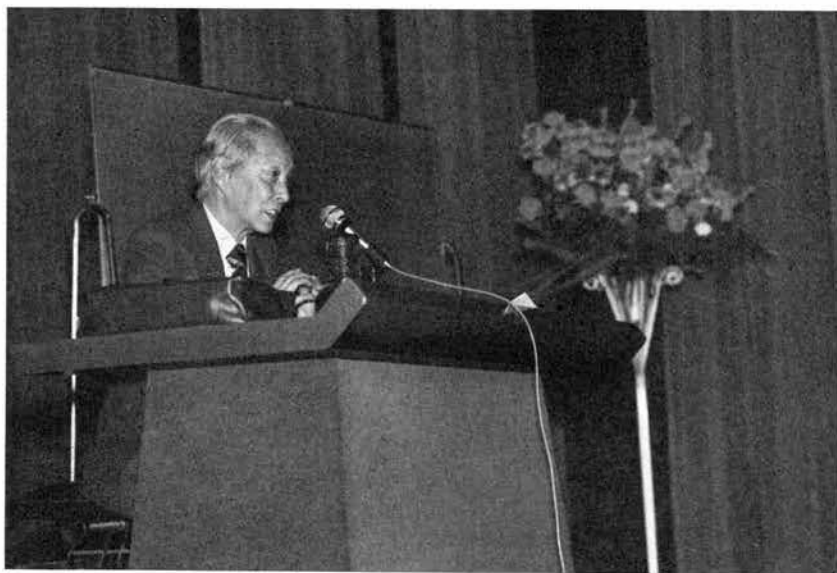


宇宙観の変遷

——コペルニクスからアインシュタインまで——

朝 永 振 一 郎



昭和 49 年 12 月 6 日 朝日講堂において

あそこに書いてあります宇宙観の変遷という題でお話をしたいと
思います。実はこれにはサブタイトルをつけておきましたんで、宇
宙観の変遷、そして行を変えまして、コペルニクスからアインシュ
タインまでという副題がついてたんですけれども、それがおこち
ちゃった。これはたいへんだいじな副題でありまして、これをおと
すと困るのであります。ですからちょっとあらかじめ、おことわり
しておきます。なぜ困るかというのは後でおわかりになると思いま
す。こういう題でお話することにしたんですけれども、実はこの題
はたいへんに大上段にかまえた題です。もともとこういう題をつけ

ましたのはですね、今年は1974年ですけれど、みなさんご承知だと思いますが、地動説というのをとなえた、コペルニクスというポーランドの学者がありますが、これが生まれたのが1473年であります。そういうわけで、昨年500年祭がありました。それでなにかこのそれに関係のある話をしてほしいということを、財団の運営委員会というところでそういうふう決められちゃって、それでこういうかまえた題をつけまして、そして副題にコペルニクスからアインシュタインまでというのをつけたわけです。ところがですね、私、実はラジオやテレビでも催物の案内で放送されまして、少しこわくなったんです。なぜこわくなったかといいますと、科学史の専門家でない私がしゃべれることは、たかだかいくつかの宇宙観をとりあげて、そしてそれをめぐって漫談をするぐらいのことしかできません。ですからこの題は実は少しおおげさすぎて、この間もあるところで話したんですけれども、誇大表示だと公正取引委員会にしかられやしないか(笑)。それで少しこわくなったんです。それで私がどういふ話をするつもりなのかと申しますと、むしろ、科学史としてのお話をするのじゃなくて、物理学というものの特徴ですね、まあ、ある面をこの漫談をしているうちに、浮び上らせてみたいと、そういうわけです。だけどそんなことをいって、うまくいくかどうか、あまり自信がないんですけれども、とにかく、やってみようと思えますのでしばらく我慢して聞いていただきたい。

そもそも、一つのものの特徴を明らかにするのは、それを何か別のものと比べるのが一番いいわけです。それをやるときに、あんまり違いすぎているものと比べてもだめだし、あんまり似たものと比べても意味がないわけです。よく奇想天外な質問をして、問を出して、そして相手の目を白黒させて、からかうという、そういう遊び

がございます。たとえば、象と卵はどこが似ているかという問を出します。答は何だと思えますか。答はですね、両方とも木に登れないという(笑)。しかし、こんな遊びの話では、仁科財団の記念講演会にはあまりふさわしくないし、ですから、文字どおり話にならない。それで、たとえば、物理の特徴を浮び上らせるというのなら、物理と化学とか、あるいは数学とか、あるいは生物学とか、そういうものと比べるというのなら話になる。それからまた今の物理学と昔の物理学、いろいろな時代の物理学と比べる、そういう手もある。今日やろうとするのは、物理学の中の宇宙に関係する宇宙観、宇宙というものをどういうふうにみるかという、そういうものを、いくつか比べてみて、そして何か結論がそこから出てくればいいと、そういうことであります。

上下の考えの変遷

まずどこから話を始めてもいいんですけども、ごく卑近なところから始めます。それは宇宙観の中に入ると思うんですけども、地球が丸いという、そういう話から始めたらどうかと思います。地球が丸いといえますと、みなさんの中には理屈っぽい人がいて、球というのはそもそも丸いものをいうんで、地球が丸いというのは、丸いものが丸いというんで、これは意味のない文章だとおっしゃるかもしれないんですが、確かにそのとおり、ほんとに、地面が丸いといわなくてはならないんですけども、とにかく、地球が丸いと言うことを許していただきます。そういう考え方ですね、これは西洋にはずいぶん古くからあったわけです。現にコペルニクスの地動説の前にあった天動説、それをまとめあげた人がギリシア人でプトレマイオスという人がいるんですが、この人は2世紀の人です。そのころ、天動説ではありますけれども、すでに大地は丸いという、球形

であるという考え方を基礎にして、プトレマイオスは天動説を作り上げた。しかし、東洋では大地が丸いという考え方は西洋人におそわって初めて知ったわけで、それまでは、地面は真ったいらである、そして宇宙の下のほうを大地が占めておって、上の方は天が占めているという、そういう考え方をしていたわけです。こういう考え方は、日本だけじゃなくて、中国でもやはり、そういう考え方をしていたということです。天円地方という、天は丸くて、地は四角いという見方をしていたということです。ところが地球という考え方が天動説といっしょに日本に入ってきたのは、いつごろかといいますと、西洋ではすでに2世紀ごろに地球が丸いという考え方がはっきり出ていたのが、日本にその考えが入ってきたのは、ポルトガル人がですね、種子島に流れ着いた、それが1543年の話です。まあ、16世紀の中頃ですね。その頃のことです。ポルトガル人が鉄砲を持ってきたんです。そのすぐ後に、宣教師のザビエルという人がやってきて、この人が、これはイエズイット派の宣教師でして、イエズイット派というのは天文であるとか、そういうことを非常に勉強して、布教のときにうまく使うのが特徴で、彼が当時の西洋の天文学を、まだその頃は天動説なんですけれども、日本人に紹介したわけです。ところで種子島に渡来した鉄砲のほうは、すぐに日本中に広まった。織田信長なんかはうまくこの鉄砲を使ったわけですが、鉄砲とほとんど同時に伝えられた西洋の天文学は、なかなか広まらなくて、はるかに後の18世紀つまり16世紀から18世紀ですから、その間200年かかっているわけですが、その頃になってやっと蘭学者の間に西洋の天文学が定着してきた。それはですね、8代将軍でしたか、吉宗が、それまでの鎖国で、洋書の禁つまり西洋の本を読んではいけなかったのをゆるめた。そういうわけでオランダ語ので

きる日本人が西洋の新しい天文学を日本人に紹介した。しかし、そのころになっても一般の人はもちろんのこと、知識人にとっても、西洋流の学説、つまり地球という考え方は、なかなか理解できなかったらしいのです。それは何故、理解できなかったかと申しますと、日本人はそのころ漢学、儒教の影響で、儒教の考え方では、全宇宙を通じて、天が上にあって、地は下にあると、そういう考えが根強かった。いわば上とか下とかいうのが宇宙全体に絶対的に決まっているという、上下の絶対性という考え方が、非常に根強い考え方だった。この考え方があるかぎり地球が丸いという考え方は、いろんな矛盾を引き起こすことになります。たとえば、大地が丸いしますと、こっち側ではいいんですけれども、あっち側にいきますと、地の下にまた天がある。で、そうすると、天が上にあり、地が下にあるという考えと矛盾する。もうちょっと普通の庶民の考えの中には、丸いとすれば、地球の裏側の人は宇宙の底に落っこちてしまふんじゃないかと、こういうふうなことから、地球という考え方は、なかなか一般にはあまり普及しなかったし、知識人にも、普及しなかった。ところがですね、ここに面白いことが一つあるんです。どうなのかというと、ちょっと考えると非常な国粋論者であるはずの国学者が、本居宜長の系統の国学者が、西洋流の考えに非常に興味を持ったということです。しかし、そういう国学者たちが、ほんとうに西洋の宇宙観を正しく理解したと言えるかどうか、そういうことになると、どうもそうではないらしい。というのは、彼らが西洋の地球が丸くて、そのまわりをいろんな星が回っている天動説を受入れるときに、どういう形で、それを受け入れたかといいますと、彼らは日本書紀とか古事記とかいう、日本の古い神話がありますが、その中に天地創造の話が書いてある。それと西洋渡来

の説とが、うまく話があうという、そういうことで、西洋の天文学に非常に面白いといえは面白い、変った日本的な解釈を与えた。この話をあまり長くやりますと、アインシュタインまで話はいく前に時間が来ちゃうかもしれないんですが、ですから、ざっとはしょうりたいんですが、しかし、これは僕はなかなか面白い話だと思うんです。なぜかといいますと、日本人がまったく異質な考えに接したときに、どんな反応を示したかという、そういう例として、国学者が西洋の天文学をどういうふうに解釈したか、古事記とか日本書紀とか、ちょっと考えると全く関係のないものに西洋の学説を結び付けたんで、どんなふうに結び付けたのかということを、少しお話してみたいと思います。ただ、これはある本から孫引きしているんで、私の独創的な考えじゃないということを前もって弁解しておきたいんですが、国学系の学者の中に、服部中庸という人がおります。この人が「三大考」という名の本を書いているんです。それを国学のほうで有名な平田篤胤という人、この人は非常な国粹論者だというのですが、この人が「三大考」を非常に推奨して、自分の著書の中でそれを紹介している。それによりますと、こういった西洋の学説を、日本の古い天地創造の話とどう結びつけたかといいますと、古事記や日本書紀の中にこういう文章がある。これは口語体に訳してしまっているんですが、それをちょっといいますとですね、あめつちがつまり天地がまだ出き上らないとき、一つのものが大空の中にあった。その形は浮いている雲のようになんともいいがたいものであって、それがくらげのように虚空の中を漂っていた。その中から葦の芽のように萌え上がるものがあった。そういう書き出しなんです。そこからどういうことになっていったかといいますと、そのくらげのように漂っているなんとも形をいいがたいものの中か

ら葦の芽のように、崩え上がったものがあって、やがてそれが上へのびて行って、天になった。そうしますと、下に残った部分ですね、それが地となってだんだん固まっていった。そうすると、その経過の途中で下のほうがだんだん垂れ下がってきて、それが泉になった。泉のほうも次第にだんだん下のほうへのびて行って、やがてちぎれて、地から離れるんですが、それが黄泉の国になった。その前に上へのびていった天が、やはりくびれて、地から分れて、それが高天原になった。下の方は黄泉の国になった。そうして、天が地から離れようとするその前後にイザナギノミコトがアメノヌボコというのでアメノウキハシというところから下にあるどろどろの地の上をかきまぜて、その矛をぬいた、そのしずくが一つの島になって、それがオノコロ島という島、そういうわけで、日本という国の始まりはこのオノコロ島というんですが、日本国は天が地から離れるその根のところにできた。だから日本は世界の他の国に優れた国だと、これが「三大考」という説だそうです。そうして「三大考」では更に天と泉が地から離れて、だんだん離れていくうちに、それが回転し出すというわけです。そのころになりますと、天は太陽になって、黄泉の国の方は月になった。これが地球のまわりを太陽と月が回っている。このへんが西洋の説と一致すると、そういうことらしいのです。これが服部中庸の説なんですけれども、この説が出た少し後に、今度は天動説でなくて、地動説が西洋から入ってまいりました。そうすると、佐藤信淵という学者がですね、この「三大考」の考えを改良して、地動説に会うようにうまくやっている。読んでみるとなかなかうまく改良している。この話は、日本人がそういう非常に異質な西洋の考えを取り入れるときにとった一つの態度といえますか、一つの反応の仕方を示すものです。さてこれ

から西洋の話に移るわけですが、そのまえにこの話をしましたのは、日本人の考え方と、これからお話するコペルニクスの後に続くガリレイ、ニュートン、アインシュタイン、こういう人達の考え方といかに違うかということをお話させていただくために、こういう話をしたわけです。その違いをみてですね、どういう結論が出るかということは、みなさん方に自由に考えていただくことにして、そのために私の考えはわざと申し上げないことにいたします。とにかく日本人が外国のものを取り入れる一つの典型的な形といえるかと、思うんです。

地動説のおこり

それでは目を西洋に移すことにします。コペルニクスが地動説を始めて言い出した、始めてでもないんですが、もっと古くから地動説というのはあったんですけども、かなりシステムティックに地動説を出したのは、不思議なことに、ポルトガル人が種子島に流れ着いたのと同じ年 1543 年です。16 世紀の中頃ですね。それより前は、さっき申しました、2 世紀ごろにできたプトレマイオスの天動説が、その後いろいろ改良されましたけれども、それが正統的な学説であったわけです。みなさん、東から出て西に沈む星の運動をごらんになりますと、ご存じのように、星にはいろいろ種類があるんですが、恒星といわれる星、これは非常に単純な回り方をしております。恒星は、決して一つの恒星が他の一つの恒星を追い越したり、並び方が変わったり、そういうことはない。北斗七星という七つの星がありますけれども、これは北極星を中心にして、いつでもひしゃくの格好です。(黒板に書く)

あのバツテンのところが北斗七星でああいう格好をして、あれがぐるぐる回っている。この北斗七星の向う側ですね、黒板がなくな

っちゃったから書けません、あそこにカシオペアという W の格好に並んだ星がありますが、これも何千年も前から W の格好に並んで、北斗七星に向い合って、回っている。このごろ非常によく見えるオリオンという星がありますが、これも同様です。しかし惑星といわれる星はですね、水金火木土、何か一週間の名前みたいですけれども、水星、金星、火星、木星、土星、あと天王星、海王星というのがある。冥王星というのものもあるらしいんですけども、その頃は水金火木土の5つが知られていた。それから、それに月と太陽、こういう星は非常に複雑な動き方をする。つまり、ある星がある星を追い越したり、追い越されたり、あるいは天の高いところを回っていることもあるし、低いところを回っていることもある。そういう複雑な動き方をしている。これを天動説で説明しますと、恒星はちゃんと円の軌道で地球のまわりを回っていると考えていいんですが、惑星は一つの円運動にまた別の円運動を重ねた、こういうふうなのを周転円というんですが、こういう運動をしていると考えないと、追い越したり追い越されたりすることの説明がつかない。プトレマイオスの天動説ではそういう軌道——実際、地球からみて追い越したり、追い越されたりする複雑な運動を、周転円の軌道で説明しようと、そういうふうなのが、天動説であったわけですが、そういう複雑な運動を太陽の上に立って、そこからみるとどうみえるかという、そういうことを、コペルニクスが考え、そしていろいろ計算をしてみた。そうすると、すべての惑星が太陽からみると、周転円なんかでなくて、円運動をしている。そういうことを、彼は知ったわけです。そうなりますと、惑星や太陽や月が、あるいは恒星、そういうものが地球のまわりを回っていると考えるよりも、地球も含めてすべての惑星が太陽のまわりを回っていると考える方が

正しいのではないかという考え方が、おのずから出てくるわけですね。これが地動説といわれる学説です。しかしこの考えにはたくさんの反対があった。大地が丸いという考え方に対して、それでは裏側にいる人間は宇宙の底へ落っこちてしまうのではないかという、そういう素朴な反対があったわけですが、それに似た素朴な反対として一例を上げるとこういう考えがあります。もし地球が太陽のまわりを回っているのなら、地球はどんどんある時は上へ上がっていく。そして太陽の向う側へいくときは今度は下へ下がっていくわけですから、ちょうどジェットコースターですね。あれみたいに、上へ上がるときはのろのろといきますけれども、上へ上がって、後は猛烈な勢いで下へ下がってくる。地球も太陽のまわりを回るときに、上へ上がるときはのろのろといくけれども、こっちへくると、猛烈な勢いで宇宙の奈落の底へ落ち込むように、ものすごい勢いで下へ落ちていくんじゃないか。そんなことがあったら、大変なことになる。地球の上ではそうなれば大地震が起ったりなんかするだろう。だからそんな地球が動くなんてことは考えられない。そういう素朴な反対ですが、あったわけですね。ここで、地球が上がっていくとか、奈落へ落ちていくとか、そういう考えは、地球の裏側の人が宇宙の底まで落っこちるという考えと似たところがあるわけですね。それは宇宙そのもののの中に上と下があるという、そういう考え方をするから、そういうことになるわけで、この東洋だけでなく、西洋でも宇宙全体にわたって、上下が決まっているという、そういう考えが根強かったわけです。そこに出てきたのが、有名なガリレオ・ガリレイ、これはどっちが名字でどっちが名前だか、誰かよく知ってる方は教えてもらいたいのですが、ガリレオと呼ぶ人もあり、ガリレイと呼ぶ人もある。名字と呼ぶか、名前と呼ぶか趣味

の問題ですかね。まあガリレオということにしましょう。そこに出てきたのがガリレオであった。ガリレオという人はコペルニクスより約100年ぐらい後に生まれておりますが、1632年に有名な「天文対話」という本を出しております。ガリレオはその前にいろんな、落下の法則、有名なピサの斜塔の上から物を落とし、落下の法則を見つけた、そういうことをやったり、それから、振り子の等時性というもの、そういうのを見つれたり、それから、いわゆる物理のほうで慣性の法則という、力が働かなければ物体はいつまでもその運動を続けるという慣性の法則ですね、こういうふうなことを見つけている。ガリレオは更に天文学に興味を持っておりまして、望遠鏡などを作っております。土星の輪を発見したり、太陽の黒点を発見したり、あるいは月のクレーターを発見したり、そういうわけで、コペルニクスの説にだんだん傾斜していった。そうして、そういういろいろな知識ですね、落下の法則とか、慣性の法則、それから天文学、望遠鏡で見たいろいろな発見の集積の上にたって「天文対話」という本を書きました。その中で地動説への反論をいちいち反駁していったということです。

慣性とガリレオの相対性

それは4巻の本から出来ていますが、その2巻に、地動説が正しいかどうかということをはっきりさせるには、こういう考え方をしたらいいんじゃないかという、対話の形の本で書いてあるんです。そういうことを話のなかで誰か一人に言わせている。どういうことかといいますと、重い物体を高いところから落してみる。そうすれば、地球が動いているか、動いていないか、つまり地動説が正しいかどうかははっきりするだろう、そういう提案が出てきます。もし、地面が動いているなら、その物体が落ちる間に時間がいくらか

かかる。その間に地面の方はいくらか動いているわけですから、その物体は地面が動いただけ後ろの方に落っこちるだろう。だからそれを調べてみれば地球が動いているかどうかわかるだろう。そしてこういう考え方が正しいかどうか、経験でたしかめることができる。つまり、たとえば船をひとつ考えまして、そのマストの上から、帆柱の上から、重い物を落っこちしてみる。そのときに船が動いてないなら、その物はマストのちょうど根本に落っこちる。ところが動いていると、落っこちる間にだんだん船は動いて、マストはここへくるわけですから、マストの根っ子より後ろの方へ落っこちるだろう。そういう話が出ております。これは実はガリレイが3人の1人に自分の考えを言わしているわけなんです、これは相手を引っかけてやろうという魂胆で、わざと自分ではまちがいだと思っていることを言っただけなんです。そうすると地動説に反対の人がですね、それは確かにそうだと、マストの上から物を落とすと、船が動いていれば、帆柱の根本よりも後ろの方へ落ちるにちがいないと、そういうふうにあいづちを打つわけです。そうするとガリレイはその考えは実はそうはなっていないんだと、たいへん意地の悪いやり方なんです、実際、実験をあなたはやってみましたか、実験をやってみるとですね、船が動いていても、重たい物は帆柱の根本に落ちてくる。帆柱の根本に落ちるから、船が動いていないとは、必ずしも言えないじゃないかと、そういうわけで、地動説の反論をまた反論している。この実験は実はなかなかそう簡単にはいかないと思うんですが、つまり、動きますと、風が吹く。真空の中でやればいいんですけれども、空気があると、なかなか、考えているようにはならないと思うんですが、現在ではですね、みなさん自身が実験をやっただけになることができる。それはですね、ひとつ新幹

線に乗った時に、上から物を落としてごらんになる。新幹線が今、時速 180 km で走ったとします。まあ 200 km まで走れるということですけども、ちょっと遠慮して 180 で走っているといたします。そうすると、秒速は 50 m ということになります。そこでですね、みなさんどこかの席で立って、何か落としてごらんになるとしましょう。それが床につくまで、だいたい 0.6 秒ぐらいかかるとして、それが床にくつつくまでの 0.6 秒間に新幹線は 30 m 前へいっているわけですね。だからさっきの考えをしますと、落とした席から 30 m 後ろの席にそれは落っこちるはずです。ところが、実際やってみると、みなさん立って落っことした席のところへぼたりと落ちてくる。ですから動く車の中での物の運動は、その中の人からみると、止まっている車の中での物の運動をその中から見ている人と全く同じになる。後ろの席には落ちない。その点で動いている席の中で、みなさんが動いている車の中でみた車の中の現象と、止まっている車の中で同じことをやったときみる現象とは全く同じです。ですから、さきほど言ったような意味で地動説に反対することはできないわけですね。たとえばもう一つの例を上げてみますが、新幹線の中で真中から前の方に向かって物を投げてみる。それから今度は後ろの方へ向って物を投げてみる。あるいは一緒に両方へ物を投げてみる。そうしますと、前へ投げたものが壁へぶつかるのと、後ろへ投げたものが壁にぶつかるのとは、車が止まっても、動いても同時です。そのことは車が動いていても、止まっても、成り立つということがわかります。ちょっと考えますと、前の壁は前の方へ逃げているわけですから、投げたものが、そこへとどくには長い時間がかかる。後ろの壁は前へ向って、投げた物に突進してくるわけですから、それには止まっているときよりも短い時間でぶ

つからだろーという感じがしますが、そういうことはない。なぜそういうことが起らないで、動いていても同時に壁にぶつかるかといいますと、これは慣性の法則です。走る車の中で物を落とす時に、みなさん手にその物を持っている間はみなさんの体も 180km で走っているわけです。手に持っているその物も 180 km で走っているわけです。これを投げると、手から離れますけれども、しかしそのとき、手から離れた後も、その物体は慣性によって 180 km という速度をやはりまだ持っているわけですね。それが投げられますから 180 km の速度 + 投げたときの手の速度、前方に投げたのはその和になるわけです。後ろの方に投げた物は 180 km で前へ走っているのを後ろへ投げますから、その差ですね、その差で後ろへ走っている。ですから、前に走る物の方が速く走って、後ろへ走る物は遅く走る。それがちょうど壁が前へ走ったり、壁がこっちへ向かって迫ってくるという、その効果と消し合って、結局、車が動いていても同時に着く。これは口で言うときとややこしいんですが、みなさん、ちょっと式を書いてみて計算してごらんになればすぐわかることです。こういうふうにしてですね、ぼたりと落とす場合も投げる場合も、静止している車の中で成り立つ力学の法則はそのまま、動く車の中でその車の中の人が見たときの法則にそのままの形で成り立っているということが、慣性の法則から出てくるわけです。この時ですね、論理を逆転させることができるということを、ちょっと注意しておきます。いまの言い方をしますと、慣性の法則があるから、動いている車の中から見た動いている物体の運動、動いている車の中の物体の運動をその動いている車に乗っている人が見た運動と、止まっている車の中での物体の運動を止まっている車の中に見える人が見た運動とがまったく同じ法則に従っているということ

を、慣性の法則から導き出したんです。ところが、逆にですね、そういうふうに動いている車の中の法則と止まっている車の中の法則とは一致する、一致してほしいというのが自然の要求である、これが自然の本性である、と考えて、それが成り立つためには、どういう法則が導き出されるか、という論理も可能です。動いている車の中でおこっている現象をその中の人が見たのと、それから止まっている車の中でおこっている現象をその中の人が見たのとが一致するという言い方はたいへん長々しいんで、これをちょっと短くいいますと、一定の速度で動いている世界での出来事をその世界の住人が見ている時には、止まっている世界の出来事をその世界の住人が見ると、全く同じであるというふうに言うこともできるわけです。車というと何かたいへん具体的ですけども、あまり学者の言うような言葉じゃないんで、物理学者はシステムという言葉を使って使ってますけど、このシステムという言葉が変なほうに使われて流行しておりますから世界ということにします。これはあまり厳密な意味での世界じゃないんですが。そこでそういうことが、もし成り立つとすれば、その世界の住民がその中で起っている、その中に現われている自然法則でみて、その世界が動いているか止まっているかということを決めることはできないわけです。それで、自然法則が動いている世界でも止まっている世界でも同じ形ででるといえるのは、ある意味では自然が動いているとか、止まっているとかいう差別を好きじゃない、あるいは拒否しているという、そういう言い方をしてもいいわけです。これを運動の相対性の要求ということにいたします。つまり、止まっているとか、動いているとか、自然法則がこうであるとかああであるとかいうのは、どれが動いている世界でどれが止まっている世界だとかを決める決め手を自然は与えてくれな

いわけですから、そういう事態を運動というものは相対的なものだ
 というふうに言い直すことができます。つまり、あるものは止まっ
 ていて、あるものは動いていると、そういうふうに我々が言うとき
 に、それは、我々の便宜で言っているだけで、たとえば新幹線の列
 車が東京駅に止まっているというのは、その車が東京駅といっしょ
 に動いていると、そういうことになるわけですね。実際、地球は動
 いていますから、東京駅も動いているわけです。東京駅に列車が止
 まっているということは、その車が東京駅と一緒に動いているとい
 うことを意味しているわけで、あるいは東京駅に対して車が止まっ
 ていると、そういうふうに言うことができる。ですから、動いてい
 るとか止まっているとかいうとき、いつでも何に対してということ
 を暗々裏に考えているわけです。そういう意味で運動というものは
 絶対的に止まっているとか、絶対的に走っているとかいうことはな
 くって、何に対して動いているとか、何に対して止まっているとか、
 そういう意味以上のことを決めようと思っても、自然はそれを決め
 させてくれない。ですから、物理学で、自然科学で考える運動とい
 うものは、やはり相対的な概念だという意味で、運動の相対性を自
 然は要求すると、そういうふうに言うことにいたします。さきほど
 言いましたように、慣性の法則から運動の相対性を導くこともでき
 ます。逆に運動が相対的であるという、そういう自然が要求するこ
 とから、物体は慣性を持たねばならないという逆の論理も可能で
 す。(黒板に書く)

慣性法則 → 運動の相対性

運動の相対性 → 慣性法則

こういう両方の考え方があるわけです。そういうことをちょっと

注意しておきます。ただし、ここで運動の相対性といいましたけれども、先ほどもちょっと注意したんですが、一定の速度を持っている運動に一応限定されるわけです。なぜかといいますと、動いている車の中でさっき言ったように、その中に乗っている人が物を落とす。そうすると、その中でちゃんと真下に落ちる。これは止まっているときと同じなんですけれども、動いている車がたとえば急停車するというばあいには、大変なことが起るわけです。ですから、そういう加速度がある運動をしているのを止まっているのと同じようにみえるとは言えないわけで、やかましく言いますと、等速運動をしているという条件が必要で、ここでいろいろ議論をしだすと、たいへん難しいことになるんですが、だいたい新幹線の中でみなさんがやれるようなことが、運動の相対性だと理解していただいて結構だと思うのです。そういうわけで、さっきの上から物を落として、それが落とした点の真下に落ちるか後ろの方に落ちるかで地球が動いているか止まっているかわかるじゃないかという論法は成り立たなくなるわけですね。それからさらに地球が太陽のまわりを上へ上がったり、下へ下がるときに、大変なことが起るのじゃないかということも、これもそんな心配はしないでもよろしい。地球が止まっているときと、同じようなことしか起らない。ただし、回っているときには、加速度がありますから、それには多少の言い訳をくっ付けなければいけないのですが、太陽のまわりの地球の運動、あるいは地球の自転の運動がありますと、加速度がありますから、止まっているときと同じようにはいかないんですけれども、その違いは非常にわずかなものであるということがいえるわけです。

ガリレオの次にニュートンが出て来ますが、ニュートンは自分で発明した微分法という新しい数学を使って、そしてガリレオの考え

を、さらに量的に精密にしました。それから、もう一つ、ガリレオの考えにはっきりとは出ていない万有引力の法則というのを付け加えました。つまり、距離の2乗に逆比例して、質量の積に比例するという引力が、すべての、ありとあらゆる物の間で働いている。星も太陽も、つまり太陽と地球の間にも、地球と月の間にも、あるいは星と星の間にも、さらにリンゴと地球の間にも万有引力という、そういう質量の積に比例して、距離の2乗に逆比例する力で引っ張り合う。そういう法則を付け加えますと、すべての太陽系の運動も、あるいは地球のまわりの月の運動も、あるいは地球の上のリンゴの運動もすべてその法則に従っているという、そういうことをはっきりさせたわけです。この非常に壮大な理論体系が出来たわけですが、この中で慣性の法則はガリレオからちゃんと引き継がれて、ちゃんと残っております。従って、相対性の要求もちゃんと満たされていると、そういうことがはっきりわかるわけです。

光の本性の解明からまた問題が運動の相対性に関して別の方面から大きな問題が出てまいりました。それはですね、18世紀の終り頃、光や電磁気の研究が進んだということから出て来ました。その光の本性について、ニュートンは光は粒子だという見方をしていた。しかし、ニュートンとほぼ同じ頃のハイゲンス、これはハイゲンスと読むんだか、読みかたがむずかしい、オランダ人です。ホイヘンスというのが、ほんとだという人もいますが、ちょっと日本人には発音できない。この人は光は波動だという説を立てました。それから19世紀の中頃になりますと、有名なマックスウェルですね、これが光は電磁波であるという説を出しまして、そこで光の波動説がもう動かないものとして、確立した。これは量子力学が出て来ると、光は粒子だという考え方もまた出て来るわけですが、

きょうは副題がここでものをいうんですが、コペルニクスからアインシュタインまででした。ただしアインシュタインは、そうだ、光の粒子というのを言い出したのは、アインシュタインなんですが、これはコペルニクスとあんまり関係ないから、副題に従って、それは省くことにします。光が波だという考えが、ここで非常に明白になってきたわけですね。ところが、光が波であるとすれば、いったい何の波だ。たとえば音の波は空気の振動ですね。光はそれじゃ何の振動かという、つまり波を伝えるメディウム、媒体です。これが何んだかしらんけど、とにかくそういうものがなければ波は起らないだろうというんで、その媒体としてエーテルというものが考えられていたわけです。ところが光というのは真空中も通りますし、あるいは透明な物体であればその中也通る。ですから、エーテルというのは真空中の中にも存在するわけで、真空を満たしているわけですね。ですから通常の普通の物質とは違うということを考えなくちゃいけない。それから、こういう水とかガラス、この中にもエーテルは存在している。ですから普通の物質は不可貫入性で、同じ場所に同時に2つの物体が存在できないのに、エーテルはこういうものの中にも存在できるし、真空の中にも存在できると、そういう一種不思議な物であると考えなくちゃいけないのですが、とにかく、エーテルという正体はよくわからないのですが、そういうものが空間に充満していると、そういうふうに考えますと、そこで先ほどから、お話ししました、運動の相対性というのがそこで成り立つかどうかと、そういう問がおのずから出て来るわけです。つまり、宇宙空間が真空じゃなくて、そこにエーテルがいっぱいあるならば、このエーテルの海の中にじっとしているものと、エーテルの海の中で、エーテルに対して動いているものと、その間で何か違ったことが現わ

れるのではないかという、そういう問題です。つまり、エーテルというのは普通の物質と違っている。たとえば東京駅とちがって、あらゆるものの中に満ちているものであるわけです。けれども、とにかくエーテルというものがあるんなら、エーテルに対して動いているとか、エーテルに対して止まっているとか、そういうふうに運動というものを分けることができる。エーテルに対して非常に速く走っているもの、遅く走っているもの、止まっているものというふうにいろいろと分けることができるわけですが、その時に、エーテルに対して止まっている世界の中と、エーテルに対して動いている世界の中で、はたして同じ物理法則が成り立っているか、その中に住んでいる人からみて同じ物理法則が成り立っているかどうかということが、ひとつの問題になるわけです。どういうわけで、そういう問題を考えなくちゃいけないのかという説明は、もう一度、ここで、新幹線にご登場願って、考えてみることにいたします。つまり、エーテルに対してじっとしている、そういう車ですね、それとエーテルに対して動いている車とを考えます。このときはですね、エーテルというものは宇宙全体にいっぱいになっているものだとなれば、エーテルに対する運動と、エーテルに対して止まっているとか、エーテルに対して動いているとかいうことの意味が、東京駅に対して止まっているとか、東京駅に対して動いているとかいうよりも、はるかに宇宙的な意味を持つわけで、従ってそういう時にはですね、運動の相対性が破れるかもしれないということが問題になるわけです。実際、今言ったように、2つの列車を、列車でも車でもいいんですが、それを考えてみまして、そうしてさっき車の真中から物を投げるという実験に対応して、車の中央に光を出す装置をおきます。そして、前には前方に向かって物を投げ、後方に向かって物を投げ

たわけですが、今度は両方に光のパルスをばっと出してやる。そうしますと、光は非常に速く、秒速 30 万 km という速さで伝わることは、当時すでにわかっていたわけですので、車体の長さを、30 万 km の 2 倍にしておきます。こんな列車はいくら国鉄の優秀な技術でも作れないと思うんですが、頭の中で作ってみます。そうすると、60 万 km の車がエーテルに対して止まっているとすれば、そのパルスは両方に向って毎秒 30 万 km で出ますから、両方の壁に 1 秒後に同時にぶつかるわけですね。それじゃあ、車がエーテルに対して動いていたらどうなるかということを考えてみます。このとき、物を投げる場合と違って、波というものの、波の伝わる速度というのは、その波を出す源、いまの場合、光源ですね、光源が動いていようが止まっていようが、波の伝わる速度は媒質の性質だけで決まるという、そういうことは普通の水の波でも音の波でも実験的にわかっていることです。それが波の性質だという。さっきの物体を投げる場合には、投げる人が走っていれば前の方へはより速い速度で飛ぶし、後ろに向って投げたのはより遅い速度で飛ぶということなんですが、光の場合には、光源が動いていても、やっぱり出たパルスは 30 万 km/秒、そういう速度で伝わっていく、ということに注意しなければいけません。そうすると、ここで物体を投げるときと違ったことが起る。前は物体は前へは速い速度で、後ろへは遅い速度でいくから、車は動いていても同時に着くようになっている。今度は、前の方へ出たパルス、後ろに出たパルスは動いていようが、止まっていようが、30 万 km/秒で走る。そういうわけで、前方の壁にパルスが着くのには 1 秒より長い時間がかかる。それから、後ろの壁には 1 秒より短い時間でぶつかると、そういう結論が出て来るわけですね。ですから止まっているときには、パルスが両方の壁

に同時に来るけれども、車がエーテルに対して動いていると、後ろの方に先に着いて、前の方には、おくれて着くと、そういう結論が出て来ます。ですから、物体を投げた時と違って、車の中にいる人が、光がいつ壁にくるかというのを見ていると、止まっているときは同時にくる、動いているときには、後ろの方にはやく着いて前の方におそく着くという、そういうことになるわけで、そういう意味でさっきの運動の相対性は光の場合には成り立たないと、そういう結論が出て来る。ですから、光に対しては自然が運動の相対性の要求を満たさないのではなかろうかと、そういうことになるわけです。そこでですね、これがほんとにそうなっているのかどうかということを知りたいという、知識欲のかたまりみたいな物理学者がいて、そういうことを知りたがるわけです。はたしてどうなっているのかと。それを実験してみた人がいる。これはアメリカ人ですが、マイケルソンとモーレーという二人の人がやった有名な実験があります。だけど、これ、詳しく話していると、あまり話が専門的になりますから、詳しい話は省略しまして、とにかく、実験をしてみると、どんな速さで走っている車の内でも、中央から出たパルスは前の壁と後ろの壁と同時にぶつかるということがわかりました。つまり、さっきの考え方で波は粒子と違って、前の方へ速く走る、後ろの方へ遅く走るということがないから、おそらく同時にぶつかることはないだろうという、あの予想がすっかりはずれて、光に対してもやはり運動の相対性が成り立っていると、そういうことがわかったわけです。つまり自然というのは光に対しても絶対的な運動を、つまり相対的でなく、絶対的に止まっているか、あるいは動いているかというような問に答える方法を、自然は拒否していると、そういうことがわかった。これは非常に困った事態なんで、光を波

と考えますと、どうしてもさっき言ったように、相対性が破れるはずであるのに、実際そうになっていない。それはどういう理由によるのだろうか、そういうことがたいへん頭の痛い問題になったわけです。その理由はわからないけれども、とにかく問題のありかをもう少しはっきりさせることができたのは、またこれもオランダの学者ですがローレンツという学者です。この人はこういうことを見つけました。それは、走っている車の中では、すべてのものの長さが短くなる。だから車の長さも短くなる。乗っている人間も少し薄っぺらになる。それからすべての周期運動の周期が長くなっていると、そういうふうに考えれば、もしそういうことがあれば、その車の中で光のパルスが前の壁と後の壁に同時にぶつかることが可能だと、そういうことを見つけたわけです。そしてこの時に物が短くなっているとか、周期が伸びているとか、そういうことを言いましてもです、車の中に住んでいる人にはまったくそれに気が付かないことになる。なぜかといいますと、車の中に長さを測ったり、あるいは周期運動の周期を測るものさしとか時計とかいうものを持ち込むわけですが、そのものさし自身が短くなっている。それから時計のまわりかた自身がゆっくりになっている。ですから、そういう短くなったものさしで短くなった物を測るわけですし、ゆっくり回る時計で周期の伸びた現象の周期を測るわけですから、その測った結果は止まっているときと、全く同じで、縮んでいるということは、車の中の人には気付かれなわけですね。それから、周期運動がゆっくりしているということも車の中の人には気が付かない。車の中の人が見ると全く同じ事態です。ですから、そういうふうに考えれば、ちゃんとうまく物事は説明つくんですが、しかしどうもこの説明はほんとうの説明であらうか、かなり苦しい説明だ。それでうまくいく

とはいっても、なぜそういう物の長さが動くとか縮むのかとか、あるいは周期運動の周期がなぜ伸びるのかという、そういう間に答がどうしても見つからない。そういう意味でこのローレンツの説は、ほんとうの意味がよくわからなかったわけです。

論理を逆の向きに

ここでさっきの話を思い出していただきたいんですが、物を投げた運動、あるいは上から落とす運動ですが、そういう物体の運動について、物体の力学的な現象について、先ほどのように慣性の法則があると、それから運動の相対性の要求が満足されてくるという考え方がありますがけれども、もう一つは運動の相対性を自然が要求するんだということから、その自然の要求が満たされるためには、慣性の法則が成り立たなくちゃいけないんだということが導かれてくる。そういう、もう一つの導き方がある。そのことを思い出していただきたいんですが、アインシュタインはこのローレンツの物が縮んだり、周期が伸びたりするのはなぜかという間に答えるのに、こちらのほうの方法をとった。つまりアインシュタインはですね、運動の相対性というのは自然の持つ非常に強い要求だという、そういう考え方を前々からしていたらしいので、ですからさっきの力学的な現象だけでなく、光の現象、そのほかあらゆる物理現象は、あるいは物理現象だけでなく、あらゆる自然現象はみんなこの要求を満たすべきだと、そういう考え方をとりました。そう考えますと、まえに慣性法則が出て来たように、その要求の方からローレンツが言ったような動いている車の中では物が縮まるとか、あるいは周期が長くなるとか、そういうことが、実際、その要求から導き出されるんだと、そういうふうを考え、そういうことを言い出したわけです。ただし、その時には、縮まるとか周期が遅れるとかいうの

は車の中にいる人からはそう見えないんで、先ほど言いましたように、ものさしや時計はいっしょに変わってしまうんでそうは見えないんで、車の中にいる人からは相変わらず物はすべて元の長さで見えるわけですが、しかし外から見てみると、それが縮んだり、時計が伸びたりするんだ、というわけです。その時に、どちらの長さがほんとうの長さで、どちらの周期がほんとうの周期かという問は、どちらの車が止まっていて、どちらの車が動いているかという問と同様に、自然は決して答えてくれない。そういう事態です。ですから車の中の人、それぞれ車は動いていたり、止まっていたりするとしてもですね、それぞれの車の中で自分の持っているものさしと自分の時計で測ったところの自分の時間、自分の長さ、それを持っている、それがみんな差別なしに、どれがほんとでどれがうそかという差別はつけようとしても、つけることができないという、そういうことになるわけです。ですからガリレオ、ニュートンという意味での運動の相対性のほかに、長さとか時間というもののまでが相対化されているという、これがアインシュタインの考えの非常に大きな特徴で、またそれは非常に画期的な発見であったわけですね。アインシュタインの意味でも相対化を認めると、今度はニュートンの力学も変えなくちゃいけないということになります。なぜかといいますと、ニュートン力学では、慣性の法則から相対性が出る、あるいは相対性から慣性の法則が出る、その時には、ものの長さが動くときと縮むとか、あるいは周期が伸びるなんてことはぜんぜん考えていないわけですね。長さはいつでも、動いていても、止まっても変わらない、それから物の周期は動いていても止まっても変わらないという、そういう立脚点に立って、慣性の法則と、運動の相対性がありうるとして式で関係させたわけです。アインシュタインは物が動く

と縮んだり、周期が伸びたりするというそういうことになれば、ガリレオ、ニュートンの時代の運動の相対性は、ただ慣性の法則からは出て来ない、それは当然なことですね。ですから、ニュートンの力学もどこか修正しなければいけない。彼は実際、それをやったんですが、相対論的な力学というものを、そういう体系を、ニュートン力学にかわるものを、作り上げたんですが、その中では、たとえば、物体の質量、これはガリレイ、ニュートンは質量というものは物体に属する、定数であると考えてたわけですが、それを実は物体の速さが変わると質量も変わるんだという、そういう考え方をアインシュタインの力学ではするわけで、そういうふうに質量の考え方を変えますと、そうすると、そういう修正した慣性の法則によって、光以外の物体に対しても、ちゃんと両方に投げたものは同時に両方の壁へやってくるということが導かれます。そういうわけで新しい相対論的な力学というものが作られたわけですが、これが現在では実験的にいろいろな方面から実証されております。特に宇宙と関係するのは惑星の軌道ですね、軌道がニュートンの万有引力の法則では楕円になるということですが、それが修正した力学では楕円にならない。だいたい楕円に近いんですが、楕円自身がこうぐるぐる回っているという、そういうふうなことが起るというんですが、これは天文の方で立証されていることです。これは非常に微弱な修正しか出て来ないんですが、そのほかもっとはっきりと、アインシュタインの力学を実証する実験が現在ではいくつも存在しております。違った速さで動いている車の中での長さとか時間とかいうものは互いに違っていてもよいという、そういう考え方は非常にまあ、常識では理解しにくいかもしれないですが、しかし、きょうずっとお話してきた、宇宙観がどういうふうに変わってきてるかということをた

どってみると、こういうふうに類推すればなっとくできる、それほど不自然な考え方でもないということがわかっていただけるかと思うんです。先ほども何べんもお話したようにずっと昔の人は、西洋人にしても東洋人にしても、宇宙の中に上と下とがきちんときまって、どこへ行っても上は上で下は下だと、ですからある人の上が他の人には下になったり、そういうことはないわけですね。すべての人にとって、上は全部上だと、下は下だと考えられていた。ところが地球が丸いという考えが出て来ますと、そうして宇宙の中心に地球があると、そういうふうに天動説は考えておりますが、そういうことになりますと、宇宙の中心、言い換えれば地球の中心ですが、そこから近い場所が下で遠い場所が上だと、そう考えればいいということになってきたわけです。そういうことになりますと、日本人の上は地球の裏側にいるブラジル人にとっては下になる、そういう意味で、地球上の人々はめいめい自分の上と下とを持っていて、それが場所が違えば違ってくる。それでかまわない。ただ、かまわないというだけでなくってですね、そういうふうに上下というものを相対化することは非常に合理的だということが、いわれる。かまわない以上にそのほうがはるかに合理的だと。なぜかといいますと、こういう意味で上下という概念を相対化しますと、すべての物体の落ちる方向はどこでやってみても下だと、そういうことが言えるわけですね。ですから、地球の裏では古い意味では上へ落っこってくる。ところが今のように上下を相対化すると表でも裏でも物は下に落ちると、そういうことになりまして、物理法則が表の人にとっても裏の人にとっても同じ形式で表わされる、そういう意味で新しい上下の定義の方がはるかに合理的だということになる。次にニュートンの時代になりますと、落下の原因になる重力は、天動説では宇宙

の中心に向かって物が引っぱられて落下する、したがってそれが重力だと、引っぱる力が重力だというわけだったのに対してニュートンは重力というもののかわりにあらゆる物体つまり月と地球、あるいは地球と太陽の間、あるいはリングと地球の間、その間に万有引力というものがある、宇宙の中心に向かって重力が働くのじゃなくて、重力というのは物と物との間に働くというふうに考えが変わってきたわけで、ですから、地球の近くにある物体に働く重力は物体と地球の間の引力にほかならない、ということになるわけですね。また月の近くの物体は月の引力に引かれて、月の上へ落っこってくる。ですから地球の上の人の上下は地球の中心に向う方が下で、それと逆の方が上だと、月の上の人にとっては月の中心に向う方向が下であると、その逆が上であると、そういうふうに今度は地球上の人の間で上下が相対化されるだけじゃなくて、地球上の人と月の上の人の上下が相対化されます。その方がはるかに合理的だといえます。地球には地球の上下があり、月には月の上下がある。そういうふうに上とか下とかいう概念が相対化されます。月には月の上下があり、地球には地球の上下があって、それは違っていてもいいんだという考え方に、現在は皆さんもおそらく何らの疑問も持たないと思うんですが、これはアポロのおかげです。皆さん、アポロの飛行士が月に行ったときにテレビでごらんになったと思うんですが、あの時、豊かな海というんですか、裏側じゃなくてこっち側ですね、あそこに着陸したわけですが、その時アナウンサーはですね、宇宙船が着きましたと、そして今、飛行士は宇宙船の戸を開けて、はしごを降りていますと、そして、飛行士は今月面に立ちましたと、そういうアナウンスをやっている。皆さん、何にも違和感を感じなかったと思うんですが、もし昔流のですね、月の上下と地球の上下は同じで

なくちゃならないという考え方をしますと、今の説明ははなはだおかしいんで、豊かの海というのはこっち側ですから、地球からいって、こういうふうにくるわけですね。そうすると地球の上下でいいますと、宇宙船の人が乗っているところは下にあるわけです。はしごを降りるんじゃなくて、上がっていくわけですね(笑)。そうして月に立ったんじゃなくて、足を月面につけて、頭を下にしてぶらさがったと(笑)、こうアナウンスしないと、おそらく、承知できないはずなのが、今のアナウンサーの言い方でぜんぜん違和感を持たなかったというのは、これは上下の相対性をニュートン流に考える考え方が茶の間に入ってきたと言えるかと思うんです。で、これ余談なんですけれども、もう一つ面白い話があるんで、NASAでアメリカの NASA ですね、あそこで科学者がたくさん集って、あの放送をやったり見ているわけです。あれは NASA の大きな壁に我々がテレビで見たのと同じような映像が映っている。宇宙船の中の様子を放送したのを皆さんごらんになったと思うんですが、無重力状態にして物がごろごろしている。その時に NASA の科学者が見たいと思った物が映ってなかった。そこで科学者が指令を出して、もうちょっとカメラを上へ向けてくれと。そうしたら飛行士から返事が来て上とはどっちだと(笑)。これなんかは科学者の方が案外、昔の古い考え、地球上の上下と宇宙船の中の上下とが同じでなければいけないという考え方を、錯覚を、起していたわけです。これは面白い例だと思うんです。こういうふうにだんだんに上下という概念の相対化が拡張されていったわけですが、今ではすらすらとできる。茶の間まで入って来たんですけれども、この拡張が起るたびごとに昔の人は非常にとまどったわけです。先ほども言いましたように宇宙の中に上下があるという考えが根強かったために、地球の裏側の

人は宇宙の底へ落っこちるだろうという心配が出て来たり、あるいは、地球が太陽のまわりを回っていたら、一番高いところから、下へ降りる時にはジェットコースターのようにたいへん気持の悪いことが起る。私はアメリカでジェットコースターに乗ってあんなものに二度と乗るまいと思った(笑)。こう降りる時の気持の悪いこと。あれが気持がいいという人はですね、女の子といっしょに乗ると、女の子がきゃあと言ってしがみつくと、その気持がいいんだと(笑)、そういう説があるんですが、うそかほんとか知りません。やってみたことがないから(笑)。そういうふうに物事の相対化が時間とか長さの相対化が最近非常にでて、最近といっても 20 世紀の始めにアインシュタインが考えてでてきたわけですが、これはなかなか我々としてもなじめない。我々はだいぶなじんできたんですけども、物理学者以外の方には非常になじめないことだと思うんですけども、今、我々があたりまえだと思っている上下の相対性というのは昔の人には非常になじめなかったという例をみますと、これもやがては、いつかはなじめるんじゃないかという気がいたします。最後に、今まで運動の相対化、相対性の要求ということを行いました、それが慣性の法則で満たされていると言いましたけれども、先ほどもちょっと言いましたように、これは加速度のない時だけの話で、加速度がありますと、急停車をする車みたいに、止まっている車の中では絶対に起らないようなことが起るわけですね。ですから、そこをどう考えるかというんですが、アインシュタインはここです、運動の相対性という要求を今までお話した以上に拡張して、加速度のある場合にも相対性が成り立つようにしようとした。それはどういうことかといいますと、これは非常に専門的で、しかも抽象的な数学的な要因があるんですが、万有引力というものにつ

いて、その加速度のあるシステムも相対化するということから、万有引力に新しい解釈を打出してきたわけです。この新しい解釈から非常にいろんな面白いことが出て来るんですけども、あんまり専門的になりますから、この話は今日は割愛させていただきます。ただ最後におことわりしておきますのはですね、今日の話は宇宙観の変遷と言いましたけれども、宇宙観の全面にわたって話しているわけじゃない。つまり、今日とりあげましたのは天体の運動に関する宇宙観であって、宇宙にある天体は、運動するだけじゃないんで、光を出したり、あるいは熱を出したり、それから、そういう過程でだんだん衰えていく。そして最後は冷たくなってしまう星もあれば、あるいは、大爆発を起こして、はなばなしい死に方をする、はなばなしいかといえるかどうか知りませんが、そういう星もあるし、それから時にはまた星が生まれてきたりする。つまり運動だけでなく、そういうふうな現象に対しての宇宙観があるわけです。しかしそれまでやりますと、歴大なページ数の本が書けるくらいの内容になります。あんまり欲ばるとお互いくたびれるわけですから、今日はこのへんで、運動に対する宇宙観だけで話をやめたいと思います。で、そこで、問題になりますのは宇宙観の変遷というサブタイトルのない題、こういう題で話をして星の光を出すとか成長するとか、あるいは衰えるとか、爆発するとか、そういうことをぜんぜん触れてないのは誇大内容表示ではないかというお叱りがどこから出るといけないので、それでコペルニクスからアインシュタインまでという副題は、そういう問題には触れませんよということを表示してあるわけです。ですから、誇大表示のそしりをちゃんと逃げるように、副題を付けておいたんだけど、それが落とされちゃったということは、たいへん困ったことなんですけど、まあ、そう

いう副題が付いてたということは、財団の方は十分知っておられますから、疑わしいと思われる方は証人を喚問していただいて結構です。これで一時間半がちょっと十分ばかり超過いたしましたが、私の話は終りたいと思います。どうもご清聴ありがとうございます。ございました。(拍手)

シュウィンガー博士招聘と

朝永博士追悼の講演

仁科記念財団は前理事長故朝永振一郎博士の一周忌にあたり、米国カリフォルニア大学ロサンゼルス分校 J. Schwinger 博士を招聘して、追悼の講演をしていただきました。Schwinger 博士は、故朝永博士と同じ1965年、同じ題目でノーベル物理学賞を受けた理論物理学者です。Schwinger 博士は 6 月21日から 7 月14日



演壇に立つシュウィンガー博士。
背後は故朝永博士の写真



講演の後、話しあうシュウインガー
博士と久保亮五理事長

まで在日、7月8日、日仏会館ホールで、Two Shakers of Physics と題する講演をされました。“Shaker”とは、朝永博士の名の“振”とご自分の姓の“Schwing”とのあいだの意味の共通性にちなむもので、講演は朝永博士の業績および人柄の深い理解の上に立って、朝永博士とご自分との研究遍歴の親近性について述べた興味深いものであり、聴衆に深い感銘を与えました。財団はこの講演の記録を原文のまま別冊で出版する予定です。（なお、その邦訳は雑誌「自然」の12月号に載っています。）

仁科記念財団の活動

—— 昭和51年度以降 ——

1. 仁科記念賞

仁科記念賞は、原子物理学およびその応用の分野できわめて優秀な成果をおさめた研究者に贈るものであります。この賞の特色は、功成り名遂げた大先輩に贈られるのではなく、むしろこれからの活躍を大いに期待される若い研究者に贈られる点にあります。

財団は、昭和51年度から今までに、下記のかたがたに、それぞれ併記した研究業績に対して、仁科記念賞を贈呈しました。

昭和51年度

本年度は下記2件3氏の研究に対して贈呈しました。

受賞者 九州大学理学部教授 磯 矢 彰

研究題目 静電高圧加速器の研究とその新機軸の開発

推薦理由

磯矢彰氏は1963年九大教授に就任されてから直ちに、同大にあった古いヴェン・デ・グラフ型静電加速器の抜本的改造をはじめられ、それまで用いられたことのない全く斬新なアイデアにより、1967年にはすでに加速管なしで端子電圧8.9メガボルトという驚異的記録を達成された。磯矢氏は、電荷運搬用に従来用いられていたゴムベルトをやめ、その代りに金属製ペレットのチェーンという新機軸を導入し、このため、絶縁耐圧の高いフレオンガスの使用を可能とした。

この他にも数々の新しい考え方を導入し、静電加速器の発展に貢献された。この業績の内容は、1970年に欧文の九州大学紀要として発表され、世界の注目を集めた。現在、世界の静電加速器の流れは、磯矢氏の考えにしたがっており、1970年代になってペレトロンと呼ばれる静電加速器がアメリカで生産されるようになったのも、磯矢氏の成功にもとづいている。静電加速器はサイクロトロンとならんで、原子核物理学およびその関連分野の研究にとっても重要な

もので、その本質的改良がこの分野の発展に及ぼした影響は大きい。

受賞者 ロチェスター大学教授 大久保 進
 名古屋大学理学部助教授 飯 塚 重五郎

研究題目 強い相互作用による素粒子反応に対する選択規則の発見
 推薦理由

強い相互作用を有する素粒子をハドロンと称するが、ハドロン間の衝突反応やその崩壊過程において、従来知られている保存則による選択規則以外にも新しい種類の選択規則があるのではないかという仮説を大久保氏が提唱し、ベクトル中間子の崩壊に関するこの規則の定式化を試みた。その後ゲルマンと独立にクォーク模型を展開したツヴァイクが大久保仮説に一つの解釈を与えたが、クォークの言葉を使って大久保仮説をもっと明確にもっと一般的に定式化したのが飯塚氏である。

この選択規則は、「大久保・ツヴァイク・飯塚」の規則と呼ばれ、最近発見された新素粒子群の研究に際して重要な役割を演じ、内外の注目を集めた。なお、この選択規則は現時点では経験法則であるが、将来この規則を理論的に説明することは、強い相互作用の本質に関する基本的な問題の一つと考えられる。

昭和52年度

本年度は下記2件3氏の研究に対して贈呈しました。

受賞者 京都大学基礎物理学研究所教授 牧 二 郎
 筑波大学物理学系教授 原 康 夫

研究題目 素粒子の四元模型

推薦理由

現在知られている数多くの素粒子は、素粒子よりももっと基本的なクォークと呼ばれる基本粒子から成り立っているものと考えられている。従って何種類のクォークが存在するかは基本的重要性を持つ問題であり、また強い相互作用及び電磁的相互作用において保存される量子数が幾つあるかという問題とも密接に関連している。牧と原の両氏は1964年に、クォークはそれまで信じられていた三種類ではなく、少なくとももう一種類あるのではないかという事を示唆した。これによって弱い相互作用においてはクォークと電子・ミュー中間子・ニュートリノのような軽粒子との間に美しい対称性が成立するように出来るこ

とを示した。その後アメリカでこの第四のクォークの存在を示す実験が行われ、またこの模型により存在が予想されていた色々の素粒子が世界各地の加速器により次々と発見された。

受賞者 東京大学物性研究所教授 塩谷 繁雄

研究題目 ピコ秒分光法による半導体の高密度励起効果の研究

推薦理由

高出力レーザーの開発と利用によって、物質に強い光を照射したときに起こる電子的過程の研究は、近年、非常に進み、新しい研究分野が相ついで拓かれている。その中で、半導体を強いレーザー光で励起したときに見られる電子、空孔の生成、それらの結合による励起子、さらに励起子の結合である励起子分子の生成、またそれらの消滅の過程の研究は、半導体のみならず一般の固体あるいは分子系における光学的、電子的素過程を明らかにするものとして基礎的な意義をもつ。

塩谷氏は、この方面の研究において世界的に見て最も優れた開拓者の一人であり、精力的にこれを発展させてきた。とくに最近では 10^{-12} 秒の程度の短時間に起る過程を追求するために、ピコ秒分光法の新しい技術の開発に努力し、他にさきがけてその実験技術を進めることに成功した。これにより、たとえばカドミウム・セレナイド CdSe をレーザーパルスで照射したときに起る電子的過程の経過を時間的に分析する実験を行なっている。この一連の実験はそれ自体として重要な新知見を提供するものであるが、そればかりでなく、ここに開発された波長可変ピコ秒パルスの発生、ピコ秒分光法の実験技術は光物性研究の新生面を拓くものとして、塩谷氏の業績を高く評価する。

昭和53年度

本年度は下記2件3氏の研究に対して贈呈しました。

受賞者 分子科学研究所教授 廣田 栄治

研究題目 高分解能高感度分光法によるフリーラディカルの研究

推薦理由

分子の特性を調べる研究手段の一つとして、分子がマイクロ波やレーザー光を吸収するときに現われる回転スペクトルや電子スペクトルの回転構造を測定する方法、すなわちマイクロ波またはレーザー分光法が挙げられる。不安定な分子、とくにフリーラディカルは不対電子を持つために通常の安定な分子と異

なっていて極めて特異な特性を示すが、化学反応過程の中でごく短時間生成するのでその特性を明らかにすることは反応機構の解明や制御にとって極めて重要である。さらに宇宙化学などの関連分野における基礎的データとしてもその意義は大きい。これらフリーラディカルの特性の解明にとってマイクロ波やレーザー分光法は極めて有力な手段となるが、廣田氏はマイクロ波分光法をフリーラディカルの構造解析に適用した最初の研究者の一人である。SO, ClO, NS, SF など種々のフリーラディカルの検出と精密構造解析に成功するとともに、今までその存在が知られていなかった FSO の検出にも成功して、氏はこの分野における世界の最先端に自らがいることを証明した。さらに最近は、より高い感度、分解能をもつレーザー分光法も取り入れ、SO, NH₂, PH₂, HSO などの検出、観測を行なっている。以上のような優れた業績を廣田氏が挙げることができたのはマイクロ波およびレーザー分光法の開発にそそいだ氏の多年にわたる努力によるところが多く、基礎科学におけるその業績の意義は極めて大きい。

受賞者	東京大学原子核研究所教授	丸 森 寿 夫
	東京大学理学部教授	有 馬 朗 人

研究題目 原子核の集団運動現象の解明

推薦理由

原子核は、その構成粒子間の強い相互作用のため独特の集団運動的現象を呈し、その多様な性質の多体問題的・微視的見地からの解明が核構造論の大きな課題となっている。両氏は、それぞれ独自の立場からこの問題の理論的解明に多大の貢献をなした。丸森氏は 1955 年、ボーア・モッテルソンの集団運動模型の基礎づけを行なった後、1960年には、世界にさががけて、乱雑位相近似を用いた集団運動の微視的記述の理論を提起し、更に 1964 年には、非調和振動をとり扱うボゾン展開法を発表するなど、一貫して集団運動の理論的解明の面で先駆的業績をあげている。これらの方法にもとづき、個々の現象の理論的説明が続けられている。有馬氏は、1954年、堀江久氏とともにその配位混合理論において原子核の巨視的性質をはじめて核力の性質から解きほぐして以来、殻模型の立場から核の回転・振動・クラスター・芯偏極などの集団的性質を解明し、大きな成功を収めた。また、最近「相互作用するボゾン」模型を提唱し、対称性に重点をおき、群論的手法で原子核の複雑な励起状態を見事に説明して注目をあびた。このように、両氏ともこの分野で世界をリードする業績を収め

ている。

昭和54年度

本年度は下記2件3氏の研究に対して贈呈しました。

受 賞 者 東京大学物性研究所教授 守 谷 亨

研 究 題 目 遍歴電子強磁性の理論

推薦理由

鉄、ニッケル等に代表される金属強磁性体の磁性の理論的解明は、量子力学の誕生以来、半世紀にわたって固体物理学の中心課題であり、多くの試みがなされたが、いまだに満足なものはなかった。非金属磁性体と異なり、金属では磁性を担う電子は、一面では結晶中を自由に動き電気伝導に関与する遍歴電子としてふるまうと同時に、他の一面では電子間の相互作用に基づく相関効果のために局在的な性格をもつ。この相反する二面性を的確に把えることが問題を解決する鍵であるが、これは量子的多体問題の懸案である。

守谷氏はここに独自の方法によって特に磁性について電子間相関が弱い場合から強い場合までを統一的に取扱える理論を立てることに成功した。これは電子スピンのゆらぎとして電子相関効果を適切に表現するものであり、守谷氏はその協力者とともに、強磁性金属の磁性とそれに関連する諸性質を統一的、かつ包括的に明らかにする理論を展開し、既知の実験事実を見事に説明するのみならず、多くの新しい事実を予言した。この理論はまた、実験的研究を刺激し、金属強磁性の物理はここに新局面をひらくに至った。これは近來の物性物理学におけるきわめて顕著な成果といえよう。

受 賞 者 高エネルギー物理学研究所助教授 小 林 誠

東京大学原子核研究所助教授 益 川 敏 英

研 究 題 目 基本粒子の模型に関する研究

推薦理由

最近の高エネルギー物理学の発展に伴って電磁的及び弱い相互作用はワインバーグとサラムにより提唱された統一理論によって記述されることがだんだん確かになってきた。

この際素粒子を構成している基本粒子、いわゆるクォークが何種類あるかが重要な問題となる。小林・益川両氏は、この問題を解く鍵として、1964年にK中間子の崩壊に関して実験的に発見された或る種の不変性(CP不変性)の破れ

に着目し、この破れをワインバーグサラムの理論の枠内で説明するためには四種類では足りないことを証明し、六元模型を提唱した。当時は三種類しか知られていなかったクォークも現在では五種類まで見付かっている。そして六元模型は現在世界的に標準的な模型として支持されている。以上の理由により両氏の業績は十分に仁科賞に値するものと評価する。

2. 研究奨励金

これは、原子物理学およびその応用に関する研究をおこなう個人またはグループに対して、毎年数件、総額数百万円程度を贈呈するものであります。最近はこの方面の研究にも相当額の研究費が国庫から支出されるようになり、この奨励金はそれらにくらべると額は多いとは申せませんが、その使途については、研究者に一任して煩わしい制限をつけない点が特色であります。こうして独創的な、前途有望な研究を援助しようとするものであります。

財団は、昭和51年度から今日までに、下記のかたがたに、それぞれ併記した研究題目に対して、研究奨励金（数字は単位万円）を贈呈しました。

昭和51年度

「電離放射線励起による固体・液体アルゴン、クリプトン、キセノンの励起発光の実験的研究」

78 窪田 信三 立教大学理学部 助教授

「吸収端近傍におけるX線異常散乱の研究」

100 深町 共栄 埼玉工業大学電子工学科 講師

「高密度炭化水素気体中の準自由電子のエネルギー」

99.3 西川 勝 東京大学教養学部基礎科学科 助教授

「レーザー光照射による色中心生成機構の研究」

80 香川喜一郎 甲南大学理学部 副手

「球形核における非調和効果の微視的研究」

50 坂田 文彦 東京大学原子核研究所 助手

昭和52年度

「希土類金属間化合物における希土類原子の不対電子と伝導電子部分波成分の間の磁気相互作用に関する輸送現象的研究」

120 桜井 醇児 広島大学理学部 助教授

「高圧下での過冷却水溶液における同位体効果」

124 菅野 等 明星大学理工学部 助教授

「固体の強励起状態の研究」

100 鵜久森正毅 山口大学工業短期大学部 講師

「二次元層状物質のマラン散乱」

90 関根 智幸 筑波大学物理学系 助手

昭和53年度

「希土類金属間化合物の核磁気共鳴」

105.4 清水 建次 富山大学教育学部 講師

「イオン衝撃による有機化合物の光学禁制励起電子状態の研究」

96 佐藤 幸紀 東北大学科学計測研究所 助手

「束縛多励起子の励起状態に関する研究」

110 西野 種夫 大阪大学基礎工学部 助教授

「中間エネルギー物理学— π 中間子と原子核との相互作用を中心として」

45 矢崎 紘一 東京大学理学部 助教授

「重陽子の弾性及び非弾性散乱における vector 及び tensor analyzing power について」

60 野矢 弘 法政大学第二教養部 教授

「パルスラジオリシス・マイクロ波空洞法によるペニングイオン化の研究」

88.9 簇野 嘉彦 東京工業大学理学部 助教授

昭和54年度

「アルファ反磁原子の固体表面での挙動に関する基礎研究」

88 橋本 哲夫 新潟大学理学部 助教授

「極薄膜固体の ($\leq 100 \text{ \AA}$) 低エネルギー電子線衝撃・エネルギー損失スペクトル及び励起発光スペクトルの測定」

111.5 平岡 賢三 山梨大学工学部 助教授

「励起子、励起子分子による二次光学過程の研究」

100 長澤 信方 東京大学理学部 講師

「光子相関分析法による非平衡開放系の研究」

90 富永 靖徳 お茶の水女子大学理学部 助教授

「核反応における制動輻射の検出と time delay」

3. 記念講演会

故仁科博士は量子論、原子核および宇宙線の物理学の専門分野で偉大な業績をのこされましたが、それとともに、倦むことのない啓蒙家として、講演や執筆を通じて、この方面の科学に対する理解をわが国において広めるのに大きな寄与をされました。ことに、故博士の講演は、幻燈やデモンストレーションを準備した力のこもったものでした。今日では原子物理学に関する通俗読物はありませんほどになりましたが、しかしよく準備された力のこもった通俗講演はむしろ少なくなった感があります。そこで仁科記念財団でおこなう講演は、幻燈や映画を利用し、またできるだけデモンストレーションも用意して、特色のあるものにしようと思っております。

仁科記念財団の講演は故仁科博士の誕生日である12月6日に定例のものがおこなわれます。そして、その際に、その年度の仁科記念賞の発表がおこなわれることになっております。そのほかに、財団は東京以外の地方のかたがたのために、地方講演をおこなっております。それらの講演会は、非常に盛況であり、また多くの参加者に感銘を与え、このような事業がいかに有意義であるかを証明しました。

財団はまた中学校・高等学校の理科教育にたずさわるかたがたを対象とする講演会を開催しております。

昭和51年度以降今日までに行われた講演会は、下記のとおりであります。

昭和51年度

定例記念講演会を次のとおり開催しました。

日 時 昭和51年12月6日(月) 午後2時より4時半まで(開場午後1時半)

場 所 朝日講堂

講演者 物理学むかし語り—原子物理学渡来のころ—

理事長 朝 永 振一郎

昭和52年度

定例記念講演会を次のとおり開催しました。

日 時 昭和52年12月6日(火) 午後2時より4時まで(開場午後1

時半)

場 所 ヤマハホール

講演者 核融合エネルギーの夢と現実 伏 見 康 治

昭和53年度

定例記念講演会を次のとおり開催しました。

日 時 昭和53年12月6日(水) 午後6時より7時半まで(開場午後
5時半)

場 所 朝日講堂

講演者 摩擦の研究の新しい展開 一身边の摩擦現象の解釈からトラ
イボロジまで一 東京大学名誉教授 曾 田 範 宗

昭和54年度

定例記念講演会を次のとおり開催しました。

日 時 昭和54年12月15日(土) 午後2時より4時半まで(開場午後
1時半)

場 所 上智大学8号館4階410号室

講演者 協働現象とパターン認識

上智大学客員教授 渡 辺 慧

4. 留学生派遣

学術交流の本旨は内外のすぐれた科学者たちの間で心からの敬愛をもっておこなわれて、はじめてよく生かされるものといえましょう。

学術の国際交流は、最近とみに盛になってまいりましたが、諸外国の多くの指導的な学者が、故仁科博士に深い敬慕の情をいだいておられる点からみて、本財団がおこなうこの事業は、ことに大きな意義をもつものであります。かつて故博士を訪れた海外の学者はわが国の学術文化に多大の貢献をもたらしました。また、生前博士の一通の紹介状によって海外視察の学者や留学生が特別の厚遇と指導を受け得たことは、多くの人々の忘れ難いことであります。本財団は、この余沢を永く今後の世代にまで引きつごうとするものであります。

財団は原子物理学およびその応用の研究をしている若い優秀な研究者を留学生とし毎年2名程ずつ海外に送っています。

毎年、次年度の希望者を募集し、本財団の選考委員会が応募者の指導者や同

僚等の意見を求め、また従来の研究テーマ、留学先ならびに各種の条件を考慮して、最適と思われるものを2名程選び、往復旅費と約1年間(または2年間)の滞在費を贈ります。

昭和51年度から今日までの海外派遣留学生は下記のかたがたであります。

昭和51年度

東北大学理学部原子核理学研究施設助手 新村 信雄

留学先 デンマーク Risø 原子力研究所

京都大学理学部物理学科助手 松柳 研一

留学先 デンマーク Niels Bohr 研究所

昭和52年度

大阪大学理学部助手 片山 信一

留学先 アメリカ カリフォルニア大学

京都大学基礎物理学研究所助手 氷上 忍

留学先 アメリカ ハーバード大学

京都大学基礎物理学研究所 学振奨励研究員 山脇 幸一

留学先 アメリカ ロチェスター大学

昭和53年度

東京大学理学部物理学科研究生 小野 義正

留学先 アメリカ イリノイ大学

東京大学宇宙線研究所研究員 倉又 秀一

留学先 アメリカ フェルミ国立加速器研究所, およびカナダオタワ大学

筑波大学物理学系講師 外山 学

留学先 アメリカ マサチューセッツ工科大学

昭和54年度

岡山大学工学部電子工学科助教授 東辻 浩夫

留学先 アメリカ ラトガーズ大学

大阪大学工学部電気工学科助手 田口 常正

留学先 イギリス サセックス大学

5. 記念文庫

故仁科博士の蔵書、および歿後も引きつづき海外から送られてきた客贈図書をもとにし、これに年々新しい図書を加えております。今日では、専門文献の入手には格別の困難はなくなりましたので、欧米各国の研究体制、原子物理学者の組織等、財団の活動に参考となるような方面の文献をあつめつつあります。特筆すべきものとしては、先年来日されたクライン博士の御好意により、スウェーデン科学アカデミーから寄贈されたノーベル賞年報（仏文）の創刊以来の一揃いがあります。

6. その他

仁科記念講演集の刊行

初期の記念講演の録音をもとにして講演集を編集し、これは「原子時代の科学」という名の単行本として大日本図書株式会社から出版しましたが、その後、NKZ 1号から8号までに毎号記念講演記録を載せ、また3冊の講演パンフレットを出版しました。ことに、NKZ 1号と7号に載ったものは、要望が多く、再版しました。

同位元素図表の編集

同位元素図表は戦後わが国で出版されたものがなく、関係方面から非常に要望されておりました。それにこたえるため 1956 年以来日本放射性同位元素協会と共同で編集にあたりそれぞれ専門の方々を煩わして、同位元素図表（3色刷 1220 mm×870 mm）を作製し、これを配布して、非常に好評を博しております。

財団法人 仁科記念財団役員名簿

(昭和 55 年 8 月現在)

理 事 長	久保 亮五				
常 務 理 事	玉木 英彦	村越 司	山崎 文男		
理 事	芦原 義重	安藤 豊禄	石川 六郎	稲山 嘉寛	
	太田新太郎	茅 誠司	駒井健一郎	酒井杏之助	
	武見 太郎	田代 茂樹	田實 渉	永野 重雄	
	南部 政二	鳩山 道夫	原 安三郎	土方 武	
	平岩 外四	堀田 庄三	宮島 龍興	吉川 清一	
監 事	小山 五郎	佐々木秋生	瀬川美能留	田島 英三	
評 議 員	赤堀 四郎	芦原 義重	荒木 三郎	有山 兼孝	
	安藤 豊禄	池田 長生	石井 千尋	石川 六郎	
	石橋幹一郎	伊藤 達二	稲山 嘉寛	岩佐 凱実	
	江戸 英雄	太田新太郎	小田 稔	風戸 健二	
	鎌田 甲一	茅 誠司	木村健二郎	久保 亮五	
	小谷 正雄	小林 稔	駒井健一郎	小山 五郎	
	酒井杏之助	坂井 光夫	佐々木秋生	佐藤 尚	
	杉本 正雄	瀬川美能留	竹中 鍊一	武見 太郎	
	田代 茂樹	田實 渉	田島 英三	玉木 英彦	
	中根 良平	永野 重雄	南部 政二	西島 和彦	
	西村 純	仁田 勇	鳩山 道夫	花村仁八郎	
	浜田 達二	早川 幸男	原 安三郎	土方 武	
	平岩 外四	弘世 現	伏見 康治	堀田 庄三	
	三浦 功	宮崎友喜雄	宮島 龍興	村越 司	
	山崎 敏光	山崎 文男	山本源左衛門	湯川 秀樹	
	吉川 清一				
運 営 委 員	池田 長生	小田 稔	鎌田 甲一	杉本 正雄	
	田島 英三	中根 良平	西島 和彦	西村 純	
	鳩山 道夫	浜田 達二	三浦 功	宮崎友喜雄	
	山崎 敏光				
事 務 局	横山 すみ	和田千代子			