

連続量（アナログ量）と分離量（デジタル量）の概念を生徒に どの様に教えれば良いのか？

加 藤 敏 之

How do we Teach the Concept of Analog Quantities and Digital Quantities to Students?

Toshiyuki KATO

要 旨

連続量と分離量についての基本的な規定を多くの生徒・学生は知っている。しかしながらそれを現実の場面に適用する場合には少なからぬ混乱が生じてしまう。その原因の一つは連続量と分離量についての規定が現実の物質に具体的に適用するにはまだ抽象的であることである。そこで連続量と分離量とおよびその前提ともなっている質と量というカテゴリーを検討し直なおした。その結果、量概念が質概念を前提として成り立っていること、質概念の検討からは現実の物質に連続量を適用することの困難さ、A/D変換あるいはD/A変換に伴う認識限界の問題などが連続量と分離量のカテゴリーに重層的に関与していることが明らかになった。そこから連続量と分離量を教授する際の重要ポイント6点を明らかにした。

キーワード：連続量・分離量・質と量・D/A変換・A/D変換

1. は じ め に

講義の中で学生に「アナログ量とデジタル量を子どもに教える時どんな風に説明したら良いと思う？」と質問することがある。すると学生たちは、「デジタルってテレビの事ですか？」と問い返してきたりする。どうもデジタル送信によるテレビ放送の事をさしているようだ。しかしデジタル・アナログという言葉は耳にした事があってもその意味をよく知らない学生が少なくないようだ。彼等にとって「アナログとは古くさい何かであり、デジタルは最新の何か。」という事であるらしい。それではとあって、「アナログ量は連続量の事で、デジタル量は分離量あるいは別の言い方では分散量の事だ。」と伝えると「アナログとデジタルってそういう意味だったんですか。でもデジタルテレビってどう行く事ですか？」とさらに質問を重ねてくる。仕方がないのでA/D変換のはなしをしてアナログ情報をデジタルサンプリングしてデジタル情報に変換してから送信することだと大まかな説明をするとすこし納得した顔になる。しかしながらそれでは連続量と分離量をどう説明したらよいと思うかと改めて問い掛けると「1つ、1つと数えられるのが分離量で、つながっていて分けられないのが連続量だ。」といった答えが返ってくる。そこで少々意地悪く人口に膾炙したエジソンの伝説とされている話を学生に紹介する。「学校で $1+1=2$ と習った時、エジソンはそれに納得せず、粘土の玉1個と粘土の玉1個を足してこね合わせ

ればやはり1個の粘土玉になる。だから1+1が2ではなくて1+1が1になることもあると彼は答えたというのだけれどこれをどう考えたら良いと思う?」。これに対して多くの学生は困惑してこの問いの前で立ち止まってしまう。これらの問いに答えるためには「量」として「連続量・分離量」について分け入って考えをすすめてゆくことが必要である。過去の哲学者達の考え方も参考にしながら検討をすすめてみたい。

2. 量 について

古典古代の時代に量について考察した人物としてまずアリストテレスをあげる事が出来るだろう。彼は量について、「形而上学 Δ (第5巻)」(アリストテレス, 1959)と「カテゴリー論」(アリストテレス, 2013)でふれている。

「形而上学 Δ 第13章ポソン (量)」(アリストテレス, 1959)によれば、まず量とは、ある対象の各部分が「自然的に或1つのもの」であるか、あるいは「幾つかの内在的構成部分に分割されるものごと」であり、それらポソン (量) が、(1) 数えうる時には、「数えうる量は『多さ』であり」、(2) 測られる時には「『大きさ』である」。「多さというのは可能的に非連続的な部分に分割されるものの場合であり、大きさというのは連続的な部分に分割されるものの場合である」。「多さ」の例としては数を、「大きさ」の例としては長さ・広さ・三次元的な深さをあげている。さらに (A) それ自体が量である場合と (B) 付帯的に量である場合を分けて、(A) それ自体が量である場合を更に2つに分ける。第1は実体として量であるもの。それは規定自体の中に量が含まれている「線」であり、第2は実体の属性あるいは状態としての量であるという。たとえばものの多少・長短・広狭・深淺・軽重などである。次に (B) 付帯的に量と言われるものは第1に例えば教養性が付帯するところのその当のものそれ自がある量であるから教養性も量であると言われるような意味であり、(2) 或ものは運動や時間がそういわれるような意味でそう言われるのだという。つまり運動や時間もそれが分割されるものであるから、ただし運動しているものそれ自体の事ではなくこのものの運動する場所がある量である事、また運動の時間もまたそうであるという。

「各部分が自然的に或1つのもの」とは、ここでは「可能的に非連続的な部分に分割しうるもの」いわば最小の単位といった意味であろうか。また「いくつかの内在的構成部分に分割されるもの」とは「連続的な部分に分割されるもの」であろうか。その解釈の当否はここでは一先ず置く。

量を語る際にまず語られたのが、「多さ」の量としての分離量と「大きさ」の量としての連続量であったことは意外であった。我々の感覚からすればまず物理量を語るころから始めて当然であるように思うのだがそうになっていない。それはこの書籍が自然学ではなく形而上学という哲学書であるから当然と言えば当然なのかもしれないが、今日の我々の感覚からは些か違和感を覚えるところである。それはさておき分離量の例として「数」、連測量の例として「長さ」「広さ」などが登場する。それはやはり物理的なものではなく理念的なものである。さらにそれら2つの量 (分離量と連続量) はすでに在るものとして特に考察されているようには、少なくともこの巻では見えない。

さて次に「(A) それ自体が量である場合と (B) 付帯的に量である場合」として量の具体的な例を挙げながらの説明に入ると、分離量にはあまり触れず連続量を中心にいくつかの場合に分けて説明してゆく。

「(A) それ自体が量である場合」の「第1」「実体として量であるもの」として幾何学的な「線」が登場してくる。これもまた物理量ではなく幾何学的・理念的なものである。

続いて「(A) それ自体が量である場合」の「第2」として「実体の属性あるいは状態としての」、しかし実体それ自体を規定するものではない「量」が登場する。分離量としての多少、連続量としての空間的な1～3次元要素と重量である。ここにいたってようやく物理量が顔を出してきた。

次の「(B) 付帯的に量と言われるものは第1に例えば教養性が付帯するところのその当のものそれ自がある量」と言っているところは正直理解に苦しむ。ご教示願えれば幸いである。

最後の部分は運動という事を通して「時間」と「空間的位置」という物理量が取り上げられてこの章は終わる。

更に「カテゴリー論」(アリストテレス, 2013) では「接合」という考え方も加えて説明している。まず数を例として、「分離されている量」は諸部分が「接合する共通の境界が全く存在しない」量だと規定している。一方連続する量は線を例として「諸部分がそこにおいて接合する共通の境界を見いだすことができる」量だと述べた。

ここから分かる事は以下の通りである。

- a. 量には数えられる量と測られる量がある。
- b. 数えられる量は可能的に非連続的な部分に分割されうるものであり、測られる量は連続的な部分に分割されうるものである。
- c. 数えられる量である「分離されている量」は諸部分が「接合する共通の境界が全く存在しない」量であり、測られる量である連続する量は「諸部分がそこにおいて接合する共通の境界を見いだすことができる」量である。
- d. 量には今日的な言い方での「連続量」と「分離量」がいわば与件的なもの、既にあるものとして前提されているらしいこと。
- e. 幾何学的線・面が連続量としての実体的存在であり、数が分離量としての実体的存在と考えていたらしいこと。これらはいずれも理念的存在である。
- f. 我々が普通に考える物理量は実体の属性としてのみ実体と関係するものであると考えていた。
- g. 物理的な時間と物理的な位置も対象が運動するいわば「場」として量的な対象性を認めていたらしいこと。

3. 日本の算数・数学教育における量

こうしたアリストテレスの思考は今日の分離量と連続量の母体となっていることは明らかである。

さて水道方式で知られ、量の教育を重視していた遠山啓(1972)の量についての考え方が、アリストテレスのこの考え方を色濃く受け継いでいる。アリストテレスとの違いとともに彼の考え方をみてゆく。

遠山(1972)はまず量の説明として、量には「狭義の量」と「広義の量」があることを述べる。狭義の量は度量衡(長さ・体積・重さ)であり、広義の量は面積・密度・時間・力・速度・加速度や社会科学的な人口・GNPなども入ってくると例を挙げて説明する。

これらは確かに各種の量の例示ではある。しかしながらこれは同時に各種の質に適用された量を述べていることになっている。更に言えば量が適用可能な質を並べているとも言える。この点はアリストテレスが量を分離量と連続量に分けて「多さ」と「大きさ」として、質を捨象して説明を始めたこととは明らかに違っている。質と量は一般に相互に無関心なものと考えられがちであるが、量と質の関係は単純なものではない。遠山はその事を明確に述べていないが量と質の関連をなにかしら考えてこのように書き起こしたのかもしれない。

次に彼は量の系統について述べる。量はまず分離量と連続量に分かれる。連続量はさらに外苑量と内包量に分かれ、内包量は度と率にわかれると。その上で分離量と連続量の説明に入る。連続量と分離量の説明を見ることにしよう。

「分離量はその中にある1つが、これ以上分けられないこと、そしてお互いに孤立していて、つながらないと言うことが条件です。そういうものの『多さ』、もしくは『多い』ということであらわすのが分離量です」。「これに対して連続量というのは、」水のように「いくらでも細かく分けられ」その「反面、いくらでもつなげることができ」る。つまり「無限分割可能性と合併可能性を持ったもの」です(遠山, 1972)。

分離量は互いに孤立したこれ以上分けられない1つに適用される量であり、連続量はどこまでも分割可能であり且つ合併可能な対象に適用される量であるとの規定は、アリストテレスの見解をまとめた先のa～cの項目と一致していた。

また遠山が分離量と連続量を所与のものとして扱っている点もアリストテレスと同様である。遠山は多様な種類の量を例示することで連続量と分離量が質との関連で扱われる事を諸種の量を例示する事で提示してはいる。この点はアリストテレスとは異なっている。しかしそれ以上ではない。

「理念的な実体」を別にするなら、連続量にしても分離量にしても現実的なあるいは物質的な対象の質と関わって初めて有効な意味のあるものになる事はあきらかである。我々は連続量に関わる質と分離量に関わる質へと考察を進めなければならない。しかしその前に質と量との関連一般について検討しておこう。

4. ヘーゲルにおける質と量

ヘーゲルが論理学の中で質と量の間を論じていることはよく知られている。しかしながら彼の晦渋な文章からその内容を読み取ることは専門家以外にはきわめて困難である。そこで専門家の解説も参考にしながら質と量の間を考察してみよう。

彼の大論理学第2版(ヘーゲル, 1956および1960)では第1巻有論は第1篇「質」から第2篇「量」へと記述されている。

彼によれば量(ヘーゲルのタームで定量に当たる)は質に無関心なものとして第1巻第2篇量の

註釈で以下のように述べられている。

「或ものにおいては、質としてのその限界が本質的に、その或ものの規定性である。しかし限界が量的限界を意味する場合には、例えば畑がその量的限界を変えずときでも、畑は依然として畑である。これに反して、その質的限界が変化するときには畑を畑たらしめているところの規定性がvari, 畑は野、森などとなる。— 中略 — 定量としての大きさの規定」は「即ち自分の持つ規定性に無関心であるような恒常的なものとしての有が根底をな」している。更に続けて彼は大きさ（量）の変化は質への無関心性ということであると述べている。

ヘーゲルの量のカテゴリーについて解説した島崎（1991）の見解によれば、量を問題にする際に、ヘーゲルはまず「対自有」というカテゴリーから量に入ってゆく。これは諸物にみられる共通する質つまり等質性のこと解することができるという。諸物を等質化することで量的差異が残ることになるのだという。更に島崎は「より広く質と量の関係で考えると、量とは、質と量を持った具体的な事物から質を捨象したものであり、その意味で質に無関与になったものである」。

すなわち量を考えるときには、対象の質が如何なるものであるかということが先ず問題になるということである。島崎は述べてはいないが、等質性が保証された上でその等質性とは如何なる意味での等質性であるのかが問題となるはずである。別の言い方をすれば、諸対象に何らかの等質性が保証された時（それが先行してその後）その等しい質が量的な現れ方を規定するということである。対象の質が規定され等質性が担保された時、対象の量的規定もまた定まるのである。

先に見たとおりヘーゲルは、大きさ（量）の変化は質への無関心性ということであるがこの節では述べているのだが、次節では一転して、量的な変化が質的な変化の契機となる事を述べる。いわゆる「量の質への転化」といわれる考え方を展開するのである。しかしながら本論文での我々の問題とは当面関係しないのでここでは取り扱わない。

5. 測定対象と量

上記の観点は、今日の量の計測、在る対象物における量の計測にも受け継がれている。高見（2012）は測定対象とする量つまり連続量・分離量とその計測についてについて以下のように述べている。

「測定の対象とする量には、数えられる量（分離量あるいは離散量）と数えられない量（連続量）とがある」。「分離量は、一般に、既に『1』という“単位”にくぎられているので、そのまま数えることによって直ちに求めることができる」。しかし連続量は何らかの基準で「分離」し（切り取って）、それを数えるといってもよい。「対象量が連続量の場合の単位を『計量単位』と呼ぶ」。「通常、物理単位とよばれるものである」。「分離量であっても」「まとまった数で対象を切り取っていく方が便利だ」。「分子や光粒子」を「通常の科学ではある数をまとめて取り扱う。それが「モル」という単位である」。「分離量の場合の単位を『計数単位』と呼ぶ」。

この計量単位と計数単位について更に続けて彼は、次のように解説する。IS（国際単位系）には7つの基本単位がある。MSK系の単位を合わせて示すと次の通りである。① 質量 (kg) ② 距

離 (m) ③時間 (s) ④温度 (K) ⑤電流 (A) ⑥光度 (cd) ⑦物質質量 (mol)。

さてこの7つの単位の内①～⑥が計量単位, ⑦が計数単位である。これらの基本単位から導かれる誘導単位としては例えば力の単位であるニュートン (N) や仕事の単位であるジュール (J) などがある。

これらの単位についての考え方 — すなわち量の具体的な取り扱いとしての計測は対象の物理的な質に応じて測定方法と単位を選ぶという考え方は、前節の指摘 — 質と等質性が規定された後に量的規定が問題になるという指摘の延長線上にあることを示している例だろう。すなわち量的規定は質的規定に従属しているという事である。

6. 分離量と質について

分離量と連続量について改めて質との関連で検討しよう。

問題になるのは、これ以上分けられない1なるものがどの様なものであるのかまた無限分割可能性とはどの様なことなのかということである。これらをさらに考察する必要があるだろう。まず分離量を取り上げる。

例えばリング4個とミカン3個がある時、リングとミカンが合わせて7個あると述べた時、違和感を持つ人はどれくらいいるだろう。しかし例えばスイカ4個とピンポン球3個がある時、合わせて7個あると述べたときには違和感を持つ人はかなりの数になるのではないだろうか。これは数え上げる対象が2種類の質を持つものに分かれているからだ。つまり数え上げる時、量が問題になっている時には対象の質的な同一性が保証されていなければならないということである。だから1を問題にするときその1つ1つの等質性がまず保証されていることが前提となるということである。

更に例えばスイカを例にすれば、これを切り分けて1片・2片と分離量として数えることができる。しかしながら、4分の1片と8分の1片を同じ1片として数えることには違和感を覚えるのではないだろうか。それは同じ1つ1つが等質ではあるが等量ではないからである。この場合には単に等質性だけではなく個々の等量性も保証されている必要がある。

この場合等量性はいかにして確保されるのだろうか。一般的に言えば量的規定である重さを利用して同一重量の1片 (なにかしかの誤差を認めた上で) を作ることで等量性を確保することになるだろう。この場合はスイカとしての質と等質性を破壊しない範囲で重量以外を捨象して、その量的規定 (今の場合は重さ) を用いて、分離量を一端連続量に変換し、連続量として切断することで分離量の等質性と等量性を確保して改めて分離量としての1を確定したことになるだろう。この場合は連続量が分離量を裏付ける役割を果たしているといつて良いだろう。

次に例えば人間を例に考えてみる。半分の人間とか4分の1の人間ということは死体なら可能であろうが生きた人間としては現実に存在することは不可能である。とするなら人間の1は分割不可能な1と考えてよいだろう。一般に脊椎動物はこのように考えて良いだろう。つまりシステムとして1が成り立っており、システムの1部を取り除くとシステム全体が崩壊してしまう場合などは固有の1が確実に存在するといつて良いだろう。その際システムがシステムとして機能することを前提にした上で、「1」とすべき個々の他者同士間で等質性を有する事が分離量として取り扱うための条件となるだろう。

しかしながら腕を失った人間や視力を失った人間など障害を持った人間も現存する。こうした人たちをどう考えればよいのだろうか。これは人格としての個性と他者との等質性から考えることができるだろう。すなわち等質といっても多面的な対象のどの側面での等質性が問題になるのかを見極める必要があるということである。

すなわち分離量として扱える対象・質は、まず等質な孤立した対象であること。そして対象個々が何らかの点で等量性を保証されていることこれが最低の条件であろう。また1がシステムとしてできあがっており（総体性を備えており）、一部が欠損しても1として存在しえない対象である場合がもっとも典型的なもの（例えば生物など）であろう。しかしまた1として区分されるものの等質性や総体性が一部損なわれているような場合でも、どのような側面が保たれ・保証されていけばよいのかが明確である場合もここに含めて良いだろう。

7. 連続量と質

遠山が連続量の例としてあげた水を取り上げて考えてみる。確かに我々の感覚知覚可能なレベルでみれば水は連続量として取り扱って何の問題もない。しかしながら遠山が言うように無限分割が可能であるという点になると我々は既に水が水分子の集合であることを知っている。水分子は水素原子2つと酸素原子1つに分けることができるが、分けてしまえば水としての質を失ってしまう。であるから無限に分割可能であるとの規定を水は満たさない。しかしながら合併可能であるという要件は、水分子のある集合と水分子の別の集合を一つの集合にまとめることが可能であるという限りで満たされている。こう考えてくると連続量の適応対象として水は相応しくないことになる。

しかし一方で我々は日常的に、1を識別できる分離量をあたかも連続量の様に扱っている。例えば米である。現在でも炊飯の時などには、米はあたかも連続量であるかのように升・合・カップなどと体積で測る。これは水分子・米粒という分離量を連続量と見なし取り扱っていることになるであろう。こうした見なしは何故可能なのか。それは水や米からそれらの量的規定である体積や重量だけを抽象して、空間と重量（質量）の連続性に依拠して連続量として処理していることなのではないか。これは「見なし連続量」と言って良いだろう。これは先の「物質量 (mol)」とは異なっていると考える。物質量 (mol) は分離性を前提とし、あくまでもその基本を守っているのに対して、こちらは分離性をいわば「無視」しているからである。

しかし見なし連続量と言っても、米の場合と水の場合には異なる点もある。まず米の場合から考えてみよう。米の1粒1粒を我々は感性的に認識できる。しかし取り扱いの便法として対象の対象としての質を破壊しない限りで、例えば体積・重量などのみを取り出して、その量的規定である連続量に意図的に変換（D/A変換デジタル/アナログ変換）した上で単位を用いて更にA/D変換（アナログ/デジタル変換）して利用してきたのである。これも米粒を計数としてあつかうことの人の認識・実践の限界が作用してのことであるだろう。

しかし水の場合、D/A変換とスムージングは感覚のレベルの限界によって謂わば無意図的に意識されることなく行われている。従ってこの場合は水に対する認識の進展（もちろん人の感覚に対する認識の進展も）がなければ人の感覚が「自動的に」D/A変換していることに気づけなかった訳である。従って水の場合は歴史的にA/D変換のみが問題とされたのである。

8. 連続量の分離量化

ここで先に触れたA/D変換の問題を取り上げておく。

アナログ量をアナログ量のまま扱うとき2つの量を比較しようとするとき、直接比較することが可能ならどちらが多いか少ないかを判断することはそれほど難しくない。しかし直接比較することができない場合、それはきわめて困難になる。遠山（1972）はこうした連続量の比較の問題を歴史的な視点も交えて4つのステップで考えた。

1. 直接比較
2. 間接比較
3. 個別単位
4. 普遍単位

間接比較は、例えば離れた場所にある2つの建物の幅を比較する場合、建物の幅を紐の長さ置き換えて両者を比較する方法である。

個別単位による比較は例えば歩幅や指の長さといった任意のものを基準単位として、対象を計測して量の比較を行う方法である。過去においてはコミュニティなどの狭い範囲で統一した基準が用いられていたであろうことにも遠山（1972）は触れている

普遍単位による比較は、個別単位が国家の単位あるいは国際的な単位として広く認知されて使われるようになった単位を用いて比較する方法である。

この4つのステップで明らかに区別できるのは2と3のステップの間である。1と2は連続量と連続量の比較という形をとっていた。しかしステップ3と4では数量化処理が行われている。これは基準値1で連続量を切断して表現することに他ならない。しかし連続量は基準値の整数倍でびたりと収まる保証がないのであるから、補助単位やあるいは小数を利用する量の表現が用いられることになった。量そのものとしては連続量（見なし連続量も含む）であるが、表現としては分離量の形をとることが一般的に行われることになった。これは今度は「見なし分離量」ということになる。先の2つの単位に即して言えば、個別単位による見なし分離量、普遍単位による見なし分離量である。

計量升、物差し、秤などは連続量（見なし連続量も含む）として現れる質を持った対象の特定の量的対象性を抽出して、個別単位或いは普遍単位に基づいて対象量を分離量化するための道具として機能するA/D変換装置とも言える。

9. 物質観と質・量

ここに1つの問題が顔を出していると思う。

我々の感覚知覚の限界あるいは実践上の限界と我々の物理的世界認識に関わる歴史的現在の問題である。

水は我々の知覚レベルでは明らかに連続量として現れる物質である。従ってこれを我々が日常で連続量として取り扱ってきたのは人の感性的認識を基礎とした認識と行動の仕方としてはきわめていわば自然な振る舞いである。しかし問題はその先にある。分子原子の存在が確実視されそ

れがとらえられるようになってきたのはここ100年ほどのことである。それ以前は人は水を連続量とのみ考え扱ってきた。つまり人間の認識が感性レベルの認識の範囲を超えることなくその内側にとどまっていたからである。確かに「連続と非連続」の問題を哲学者たちは古典古代から取り上げて論じてきた。しかしながらそれはあくまでも思弁の上でのことであった。

しかし原子分子の存在を現実のこととして受け入れざるを得なくなったとき、つまり感性的な認識のレベルを超えて物理的な対象を認識することが必要になったとき、「対象それ自体」と「認識された対象」との関係に関わる事情は以前よりも明確に問題提起されるようになったと言えるだろう。

今ここで取り上げている量と質の問題を例として考えてみよう。

つまりある対象の質と言いや量と言っても、それが人の認識を離れて存在する客観的实在物であるにしても、そのものがいかなるものであるのかという認識、別の言い方をすれば我々にとっての対象は人の認識史の産物である。客観的实在物自体が変化することがなくても我々にとっての対象としての「客観的实在物」は現実には「認識された対象物」でしかない。それは歴史的に変化するものである。かつては水の本質的な性質と考えられていた無限分割可能な物質という見方がここ100年ほどの間で否定された以上我々は水を本来は分離量として扱うべきものを連続量と見なして扱っているのだということを確認する必要がある。ただし原子の安定性が保たれていることも含めて古典物理学的なレベルで見える「世界」が地球上では安定的であるという条件の範囲内での話ではあるが。

このようにある物質の場合原子や分子から成り立っている物質としての質を前提とする限り、連続量として扱えるものは基本的に存在しないことになる。それでは連続量としての扱いうる質を持った対象はあるのだろうか。現在のところ時間・空間などは最小の単位が確実に存在する証拠は見いだされていない。だが例えばループ量子重力理論などでは最小の空間単位があると考えられてはいる（吉田 2014）。もちろんそれが仮説のレベルに止まっているものであることは言うまでもない。とは言えこうしたことも含めて総合的に考えるなら、無限分割可能として扱っているものも、現在のところそれに対する確実な反証が見いだせないということに止まっていると考えるべきだろう。

量子論的な世界では連続と非連続の問題は簡単に区別できない背中合わせの問題として、例えば量子の波動性と粒子性の問題として現れていることは周知の通りである。我々の世界は、日常の感性的世界を基礎として生まれたカテゴリーに依存して認識され、それをもとに我々にとっての世界が構成されてきた。しかしながら20世紀に入ってからの科学はこうしたカテゴリーではとらえきれない世界へと認識の世界を拡張してきた。これからの我々は従来からのカテゴリーではとらえきれない世界に適応可能なカテゴリーをどの様にして作り出すことができるのかが問われているのであろう。

10. ま と め

分離量と連続量は量の基本的な2分類である。この分類はしかし、量のみを考察から引き出されたと言うよりは、量を問題とするある対象があつてのことだと言って良い。すなわち、分離量・連続量をどの様な対象に適用するかははまず第1に対象の質によって決定される。しかし一つの対象に限っても質も量的規定も多様である。どの質・量的規定に定位するかで、対象を分離

量として扱うのが適当か連続量として扱うのが適当かが分かれてくる。そして対象を分離量として扱うにしても連続量として扱うにしてもいずれの場合にも「見なし」としての分離量・連続量としての扱いになるのかあるいは違うのかをはっきりと区別する必要がある。所謂物質を連続量としての扱うのは多くの場合、見なしとしての連続量である。また分離量も個別単位であれ普遍単位であれA/D変換した結果としての分離量とシステムとしての1が区分できる分離量とは分けて教える必要がある。従って、最初にあげた粘土玉の例は、まず個別単位（普遍単位ではない）によって分離量と見なされた見なし連続量としての粘土の固まりであった。従って1と言っても、その独立性はきわめて弱く、接続という点から見てもきわめて脆弱な分離性である。従って1+1という分離性を前提とする考え方を途中から連続量としてのあつかいに入れ替えた上で、再び1として分離量の様に扱うという操作をしていたことになるだろう。

以上のことを考慮するなら分離量と連続量を教授する場合には以下の点を確実に行うことが必要である。

1. まず質と量の関係を把握させること。量はある一定の質を前提とした上でその質を捨象していることの理解が肝要である。
2. 連続量と分離量の基本的な規定を把握させること。
3. D/A変換とA/D変換を確実に理解させること。これは見なし分離量と見なし連続量を確実に理解させることでもある。
4. 扱う対象物によって連続量としての質と分離量としての質を確認してどの様な量として取り扱うかを確実にすること。
5. これらの考え方は歴史的現在に規定されているのであって、完全に固定したものではなく、人間の認識の発展によってこれからも変化していくものであることを理解させること。
6. 客観的世界と我々の世界のとが完全には一致していない事を理解させ、我々にとっての世界が歴史的現在に強く規定されている事を理解させる事が重要である。

最後に、本論考では質と量の関連について特に連続量・分離量と質との関連について検討を加え、それらの概念を更に精細に規定することを試みて一定の成果を得たと考える。

しかしながら分離量として扱おうとする対象で問題となる質と連続量で問題となる質は異なったものである点については十分に検討できなかった。すなわち分離量が問題とする質は対象が対象である固有性としての質、別の言い方をすればある対象にとっての本質的な規定としての総体性としての質が問題になるのに対して、連続量で問題となる質は部分的な質、アリストテレス的な言い方をすれば対象の属性が問題となっている。つまり質を捨象して量的規定が定まるわけだが質的捨象のあり方が分離量と連続量では異なっているという事である。この点については今後更に検討を要する課題である。

引用文献

- アリストテレス 出隆（訳）（1959）形而上学 上 岩波書店
 アリストテレス 中畑正志（訳）（2013）カテゴリー論 内山勝利・神崎繁・中畑正志（編）
 アリストテレス全集第1巻 岩波書店 pp.1-102
 島崎隆（1991）量 岩佐茂・島崎隆・高田純（編）ヘーゲル用語事典 未来社 pp.93-96

- 遠山啓（1972）数学の学び方・教え方 岩波書店
高見晋一（2012）測定の基礎 生物と気象,12,A,1-8
ヘーゲル,G.W.F. 武市健人（訳）（1956）改訳 大論理学 上巻の1 岩波書店
ヘーゲル,G.W.F. 武市健人（訳）（1960）改訳 大論理学 上巻の2 岩波書店
吉田伸夫（2014）素粒子論はなぜわかりにくいのか 技術評論社

〔2014. 9. 25 受理〕