小腮刺針は頭部の基部に引き入れられ、左右のものは互いに遠くはなれてい る Psalidothrips 属 (Fig. 12, 13)
8. ——左右の複眼の長軸方向はハの字形になり平行しない。前肢の跗節に鋸歯が一 つあり、腿節の先端にも齒状突起が1～2ある。 Phlaeothrips 属 (Fig. 14)
- 左右の複眼の長軸方向はややハの字形、触角第3節に感覚錐が約10本ある Eacanthothrips 属 (Fig. 16)
- 左右の複眼の長軸方向は平行している。複眼の背側は腹側より発達し、背側後方の個眼は形が大きい。前肢に齒状突起物はない Baphikothrips 属 (Fig. 15)
9. ——触角は7節で前肢の跗節に1鋸歯がある。頭部の背面には中央前方に向う刻紋がある Polypheomothrips 属 (Fig. 18)
- 触角は8節で長く、特に第3節は伸びている、前肢には鋸歯はない 10
10. ——腹部の幅は最も広いところで胸部の1.5倍ある。触角は複眼の前方に突出した頭頂部から出ている。尾管はきわめて細長く、体長の約近くある。無翅 Holurothrips 属 (Fig. 17)
- 腹部の幅は胸部の幅と大差ない。触角の基部はほぼ複眼に接している、有翅で雄は腹部第6節の両側に角状物を具えている 11
11. ——触角第3節は第1・第2節の合計長の2倍より長く、頭長は頭幅の2倍以上ある。雄は腹部第7節にも突起物を持っている Bactridothrips 属 (Fig. 19)
- 触角第3節は第1・第2節の合計長の2倍より短く、頭長は頭幅のほぼ2倍か2倍より短い、雄の腹部第7節には突起物は見られない Megathrips 属 (Fig. 20)

(付記) i 上記のはか属名の判りかねるものが数標本ある。

ii この検索表の中で扱われたもので、日本で未だ正式に記録されていないものは下記のものである。

- Merothripidae { この科には3属あり、Merothrips属は17種知ら
れていて、⁽⁸⁾ 日本には2～3種がいるものと
思われる。
- Urothripinae

- Glyptothripini
- Oxythrips
- Amphibolothrips
- Psalidothrips
- Phlaeothrips
- Baphikothrips
- Polyphe mothrips

また、*Bactridothrips* は本州未記録である。いずれも近い将来に分類学的検討がなされよう。

- iii 土壌性総翅類を 3 つの群に区分してそれぞれ属名をあげたが、これはもちろんその属の一部の種が土壌性であることをあらわしている。
- iv 科、亜科、族のわけ方は、今回は主に Priesner (1960) に従った。⁽¹⁶⁾

土壌性総翅類の幼虫について

総翅類の幼虫の分類はほとんど手がつけられていないので、その同定はきわめてむずかしい。しかしながら Tullgren 抽出物の中には必ずといってよい程この幼虫がふくまれ、土壌生物群集の研究上無視することができないばかりでなく、土壌から得られる成虫が真的土壌性か否かを判定するきめ手となることを考えると、ここに取り上げないわけにはいかない。

Merothripidae の幼虫

現在まで全く知られていない。おそらくは紡錘形であろう。1 mm 以下の小さなものなので発見されにくく、特に生態学上の調査では微小なトビムシや protura と混同されてカウントされるおそれがある。

Thripidae の幼虫 (Fig. 21)

体は紡錘形、頭部は小さく、数個の個眼から成る複眼を持つ、触角は各節とも太く短い。

Heliothripinae の幼虫……………触角は 7 節

Thripinae の幼虫……………触角は 6 節

Phlaeothripidae の幼虫

腹部はだいにせばまり末端の 2 節は、はっきり他の腹節と異なって管状に長い長い 2 本の尾毛（すこしちぢれ気味の）を持つ場合が多いが、短いものもある。

Urothripinae の幼虫 (Fig. 22)

触角 3・4・5 節は癒合しかかっており太く大きい。腹部各節の側方に出ている刺毛は先端がとがらず、下方に向って出ている。

Phlaeothripinae の幼虫 (Fig. 23, 24)

触角は 7 節で第 3 節の根もとは先端にくらべて細い。

Megathripinae の幼虫 (Fig. 25)

触角は 6 節か 7 節、第 3 節は長くのびている。頭部と前胸部に暗い色のクチク

ラ板がある。

大阪周辺における土壤性総翅類の分布

検索でとり扱った属のうちの主なものの採集地の一覧表をつくってみた。

府県名	大阪府				京都府	兵庫県	奈良県	和歌山県									
採集地	高槻	箕面	箕面	橿原	能勢	江文峰	大塩山	淡路島	西六甲	太山寺	再度	春日山	奈良公園	吉野	大友ガ	小島	紀伊富田日神社
属名	高槻 面 流	箕面 勝尼	箕面 山・側川	橿原 妙見	能勢 鞍馬・貴船	江文峰 ・鞍馬	大塩山	淡路島	西六甲	太山寺	再度	春日山・鶯の滝	奈良公園ナギ林	吉野	大友ガ	小島	紀伊富田日神社
Merothrips												○					
Astrothrips									○	○	○	○					
Sericothrips												○					
Scirtothrips	○					○		○							○		
Oxythrips	○											○			○		
Amphibolothrips	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
Glyptothripini の一属	○						○	○	○	○	○	○	○	○			
Psalidothrips	○	○										○	○				
Baphikothrips	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○	○	○		○
Phlaeothrips	○	○	○	○			○	○	○	○	○	○	○		○		○
Holurothrips												○					
Bactridothrips					○											○	

上記のほか和泉葛城山（大阪）、花脊峰（京都）、宝塚、武田尾、書写山、赤穂（兵庫）、松尾山（奈良）、奇絶峠（和歌山）でも採集をおこなったが、サンプル数が少くないため表に入れていない。また、この表には季節を入れてないので、分布について論ずることはできないが、Amphibolothrips が最も広く分布していることが容易に判るであろう。この属はじめ、眞の土壤性のものは割合多くの産地で見られる。データーが不十分だが、森林の林相との相関はそれほど強いものとは思われない。



Fig. 1 Tullgren 抽出で得られた土壤小動物

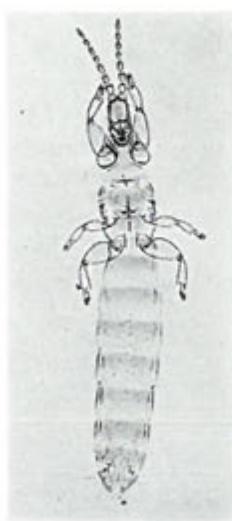


Fig. 2 Merothrips ♀
体長 0.9mm

Fig. 3
Astrothrips ♀
体長
1.5mm



Fig. 4
Sericothrips ♀
体長
1.1mm





Fig. 5
Scirtothrips ♀
体長 0.7mm



Fig. 6 Oxythrips ♀ 1.7mm



Fig. 7 Oxythrips ♂ 1.5mm

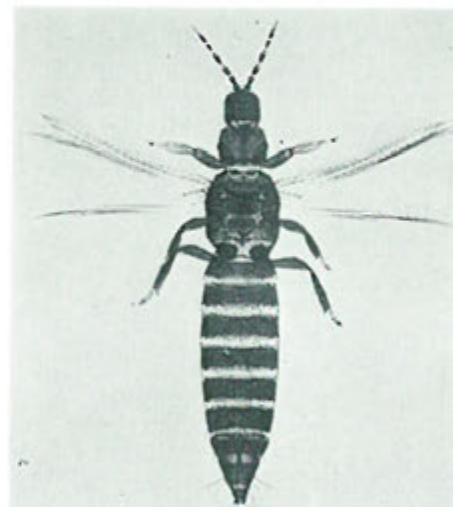


Fig. 8 Taeniothrips ♀ 2.1mm

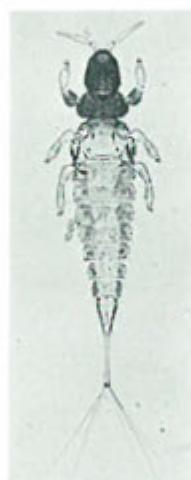


Fig. 9 Amphibolothrips Glyptothriini
♀ 1.6mm の一属 ♂ 1.4mm



Fig. 10



Fig.11 Haplothrips ♀ 2.1mm



Fig.12 Psalidothrips ♀ 2.2mm

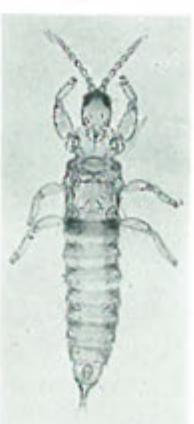


Fig.13 Psalidothrips ♂ 1.6mm



Fig. 14 Phlaeothrips ♂
1.9mm



Fig. 15 Baphikothrips ♀
1.8mm



Fig. 16
Ecacanthothrips の触角第3節にある感覺錐
10本(他属では多くとも4本)

Fig. 2-Fig. 15 は顕微鏡 5×4 で撮影

Fig. 17-Fig. 20 は顕微鏡 5×plan 1.2 で撮影



Fig. 17

Holurothrips ♀
5.7mm



Fig. 18 4.4mm
Polyphemothrips ♀



Fig. 19 Bactridothrips ♀
7.2mm



Fig. 20 Megathrips ♂
5.1mm



Fig. 21
Thripidae の larva
紡錘形で触角は 6 節ある (Thripinae)



Fig. 22
Urothripinae の larva
触角と腹部各体節の側方にある刺毛が太く、下に向いていることに注意



Fig. 23
Phlaeothripinae の larva
24図のような長い 2 本の尾毛を持つものが多く見られるが、23図のようにそれを欠くものもある。



Fig. 24
24図のような長い 2 本の尾毛を持つものが多く見られるが、23図のようにそれを欠くものもある。



Fig. 25
Megathripinae
Megathripini
の larva
触角第 3 節がのびている。

LEAF-LITTER THRIPS FOUND IN OSAKA AND ITS VICINITY

Kazuo HAGA

(The Annual Report of the Attached High-school of
Osaka Kyoiku University. 13 : 44—56, 1971)

1. Thrips here dealt with were extracted from soil and leaf-litter by a Tullgren funnel.
2. Key is classified on a generic level, species not considered, and with out any taxonomic description.
3. Leaf-litter thrips consist of three Groups :

Group 1 : Inhabitants in dead leaves or branches or decayed trees, sometimes discovered in leaf-litter such as, *Astrothrips*, *Bactridothrips*, *Hoplothrips*, *Megathrips*, *Polyphemothrips*.

Group 2 : Inhabitants under fallen leaves in winter time or temporarily in leaf-litter such as, *Liothrips*, *Haplothrips*, *Taeniothrips*, *Sericothrips*.

Group 3 : Inhabitants in a layer of fallen leaves, the whole or greater part of their life cycle being passed in leaf-litter, such as, *Merothrips*, *Amphibolothrips**, *Baphikothrips**, *Holurothrips*, *Oxythrips*, *Phlaeothrips*, *Psalidothrips**, *Scirtothrips*, a genus of *Glyptothripini**

4. Thrips marked (*) are not found anywhere else than in leaf-litter. They can be call genuinely 'leaf-litter thrips'. Their typical features are :

A slender and flat body, mostly no more than 2 mm long ; Pale-coloured, often of hypodermal pigment ; not many cases possessing facets which constitute compound eyes ; long abdominal setae ; complete lack or poor development of wings ; wide space growth of fringe cilia, that is, not grown thick.

5. Photographs representing respective genera are appended for ecological sorting.

〔参考文献〕

- (1) Ananthakrishnan, T. N. (1969) Mycophagous Thysanoptera-I. Indian Forester, 95 (3) : 173-185.
- (2) ————— (1969) Ditto-II. Oriental Insects, 3 (3) : 289-299.
- (3) 青木淳一 (1968) ダニの研究手引(II). 昆虫と自然 3(5) : 27-29.
- (4) ————— (1968) 土壌動物学のあけぼの。自然科学と博物館 35 (5-6) : 69-75.
- (5) ————— (1971) 土壌動物のしらべ方。生物教育 11(8) : 1-7.
- (6) 芳賀和夫 (1970) 箕面の絶滅類 I. 箕面の生物 3(5) : 14-18.
- (7) ————— (1971) 「土壤中の生物群集」の取り扱い, 大阪教育大学紀要 (印刷中)
- (8) Jacot-Guillarmod, C. F. (1970) Catalogue of the Thysanoptera of the World

- (Part 1) Ann. Cape Prov. Mus. (Nat. Hist.), 7 (1) : i-iii, 1-216.
- (9) 木下治雄編 (1971) 高等学校学習指導要領の展開, 理科編, 明治図書。
 - (10) 北沢右三他 (1966) JIBP PT Section 土壌動物研究グループ報告 : 1-82.
 - (11) K・M (編集部) (1968) 土壌線虫類検索表試案 EDAPHOLOGIA 2 : 28-33.
 - (12) 黒沢三樹男 (1968) 日本産總翅類の研究 Insecta Matsumurana Supplement 4 : 1-94.
 - (13) Mound, L. A. (1970) Studies on heliothripine Thysanoptera. Proc. R. ent. Soc. Lond. (B) 39 (3-4) : 41-56.
 - (14) ———— (1970) Thysanoptera from the Solomon Islands. Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Ent.) 24 (4) : 85-126.
 - (15) Priesner, H. (1949) Genera Thysanopterorum. Key for the identification of the genera of the order Thysanoptera. Bull. Soc. Fouad 1^{er} Ent. 33 : 31-157.
 - (16) ———— (1960) Das System der Tubulifera (Thysanoptera). Anz. Ost. Akad. Wiss. Math-Naturwiss. Klasse 13 : 283-297.
 - (17) ———— (1964) Ordnung Thysanoptera (Fransenflügler, Thripse). Bestimmungsbücher zur Bodenfauna Europas. Akademie-Verlag. Berlin 1-242.
 - (18) Stannard, L. J. (1955) On Some Reticulate-Headed Genera of the Tribe Glyptothripini Priesner. Trans. Amer. Ent. Soc. 81 : 77-101.
 - (19) ———— (1957) The Phylogeny and Classification of the North American Genera of the Suborder Tubulifera (Thysanoptera). Biol. Monogr. : Number 25 : 1-200.
 - (20) ———— (1968) The Thrips, or Thysanoptera of Illinois. Bull. Ill. Nat. Hist. Survey. 29 (4) : 85-126.

探究の過程を重視するには（そのⅡ）

—地学上層、気象において—

浅野 浅春
辻 退一

＝ 目 次 ＝

はじめに	57
カリキュラム編成について	58
I 編成の主意	
II 高等学校指導計画	
III 気象分野の中高一貫指導計画	
微小気象をいかに取りあつかうか	62
I 微小気象の基礎知識	
II 微小気象の観測資料とそれを用いた探究の過程	
おわりに	78

はじめに

本校では、高校創設以来、「中高6カ年を通しての発達段階に応じた理科学習指導」をテーマとして研究を続けてきた。試行錯誤の連続で現在でも未だ暗中模索である。科学教育の改革運動は、最近、特に大きくなり、“教育とは”という大問題の一翼を担っている感がある。折しも、小中の学習指導要領改訂に続き、高等学校も昭和48年度から、賛否両論の渦の中で新指導要領実施の運びになった。

本校理科でも、次に述べるような指導目標のもとでよりよいカリキュラムを目指して努力している。

1. 自然の事象への関心を深め、すんでそれを科学的に探究しようとする態度を養う。
2. 自然の事象を実験観察を通じて、科学的に考察し、処理する過程を大切にすると共に創造的能力を養なう。
3. 基本的科学概念を理解させ、自然のしくみや働きを総合的に把握しようとする態度、能力を養なうと共に、それらを通して科学的自然観を育てる。

これらの目標は、小、中、高を通して発展させ、より深められていかねばならない。また、具体的展開にたっては、無駄な重複をさけて系統的に指導されねばならない。

以上のような目標を達成すべく、本校地学科では、“探究の過程を重視する”ということ

とをテーマにしてとりあげ、地質、天文、気象の各分野でカリキュラムを作成し、具体的に実施、検討している。前年度は、地質分野について、その一端を発表したが、今回は、気象分野について発表することにした。

さて、地学で扱う内容はありのままの自然であり、再現不可能なものである。そして、その事象は広い空間におよんでおり、地域によってそれぞれ個別的であり、それでいて、それぞれを貫かれる普遍性がある。それで、まず地学の学習の目標を次のようにした。

1. 地学的事象についての関心を深め、すんでそれを科学的に探究しようとする態度を養なう。
2. 実習観察、観測を通して事実を正しく把握し、これをもとにして、その成因や変化の過程を解明する方法を習得させる。
3. 地学的事象を時間、空間の広がりの中で総合的に把握しようとする態度を養なうと共にそれらを通して科学的自然観を育てる。

<カリキュラム編成について>

I 編成の主意

指導目標としては上に挙げた通りであり、実際にその目標達成のためのカリキュラムが必要である。ただその目標をつくる以前に次のような精神（感情）もあることをつけ加えたい。そして理科の一つの教科を通じてわれわれが指導することは、狭いものではないのだ、ということを確認したい。すなわち、

教科書は年々「探究の科学」としての内容に変化してきた。従って教科書の内容をおさえればおもしろい教科になるはずである。しかしここに大きな落し穴がある。それは、都会で生活している生徒には、自然を観察することができないという点である。われわれの小さい頃は、露頭はどこにでもあった。土と親しめた。夕方遊び疲れた頃には美しい星空を見ることができた。雨に濡れても心配はなく、メダカやフナはどこにでもいた。美しい河や海はすぐ近くにあった。人間の理屈以前の自然のもつ素朴さと美に接することは簡単であった。今はどうであろう。公害と車の洪水で毎日苦しんでいるのである。そういう問題を考えずして理科で科学を探求していくよいのだろうか。少しでも、よい社会をつくることに貢献できるものであるべきだ。以上述べたような問題も含めてわれわれは次のように考える。

高校の教科書の内容は、小学校、中学校で自然の観察に立って基礎的な地学事象を理解してきたという前提にある。しかし、実際は、小、中学校では自然観察が十分できていないと思われる。実験、観察なしでは、机上の応用物理、応用化学、応用生物でしかない。これでは、自然の「探究の科学」としての性質は半減する。そこで、指導者は、自然の観察の機会を無理につくる必要がある。そして生徒とともに「素朴で美しい自然を発見し、その中で科学するよろこびを知り、本来の自然の存在と変化していく、いわば、人間の手のはいった自然の存在の認識の中で、より普遍的なるものを求めながら、正しい環境と、正しい社会の正しい社会の正しい構成員をめざす努力をしなければならない。」のではなかろうか。

II 高等学校指導計画（全分野の概要と現状）

1) まず学年始めに、これから一年間、地学という教科でわれわれが“何を対象にして学んでいくのか”ということからはいっていく。具体的には、スライドや映画を中心として講義する。講義の題材は、自然の神秘・美・偉大さ、自然と人間などである。具体的には、宇宙から次第に地球に戻り、地球について考え、最後に人間とのかかわりあいを考えていく。

① 宇宙と星

星雲、星団、銀河、太陽系、諸惑星、月などについて、スライドを用いながら、いまどんなんことまで解っているか。高校生にもできる研究にどんなものがあるか。参考図書などについて説明。特に空間の広がりと、人々流転という問題に注意する。

② 大気の科学

他の天体と地球の間にあるものということから大気を捕えていく。スライドとしては、大気の存在によって折りなす現象（オーロラや、台風や、雲など）を用意して①と同様に講義を行なう。特に太陽と地球と大気との熱のやりとりという問題に注意する。

③ 地球の表面とその構成物

高山、滝、谷、湖、海などを中心として美しいスライドを見せ、次第に、その構成物すなわち岩石と水について考えていく。

特に、地質構造の成立を外因と内因との両方から考えていき、地球内部構造と内部にもつエネルギーの問題に発展する。

以上、断片的な話にならぬよう、大は宇宙から、小は原子まで、その中をつらぬくもの、すなわち、エネルギーをねに認識させ、全ての自然をまず、自分から突き放して客観的に見ようとする。スライドは、自作のものを用い、より身近に自然を感じることのできるように配慮する。

2) 自由研究グループの編成

天文、気象、地質、海洋のうち、どれか一つの分野を自主的に選んで、グループ研究を行なう。夏休みまでには、どの分野を研究するか。テーマは何にするか。を決定させる。1) のスライドを中心とした講義では、この自由研究の分野およびテーマを選ぶ参考になるような話もしている。

3) 生徒に行なわせる各分野の主な実習、観測、観察について

天文分野

- 星座早見盤の作成→星への関心、スマッグの大坂と郊外の違い
- 天体の動き、などに利用
- 太陽黒点観測→昼食時、数人づつで観測スケッチ
- 惑星と月の望遠鏡観測→希望者のみ

地質分野

- 地質野外実習
- 期末考査終了後の2日間 2クラスづつ行なう。

・岩石薄片作成→グループで一枚

・スンプ法によるフズリナの観察。

気象分野 つきの項で詳しくふれる。

他にも、生徒の実習については、大阪府高等学校地学研究会編の実習書があり、それを使用させている。

以上、指導の概要を 1) ~ 3) とあげたが、第一学期間に行なう授業内容は、1) と次のようなものになる。すなわち

・天球儀を使って、天球座標、星座、天体の動きを考える。

・天気図から天気の変化を読み、その天気図を主体的に動的に考える。（後述）

・地球の概観、地球の構造と各部の構成物などについて考える。である。

これだけではすぐないようであるし、こま切れの感もないことはないが、あえて、このようなカリキュラムにしているのは、次のような理由による。

- ① 天文教材を扱っている期間だけ生徒は星に関心をもち、気象教材を扱っている期間だけ気象に関心を持つというのではなく、少なくとも観察を通して学ぶには一年間いつでも関心をよせる必がある。
- ② 自由研究の分野、テーマ選びのガイドとなる。
- ③ 10月頃より以後は、なるべく生徒の自由研究発表を含んだ授業にする。

III 気象分野の中高一貫の指導計画

気象は古くて新しい学問であるといわれる。古いというのは、人間のはじまりと共に、天気という現象に興味をもったと考えられる。そして、観天望氣ということばであらわされているように、“いい伝えやことわざの形に残っている”ということである。この観天望氣はおもしろいものであるが、ただ記述をおわって、その中にある科学性には触れていない。ところが、大気の物理学として気象を論じ、大気をエンジンと考え、水蒸気を含むエンジンが活動している状態をあきらかにするという点では新しい。巨視的な見方ではある程度、解明できいても、微視的には、わからないところが山積している。このような気象学をどのように教材化すればよいか。しかも、物理も数学も使用できない形で……。

そこで、私どもは、太陽からのエネルギーがいかにして大気を含む地球上に与えられるか、そして大気はそのエネルギーでどう活動するのか、というテーマで出発し、その大気の動きを、ある時刻に観測する。それにはどんな観測の仕方があるのか、そして、ある限られた時刻の大気の状態（すなわち静的な大気）をいかに動的にみつめるか、ということに發展させ、その中で関係してくる諸要素（因子）について考えることによって、探求の科学を浮き彫りしようと努めた。次にその概要を記す。

天気の変化

1) 気象観測のしかた……観測器具、観測の方法と記録

全員の生徒に、朝、昼、放課後の 3 回にわたり、中 3 および高校の地学クラブの生徒の指導を中心に、班編成をして、観測を行ない、データを集積しながら、自分の肌で気象を感じさせる。これは次年度の授業展開の資料になるものである。

2) 気象通報と天気図の書き方

天気図用紙を全員に購入させ、テープレコーダー、ラジオ、O.H.Pなどを用いて、天気図の書き方の基礎的な練習を積む。更に、その機会に、四季の天気と、ある一定期間（3～4日間）の資料をテープレコーダーで与える。また、家庭学習として、指定した期間の天気図を気象通報で作らせる。このようにして、気象を固定したものでなく、動的にとらえると共に、次の気象内容の展開に生かすようにする。すなわち、天気図に現われたそれぞれの気象要素を1つ1つ考察する過程を通して、気象の学習を展開し、その考察が終わったときに、中学校の気象分野の学習がまとまったというようにしたい。そして、その各内容が高等学校で更に発展させられるようにしておく。

3) 天気図を読むことによって、大気の動きとその原因を知る。

- | | |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| ①太陽放射と気温 | →太陽放射と地球放射（大気の熱平衡） |
| ・地面付近の高さと気温の関係。 | ・微気象をとり扱いながら進める。 |
| ・気温と地中温度の年変化 | ・成層圏と対流圏 |
| これらは本年までに集めたデータより拾い出して考えていく。 | ・熱力学の法則 |
| ・地面と大気の熱のやりとり | |
| 太陽放射のエネルギーのゆくえ | |
| を中心にして。 | |
| ②水のゆくえと天気 | →大気のもつエネルギーとその変化 |
| ・大気にひそむ水蒸気とその量 | ・大気の運動によってエネルギーがどのように変化するか。 |
| 氷水から水蒸気の存在を知り、 | ・水の物理的性質と状態変化 |
| 空気のしみりから湿度、飽和、 | ・雲物理学 |
| 露点などを考える。 | |
| ・水蒸気にひそむ熱。 | |
| 蒸発、凝結とその時の熱の出入りとの関係を考える。 | |
| ・雲の誕生と雨粒のでき方。 | |
| 霧、露、霜、雨など。 | |
| ・大気の動きと水の旅。 | |
| 水の循環を考え、それには大気の動きが大切なたらきをしていることを知る。 | |
| ③大気の動き（風）と気圧 | →大気の運動と現象およびその成因 |
| ・気圧差と風。 | ・風を起こす原動力について考える。 |
| ・高気圧と低気圧 | ・大気の大循環と小循環を、地球自転の影響を考えながら進める。 |
| ④低気圧と前線。 | →高層風の波動 |
| ・低気圧と前線。 | ・高層風と低気圧、高気圧の関係を中心。 |
| 低気圧の一生と前線の変化 | |
| ・台風とそのエネルギー。 | ・日本の天気（四季）を地球全体の大気の動きを考えながら、動的に扱う。 |
| 台風の発生とその一生、発生場 | |

所と道すじ。エネルギーの收支。

・長期予報の方法の歴史と将来の見通し。

・気団の動きと天気の移り変わり。

　　気団の性質と日本の天気（四季）

・あすの天気

　　天気予報。経験と計算。

これらが、概略である。授業の内容は上の1), 2)で述べた通り、観測データと実際の天気図によって展開していく。

以上、中学校、高等学校を通じて扱っていくが、高等学校においては、さらに、気象台の高層天気図の資料をもとに、より動的に天気図を扱っていく。また、温位、気圧の状態曲線や気温垂直分布のアイソプレスなど、観測資料をできるだけ多く参考にしたい。①～④を通して大気の物理学であることを考えていくとともに、運動物体としての地球を検討する。

次に、中学校、高等学校と段階に応じて扱い方は変えていくが、微小気象をいかに教材に取り入れができるかについて検討し、生徒による多くの観測を通して学校気象のあり方にまで言及したい。

<微小気象をいかに取り扱うか> 学校気象の諸問題

前項にも触れたように、気象は大気の物理学である。しかも、大気の状態を記述しているだけでは理科として成立しない。そういう点において、気象分野は取りあつかが難しい。端的にいって、天気図を書き、その変化から大気の動きを知り、その原因を考え、また、その動きからつくられるいろんな現象をエネルギーという基本概念から説明したとしても、そこには“探究する”という点で迫力に欠ける。探究の過程を重視するには、生の観察、観測から出発して、そこで得られたデータを分析していくことから始める必要があるのではなかろうか。わからないことだらけの微細気象を敢えて選んだのは、そういう理由が主なるものである。

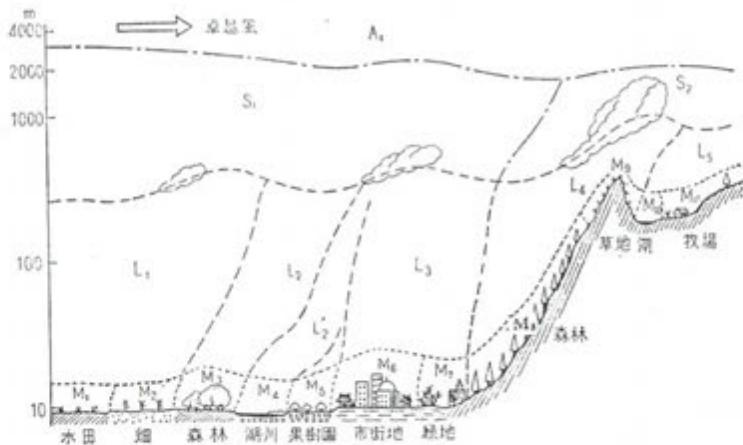
I 微小気象の基礎知識

微小気象の定義は、研究者によってかなり差があるが、次のようなものとされている。

	地域の水平的広がり	垂直的広がり	対応する気象現象の例	対応する現象の時間
微気候	$10^{-2} \sim 10^2 m$	$10^{-2} \sim 2 \times 10^0 m$	風の息	$10^{-1} \sim 10 \text{ 秒}$
小気候	$10 \sim 10^4 m$	$10^{-1} \sim 10^3 m$	しう雨	$10 \sim 10^4 \text{ 秒}$

一般に、微気候の影響は草・建物・微地形などの高さの約4倍で消滅する。従って、この高さまで観測しなければならない。

おのおのの場所による違いは、地表の物理的な諸性質・位置・露出・種々な表面の差によって生じる。すなわち、土壤の色、みかけの密度、熱容量、含水量、浸透度、植被の諸性質、地表面のアルベド、粗度などで、これらが地表面における熱交換、水分交換、運動



微気候・小気候・中気候・大気候の概観 [吉野]

$M_1 \sim M_{11}$ は微気候、 $L_1 \sim L_5$ は小気候 (L_1 は耕地の気候、 L_2 は森林の気候、 L_2' は湖・川の気候、 L_3 は都市の気候、 L_4 は斜面の気候、 L_5 は盆地の気候)、 $S_1 \sim S_2$ は中気候 (S_1 は平野の気候、 S_2 は山地の気候) A_1 は大気候。 (高さはおよそを示すもので厳密ではない)

量交換などに関係する。(Thornthwaite 1953)

生気象学の分野にも多く活用され人間生活にも関係深いものであり、大きなスケールの現象とちがった独得のおもしろさとむずかしさがある。

1) 微小気象に関する理論

地形の影響が認められないような比較的平坦な地域における熱収支 (Budyko 1956)

輻射平衡

熱収支方程式

単位地表面と周囲の空間との全熱エネルギーのフラックスについて考えると、ある時間内の総和として、それは、次の式であらわされる。

$$R = LE + P + A$$

R : 热の輻射フラックス量 $\left\{ \begin{array}{l} \text{地表面に热が供給されているときは正} \\ \text{“から热が放出されているときは负} \end{array} \right.$ とする。

L : 蒸発の潜热

E : 蒸発または凝結の速度 $\therefore LE$ は蒸発(凝結)による热の放出(供給)

P : 地表面と大气との間の乱流による热のフラックス。

A : “より深い層との热のフラックス。

このAは水平的热交換量Fと注目している期間中の土柱の貯热量の変化Bとの和であるが、Fは一般に小さいから0とおくことができる。一年を通算すれば

$A = B = 0$ である。

E, Pの値は、次の式によって観測値から直接求めることができる。

$$P = -\rho K C_p \frac{\partial \theta}{\partial z}, \quad E = -\rho K \frac{\partial q}{\partial z} = -\rho K \frac{0.623}{P} \cdot \frac{\partial e}{\partial z}$$

ρ : 空気の密度, K : 乱流交換係数	$\frac{\partial q}{\partial z}$: 垂直温度傾度
C_p : 空気の定圧比熱	$\frac{\partial q}{\partial z}$: 比湿の垂直傾度 $\frac{\partial e}{\partial z}$: 水蒸気圧の垂直傾度

乱流交換係数 K (m^2/sec) は、いろいろの方法があるが、ブディコによれば、

$$K = \frac{0.144 \Delta u}{\ell n \frac{z_2}{z_1}} \left[1 + \frac{\Delta \theta}{(\Delta u)^2} \ell n \frac{z_2}{z_1} \right] \text{である。}$$

ただし、 Δu 高度 z_1 と z_2 の風速 m/s の差、 $\Delta \theta$ は高度 z_1 と z_2 の気温差である。ところで純輐射 R は地表面が吸収した太陽輐射と地表面における有効輐射との差に等しい。すなわち

$$R = (Q + q) (I - \alpha) - I$$

.....①

I : 有効輻射 すなわち、地表面の輻射と大気からの逆輻射による地面上の熱の供給と放出の差。

また、 $(Q+q)$ はオングストラームによれば、

$(Q+q) = (Q+q_0) \times [k + (I+k)s]$ で計算される。

(Q+q) : 実際時の全輻射

(Q+q₀) : 完全に晴天のときの全輻射 k : 完全に曇天のときの可能輻射を決定する係数
 s : その期間の日照率

つぎに、それらの値を表に示す。

完全晴天時の全輻射量 ($Q+q$)₀ kcal/cm²month. [Buprygo]

緯度	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	k'
北緯80°	0.0	0.0	2.5	9.6	17.9	20.3	18.9	10.8	3.6	0.4	0.0	0.0	
75	0.1	0.6	4.0	11.2	18.7	20.9	19.7	12.3	5.3	1.7	0.2	0.0	0.55
70	0.2	1.4	5.8	12.7	19.4	21.4	20.3	13.7	7.0	3.0	0.7	1.1	0.50
65	0.8	2.5	7.6	14.1	20.1	21.9	21.0	15.1	8.8	4.5	1.5	0.4	0.45
60	1.7	3.9	9.6	15.4	20.8	22.3	21.6	16.4	10.5	6.1	2.6	1.2	0.40
55	3.0	5.6	11.5	16.6	21.5	22.7	22.1	17.7	12.3	7.7	4.1	2.3	0.38
50	4.7	7.5	13.5	17.8	22.1	23.0	22.5	18.8	14.2	9.6	5.8	3.8	0.36
45	6.6	9.4	15.4	19.0	22.6	23.3	22.9	20.1	16.0	11.6	7.7	5.7	0.34
40	8.7	11.5	17.0	20.0	22.9	23.5	23.2	21.1	17.6	13.4	9.7	7.7	0.33
35	10.8	13.6	18.5	21.0	23.0	23.5	23.3	21.8	18.8	15.1	11.8	9.6	0.32
30	12.7	15.2	19.5	21.6	23.0	23.5	23.3	22.2	19.8	16.5	13.6	11.4	0.32
25	14.3	16.5	20.3	21.8	22.9	23.4	23.1	22.3	20.5	17.6	15.0	13.1	0.32
20	15.5	17.5	20.8	21.8	22.6	22.9	22.7	22.2	21.0	18.5	16.3	14.5	0.33
15	16.6	18.3	21.0	21.6	22.0	22.2	22.1	21.8	21.1	19.2	17.3	15.7	0.33
10	17.4	19.0	21.0	21.3	21.2	21.2	21.2	21.1	19.6	18.0	16.0	0.34	
5	18.0	19.5	20.8	20.8	20.4	19.8	20.1	20.5	20.8	19.9	18.6	17.3	0.34
0	18.5	19.8	20.4	20.2	19.2	18.0	18.7	19.6	20.4	20.0	19.0	18.0	0.45

(太陽輻射とそれに由來する散乱輻射を含めて短波輻射といい、地表面からの輻射や大気の輻射は長波輻射とよぶ)

①式における有効輻射 I については、シュテファンの法則によって
物体の表面の輻射は

$S\sigma T^4 n \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{mn}$ となる。 S は黒体輻射とその表面の輻射との比を表わす係数で
 $0.85 \sim 1.00$ σ は常数で 8.14×10^{-11} である。

晴天のときの有効輻射量 I_0 と、気温、空気の湿度との関係は、オングストレームによれば、 $I_0 = \sigma T^4 (0.194 + 0.236 \times 10^{-0.0002})$ である。

雲のあるときの I は $I = I_0 (I - cn)$

C は 雲が高いときは 0.15~0.20

中層のときは 0.5~0.6 である。

低い " 0.7~0.8

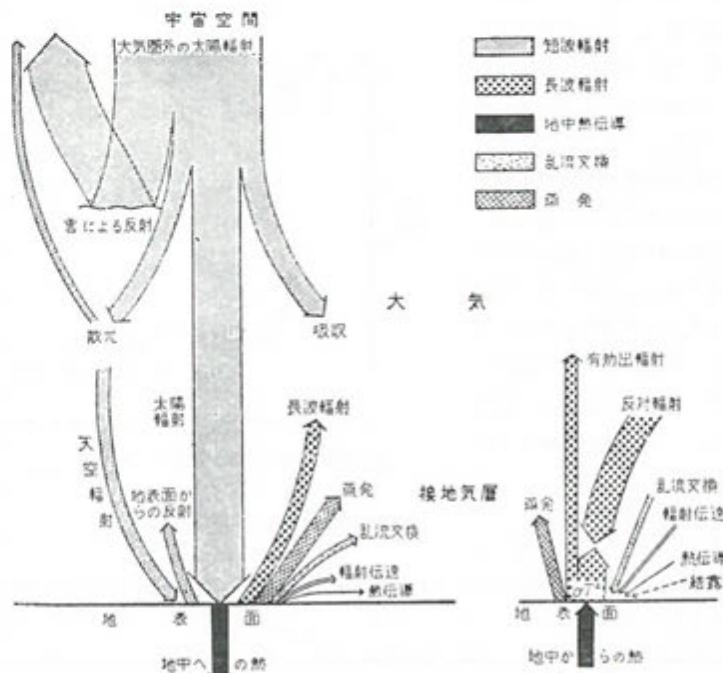
n は、0.1 の位で表現した雲量である。

最近の研究では、有効輻射に対する地表面の温度 T_w と気温 T との差の影響が考慮されている。両者に差があるときは、 $S\sigma T^4 w - S\sigma T^4$ となり、これは $4S T^3 (T_w - T)$ とおけるので有効輻射は

$$I = I_0 (1 - cn^2) + 4S\sigma T^3 (T_w - T) \quad S = 0.9 \text{ である。}$$

2) 地表面の熱収支

右図は、日中と夜間における地表面の熱収支の状態をあらわしたものである。日中は夏の正午の例、矢幅は熱量に比例してとてある。



日中（左図）と夜間（右図）の地表面付近の熱の出入りの状態 (Geiger)

3) 地温とその変化

平坦な小地域内における気候の分布を特徴づけるのは、その地域内における地温分布であり、その変化の仕方である。

地表に達した輻射およびフラックスは土壤に吸収されて始めて地温を上昇させるが、この量は、地表面の被覆状態、土壤の比熱、熱伝導度によって異なる。

土壤温度の給源は、太陽熱と土壤中の化学変化によって発生する熱であり、土壤温度の低下は、放散、蒸散、雨水、伝導などがある。

植物が地表を掩っている場合、日中は地温上昇がさまたげられ、夜間は冷却をやわらげる。

地表面の地温の変化率は、プラント (Brunt 1953) によれば $1/\sqrt{ks}$ に比例する
ここで k は土壤の熱伝導係数 S である。
 S は土壤の熱容量

土壤は、土壤粒子とその空間をみたしている空気または水からなりたっている。従って k も s も、その空間をうめているのが水か空気かによって違ってくる。空気をたくさん含んだ軽い土は、地表面の温度がすみやかに上昇し、夜間はすみやかに冷却する。すなわち日较差は大きくなる

① 地温の日変化

地表面は昼間日射により暖められて地温は昇り、熱は伝導によって地中に流れるが午後より夜間にになると地表面の

放熱に勝り、ついに地中より

低温となり熱は土地の内部より表面に向って流れる。熱は伝導によって深所に達する間にその通過する地層を熱するため消費される従って、ある深さに至ると温度の変化は認め難いほどになる。通常 0.1°C の差の認められない深さを不易層という。不易層は季節、土質などによって異なるがだいたい $50\sim60\text{cm}$ くらいである。

② 地温の年変化

地温は日変化のはかに年変化をする。

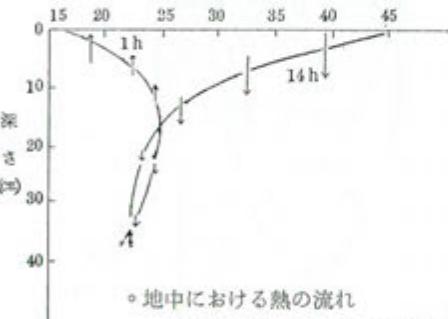
夏期においては昼間、地層内に入る熱量は、夜間失なわれる熱量よりも多いので差引き地層内に熱が蓄積される。従って地温は日々幾分か上昇する。冬期は逆になる。このようにして、地面はもちろん、地中の温度も一年を周期とする変化をする。

地温に関しては

- (i) 地表面の色
 - (ii) 土壤の含水量
 - (iii) 土壤の種類
- などと関係があり、



地温 (°C)



地中における熱の流れ

(1937. 8. 14 札幌、植土壤)

矢印の方向およびその長さは、それぞれ熱量の方向とその強さを表わす。

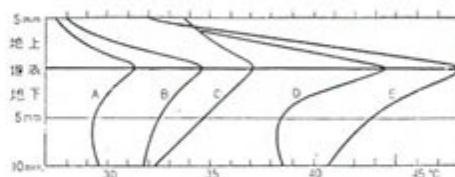
研究報告がなされている。(農業気象の分野からの報告が多い。)

4) 気温

草地上的気温は、裸地上の気温より夜間は冷え、日中は高温となる。この理由は草の間に空気があること。草の根糸が土壤の中に拡っていること。草の表面からの蒸発も夜間の温度を低下させるのに役立つなどである。一般にその地面の被覆の状態で接地層の気温はかわる。

地表面の色は、吸収および反射する輻射の量に影響をおよぼすので、それに接する気層の温度はかわる。

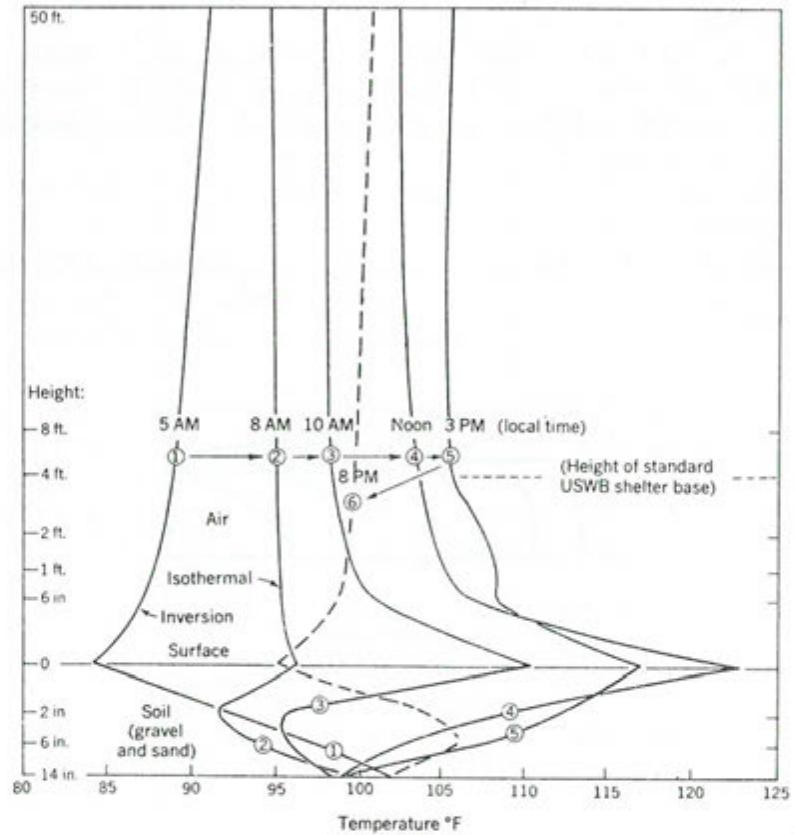
接地層の気温の垂直分布は、晴天の日には、日の出とともに地面上に接した下部から温度はのぼり、日中は下が高温で地面から離れた上の方が低温である(不安定という)。これに対し夜間は地面上に接した下が低温になっている。(逆転または安定という。)



土壌の色の日あたりと含水量による温度の
垂直分布の差 (Daubenmire)

A—灰色、乾、少しきげになっている。B—灰色、湿、
日あたりよい。C—白色、乾、日あたりよい。D—灰色、
乾、日あたりよい。E—黒色、乾、日あたりよい。

次の図は、Quartermaster Research and Development Branch U. S. Army のデータ
であるが、1950年の7月と8月の平均値である。

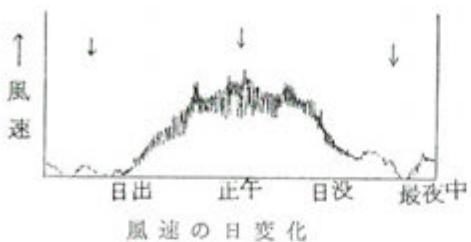


接地層の各高さにおけるいろんな時刻の気温

(Hand book of Geophysics (1960) より)

5) 接地層の空気の運動

右の図は、夏のよく晴れた日の地上 1 m ぐらいの風速の典型的な変化を示したものである。この乱れを支配するのは、地表面温度そのものではなく、地表近くの鉛直分布なのである。すなわち、日中の乱れは、上図からわかるように、下層の暖かい空気が昇っていく、その後には、地表の摩擦のために速度のおそい空気よりも、上層の冷たくて重い速度の大きい空気が瞬間におりてくると考えられる。風速計にあたる空気は、この速いのとおそいのが種々あると考えられる。夜間の乱れのなさは、冷えた重い空気が地面と接していることから当然であろう。



6) 都市温度

市中の気温が、他にくらべて一般に高温であるところから特別にこうよばれて区別されることがある。

気温の日変化は、市街地が郊外より遅れる。都市内のある地点の気温は、その家屋密度と一次式の関係があり、家屋密度分布で気温分布を説明することができる。

(吉野正敏氏による。)

都市温度の原因

①市内における燃焼熱 ②細じんその他による煙霧層 ③建造物によって増加した気流の乱れによる熱交換。（日中は市内が低温で、夜間は接地逆転で市内が高温） ④建築物の構成物質；セメント、アスファルト、石、レンガは日中はゆるやかにではあるが、熱せられて昇温し、冷えかたもおそらく、気温が低下する率をやわらげるるので夜間まで温度が保たれる。

III 微小気象の観測資料とその資料を用いていかに探究していくか。

1) 本校の地理的環境と露場

本校（大阪市天王寺区南河堀町）は、上町台地の南部に位置する。校舎屋上からは、東に奈良県との境の生駒山地、南に和歌山県との境の和泉山地、北に北摂の山々、西に六甲山地が見え、それに囲まれるようにして、多くの建物が密集して建っているのがわかる。露場をとるスペースではなく、緑地帯の中と、玄関の植え込みの間の2カ所に百葉箱をおいている。1つは主に中学生が使用、1つは高校生が使用している。接地層についての観測は、鉄筋4階建の校舎をすぐ西にひかえ、東と南はブロックの壆に囲まれた植え込みの芝生上で行なっている。従って、建物、壆、芝生の影響を考えなければならない。

また、一方それに加えて、当然のことながら、観測に用いた器具の誤差、観測者の個人誤差なども考えていかなければならない。

2) 観測方法と観測内容

①形どおりの百葉箱内の計器による。

気温（1.5m）、湿度、最高温度、最低温度、気圧、自記計による気温、湿度、気圧。
露場による。

地中温度（2m、1m、0.5m）、接地層の気温（そのときの目的に応じて、いろいろな高さの気温）、地表面温度、雨量、日照。

②屋上で

風向、風力、視程（のちに詳述）、雲量。

接地層の気温と地中温度について

○地面と空気がどのように熱のやりとりをしているか。

これが 日照と どのように関係してくるか。

風力と どのように関係しているか。

天候と どのように関係しているか。などについて知るために時々（その

1 時期の期間は 1 週間) 継測している。

地面上, 3, 6, 9, 15, 30, 45, 60, 75, 90cm の高さからそのときの目的に応じてその高さの気温を水銀温度計 (50°C $1/2^{\circ}\text{C}$ 目盛り) によって測定する。器具は、気温塔と称しているが、温度計の球部に直射光の当らぬよう工夫されている。また、同時に、地面および地下, 5, 10, 15, 30, 50, 100, 200cm の温度を 1 時間ごとに測定する。

視程観測について

学校の周辺にある建物や山の見え方が、その日の天気およびその変化、風向、風力、時刻、などに、どのように関係してくるか。について知るために、その見え方を 5 段階にわけて、1 時間ごとに継測している。見る対象物は、いろいろな方向のものを、20余りきめている。生駒山のような山脈については、北半分、南半分というようにわけて見ている。

3) 得られた資料とその活用

① 気温と地中温度の年変化

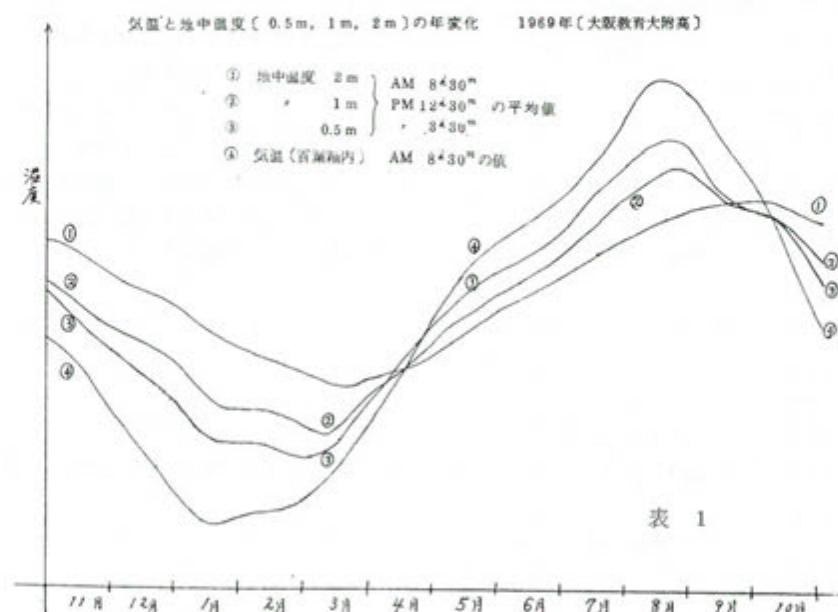


表 1 は、得られた値の、日による乱れをならしたものである。従って、1969年の本校百葉箱の測定によって得られた最高気温や最低気温について、云々できるものではない。実際は、3月下旬から4月上旬にかけて2m, 1m, 0.5m の3つの地中温度の値が、互いに大きくなったり小さくなったりをつづけているから、表 1 のように交点は1つではない。それに関しては、9月中旬から10月上旬にかけても同様である。また、気温と地中温度についても同様なことが云える。

生徒への質問

- (i) このグラフから気づくことを述べなさい。
- (ii) 1年の2つの時期に、値が等しくなっている。これをどう説明しますか。
- (iii) 最高および最低の値を示すときが、気温とおのの地中温度では異なる。これについて考えなさい。
- (iv) 測定の深さと、年較差の値に関係はないだろうか。
- (v) 地面の放射エネルギーと入射エネルギーについて考えなさい。また、それについて季節でどのように変化していきますか。
- (vi) エネルギーの流れとその形について考えてみよう。など、上記の質問から出発して生徒と回答をくりかえしながら、観測方法の反省や、今後の発展について言及できる。

(参考) 深さと最高温度起時との関係は $T_x = 10 + 17X$ T_x は Xm の深さにおける最高温度起時で7月31日を起点(0)として表わす。

表1から地面と空気の熱のやりとりについて問題提起ができると同時に、接地層の気温の測定へと発展することができる。

②接地層の気温とその日変化〔その1〕、これ以後、示すグラフは、その観測日を示しているように平均や平滑をしたものではないから1つ1つは特異なものである。

表2 は、各時刻について接地層の気温が、高さと共にどのように変化するかを示したグラフである。4つの時刻のものだけを記した。)

1969年11月27日(木)〔大阪教育大学附属高校〕

接地層の気温、高さ 90cm まで、

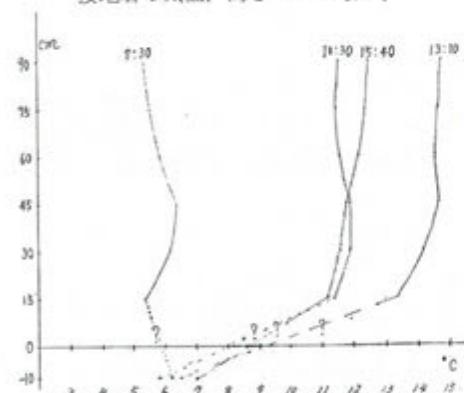


表 2

- (i) このグラフから気づくことを述べなさい。
- (ii) 気温の極大値をとる高さが、時刻の経過につれて高くなっている。これについて説明しなさい。
- (iii) -10cm(地下10cm)から、15cmの間では、どうなっているだろう。
- (iv) 90cm以上のことではどうだろう。
- (v) この日の天気はどんな天気であっただろうか。日照時間や、反射光の影響はないのだろうか。
- (vi) このような測定をするならどんな温度計を使用すればよいか。
- (vii) 接地層と地面とのエネルギーのやりとりを考えなさい。

これらの質問が観測方法と器具の不備な点を指摘することになり次により科学的な考え方と観測へ発展させることができる。

③ 地表面の気温とその変化 [その2]

表3 は、地表面上および地表面下の3cmごとの気温である。

地面の温度といっても芝生の密生したところであるから、その温度ということになるし、それに接した層の気温にも影響を与える。

生徒への質問

- 午前中と夕方のグラフを比較して、どういうことが考えられますか。
- この観測方法から得た値が科学的に分析してみる価値があるかどうかについて知るには、どんな観測をすればよろしいか。

これらから、「科学の実験と観測」について討論することができる。

1969年12月22日

接地面、3cmごとの気温

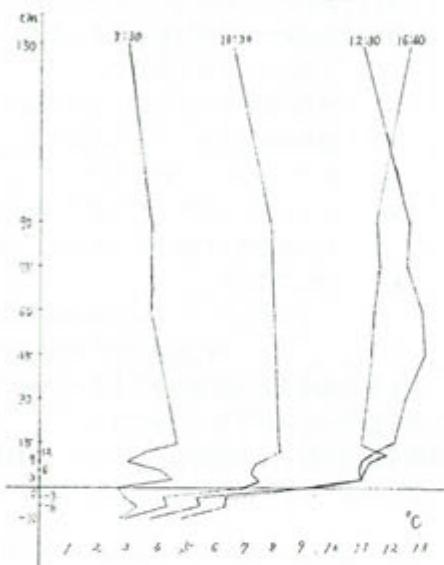


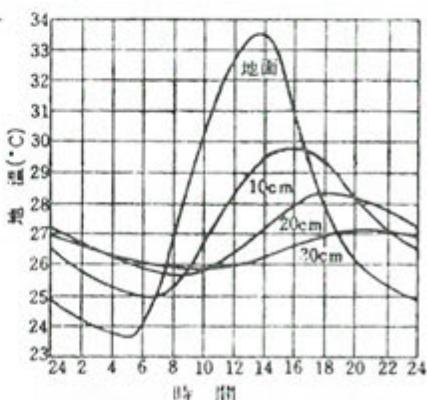
表 3

(参考)

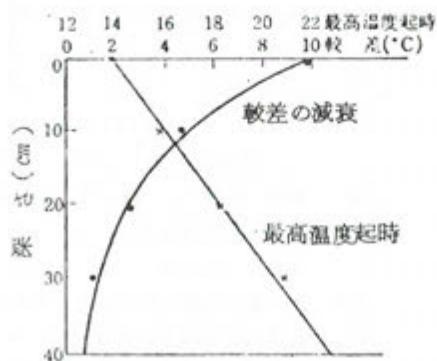
下1図を見ると地中深くはいるに従って地温日変化の較差がだいに減衰し、最高最低温度の起時がだんだん遅れることがわかる。

いま深さと較差減衰との関係を描くと第2図のように両者の関係は指數関係で表わされる。

いま地面における日変化の較差を R_0 、Xcm の深さにおけるものを R_x とすれば、次



1図 地温日変化(神戸)(八塚)



2図 深さと較差および最高温度起時

の実験式が得られる。

$$Rx = R_0 e - \beta x$$

β は較差の減衰係数で R_0 , β を図から求めると $R_0=98^{\circ}\text{C}$ $\beta=0.0683$ となる。

地面における較差およびその減衰係数がわかるとこの式より地温日変化が地中いくらの深さの値かを求めることができる。

$$X = \frac{\log R_0 - \log Rx}{0.4343\beta}$$

較差 0.1°C の深さが地温日変化のおよぶ限界とし上式において $Rx = 0.1^{\circ}\text{C}$ として計算すればよい。

。最高温度時の遅れ

次に最高温度の起時と深さの関係をみると同じく第2図のごとくで、両者の関係は次の直線式で表わすことができる。

$$Tx = T_0 + bX$$

T_0 , Tx : 地面および深さ $X\text{cm}$ における最高温度起時

b : 常数

上記神戸の場合、 $T_0=13.83\text{h}$, $b=0.23\text{h/cm}$ となる。すなわち、地面における最高温度は 13.83h ($13\text{h } 50\text{m}$) に現われるがその起時は 1cm 深くなるごとに 0.23時間 遅れるから 30cm の深さでは最高温度の現われるのは、 20.73h ($20\text{h } 44\text{m}$) である。

同じ方法で、冬の最高温度起時の遅れを計算すると 1cm につき 0.24時間 、また札幌における夏の遅れは 1cm につき 0.40時間 となる。

④接地層の気温とその変化〔その3〕

表4 は、〔その1〕〔その2〕に日照時間も付加して、日照時間が、接地層との
ような関係があるかを知ろうとしたものである。

生徒への質問

- (i) 日照時間の影響を考えてみよう。
- (ii) ①～④のグラフについて、あなたの予想とあわないところはどういうところですか。
- (iii) あなたの予想と合致したところはありますか。

これらから、典型的グラフすなわち、“統計的に見れば、このように云える”というものに対して個別的にみるとどうなるかという問題を扱うことができる。

1969年11月24日（月）

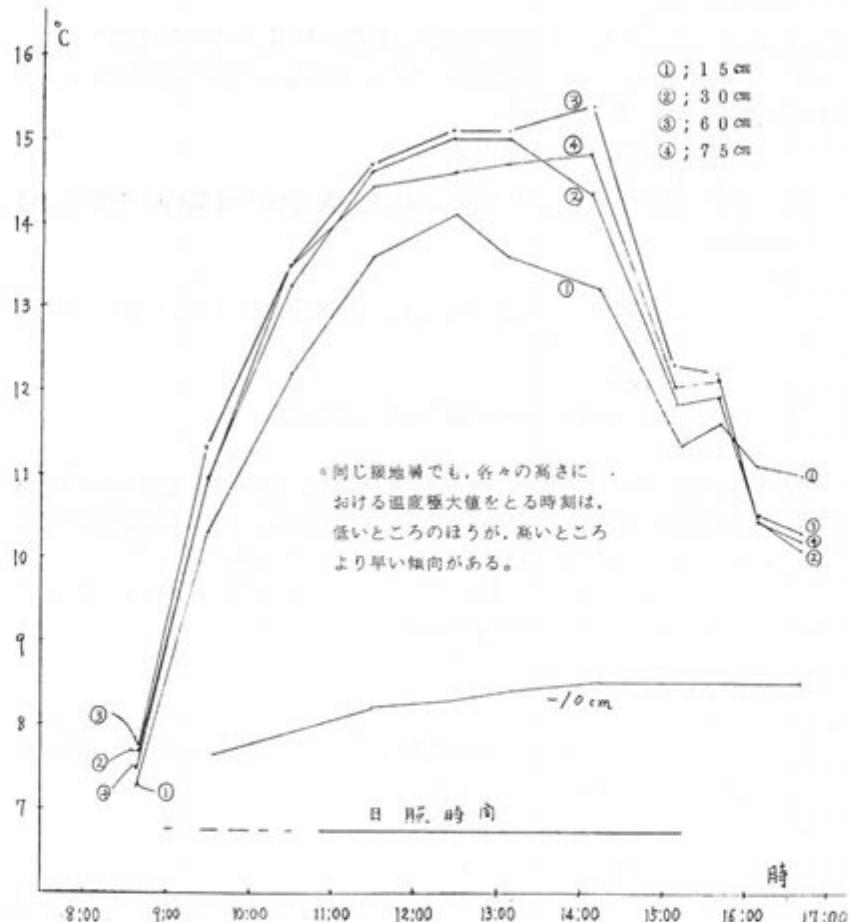


表 4

⑤接地面の気温とその変化〔その4〕

表5 は夜中における観測値も示している。

+0 というのは、温度計を、地面上に置いた状態であるし、-0 というのは、温度計をほんの少し、地面下にもぐらせた状態のものである。

1970年2月12日～2月13日

①～⑥ ; 12日
⑦, ⑧ ; 13日

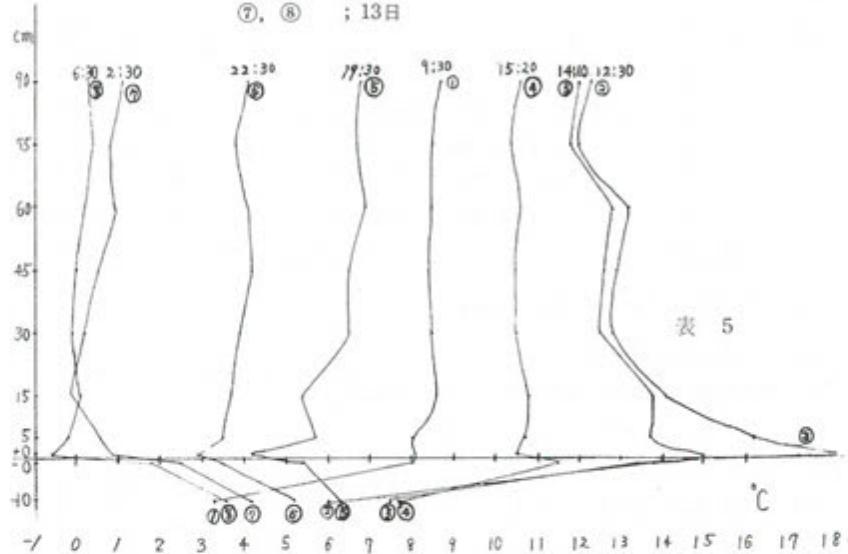


表 5

⑥接地層と地中の気温とその変化〔その5〕

1970年2月12日～2月13日

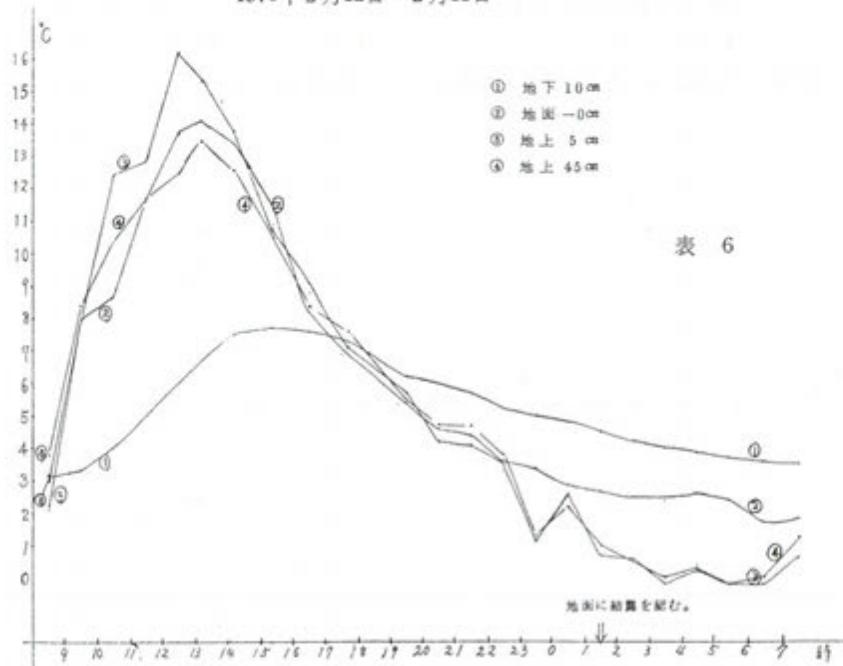


表 6

表6 は、表5と同じ資料について、座標軸をかえただけである。

生徒への質問

- (i) ①のグラフと②のグラフを比較検討しなさい。同様に③と④について検討してみなさい。
- (ii) 11h30m の観測が終り、つぎに、0h30m に観測した。そのとき、地上 5 cm から 15, 30, 45, 60, 75, 90 cm のいずれの値も前回のときの値より上昇していた。つぎに 1 h30m に観測のため露場へいったとき、露がおりていた。從って露がおりたのは、0 h30m ~ 1 h30m の間である。0 h30m の特異昇温は露と関係ないだろうか。それを知るには、どんな実験をすればよいですか。

⑦百葉箱内気温と、気温塔の気温の比較

表7 百葉箱内の温度計の示度変化と、外の気温示度変化を比較する。

生徒への質問

- (i) 百葉箱の必要性について
は、いろいろな角度から
述べることができるが、
ここで百葉箱の中である
からこそ問題になる点は
ないだろうか。

- (ii) 気温塔について、どんな構造にするのが望ましいですか。

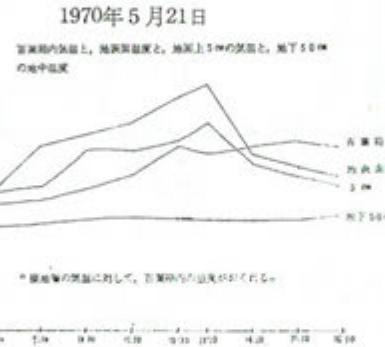


表 7

⑥天気と種々な高さの気温変化

表 8

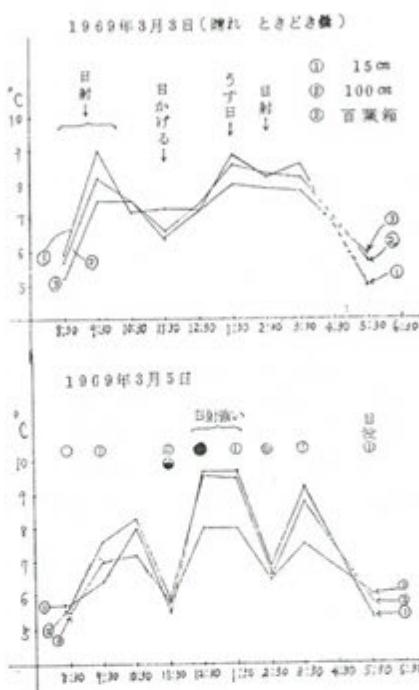


表 9

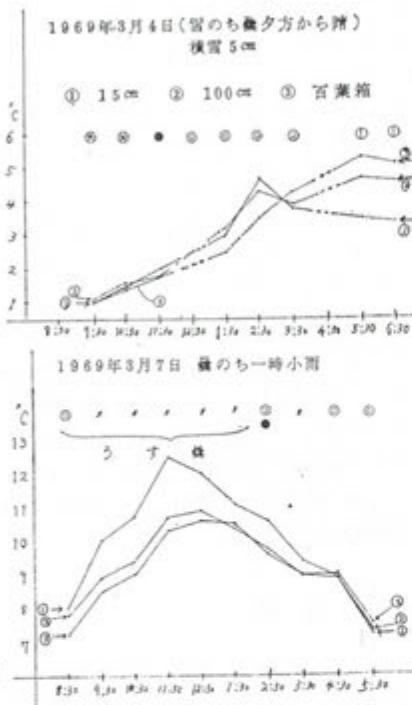


表 10

表 11

表8～表11は、変化のはげしい日や単調な日の気温変化である。グラフにのせたのは、高さ15cm、100cmおよび百葉箱(150cm)の3種である。

気温塔は百葉箱と違って、よろい戸はなく、底もない。その状態での測定値と、百葉箱で測定する場合と、どのように違うだろうか。日射による地面や建物からの反射光の影響はないだろうなどを考えてみることができる。

⑨視程観測による資料

本校のある天王寺区は、大変空気の汚染されているところである。一般には、空気はよどんでいる。しかし、ある気象状態では、青空がさえ、四周の山々がくっきりと山肌をあらわす。どういう気象条件があればよいのか。時刻によってどう変化して見えるか。視程(どの建物または山まで見ることができるか、すなわち可視距離)が、〔風力、風向、雲量、観測前後の雨量、曜日(工場の操業と関係あり)、時刻など〕の関数として表現できないか。現在、観測を続け資料検討中である。

以上、本校の視程によって得た資料のうち一部を掲載し、その活用例をあげた。しかし、どの資料も、活用価値の如何が考慮されねばならない。1つ1つがあまりにも個別的である。これを普通の水銀温度計で測定し、その値を云々するのは無理なよう

思われる。しかし、統計的に見ることが可能だし、代表値を決定することもできる。その辺が興味深いものである。事実、多くの研究者によって、一般論が提出されている。その一般論の提出に至るまでの資料の膨大なることを忘れるべきではない。私も本校の特異な環境の中で普遍性を発見すべく努力したい。

4) 生徒と共に

わが校では、中学生には、2年生の段階で全員、気象観測をさせる。

クラブ員は、毎日精進を続けている。いろいろな観測をし、天気図を書き、その資料は、数年で膨大なものとなる。しかし、それらは、死んでいくことが多い。部員も、単調な作業に厭気がさし、欠測を重ねる。資料はますます死ぬ。こんなこともある。“気象観測は科学の方法の第1歩として、観測の方法を知り根気を養なうのだ”と。これでは続くべくもない。そういう期間があってもよい。しかし、早くその目的を知り、1回1回の値を見ることが発見でなければならない。しかし、私は、地学部員と共に多くの資料を無駄にした。これは、観測の目的が明確であった場合でも、その方法が不完全であったり、観測者1人1人が、その目的意識を確固としていなかったりで、得た資料も検討価値を有しないことも多かった。気象観測およびその研究には、確固とした研究目標の提示と観測者の良きチームワークと1人1人の科学的ものの見方の発展が必要である。これまで得た多くの資料は、わが校、地学部員のチームワークのよさと、1人1人の努力の結果である。

おわりに

以上、特別な器具を使用しないで、しかも一般の生徒にもできる観測に基づいた資料をあげた。しかし、目的を遂行するためにより正確な実験が必要である。サーミスタ温度計による観測や、日射時間のみでなく、日射量も要るし、接地付近の風力、風向、など、多くの要素の分析が必要である。そのためには、自動計器の多使用が考えられる。しかし、われわれのように生徒とともに探究していくとする場合は、生徒のペースで1段1段生徒と共に前進することが必要のようにも思われる。その間には無駄もある。しかし、これをただの無駄にするのではなく、少しでも前進のために逆噴射のエネルギーにする必要がある。これが指導者の役目であろう。最後に、生徒たちで得た資料を使って探究することが生徒により興味を増させる原動力になることを信じつつ、今後も努力を重ねていきたいと思う。

1970.10. 浅野浅春

教室のガスストーブ暖房と二酸化炭素

保 田 喬

はじめに

近代産業の高度成長とともに産業公害が日一日とはげしくなり、特に大阪では大気汚染は手をつけられないまでになってきている。市民は健康を守るために、この公害に何とか手を打ってもらいたいものだとその政策に期待をかけ、一日も早く公害のなくなることを待ち望んでいる。

しかし、われわれの身近にも、われわれ自身で作っている空気汚染がたくさんある。産業公害があまりにも大きいために、家庭や学校でおこっている空気の汚染には気がつかないのであろうか。ガスストーブや石油ストーブによる室内の空気のよごれは、学習の能率を著しく低下させるばかりでなく、産業公害以上にも健康を害することもある。

そこで、本校の一部教室で実施しているガスストーブによる室内暖房の空気汚染の実態を明らかにし、その解決の方法を考えて見たいと考えた。

学校環境衛生の基準

学校保健法第1章総則の第3条に「学校においては、換気、採光、照明及び保温を適切に行ない、清潔を保つ等環境衛生の維持に努め、必要に応じてその改善を図らなければならない。」と示している。

そして、その具体的基準については、保健体育審議会の答申「学校環境衛生の解説」の中に学校環境衛生の基準ならびに各環境条件の衛生管理が示され、学校教職員全般の参考に資するようになっている。そのうち教室内の温度および二酸化炭素について見ると、

教室内の温度

冬期—— 10°C （感覚温度 9.5°C ）以上、最も望ましい温度は $18^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$

夏期—— 30°C （感覚温度 26°C ）以下、最も望ましい温度は $25^{\circ}\text{C} \sim 26^{\circ}\text{C}$

湿度は30%以下、80%以上でないことが望ましく、最も望ましい湿度は50%前後

事後措置は、温度は 10°C 以下の場合には採暖し、湿度は30%以下の場合には適当な調節をする。

二酸化炭素

換気の基準として、教室内の二酸化炭素の濃度が 1500ppm （0.15%）以下であることが望ましい。

事後措置は、換気が不充分で二酸化炭素が 1500ppm （0.15%）をこえた場合は換気を強化する。

実施の方法

(実施日) 昭和46年2月10日(水), 2月17日(水), 2月18日(木)の3日間
(教室) 大阪教育大学附属高等学校天王寺校舎の第1学年の4教室, 第2学年の2教室と高等学校教官室の合計7つ(延べ9つ)の部屋を測定。
(実験の方法)

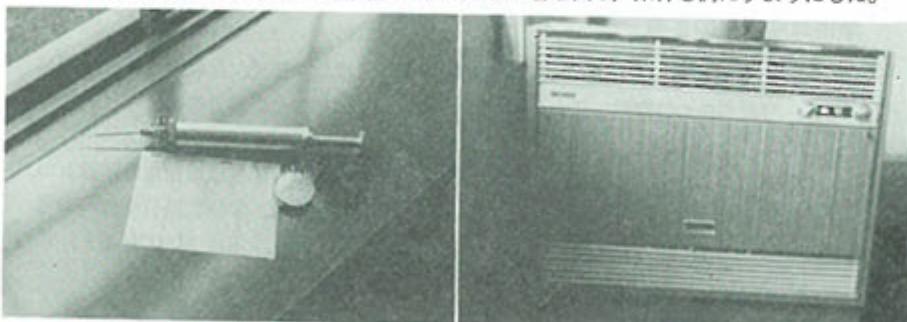
「ガス・ストーブ使用の部屋」と「暖房をしていない部屋」にわけ、それぞれについて休憩時間に「5分ずつ窓を開放する部屋」と「全く窓を開けない部屋」をつくった。

二酸化炭素および温度の測定は、各授業時間の始めと終了直前の2回について教室のほぼ中央の1カ所で実施した。

測定器具は北川式ガス検知器(写真1参照)を使用した。

ガスストーブ使用	休けい時にだけ5分間窓を開放する… I C, II A
	休けい時も窓を開かない…………… I D, II B (出入口もできるだけ開かない)
暖房をしない	常にごくわずかだけ開いておく……教官室
	休けい時にだけ5分間窓を開放する… I A, I B (2月17日) 休けい時も窓を開かない…………… I A, I B (2月10日) (出入口もできるだけ開かない)

窓の開閉・出入口の戸の開閉については責任者を決め、条件を満たすようにした。



(写真1) 北川式ガス検知器

(写真2) ガスストーブ
(大阪ガス 43-013型)

測定結果

外気条件 2月10日(水) 晴 気温10° 二酸化炭素濃度0.035% (10時現在)
2月17日(水) 小雨 気温13° 二酸化炭素濃度 0.04% (10時現在)
2月18日(木) 曇時々晴 気温14° 二酸化炭素濃度 0.03% (10時現在)

教室の大きさ

{ I A, I C, I D, II A, II B の教室……奥行10.35m×幅6.16m×高さ3.4m
I B の教室, 教官室……………奥行10.35m×幅8.80m×高さ3.4m

窓及び出入口の大きさ

運動場側の窓（写真3を参照）

(255cm×110cm×3カ所)÷ $\frac{1}{2}$

底下側の窓

(275cm×115cm×1力所)÷ $\frac{1}{2}$

也入口

(170cm×200cm×2力所)÷ $\frac{1}{2}$

(備考) $\frac{1}{2}$ というのは窓及び入

口が半分だけしか開放できな

いためである。

(写真3) 窓は中央より下の半分だけが左右に開く

二酸化炭素の濃度

2月10日（水）実施

開口部を開放して換気（5分間）

2月17日(水)実施

授業 教 室	ストーブ使用				ストーブなし			
	換気なし		換気する		換気する		換気する	
	II B	II A	II A	II B	I A	I B	I A	I B
時間	二酸化炭素濃度	時間	二酸化炭素濃度	時間	二酸化炭素濃度	時間	二酸化炭素濃度	時間
	8:30 8:350.06%		8:30 8:380.06%10.5°		8:30 8:420.09%10.5°		8:30 8:450.13%10.0°	
第1 時限	9:250.41%17.0°	9:270.35%16.0°				9:300.15%12.0°		
			■■■■		■■■■		■■■■	
第2 時限	9:400.32%19.0°	9:440.18%17.0°	9:460.12%		9:420.09%13.0°			
	10:250.48%22.0°	10:270.40%20.5°			10:300.14%14.0°		■■■■	
			■■■■		10:330.07%11.0°		■■■■	
第3 時限	10:400.37%25.0°	10:420.10%20.0°	10:460.12%13.0°		10:440.10%14.0°			
	■■■■	■■■■	■■■■					
		11:250.33%21.0°	11:270.14%14.0°	11:300.15%15.0°				
第4 時限	頭痛やは きけをも よおす者 が出て窓 を開放し 実験を中 止する							

2月18日(木)実施

ストーブ使用		
室の4隅を10cmずつ開放		
教官室		
時間	二酸化炭素濃度	温度
1:00	0.32%	20°
	■	
1:30	0.08%	19°
	■	
2:30	0.08%	19°
	■	

測定結果の考察

午前8時30分——全教室の窓を開放

午前8時35分——全教室の窓を閉鎖 ストーブに点火

(1) 窓を閉鎖後の二酸化炭素濃度の変化について

午前8時35分のストーブに点火する以前に、最初の条件を揃えるために全教室の窓を5分間開放したが、その直後は各教室とともに二酸化炭素の濃度は、0.06~0.07%ぐらいになっている。(外気の二酸化炭素濃度はこの時間では0.035%)

ストーブの無い部屋

2月10日のIA教室——8時35分には0.07%

IB教室——8時38分には0.07%

ストーブ使用の部屋

2月17日のIB教室——8時35分には0.06% (ストーブ点火の直前)

II A教室——8時38分には0.06% (ストーブ点火の直前)

しかし、測定の順番のあとになった教室(窓を閉じてからやや時間の経過している教室)では、その濃度は高くなっている。特にストーブ使用の教室でははなはだしい。

ストーブの無い部屋

2月17日のIA教室——8時42分(窓の閉鎖後7分)では0.09%

IB教室——8時45分(窓の閉鎖後10分)では0.13%

(この時のIB、II Aでは窓の閉鎖直後には0.06%であった。)

2月10日のIA教室——8時50分(窓の閉鎖後15分)では0.13%

(IA教室の窓の閉鎖直後の濃度は0.07%であった)

ストーブ使用の部屋

2月10日のID教室——8時42分(窓の閉鎖後7分)では0.25%

IC教室——8時45分(窓の閉鎖後10分)では0.20%

以上のことから考えてみると、ガスストーブを使用していない教室でも窓を全部閉じてしまうと、10分後には二酸化炭素濃度は換気基準の0.15%に近くなることがわかる。ガスストーブを使用すれば10分後には0.20%~25%になるのは当然の事であろう。このことは第1時限後の換気をした後についても現れている。

ストーブの無い部屋

2月17日第1時限終了後のIA教室——換気直後の9時35分には0.06%であった
ものが11分後の9時46分では0.12%

同じく 第2時限終了後の同教室——換気直後の10時33分には0.07%であった
ものが13分後の10時46分では0.12%

ストーブ使用の部屋

2月10日第4時限目のICの教室——換気5分後の11時40分には0.09%であつた
ものが15分後の11時55分では0.27%

このように同一の教室の時間経過を調べてみてもわかるように、二酸化炭素濃度は徐々に増加するものではなく、部屋を締め切ってから10分~15分ぐらいの間に非常に高くなる

ものであると考えられる。

(2) 休憩時に窓を開放した場合と締め切ったままでいた時の二酸化炭素濃度について

イ. ストーブを使用していない部屋

- ・休憩時間に5分間の換気をした場合、2月17日のIA教室、IB教室では換気直後はそれぞれ0.07%程度に低下しているようであるが、時間の終り頃には基準のぎりぎりの0.14~0.15%までに上昇している。
- ・休憩時間に換気をしなかった場合については、資料が不十分であるために充分な考察はできないが、あまり換気した時とは変化がないようである。

ロ. ストーブを使用している部屋

- ・休憩時間に5分間の換気をした場合、2月10日のIC教室、2月17日のIIA教室についてみると、換気した直後は0.10%前後に下がるが、時間の終り頃には0.30~0.40%ぐらいに上昇している。しかし、2時限目、3時限目と時間が進んでも、その最高濃度が高くなっていくということはないようである。
- ・休憩時間にも換気をしなかった場合について、2月17日のIIB教室を見ると、2時限目の終りには0.48%に上昇し、3時限目の半ばでは頭痛や気分の悪くなる者が出てきて実験を中止せざるを得なくなるまでに至っている。これは二酸化炭素が多くなってきたことばかりではなく、温度の上昇も重なった為ではなかろうか。
なお、1時限目の終り→2時限目の始め、また、2時限目の終り→3時限目の始めと0.1%程度の低下の見られるのは、休憩時間中に教室への出入りがあるためである。（出入口の開閉については責任者を決め、出入り後は直ちに戸を閉めるようにしていた。）

(3) ガスストーブ使用時の温度の上昇について

2月10日のIC教室（休憩時に換気）とID教室（換気なし）、また、2月17日のIIA教室（休憩時に換気）とIIB教室（換気なし）についてみると、

- ・換気をしない教室……休憩時間も温度は上昇する一方である。
- ・換気した教室……窓を開放した時にはやや温度は下がっている。

結果として時間のたつにつれて温度差が出き、締め切った教室は必要以上に上昇する。

(4) 常に換気を行なった場合の二酸化炭素の増加（ガスストーブ使用の場合）について

ガスストーブ使用の教官室について、部屋の4隅の窓をそれぞれ10cmずつ、合計4箇所を常に開放してみた。

午後1時 開放前……二酸化炭素濃度0.32% 溫度20度

測定後直ちに条件通りに4隅の窓を10cmずつ開放

1時30分……………二酸化炭素濃度0.08% 溫度19度

2時30分……………二酸化炭素濃度0.08% 溫度19度

事例は1つではあるが、この事から考えると二酸化炭素濃度が高い部屋でも、わずかな通気口があれば換気は充分にできるようである。

温度についてみれば、この程度の常時の窓の開放では低下しないようである。

終　り　に

以上は、授業時の各教室で測定したもので、各先生方や生徒の授業の妨げになったり悪コンディションを作ったりして非常にご迷惑をかけたわけであるが、折角の検査であるのでこれを1つの資料として教室内での衛生の維持・改善を考えてみなければならない。

(イ) ストーブを使用しない教室でも、各授業時間の終りには二酸化炭素濃度は換気基準の0.15%程度に上昇している。

この場合、休憩時間にだけ窓を全部開放して換気したからといって、次の時間は衛生状態はよくなっているとは言えない。換気した直後は0.06%程度に下っているが10分後には0.13%にもなり、その後は再び0.15%もしくはそれ以上になるからである。

(ロ) ガスストーブを使用している教室では、二酸化炭素濃度は0.30%~0.50%にも達し、休憩時間の換気ではとても及ばない。

温度の上昇については、休憩時間だけの換気で比較的の上昇をおさえることができるが、換気をしなければ必要以上に上昇する。

(ハ) 高校生の基準換気回数は（容積180m³の教室に生徒が50人収容されたとき）、50分授業で6回とされている。しかし実際には10分おきの換気は困難である。

部屋の4隅の窓を、それぞれ10cmずつ常時開放しておくことによって室内の温度を特に下げることなく、二酸化炭素濃度を低く保つことができる。

今後はさらに塵埃、落下細菌、一酸化炭素、熱輻射等についても調査し、教室内の環境衛生の維持・改善につとめたいと考えている。換気の方法についてもさらに研究を進める必要がある。

なお、本研究にあたり、協力をいただきました下記の先生方に深謝の意を表します。

大阪教育大学附属天王寺中学校 保健室勤務

成　田　五　穂　子

宮　崎　定　子

武　田　良　子

読解指導についての一試論

—英語学習の問題点（第4報）—

樋口忠彦
今倉大啓
田村

I. 読解指導の意義と問題点

本校英語科のスタッフ（注1）が、中学校（特に中学3年生）段階における「望ましい読解指導のあり方」という問題に取り組んだ動機は、主として、次の3点に起因している。

- ① 高等学校における読解指導は、外国語の基礎的な知識を与えるための作業である Intensive Reading と、それによって得た基礎的な知識を実際に運用し、外国語を通して知る内容の興味を味わう作業である Extensive Reading の能力を養成することを一般に目標としている。そして、現実には、高等学校における英語学習指導において、読解指導がその中心であることは事実である。しかるに、中学校においては、従来の訳読中心の授業の反動として、余りにも読解指導が無視、あるいは軽視されてきた。ここに英語教育を中・高6ヶ年一貫として巨視的な立場から考える時、中・高の英語教育の断絶という悲劇の一つの原因を見いだすことができる。従って、「中・高の関連において、中学校における読解指導について再考する余地はないだろうか。特に、中・高の移行段階である中学3年生に読解指導は、どのような観点から、どのような方法でなされるのが最も理想的なのか。」という問題に対する解決の道を検討する必要がある。
- ② 五十嵐新次郎氏が、「日本の英語教育に、言語学といわないまでも、語学に密着しきっていて、英語という言語の形態・構造の指導が中心になっていて、言語行為という人間行為を指導することを忘れているのではあるまい。たとえば、中学校のパターン・プラクティスにせよ、高校・大学の文法・作文指導にせよ、言語行為としての指導を欠くために、生徒の頭には英語の形態や構造ばかりがのこって、音声あるいは文字による表現行為ができる結果になっているのではあるまい。」読解指導すら、英文の形態・構造の指導が中心になるため、理解行為すら十分できない結果になっているのではあるまい。（注、筆者下線）（注2）と日本の英語教育の問題点を鋭く指摘されているが、私たちはこのような問題点を十分認識し、従来の読解指導の概念、教材、方法、技術について再検討する必要がある。
- ③ C.C. Fries は、英語学習の第一段階（日本では少なくとも中学校3ヶ年間）では、最終目標が単に読むことであっても学習者の練習は、口頭練習でなければならないとする。

私たちは、この数年間、E L E C 方式に若干の改良を加えつつ Oral Approach により授業を実践してきた。（注3）しかしながら、Oral Approach によって指導した生

徒の英語の学力構造を分析する時、前述の Fries の仮説——最終目標が単に読むことであっても……——に疑問を抱かざるを得ない。すなわち、話すことと読むこと——といった言語学習の異なった水準においての学習の転移についての考え方若千楽観的ではなかったか。

M. West は、「初步の段階を過ぎた後は「読み方」を教えることと「話し方」を教えることは、ともすれば離がちになるし、切り離すべきである。「読む語い」と「話す語い」は基本的に異なっている。」とし、「大体最初の500語位までは「読み方」を「話し方」の学習課程の副次的なものとする。すなわち生徒は、「話し方」が学習できるように「読み方」を利用するのである。」

そして、「約500語位で読むこと、話すことの教え方は切り離すべきである」とわれわれは信ずる。この段階では、読む語い約3~4000語までをできるだけ早く作りあげるように正読本を利用してゆく。一方話し方課程は別個に継続し、見出し語で約1200語の話し方に必要な最少限の語いを流ちょうに正しく使用するよう生徒を訓練する。」
(注. 筆者下線), (注4)と主張する。私たちは、この West の興味深い、かつ示唆的な見解について検討してみる必要がある。

II. 読解指導についての意見

英語教育に従事する人々、英語教育を研究する人々によって、中学校の段階における英語カリキュラムの中で、読解指導はどのように位置づけられ、どのように考えられてきたのか、その代表的な意見を記述すると次の通りである。

① 我が国における読解指導についての意見

1. 山家保氏は、C.C. Fries の Structure of English, Foundations for English Teaching や Linguistics and Reading を理論的根拠にして、Oral Approach により授業を行なった際の読解指導は、「口頭練習で習得した言語記号が、文字で表わされた場合でも、直ちにそれに反応できる。——つまり、読めるようになることを狙っていることはもちろんである。この場合、文字面にあらわれていない、 intonation, stress, juncture を補って読む productive reading の練習を重ねることが大切である。」また、「reading の指導の際、このような sequence signal (連結記号) に対して、生徒の注意を喚起し、その意味や前文との関係をたしかめさせながら指導することが重要である。」とする。(注5)
2. 岡本圭次郎氏は、「母國語では、読解はすでに Orally に知っていることが、どんなふうに文字言語に書き表われるかを知ることであるのに対し、外國語では、基礎的な知識を与えるために、どうしても精読的なものであることが必要であり、学習指導要領は、その精読的な学習を進めて行くための指導内容と学習活動を示したものである。」とし、更に「中学3年間は、精読的な学習が中心であり、あくまでも精読的な学習の付加された分野として、適当な教材があれば多読も良い。」とする。(注. 筆者下線)(注6)
3. 小田豊氏は、「中学3年生では、教材の関係から、前後の関係も複雑となり、代名詞や代動詞もかなり用いられる。まれ代名詞や代動詞ばかりではなく、ある語が別の語句で言い変えられることがある。このような場合、両者の関係を感じることが必要

である。また1つのパラグラフ全体として、何を言おうとしているかをつかまないと、内容の理解ができないことが多くなってくる。このような文と文との関係や、パラグラフ全体としての大意をつかむ学習の基礎的な訓練は、第3学年としてたいせつなことである。』とする。(注、筆者下線)(注7)

② 外国における読解指導についての意見

1. Fries, Charles C. の意見

A major part of learning to read, therefore, must consist of habit-forming practice. Reading is a type of linguistic performance. (*Linguistics and Reading*, p. 186) という考え方で Reading をとらえ、読むことの学ぶ課程を次の3つの段階に分けている。

第1段階 : The Transfer Stage (pp. 187-204)

Learning to read in one's native language is learning to shift, to transfer from auditory signs for the language signals, which the child has already learned, to visual or graphic signs for the same signals.

この段階では、auditory signs から visual signs に transfer する段階で、話す場合の音の型と読む場合の alphabetic signs の結びつきを発展させる spelling-pattern approach (*Ibid.* p. 201) によれば効果的に transfer できるという。

第2段階 : Productive Reading (pp. 204-8)

Real reading is not solely a passive process of receiving meanings, and just saying words. Real reading is productive reading—an active responding to all the sets of signals represented in the graphic patterns as they build up, and the carrying forward of such a complete cumulative comprehension as makes it possible to fill in the intonation sequences, the special stresses, and the grouping pauses that the written text requires to fill out its full range of signals. (*Ibid.* pp. 130-1)

この段階では、強勢、音調、休止などもよく考えて読むことが大切であるとする。

第3段階 : Vivid Imaginative Realization (pp. 208-15)

The third, the last stage in developing the ability to read, begins when the reading process has become so automatic for the reader that he uses reading equally with or even more fully than the live language of speech in acquiring and assimilating new experience. Reading at this level stimulates a vivid imaginative realization of vicarious experience. (*Ibid.* p. 208)

この段階では、文学などを読む level の成熟した reading のことをとりあつい、新しい経験を自分のものとして感じとれるようになるのが、この第3段階だと説く。

2. Lado, Robert の意見

Lado は *Language Teaching*において、Reading をとりあげ、Prereading の段階から、文学作品を読む段階までを8段階に分類して、Teaching reading の項 (pp. 134-42) に詳述している。即ち、(1) Prereading : identifying the graphemes (2) Fit

: associating the graphemes and the language (3) Habit : reading what is spoken (4) Reading aloud : speaking what is written (5) Reading for information : technical, cultural, recreational (6) Diversification : reading different styles of graphemes and of language (7) Reading power : vocabulary building and speed (8) Literature : esthetic experience の 8 段階である。説くところは根本において Fries と大きく異なるところはない。

3. Gurrey, P. の意見

Gurry は、「第 2（第 3）言語の学習指導にあたっては、生徒に言葉の意味を解明するように指導しなければならないことはもちろん、なおその上に生徒たちにその言語を有効に認めるように指導しなければならない。」(p. ガレー著、鈴木保太郎・五十嵐二郎訳『英語教授法』御茶の水書房, p. 121) とし、更に、実力のある読み手となるためには、次のような技能を習得せねばならぬとする。

- ① 音読の技能
- ② 一節の要点を把握する技能
- ③ 読んだものから知識や思想を推論する技能
- ④ 書物や他の印刷物の中に書いてある事実や知識がわかる技能
- ⑤ 読んでいるときに正確な知識に気づく貴重な技能 (Ibid. pp. 121—2)

Gurry の「Reading の指導」に関する理論の骨子は、以上のことがらを基礎をして、アフリカの Gold Coast (現在のガーナ) での研究と実践の結果であり、非常に説得力に富んでいる。

(1) 入門期の読み方：

- 文字の音声の結びつきの指導。
- 生徒たちがかなり進歩して、自主的な読み方ができるようになったら、齊唱による読み方を少なくしたらよい。
- ある部分は音読で、ある部分は黙読で慎重に読まねばならない。両方の読み方が終ってから Text に関する質問が行なわれねばならない。→ 質問第 I 型
- 質問第 I 型の目的は

- ① 印刷されている語が表現する事柄を、生徒にきびしく、正確に注目させる。
- ② 生徒達に簡単な言語訓練をつませる。
- ③ 生徒達に正確な言語訓練をつませる。

にあり、質問は極めて簡単に、例えば、“The woman is cooking some fufu in a big pot.” と読むとすると、次のような質問が出される。“Who is cooking some fufu?” とか“What is the woman cooking?” (Ibid. pp. 116—20.)

(2) 読み方と思考：

- 教師が書物に密着した教え方を続けるならば………その結果として生ずる言語の反復と概念の表現は、あまりにも機械的となる。
- そういう技能を改善するために、思考力や、知的推理力を促進させる読み方がはじめまる。→ 質問第 II 型
- そのための質問は

- ① 本文に述べられている人々や事物や場所のようすはどうか。

- ② この動作はどうしてなされ、あの動作はどうしてなされたか。
- ③ この事件の原因は何で、その結果はどうであったか。
その他についてである。(Ibid. pp. 140-6)
- (3) 有効な默読の技能：
 - ・高等教育を続けようとする者が、書物から迅速に、事実や、知識を獲得できることは最大の必要事である。ここに迅速な默読を奨励する根拠がある。
 - ・迅速な默読の技能の発達のために、初期の段階で重要なことが1つある。それは、選択される文節がやさしくなければならない。(Ibid. pp. 147-52)
- (4) 多読とその価値：
 - ・多読こそは、新しい言語で思考するようになる最良の方法の1つである。
 - ・多読の材料は good literature でなくとも、作家の語彙の使い方が無理なくすぐれており、文の構造が正常であることが必要である。
 - ・教師の役割は、生徒が物語に興味を見い出すよう手助けしてやることである。(Ibid. pp. 153-9)
- (5) その他：
 - ・質問第Ⅲ型 は、生徒に、本文には基づいているが、リーダーの中にはない知識を求める質問で、これは、口頭作文や作文へと進んでいく。(Ibid. pp. 181-92)

4. West, M の意見

M. West は「読解力 (reading ability) は非常に容易に達成される。学習課程の初期に読解力に重きを置けば、それまでまったくはえていなかったところにいくらか草をはやすのような効果がある。さらに「読解力」というものは、最高の会話の場合は例外として、ただ単に話すことより大きな教育価値がある。」(マイケル・ウェスト著、小川芳男訳注『困難な状況のもとにおける英語の教え方』英潮社) とし、あまりじょうずに話せなくとも読解力は迅速につけることができる事を明らかにした実験報告をなし、困難な状況での英語教育は、「読み方主義」が最も効果的であると提案する。

West は Learning to Read a Foreign Languageにおいて示しているように、読みの速度に対する諸実験、あるいは読み方の教材作成のための語彙の研究、その成果である読み方教材の作成とその仕事は、私たちに大きな示唆を与えてくれる。ここでは、Reading の訓練を効果的なものにする technique についてのみ考察する。

(1) Eye-mouth Reading の防止

「生徒が朗読する時は必ず自分の口にする言葉の意味が分っていることを示すような読み方をしなければならない。」この Eye-mouth Reading の防止法としては、

① 初期には、Reading—with—response (問答つき朗読)

「問答つき朗読」では口で言うとともに絵を用いる。たとえば象の絵なのに “This is a dog.” と言い、✓か×で正しいか、間違っているかを示す。

② 後期には、Before-questions (朗読前の質問)

これは、読み方に「先に読みたい衝動」を与え、「漠然とした読み方」を防止するためである。効果的な読み方には必ず何かを探し求めようとする態度がある。心の中に前もって質問が形成されていて、読んでその答を探す。あるいはまた未知の題目において、初め記事にざっと眼を通して大意をつかみ、それから細

かい部分を埋めていこうとする。(Ibid. pp. 20-1)

(2) Read and Look-up

- ① Reading の際、指示された生徒はもう1人の生徒か教師、あるいは想像上の人間に話しかけているべきであって、本や教室のある一点に話しかけていてはならないのである。その生徒は、いくつかの単語を読み上げてから見上げ、そしてそれを誰かに話しかける。または誰かに話しかけているつもりで話すようにしなければならないのである。
- ② このやり方には2通りの重要な意味がある。第1には、このようにして生徒が話す場合は「伝達」あるいは「行為」として実際に話しかけているように話しているということであり、第2には、句の中の単語、あるいは文全体の単語を頭の中に入れていなければならぬということである。つまり「本から口へ」ではなく、「本から頭へ、そして頭から口へ」という関連なのである。その記憶の「間合い」(interval) が学習作用のなかばを構成する。(Ibid. p. 11)

III. 中学校における読解指導の実践例

中学校において、過去に実践、報告された読解指導の典型的なものとして次の2例があげられる。

(1) 大塚賀弘氏の実践報告(注8)

(平常の授業時における Rapid Reading の指導の実践例)

教材の選定 日常用している教科書

展開の仕方 (Teaching Procedure)

I. Review (15 minutes)

1. Reading (Chorus, Individual)
2. Pattern Practice
3. Check of Understanding

II. Presentation of the new material (10 minutes)

III. Reading of the text of the day (15 minutes)

1. Reading
2. Check of understanding

IV. Consolidation (5 minutes)

Reading or writing (if necessary)

Ⅲの Reading of the text of the day において、Reading aloud から始まる場合においても必ず silent reading の方法を取り入れ一定時間内に文の contents をつかむように努める。また、時に応じて Reading aloud を行なう前に silent reading を行なう。これによって初めて目に写る story を読み内容をつかむ力を養う。なお rapid reading の指導にあたっての具体的な方法は最初に教材の語数を調べ、1分間100 words の基準(一応の目安として、このように設定)に基づいて、その教材の reading に必要な時間を調べ生徒に知らせておく。

「始め」の合図によって story を読み始め、「止め」の合図で教科書を机の上に伏せる。生徒は reading にあたって指で文を指しながら読む。これによって関係代

名詞等を含む文の場合でも、文末から訳したり、一度読んだ文を2度、3度繰り返して読む弊害を避けることができるし、教師は指の動きを見て各生徒に指示を与えることができる。また、初期の生徒には、音声を無視することはできないので、reading in whisper の方法をとる。Text をふせた後、contents の理解度を観察し、story の困難度と障害点を探す。理解度の測定にあたっては T-F system によって10題の英文を与える。また、時に応じて、これを Aural Comprehension の形で出すこともある。また、時々、教材の進度や学年カリキュラムに準拠して、言語材料を予め印刷して consolidation period に配布して、reading speed と同時に、contents の quick grasp を測定する。

Rapid Reading にあたってのいくつかの考察

生徒たちの速読の能力を伸ばすためには上に述べたような方法だけでなく、flash card とか sentence board 等の使用によって、常に一目読みの練習をする必要がある。また、ただ単に内容を読ませるだけでなく、読む前に目標とか調べる内容を指示しておくと、さらに、speedy に要旨を grasp することができる。Answer sheet を先に読ませておいて、後に rapid reading にはいるのも一方法である。

(2) 秋田大学附属中学校の実践例（注9）

（生徒の学力の発展段階に応じて教材を選択し、平常の授業時以外の特別な授業時における「読みとる力」を伸ばすための実践例）

① 教材の選定

私たちは、次のような条件で、題材を Reader's Digest、英語の読みもの、各種教科書、Speech 原稿（高松宮杯など）から選定し、多少の書きかえを行ない、生徒の学力に合わせて適切な時期に与えていくようカリキュラムに組み込んでみた。

- (1) 題材は総片的なものではなく、まとまった思想・内容を伝え、心情に訴えるもの。
- (2) 内容ができるだけ生徒の発達段階に合わせ、Information, Fiction, Poetry と変化をもたせる。
- (3) 言語材料は、新文型を含まず、一段程度の低いもの。
- (4) 読書速度も考慮し、1分間の読語数は、1年3学期最初の教材で30語からはいり3年終了時には70語に近づくようにしてある。文章の総語数は、150～500語。新語の数は100語につき3～4語。
- (5) 1単位時間（50分）の中に位置づけ、指導を終えられるもの。

② 展開の仕方

この教材を使用した場合は、速読の練習も加味しており、その際の学習過程は、およそ次のようになる。

- (1) Introduction（読みに向かう姿勢）
 - 題名などから内容を予測する。
 - 例文を参考に、Key words を覚える。
- (2) Silent Reading（内容をみつめる）
 - 登場人物の性格や事のなりゆきを予測しながらできるだけ速く読みとる。

。声を出したり、指を使ったりして、後もどりしないようにし、自分の読み終えた時間を記録する。

(3) Check of Understanding (事実理解の確認)

- 初回読みを大切にし、一読後の印象を求める。
- テーマに迫るのに必要な事実（主要人物、事件、時、場所など、いわゆる 5W 1H を確認する。——Question I を使用）

(4) Model Reading (テーマを読みとる)

- 教師範読、生徒默読により、事実理解の確認と、テーマに迫る問題を考える。

(5) Appreciation (内容をほりさげる)

- Question II などで、テーマについての感想や意見を求め、その裏付けとなる表現をさがす。
- 行間に流れる意味や事件の背後に潜むテーマに目を向ける。
- 前述のように読みができた後は、音読の練習をしたり、心を打たれた箇所を暗誦したりする。

③ 読みとり教材カリキュラム (3年生)

学年	使用時期 月・前課	題材名	総語数	新語数	時間(分)	速度 w/m	内容・ねらい
3年	Apr. L. 1	21. Dr. Johnson	316	10	6	53	• 親子の愛情
	Apr. L. 2	22. May-Day*	179	12	/	/	• メイ・デイの由来
	May. L. 3	23. American Sayings*	205	10	/	/	• アメリカの迷信ことわざ
	May. L. 4	24. Thomas Jefferson	371	9	7	53	• 人間の価値について
	June. L. 6	25. Pets Gets His Hat	300	10	5.5	55	• ユーモアのある忠告
	July. L. 7	26. The First Postage Stamp	343	13	6	57	• 郵便切手の起源を理解する
	(夏休み)	27. Lost in The Mountains*, etc.	295	(9)	/	/	• インディアンの伝達方法ほか
	Sep. L. 9	30. Grandma and the Skunks	336	13	6	56	• 偏見をせず、素直な見方が必要
	Oct. L. 10	31. David Swan	436	14	7	62	• 人間の運命というもの
	Nov. L. 12	32. The Stolen Bush	492	15	8	62	• Park Ranger の機知に富む訓戒
	Dec. L. 14 (冬休み)	33. Father Didn't Talk Much	488	13	8	61	• 父親の面白い性格
		34. An Old Woman and Her Sight*	236	13	/	/	• 老婦人の頭の良さ
	()	35. Unexpected Kindness*	457	20	/	/	• 暖かい心で平和な世界を!
	Feb. L. 15	36. Nature Detective	478	13	7	68	• 自然が教えてくれるもの

(注) 1. *じるしの教材は課題として与える。 2. Poetry については割愛した。

3. 使用教科書は New Prince Readers である。

IV. 本校の読解指導カリキュラム作成の骨組み

私たちの読解指導の究極の目標は、「相当な速さで正確に内容を把握する能力を養成する」ことであり、同時に、生徒に「僕にも、私にも英語が読める」という意識を持たせること、更には、「story が与える興味・感動が生徒が生れつき持っている言語習得の潜在能力を刺激し、英語を読むことに、また英語そのものにより深い興味関心を持たせる」ことがある。

そのために、前述の I, II, III 章において考察したことがらをふまえて、本校の読解指導カリキュラム作成の基盤となる骨組みを次のように構築した。

① 中学1, 2年の英語学習の入門期においては、

1. 本当の意味での読書力を養うためには、oral work で英語の基礎的な能力を養わねばならない。
2. oral work によって、auditory signs とし経験し、習得しつつある事柄について、graphic signs (visual signs) として示されている場合にも、敏感かつ正確に反応できるよう Transfer Reading の訓練を行なう。
3. mechanically に reading の訓練を積んだ後、子供が仲間に話しかける調子で sentence を “saying” する程度にまで訓練する。そのためには、intonation, stress, pause の他に sequence signals (連結記号) にも十分注意を向けさせ、Productive Reading の訓練を行なう。また、このことは生徒の空読みを防止する上でも効果的である。

② 中学2年の後半から中学3年にかけて、

1. reading の教材の分量が比較的少ない時は、P. Gurrey の質問第Ⅰ型、質問第Ⅱ型によって、文字によって表現された事柄に正確に注目させる訓練を行なう。
2. reading の教材の分量が比較的多い時は、あらかじめ必要とされる特定の知識、情報を得ることを目的とする skimming (=reading for information) によって、默読や速読の訓練を行なう。
3. 高学年において、絶えず大意把握の訓練、パラグラフの要旨把握の訓練を行なうことが必要である。

③ 中学3年において、週1時間（または2時間）読解指導のための時間を設定し、

1. 1学期の間に、一定の水準の story を読むために必要な未習の文法項目を指導し、同時に読み方指導を行なう。
2. 1学期以降に使用する多読用教材の選択には、story の内容、語彙、文法事項の難易度に十分注意する。(注10, 11)
3. 望ましい読み方を身につけさせるために、予習用プリント、授業での発問の仕方について十分工夫する。
4. 定期的に辞書の使い方について指導する。(注12)

V. 本校3年生指導解説における課題

1 学期	夏休み	2 学期	冬休み	3 学期
(1) 読解のために必要な最低限度の文法事項を抽出し、認識させることを目標に指導する。(例1) (2) rapid reading の方法を指導する。 ① 大意把握の仕方。 ② 真読直解で読みむこと。 ③ 予習の仕方(予習用プリントの配布(例3)) ④ 音書の引き方。	(1) 1学期・夏休みと学んでおきなさい。 (2) 自分で読み進めるおもしろさを味わせる。 (3) 英語の背景知識を得させる。 (4) 読んだ文について考える習慣をつけさせる。	(1) 1学期・夏休みと学んでおきなさい。 (2) より深く、より速く、より正確に読み練習をさせる。 (3) 読みの速度を増すように指導。 (4) 能力差に応じた教材の選択。	(1) 積得した読解力の深化。 (2) 自主的に読み進む意欲を養う。 (3) 読みの速度を増すように指導。	(1)今までに修得した読解力の応用。 (2)高校への移行の考慮。 (3)長編の説明への導き。
The New Junior Crown 3C (三省堂) 教科書 ・文法事項に慣れ、身につけるために適切である。 ・1学期で終了。	People in Livingston Book I, II, (C.T. Turle 商会、英語教授法研究会 出版部) ・語彙制限が適切。 ・story がおもしろく、アメリカ人の生活、物の考え方方がよく味わえる。 ・story のまとまりがよい。 ・英語らしい表現に富んでいる。	New Reading Skill Builder Grade III, Part 1 (Reader's Digest) grade がこの時期に適合している。 ・パラエッティに富んだ興味ある短編で構成されている。 ・レクションごとの exercises が良い問題である。 ・が良い問題である。 ・英語らしい表現に富んでいる。	The Mystery of the Lost Jewels (Dodd's Supplementary Readers, Macmillan, U.K.) 他。 ・筋を追うおもしろさがある。 ・2学期までの学習事項の総まとめとしてよい。	Around the World in Eighty Days (Oxford Picture Readers) ・語書なしでもどんどん読み進められる。 ・楽しくも読みの宿題としても使える。 ・ユーモアに富んだおもしろい作品である。
(1) 例文中心に文法項目の解説 (2) 例文についての Check of understanding のための簡単な exercises。(例2) (3) 読み方の指導 ① tape listening ② 新出単語の意味・発音 ③ 練習 ④ reading in whisper(内容把握のため) ⑤ パラグラフの要旨把握 ⑥ についての確認(例4) ⑦ 重要な項目についての理解度(例5) ⑧ まとめ(あらすじについての英語、英語 etc.) (例7)	(1) 例文で配布しておく(例8) (1) tape listening 2) Kew words の発音練習 3) reading in whisper (内容把握のため) 各レッスンごとに文の内容把握上の Key points について設問を作り、プリントで配布しておく。 (例6) 読後感を書きせる。	(1) あらすじを簡単にまとめさせる。 (2) 読了後の感想、意見を書いておきなさい。 (3) プリントにして渡した質問に答えさせる。	(1) 内容の伝える思想について日本語で考えさせる時間 consolidation として必ず入れる。	(1) 2学期の指導に準じる)(2) 2学期の指導に準じる)(3) 2学期の指導に準じる)(4) 2学期の指導に準じる)(5) 2学期の指導に準じる)(6) 2学期の指導に準じる)(7) 2学期の指導に準じる)(8) 2学期の指導に準じる)

(例1) 英語の story を読んでいくにあたって、1学期に指導すべき文法事項として次のような項目を選択した。

- (1) 不定詞(特に It～for～to～, too～to～などの特別用法)
- (2) 現在完了進行形
- (3) S + V + O + C の文型(v = 使役・感覚動詞)
- (4) 分詞構文
- (5) 関係詞(関係代名詞, 関係副詞)
- (6) 過去完了
- (7) 話法
- (8) 仮定法

また、文法事項の解説に利用したプリントのサンプルは次の通りである。

関係代名詞

主格1. Susie likes the doll which is on the desk.

Susie likes the doll + it is on the desk.

The city had some streets which were very narrow.

The city had some streets + they were very narrow.

He took us to a man who was very friendly.

He took us to a man + he was very friendly.

所有格2. I saw a man whose nose was red.

I saw a man + his nose was red.

I saw a house whose door was open wide.

I saw a house + its door was open wide.

目的格3. I want to see the book which your father bought.

I want to see the book + your father bought it.

There was the old man whom the children loved very much.

There was the old man + the children loved him very much.

He ate everything that we cooked for him.

He ate everything + we cooked it for him.

先行詞	格	主格	所有格	目的格
人		who	whose	(whom)
物		which	whose	(which)
人物		that		(that)

※() 目的格の関係代名詞は省略してよい。

※that には所有格がない。

※関係代名詞は接続詞(+)と代名詞の作用をする。

(例2) 解説した文法事項の理解、及び理解を深めるための練習問題は次の通りである。

EXERCISES

1. () に関代を入れよ。

1. Here is a boy () can speak English.
2. Tom is a student () clasmates are all very clever.
3. Tom is the boy () everyone knows.

4. This is a book () was given by my uncle.
 5. This is a book () my uncle gave me.
 6. Look at the car () tire is broken.
2. 文中に目的格の関係代名詞を入れよ。
1. The man I saw yesterday is Tom's grandfather.
 2. Susie was the girl I spoke to last week.
 3. The book I bought is a dictionary.
3. 日本文に直しなさい。
1. We caught six fishes this morning, which we cooked for the hungry children.
 2. My brother, whom you met yesterday, has left for America.
 3. Here comes Jack, whom all of us have been looking for.

(例3) 予習用プリントのサンプル

The New Junior Crown English Course 3C (三省堂), Lesson 7, The Slide Partyについての予習用プリントは次の通りであった。

The Slide Party

- p. 42 l. 1 a few of ~ = some of ~
- l. 2 We're going to see some colored slides の are going to ~ の意味は?
- p. 43 l. 1 put out の反対は () ()
- l. 8 Then earthquakes came, which changed the forest into a sea. この into の意味は? _____
- He came into the room.
Put the sentence into English.
- p. 44 l. 1 hundreds of ~ = いく百もの thousands of ~
- l. 4 against の反対は for ~ 「~に賛成」
I'm for war and you're against it.
- l. 10 a lot = very much (副詞)
- p. 45 l. 11 This is the place which we visited two years ago. 先行詞が the place でも関係代名詞を用いているのはなぜか。

HOMEWORK : 1. 本文中の関代・関副をもう一度整理しておこう。
2. 各パラグラフのあらすじを20語位でまとめよう。

(例4) パラグラフの要旨把握ができているかどうか確認のための発問として、次のような方法が考えられる。

1. あらすじ、要旨を言わせる。
2. あらすじについての英問英答(会話形式で、プリントの設問に答える形で)
3. 読後感を発表させる。
4. 登場人物の性格描写をさせる。
5. パラグラフのかなめになる個所の意味を言わせる。(大切な文、語句の意味)
6. パラグラフの中の大切な文を指摘させる。
7. sequence signal (連結記号) を指摘させる。

8. story を自分の英語で rewrite させる。(宿題として特によい。)

次に、The New Junior Crown English Course 3C (三省堂), Lesson 16, Christmas Carol, Part I, IIについて、発問の具体例を示すと次の通りである。

1. パラグラフごとの要旨をごく簡単に説明させる。
2. Scrooge はどんな性格であったか説明させる。
3. Scrooge と彼の nephew の Christmas に対する気持を良く示している文を示摘させる。
4. His heart was as cold as ice, but even colder at Christmas. あらかじめ辞書で調べさせておいたこの even の用法の理解度の確認。
5. "You don't mean that," said the nephew.
Scrooge said that he had meant it and~.
あらかじめ辞書で調べさせておいた ④mean の意味の確認。
⑤that, ⑥it がさしているものを示摘させる。
6. But Scrooge told that he had neither money nor love for the poor. 日本語訳させる。
7. Scrooge called to his boy, Bob, and asked him whether he had finished his work.
⑦ boy の意味を context から類推させる。
⑧ 日本語訳させる。
8. Bob が Christmas を楽しみにしていることを表わす文を指摘させる。

(例5) 夏休みの課題学習用のテキストについて、あらかじめ、むずかしい文法事項、語句、表現などはプリントで注釈を与えておいた。

GUIDE FOR SUMMER READING (People in Livingston Book I)

- p. 2 l. 5 at the cleaner's=at the cleaner's shop
- p. 9 l. 11 They certainly do.=They certainly go. (do は go の代動詞)
- p. 10 l. 7 I'd rather be Jewish, then.=I would rather be Jewish than Methodist, then.
- l. 8 Don't be impossible, George. 無茶をいうではありません。
- p. 11 l. 11 Well, Frank, now that George had gone to change his clothes, now that~=今や~だから
- p. 12 l. 3 so that you can wear your best clothes.
so that ~ can ~=so that ~ may ~
- l. 9 collection plate = 寄付金ざら
- p. 14 l. 4 in ten minutes in はどんな意味か _____
- p. 22 l. 4 Mr. Fabian had come to Livingston for a business meeting, and~.
ここで過去完了が使われているのは、テキスト p. 22, l. _____ の
_____よりさきに起った動作であるからである。
- p. 24 l. 26 The post cards said that they had not gone to California. なぜ had gone となっているのか。
- p. 28 l. 1 Why is everyone so foolish about birthday and old age? 反語疑問

- p. 33 l. 12 She'd rather not live in another woman's house.
would rather not ~ =どちらかといえば~したくない。
- p. 34 l. 5 a plumber=配管工
He had never had much education. 一度もたいした教育をうけなか
った。
- l. 8 I've gone to parties. = I have been to the parties.
- p. 35 l. 9 nice=kind
- p. 38 l. 6 kept saying この keep はどんな意味か_____
l. 9 he won't be a little boy any more.
not ~ any more はどんな意味か_____
- p. 39 l. 11 thank heaven ありがたい／ ありがたや／
l. 23 do は何の代動詞か_____
- l. 26 He had secretly decided to forget his new clothes and leave them
on the train.
leave=置きざりにする。この用法の例文を1つあげなさい。

p. 47 l. 2 Half an hour gives you time to drive home.

半時間が家までのドライブ時間です。

(以下省略)

[例6] 夏休み課題学習用のテキストについて、各レッスンごとに内容把握上の Key points に関して次のような設問を作成した。設問と生徒の解答は次の通りである。

HOMEWORK FOR SUMMER READING

1. Mrs. Moore	* Bender, you and I are going to have a nice, quiet day. No question. と Mrs. Moore がなぜ叫んだのか。 朝は、みんながいてたいへんいそがしいが、会社や学 校へ行くので、それから静かになる。はやくそうなっ てほしいから。
2. Mr. Blodgett	* 文末の Don't be another "Going-to-do" とはどん なことを言っているのか具体的に説明せよ。 言うだけで実行しない男になってはならない。
3. Sunday Morning At The Moore's House	* ムア家の人々で教会へ行くのが好きな人とそうでない 人の名をあげよ。 People who like to go = Mrs. Moore & Shirley people who don't like to go = Mr. Moore & George
4. The Best Barber in Livingston	* Jacob とその息子さんたちの性格について書きなさい。 Jacob =努力家で、自分の仕事によろこびを感じてい て、がめつくない。 Sons =たいへん親孝行である。

5. Mr. Cunningham	* Mr. Cunningham は先妻と後妻とで世間の人々からどう評価されたか、またその理由は? ◦先妻のとき=ふつうの人、ただの平凡なんだが幸運だ。 ◦後妻のとき=すばらしい人だ。
6. By Plane, By Train, Or By Car?	* p. 22 1. 13 の a long evening とはどんな夕方が具体的に説明せよ。 <u>bridge</u> をしようとしていたのに、それを知らない人がいるので、できなくて、何をしていいのかわからない状態にある。それで長く感じるのである。
7. Mr. Moore's Mother	* Mrs. Underwood はどんな点で変り者か説明せよ。 そう式が好きである。そう式に興味をもっている。 そして、この50年間リビングストンであったそう式にはほとんど必ず参列している。
8. It's a Problem.	* 表題の It's a problem. を内容から考えて具体的に説明せよ。 <u>フランク</u> のおかあさんが、夫が死んだので、フランクのところへいっしょに住みにくくなるのがよいか、また、今までの家に1人で住んでいるのがよいか。
9. I Want My Son To Be Independent	* George の両親は当世流にいうとどんな人か。 親バカ（しかし、これがふつうなのかもしれない）
10. Shirley Moore's Date	* Shirley's excuse を説明せよ。 <u>12時半までに帰れなかったこと</u> の言いわけに、「6人で行って、2人が途中で帰って、4人が残るので、民主主義にのっとって、過半数をしめるので帰らないで残ることにした」と言った。

(下線部が生徒の解答である)

(例7) 夏休み課題用テキスト、People in Livingston の生徒の読後感の一部は次のようなものである。

- リビングストンの人々、つまりアメリカの人々の生活、考え方方がよくあらわれていて、その点おもしろかった。アメリカの家庭と日本の家庭との違い、特に夫婦の考え方とか、家族同志のつきあい方などに、日本ではあまり見られないような場面もあって、いかにもアメリカの物語だという感じがした。しかし、いろんな種類の人間がいるということについては、日本もアメリカも同じである。

読んでいく上では、プリントに文の解説もついていたので、それはほど苦労せずに読めた。わからない単語も多かったが、文の重点を占めているもの以外は辞書を使わずとばし読みをした。細かい部分ではわからないところもあったが、大体の内容はつかめたと思う。(女子)

-読み始めると案外面白くなってきた。というのは、少々皮肉っぽいヤンキー的一面がよく理解できたからである。

この本を読んで、僕の本嫌いが直ったわけではないが、アルファベットで書かれた、つまり異国語で書かれた本を読んだということに関しては、少々ではあるが、自信を持つことができた。（男子）

- この話は、まさにアメリカという感じがした。アメリカの下町の生活そのもののように思える。日本にもフランスにもイギリスにも感じられない、「単純な複雑さ」を感じられた。余りに多くの作品なので、当初は、「最後まであきないかなあ」と心配だった。しかし、辞書とプリントを片手に読んでいくと「ついでにもう一つ」という心の湧いてくる楽しい話だった。日本語で書かれていると単純な短編なのと違うだろうかなどと考えました。英語を必死で読んでいくところに面白さを感じたのではないかろうか。

誠にこの話は、苦労のしがいのある、清涼剤のような短編集であった。（男子）

- 何か直接アメリカ人という人間に接していたようで、また面白いわりには簡単に読めたということが、この本の一番の感想であり、一番の長所のように思えました。私達が感じる現代のアメリカ人と言えば、どうしても長髪でひげがはえていて、うろうろしている若者を思いだしますが、そのような人々の心の奥底に、またもっと私達に似た庶民の心の奥底に、このリビングストンの人々であるムーアさんやプロジェクトさんやリーピットさんがひそんでいるようだと思い、何か親近感を覚えました。そしてアメリカのテレビのホームドラマよりもっと強い印象、アメリカ人というものがはっきりわかったようです。

私はこの本を読んで、英語の本を案外おもしろいなあと思った。これからもどんどん読むつもりです。（女子）

- リビングストンという町は、作者の空想の町であるが現実にある町のようである。しかし、今度読む時は、このようなこまぎれな話ではなく、一つの長いまとまった話を読みたい。（男子）

〔例8〕2学期に生徒に配布した予習用プリントのサンプル（50分の授業用のもの）は次のようなものである。

CIRCUS GIRL (Reader's Digest N.R.S.B. Grade III, Part 1)

- p. 5 l. 2 her first day on her new job 彼女の新しい仕事での最初の日
l. 4 the circus lot
lot 「土地」の一区画・用地, a parking lot 駐車場
l. 5 Everyone was at work.=Everyone was working.
We are at play.=We are playing.
この at の使い方を辞書で調べなさい。_____
- l. 7 to do tricks いろいろな芸当をするようにと
- p. 6 l. 1 What was her job going to be? この文は、著者が誰の心のうちを代弁しているか?
What is my job going to be?
l. 4 What am I to do in your circus?
be+to+原形動詞はどういう意味か。辞書で調べなさい。_____
I am to live at the school dormitory.

- My father is to leave New York on Monday next week.
- l. 7 Everyone here is in the big parade. この全員が大パレードに参加します。
- l. 9 Then he said to a man standing near. = Then he said to a man who stood near.
- l. 13 You can ride her この can はどういう意味か_____
また、適當な例文を1つあげなさい。_____
- p. 7 l. 7 "No," said Kitty. "This time I will not fall off."
この will は意志か単純未来か
- l. 11 Kitty stayed on. この on (副詞) はどういう意味か_____
He went on and on.
- l. 13 I like it up here. 私はこのような高いところにいるのが好きだ。
it は何をさすか。
- l. 15 He made Jo-Jo put her head down.
この put は put-put-put のうちどれか。
- l. 17 Is that all I have to do? これだけが私の仕事なのですか。
文中に関係代名詞を入れなさい。
all (関係代名詞を伴って) ~だけ
These are all the books I have.
- l. 19 Today, all you have done is (to) sit on Jo-Jo's head.
今日あなたが練習したことは、せいぜい、ジョウジョウの頭にすわることです。
All I can do is (to) advise you to be careful.
- p. 8 l. 6 Soon you will ride standing up. まもなく、立ち上って乗っていけるだろう。
- l. 8 I am glad (that) I started with Jo-Jo.
The dictionary starts with the letter A.

VI. 読解指導の評価のための Testing について

読解指導を主とした授業であっても、読解力のみで英語を評価するのではなく、ここでは、読解力の修得をチェックするための testing の種類をあげることにする。

- ① 日本語要旨を述べさせる。
- ② 感想を述べさせる。意見を述べさせる。*
- ③ 登場人物の性格描写
- ④ 英文で要旨を述べさせる。
- ⑤ 英文で rewrite させる。
- ⑥ 正誤問題 (内容を正確に把握しているかどうか true or false で答えさせる。)
- ⑦ 英問英答 (筋を中心) に
- ⑧ 穴理問題 (筋を中心) に

- ⑨ タイトルをつけさせる。
- ⑩ 段落わけ
- ⑪ パラグラフの配列をさせる。（原文のまま、rewrite したもの）
- ⑫ Sequence signal（連結記号）の指摘
- ⑬ 英文和訳
- ⑭ punctuation をつけさせる。

VII. おわりに——成果と問題点——

この小論の最初に、「読解指導」研究の動機として、私たちは3つの問題点を指摘した。私たちの研究は、まだ実践の段階であり、その3つの問題点に対して、その成果を客観的に示すに至っていない。そのためには、更に綿密な計画・立案、及び生徒の読解能力についての追跡調査が必要である。しかしながら、例えば、夏休みの課題に対する生徒の感想文に見られるように着実に成果を上げつつあると思う。

私たちは、今後も次のようなことがらを中心に「読解指導」についての研究を重ねていきたい。

① 「読むこと」の指導と「話すこと」の指導の関係

M. West が指摘するように、英語学習のある段階より、「読むこと」のカリキュラムと「話すこと」のカリキュラムを別個にすることによって、「読むこと」の指導については、現行教科書より難しい語い、文法事項の含まれているテキストを使い、より内容のある、より興味のある story を読ませることによって、読解力を大幅に向上させることができないか。

逆に、「話すこと」の指導については、現行の教科書よりやさしい語い、文法項目からなるテキストを使い、「話すこと」の能力を大幅に向上させることができないか。

② 日本語と英語の読解能力の関係

言語の差を超えて、文を読み理解する能力は存在する（注13）の仮説のもとに、英語の文が読めるためには、英語の構文、表現に習熟するのみでなく、広く母国語の読書を通じても、文意を考え、把握する練習が必要である。silent rapid reading による読解能力はただ英語の授業のみでなく、母国語の読解の能力とも関連づけて広い視野で行なって行く必要がある。

「母国語と外国語の読解能力の関連」を契機として、「言語構造の背景にあるもの」・「思想と言語」などの領域に研究を進めて行きたいと思っている。

(1971. 5. 6)

（注）

1. 本論は本校主催教育研究発表会において、昭和43年10月に瀬川俊一（現在静岡県立女子短期大学）と樋口忠彦が、昭和45年10月に、田村啓、今倉大、樋口忠彦が、更に昭和45年11月に樋口忠彦が日本英語教育学会において発表したものに加筆したものである。
2. 五十嵐新次郎：「英語教育に関する12章」『英語教育』大修館、14巻8号 '65
3. 瀬川俊一・樋口忠彦：「Oral Approach 再考」本校研究収録第9集、'69

- 瀬川俊一、樋口忠彦「Oral Approachの現状」「英語の窓」中教出版、No. 89 '69
4. West Michael : 「Teaching English in Difficult Circumstances」
London, Longmans, Green and Co. 1960.
 5. 山家 保 : 「Reading とその指導」『ELEC BULLETIN』学習研究社、No. 15 '65
[Reading の指導で文脈全体を把握させるのにはどうすればよいか]
『ELEC BULLETIN』学習研究社、No. 23 '68
 6. 岡本圭次郎 : 『英語科カリキュラム』大修館 '61
 7. 穴戸良平編 : 『中学校英語科基本的事項の指導』明治図書、'68
 8. 大塚賀弘 : 「Reading について」『ELEC BULLETIN』学習研究社、No. 15 '65
 9. 秋田大学教育学部付属中学校 : 「読みとる力を育てる学習指導(1), (2)」「現代英語教育」研究社、4卷10・11月号 '68
 10. 中学生の読解指導用テキストとして次のようなものが比較的入手しやすい。

多読教材用テキストについてのリスト

(シリーズ名及び書名)	(出版社)	(ページ数)(価格)	(備考)
◦ Reader's Digest Readings (English As A Second Language) Book 1, 2, 3, 4, 5, 6.	The Reader's Digest of Japan	約130 ¥230	Elementary Intermediate Advanced の 3つ の level がある。
◦ Reader's Digest, Reading Skill Builders	The Reader's Digest of Japan	約130 ¥200	Grade 1 から Grade 4 まである。
◦ Reader's Digest, New Reading Skill Builders	The Reader's Digest of Japan	60 ¥120	Grade 1 から Grade 6 まである。
◦ Longman's Structural Readers	Longmans		Stage 1 から Stage 6 まである。
◦ New Method Supplementary Readers	Longmans	約 70 約¥130	Stage 1 から Stage 7 まであり Stage 1 (450 words) Stage 2 (750 words)
◦ Pleasant Books in Easy English	Longmans	約70~90 ~200	Stage 1 から Stage 4 まである。
◦ Pattern Readers	Macmillan	約20~30 約¥140 ~180	Primary と Secondary Level がありおのおの Beginner, Intermediate Advanced の 3つの Grade がある。
◦ Dodd's Spplementary Readers	Macmillan	約 50	
◦ Oxford English Picture Readers	Oxford Univ. Press	約 80 約120 ¥100 ¥150	Grade 1 Grade 2

• Easy Readers	Charles E. Tuttle Company	A(500 words)
Series A. B. C. D		B(1100 words)
		C(1800 words)
		D(2400 words)

その他、日本の出版社からもいくつかのシリーズが出版されている。例えば、日栄社の Choice Reading Series, 礼文社の Step-By Step Junior Readings, 教学研究社の English Series For Juniors, 開隆堂の Kairyudo Easiest Series などがある。

11. 多読用教材の選択にあたっての大きな問題の1つに、語いや文法事項の難易度が考えられる。そこで教材決定にあたって、指導者は、生徒の理解度を伴った読みの速度について予備調査をなし、テキスト決定の資料にする必要である。

なお、読みの速度を算定する便宜として、次のような関係を尺度とする。

$$\text{理解を伴った読みの速度} = \frac{\text{テキストの語数} \times \text{理解度}}{\text{所要時間}} \times 100$$

例えば、1000語のテキストを3.5分で読み、問題に対する正解度が70点であれば、

$$\frac{1000}{3.5} \times \frac{70}{100} = 210, \dots$$

となり、一分間の読みの早さは210語である。

12. 辞書の引き方指導に便利であるように、全員に「マイ英和辞典」研究社を使用させている。
13. 読解力を中心として、日本語と英語の理解能力の相関を求めてみた。データーとして集めた素点は、本附属中学のみでなく、大阪府下の標準と思われる中学校2校を選び協力願った。(なお、より詳しいデーターおよび考察は、大阪教育大学研究紀要(昭和45年度)をお読み願いたい。)

$$\text{相関係数} = \frac{\frac{1}{n} \sum (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum (x - \bar{x})^2 \frac{1}{n} (y - \bar{y})^2}}$$

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{N} \quad \bar{y} = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{N}$$

上記の公式に、ランダムテーブルより抽出した30名のデーターをコンピューターに入れ計算すると相関係数が0.62となった。この場合の相関係数の有意水準は0.349であるので、あきらかに有意であると言うことができる。データーは掲理上10点満点に換算して、参考にあげると次のようになる。(点数はプレテストを含み18回分の平均)

生徒	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
英語	4	7	8	9	7	6	7	6	6	6	5	4	9	5	4	8	6	8	9	8	5	5	6	6	8	7	6	4	8	7
国語	6	8	7	8	9	6	8	7	8	4	6	6	8	7	6	8	6	7	9	9	6	6	6	9	8	7	9	6	9	8

$$x \text{ の平均} = 6.46$$

$$y \text{ の平均} = 7.23$$

$$\bar{x} = 1.52$$

$$\bar{y} = 1.28$$

M. Westはベンガル語と英語の読解能力に相関関係が認められると述べているが、詳細およびデーターは明らかでない。おそらく上記のデーターは数値的に日本語と英語の読解力の相関を出した唯一のものと自負している。言語構造を超えて文を理解する能力が存在することを示している。言語構造を学ぶことはむろん必要であるが、それのみでなく、常に文意を考え、文の内容を理解する能力を養うことが必要であることをこのデーターは示している。

授業の実際

—高校英詩教材、etc.—

山 口 格 郎

§1. はしがき

研究集録第12集（昭和45年7月発行）で、「高校英語と英詩」と題して、英詩教材を、積極的に取り入れようと提案し、高1クラスで1ヶ年間に使用した英詩教材と、指導上の留意点について報告、「結び」において、「将来は、現代詩からも、平易なものをとりあげてゆきたい」と述べたのであったが、本稿は、その後1ヶ年間の高2の授業における、「英詩指導の展開」の記録である。併せて、過去10年近くにわたって、本校の英語カリキュラムの一部をなしている、多読指導（高2においては、週6時間の英語授業の中、2時間をそれにあてている）の一部として、過去1年に使用した多読教材を記録する。

§2. 英詩教材

(1)

A TIME TO TALK

When a friend calls to me from the road
And slows his horse to a meaning walk,
I don't stand still and look around
On all the hills I haven't hoed,
And shout from where I am, 'What is it?'
No, not as there is a time to talk.
I thrust my hoe in the mellow ground,
Blade-end up and five feet tall,
And plod: I go up to the stone wall
For a friendly visit.

.....From MOUNTAIN-INTERVAL: Robert Frost (1874…)

〔註解〕

現代アメリカの国民詩人といえるフロストの詩からとったもの。The Penguin Poetsの'Robert Frost'一冊に、まだまだ、高2教材として適切なものが多数ある。上掲の詩集'Mountain Interval'の始めの方に収めてある、'The Road Not Taken'は、この1年間の授業ではとりあげなかつたが、高校時代には非読ませたい名詩である。ペンギン詩人叢書の序文に、エドワード・トマスが、この詩人の文体について述べている。

'Many, if not most, of the separate lines and separate sentences are plain and in themselves nothing. But they are bound together and made elements of beauty by a calm eagerness of emotion.'

まことに、この「語らいの時」の一篇にも、「静かな情熱」がうかがわれる。

詩集 'Mountain Interval' (1916) は、フロストが生活していたニュー・ハンプシャーの谷間にあった農場の名前からつけられたものである。

詩句のうちの、'I thrust my hoe in the mellow ground, / Blade-end up and five feet tall, / And plod' の部分は、畠仕事を中断する（友と語らいの一時を持つために）、農夫の仕種がありありと眼に浮かぶ。'I go up to the stone wall / For a friendly visit.' は、主人公についての mental characterization であるが、'the stone wall' の一句は、同詩人の詩集 'North of Boston' の巻頭にある詩 'Mending Wall' を想い出させる。詩人は、隣人との間に「心の壁」はいらないと歌っているのである。この詩の本筋から外れるようで恐縮だが、私には、「『遊ぼう』と誘われて、断わるような野暮な真似をしたことではない。」と言った先輩の言葉が思われる。

(附記)

THE ROAD NOT TAKEN

Two Roads diverged in a yellow wood,
And sorry I could not travel both
And be one traveller, long I stood
And looked down one as far as I could
To where it bent in the underground;

Then took the other, as just as fair,
And having perhaps the better claim,
Because it was grassy and wanted wear;
Though as for that passing there
Had worn them really about the same,

And both that morning equally lay
In leaves no step had trodden black.
Oh, I kept the first for another day!
Yet knowing how way leads on to way,
I doubted if I should ever come back.

I shall be telling this with a sigh
Somewhere ages and ages hence:
Two roads diverged in a wood, and I...
I took the one less travelled by,
And that had made all the difference.

第4連で、主人公は旅人であった自分が、昔、道の選択を間違がえたために、どんなにひどい目に遭うことになったかを、嘆きをこめて語っているのであるが、しかし、'I took the one less travelled by,' の一句が光っている。最後の一連、「And that made all the difference.」は、W. Wordsworth の、'Lucy Poems' にある '…, and oh, / The difference

to me! を連想させる。R. フロストの詩が採用されている検定教科書を、私は一度だけ見たおぼえがあるが、もっと読まれてよい詩人である。

(2)

Everyone Sang

Everyone suddenly burst out singing;
And I was filled with such delight
As prisoned birds must find in freedom
Winging wildly across the white
Orchards and dark green fields; on; on; and out of sight.

Everyone's voice was suddenly lifted,
And beauty came like the setting sun.
My heart was shaken with tears, and horror
Drifted away... O but every one
Was a bird; and the song was wordless;
the singing will never be done.

.....From Siegfried Sasson (1866...)

〔註解〕

研究社「英米文学辞典」に次の如きサスーンについての記事がある。

「イギリスの詩人。富裕な郷士の家に生まれ、Cambridge に学ぶ。……第1次大戦に彼は正義の戦いに参加する熱情を抱いて従軍したが、戦地の惨憺たる実状に彼の夢は裏切られた。そしてこの幻滅感は彼の精神の重大転機となった。1917年のどに負傷して帰国…」

‘Everyone Sang’については、附高図書新聞第4号（昭和45年12月24日号）に原詩と解説を載せたので、再録する。

印象の深かった小説を、後日再読するという経験を私達は持つ。しかし、なぜか、詩の場合は、読んでいるその時に、何度も読み返す。サスーンのこの詩は、そんな詩だ。放たれた小鳥は、自由を謳歌して、どこまでも飛び去る。…; on; on; と、この「どこまでも」に籠る実感。‘Winging wildly’と、羽音まで聞えるようである。

誰もが、突然、この小鳥のように歌ったというのである。夕日のように美しかった。（英國人が美しいものとして誇るものに、「イギリスの落日」がある。）もう誰もが、鳥になっていた。そして、「その歌に、言葉無ければ、その歌の果つること無し。」

この詩を作った時のサスーンは20代の青年。第1次世界大戦終結の号外が、街を走っていた。（彼は兵隊として従軍、重傷を負った。）

私は、「何故、皆が歌ったのだろう」と考えているうちに、この詩の社会的背景に気がついたのである。しかし、その事を離れて、苦しい経験に、突然訪れてくる喜びを歌った名作と思う。詩語を特に使っていないのに、どの言葉も光っている。

（附記）① Sassoon, Siegfried 1886——の詩は、次の四篇が Modern Verse 1900—1950 The World's Classics : Oxford Univ. Press に収められている。

Base Details; On Passing the New Menin Gate; Everyone Sang; Memorial Tablet.

② 「英國の夕陽」を詠った佳詩に W. Wordsworth (1770—1850) に次の二篇がある。

It Is A Beauteous Evening, Calm And Free (1802)

Stepping Westward : 第一連の最後は, Yet who would stop, or fear to advance, /
Though home or shelter he had none, / With such a sky to lead him on?

(3) 現代児童詩 4 人集

ここにとりあげた詩は、いずれも、A Puffin Quartet Of Poets (Penguin Books) から選んだものである。児童詩と言えば、A Child's Garden Of Verses (1885) が、既にあまりにも有名であって、その作品の一部については、前年度の研究集録にもとりあげたのであるが、ここでは、20世紀の児童詩をとりあげる。授業でとりあげてみると、時にはクラスが笑いに包まれるほどに楽しかったものもある。教科書にでてくる英語といえば、ワーズワス、テニソン、ロセッティ、ロングフェローと大体顔ぶれがきまつていて、それなりの理由もあるのだけれども、マンネリになっている傾向もないではない。この点、本題から逸れるけれども、教科書における英詩の選択に限らず、現行の英語の教科書は概して面白味にかける。語法上の妥当性に編集の关心が偏よってしまって、内容の新鮮さに欠ける感みがある。朱牟田夏雄編 'Readings Now' の高校版の如きものが考えられてもよいのではないか。(もっとも Readings Now には詩が一篇も含まれていないが、それはそれで、よいことである。)

(A) Eleanor Farjeon (1881—1965)

Eleanor Farjeon was essentially a poet who wrote from inspiration. Ideas came to her faster than she could deal with them. 'I was singing songs before I could write, even before I could speak,' she said once, 'as soon as I could guide a pencil, I began to write them.' And so, for half her life, 'song making' was her 'trade'. She expressed herself more easily, more naturally, in 'running rhyme than plodding prose'.

.....Introductory Notes By Eleanor Graham

A Wish

A glad New Year to all!

Since many a tear,

Do what we can, must fall,

The greater need to wish a glad New Year.

Since lovely youth is brief,

O girl and boy,

And no one can escape a share of grief,

I wish you joy;

Since hate is with us still,

I wish men love;

I wish, since hovering hawks still strike to kill,

The coming of the dove;

And since the ghosts of terror and despair
Are still abroad,
I wish the world once more within the care
Of those who have seen God.

(註解)

新年を迎えて、少年少女に祝福を送っている詩ではあるが、意外に serious な人生観を籠めた詩である。第2連第3行、And no one can escape a share of grief など、内容的に決して単純ではない。また、生徒には、'a share' が解りにくいようである。

Good Night
Now Good-night.
Fold up your clothes
As you were taught,
Fold your two hands,
Fold up your thought;
Day is the plough-land,
Night is the stream,
Day is for doing
Night is for dream.
Now good-night.

(註解)

夜、床に就く前の、子供への躾け (discipline) が、リズミカルに歌われている。E. Graham が、'song making' was her 'trade' と評しているが、その通りである。4行目の 'Fold your two hands' がピンと来ない生徒が多い。(習慣の差である。) 次の 'Fold up your thought;' は、前の行との口調のつながりもよいし、前半5行のしめくくりとしてよい1句。

(B) James Reeves (1909…)

James Reeves deliberately shut himself away to write his verses for children, thinking and feeling his way back into the core of childish experience, recapturing the emotional tone of those moments with an intensity which had something trance-like about it, getting the picture clear, allowing to develop the rhythmic form which nearly always sprang with it, ready made, into his mind.

—By E. Graham

Slowly
Slowly the tide creeps up the sand,
Slowly the shadows cross the land.
Slowly the cart-horse pulls his mile,
Slowly the old man mounts the stile.

Slowly the hands move round the clock,
Slowly the dew dries on the dock.

**Slow is the snail.....but slowest of all
The green moss spreads on the old brick wall.**

〔註解〕

「当世遅いものづくし」といってもよい。aabcceddと整然と韻をふんでいて、口調がよい。第2連第2行の、Slowly the dew dries on the dock. という風物の取り入れも斬新である。しかし、最後に到って、slowestなのは、年を経た、練瓦壁に拡がってゆく苔であるというところで驚く。生徒にとっては、直ちに、驚きでもあれば、satisfyingでもあるという説にはゆかなかつけれども、やがて、理解した。

Stones by the Sea
Smooth and flat, grey, brown and white,
Winter and summer, noon and night,
Tumbling together for a thousand ages,
We ought to be wiser than Eastern sages.
But no doubt we stones are foolish as most,
So we don't say much on our stretch of coast.
Quiet and peaceful we mainly sit,
And when storms come up we grumble a bit.

〔註解〕

第5行の'But no doubt we stones are foolish as most.'という石の呟やきにもかかわらず、或いはその呟やき故に、浜辺の小石が、sagesに思えてくる詩。最後の'And when storms come up we grumble a bit.'がhumorousである。'wise'という一語を思わせる詩。

(C) E.V. Rieu (1887…)

次の2つの小詩は、この詩人の代表作ではないけれども、抜群に愉快な詩である。かなり長い詩題に、僅か2行の、詩が記されているに過ぎない。題が、詩全体の不可欠の要素として存在している。亀が、philosophical creatureであることを納得させる。クラス中の生徒が思わず笑い出した。なんの説明も必要としない。しかし、明らかに詩である。

**Meditations
of a Tortoise**
Dozing under a Rosetree
near a Beehive
at Noon
while
a Dog
scampers about
and a Cuckoo calls
from a
Distant Wood

So far as I can see,
There is no one like me.

Night Thought
of a
Tortoise
Suffering from
Insomnia
on a Lawn

The world is very flat...
There is no doubt of that.

(D) Ian Serraillier (1912…)

物語り詩としては、'Oft I had heard of Lucy Gray' で始まる Lucy Gray が時々、教科書に載せられているが、次にあげるのは、エベレストに初登頂したヒラリー卿の苦闘を詩にしたものである。この詩人には、ハイエルダール船長の航海をテーマにした 'The Ballad of kon-Tiki' という詩もある。略伝は、この詩人に関して次のように述べている。
'He has travelled much in Europe and is fond of mountains and the sea. His hobbies are walking, swimming, and skiing. He prefers country to town,……'

Everest Climbed
THE ICEFALL

It was April when they came to the Icefall.....Hillary,
His coolies and Sherpas, fifty strong.
In the forest of ice they camped, upon Khumbu,
In the white moon-world where no grass, nothing grew.
And the snow fell all day long. They were cold
And wet, some of them snow-blinded,
Short of tents and shelter.....but nobody minded.
With the weather at freezing (or a shade below)
They turned their backs to the wind, crouched behind
 boulders and stones,
Or lay content as huskies, curled in the snow.
Next morning, when the snow had done with falling,
They kicked their way through the crust. And the
 climbers
Plodded on till, turning the valley head, they beheld
A white cascade of water, waves down the mountain
Leaping and whirling! But the giant fountain
In frosty plunge appalling

Then Hillary attacked. Snow falling, wind howling,
Five days he fought, with axe and hoisting gear,
Ladder of almium, ladder of rope
And timber for bridging. Time and again
They were beaten back.....
When cliff and wall crumbled, when avalanche
Wiped out a hundred feet of track,
By crevasse and gaping chasm, by toppling pinnacle
And serac overhanging. But they fought back.
Hack, at the ice! Over that ridge now.....
Here's a flag to mark it.....keep to the left of this.....
We'll fix a line to the wall there.....watch for the abyss.
Hack, hack at the ice! It was the same every day
Till they pitched a couple of tents on a shelf half way.
Hack, hack at the ice! More ridges,
Crevasses and pinnacles and chasms and bridges.
Hack, hack at the ice! or wade in the snow knee-deep
And battle to the top. At 20,000 there was room
Just room to pitch a tent and, over the brink above, peer

Into their dreams and longings, into the Western Cwm.

(4) 万葉集英訳 2題

なにも万葉集を英語で読まなくてもという意見もありうるが、高校生にとっては、2つの点で、意味があると考える。1つは、英語のもっている、dry な logical enlightening な性格が、はっきり認識できることである。（これは、生徒が、万葉集の代表的なものの幾つかについては、その理解が、それなりに、成り立っていて、したがって、英訳文との対比が可能だからである。）もう1つは、原詩（日本文）の趣旨を理解する上で、英訳詩と読みくらべることが、案外役立つことに気がつくのではないかと言うことである。幸いに、本多平八郎先生の名訳が、北星堂から出版されている。またPenguin Books: Penguin Modern Poets 9 に、Kenneth Rexroth の訳詩が僅かではあるが収められている。本多訳で2首、日本文と対比してみる。いずれも授業でとりあげたものである。

大船の泊つる泊りのたゆたひに

物思ひ瘦せぬ人の児ゆゑに

巻 第2 122 弓削皇子

Like a ship that rocks from side to side

troubled am I, thinking of another's bride.

Prince Yuge No. 122, BOOK TWO

小竹の葉はみ山もさやに乱るとも

われは妹思う別れ来めれば

巻 第2 133 柿本人麿

Noisily the bamboo grass

is rustling in the wind,

but my thought is of my love

I left behind.

Kakinomotono Hitomaro No. 133, BOOK TWO

(5) D. H. ロレンスの手紙

ペンギン文庫の、D.H. Lawrence: Selected Letters には、ロレンスの書簡が百通載せてあるが、その1つを教材としてとりあげた。散文詩といいたい程に美くしい文章である。かならずしも、それが詩的な散文でなくてもよいが、もっと書簡文が教科書に載せられてよいのではないか。（手紙の書き方指導などを目標とした、無味乾燥な内容のものではないものをある）戦争直後の、まだ表紙もろくについていない程に、紙そのものが不足している時代の中學の教科書には、南軍の R. リー将軍が息子に宛てた手紙などがはいっていたのを覚えているが、その後、教科書からは姿を消したようである。

ここに掲げた、ロレンスのアスキス夫人への手紙は、第1次世界大戦の禍中に書かれた

もので、この作家の小説の文体の如くに、平明な私信の中に、戦争に対する、詩人ロレンスの厳しい態度と批判が籠められている。（序でに、中央公論新書、「西村孝次郎：ロレンス——人と作品」は、高校生に一読を勧めてよい本だと思う。）

To Lady Cynthia Asquith

I Byron Villas,
Vale of Health,
Hampstead, London
21st October, 1915

My DEAR Lady Cynthia,.....

What can one say about your brother's death except that it should not be. How long will the nations continue to empty the future—it is your own phrase—think what it means—I am sick in my soul, sick to death. But not angry any more, only unfathomably miserable about it all. I think I shall go away to America if they will let me. In this war, in the whole spirit which we now maintain, I do not believe, I believe it wrong, so awfully wrong, that it is like a great consuming fire that draws up all our souls in its draught. So if they will let me I shall go away soon, to America. Perhaps you will say it is cowardice; but how shall one submit to such ultimate wrong as this which we commit, now, England.....and the other nations? If thine eye offend thee, pluck it out. And I am English, and my Englishness is my very vision. But now I must go away, if my soul is sightless for ever. Let it then be blind, rather than commit the vast wickedness of acquiescence.

Don't think I am not sorry about your brother.....it makes me tremble. Don't think I want to hurt you—or anybody—I would do anything rather. But now I feel like a blind man who would put his eyes out rather than stand witness to a colossal and deliberate horror.

Yours,
D.H. Lawrence

I am so sorry for your mother. I can't bear it. If only the women would get up and speak with authority.

(6) 漢詩英訳

この項は、実際にまだ授業でとりあげたことはないのだけれども、将来、一度はやってみたいことである。(4)で、万葉集英訳について触れたのであるが、漢詩英訳の場合は、日本の詩歌を英訳した場合よりも、もっと、原詩の理解にプラスすると考えられるし、高校生の英語力で十分に、楽しめるものが数多くある。そして、本校の教官であった片山智行先生(漢文担当)の経験によっても、高校生は、五言絶句、七言絶句の漢詩を喜んで朗誦するものであるから、この分野の英詩教材も考えてゆきたい。実例を2篇あげてみる。

江 雪

柳完元

(Translation By Kenneth Rexroth)

千山鳥飛絶

A thousand mountains without a bird.

萬逕人蹤滅

Ten thousand miles with no trace of man.

孤舟蓑笠翁

A boat. An old man in a straw raincoat,

獨釣寒江雪

Alone in the snow, fishing in the freezing river.

LIU TSUNG-YUAN

杜甫

(Translation By H.A. Giles)

江碧鳥逾白

White gleam the gulls across the darkling tide,

山青花欲燃

On the green hills the red flowers seem to burn;

今春看又過

Alas! I see another spring has died.....

何日是帰年

When will it come.....the day of my return!

§3. 附記：多読教材

昭和45年4月～昭和46年3月の1年間に、高2教室で、多読教材として使用したテキストを資料として記録しておく。配列順は、使用した順番である。英語による「読書」の楽しさを味わうことを第一の眼目として、使用したものである。昭和45年10月の、本校主催の教育研究会で授業発表を行なったが、授業後に開かれた協議会で、参会者からの質問は、次の3点に集中した。①進度。②学力の劣っている生徒の扱かい。③評価。私としての留意点は次の如くである。

① 進度。多読であるから、速読であることが必要。理解が不充分であっても、話の大筋に間違がいがなければ進む。沢山読みこなしてゆくうちに、次第に正確に読みとてゆかせる。1学期の間は、1時間の授業で平均5ページ（50分授業）位。vocabularyの程度も大切だが、内容が、文句なしに面白いことを重点にした教材からはいる。

高2の3学期で、1時間に、12～15ページ位、1週、20～30ページのテンポになった。

② 学力差の問題。初期の教材は、註が沢山ついていて、内容についても若干、日本文による説明がついているものを選ぶ。simplified edition を主として使ったけれども、原著の翻訳が文庫本にはいっているものが多いから、そのことも指摘して、活用して差支えないことにする。

③ 評価。試験の時には、テキスト持込みの形式によった場合が多い。評点は、大まかに、かつ寛大にという方針で進めた。本来、「読書」と「試験」は無関係なものだからである。私の個人的感想を述べれば、「多読」に関する試験は、配点を大きくし、かつ、「点がとれるものだ。」という感じを生徒に持たせる位の方が好ましい。

多読用テキスト：（昭和45年4月～昭和46年2月：高2）

1. My Name Is Aram (Simplified), W. Saroyan, Eichosha
2. A Tale Of Two Cities (Simplified), C. Dickens, Kaitakusha
3. Jane Eyre (Simplified), C. Bronte, Biseisha (夏期休暇宿題)
4. The Oxford History Of The United States Of America, H.S. Commager, Osaka Kyoiku Tosho
5. The Pioneers (Simplified), Jack Schaefer, Kaitakusha

