

## (B) 山崎教授の疑問に答う

力学における決定論とは何か

—古典力学の隠された変数—

品川 嘉也

はじめに

私の論文『力学における決定論と意識の自由について——情報構造としての意識——』(一)に対する山崎和夫氏の反論(二)を読ませていただいた。原稿の段階で読ませていただいた山崎氏と京都哲学会に深く感謝の意を表します。

山崎氏(二)は私の論文(一)に対して「本筋に異論はない」と云って居られるので再反論の意味は余りないわけであるが、決定論という言葉の意味を誤解して居られるようなので、その点について説明を加えると共に、物理学者に討論していただきたいかかった問題「古典力学の隠された変数」について述べる。

なお、この論文(一)は私の哲学の骨子である情報構造を述べたもので、意識の自由の起源を展開するためには、情報構造の概念により宇宙進化と生物進化を一体のものとして捉える必要が

ある。その作業は拙著『意識と脳』(三)で行なったのでそちらを見ていただけると幸である。その展開の中で、意識の自由の源泉が、量子力学に代表される不確定性よりも、宇宙膨張に基く非平衡系の非線型性によるところが大きいことを示してある。

## 一 決定論の意味

山崎氏(二)の議論の要点をまとめると、「ごく特殊な例外的な場合を除いて」ニュートンの運動方程式は一義的な決定論的な解を持つ、もしも決定論的でない解が現われたら「運動方程式あるいは初期条件を考え直して、そのような解を排除する」(二三五頁)、故に、ニュートン力学は決定論である、と云うことになる。

しかし、これは「物理学は決定論的な場合だけを扱おう、故に、物理学は決定論的である」と云うことであり、同語反覆に過ぎない。拙論(一)に対する反論になっていないことは明らかであろう。むしろ私も、山崎氏の云われるような方法が、伝統的な物理学の手法であることは十分に承知している。しかし山崎氏も認めて居られるように、決定論的な解を持たない運動方程式は無数に存在する。それは数学的な問題ではなくて、現実の世界に無数の分岐点が存在することに対応している。宇宙論的現象、生物の行動、人間の意識といった問題には、無数の分岐点がある。こうした問題を物理学がごとごとく排除したのでは、宇宙物理学も生物物理学もひからびたものになってしまうであろう。

おことわりしておくが、拙著(一)は意識の自由の源泉を、ニュートン力学での因果律の破れに帰着させるものではない。私の主張は、人間の意識という自由度を内部に含む宇宙を記述するために、ニュートン力学も分岐点の存在を認知すべきである、と云う点にある。

## 二 隠された変数

山崎氏に議論していただきたかったのは、運動方程式が決定論であるのはどのような場合か、という必要充分条件である。

前稿(一)で私の提案したことをまとめると、古典力学系を熱力学系として眺めたとき、エントロピー生成速度がゼロ(平衡状態)か極小(定常状態)であれば、系の運動は決定論的である。すなわち、この力学系にはエントロピー生成速度 $\sigma$ という変数は現れないが、 $\sigma$ の値を計算することは極めて容易で、 $\sigma$ をゼロまたは極小にすることにより系は決定論的になっている。 $\sigma$ が大きい時には決定論的因果律は保証されない。この変数 $\sigma$ が古典力学では隠されている。

一方、量子力学では、微視的領域については決定論的な因果律が成立しないことが示される。山崎氏の云われるように「因そのもの」に不確定性があり(果にも不確定性があり)、ある幅を持たせてしか因果律を記述できない、と云う方がより正確であろう。これは世界が細部までは決定論的でないことを示したことに意義がある。「それでは世界はどこまで決定論でないのか、それが次の問題や」と湯川秀樹先生は筆者に云われた、

続けて「量子力学の不確定性が、意志の自由の原因だと云うのは間違ごうとるが、しかし、全く無関係とも思えへんわけや」とおっしゃった。筆者の考え方は、その通りに展開して来たつもりである。

量子力学の不確定性が発見された時、アインシュタインはそれに強く反対して、宇宙は細部まで決定論的であるはずで、量子力学が決定論的な像を描けないのは理論的に不完全であり、隠された変数(パラメータ)を見付け出せば決定論的になると唱えた。それに対してハイゼンベルグは、量子力学には隠された変数が存在しないことを証明して、微視的世界は本質的に非決定論的であることを示した。

それでは、巨視的世界の非決定論性がすべて量子力学の不確定性原理に帰着できるかというと、それには無理がある。本稿では詳しく議論するだけの紙数がないので前稿(一)を見ていただくとして、一つだけ注意しておく、量子力学の運動方程式であるシュレディンガー方程式も時間に対して可逆であるということである。現実の巨視的世界のできごとは、すべて不可逆である。こゝに大きなギャップがある。

## 三 力学系を熱力学系としてみる

熱力学の世界では、平衡か定常の状態ではすべての運動は可逆的であり決定論的である。平衡から遠く離れた系では、運動は不可逆であり非決定論的である。簡単な例で示そう。水の中に角砂糖を一個落したとする。砂糖は拡散して均質に水と混合

する。その過程は、エントロピー増大則に従うという意味において決定論的であり（熱力学的決定論）、均質な砂糖水から、角砂糖が容器のどこに最初に落ちたかを知ることとはできないという意味において非決定論的である（力学的非決定論）。エントロピー生成を伴う拡散過程については、力学的決定論の破れがある。

次に、容器が開放的である限り水の蒸発（水分子の気相への拡散）が起こり、やがて水は蒸発してしまつてあとに砂糖が残る。これは最初に砂糖水が占めていた容積から見ると、大幅な容積の増加であるから系全体としては大きなエントロピー生成であるが、砂糖分子にとってはエントロピーの減少である。すなわち、エントロピー増大により引き起こされた部分系のエントロピー減少の例である。

拡散によるエントロピー増大は微視的世界に固有のものであるろうか。角砂糖は、日常的な巨視的な大きさを持ち、その運動をニュートンの運動方程式で記述してもおかしくはない。しかしそれはほとんど純粋に砂糖の分子でできていて、水に溶かさればたちまちエントロピーは増大する。空気中でも水分を吸収してエントロピーは増大しているが、角砂糖を角砂糖として記述できるのは、人間の手が加わっているからである。人工的にエントロピー生成速度を極小かゼロに保っている限りにおいてそれは角砂糖であり続ける。すなわち、角砂糖を孤立系とみなせる限りにおいて平衡状態にあり、観測という仕事を行なう限り、最大の情報を獲得することができる。これは、観測という外力

のもとでの定常系である。このように力学系を熱力学系としてみれば、力学における可逆性の意味が理解できる。力学の可逆性から熱力学の不可逆性を導く努力はH定理などに凝っているのであるし、物理学の教科書でもそのような説明がなされているが、熱力学から力学を導く方が判り易いのではなからうか。

そして現実の世界は、常に不可逆であり、力学の可逆性は狭い範囲での近似に過ぎないことを忘れてはならない。不可逆性を表現する言葉を持つ熱力学の方が適用範囲としては広いのである。熱力学が分岐点を持つ以上、力学も分岐点の存在を認めるべきだと思ふし、力学の決定論が成立するのは分岐点から分岐点に至る枝の上のことである。分岐点上では、どのような決定論も成立しない。現実の世界には無数の分岐点があり、物理学も全体としては宇宙の歴史の科学の一部なのである。

#### 四 情報量と意識の自由

山崎氏が論文(二)の最後で贅意を表されているように、私の前稿(一)は意識の自由度の源を宇宙の情報構造に求めるものである。決して、力学の決定論の破れに帰着させるものではないことは前稿をよく読んでいただければ判ることと思う。情報構造は、むしろ哲学上の概念であるが、情報量の物理学的定義としてはレイザーのものを念頭においていることは前稿に記した通りである。たゞし情報量のレイザーの定義に、筆者自身が満足しているわけではないことを強調しておきたい。レイザーの定義は、系が平衡に達するまでのエントロピー増加量によって情報量を定義

しているが、「平衡」の定義は参照する世界によって異なる。最終的には、宇宙全体を参照系としなければならぬが、宇宙が膨張を続けている限り、平衡に達した時のエントロピー量は知ることができない（強いて云えば無限大であろうが、それでは部分系の情報量も無限大になってしまう）。物理学者に討論していただきたかったのは、宇宙の情報量のもう少し精密な定式化についてであった。私の云いたかったことは、情報構造という概念によって、宇宙進化と生物進化を一貫した体系として捉え、その延長線上に精神の発生を捉えることができるような一元論が成立するのではないかとということであった。物質、生命、精神、すべて情報によって造られたとすると、一元論の哲学が成立する。どのようにして造られたかは個別科学の問題である。

(丁)

文献

- (一) 品川嘉也(一九八二) 「力学における決定論と意識の自由について——情報構造としての意識——」(『哲学研究』五四六号、四九九—五二五頁)
- (二) 山崎和夫(一九八三) 「品川嘉也氏の最近論文『力学における決定論と意識の自由について』を読んで」(『哲学研究』本号)
- (三) 品川嘉也(一九八二) 『意識と脳』紀伊国屋書店  
 (筆者しながわ・よしや 日本医科大学生理学教室  
 「生理学」教授)

「随眠」山内得立遺墨集

五〇〇冊限定発売開始 定価 三五、〇〇〇円  
 B4判 二〇四頁  
 遺墨 一八二点  
 画 九点  
 印譜 五二点  
 序文 山田 晶  
 跋文 高橋長太郎  
 梅原 猛

西田幾多郎遺墨集

墨蹟が語る哲学者の清冽な(こころ)ろ  
 普及版  
 B4判 二〇〇頁  
 遺墨 二六一点  
 定価 八、〇〇〇円  
 序文 西谷 啓治  
 久松 真一  
 跋文 山内 得立  
 片岡 仁志  
 後記

「墨海」久松真一の書

禅の底なき底からほとばしりである墨美の世界  
 豪華限定版  
 B4判 二六八頁  
 遺墨 三三七点  
 印譜 七六点  
 定価 三五、〇〇〇円  
 序文 西谷 啓治  
 跋文 東 專一郎  
 辻村 公一  
 森田 子龍  
 倉沢 行洋  
 解説  
 後記

燈影舎

電話 (075)581-5104 京都 4-14575 振替

〒607 京都市山科区 四宮柳山町 一 燈園

[*Discussion II*] (B) Reply to Professor Yamazaki : What  
is the Determinism in Mechanics?

—A Hidden Parameter in Classical Mechanics—

by Yoshiya Shinagawa  
Professor of Physiology  
Nippon Medical School

Principles in the mechanics are apparently deterministic. The author previously reported that the deterministic character of the mechanics comes from observations on the ensemble close to the isolated system in which every process is reversible. This mechanical ensemble can be studied by means of the thermodynamics. It is shown that the entropy production rates in the reversible mechanical processes are minimum or zero, corresponding to the stationary or the equilibrium state in thermodynamics, respectively. The thermodynamics of non-linear non-equilibrium shows that a bifurcation point occurs in the state with high entropy production. Such a system with bifurcation is non-deterministic.

The entropy production rate,  $\sigma$ , is the hidden parameter in the mechanics. Any process in our universe is irreversible and has many bifurcation points. On the bifurcation points, no deterministic mechanics can be applied. The mechanics of determinism is an approximation on the small isolated part with the low entropy production rate,  $\sigma$ , inside the universe which has the great velocity of entropy production. The living organism, human being and consciousness are examples of non-determinism in the non-deterministic universe.

Einstein and some other physicists failed to find the hidden parameter in quantum mechanics that provides the deterministic interpretation in a microscopic area inside the Planck constant. In this paper, it is shown that the hidden parameter,  $\sigma$ , is found in the classical mechanics providing the determinism.