

品川 嘉也著

脳とコンピューター



中公新書

286



中公新書 286

品川嘉也著
脳とコンピューター

中央公論社刊

品川嘉也 (しながわ・よしや)

1932年(昭和7年)愛媛県に生まれる。1957年、京都大学医学部卒。1962年、京都大学医学部講師、1968年、同助教授。同年、京都大学大型計算機センター運営準備委員、その後同センター運営委員、研究開発部員を兼ねる。1983年、日本医科大学教授、現在に至る。専攻、生理学。

著書『量子生物学Ⅱ』(吉岡書店 1965年)

『運動生理学序説』(南江堂 1966年)

『電子計算機入門』(南江堂 1971年)

編書『能動輸送』(南江堂 1969年)

訳書『現代の科学Ⅱ』(共訳、中央公論社 1970年)

脳とコンピューター

中公新書 286

© 1972年

検印廃止

昭和47年5月25日初版

昭和61年4月20日14版

著者 品川嘉也

発行者 嶋中鵬二

本文印刷 三晃印刷

表紙印刷 トープロ

製本 小泉製本

発行所 中央公論社

〒104 東京都中央区京橋2-8-7

振替東京2-34

定価 540円

ISBN4-12-100286-5

はしがき

脳とコンピュータを比較することによって、ヒトの脳の特長もコンピュータの成り立ちも、かなりの程度まで明らかにすることができる。電子計算機が出現した当時は、人工頭脳と呼ばれて、天然頭脳との比較研究も華々しく進められた——それらは今日でも計算機科学の古典として読まれているが——。それから約四分の一世紀が経ち、当初のコンピュータの機能は、今日では電子式卓上計算機（電卓）でも実現できるようになった。現在の超大型電子計算機は、最初のコンピュータとは較べものにならないほど大きくなっている。これを脳と比較することによって、以前とは段ちがいに多くの問題点を明らかにし、脳についてもコンピュータについても、いっそう理解を深めることができると思われる。とくにヒトの脳の働きについて興味と関心を持っている方々が、コンピュータを理解するにはこれがいちばん近道である。

今日、コンピュータに関する書物も、脳の解説書も沢山あるが、両者の比較をしたものは少ないし、最近の電子計算機について書かれたものはほとんど見当らない。そのためか、いろいろな誤解——脳とコンピュータでは比較の対象にもならない、といった類の——が拡まっている。ようなので、中央公論社の方々の強いおすすりもあつて、拙筆をも省みずあえて筆を取することに

した次第である。

私どものように、コンピュータの応用の研究に従事していると「電子計算機で何ができるか」という質問に接することが多い。この質問に対しては「人間にできることは何でもできます」と答えるのがコンピュータ屋の決まり文句になっている。もともと、この答を聞いて驚かない人の方が珍しいし、私のような多少とも脳の機能に関係した分野を専門とする人間がこういうと、脳とコンピュータは同じものだと思われ恐れる恐れもあるので、急いで次のようにつけ加えることにしている、「人間のすることによって言葉で表現できることなら、原理的には、コンピュータにもできます」と。

ここで言葉で表現できるといったのは、論理的なこと、あるいは演算で表わすことができることといい換えてもよい。本書では、この脳とコンピュータを直接に比較できる分野については、ごく日常的な例から始めて、重要な問題は洩らさず説明することにした。これが、脳についてもコンピュータについても、体系的な知識を得るための最も秀れた入門法であると信じている。たとえば、計算機のプログラムというと、何かひどく高級な技術のように思っている人が多いのであるが、運動会などのプログラムと本質的には同じものである。見掛け上、両者が非常に違ったように思えるのはなぜか、ということを具体的に説明した書物はこれまでなかったようなので、できるだけ丁寧に説明を加えてみた。本書はなるべく広い層の方々に読んでいただけるように、専門的な術語はなるべく少なくしたが、どうしても必要な言葉は、できるだけ丁寧な説明を加え

てまったく予備知識なしで読めるように配慮し、また同時に二つ以上の新しい概念を導入することを避けて順序よく読めるように努めた。そのために記述が冗長になった部分もあるかと思うが、その部分をがまんして読んでいただければ、基本的な術語についても一通りの知識が得られるはずである。

次に、脳はなぜコンピュータよりも秀れているか、この問題は決して簡単ではない。かつては脳の方が桁違いに素子の数が多い、という量的な差として説明されていた。今や、脳と同じ数の素子を持つ計算機の発熱を冷却するにはナイアガラ河の水量を必要とする、といった議論は、遠い昔の神話となってしまった。現在の超大型計算機の技術で、脳と同程度の「大きさ」のコンピュータを実現することは不可能ではない。ただし、今すぐ実現するというのではなくて、その前に脳や神経から学ばねばならないことも多々ある。

この点では、情報化社会におけるコンピュータの位置づけも考えておかねばならない。また脳とコンピュータの関係を考える上に、医学とコンピュータの問題は欠かせないが、これも社会的関係の中で考察しなければならぬ。要するに、コンピュータは脳に奉仕する道具であり、脳にとってかわることは決してありえない。しかし孤立した脳はコンピュータにも劣るところがある。

脳のコンピュータに対する質的優位性は、パターン認識・知能・創造性といった非論理的（すなわち非演算的）領域にある。コンピュータ科学の、過去四分の一世紀の歴史は、この分野

に対する苦悩に満ちた挑戦の歴史とも見る事ができるのである。また一方、脳研究にとっても、知能とは何か、創造性とは何か、という問題は依然として多くのなぞに包まれている。しかし、これらの問題は、孤立して存在する唯一個の脳あるいはコンピュータの問題ではありえない。何億年かにわたる生物進化の産物としての脳、社会生活を営む人間の器官としての脳として考えなければならぬ。またそのような人間の脳が創り出した道具としてのコンピュータを考察する必要がある。そのためには、人類社会の歴史の産物としてのヒトの脳の、構造と働きの研究をおし進める必要がある。

末筆ながら本書をつくるに当ってご協力をいただいた中央公論社の方々に感謝の意を表したい。

一九七二年四月一日

品川 嘉也

脳とコンピュータ
目次

The Brain and the Computer : Contents

はしがき

電子計算機の生いたち——計算機の論理

2

1 考える葦と計算機 3

2 電子は計算する 10

3 プログラムとは 20

4 ヒトはなぜ十本指か 32
(計算機の論理学と弁証法)

5 そろばんとデジタル原理 44

6 計算尺はコンピューターより速いか 51

脳の設計図——電子計算機の論理と人間の論理

58

1 電子計算機の原理 60

2 なぜ心は頭にあるか 65

3 日本語は論理的でない 73

4 脳の配線図 84

- 5 言葉で言えないこと 93
- 6 頭のよさは遺伝するか 99
(自己増殖の理論)

脳の大ささ

- 1 神経細胞の数 110
- 2 記憶の量 115
(二生の間にとどれだけ本を読めるか)
- 3 生物電池 123
(無公害電池の夢)
- 4 ダイオードと神経細胞膜 129
- 5 記憶と物質 135
(脳の情報と核酸の情報)
- 6 脳の量子生物学 140

医学と電子計算機

- 1 カルテ管理 149
- 2 図書館と電子計算機 154
(メドラーズ情報検索)

3 自動診断 160

情報化社会と電子計算機——知的産業革命 167

1 計算機のために失業は増大するか 169

2 電子計算機は情報を創らない 172

3 マイカーなみの電子計算機 187

4 知的産業革命 194

5 科学と価値観 205

(公害のない社会をつくるために)

参考文献 213

索引 219

図表目次 220

脳とコンピューター

電子計算機の生いたち

—計算機の論理

最古の計算機はそろばんだろうと、よく言われる。人間の指はさらに古い計算機(?)かも知れない。小石を並べて数取りをするのは、もっと古くから行なわれていたのかも知れない。機械という名に値する最初の計算機を作ったのは、「考える葦」で有名な哲学者パスカルであった。パスカルの時代から計算機はどのように進化を遂げたのであろうか。何よりも、電子がなぜ、どのようにして計算することができるのか、疑問に思う人が多いと思う。

また「電子計算機は非常に高級な機械なので、よほどキカイに強くなければ理解できないだろう」と思っている方も多いであろう。しかし、あなた自身が電子計算機を作るためであれば、電子計算機を理解するのはそれほどむずかしいことではない。

あなたが、電子計算機を使いこなせるようになりたいと思っているなら、自動車の構造を知らなくても運転できるように、電子計算機の構造を知らなくても、その概念をつかむことができ

ば、計算機を使いこなすたすけとなるはずである。

本章では、このような立場から電子計算機概念をいくらか歴史的事実を混えながら述べてみたい。その際、できるだけ人間の機能と対比させながら記述したいと考えている。電子計算機は、実は、単なる計算の道具ではなくて、人間の思考を——望むらくは創造的思考を——たすけるための機械なのであるから。

最後に、あなたが、電子計算機を作る立場にあるなら、できる限り人間的な計算機を設計していただきたい。計算機工学も、すべての工学と同じく、人間の科学である。人間そのものを知るところから出発してほしいと考えている。

1 考える葦と計算機

人類最古の計算機は、そろばんかも知れないが、ここでは歴史的順序によらないで、パスカルの計算機から話を始めたい。もちろん、彼の作った計算機は、電子計算機の先祖といえるようなものではなくて、今日の卓上計算機の原型となるものである。

卓上計算機は、経理係などいたるところで活躍しているが、商店や喫茶店で見かけるレジスタ―（金銭登録器）も一種の卓上計算機と考えられる。書店で「世界の名著」一冊、新書一冊と文庫本一冊を買って千百円渡すと、おつり二十円と図1のようなレシートをくれる。買物をして、

中央書店

12-29

メ - 00,650
シ - 00,280
フ - 00,150
☆ 01,080 計

図1 書店のレシート

レシートをよく見ないで捨ててしまう人が多いようだが、計算や定価が違っていた時や返品の時の証拠になり、またレシートを何千円ぶんか集めると粗品を呈上という店もあるから、一度ゆっくり眺めてみよう。

最初に商店名と日付、次に商品の単価（カナ文字は商店が分類のために使うようで、買手にはあまり関係がない）、そして

最後の行に合計金額が印字されている。この「計」が出せるところが、レジスターが計算機であるゆえんで、計の欄を見て店員はつり銭の勘定をする。つまり、レジスターは加算器の機能を備えている。このほかに、レジスターによっては小計と総計が出せるようになっていて、単価と個数から金額を計算できる——つまり乗算機構を備えているもの、などがある。

レシートの足し算（図1）を見ると、十の位に5+8+5という繰り上り計算がある。百の位にも0+2+1+1+1という繰り上り加算がある。こういう繰り上りが自動的に行なわれるのは、レジスターが桁上げ装置を備えているからである。自動桁上げ装置を持っているかどうか、単なる数取り器と計算機の分れ目であって、パスカルが計算機の発明者とされているのも、桁上げ装置つき加算器の作製によっている。

桁上げはどのようなようにして行なわれるか。パスカルの作った計算機は、歯車の歯で0から9までの数字を表わし、数字が9から0に移る際に、一つ上位の歯車が1だけ余計にまわって繰り上げ

動作が行なわれるようになっていた。歯車をまわすのは、もちろん人力によっていた。

同じような原理による手まわし計算機は、今でも一部では使われているし、以前は計算機というところの型のものを指したものである。レジスターも、今は電動式や電子式のものも普及しているが、以前は手動式のものばかりで、ハンドルを引くと歯車がまわって加算と印字を行ない、チーンと音がして引き出しが開いたものである。いや、音がして引き出しがあくところは、電動式でも採用されているが。

私が大学を卒業して研究室に入った頃は、手まわし計算機の全盛時代で、タイガーという商品名の機械を愛用して、終日ジャリッジャリッチーンと計算したものである。この種の計算機は、ハンドルを逆にまわすことによって引き算を行ない、加算をくり返すことによって掛け算を行なうようになっていた。割り算も、上の桁から引き算をくり返していった、引けなくなるとベルがチーンと鳴る、そこで桁を一つ下げてまた引き算をくり返すのである。

掛け算のときも、例えば31を掛けるとき、何もハンドルを31回もまわす必要はなくて、十の位に3を、一の位に1を掛ければよいから、ハンドルをまわすのは4回転でよい。

タイガー計算機を使い過ぎた先輩研究者が、右腕が上らなくなったとか、神経痛になったとか聞かされた頃、幸いにも、文部省の科学研究費を貰えることになって、電動式計算機を購入することができた。われわれのところに入ったのは、商品名をモノローと呼ぶやつで、加算機構は手まわし計算機と同じ歯車式であるが、ハンドルの回転はすべて電動モーターによって行なわ

れ、ボタン一つで自動的に桁をずらしながら回転してくれる。

さらにその後、歯車の回転の代りに、トランジスターやダイオードを使って、電氣的に計算を行なう電子式卓上計算機が入って来た。

タイガーやモンローのような卓上計算機は、加算機構だけを持っていて、その逆まわしで引き算を、それらのくり返して掛け算と割り算を行なうので、加算器とも呼ばれる。要するに、加減乗除の四則演算だけを行なう計算機である。自乗・三乗などのべき計算は、掛け算のくり返して求めることができるが、平方根はそのままでは計算できない。微分・積分はおろか、対数やサイン、コサインを求めるキーもついていない。こういう計算は、すべて四則演算に書き直してから計算するのである。このへんの事情は、実は、大型の電子計算機でも全く同じで、数学上の問題をいかにして四則演算で表わされた算術の問題に書き換えるかが重要なポイントになる。これについては、電子計算機の項でもう一度述べよう。

人間は考える葦であると言った哲学者で、キリスト教信者として信仰に生きたかのパスカルと、計算機の発明とがうまく結びつかない読者も多いことと思う。それで、ふつう次のような説明がなされている――

当時、パスカルの父は税務署長のような仕事をしていたが、重税反対の暴動が起こるような空気の途中で苦勞していた。当時十七歳のパスカルは、父とその部下の税務署員の技術的な苦勞を軽減することを思いたって、計算機の発明を志した。当時のフランスの貨幣単位は十進法ではなく、