# 「人工知能と人文知をつなぐ 15（＋α）の必読書
## ――なぜ AI 研究は人文学の問題になるのか」

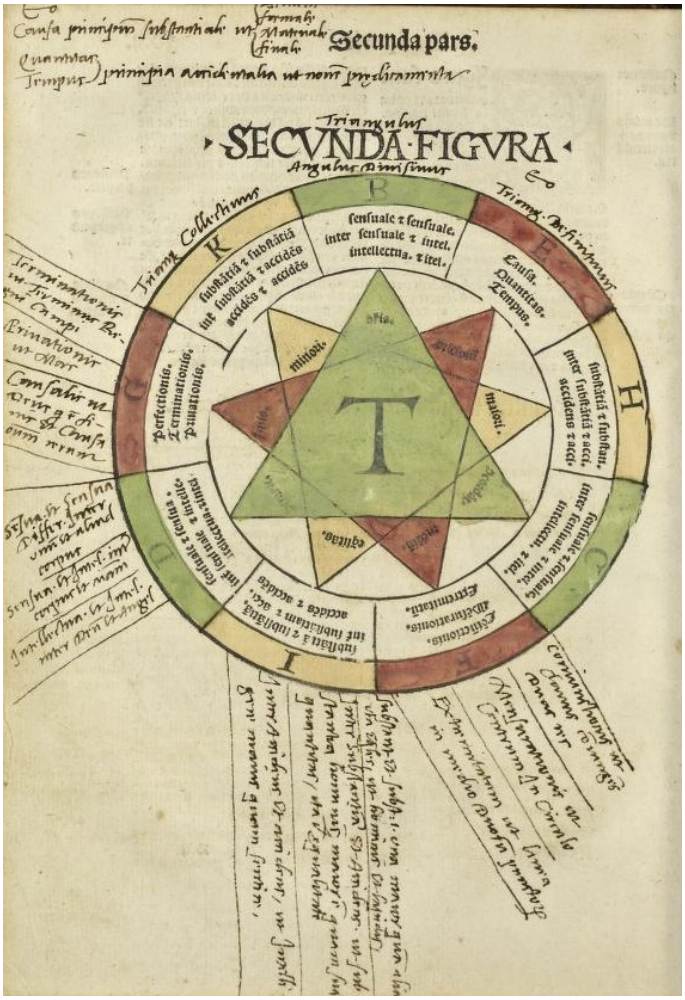
2019.11.20／ゲンロンカフェ

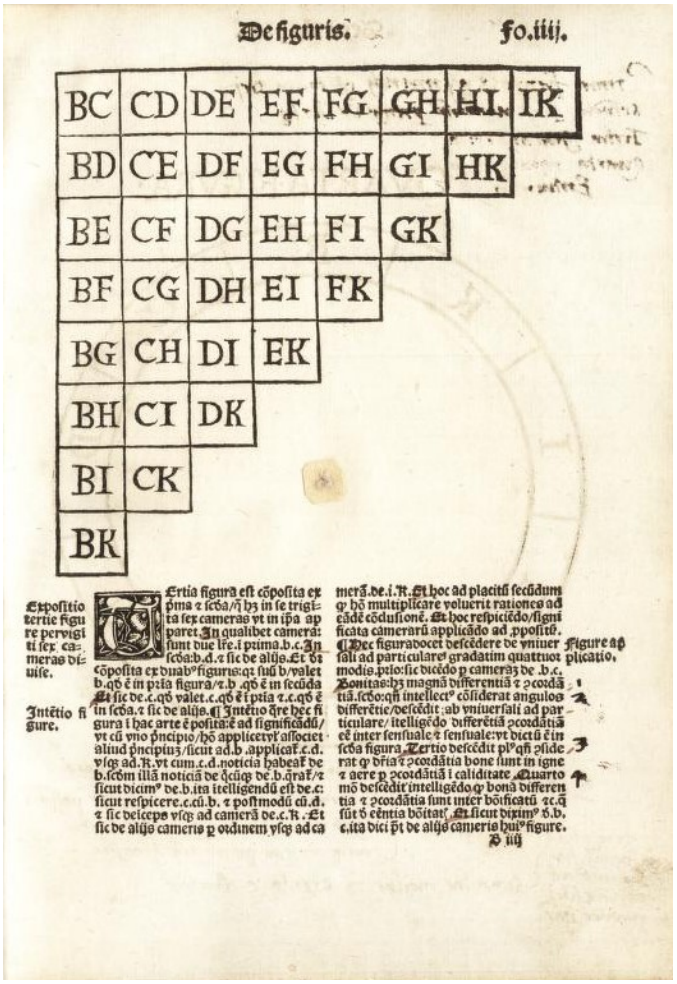
山本貴光＋吉川浩満

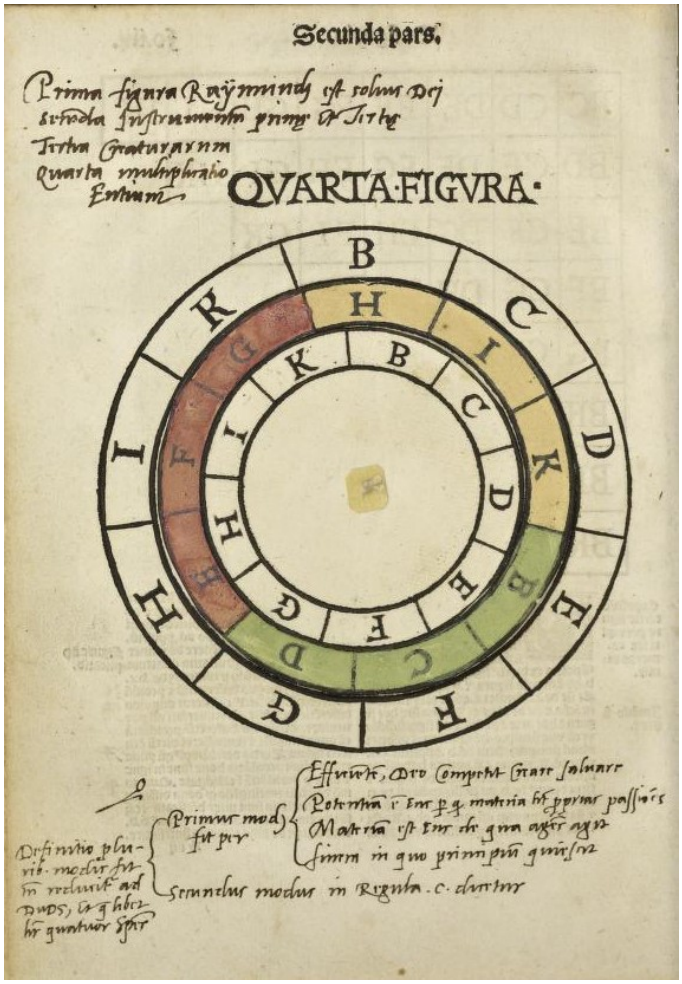
本文書は、ゲンロンカフェのイヴェント「人工知能と人文知をつなぐ 15（＋α）の必読書――なぜ AI 研究は人文学の問題になるのか」（2019 年 11 月 20 日）の配布資料です。

資料は大きく二つのパートから成ります。一つはこの引用集。もう一つは人工知能年表です。

★資料 A：ライムンドゥス・ルルス『大いなる術』（1305-08）
Raymundi Lull, Ars magna






ここに引用したのはカタルーニャ出身の思想家ライムンドゥス・ルルス（ラモン・ルル 1232c-1215c）による『大いなる術（ars magna）』（1305-1308）の 1517 年に刊行された版のページ。

前ページ左図中のアルファベットには、A（神）、B（善）、C（偉大）、D（永遠）、E（能力）、F（知恵）、G（量）、H（徳）、I（真理）、K（栄光）という意味が割り当てられている。

前ページ右図中のアルファベットには、B（差異）、C（一致）、D（対立）、E（発端）、F（中間）、G（終端）、H（多数）、H（同等）、I（小数）が割り当てられている。

本ページ左図は、アルファベットの組み合わせを示す表。

本ページ右図は、同心円を回転できる細工がなされており、三つの同心円を回転させることで文字の組み合わせを生み出す。

ルルスは、イスラム教徒を改宗させるための宣教活動に従事しており、この「大いなる術」でも、神学に関わる概念を扱っている。果たして、これで改宗させることができたかどうかは不明。

★資料Ｂ：ライプニッツ「普遍的記号法――その起源と価値」（執筆年代不明）
Gotffried Wilhelm Leibniz, Characteristica Universalis

「私は、死すべき人間のうちの誰かが今までに、❶それによればあらゆる事物に記号数を割り当てうるという真の根拠の洞察に至ったとは知らない。（略）ある卓越した人たちが以前にある種の言語ないし普遍的記号法を思いつき、それによってあらゆる概念と事物が見事に秩序づけられ、その助けによってさまざまな国々が自分たちの考えを伝えることができ、それぞれの国のものが他国で書かれたものを自分の言語で読むことができるようになったともいえるが、しかしながら、❷同時に発見術と判断術とを含む言語ないし記号法、すなわち、その表記ないし記号が、数論上の表記が数に関して、また代数学上の表記が抽象的に扱われる量に関して果たすのと同じ役割を果たすような言語ないし記号法を手がけようとしたものは誰もいなかった。

（略）

そのような研究により集中的に傾倒したとき、私は次のような素晴らしい考えにいやおうなく達したのである。その考えとはすなわち、❸何らかの人間の思想のアルファベットを案出することができ、そのアルファベットの文字の結合とその文字からできている言葉の分析によって、すべてのことを発見し判断することができる、というものである。

（略）

そこで、❹非常に多くの概念に対する記号数がいったん構成されれば、人類は、光学レンズが眼を補強する以上に精神の能力を増大させる新たな種類のオルガノンを持つことになるであろう。それは、理性が視覚に優るのと同じ様に、顕微鏡や望遠鏡に優るものとなろう。

（略）

人が他人を困惑させるために用いるのをつねとし、多くの人々に理性を行使しようという意志をなくさせてしまうあの厄介な反論が止むことになるであろう。つまり、誰かが議論をするときっと、その相手は彼の議論を吟味するかわりに、一般的に次のように返答するのである。君はどこから君の議論が私の議論よりも正しいということを知ったのか。君はどのような真理の基準を持っているのか。そこで初めの者がなおも自分の議論に訴えると、そのときには聞き手の方はその議論を吟味しようという忍耐を欠いてしまうのである。というのも、概して極めて多くのことがさらに探究されねばならず、それは、これまで受け入れられてきた正確に推論する規則に従えば数週間を要する仕事になるであろうからである。そうして、❺多くの激論のあと、たいていは理性よりは感情が勝利を収め、ゴルディウスの結び目を解きほどくよりはむしろ、引きちぎることによって論争を終えるのである。このようなことは主に生に関することの討議において起こる。そこでは何らかのことが決定されねばならないからである。しかし、好都合な要因や不都合な要因（これらはいずれもしばしば数が多い）を秤りにかけるようなぐあいに吟味できるのはごく小数の人にかぎられている。

（略）

❻しかし今や、われわれの記号法がすべてを数に還元することになり、そうして諸々の理由は、ある種の静力学によるように、計量されることさえ可能になる。というのも、与えられた状況のなかでいったい何がより起こりそうなことか、ということがつねに評価されうることになるので、蓋然性も計算と論証に委ねられることになるからである。」（小林道夫訳、『ライプニッツ著作集 第Ⅰ期第 10 巻 中国学・地質学・普遍学』、工作舎、2019 年新装版、pp. 280–287 から抜粋）

ライプニッツ（1646-1716）は、若い頃から百科全書の構想を抱いていた。そこには学術の知識だけでなく、生活や仕事の全域にかかわるにもかかわらず、文字で記録されていないような暗黙知のようなものや経験も含めたいという壮大な構想である。全知識を整理して人類が活用できるようにしたい、という野心だ。その裏には、神がつくったこの世界をよりよく知るというキリスト教の信仰に基づく発想もあったようだ（彼自身はルター派）。

ここに抜粋したのは、ライプニッツがもう一つ生涯考え続けた「普遍学（scientia generalis）」の構想に関するメモである。

❶❷❸を見ると分かるように、ライプニッツの狙いは、人間の思想についてアルファベットを案出して、その組み合わせによって、さまざまな概念を表現するだけでなく、新たに発見したり、妥当性を判断したりすることにあった。

例えば「人間は理性的動物である」という命題を構成する「人間」「理性的」「動物」という各概念に、６、３、２という記号数を割り当てる。すると、先の命題は「６＝３・２」という数式に対応させられる。この場合、「人間／６」という主語に「理性的動物／３・２」という述語が内在することが表される、という具合。これは上記引用の注 11 として、訳者の小林道夫氏が示した例（p. 288）。

概念をアルファベット化して組み合わせるという仕組みそのものは、前項で見たライムンドゥス・ルルスの結合術と似ている。ただし、ルルスの目的は異教徒の説得だったようだが、ライプニッツはいま述べたように、それに留まらず、まだ人類が発見していない知識の獲得なども視野に入れている。

また、❹以下は、その動機を示した部分でこれもまた興味深い。❹は、この普遍記号法が実現されたら、人類の役に立つという大きなメリットが記されている。内容は異なるが、インターネットによって知識の共有が以前とは段違いに進んだことを連想する（それぞれの知識の質については措くことにして）。

また、❺はさらに面白い。人間同士の論争は、感情が関わるし、ともすると自分の議論に有利な証拠ばかり選んだりする。この文章とは別の場所でライプニッツは、普遍記号法を使った論争法を想像していた。いま、記憶に頼って書くので、正確ではないかもしれず恐縮だが、あらましこんな話だったと思う。二人の人が、互いの考えを吟味しようとする場面。それでは、お互いの命題を計算にかけてみようかといって、普遍記号法に従った計算を施す。すると、おのずと真偽が判断されることになって、感情やら有利な証拠やらといったノイズに邪魔されずに真理を探究できる。つまり❺に描かれたような人間ならではの問題を回避できるというわけである。

これは後の人工知能の試みでいえば、エキスパートシステムの発想と重なる。エキスパートシステムは、特定の専門領域について、専門家が行うような知識に基づく判断を機械にやらせようという試みだった。ライプニッツは要するに、人類が持っている知識全体に関する汎用エキスパートシステムを構想していたと見なすこともできる。

ライプニッツに興味が出てきた人は、まずは酒井潔『ライプニッツ』（人と思想 191、清水書院、2008）をご覧になるとよいだろう。この万学の哲人の多岐にわたる関心を総覧させてくれる得がたい入門書である。もちろん、最近新装版として再刊された「ライプニッツ著作集 第Ⅰ期」（全 10 巻、工作舎）やその続篇である「ライプニッツ著作集 第Ⅱ期」（全 3 巻）をあちこち行き来しながら読むのもよい。

★資料Ｃ：アラン・チューリング「計算可能な数について、その決定問題への応用」（1936）
A. M. Turing, On Computable Numbers, with an Application to The Entscheidungsproblem

**「❶なんらかの実数の計算をしている人間を、機械になぞらえてみよう。❷その機械は、有限の数の状態 $q_1, q_2, \ldots, q_R$ だけをとることができる。これを「m−設定」と呼ぼう。❸この機械には「テープ」（紙のようなもの）が供給されており、これは機械のなかを通って動く。❹また、このテープは複数の部分（「マス目」と呼ばれる）に分けられていて、それぞれのマスには一つだけ「記号」を入れておけるようになっている。❺どの時点でも「機械の内部」にあるのは1マスだけで、そのマス目をr番目とすれば、そこにはϬ(r)という記号が入っている。❻このマス目を「読み取られたマス目」と呼ぼう。❼また、読み取られたマス目に入っている記号を「読み取られた記号」と呼ぼう。❽「読み取られた記号」は、言うなれば機械が「直に知っている」唯一のものだ。❾ただしm−設定を変えれば、機械はそれ以前に「見た」（読み取った）ことのある記号のいずれかを実際に思い出すこともできる。❿この機械が任意の時点でとりうる行動は、m−設定 $q_n$ と読み取られた記号Ϭ(r)によって決まる。この $q_n$ とϬ(r)のペアを「設定」と呼ぼう。つまり、このようにして設定によって機械のとる行動を決めるわけである。」（山本訳。番号と下線は山本による）**

チューリングはこの論文で、計算する人間を機械になぞらえている。ただし、計算する人間の全体を機械にたとえているわけではない。人間の行いの一部、計算に関わる部分だけを抽出して、それを機械に置き換えてみているわけである（だから例えば、人間なら計算するあいだにもするはずのまばたきとか、心臓の動きといったものは省略されている）。

これはいわゆる「チューリングマシン」と呼ばれる想像の装置の説明である。もしこのような装置があったとしたら、この装置で何ができるだろうか、という想像をしてみようというわけだ。ここでは省略しているが、引用したくだりの直後でチューリングは、この機械によって、テープに記号を記録したり、テープを動かしたりといった、機械の動きを説明している。

これはとても単純な機械に見えるが、私たちが現在使っているコンピュータの基本的なしくみは、チューリングマシンと同じである。ただ、チューリングマシンと違って、私たちのコンピュータはディスプレイ（画面）やタッチパネル、スピーカー、カメラといった各種の装置に接続されている。「テープ」（記憶媒体）に書き込まれた記号に応じて、これらの装置を制御できるようにしてあるのだと考えればよい。このとき、テープに記録されているのはプログラムとデータということになる。

ここで注目しておきたいのは、チューリングが機械の動作を描写する際、一種の擬人化を施しているところ。次の表現はその例。

・「直に知っている（directly aware）」（❽）
・「見た（seen）」「思い出す（remember）」（❾）

もしこれを擬人化せずに書くなら、「機械が直に知っている」は「機械の内部に位置している」、「機械は記号を思い出す」は「機械は記号を改めて内部に位置させる」となるだろうか。つまり、このチューリングマシンは、実際には機械の内部にテープの一部（１マス）を入れてそのマスに記録された記号を読み取るだけである（「読み取る」は scan の訳語）。なにかを知ったり見たり思い出したりするわけではない。挙動としては、あくまでもテー

プの一部を読み取るだけであることに注意しよう。

もちろん、チューリングは、引用箇所のはじめで、計算する人間を機械になぞらえてみよう（compare a man ... to a machine ...）と言っているのであり、機械に人間を投影しているのだから、上記のような擬人化をしてみせていることが問題だと言いたいわけではない。ただ、機械に計算する人間を投影しないで、機械の挙動そのものを見たままに記述する場合、上記のように生じているのは、機械がテープの一部を読み取るというだけのことである点に注目したかったのである。というのは、言葉による説明なしに、この機械が動いている様子を映像として見た場合のことを想像するとよい。その映像には、どこにも「知る」「見る」「思い出す」という行動は現れないはずだ。

実は、現在のコンピュータについても、同様の擬人的表現が使われている。記憶装置（memory）は、生物の記憶になぞらえられているが、そうした比喩を抜きに装置で行われていることを記述するなら「記録」で済むはず。データを読む／書く（read / write）と言うけれど、やはり装置の挙動でいえば、データを記憶装置から複製する／記憶装置の記録を変更するとでもなろうか。

これは善し悪しの問題ではない。どうも私たちは、チューリング（1912-1954）が機械を人間になぞらえようとしたのと同じように、現在でもそうと知ってか知らでか、言葉のうえでコンピュータを表しているようなのだ。「人工知能」はその最たるものの一つであろう。この点については、1920 年代末ごろ、アメリカの科学雑誌で機械を脳にたとえた例を検討している、杉本舞『「人工知能」前夜――コンピュータと脳は似ているか』（青土社、2018）をご覧あれ。

★資料 D：アラン・チューリング「1947 年 2 月 20 日におけるロンドン数学会での講演」（1947）
A. M. Turing, Lecture to the London Mathematical Society, February, 1947, a typescript in Turing Paper, the Modern Archive Centre, King's College, Cambridge.

「計算機は行うように命令された手順を実行することしかできないといわれてきた。これは、命令されたこと以外のことをしようとすると、計算機は何らかの誤りをおかすという意味ではたしかに正しい。また最初に計算機を製作する際の意図は、細部まで考え抜かれた仕事、つまり原理的に何が進行しているのかを機械の使用者が常に完全に理解している仕事のみを与えて、計算機を奴隷として扱うことだ、というのも確かである。今まで機械はこのようにしか使われてこなかった。しかし、いつもそのように使われるべきである必要はあるのだろうか？ ❶こんな機械を造ったと仮定してみよう。その機械には初期段階での命令表が備わっている。この命令表は、もっともな理由が生じた場合には、その命令表自体を変更できるように組み立てられている。しばらくの間作動した後、命令はすっかりわからないくらいに変更されているだろうが、それにもかかわらず、機械がそれまでどおり大変立派に計算をしていることを認める必要があるだろう。ひょっとすると、機械が最初に設定されたときに求められていた型の結果を、はるかに能率的な方法で得ているかもしれない。その場合、もとの命令が入力されたときには機械の進歩は予見されていなかったと認めなければならないだろう。❷この機械は、先生から多くを学ぶだけでなく、自分で勉強してさらに多くのことを加える生徒のようなものだ。こうなったとき、人は、この機械が知性を示したと認めざるを得ないだろうと思う。相当大きな記憶容量を用意できれば、すぐにこの方向での実験を始められるだろう。（略）❸我々が求めているのは、経験によって知識を身につけられる機械である。（略）私は機械に公正な態度が与えられねばならないといおう。❹機械がときに何も答えないどころか、ことによっては間違った答えを出すように調整することもできる。（略）❺もし機械に絶対誤らないよう求めるな

ら、その機械が知的であるということもありえない。」(『コンピュータ理論の起源 第 1 巻 チューリング』、伊藤和行編、佐野勝彦＋杉本舞訳・解説、近代科学社、2014、p. 106、ただし、一部訳文に手を加えた。特に下線部の訳文は原文から山本が訳し直している)

チューリングはここで、機械が知能を持つとはどういうことかを述べている。❶の設定がポイントだ。機械に対して人間が、「このように動け」という命令表（instruction tables）を与える。いまでいうプログラムだ。この命令表には、機械自体が必要に応じてその命令表を書き換えるように命令してある。自分で自分を動かしているプログラムを更新するわけである。

❷このような機械を、チューリングは先生からものを学ぶ生徒（a pupil who had larnt much from his master）になぞらえている。先生から教えられたことだけを学ぶのではなく、自分でも学ぶ生徒だ。そして、そのように動く機械は「知性を示した（the machine as showing intelligence)」と言わざるを得ないだろうと指摘している。現在「機械学習（machine learning)」と呼ばれる仕組みを提案しているわけである。チューリングも「learn」という言葉を使っている。ここでは「知識を身につける」と訳している。これも擬人化である。

もう一つ見逃してはならないのは、チューリングが「経験（experience)」を重視している点だ。❸で「我々が求めているのは、経験によって知識を身につけられる機械だ（What we want is a machine that can learn from experience)」と述べている。彼はこの機械に公平であれという。人間の数学者は、いろいろな試行錯誤や失敗の経験を通じてものを学んでいる。人は機械に絶対無謬を求めがちだが、それは不公平だとチューリングは言っている。言い換えれば、機械だって人間の数学者と同じように、試行錯誤や失敗の経験を積むからこそ、ものを学べると言いたいわけである。

面白いことに、間違えることも含めた経験をするからこそ、知的であるというのがチューリングの見方なのだ。これはチェスなどのゲームで考えてみると、もう少し分かりやすくなるかもしれない。チェスを始めたばかりの人は、プレイを繰り返しながら、何度も負けるだろう。負けはたくさんのことを教えてくれる。なぜ自分は負けたのか。どこでしくじったのか。どの手がまずかったのか。その手はなぜまずかったのか。そこでどうすべきだったか。ゲームにおける失敗は、プレイヤーにものを考え、ありえたかもしれない可能性を浮かび上がらせてくれる。そして、なぜ失敗であったかを認識できたとき、次から同じ失敗をする可能性を減らすことができる（絶対ではない)。なぜなら、そのことを記憶するからである。ものを学ぶには経験が必要であるというとき、明示されていないとしても、経験を記憶することが必要である、という意味がある。

そういえば、最近 nature communications に発表された論文（下記）によると、機械学習で実験をした結果、コンピュータが 15 パーセントの頻度で間違えるような課題を設定したとき、そのコンピュータは最も効率的に学習するという結果が得られたのだとか。

Robert C. Wilson, Amitai Shenhav, Mark Straccia & Kpmatjam D. Cohen, “The Eighy Five Percent Rule for optimal learning,” nature communications 10, Article number: 4646 (219)
https://www.nature.com/articles/s41467-019-12552-4

★資料 E：アラン・チューリング「知能機械」(1948)

A. M. Turing, Intelligent Machinery, report written by Turing for the National Physical Laboratory, 1948 in Turing

Paper, the Modern Archie Centre, King's College, Cambridge.

「❶「考える機械」を製作するという仕事に取りかかる方法の一つは、人間を一つの全体として見て、そのあらゆる部分を機械で置き換えようとすることだろう。彼は、ある種の「電子頭脳」と同様に、テレビカメラ、マイクロフォン、車輪、そして「操作用サーボ機構」からなるだろう。これはもちろん途方もない企てであるはずだ。もし現在の技術で作るのならば、たとえ「脳」の部分が固定され、それが離れた場所から身体を制御するとしても、その物体は巨大なものになろう。❷機械には自分で物事を見いだす機会があるべきなので田舎を歩き回ることが許されるべきだが、一般市民への危険性は深刻なものになる。そのうえ、上述の便宜がはかられたとしても、この生き物は食べ物、性、スポーツ、その他の人間の興味の対象となる多くのものとは何の接触ももたない。それゆえ、多分この方法が考える機械を製作する確実な方法ではあるが、手間がかかりすぎる実行不可能なものに思える。

❸代わりに、身体が事実上なく、視覚・発話・聴覚という器官が与えられた「脳」に何ができるのかを見てみよう。すると、機械がその能力を行使するために適した思考の領域を探すという問題に直面する。以下の領域には利点があると思われる。

（ｉ）様々なゲーム、たとえばチェス、三目並べ、ブリッジ、ポーカー
（ii）言語の習得
（iii）言語の翻訳
（iv）暗号解読
（v）数学

（ｉ）と（iv）、そして程度は落ちるが（iii）と（ｖ）は、外界との接触をほとんど必要としないという点でよい。たとえば、機械がチェスをすることができるためには、器官としては、特別製の盤面の上における様々な位置が区別できる「目」と、機械自身の指し手を知らせる手段が必要であるにすぎない。数学は、図がそれほど用いられない部門にむしろ制限されるべきだろう。❹上の可能な領域の中では、言語の習得は最も印象深いものだろう。というのは、これらの活動の中で最も人間的だからである。しかしながら、この領域は、実現可能である感覚器官と運動能力にむしろ頼りすぎているように思える。

暗号解読という領域はおそらく最も価値のあるものだろう。物理学者の問題と暗号学者の問題とは非常によく似ている。メッセージを暗号化するシステムは宇宙の法則に対応し、傍受されたメッセージは利用可能な証拠に対応し、ある日付やあるメッセージのための鍵は決定すべき重要な定数に対応する。この対応はとても緊密だが、暗号解読の主な問題が離散的な機械で非常に容易に扱われるのに対し、物理学の問題はそう簡単ではない。」（『コンピュータ理論の起源 第１巻 チューリング』、伊藤和行編、佐野勝彦＋杉本舞訳・解説、近代科学社、2014、pp. 132-133）

チューリングが、いよいよ具体的に知能をもった機械について述べたくだりである。❶にあるように、チューリングの構想では、人間をお手本として、人間のように振る舞う機械が念頭に置かれていることに気をつけよう。ここでついでながら言えば、このような観点から見て人工知能という場合にも、大きく２種類がある。一つは、チューリングのように人間のような機械を目指すという人工知能。もう一つは、人間をお手本にするかもしれないが、知能と呼べるようななんらかの動作をする独自のマシンをつくるという人工知能。例えば、現在盛んに活用されているディープラーニング（深層学習）はその例である。もとは人間の神経細胞を数理モデル化したニューロンやパーセプトロンといった回路の発想から出発して、現在では人間の脳とは別の仕組みとしてニューラルネットワークがつくられている。

さて、チューリングに話を戻そう。彼は、人間のように振るまい、考える機械を考えている。そして、機械が知性を持つためには、経験が必要であるとは一つ前の引用でも確認した通り。さらに言えば、失敗の経験も必要だとチューリングは考えていた。そこで❷にあるように、この機械は田舎を歩き回る必要があると言っている。経験させるというわけだ。もっといえば、本当は田舎に限定したくないだろう。都会も経験したいところだと思う。ただ、図体が大きくて大変なので、空間にゆとりのある田舎が選ばれているのではないかと、これは私の推測。

チューリングの時代の技術では、そのような機械をつくることはまだ夢物語だった。現在は、人間に近い大きさで歩き回れるロボットもつくられつつある。自動運転自動車も、そうしたロボットの一形態と考えてよいだろう。これらのロボットは、自ら動き回って環境から「学習」（データ収集）をしている。

チューリングは歩き回るロボットを断念せざるを得なかったが、面白いことに彼は、ならばといって、問題を制限してみせる。歩き回れないなら、脳だけでできることはないか。といって、五つの課題を掲げている。これらはいずれもその後、それぞれ発展を遂げて、実用レヴェルになっているものもある。

興味深いのは、チューリングが鋭くも適切に、言語習得の難しさを指摘しているところだ。この五つに挙げてはみたものの、言語は、世界のなかを動き回ったり、他の人とやりとりしたり、といった経験を通じて習得されるものだ。脳だけでなんとかするのは難しいという見立てだと思われる。

ここで引用した箇所のあとで、チューリングはさらに「機械の教育」についても考えを述べている。「工場から直送された機械に、大学を卒業した人と同じ条件で肩を並べるのを期待するのはまったく不公平だろう。彼は 20 年以上人間と接してきている。その期間を通じて、この接触が彼の行動様式を変更し続けてきた。彼の教師は行動様式を意図的に変更しようとしてきた。期間の終わりには、多数の標準的手順が彼の脳の本来の様式の上に重ねられているだろ。この手順は全体として共同体に知られているはずのものだ。」（前掲同書、p. 133）云々と、やはり機械と人間を対比している。ここでも重視されているのは、人間の経験だ。他人と交わりながら、共同体で共通の手順を学んでいるというわけである。

★資料 F：エドワード・ファイゲンバウム「計算知能に関わるいくつかの課題と大きな課題」(2003)
Edward A. Feigenbaum, “Some Challenges and Grand Challenges for Computational Intelligence,” *Journal of the ACM,* Vol. 50, No. 1, Jannuary 2003, pp. 32-40. [ACM: Association for Computing Machinery]

**「科学者が「インテリジェンス」や「インテリジェント」という言葉を使う場合、人間の認知行動、つまり「人がものを考える（people thinking）」行動をたくさん集めたものを指している。生命科学者が動物のインテリジェンスという場合、動物がとれる（あるいはとれない）ような人間の行動群を思い浮かべさせようとしている。コンピュータ科学者が「人工知能（artificial intelligence）」や「機械知能（machine intelligence）」や「知能エージェント（intelligent agents）」、あるいは（私がこのエッセイのタイトルに冠したように）「計算知能（computational intelligence／コンピュータによる知能）」について語る場合も、やはり人間の行動群を引き合いにしている。そもそも「インテリジェンス」とは「人がものを考える（people thinking）」という意味だ。だが、それと同じ〔人間の〕行動群を模写して計算（computation）にも使える。例えば、現代の認知心理学の一分野では、人間の心と脳は複雑な計算の「エンジン」であるというモデルを土台としている。つまり他ならぬ私たち自身が計算知能の例というわけである。」（山本訳）**