
電子計算機の得手と不得手

1969年12月5日
朝日講堂において



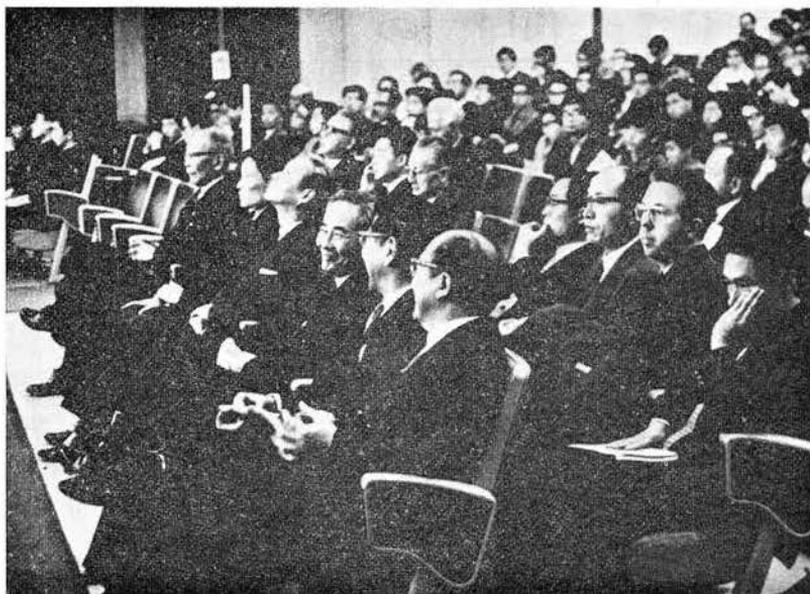
後藤英一

実はわたくしは学究の徒でありまして、黒板に式を書きながらしゃべるのにはなれておりますが、こういうところでお話しするのは苦手でありまして、うまくできるかどうかわかりませんが、精一ぱいやってみます。

計算機のもた
らした驚き

わたくしの専門にしておりますのは電子計算機なので、それについてお話ししたいと思います。電子計算機というのは一種の機械であるわけですが、機械の中では一種独特の地位を持っているのではないかと思います。と申しますのは、計算機というのは人間の能力、特に頭脳とか精神の働きに近い

かあるいは近く見えることのある能力をもつという意味で、特別の地位にあるように思われます。過去におきまして、計算機が飛躍的に進歩した、あるいはその応用が急速に伸びたという場合に、思想的に一種のショックがあったように思われます。非常に古い話になりますが、計算機を最初につくったといわれていますのは、フランスの数学者のパスカルであります。パスカルは、流体力学のパスカルの原理とか、数学に出てまいりますパスカルの三角形とか、あるいは射影幾何のパスカルの定理、その他数多くの数学上の業績を残しました 17 世紀の偉大な哲学者であります



講演会風景

が、パスカルが20歳ごろから、父親が税金の仕事をはじめました。現在でもそうですが、その当時も税金の計算というのはなかなかむずかしいものであったらしいのです。しかもいまでもと学校で算術を教わるので、非常に多くの人が計算ができますが、300年昔は計算はごく限られた人しかできなかったようです。この厄介な税金の計算を見ていたパスカルは、2年の歳月をかけていろいろくふうして計算機を作りだしました。これは加算だけしかできない今日みれば非常に簡単な計算機

でしたが当時の哲学界、数学界に非常に大きなショックを与えました。いまから20年程前に電子計算機がはじめてできたときに、非常に多くの人にショックを与えましたが、それとちょうど同じことが300年昔、手で回す簡単な計算機ができたときにもおこったのです。

なにか計算というのは人間の高級な知能の能力を必要とするもののように思わ

れていて、それが機械でもできるということは、当時の哲学者や数学者など多くの人にとっては非常な驚きであったわけであります。パスカルの「パンセ」という本を引用させていただきますとその340節に計算機のことを書いてあります。「計算機は動物の行なうどんなことよりも一層思考に近い結果を出す。だが、動物のように意思を持っていると人にいわせるようなことは何もしない」というのが300年昔のパスカルの書いた文章です。これとまったく同じようなことがつい20年程

前に起こったわけでありまして、それは、世界で最初に電子計算機がつくられたときでありまして、1946年ですから、いまから23年前になります。私も電子計算機というものができるというニュースを知って、これは非常に面白いものだ、ぜひそういうものをやってみようと思立って、ついに計算機屋になってしまったわけでございます。

一番多くの人々が驚いたのはその計算のスピードです。計算が機械でもできることは300年前のパスカルの時代からわかっていたわけですが、電子計算機のスピードは驚異的に速いということでもあります。有名な例としましては、最初にできた電子計算機が、円周率を計算させたら、1000けたの計算を数時間でやってしまったというのがあります。前世紀の数学者シャンクスという人は、筆算で円周率を707けた計算するのに半生を費したのですが、それがわずか数時間でできてしまうということで、これは多くの人にとって非常に驚きであったわけでありまして。

「人工知能」の
議論の花ざかり

それ以後、ご承知のとおり計算機は非常に勢いで進歩してまいりましたが計算機ができ始めたころには、計算機の能力の限界

がはっきりしなかったものですから、非常におもしろいいろいろの議論がなされたのであります。たとえば人工知能ということばがそのころできまして、計算機というのは人工知能であるとか、あるいは人工頭脳というので、何でもできるのだということがいわれたのであります。

いわゆる、人工知能の研究は電子計算機の誕生と同時に始まりました。計算機を使いまして、人間の知能を要すると考えられてきた仕事をやらせてみようという研究であります。たとえば音楽の作曲を計算機にやらせてみたとか、ことばの翻訳、たとえばロシア語から英語の翻訳を計算機にやらせられないかなど、従来はばく然と、精神作用と申しましようか、あるいは人間の知能と申しましようか、そういうものがどうしても必要だと多くの人に考えられているようなことを機械にやらせてみようという試みであります。そういう試みを一括して、人工知能の研究と呼んでおります。

おそらくその中でも多くの人々にとっての驚きは、数学の定理の証明ということではなかったかと思えます。数学の定理の証明というのは、たとえば初等幾何で、二等辺三角形

の底辺の角は互いに等しいとか、そういうものを数値計算ではなくて、ちゃんと証明するわけでありませう。たとえば三角形 ABC と ACB が合同だから角 B と角 C が等しくなるというふうに進める論証とか、あるいは補助線を引くなど、いろいろ方法がありますが、とにかく計算機が幾何の問題を与えられるとその証明を打出すという計算プログラムが作られました。それまでは多くの人にとりまして、幾何の証明ということは人間しかやれないことで、機械でやれることとは思われていなかったことですが、そういうこともできるようになった。これが計算機ができた当時から、それから10年ぐらゐの間の人工知能の問題において、非常に話題を呼んだ研究の一例であります。

機械でできること、あるいは人間にしかできないことという議論は、現在も続いておりますが、特に電子計算機ができてしばらくの間は非常にそれが盛んに行なわれました。その中には、機械が人間の知能に近づくことに関する楽観的な考え方、つまり、これで電子頭脳ができたのだという考えです。電子計算機のスピードは人間の頭脳よりうんと速い。つまり、人間の脳細胞というのは電気化学的

作用で働きますので千分の一秒程度かかる。それに対して電子計算機の場合は電子が働くのですから、少なくとも1000倍、あるいは100万倍近くのスปีドが出る。だから、そういうものさえ組み合わせれば人間の頭脳に相当するものができるのだという非常に楽観的な議論、特にそれが幾何の定理の証明ができたとか、翻訳のまねごとができたことから刺激されまして、比較的近い将来、その当時からいいますと10年とか20年という年月のうちには、人間の知的活動の大部分は機械でやれるんじゃないかと、楽観的な意見を吐く人もいました。それに対しまして悲観論では、たとえば創造ということは人間の精神作用のみによって可能なのであって、機械というものはあくまでこちらが申しつけたことを、ただやるにすぎない。そういうものが創造能力を持つということはあり得ないのであるという議論があります。そういう楽観論、悲観論、人工知能の可能性に対する否定論、肯定論というものが非常にはなやかでありました。

用語で立場が
わかる

この中でいろいろおもしろいことがございますが、楽観論と悲観論というのはことばを聞けばすぐわかるんだというおもしろ

い観察がありました。というのは、計算機で記憶装置などと申しますし、あるいは計算機に学習するプログラムというのがあります。これは何か教えたことでだんだん利口になる計算機だ。あるいは計算機に指令を与えることを教育するのだ。記憶とか、教育とか、学習とか人間に使うようなことばを機械に対して使うのは大体楽観論者であります。そうじゃなくて、記憶なんて人間だけができることである。あくまで機械はこちらが言ったことを記録しているにすぎん。記憶装置でなくてあれは記録装置である。教育とか学習というのはおかしいんだ、というのは大体悲観論者であります。このように、人工知能の可能性の議論をするときに、擬人的なことば、あるいは動物に類することばを使う人は楽観論者で、悲観論者はそうではないというようなことで、ことばを聞けばすぐわかるというおもしろい観測がありました。楽観論、悲観論、否定論、肯定論の間には用語にも非常に大きなギャップがあったのでございます。

計算機が不得手な「図形認識」

それに対しまして、現在は計算機がつくられまして20年以上たっております。この間に計算機にとって得意なこと、不得意な

こと、何に対して不得意かと申しますと、人間あるいは動物と比較して不得意なこと、というのがだんだんはっきりしてきたのでございます。計算機はどういうことが得意かというと、いうまでもなく計算が速くて正確にできるということであります。人間というのは間違いをしやすいものだということは、だれしも計算機のプログラムをやっていると、人間がいかにも間違いをしやすいかということがよくわかります。計算機の特長はスピードが速いことと機械的な操作の手順がわかっていることを手ぎわよくやることについては非常にすぐれております。

ところが、機械にとって不得手なことといえますと、明確に操作が定義されていないようなことで、人間がなんとなくやっているようなことは不得意だというわけです。その中で最も不得意といえますか、あるいは不得意なものをみんなそう名前をつけているといってもいいのかもしれませんが、それは図形識別、図形認識というものでして、現在の計算機、そのほかどんな機械をもってきまして、これをやらせることがなかなかむずかしいのだということが、過去20年のいろいろの研究からわかってまいりました。図形認識、

図形識別と申しますときの図形というのは、幾何学的図形、空間的図形を含むことはもちろんでございますが、それ以外に、計算機でいう図形認識の場合には、音声の識別というような、時間的に発生いたします系列の識別も入れて考えます。この図形識別、図形認識というのは、実用上も非常に大きな意味を持っております。たとえば音声タイプライター、特に日本人はタイプライターを打つのがあまり上手でない人が多いので、ここで話していますように、マイクに向かって話をする、タイプライターでパタパタと字が出てくるといふものができたら、実用上非常に便利でありましょう。本を出版するのに、まずしゃべってしまうと即座に印刷した本が出てくるといふことになればいいではないか。あるいは計算機に指令を与えるには、現在は大体パンチカードを使っておりますが、パンチカードの機械に向かってキイをこうやる、といふことは要らない。しゃべっているとそれで仕事が始まることになったら都合がいい。あるいは文献の調査にいたしましても、あるいは古い文献の記録を調査する、あるいは現在の科学技術の文献の印刷してあるものを調査する、という場合にも、文字の識別ができる

と非常に都合がいいわけであります。そういうわけで、図形認識というのは実用上も非常に大きな意味を持っている。またこのように実用上の意味がありますので、研究も盛んに行なわれておりまして、たとえば活字を読むこともある程度まで進んでおります。しかし、手書きの文字ということになりますとなかなかむずかしいので、数字だけでも識別しようというのが郵便の番号の識別で使われようとしておりますが、これでも実用上の意味は非常に大きいわけでございます。郵便の滞貨がたくさん出る。その原因は郵便の仕分けだ。そこを機械でやらせたらいいだろう。これらが図形識別の実用上の大きな意味でございます。

それから、科学研究上にも多くの意味を持っております。科学研究上では、図形を非常にたくさん処理しなくてはならない研究分野というのが幾つかあります。その一つは生物学、あるいは医学というような生物を対象とする学問でございます。たとえば染色体の数を数えるとかガン細胞かどうか見るのに染色体を大きさの順序に並べましたり、かっこの順序に並べて検査する方法があり、また染色体の異常に起因する病気もあります。そう

いう検査を現在はみんな人が目でぞきま
して見ているわけです。そういうものが機械で
できるようになりますと、生物学の研究なら
びに医学の研究、および診療のうえに非常
に大きな意味があるというわけです。

それから、科学研究上では、現在図形識別
が非常に重要になっておりますもう一つの例
には、物理学で、特に高エネルギーの物理学
で素粒子の飛跡というのを解析して、素粒子
の性質を解明する研究があります。これにつ
きましてはあとでスライドを幾つかごらん
にいたします。

図形識別はもう一つ、人工知能とか人間の
知能の本質に非常に関係があるだろうとい
うことでございます。これはどういうことか
と申しますと、人間の頭脳の働きはわかっ
ていない部分が大部分であります、その中
でも特にわからない、どういう作用機構に
なっているか解釈できないのが図形識別の
問題だというわけでありまして。

むずかしさが
判るのが遅れ
たわけ

ところが、図形識別という
のは非常にむずかしいもの
であり、かつ重要なものだ
という認識は、電子計算機
の出現直後ではなくて、研究が10年以上な

れてからいわれたということがおもしろい
ところでございます。わたくしはパスカルの著
作を全部しらべたわけではございませんが、
計算を機械ができるということについての文
章などいろいろのことがいわれておりますな
かには、図形識別を機械で云々、というこ
とは書いてありません。また機械でできるこ
と、できないことに関して、哲学者あるいは
数学者の研究が、電子計算機の完成以前にも
非常に進んでおり、たとえば機械的操作の反
復だけでは必ずしも証明できないような命題
があるということが1930年代にわかったわ
けでございますが、そういうことが哲学的、
数学的にどういう意味があるか、機械論に
関する数学者の見解というのは、大体その
ころ非常にたくさんの議論がなされてお
りますが、そのときに、機械ができること
と人間ができることを比較して、図形識別
は機械にとってむずかしいだろうとい
うことが指摘された例はほとんど聞いて
おりません。それから、電子計算機が
できて、それをいろんな方面に応用し
ようという場合にも、初期の段階では
図形認識のことがいわれなかったので
あります。

それはどうしてだろうということを考えて

みますと、どうもわれわれが日常生活であまりにも簡単に、図形識別をやっているからではないかと思えます。われわれにとってむずかしい計算を、たとえば円周率 10 けたを筆算でやってみろという、これは何日かかるかおそらく 1 日ではできないと思えますが、そういうことを計算機は簡単にやってしまう、そちらのほうに目を奪われまして、図形識別が機械にはむずかしいとは気がつかない。われわれが図形を識別するというのは持って生まれた性質なので、大体子供が半年もたちますと、母親とほかの人の区別がつくようになります。動物でも飼い主とか、意地の悪そうな人とか、やさしそうな人とかちゃんと見分けるもので、そういう能力を生れながらに持っている。それを機械にやらせようとする、むずかしいということは、案外気がつかない。これは研究が始まってからもそうございまして、実用上、あるいは科学研究上、あるいは人工知能の本質の研究ということから、図形識別の研究を、わたくしどもも含めてやった人は世界で非常に多いわけですが、大体例外なく、わたくし自身も含めて、始めるときは楽観的な見通しを持って、始めております。われわれが図形識別を

あまりにも簡単にやっつけてしまっている、機械にそういうものをやらせようという場合、やれば大したことはないだろうと思って始めるのですが、やってみると非常にむずかしいことがわかってくる、というのがいままでのところ、ほとんどだれしもが経験したところなのであります。

計算機は将棋
の「名人」に
なれるか

たとえば一番最初に考えられますのは、計算機に文字を読ませようという場合、たとえばイロハのイという字を持ってきまして、それはいろんな書き方があるわけですから、とにかくイと読めるものをみんな網羅しておけばいいじゃないか。とにかく入ってきた図形と網羅している表とを調べまして、その中のどれかに当たるはずだから、それで識別すればいい——これは全部を網羅する方法です。こう考えられるかもしれませんが、それはだめです。というのは、網羅するのに必要な記憶の数が天文学的数字になりまして、それはできない。それじゃ比べ合わせ法というのはどうか。これは活字の場合はかなりある程度までうまくいきます。つまり標準の字の形がありますから、それと比較して一番似ているものを、つまり標準の

文字だけを全部覚え終わっておりまして、それを片っぱしから比較して、一番似ているものがそれだとするやり方でございます。活字の場合、いまの比べ合わせ法に多少の特徴抽出を加えますと、かなりの程度までまいます。ところが手で書いた字ということになると、これは非常にむずかしくなります。

それから、音声タイプというのは、やはりなかなかむずかしいのでありまして、最初のころは、特に日本語というのは、子音が 15、母音が 5 つの組み合わせで、50音に濁点、半濁点とンができています。それも子音と母音で、母音が必ずあいだに入るので、母音の波形を覚えておいて、母音がどれだというのを出して、それから子音の波形を全部覚えておけば、20ばかりの音声の波形だけを覚えておいて、どれと似ているかをやっていけば音声タイプができるだろう。ちょっと考えるとこれらはそうむずかしくないだろうというので研究が始まったのですが、世界的にどこでもそうですが、やってみると非常にむずかしい。特に音声の場合には、一つ一つの音を認識しているのではなく、ことば全体でやっているという事情がありますので、なかなかむずかしいということです。

ほかに、ゲーム——将棋、チェス、というようなゲームを計算機にやらせたら非常に強いだろうという考えもある。というのは、将棋でも碁でもそうですが、先手必勝であるか、後手必勝であるか、あいこになるか、必ず三つの一つになるようにルールがつけられているわけでありまして、いわゆる読みというのがあります。何手も先を考える。しかもものの動きは連続的にいろいろあるのではなく、飛び飛びに駒が動くだけです。計算機にルールを覚えさせることはもちろん非常に簡単です。何手も先を読めばいいだろう。たとえば人間が 3 手先しか読まないなら、5 手でも 10 手でも先を計算機に読ませてしまえばそれで必ず勝てるはずだ。理くつはそうなるのですが、ところが、先の手を読むということは、組み合わせ問題で、これは、数がたちまち多くなります。たとえば将棋の場合、1 手に 30 通りの可能性があるとして、2 手先で 1000 通りになりまして、4 手先で 100 万通りになります。そうしますと、計算機は多少速いといっても、人間の 100 万倍速いといいますが、それはかりに全部可能な手を読むとするならば、人間より 4 手先までを読むにすぎない。ところが実際に将棋の名人

はどういうことをやっているかと申しますと、過去の経験からしまして、これがなぜわかるかわからないところではありますが、非常に大づかみにこういう手はどうせバカげているからと、そういうのを読むのは省略してしましまして、手筋というような、これはよさそうだという感じを持っている手につきましては20手、30手先を読む。そして、むだな読みはやらないということができるようになっております。そのために、機械がチェスをやっても、機械の強さというのはせいぜいしろとの、始めてしばらくの人に勝てるだけで、名人、上手というのに勝てるような計算機のプログラムは当分できそうもないという実情になっております。この場合にも、一種のパターン、図形識別というのがあるんだろう。つまり、盤上の駒の組み合わせというんでしょうか、その大づかみの感じをそこからつかみとりまして、どちらの方向にものごとを進めたらよさそうかという、全体の大局的戦略がなんとなくできる。そのなんとなくというのは一体どうやっているのかということになりますと、これは皆目わからん。そういうわけで、現在の計算機ではできにくいものがたくさんあるんだということでありま

す。そういうわからないものを全部ひっくるめて図形識別と呼んでいる傾向もございしますが、とにかく人間の頭脳の働きの中で、計算機と比較した場合に、計算機にとって不得意なのは図形の識別であります。

一方、人間の頭脳の中でその
 脳の研究の進
 歩にまつ
 ういうものはどうやって行
 なわれているかという研究

はなされてはおりますが、はっきりした機構はまったくわかっておりません。特に一番わからないのは、図形の識別ということにつきましては、非常に大量の記憶が要るのだろうということは想像がつかます。すなわち、過去の経験というようなものから得られている、広い意味での図形がどこかに入っているはずだ。また、入っていないのは図形の識別ができないわけです。ところが、機能局在説と申しまして、生理学者によりますと、記憶がある部位というのは、脳の、視覚についてはある部位、聴覚については別の部位というふうに局在して存在することはわかっておりますが、一体脳の細胞の中でどういうかっこうで覚えられているかということはまったくわかっていないわけです。脳細胞のからみつき方の組み合わせが変わるのだとか、そうで

はなくて化学物質の形でたくわえられるとか、いろんな説がありますが、確定しているわけではございません。

一方、図形識別のやり方として、人間の脳細胞の働きというのは全部解明されているわけではなく、比較的好くわかっているのは、パルスを送り出す作用の部分です。ですから、脳細胞の中のまた化学物質、あるいは蛋白質のような形でものを覚えるというのであれば、これは困るわけで、その部分はまねできないわけですが、神経の中の興奮状態が伝わるというところは電気回路でまねできるわけでございます。そこで、たくさんのトランジスタとかその他電気回路を並べまして、神経の中を興奮が伝わる状態と似たようなことをやらせてみようという試みもございます。そうすれば高い図形識別の能力がかなり得られるのではなかろうかという研究がなされておりますが、これはある程度の部分的な、簡単な場合につきましては、たしかにそういうもので識別ができますが、人間の高度の図形識別能力というのがそれでできるかどうか、わかっていないという現状でございます。

素粒子物理学 と図形識別

さて、仁科先生が、現在で申しますと素粒子物理学、あるいは原子核物理学というものをやっておられたのでございますが、この分野で図形識別ということがどのように必要かというスライドをお目につけたいと思います。

このスライドは(図1)、水素あわ箱——液体水素の詰まっている箱を急に膨脹させますと、素粒子の通ったあとだけにあわができる。それを写真にとると素粒子がどういうふうに走ったかということが見えるわけですが、それをあわ箱といいます。そのあわ箱でとった素粒子の飛跡でありまして、そこにたくさん走っているものが素粒子の飛跡で、まるくまがりますのは、磁石の中にそれが入っておりますと粒子の走るスピードと申しますか、粒子の運動量に応じて曲率がきまる。そういうものから飛んでいる素粒子の性質を知るわけであります。

次のスライドをお願いします(図2)。

いまお見せしましたスライドには、非常にたくさんのもが写っていたのですが、その中から、抜き出したこれは有名な Ω^- (オメガ、マイナス)という素粒子を発見したときの写

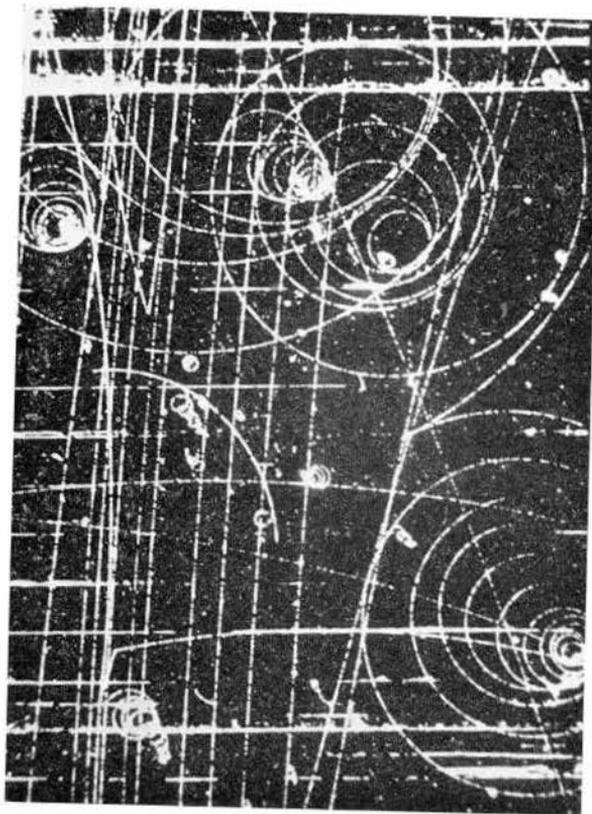


図 1

真でございます。たくさん写っている中から、肝心かなめのこれだけのものを引き抜いてこなくては行けない。かつ、その持っております曲率とか、座標——頂点、分かれ目のところの位置というのを、はかってきめなくてはなりません。機械にとりまして、こういうものの位置を正確にはかることは非常に

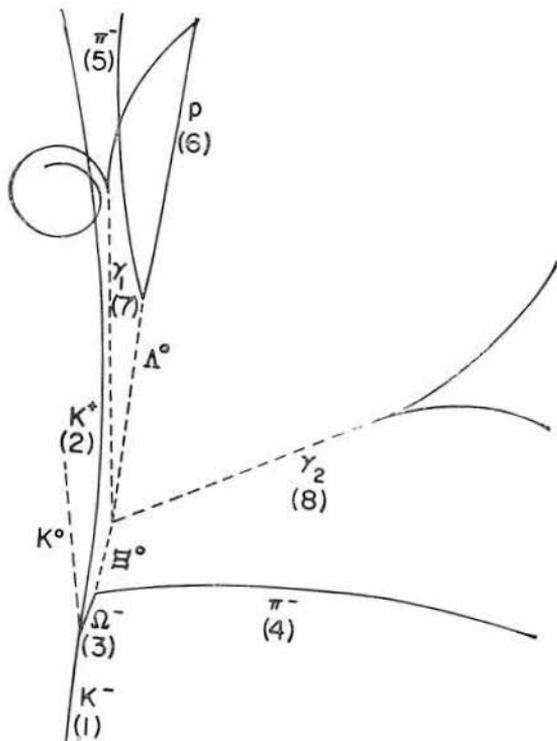


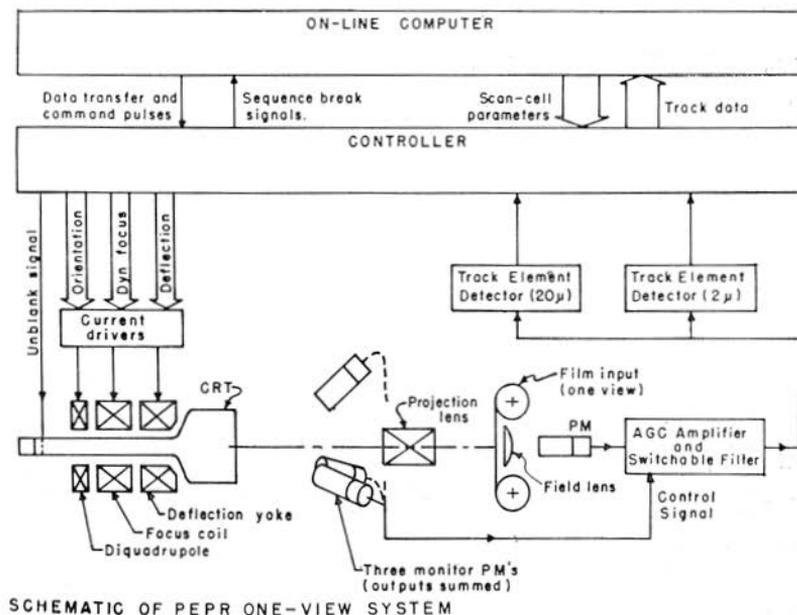
図 2

得意なわけです。この点の位置をはかってくれといえ、機械で簡単にはかれます。あるいはこの線の曲率を計算せよといえ、これも比較的簡単に機械で出すことができますが、一番問題は、先ほどの写真のようなものの中から、どれが大事だということを知ること、特に分かれ目、曲がり角というところを

さがすことがなかなかできない。これは図形識別の中でも一番簡単なはずです。ああいう簡単な線だけの図形なのですから、その中から曲がり目さえさがせばいい。そんなに簡単に見えることなので、こういうものを完全に自動化しようという研究を始めた人は、だれでも、そんなことは簡単にできそうだということで非常に楽観的な考えで始めていますが、いろいろやってみると、人間の識別能力にかなう機械はなかなかできない。現在でも、完全自動化というのは世界どこでも完全にうまく行くまでにはなっていません。重要な図形を拾い出す、識別することは人間がやって、あと、いわゆる機械的操作に属する座標の測定とか、あるいは曲率を求めること等々を機械でやる。つまり、人間と機械とがそれぞれの得意、不得意のところを補い合いました、解析するというのが実情です。

次のスライドをお願いします (図 3)。

これは、学会の講演会でないので、こういうのをご説明するのはあるいは場ちがいかも知れませんが、簡単に言いますと、いまのようなフィルムを解析する一つの方法ですが、ここにありますが、テレビなどに使いますブラウン管でありまして、その上で輝点を走らせまして、それをいまのフィルムの上に投射しますと、投射した点に飛跡が写っているか、写っていないかによってこちら側に、PM と書いてありますが、あれは光を感じる真空管でありまして、それによって、飛跡が



SCHEMATIC OF PEPR ONE-VIEW SYSTEM

図 3

あるかどうかわかるということでもあります。

実は、ああいうフィルムを読みとることにつきましてはいろいろな方法が使われておりますし、またいろいろな方法が研究されておりますが、これからお見せしますのは、テレビなどにも使われておりますブラウン管を使った方式のものをお見せします。

ブラウン管の 精度をあげる

ブラウン管というものは電子が真空中を走りますので、非常に動作速度が速いという特徴を持っておりますが、従来のブラウン管は、精度が悪いという欠点がありました。それを改良しようということをおたくしどもものところでやっているのです、そのことをごく簡単にスライドでお目にかけます。

これは、素粒子の飛跡の解析にも超高精度のブラウン管が使えるんじゃないかというのでやっているわけではありますが、もちろんほかにもいろいろ考えておまして、一番おたくしのかの関心がありますのは、計算機から出力を出すのに、いまラインプリンターといまして、印刷機が使われておりますが、この速度が必ずしも十分でない。もっと大きな欠点は、計算機から図形を出そうとしますと、非常に速度がおそいのであります。計算機の中

から図形を出させる。しかもそれが精度がよく、製図に相当することを計算機でやらせよう。それから、字を出すのも、現在のラインプリンターといえますのは、英字の大文字と数字だけしか出ないのが大部分ですが、英字の小文字、あるいは漢字、片カナ、その他自由に出せるようにしたい。図形も出したい、

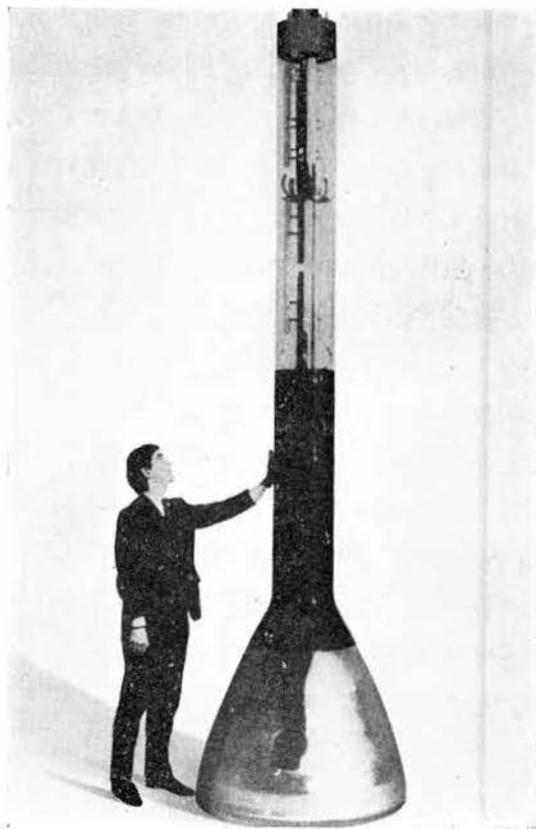


図 4

ということになりますと、ブラウン管でやればいいわけですが、従来のものでは精度が悪いので、精度をもう一けたあげようということでもあります。

次お願いします (図 4)。

高精度のブラウン管というのは、最初にごらんにいれましたスライドの素粒子の飛跡などの解析にも使われますが、そういうブラウン管がかなり大事なので方々で研究されている。これは実は、外国のブラウン管のカタログからとってきたものです。これは写真の合成のいたずらで、ほんとうにこういう大きなものをつくったんじゃない。要するにこのブラウン管が研究上非常に大事なので、こういうものを見せて、うちのブラウン管は非常に

いいんだということを見せるための写真らしいのですが、ちょっとおもしろかったので写しました。いくらなんでも、こんな大きなものをつくった例はわたくしは聞いておりません。

次お願いします (図 5)。

これは、従来、テレビに使っておりますブラウン管と本質的に何も変わらないんですが、要するに、

ここでコイルがありまして、電子を振りましてこの上で輝点が動くわけでありまして。問題は、この輝点の位置をきめる精度があまりよくない。たとえば位置をきめる精度を1000分の1にしようと思いたしますと、ここにあるコイルに流す電流を1000分の1以下の精度にし

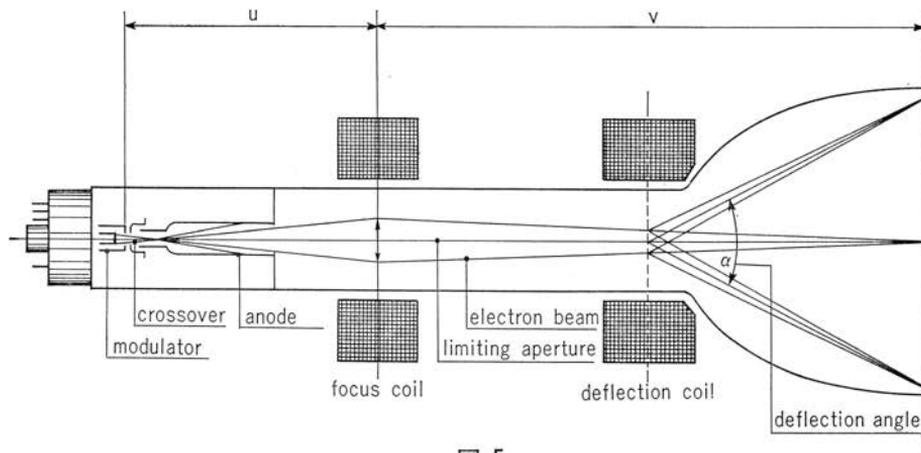


図 5

なくてはいけない。それから、実はわたくしどもものほしいブラウン管というのは、たとえば製図をやるといたしますと、1000分の1では足りないので、4000分の1とか、8000分の1くらいの精度がほしい。それから、先ほどの素粒子の飛跡の位置ぎめをするためには大型のあわ箱になりますと、輝点の位置ぎめ精度というものは1万分の1ではまだ足りないもので、数万分の1という非常に高い精度で位置をきめる必要があります。かりに3万分の1なら3万分の1の——3万分の1と申しますのは、この全体の長さに対して位置をきめる精度のことなのですが、3万分の1ぐらいの精度が必要になります。その場合、もし電流の制御だけによってこの位置をきめる精度をそれだけにあげよういたしますと、電流の値を3万分の1の精度におさえなくてはならない。これは非常にむずかしいことでもあります。かつ、こういうところの形（コイルや付属品をさして）あるいはこのへんの位置ぎめの精度等々が非常

に問題になるということでもあります。

次お願いします（図6）。

これは、高精度のブラウン管でものを測定しようという場合のブラウン管を文献からとったものでありますが、10いくつかのつまみがありまして、あちらこちらの、コイルの位置ですとか、ものの位置を微細調整をやって、やっとある程度の精度が出ることを示した図であります。

次お願いします（図7）。

これは、それに対しまして新しい方式で高精度のブラウン管ができないかということ

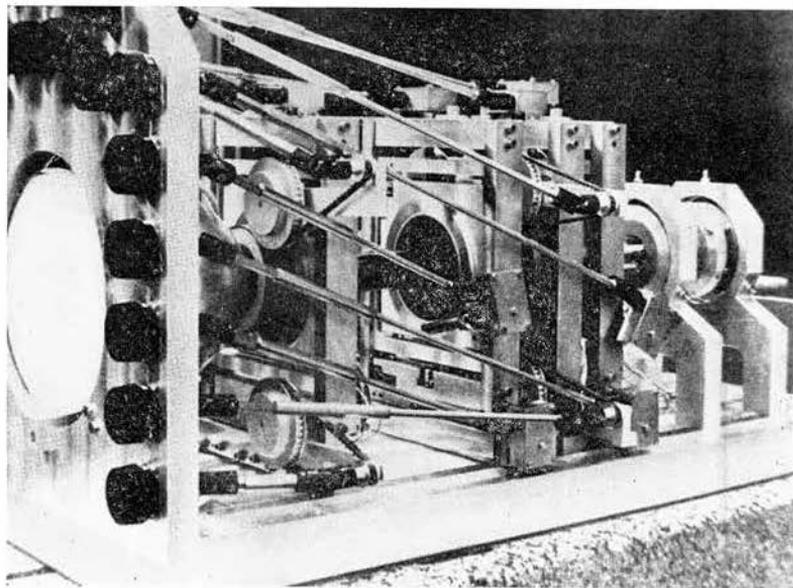


図6

D.D.(Double Deflection) Tube

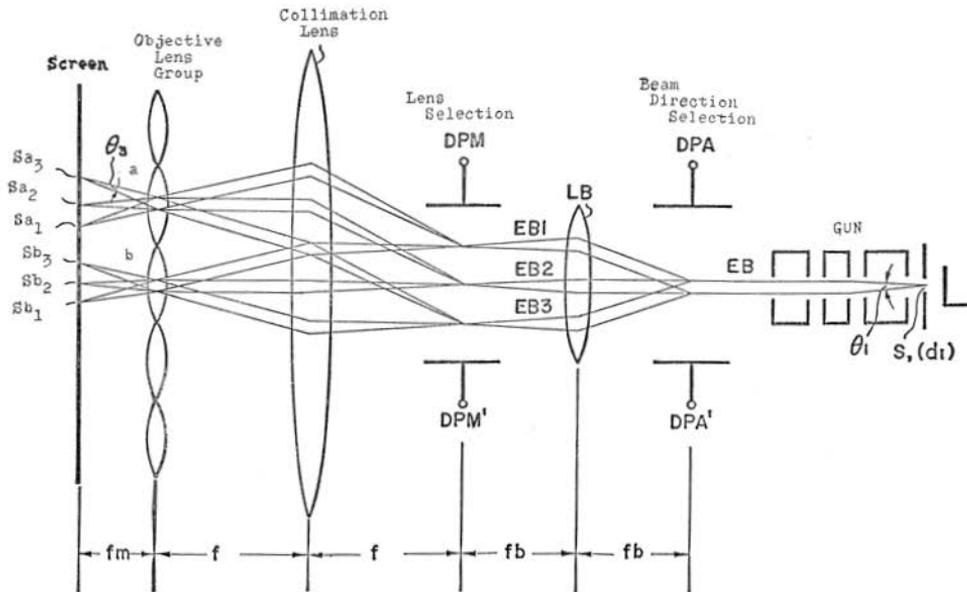


図 7

研究している方法を示すものでありまして、これ（図の右端）は普通のテレビに使うブラウン管と同じ電子銃という、電子線を送り出すところではありますが、こちら（図の左端）に投射面があります。投射面のごくそばに、レンズをたくさん置きます。レンズと申しましても、これは電子レンズなので、普通のレンズと同じような絵を書きましたが、板に穴をあけたものなのです。これに両側に電圧をかけますと、電子線に対してレンズの作用を

する。そういうものをここに置きます。このレンズは非常に精密につくることができます。と申しますのは、金属の板に穴をあけるのですから、その穴の位置さえ精密にあればいくらかでも精度よくできる。そして、普通のブラウン管というのは電子を振るのに一組しか振る手だてがないのですが、この場合には二組み置いてあります。何をやっているかという、この電子線がレンズを通りますが、こちらの電子を振る手だてによりまして、何

番目のレンズを通るかというふうには調節をする。それから、これとこれの作用によって、レンズも通る方向を変えます。そういったしますと、この上に出てきます輝点、位置ぎめの精度が2つに分解されまして、レンズを選ぶことと、電子線の方向を選ぶことの2つに分解されますので、レンズの存在します位置の精度が十分高ければ、この点をきめる精度というのが、板に

穴をあけたレンズの位置ぎめ精度で大体きまりまして、電流の精度というのは従来に比べて格段に低くてもよろしい。たとえば1万分の1の精度で位置ぎめ精度をしようと思うと、従来のブラウン管ですと、1万分の1の精度で電流をおさえなくちゃならなかったのですが、この場合になりますと平方根でよろしいので、100分の1、1%の精度でものをきめれば電子線の位置がきまる。そういう原理の新しい型のブラウン管を理化学研究所で試作しました。

次をお願いします(図8)。

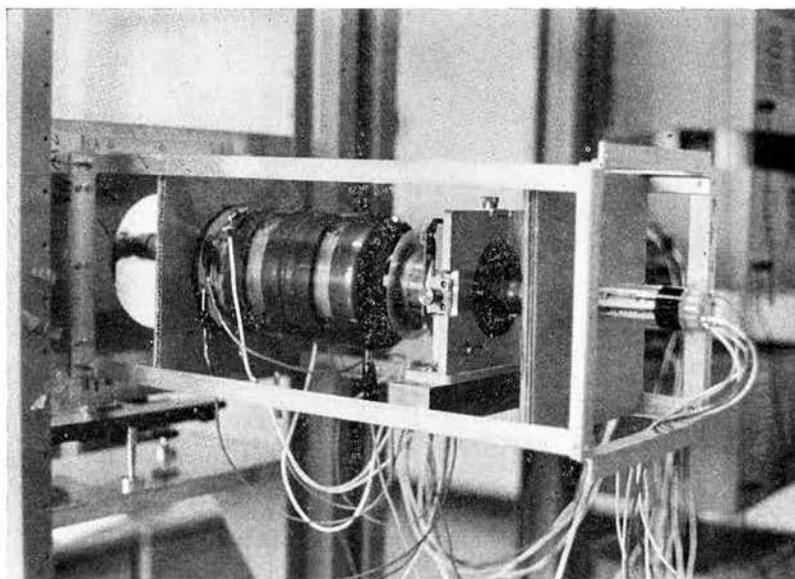


図 8

これはいまの原理にもとづくブラウン管の実験の様態を示したものであります。

次をお願いします(図9)。

これは、そのブラウン管について、ここに輝点が出るわけですが、輝点のはたして設計どおり出ているかどうか調べているところです。

最後にお目にかけたのは、計算機が最も苦手とする図形の処理を、とにかく計算機にやらせなくちゃならないというので、やらせる研究の一端をご紹介したわけでありまして、実は計算機で図形を処理するむずかしさ

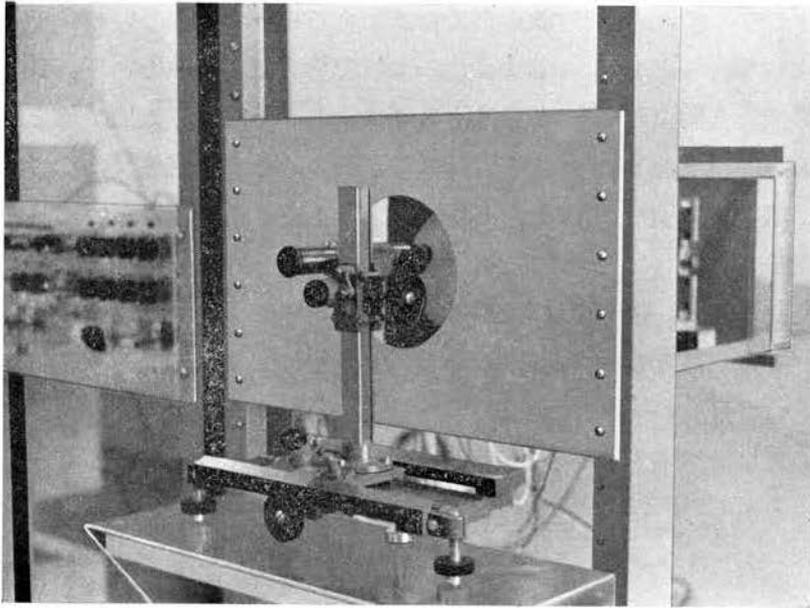


図 9

というのは、いまお見せしましたところにあるのではないのです。いまのところは、精度をあげようということだけでありまして、これはたしかに精度のいい図形を読んだり、書いたりすることは、それがありませんと研究が始められません。またそういうものがあれば非常に役立つ面が多いので、つくっているのが、お見せしました新しいブラウン管であります。

実際、一番むずかしいところは精度をあげることではなくて、もちろん精度をあげるこ

ともいろいろ困難なこともありますし、必要ではありますませんが、これは、なければ研究が始められないからつくっているだけのことでありまして、一番むずかしいのはこれが完成してからあとの段階、つまり、図形をどうやって取り扱うかということであります。

人間との「交
際」の上手な
計算機を

いままで
申し上げ
ましたの
は、図形

を識別する場合のむずかしさについてですが、図形を書くとか、保存しておくということにもいろいろの問題があります。たとえば図面ですが、人間というのは二次元的な図形をよく認識できる能力がありますので、大体情報というのは数字でもって示すよりも、グラフとか立体の透視図とか、そういうものの助けを借りたほうが、人間にとってはわかりやすいわけであります。現在は計算機と人間との交流が必要な時代です。計算機は計算が速いとか、そのほかいろいろ人間よりもすぐれ

た点がある。一方、機械にはできなくて、人間がどうしてもやらなくちゃならないこともあります。そうしますと、計算機と人間というものの交流の道具が大事になるわけでありまして、交流の道具としては、高精度の図形が出せるというものが大事であろう。それによって、人間と機械との間の交流の速度、通信の速度をはやめることによって、全体として、われわれ人間の仕事、あるいは研究の能率をあげるというのが、図形処理に計算機を使う場合の現在の目標といってよろしいわけです。

その場合、計算機の中に図形をどうやって覚えておくか。図形を覚えておくだけなら全部の点が明るか暗いか覚えておけばいいではないか。それはそうなんです、いまやっておりますブラウン管のように1万分の1の精度になりますと、全部の点が白か黒か覚えますと、1万掛ける1万です。それだけで1億けたの2進数字になる。それでは困るのでありまして、というのは、大体図形に含まれている情報はそんなに、1億ビットの2進数字ほど多いというわけではないのでありまして、どこに線があるとか、どこにどういう字を書くとか、あるいはどこが円だとかいう情

報の形でたくわえるほうが望ましいわけがあります。一つは記憶容量の削減という実際的な意味もありますし、それから人間が絵をかくときはここが円で、ここは直線で、ここは矢印をつけてというふうにつくっていくわけでございますから、どういうつもりで絵をかいたかという情報を残しておきたい。そういうものを計算機の中にどうやって入れておくかというのが一つの問題であります。

もう一つは、そういうふうにしてつくりました絵は、途中で変えたいとか、あるいはその絵の一部分をさして、このところをどうしたいというふうに、要するに、二次元的に出ております図形に働きかけをしたい。それにはどうするかということも現在の図形処理では問題になっています。これは図形識別の問題に比べれば、原理的な困難というものはより少ないように考えられます。

人間の側の研究
一方、対象となります問題は人間との交渉ということ

なので、どういう形式が人間にとって一番適当かということが次に問題になります。そういう研究というのは、つまり人間にとってどういうものが能率がいいかということは、機械的には割り切れないので、やはり人間の直

感能力にたよって改良していくよりしかたがない。評価いたしますのに客観的にできたい点がございます。主観がどうしても入るわけであります。一例を申し上げますと、数学の記号がありますが、記号の研究といいますと、記号の数学的な面、たとえばどれだけの数の記号があればどれだけのことがあらわせるかという面の研究は進んでいるのですが、どういう記号が一番わかりやすいかということとはあまり体系的に研究されたことはあまりないのであります。しかしながら、たとえばわれわれが一番よく使います算用数字というような記号はアラビアから始まったということなのですが、ローマ数字というのと比較しますと、計算したり、数字をあらわしたりするうえに断然便利だったので、それがとってかわった。それから、日本で古来から使われている漢字であらわすやり方、これも小切手かなんかに書くときに間違えにくいからというので、よく、むずかしいほうも一緒に書くということがありますが、普通は算用数字が多く使われる。その理由は、人間にとって書きやすくて、覚えやすくて、読みやすいということであります。事実としてはそうなっているのですが、なぜそうであるか、ローマ数

字と算用数字の場合ですと、これは客観的にも書かなくちゃいけない字の数がいくつということといえると思いますが、数学の記号になりますと、だいたいその点はいまいになってまいります。たとえば普通、代数で習いますプラスという記号、掛けるという記号。掛けるという記号は小学校で習う算術ではあるのですが、それをとってただものを並べて掛けるにする。それから足し算には十文字を書く記号を使いますが、そういうものがどのような理由で使われるようになったか。結局あれはいろんな数学者がいろんな記号を使ったあげくに、あれが最も書きやすくて、読みやすくて、間違いがしにくいというようなことが経験的に知られて、ああいうものが残ったのだと思われまます。

それに比べますと、新しい数学、たとえば計算機の設計に使いますブール代数というのがあります。これは数値が1と0しかとらない代数なので非常に簡単なのですが、それが始まってからわずか100年しかたたないので、記号が一定しておりません。著者によってみんな違う記号を使っているのですが、その変遷を見ましても、やはり使いにくい、あるいは見にくい記号、間違いやすい記号はだん

だん淘汰されまして、最後に残っている記号は比較的使いやすいという事情があります。ただ、使いやすいとか使いにくいというのは、人間が使ってみたらえでないと判断できないことである。その点でも人間と計算機の交流ということにおきましては、人間にとっての使いやすさが重要です。そういうことの研究が、現在、計算機による図形の処理という問題に非常に深く関係してまいります。計算機による図形処理の自動化の問題と同時に、人間との交信の能率を上げること、および完全自動化が困難な場合にはなるべく人間の手数を減らし、機械によって能率化する。と同時に、機械ではできない部分を人間の助けを借りるようにする方式が大事なように考えます。

また、将来の問題といたしましては、現在の科学に残されている最大の問題、あるいは最大にしてかつ最もわかっていない問題は、人間の頭脳の働きであります。特にわかって

おりませんのが記憶の機構、あるいは図形の連想というような機構です。これの研究はどの方面から攻めるのが一番いいのか、いろいろ立場があるとは思いますが、計算機による図形の処理という面からも、それから図形処理の方法に関する研究を進めることによって、あるいは頭脳の動作のモデルというものまでたどりつけるかもしれないという望みもあるのではないかと思います。

以上、非常に簡単でございますが、計算機の得意とするところ、不得意とするところ、特に図形の識別ということがむずかしいんだということを申し上げました。それからこれに関しましては、いろいろの方法で研究を進めなければならないと思いますが、非常に多数ある中で精度をあげるということについてわたくしどもの研究しておることを、ごく簡単でございますが紹介させていただきます。どうもありがとうございました。

仁科記念財団の活動

— 昭和 42 年度および 43 年度の事業報告書から —

1. 仁科記念賞

昭和42年度は下記の2件3氏の研究に対して贈呈した。

受賞者 広島大学教授 小川修三氏

受賞者 東京大学教授 山口嘉夫氏

研究題目 「基本粒子の対称性に関する研究」

推薦理由

戦後宇宙線および加速器による高エネルギー物理の発展にともなって、戦前知られていた素粒子（電子、核子、中間子等）のほかに、数多くの種類の素粒子が自然界に存在することが明らかになってきた。自然界にこのように多種の素粒子が存在することは、それらの多くのは、実は複合的なものであって、より基本的な少数の粒子から組立てられているのではないかという考えに導く。事実、名古屋大学坂田教授は、かつて、すべての重粒子および中間子は、陽子、中性子、ラムダ粒子の三種の粒子の複合体があるという、いわゆる坂田模型を提案した。小川氏および山口氏は、一方は広島大学において、他方はジュネーブの CERN において、小川氏は1959年1月に、山口氏は少しおくられて同じ年の6月に、しかし互に独立に、この坂田模型における三種の粒子の質量がほぼ等しく、且ついずれもスピン $1/2$ をもつことに着目し、複合体に対して荷電不変性を含む更に広汎な対称性の存在を仮定することによって、複合粒子の種々の性質が理論的に導き出されることを示した。

実際、広島を中心として小川氏は大貫義郎氏、池田峰夫氏らの協力を得て、このために必要な美しい群論

的方法を展開し（いわゆる $U(3)$ 群）、また山口氏は CERN において、より初歩的に同じ結果を導き出し、それによって何れも種々の興味ある結論を得ている。その一例を示せば、当時存在が知られていた $\pi^+\pi^-\pi^-K^+K^0K^-K^-$ の七種の擬スカラー中間子のほかにいま一つの未知の擬スカラー中間子が存在し、これら合計八種の中間子が一組となって、同じ性質をもつことが予測されたことである。この未知の中性中間子はその後 1961 年に実験的に見出されたという。

この群論的方法はその後種々形を変えつつも多くの人々によって複雑な素粒子現象の解明に用いられている。現在多くの素粒子をより少数の基本的素粒子の複合体とみなす理論はまだ完成されたとはいえないが、この群論的方法は種々の問題の解明に対しておそらく今後も重要な手がかりを与えるものと思われる。

受賞者 東京大学教授 西村純氏

研究題目 「超高エネルギー現象における二次粒子の横向運動量 (P_T) の重要性の提唱とその実験的研究」

推薦理由

西村純氏の業績は素粒子論研究第 12 巻 (1956年) 1 号 24 頁の論文から始まる。当時においてはすでに、いくらかの数の超高エネルギージェットが気球を使って高空で露出された原子核乾板でとらえられていた。測定条件の良かった二、三のジェットについては二次粒子のエネルギーの測定が行なわれて、Fermi や Landau などの理論家によってジェット生成の理論が立てられた。理論的に生成の機構を考える時には重心

系で論ずるわけであるが、何ぶんにもジェットのプロエネルギーは高い (10^{12} eV 程度以上) ものなので、実験では正確な決定の方法がない。従って実験室系から重心系に直して考えることがむずかしく、またあいまいにもなるわけである。同氏は実験室系と重心系をつなぐ Lorentz 変換によらない量 — 二次粒子の横向運動量 (transverse momentum) に着目された。この P_T はジェット生成のいろいろな理論によってかなり変る。Fermi の理論ではジェット粒子によっては $1 \text{ GeV}/c \sim 100 \text{ GeV}/c$ 程度まで、かなり大幅に変るが、Landau の理論では P_T はジェットのプロの粒子のエネルギーやまたジェット粒子のエネルギーによって大してかわりはなく $1 \text{ GeV}/c$ 前後である。西村氏は今迄の精密測定がなされた二、三のジェットについて調べると同時に、深い地下で測定された μ 中間子、空気シャワーなどをも解析して P_T が $10^9 \text{ eV} \sim 10^{13} \text{ eV}$ (ジェット粒子のエネルギー) もの広い範囲にわたって大体一定 (数百 $\text{MeV}/c \sim$ 数 GeV/c) であることを見いだした。その後同氏は数多くの協同研究者の中心になり指導者となってこの発見の検証に進まれた。気球を使ったり、また高山に ECC (Emulsion Cloud Chamber) を露出したりして実験を進められた。実験についても常に新しい工夫をこらし、(原子核乾板とともに X 線フィルムを使用)、 P_T の平均値は約 $400 \text{ MeV}/c$ でその分布は $(P_T/P_0^2) \times \exp(-P_T/P_0) dP_T$ の形をしていることを示された。

西村氏の提唱された P_T をもととするジェットの解析は、広く世界の宇宙線学者だけでなく高エネルギー加速器による物理学者の間で採用され活発な研究が行なわれ、ジェット現象理解のための新しいモデルが次々と提唱されるようになった。

昭和 42 年度は下記 2 件 2 氏の研究に対して贈呈。

受賞者 九州大学教授 森 肇氏
研究題目 「非平衡状態の統計力学」

推薦理由

非平衡状態の統計力学は過去十数年の間にめざましい発展をとげたが、この分野での日本での業績は世界的に高く評価されている。森氏はこの間多くの優秀な論文を発表し、この分野の日本での研究の最も重要な部分に大きな貢献をした。特に 1965 年に発表された二つの論文は形式的に美しいばかりでなく物理的直観に訴えるという点で極めてすぐれており、非平衡状態の統計力学の今後の研究に大きな影響を与えたものと言えよう。

またこの論文中に述べられた応答係数、輸送係数の連分数表示はこれらの dynamic な量を static な相関関数であらわすという点で独特のものがあり、厳密な式でありながら実際の計算に際しては必要な所まで近似を進め得るという点で、たとえば 2 次相転移の問題への応用にも極めて使いやすい有用な表示である。

結論として森氏の業績はスケールが大きく内容豊富で非平衡状態の統計力学およびその周辺の分野の発展に大きな影響を与えるものである。

受賞者 工業技術院電気試験所低温研究室
主任研究官 近藤 淳氏
研究題目 「希薄合金の抵抗極小現象の理論」

推薦理由

主として少量の遷移元素を不純物として含む貴金属合金の電気抵抗は極低温を除いては普通の金属と同様に温度の低下とともに減少するが、他の金属と異り 10°K 付近で極小となり、さらに低温となると再び抵抗が増す。この現象は 1933 年オランダ、ライデンの低温物理研究所で見出されて以来今日まで 30 年間多

くの学者の努力に拘らず理論的に解釈されなかった。

近藤氏はこの現象に関連のある多くの実験的データを整理吟味し、この現象が遷移金属原子に局在する電子のスピンのよってひき起されるものであるという考えを導入し、伝導電子とこれらの局在電子との相互作用を高次ボルン近似によつて取りあつかひ、実験を極めてよく説明する結果を得た。

すなわち、極めてすぐれた着想と、比較的簡単な原子物理学的手法との組み合わせによつて、30年来金属、低温物理の分野に課せられていた疑問を一挙に解決したものである。

2. 仁科記念講演会

昭和 42 年度

(1) マックス・プランク研究所長ハイゼンベルグ教授

の特別公開講演会を次のとおり開催した。

日 時 昭和 42 年 4 月 26 日 (水) 午後 2 時より
4 時半まで (開場午後 1 時半)

場 所 朝日講堂

講 演 現代における自然科学の抽象化—その目指すものと人間の考え方

本講演会も開会前満員となり多数の入場お断わりのやむない有様であった。講演は英語により、上智大学副学長柳瀬陸男氏の訳を得て行なわれた。その説かれるところは来聴者に深い感銘を与え、一般を啓発するところも大きかった。

(2) 定例記念講演会を次のとおり開催した。

日 時 昭和 42 年 12 月 6 日 (水) 午後 2 時より
5 時まで (開場午後 1 時半)

場 所 朝日講堂

演 題 「ガン研究の現況」

講 演 大阪大学教授 釜 洞 醇太郎氏

座 談 「医学の社会的適用」

大阪大学名誉教授 浅 田 常三郎氏

東京大学教授 勝 沼 晴 雄氏

大阪大学教授 釜 洞 醇太郎氏

東京大学教授 吉 利 和氏

座 長 日本医師会長 武 見 太 郎氏

昭和 43 年度

定例記念講演会を次のとおり開催した。

日 時 昭和 43 年 12 月 6 日 (金) 午後 2 時より
4 時半まで (開場午後 1 時半)

場 所 朝日講堂

演 題 「プラズマをつかまえる」

講 演 名古屋大学教授 伏 見 康 治氏

映 画 Power from Fusion

3. 仁科記念文庫

新しくつぎの図書を購入し、またスエーデン王立学士院からノベル賞年報 (1966 年版) が寄贈された。

購入図書:

Nobel Lectures in Physics 1901~1962

Two Studies in the Greek Atomists

Niels Bohr.

4. 仁科記念奨励金

昭和 42 年度

選考委員会において応募件数 32 件について慎重審査の結果、下記 5 件の研究に対して奨励金を贈った。

(1) 「高速イオンの弾性散乱の研究」

東北大学理学部助教授 井 上 録 朋氏

奨励金 57万 5 千円

(2) 「イオンセンシティブ・プローブの研究」

大阪市立大学理学部講師 勝 俣 五 男氏

- 奨励金 51万5千円
- (3) 「高感度磁気共鳴法による Kondo 効果の研究」
東京都立大学理学部助教授 久米 潔氏
奨励金 65万円
- (4) 「分子遺伝情報の電子顕微鏡による直接読み出し」
東京大学理学部助教授 和田昭允氏
奨励金 52万円
- (5) 「核反応による核整列 — 電磁気能率と核外場との相互作用」
東京大学理学部講師 山崎 敏光氏
奨励金 50万円
昭和 43 年度
選考委員会において応募件数21件について慎重審査の結果下記7件の研究に対して奨励金を贈った。
- (1) 「速中性子による重陽子崩壊反応における終状態相互作用の研究」
立教大学理学部助教授 白土 鈔 二氏
奨励金 48万円
- (2) 「対相関に基づく原子核の集団励起に関する研究」
京都大学理学部助教授 宇田川 猛氏
奨励金 25万円
- (3) 「メス パウアー分光学による分子間および分子内結合状態の研究」
お茶の水女子大学助教授 佐野 博敏氏
奨励金 58万円
- (4) 「U-237, Th-231 に関する放射化学的研究」
金沢大学理学部教授 阪上 正信氏
奨励金 58万円
- (5) 「超音波による金属、半金属の電子的性質の研究」
大阪大学理学部講師 沢田 康次氏
奨励金 48万円
- (6) 「In, As, Ge の真空中劈開面における 2次元異常

電気伝導の実験」

学習院大学理学部教授 川路 紳路氏
奨励金 50万円

- (7) 「DNA 障害修復の分子機構」
大阪大学理学部遺伝学研 小川 英行氏
奨励金 50万円

5. 研究者の海外派遣

- (1) 昭和 42 年度中に昭和 43 年度海外派遣研究者を選考し、つぎのとおり決定した。

東京大学理学部助手 池田 清美氏
海外での研究目標 原子核(中重核)の多体問題的方法およびその構造について

予定留学先 連合原子核研究所(ソ連)およびコペンハーゲン理論物理学研究所(デンマーク)

前年度までに選考の派遣研究者 香村俊武氏は都合で出発を一年延期して 42 年 5 月渡英(オクスフォード大学)。前年度選考の黒田育子氏は 42 年 7 月デンマーク(コペンハーゲン理論物理学研究所)へ、牟田泰三氏は 10 月渡英(サセックス大学)。

第11回溝淵明氏は所定の研究を終えて帰国された。

- (2) 昭和 43 年度中に昭和 44 年度海外派遣研究者を選考し、つぎのとおり決定した。

東京大学理学部助手 山崎 昶氏
海外での研究目標 核磁気共鳴
予定留学先 ドイツ国シュツットガルト大学

財団法人 仁科記念財団
役員名募 (昭和44年12月現在)

理事長	朝永振一郎	
常務理事	村越司	山崎文男
理事	赤堀四郎	安藤豊禄
	石川一郎	井上五郎
	植村甲午郎	太田清蔵
	茅誠司	木川田一隆
	駒井健一郎	酒井杏之助
	佐藤尚	瀬藤象二
	田代茂樹	田実涉
	田中久兵衛	原安三郎
	藤岡信吾	堀田庄三
	藪田貞治郎	吉川清一
	我妻栄	
監事	佐々木秋生	武見太郎
	水田直昌	
評議員	芦原義重	荒木三郎
	有山兼孝	安西正夫
	石井千尋	一万田尚登
	一宮虎雄	稲山嘉寛
	岩佐凱実	岡田完二郎
	鎌田甲一	川又克二

風戸健二	菊池正士
木村健二郎	小谷正雄
小林稔	杉本正雄
鈴木万平	千秋邦夫
田島英三	玉木英彦
竹中鍊一	富山小太郎
中泉正徳	中島慶次
中根良平	永野重雄
中山弘美	西村純
仁田勇	畠山蔵六
鳩山道夫	浜田達二
藤岡由夫	藤山愛一郎
本田弘敏	三浦功
宮崎友喜雄	矢野一郎
山本源左衛門	湯川秀樹
石井千尋	一宮虎雄
鎌田甲一	杉本正雄
田島英三	玉木英彦
富山小太郎	中根良平
中山弘美	西村純
鳩山道夫	浜田達二
三浦功	宮崎友喜雄