



計測—その本質を探る

—森田研究室～制御工学科—



変動する温度の測定—熱電対を用いて

我々が普段体温を測る時は、体温計をわきの下に挟んで測る。では、常に変化している皮膚の温度を測る場合はどのようにすればよいのであろうか——森田先生の研究テーマは上の例のように、変動している温度及び熱の計測・制御である。

温度測定の研究といえば、超高温や極低温での、いわゆる非常に特殊な環境における測定を連想する人も多いだろうが、先生が研究されているのはむしろごく普通の温度の計測である。

そもそも温度というものは、常に温度が一定になるような場所で定義されるのが基本である。しかし実際の環境では常に変動があるので、一般の温度計では正確にこれを測るのは困難になってくる。ところが熱電対(注1)を用いると、この微妙な変化もとらえることができるのである。

ところが、問題がまだある。皮膚の温度の測定を例にとると、普通皮膚の温度は熱電対の温度よりも少し高いので、熱電対を当てた瞬間に皮膚が冷却され、正確な計測ができなくなってしまうのだ。

そこで森田先生は熱電対を5, 6本束にして1本1本温度を変えておくという方法を考えだされた。それを一度に皮膚に当てると、皮膚の温

度よりも高いものは下がり、低いものは上がる。また皮膚と熱電対との温度差が大きければ大きいほど変化が急激になる。このような情報を集め、コンピュータを用いて計算すると、瞬時にそしてほぼ正確に皮膚の温度が決められるのである。このような測り方をした場合、その精度は

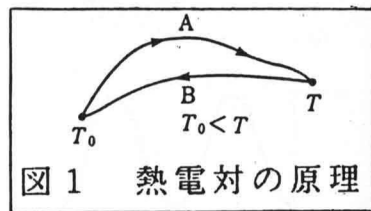
注1)

右図のように異なる2種の金属でループを作り、2箇所の接合点を違った温度に保つと、熱エネルギーは電子によって運ばれるのでその向きに起電力が発生する。同じ金属なら電荷の流れの誘起のされ方は一定なので起電力は生じないが、違う金属の場合は誘起のされ方は異なるのである向きに起電力が生じる。起電力の大きさは

$$E_{AB} = \alpha_{AB}(T - T_0) + 1/2\beta_{AB}(T^2 - T_0^2)$$
 となっているので一方の温度を一定にして起電力を測ればもう一方の温度を決定できる。



森田矢次郎教授



熱電対による表面温度計

約 0.1°C である。これは体温計で測る場合と数字的には大差ない。しかし体温計は平衡状態になった時の温度を測るのに対し、熱電対の場合は常に変化している温度を測るという用途の差があるので 0.1°C という数字的な重みは異なるのである。

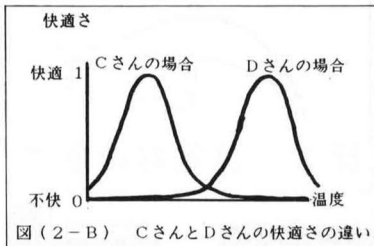
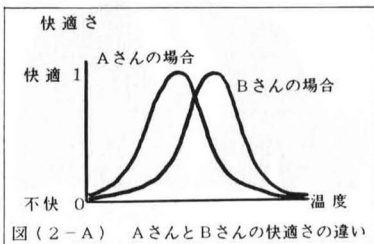
これは医学方面への応用も期待されている。現在は人体の各部分の温度の測定に、サーモグラフィーという人体の表面から放射してくる熱をとらえて測る装置を使っている。ところが、この装置で正確に温度を決めるには、その物体がどの程度の放射率を持っているかを決めなければならないのである。放射率とはある物体におけるエネルギーの放射される割合を表したもので、理論上では放射率が完全に1である物質を扱っ

ていることが多い。しかし実際はそうではなく、特に人間の皮膚は同じ温度であっても表面の状態によって放射されるエネルギーが違うので、人間の皮膚がどのような放射率を持っているかは非常に決めにくい。そこで熱電対を用いて、より正確に温度測定をしよう、というのである。

この他にも同じ考えを用いて水の表面温度の測定も行われている。これも水が対流していたり、表面から蒸発していたりするので正確な測定は難しい。この研究はもっと広い所——太平洋のような所——で人工衛星による測定だけではつかみきれないような温度を測定し、衛星とのデータと併せてさらに正確な温度を出す、という方向にも発展させていきたいとのことである。



快適さと人間環境の制御



一方制御の方面についての研究としては空気調和という大きな分野があげられる。

例えばオフィスなどの温度を制御する場合でも、人間の体調は常に周期的に変まっているので、室温を一定の温度にしておけばいいというものではない。また人それぞれの好みや服装によっても違いがでてくる。それに加えて、人間はものごとを決める場合に人間特有の判断をするという点でも問題となってくる。快適さを大きさと表せるとし、完全に快適であるときを1、全然快適でないときを0とする。AさんとBさんの快適さの違いは図2-Aのような

り、CさんとDさんは図2-Bのようになったとすると、図を見ると2つのグラフの違いは明確であるが、人間の感覚では図2-Aと図2-Bは違っているということはわかるがどのくらい違うかはわからないのである。このような点を考えると人間環境の制御は一段と難しくなってくる。また精密機械の製作などの場では、機械の一部分が他の部分と違う温度になると、その部分だけが膨張や収縮をしまい精密なものができなくなってしまうので、全体をうまくコントロールしていかなければならない。このような場所にも教授の研究が活かされているのである。



計測論—数学的な測定と人間の感覚との違い

ここまでは温度について述べてきたが、それだけではなく、長さや重さ、地震のマグニチュード、その他いろいろなものが計測の対象となっ

ている。現在の科学技術では計測にはすべて数字を使っているが、それだけでは測り切れないのではないかというのが先生の理論である。

もともと尺度というものには四つの形態がある。一つめは比例尺度と呼ばれ、長さや質量など、数字が2倍になれば対象そのものも2倍にな

るというものである。二つめは間隔尺度というもので、温度（注2）のように20℃と21℃との間隔と21℃と22℃との間隔は同じであるが、40℃は20℃の2倍暑いとはいわないといった、間隔だけが同じものである。三つめは順序尺度といって、宝石の硬度や地震の震度のように、硬度4は硬度3よりも硬く、硬度5よりも柔らかいということはわかるが、硬度2の2倍硬いとはいわず、また間隔尺度のように数字の間隔も一定ではないものをいう。四つめは名義尺度といって、背番号のように数字は使っているが、一つ一つを区別するために使っているものである。

ここで例として2つの鞆のうちどちらか1つ良い方を選ぶことを考えてみよう。この場合、見かけ、丈夫さ、便利さの3つの条件だけで決めるとすると、一方の鞆に2つ以上良い点があればそちらを選ぶだろう。ではこれを7個の鞆について行うとどうなるであろうか。実はこれは一度にはできないのである。7個のうち2つを取り出して比較し、これを

繰り返す以外ないのである。このことは数字では表せない性質で、一対比較という。これを全てについて行い、全体を眺めると、右の図のようにループができてしまうことがあるが、これもちゃんとした評価の一種なのである。

n 個の物を比較するのには nC_2 回の一対比較が必要である。そのため比較する対象の数が増えると膨大な数の一対比較が必要となる。その点言葉は数少ない組み合わせで数字では得られないような評価ができる。このような面から見ると、言葉というものは物を評価するという点では非常に有効な手段となっているのである。これは人間の知的な活動が言葉を介して行われている1つの証拠となっている。

また、このような数字の上には表せないものを、人工知能などデジタル的な数字を使って処理をするものに、どのようにして組み込んでいけばよいのかも研究されている。

注2)

摂氏の場合は間隔尺度だが、絶対温度は比例尺度である。

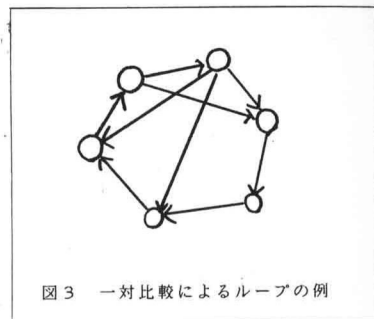


図3 一対比較によるループの例

本学の制御工学科は1960年代に鉄鋼、石油、人造繊維など大量生産の発達を背景に日本で初めて創設された。先生は創設当時から本学に籍を置かれていたが来年の三月で定年退官なさるそうである。

最後に先生はこうに語っておられた。

「私が現在やっている研究は後継

者がいないので私が退官すると同時に本学では消滅してしましますが、また新しい人がきて新しい分野を開拓していけばそれでいいんじゃないでしょうかね。」

先生がこのような研究と共にこの大学を去られるのは非常に残念なことである。

（中島）