

中谷宇吉郎著

科学の方法



岩波新書

313



中谷宇吉郎著

科学の方法

岩波新書

中谷宇吉郎

1900年石川県に生まれる
1925年東京大学理学部物理学科卒業、
低温物理学専攻、理学博士、北海道大学教授在職中、1962年死去
著書—「冬の華」「立春の卵」「地球の
まるい話」「雪」「雷」「科学と
社会」(以上3点岩波新書)

科学の方法

岩波新書(青版) 313

1958年6月17日 第1刷発行 ©
1977年6月25日 第23刷発行

¥ 280

著 者 なか や う きち ろう
 中 谷 宇 吉 郎

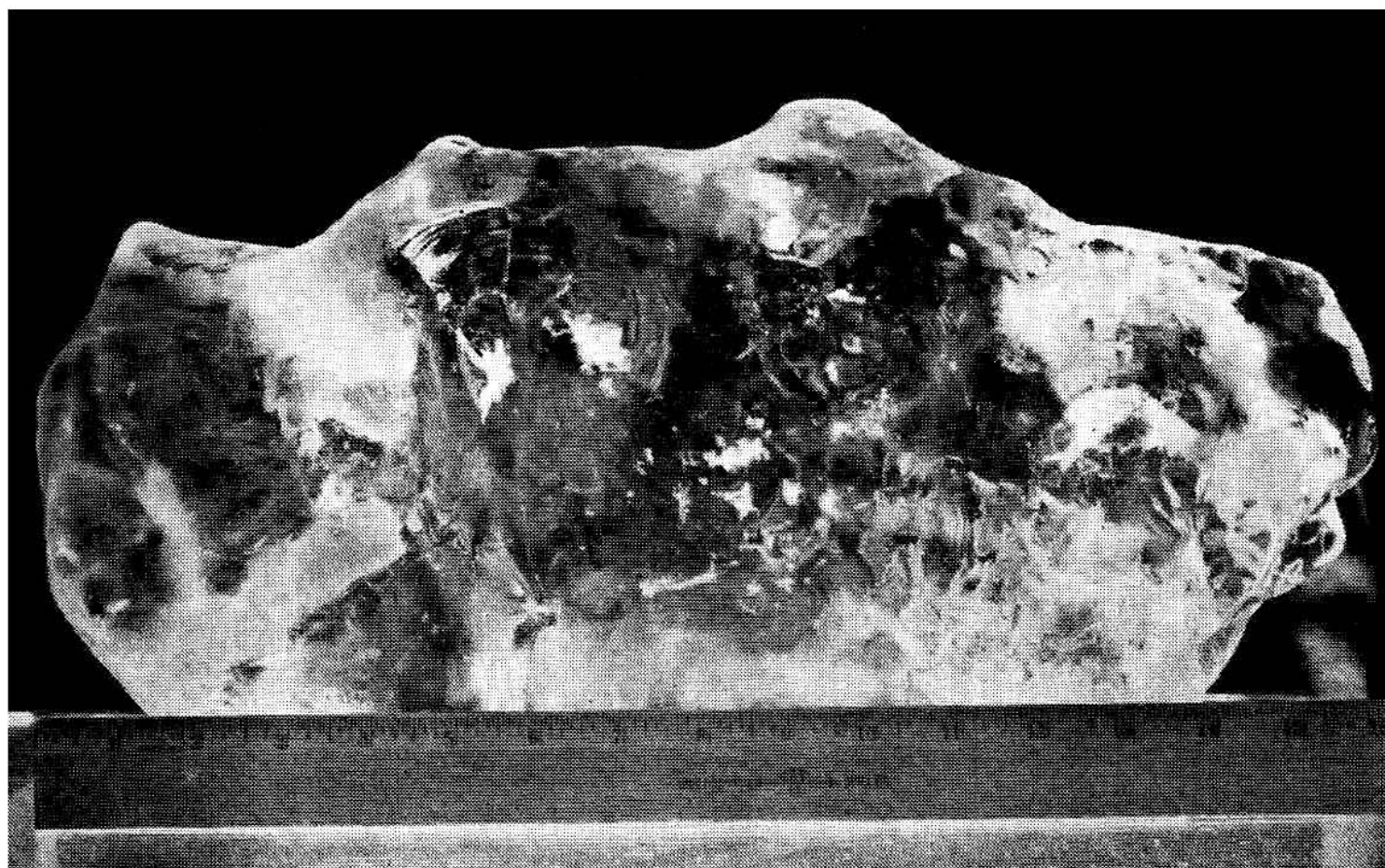
発 行 者 岩 波 雄 二 郎

〒101 東京都千代田区一ツ橋 2-5-5
発 行 所 株式会社 岩 波 書 店

電話 03-265-4111
振替 東京 6-26240

印刷・製本 法令印刷

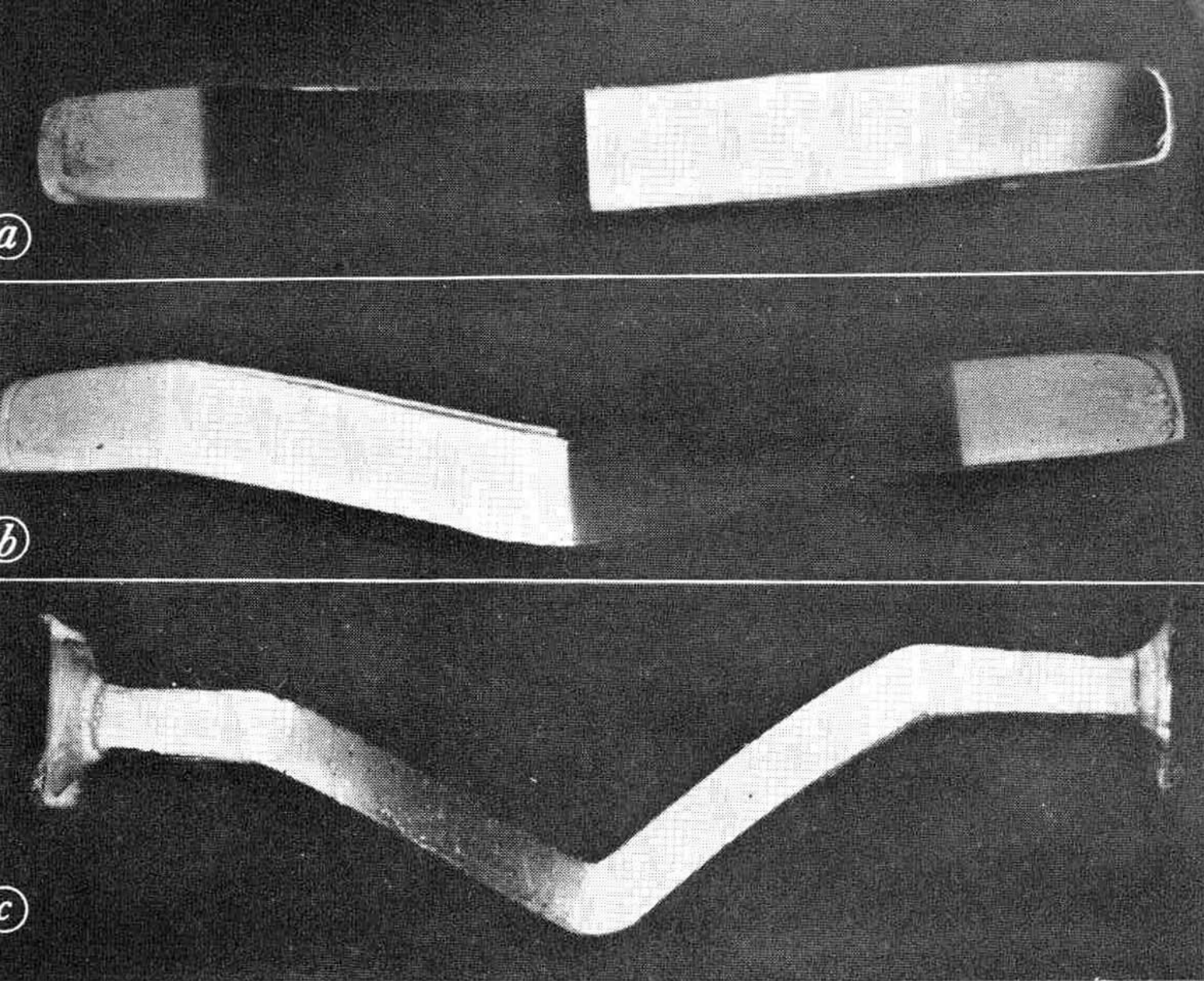
落丁本・乱丁本はお取替いたします



アラスカ氷河の氷の単結晶，長径16インチ

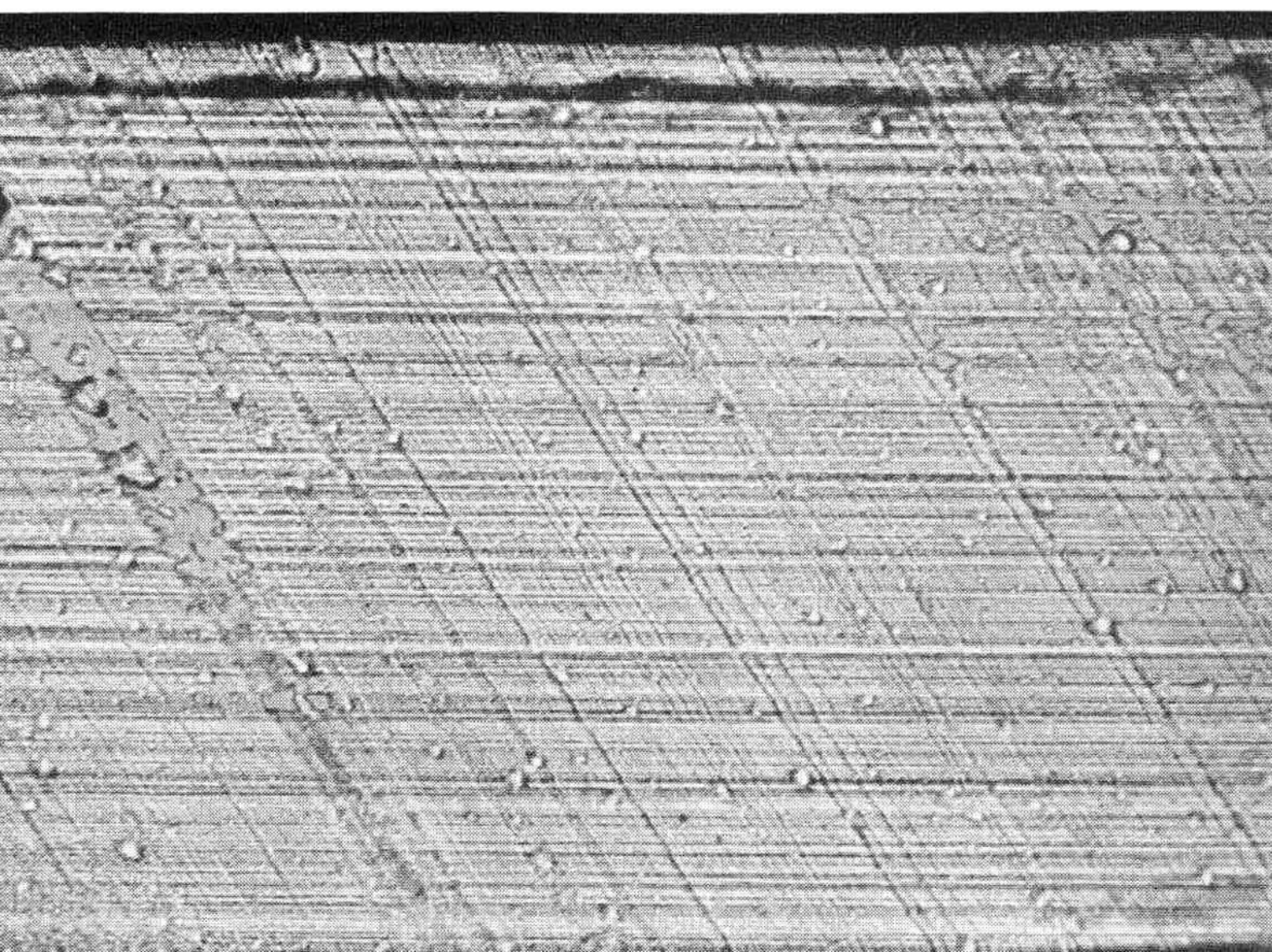


上の単結晶から切り出した氷の標本



(a) 氷の単結晶の変形 (b) 変形がV字型に進行した例
(c) V字型の変形が更に進行した場合 (交叉偏光板の下で撮影)

滑り層と条痕のマーク



序

この書の表題は、『科学の方法』となっているが、いわゆる方法論を説くのが、本書の目的ではない。

普通に方法論というと、哲学的な意味での方法論になるので、それはほかに適任の方がいくらかもある。この小冊子で目指すところは、現代の自然科学の本質はどういうものであり、それがどういう方法を用いて、現在の姿に生長して来たかという点について、考えてみようというところにある。

この書の内容は、NHKの教養大学講座で、九回にわたって放送した講義の速記に、筆を加え、それに三章ばかり書き足したものである。もともと体系的な科学論を説くつもりではなく、またそれは私にはできないことであるから、科学論に関する随筆集の形で、まとめてみた。

この本の全体にわたる基本的な考えは、寺田寅彦先生の『物理学序説』に負うところが多い。この本は、あまり読書界で問題になっていないが、吉田洋一兄なども、非常に高く評価されているし、私も日本にはあまり類例のないすぐれた著書と思っている。ただ惜しいことには、未

完の草稿の形で残されていたので、肝腎の後半が抜けている。しかしその前半だけでも、すぐれた卓見が盛られているので、その考え方に従ったところが多い。もっとも歪めた点も多いと思うが、非才の致すところ止むを得ない。

附録「茶碗の曲線」は、茶道関係の雑誌に書いたもので、本文の第十一章を補足するつもりで再録した。

昭和三十三年二月

於札幌

宇吉郎

目次

序

一 科学の限界	一
二 科学の本質	一六
三 測定の精度	四〇
四 質量とエネルギー	五七
五 解ける問題と解けない問題	七三
六 物質の科学と生命の科学	九〇
七 科学と数学	一〇五
八 定性的と定量的	一二三
九 実験	一四三

十	理論……………	一五九
十一	科学における人間的要素……………	一六六
十二	結び……………	一七七

附 録

茶碗の曲線

一 科学の限界

科学について、何かを論じようとする場合に、まず取り上げるべき問題は、科学の限界の問題である。今日われわれが科学と称しているものには、その取り扱い得る問題に、限界があるか否かということ、まず検討してみる必要がある。

今世紀にはいつて、科学が非常に進歩し、特に自然科学が最近になって、急激な発展をとげたことは、今更述べ立てるまでもない。いわゆる人工頭脳のような機械ができたり、原子力が解放されたり、人工衛星が飛んだりしたために、正に科学ブームの世の中になった観がある。そしてこの調子で科学が進歩をつづけて行くと、近い将来に人間のあらゆる問題が、科学によって解決されるであろう、というような錯覚に陥っている人が、かなりあるように思われる。

もちろん科学は、非常に力強いものではあるが、科学が力強いというのは、ある限界の中での話であって、その限界の外では、案外に無力なものであることを、つい忘れがちになっている。いわゆる科学万能的なものの考え方が、この頃の風潮になっているが、それには、科学の成果に幻惑されている点、かなりあるように思われる。これは何も人生問題というような高

尚な話ではなく、自然現象においても、必ずしもすべての問題が、科学で解決できるとは限らないのである。今日の科学の進歩は、いろいろな自然現象の中から、今日の科学に適した問題を抜き出して、それを解決していると見た方が妥当である。もっとくわしくいえば、現代の科学の方法が、その実態を調べるのに非常に有利であるもの、すなわち自然現象の中のそういう特殊な面が、科学によって開発されているのである。

それはどういう面かというに、まず第一に、一番重大な点をあげれば、科学は再現の可能な問題、英語でリプロデューシブルといわれている問題が、その対象となっている。もう一度くり返して、やってみることができるといふ、そういう問題についてのみ、科学は成り立つものなのである。

なぜ再現可能の問題だけしか、科学は取り扱い得ないかといへば、科学というものは、あることをいう場合に、それがほんとうか、ほんとうでないかということという学問である。それが美しいとか、善いとか悪いとかいうことは、決していわないし、またいうこともできないものである。

それでは科学で、ほんとうであるというのは、どういふことかといふことを、まず考えてみる必要がある。ごく簡単な場合についていえば、いろいろな人が同じことを調べてみて、それ

がいつでも同じ結果になる場合には、それをほんとうというのである。もつとも同じことを同じ方法で調べることができない場合もある。しかし人間が自然界を見る時には、いつでも人間の感覚を通じて見るわけであるが、この感覚を通じて自然界を見ることによって、ある知識を得る。その得た知識と、ほかの人がその人の感覚を通じて得た知識との間に、互いに矛盾がない場合には、われわれはそれをほんとうであるという。そうでない場合には、それはまちがっているというわけである。

感覚を通じて自然界を認識するといったが、その中で一番簡単なものは、いわゆる測定である。ものを測るというのは、どういうことであるか。そのくわしいことは、第三章で更に述べるが、ここでは簡単な場合だけについて考えよう。ものを測るということは、測ろうとするものと同じ種類のもので、ある一定の量のものをもって、その量と比べてみることである。この一定量を単位というが、目的とするものが、この単位の何倍あるかを調べることが測定である。「何倍」というのは、もちろん整数である必要はなく、コンマが幾つついていてもかまわない。しかし、何倍という以上、これは数値でもってあらわされる。この数値であらわされるということが、大切な点であって、いったん数値になれば、これに数学を使うことができる。自然現象を数値であらわして、数学を使って知識を綜合していく。これが科学の一つの特徴である。

これを反面からいえば、自然現象の中から、数値であらわされる性質を抜き出して、その性質を調べるという方向に、科学は向っていることになる。自然現象をただあるがままに見ただけでは、手のつけようがない。それでいろいろな方法によって、得られた多くの知識を整理していくのであるが、そのうち一番簡単なものが測定なのである。自然現象を数値であらわして、その数値について、知識を深めていく。これが科学の基礎となっている方法である。

この方法について、検討してみるために、そのうちでも一番簡単な場合、すなわち「ものの長さを測る」という問題について考えてみよう。今あるものの長さを測った場合に、ある単位とくらべてみて、何倍あったかという数値が得られたとする。その価がほんとうかどうかということは、誰がそのものについて、同じ方法で測ってみても、いつでも同じ価が出るかどうかということである。それで測定という、自然科学における一番基本的で単純な操作は、何べんでもくり返して測ってみることができるということを、はじめから仮定しているのである。すなわち再現可能の原則を、はじめから仮定しているわけである。

一番分りやすい例として、次のような特殊な場合を考えてみよう。世界中に物差が一本しかなくて、その物差は、一度ものを測ると、こわれてしまう性質のものだとする。そういう物差で、ものを測ったときに、どれだけの長さがあったとか、どれだけの量があったとかいっても、

それは全く意味がない。別に精度がどうであるとか、あるいは不確かだとかいう問題ではなくて、そういうもので測った価というものは、原理的にいって、科学の対象にはならないものである。科学という学問は、そういうものにはタッチしない学問なのである。というのは、そういう価がほんとうであるかまちがっているかということは、原理的にいえないからである。何べんでもくり返して調べることができ、そしていつでも、また誰が測っても、同じ価が出る場合に、それをほんとうであるというのであるから、このような再現不可能の問題は、科学では取り扱い得ないのである。

こういうことをいうと、科学ではただ一度しか起らない現象でも、取り扱っているではないかといわれる方があるかもしれない。たとえば、ある種の彗星のようなものがそれである。彗星の中には、太陽系に一度まぎれ込んで来るだけで、そのまま飛び去って行くものがある。そして一度飛び去ってしまえば、あと永久に太陽系には再び帰ってこない、そういう種類の彗星もある。ハレー彗星のようなものは、軌道が細長い楕円形をしているので、何十年かたつと、また戻ってくる。そういうものならば、いかにも再現可能のように見える。ところが中には、双曲線の軌道をもっているものもある。もっともこれは少しあやしいのであるが、少くも拋物線すなわちパラボラの軌道をもった彗星は、よく知られている。拋物線の軌道だと、これは太

陽系に入ってきた時に、一度だけは観測できる。しかしいったん遠ざかっていったならば、あと永久に二度とは帰ってこない。そういう彗星はたくさんあって、一つ一つの軌道は皆ちがう。この場合は、一つの彗星を二度と観測できないのであるから、再現可能でないように思われるかもしれない。しかし彗星などは、もちろん立派に科学の対象となるべきものであって、これはほんとうは、再現可能の中にはいつている現象なのである。再現可能といっても、物差でものを測る場合のように、誰でもすぐくり返してやってみられることと思つては、いけないのである。ということとは、再現可能とはいふものの、実際に二度くり返すということは、たいていの場合できないことである。

現在のいろいろな自然科学の問題について、大勢の学者が、あらゆる方面で研究をしていて、いろいろな結果が発表されている。ああいうものを、一々もう一度同じ条件でくり返してみるということは、実際上は不可能なことである。また誰もそういうことはやっていない。ちゃんとした研究をして、こういうことをやったら、こういう結果が出たと論文に発表する。そういう論文を読んだ時、いかにもその通りだ、なるほど、自分もあの装置を用いて、同じことをやったならば、このとおりの結果が出るだろうと信用する。実際問題としては、それより仕方がないわけである。こういうふうに、再現可能と信用できるということが、再現可能な問題なの

である。

ここで、信用するということは、どういうことか、はっきりさせておく必要がある。ある人が、ある問題について得た知識が、今までわれわれの知っていたほかの知識に当てはめてみた時に、従来の認識との間に、矛盾がないとする。矛盾がなければ、いかにもそれはそうであるうと信用することができる。科学の世界にも、信用という言葉があるが、これは道德の方でいう信用とはちがう。互いの知識の間に矛盾がないという意味である。一番分りやすい例は、化学の方でよく調べられている希土元素である。めったにない元素、プロメチウムとかホルミウムとか、聞いたこともない名前の元素が、元素の周期表の中には、たくさん出ている。これらはみな実際にあるものと、誰でも思っているが、おそらくああいうものを専門にやっている人は、世界中にごく少数しかいない。特殊の例外の場合を除いては、世界中を探しても、あんなものを見た人は誰もいないであろう。たいていの希土元素は、めったに見られないものである。このごろの超ウラン元素などになると、原子の数にして何十とか何百とかいうものが、分離されただけというものもある。そんなものは、誰も見た人がない。しかしその存在は信じられている。見たこともないものを、なぜ皆が信ずるかという、そういうものから得た知識が、今までにわれわれがもっていたほかの知識に、矛盾なくうまく当てはまるからである。従って、

もし自分もこれと同じ研究をしたならば、同じ結果が得られるであろうという確信がもてる。要するに、同じことをくり返せば、同じ結果が出るという確信がもてるのが、再現可能という意味である。

それで話を拋物線軌道の彗星にもどすが、この彗星が太陽系に入ってきた時には、一度来ただけでも、正確にその軌道の計算ができる。そしてその彗星は、その計算どおりに動いていて、計算どおりに、太陽系から離れて行ってしまふ。そしてその計算した軌道は、正確に拋物線になっている。拋物線になっていれば、永久に戻ってこないのが当然である。拋物線というのは、そういう性質の曲線なのである。それでこの彗星は、二度と戻ってこないということが、確認されるわけである。この場合、この彗星は永久に再び観測できないが、これは再現可能の問題である。というのは、これと全く同じ軌道をもったほかの彗星が、またやってきたならば、今度の場合と同じ軌道を通って、これもまた二度とは帰ってこない、という確信がもてる。すなわち同じことをくり返せば、二度と帰ってこないという、同じ結果が出ることを確信できる。この例はいわばマイナスの確認であるが、マイナスの確認も、プラスの確認も、科学では同じことである。こういうふうに、もし同じ軌道の彗星が今一度くれば、前と全く同じ経過をとるということ、確信できることが、すなわち広い意味での再現可能ということである。科学で