

測定の問題 (I)

小和田 正
生産システム工学科
(1998年9月4日受理)

Foundations of Measurement (I)

Masashi KOWADA
Department of Systems Engineering
(Received September 4, 1998)

In this article, we discuss the problem of measurement which is the foundation of science and its applications to technology. The action of measurement is an autonomous behavior of a object with free will and contains many relationships, with several problems in epistemology. Our main aim is to discuss how measurement links the real world and the ideal world.

1. はじめに

自然科学, とりわけ物理学の歴史の中でガリレオが行った落体の実験は近代の自然科学の嚆矢として位置づけられている。彼は落体の現象を実験と計測を通して数量化することによって, 自然法則を「再現」させ, その客観的普遍性を確保する手法を提示したことにより, 近代的科学の方法の創始者とみなされている。

一般に実験は, 現象の再現を試みる行為であり, 理論の正当性を裏付けようとするものであるが, そこには現象と測定値と理論の三者が交錯する。必ずしも測定が関与しない場合もあるが, 現実の現象と理論ないし仮説を繋ぐものとしての符号が与えられる。

この論説で目指すのは, 我々は現実と理論をいかにして結びつけているかを考察することである。したがって近代科学の方法の基礎を問題にすることになる。これは一方では人間にとって役立つ製品という物を作り出すことを目的とする工学にとって極めて重要な身近な問題でもある。製品は工学という概念操作によって生み出された用途という目的を伴った一つの現実であり, レアルな空間に在る実在物だからである。

測定の行為は現実と概念の世界を結ぶ行為であり, 様々な観念がまわりついている。存在論, 認識論, また価値の問題等の大きな主題が絡んでいる。本論の目指すことは, 哲学の諸概念を考察することにあるのではなく, 測定という日常化された科学の行為を考察することにより, 科学と現実ないし人間との関係を論じることを目的とするものである。

我々が観察ないし測定しようとする現実, 特に物理的世界像も認識行為を通じて得られるものであるが, それはどのようにして認識するに至るのだろうか?

例えば古典力学の世界を認識するのに, 何度かの経験と理論の裏付の上に立ってその世界像の真なる事を信じている。それは, 単なる直観的な理解ではなく, 幾つかの手続き, 例えば数式化など, を踏んで得られた世界像であり, 日常生活における即時的な直観的な理解の仕方とは異なるものである。

何かある物体の落下の現象の認識の手順を考えてみよう。物体の落下という同じ現象を何度か観察することを通じて, 毎回の観察に共通しているものとして, いわゆる落体の法則のような法則の存在に気づき, 次にそれを定式化する。その後で更に, 同じ現象を何度か再現する事(実験)を通じて, 次第にそれらは「真」なるものであるという共同幻想が生まれるに至る。ここで同じ現象というとき, それらの現象の恣意的なアイデンティヒケーションが紛れ込む可能性を含んでいる事は勿論である。また, 定式化の段階では数学的理論に思考の一つの正当性が置かれ, 数学の記号を用いて極めて明確な差異化の作業がなされる。

一度定式化された法則は, 当然言語としての特性も持ち, そのシニフェは多様性を持つものではあるが, 自然科学の世界に置かれた時は, 極めて明確な単一の意味のみが生き残ると信じられている。これは定式化の作業のもたらした一つの成果である。

自然現象 ⇨ 観察 ⇨ 定式化 ⇨ 実証 ⇨ 共同幻想

現実と理論の関係について考察するには、認識行為に付いての考察も必要になる、なぜなら現実には認識されて初めてその存在が認められるものであり、理論は思考によって生み出されるものだからである。

何かを測定することは一つの認識の行為であるから、認識の主体としての観察者の脳の構造や働きについても言及しておきたいものであるが、しかし、脳の生理的構造も機能のメカニズムも、昨今極めて興味深い事実が色々と発見されているというものの、大まかな構造さえも殆ど分かっていないといっても過言ではないだろう。

しかも脳の生理学によって認識の問題が全てつきるわけではなく、その研究の難しさは、脳の物理的構造だけの問題ばかりではなくて、機能という意味論的な側面が関係していることに原因があると思われる。

本論を進めていくのに、脳の認識のメカニズムに関する知識は必ずしも必要としないし、ここでは脳の生理学を問題にするわけではない。しかし、閉じた体系を嫌う哲学の認識論の泥沼に陥ることを出来るだけ避けるために、認識行為に付随する色々の機能を拾い出し、それが行われる場を設定し、必要になれば色々な仮説をたて、思弁的な閉じた方法によって認識の行為を一つの図式として示しておくことは、役に立つ生産的な方法であり、欠点をも含めて論旨の筋道が分かりやすい方法であろう。

さらに哲学における認識論においては、意識的論理的認識の側面に比べて、日常的認識についてはとかく等閑にされているという欠点は、我々の測定の問題を考えるのに大きな問題になる。なぜなら測定行為は日常的認識と意識的論理的認識を結ぶ行為であるからである。

哲学の分野でこの二つの認識を峻別して、その間の関係を論じているものに、ガストン・パシュールによる「近似的認識試論」がある。彼は認識の対象と認識によって得た概念との二元対立の矛盾を「近似的認識」によってより近づけようと試みている。本論の後章で彼の「近似的認識」についても論じる。

2. 認識と自由

まず、認識行為が行われるには、認識の対象と認識する主体がなければならない。しかも、認識行為という運動が生じるためには、対象から主体になんらかの情報が送りこまれる必要がある。ここでは知覚するとは、知覚の対象から情報が伝達されることであるとみなすことにする。

人間には、俗に言う五感とかまだ確認されていないその他のセンサーがあり、対象から色々な情報を脳裏に取り入れる。それによって脳の状態が刻々と変化してゆく。

この変化を知覚と呼ぶことにしよう。したがって、その変化は脳の外部からのみもたらされるとは限らず、脳の内部からくることも有り得ると考えられる。また人間がどれだけのセンサーを有しているのかは明らかでないで、人間がどんな情報を知覚可能であるかも完全には分からない。

上で述べた知覚の定義は一般におこなわれているものと違って、いわゆる認識とは区別されていて、知覚しても必ずしも、知覚したものを認識出来るとも限らないことになる。

ここまでは、情報を発生するものとそれに反応するものという物理的実体を想定しているだけである。脳の全ての状態の集合を知覚空間と呼ぶことにしよう。また認識とは意識的認識を意味するものとする。認識をしているときの脳の状態のなす部分集合を認識空間と呼ぶことにする。更に、認識するとは知覚空間から認識空間への写像を選択することであるとしよう。カントの先験的認識力のような機能は我々の知覚空間や認識空間にあるのではなく、それは写像の構造にあるものと考えられる。

その選択の主体を設定しなければならないが、人間に自由意志を認めるとすれば、どうしても認識空間とは独立に、その選択の主体の存在を持ち込まざるを得ない。認識行為をおこなう脳の部分とは別にある部分があって、認識空間に変化をおこさせることが出来る想定することが可能なかもしれない。いずれにせよ自由意志は認識空間を含んだメタ空間の中に組み込まれた何者かである。そして我々は自由意志によって意識を選別する。

我々は、認識空間から概念への写像を選択する主体として、自由意思を設定した。その為に、我々の立場は、人間の認識機能が全て、機能によって説明出来るという立場、すなわち機能主義や科学主義を捨てた事になる、それは避けられないことなのだ。その理由は、ラプラスの悪魔が語って呉れる。

私は悪魔に質問する。「これから私が、じゃんけんをして、紙か、鋏か石のいずれかを出す、私の脳の物理的状态を隈無く調べて、私が何を出すか当ててみよ」と。初期条件を全て与えられたら、未来の全てを当ててみせると豪語する悪魔は、私の意志を予想出来るであろうか。もしも悪魔が「はさみ」と答えたら、私は石か紙をだしてやろうと思う。このようにして私は悪魔を乗り越える。このような自由な意思を今、私は十分に説明したり位置付けたりすることは出来ないが、言語によってもの考えるためには、意識の主体者を設定するのに自由意思の存在は認めざるを得ないのである。従って人間と全く同じように機能するコンピュータの出現の可能性を信じることは出来ない。

一般に科学的「真理」を述べるのに、それを述べてい

る主体は存在しないかのように書かれるのが普通である。例えば、いわゆるピタゴラスの定理と呼ばれる数学的事実は

「直角三角形の斜辺の二乗は他の二辺の二乗の和に等しい」

と記述されるが、「」内の文章を述べている主体は存在しないかのようなのである。「」内の文章は一体誰が述べているのであろうか？その本の著者であらうか？そして著者が「」内の文章を真理であると信じると意思表明をしているのであろうか？

普通は、いわゆるピタゴラスの定理はこの自然の中に存在している客観的真理であって、それをピタゴラスが「発見」をし、それを信じようが信じまいが一つの客体として普遍的に存在するものであるとみなされ、「」内の文章を書いた者の存在は無視される。

しかし発見も認識行為の一種であるのだから、そこに認識の主体を想定しないわけにはいかない。またそれを与えられた我々はどのようにしてピタゴラスの定理という「真理」の正しさを確認しているのだろうか？

まずそれを自然界に存在すると認めることは出来ない。なぜなら自然界に正確な直角三角形を見出すことは不可能であるからである。直角三角形らしきものを見出すだけである。直角三角形らしきものを見出したとしても真に直角三角形であると確認するには測定という手続きを必要とする。しかもこの定理には「直角三角形」という概念が組み込まれている。したがって「直角三角形」は物理的実体ではないのである。

ピタゴラスの定理は数学的概念の「真理」である。しかも非ユークリッド幾何学という数学的概念の世界では成立はしないものなのである。自由意思で選び取った一組の公理に基づいた世界—ユークリッド幾何学のみで成立する「真理」なのである。したがって、直角三角形らしき対象を「直角三角形」とみなすとき、すでにユークリッド幾何学を選択していることになる。

ここではこの定理の詳細には立ち回らないが、この定理の背後にも自由意思を持った認識の主体が関係している、非ユークリッド幾何学とユークリッド幾何学のいずれを選択するかという自由意思がかかわっていることを強調するにとどめよう。

3. 棒の測定

測定の問題を考えるために、簡単な例として、ある棒の長さの測定を考えよう。我々は何らかの測定機器を用いて棒の長さの測定を何度か繰り返してデータ x_1, x_2, \dots, x_n を得る。そして各 x_i は真の棒の長さ x と測定誤差が重ね合わさったものと考えている。

この考え方の背後には、いくつかの前提が隠されている。まず測られる棒は何時も同一の物である事、及び棒には長さというものがあるのだという前提がまず問題になる。前にも述べたように、現実の棒の同一性を我々は認識する術を持たない。棒を知覚し、そこからの概念空間への写像が選ばれて初めてその概念の同一性を論じることが出来るだけであり、現実の物の同一性は仮定する他に方法がない。現実から概念への写像を考えるとと言う事は、一つの現実には一つの概念が対応することを認めることになるから、同一の棒を測定しデータという概念を得るのであれば、常に同一のデータが得られる筈である。しかるに実際に得られるデータは必ずしも同一のデータを得るとは限らない。普通はこの原因は、測定の仕方の散らばりから来るものであり、これが誤差であると考えられている。現実の棒を取り囲んでいる物理的諸条件の変化が視覚というセンサーに色々な相異なる情報を送り込んでしまったものであると。

しかし我々は知覚をとうして現実に触れることしか出来ないから、物理的諸状態を測定のたびに調整するしかこの誤差を無くすことは出来ない。

ではそれらの状態を同じ状態に保つことは可能であらうか。測定の局所的系はどのように定義されるのであろうか。棒を取り巻く宇宙全体の系を取り上げるべきであらうか。もしそうなら我々は全てを知ってからでなければ、棒の測定さえも出来ないことになってしまう。妥当な局所系が確立されて誤差を認めたとしてもまだ問題は残る。誤差の出現の法則を如何にして知る事が出来るのであろうか。これについては、統計学の歴史の中に、いくつかの有名な論争がなされて来た。

今述べたことは、測定の行為によって得られた幾つかの「図形として概念化された棒の長さ」の測定値の幾何学の可能性について述べたのであり、現実の棒の長さ、ないし棒の長さの単なる知覚の幾何学（かかるものは存在しない）について述べたものではない。ここに一つの問題がある。即ち、測定で得られる「その棒の長さの認識」が同一のものであるという保証はどこに見いだせるかという問題である。実際の棒を、棒の長さという抽象概念を意識しつつ測定したにしても、一旦棒の長さとして知覚したものはまだ概念ではないので、その同一性は確定出来ないのである。ここには、棒の長さという抽象概念から棒の長さの知覚へ写像が潜んでいて、それは棒の知覚から棒の長さの概念への写像の逆写像であるべきである。したがって問題なのは、知覚空間から概念空間への写像は逆写像を持つことが保証されるかどうかである。もし逆写像がなければ、得られた長さの概念が、どの棒から得られたものであるかを知ることが出来なくな

り、測定値がどんな状態で得られたかを特定出来ないことになってしまう。しかるに、一般には逆写像が存在しないことを示す例が幾つでも見つかるのである。

例えば、コップに入った水を考えてみれば良い。一度その水を観察してから、数分後に再び観察して、それを先刻の水と同じ水とみなすことはよく行われる事である。すなわち両者を同じ「水」という概念でアイデンティファイしている。しかるに、この二つの場合の水は、水の分子の分布は必ずしも同じであるとは言えない。すなわち、その水という概念はどちらの水の像であるかを特定できないのである。もし水を観察するとき、分布の状態をも併せて概念化すれば二つを差異化できると反論するとしても、両者が同じ分布をしていて、分布以外にも二つの水を差異化することを可能にする水の性質がある。そして一般に我々は、物質が持っている性質を全て知ることは不可能であり、認識出来た性質を知ることが出来るだけである。棒の測定について言えば、全ての目盛を持った物差し（もしそのようなものが存在したとして）で、見誤りなく二度の測定で同じ測定値を得たとしても、それぞれを測定したときの状態の知覚が同じであるとする根拠は何もないのである。

それでも、測定に意味があると考えられるのは、次の理由による。一般に、知覚空間から概念への写像は可逆とはかぎらないが、像による商空間をつくることにより、知覚と概念を1対1に対応付けが可能である。すなわち、同一の概念に写像される知覚達はひとまとめにして一つの集合として取り扱われるという事である。このようにして、知覚の部分集合の族は概念の族とアイデンティファイされ、知覚の商空間に幾何学が成立しているかのように見なすのである。このようにして我々は、一連の測定値が同一の棒の測定値であると考えることが出来るのである。実際の測定に当たっては、このような認識のプロセスの上にならざるに、さらに測定行為のミスが加わった測定値を得ていることになる。

実在の棒→知覚された棒→棒の概念

測定の問題はこれで尽きた訳ではない。これまでは、測定という行動によって、棒の長さの概念の生ずる仕組みを考察したに過ぎない。数学の応用には、得られた概念を再び現実に適用するという側面が残されている。応用とは概念を認識ないし現実に照射しようとする行為である。従って、前に述べた逆写像、すなわち、概念を現実に写像するとは、どんな事かを明らかにしなければならない。その為には、まずここで言っている知覚は認識とは区別されていた事に注意したい。

我々が考えたり、理解したりする行為は認識の中で行われる。知覚するだけでは、考えたことにはならない。しかし、知覚している時には、我々は対象を「知っている」のだ。無意識とは認識されない知覚のことである。このように、「知ること」と「考えること」をまず区別しておこう。我々が考えたり理解したりしようと努力する行為は、認識を確立したいと望むことである。そして理解したものを現実に具現しようとするとき、我々は逆写像を確立しようとしていることになる。

ひとたびその棒の長さの概念が確立した後、再びその現実の棒を見る時、新たに、その棒の知覚がなされ、そこから再びその棒の概念が得られ、我々は二つの棒の概念を手に入れることになる。そしてその二つは比較検討がなされる。もしその二つが完全に同じか、無視出来る程度の違いであれば、ほぼ同一の状態で測定されたと見なされる。

参考文献

1. イマヌエル・カント「純粹理性批判」上、中、下 篠田英雄 訳 1984, 岩波書店
2. ガストン・パシュラール「近似的認識試論」豊田彰・及川・片山洋之介 訳 1982, 国文社
3. 市川浩「身体の現象学」1988, 河出書房新社
4. ミッシェル・セール「五感」一混合体の哲学 米山親能 訳 1991, 法政大学出版局
5. 池田清彦「構造主義科学の冒険」1990, 毎日新聞社