



人工知能の現状と将来動向 (1) 人工知能とは何か



松田宏コンサルティング事務所
代表 松田 宏



＝はじめに＝

最近、人工知能 (Artificial Intelligence: AI) に関する話題をよく聞く。実は人工知能にはさまざまな定義があり、対立する概念や学説が入り乱れた一種の混乱状態にある。ここでは水掛け論のドロ沼を回避し、コンピューターで人間のような知能を実現する技術という単純なイメージで話を始めたい。

人工知能は過去にもブームになったことが二度あり、今回は第三次の人工知能ブームと呼ばれている。コンピューターの性能向上と大量データの高速検索技術、大脳のニューロンをモデル化した深層学習機能により実用化が進んでいることが特徴である。

人工知能によって未来は素晴らしい世の中になる、と期待する楽観的な人がいる一方、仕事を奪われ失業する人がたくさん出るのではないかと、SF映画のように人類に反逆することはないかと懸念する人もいる。私は第二次ブーム期に短期間だが人工知能関連のプロジェクトに参加したことがあり、今や当時の限界が打破されつつある状況が何とも心地良い。

本連載ではそんな体験談も交えながら、人工知能とは何か、またその歴史と現状、将来動向について次の5回に分けてご紹介する予定である。例のごとく学術的ではなく、興味を持って楽しんでいただけ

る気軽な読物を心掛けていきたい。

- (1) 人工知能とは何か
- (2) 人工知能の歴史と問題点
- (3) 人工知能を支える理論と関連技術
- (4) 人工知能は何をどこまでできるのか
- (5) 人工知能は人間を超えるか

目次

- ▷はじめに
- ▷人工知能が名人に勝った
- ▷知能と知識は違うのか
- ▷数に関する能力
- ▷賢さ (知恵) とは
- ▷知能指数 (IQ)
- ▷人工知能と鉄腕アトム
- ▷研究アプローチと判定方法

＝人工知能が名人に勝った＝

人工知能とは何かという話の最初に、人間とコンピューターの知恵比への最新状況をご紹介します。チェスと囲碁と将棋の世界の出来事である。

進歩が速いので日進月歩ならぬ分進秒歩といわれる情報技術 (Information Technology: IT) の世界では既に大昔だが、1997年にチェスの世界名人が

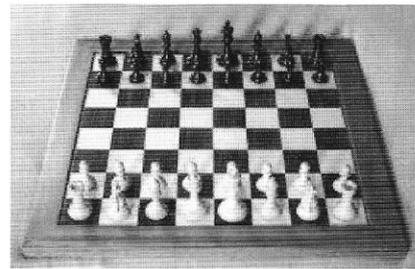
コンピューターに負け話題を呼んだ。コンピューターにチェスの相手をさせる試みは古くから行われていたが、性能が低く、ソフトウェア技術も初歩的で、人間にはとてもかなわない時代が長く続いた。熟練した人間の頭脳はなかなかの優れものなのである。

1949年に、情報理論の父といわれ「シャノンの定理」で有名なベル研究所の電気工学者、数学者のクロード・シャノン（Claude Elwood Shannon）が「チェスをするコンピューターのプログラミング」という研究論文を発表した。その中では評価関数や探索木（検索のための木構造をしたデータ構造）などの理論的背景に関する考察が初めて行われた。

1951年にはイギリスの若き天才数学者、アラン・チューリング（Alan Mathieson Turing）がチェスの解析アルゴリズムを考案し、机上シミュレーションによる試合を行った。彼は機械による計算可能性理論に貢献し、そのモデルは「チューリング・マシン」と呼ばれている。彼は、第二次戦時中にドイツの暗号エニグマ（Enigma）を解読する極秘プロジェクトに貢献した人物だったが、アスペルガー症候群による奇行があり、当時は違法であった同性愛の嫌疑で逮捕され、その治療中に服毒自殺してしまった。

2009年になって多くの人々が彼の名誉回復を求める署名運動を起し、紆余曲折の末、2013年にイギリス政府は彼の恩赦を行い、キャメロン首相（当時）が彼の業績をたたえる声明を発表した。戦後50年間も秘密にされていたエニグマ暗号解読プロジェクトの全貌が公開され、彼の功績が広く知られるようになったことが背景にあった。彼の伝記は2014年に「イミテーション・ゲーム エニグマと天才数学者の秘密」として映画化され、第87回アカデミー賞を受賞した。世界初のコンピューターは

アメリカのENIACではなく、彼が考案した暗号名「Bombe」という電気・機械式の暗号解読マシンだったことをイギリス政府は50年間も厳重な秘密にしていたのだ。



チェスボード（写真：Wikipedia）

経緯は省略するが、1970年代にはコンピューターどうしのチェスの試合が行われるようになった。

1984年には当時最速のスーパーコンピューター「クレイ（CRAY：発明者名で企業名）」のコンピューターで動作する「クレイ・ブリッツ（CRAY BLITZ：ドイツ語で「雷光」の意）が、1988年には大学の研究室で生まれたチェス専用のスーパーコンピューター「ディープ・ソート（Deep Thought）」が優勝した。そして、ディープ・ソートの研究成果を引き継いだ大手コンピューター会社、IBM社が開発した「ディープ・ブルー（Deep Blue）」が当時のチェスの世界名人カスパロフに勝負を挑んだのだ。

このときはIBM社製の汎用コンピューターにチェス専用の超大規模集積回路（VLSI）のチップを512個追加したものが使われ、プログラムはC言語で書かれ、1秒間に2億手の先読みをすることができた。

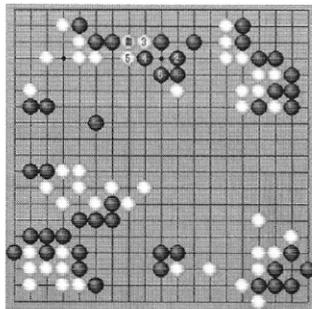
1996年に行われた1回目の対戦では、カスパロフが3勝1敗2引分けでディープ・ブルーに勝利したが、1997年に行われた2回目の対戦では、カスパロフが1勝3敗2引き分けで敗北した。背景には、コンピューターの計算能力向上以外に、過去の対戦記録のデータを効率良く検索する技術、より知的な

問題解決能力（計算論理：アルゴリズム）の開発があった。

当時は、チェスよりもはるかに複雑な囲碁や将棋では組合せの数が天文学的になるので、いくらコンピューターの性能向上が速くても名人に勝てるようになるのはかなり遠い将来だろう、というのが専門家達の予測であった。コンピューターの性能向上の速さは18か月（1年半）～24か月（2年）で2倍という驚異的なものではあったのだが・・・。

2016年になって、かつての専門家達の予測を覆す出来事が続いた。科学技術史には専門家達の予測の大外れが多数あるが、残念ながら（喜ぶべきことに）囲碁と将棋についての予測も大外れだったのだ。

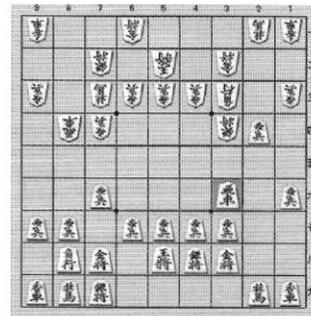
まず2016年3月に、Googleが開発した人工知能AlphaGoが韓国のプロ囲碁棋士、イ・セドル（李世石）に4勝1敗で勝利した。



囲碁の盤面（写真：日本棋院）

次いで、将棋システムPONANZAが、インターネット企業ドワンゴ社主催の2016年4月～5月の第一期電王戦で叡王戦覇者の山崎隆之八段に5連勝した。この結果を受け、これまで公の場でコンピューターと対局することの無かった羽生善治王座（名人・王位・棋聖）が将棋ソフトと対決する可能性が出てきた。電王戦の出場棋士を決める叡王戦に参戦したからだ。トーナメントを勝ち抜けば、2017年春の第2期電王戦で将棋ソフトの代表と戦うことに

なる。羽生王座は以前、コンピューターとの対戦では人が思いつかないような新手や新戦術が出て来ることがあるのでは、と話していたという。名人が人工知能システムから新しい手を学ぶ時代になったのである。



将棋の盤面（写真：日本棋院）

＝知能と知識は違うのか＝

人工知能とは何かについてはさまざまな定義があるが、簡単にいえば人間の知能と心の現象をコンピューター上で実現しようとするものである。それでは知能とは何だろうか。知識とは違うのか、あの人は頭がいいというのはどこに着目しているのだろうか。身近なことから考えてみたい。

いろいろなことを良く知っている人は、頭が良いといわれる。確かに何かを記憶し、それを覚えていて必要な時に思い出せるのは知能の働きである。しかし、物知りだからといって必ずしも知能が高い訳ではないことがある。自閉症その他の知的障害を持つ子供が特定の事柄について強い関心を持ち、驚くべき記憶力を発揮することがあるのだ。全国の鉄道の駅名をすらすら言えたり、ポケモン（ポケットモンスター）の怪獣キャラクターを完璧に言えたりする。親はわが子を天才児かと錯覚する程である。

放浪の画家として知られる山下清氏（1922年～1971年）は軽い言語障害と知的障害があって学校の勉強についていけず、知的障害児施設（当時）に

預けられた。その施設で「ちぎり紙細工」に出会って才能を花開かせたが、それ以外では社会人として自立はできなかった。彼はときどき施設を抜け出して全国を放浪する旅に出て、その中で見た光景を精緻に記憶した。そして相当な日数が経って施設に戻ってから、その光景を驚くほど忠実に貼り絵に再現して多くの人々を感動させ、称賛されたのである。知能とは、物事を理解したり自分がもっている知識と比較・対照し、推定したりする能力であり、知識そのものではないという考え方が主流だ。

あまり努力しなくても物事をどんどん覚えられる人がいる一方、何度繰り返しても覚えられない人もいる。しかし、記憶する努力を長く続けていけば記憶力は向上する。また、既存の知識は新たな記憶を助けるので、知識の多い人は新しいことを覚えるのが容易だという利点もある。だから、知識が豊富なのは努力の結果である場合が少なくない。ある政治家は、選挙区の支援者など2万人近い人の名前を覚えていたという。優れた記憶力の持ち主が大変な努力を続けた結果だろう。

世の中には「記憶術」なるものがある。歴史の勉強で年号を覚えるコツとして、単純な数字としてではなく何か意味のある言葉にするという方法がある。たとえば鎌倉幕府が成立したのが1192年というのを「いい国作ろう」と覚えるような方法である。

人の記憶は最初に「短期記憶」として取り込まれるが、「忘却曲線」と呼ばれる右肩下がりの曲線でどんどん失われる。それを忘れないうちにもう一度記憶しなおすことにより「長期記憶」として固定され、長く覚えていることができる。学校の授業で習ったことを帰宅してから復習しなさい、というのはこうした理由からである。熱心に勉強する子としない

子で成績が違うのは、記憶力の良し悪しだけではなく、学習の習慣や努力にも大きく依存している。

また、記憶には意味の無いものを丸暗記する単純記憶と、既に持っている知識と関連づけてたり何かの出来事と結びつけたりして意味のあるものとして覚えるイメージ記憶（あるいはエピソード記憶）がある。子供は単純記憶が得意だが、大人になるとその能力は低下する。その代わりに、大人は過去に蓄積した知識や経験が豊富なので、それらとの関連によるエピソード記憶が得意になるのである。

コンピューターの入出力装置や記憶装置は機械なので記憶力は完璧であり、故障さえしなければ半永久的に大量のデータを保管できる。しかし、それらのデータから法則性を見出すには、人間がプログラムによって統計や分析の処理を指示しなければならない。また、関連データを検索する場合も、分類コードを付けなければ、同じかどうか(=)や大小関係(<、>)しか認識できない。従来型コンピューターシステムと人工知能はそこが違うのだ。

＝数に関する能力＝

頭が良い、知能が高いというもうひとつの要素は数に関する能力である。暗算でも筆算でも、難しい計算が速く正確にできる人は知能が高いし、計算式を組み立てるのも知能の高さによるものだ。

小学校の算数では数を数え、足したり引いたり、掛けたり割ったりする計算（加減乗除）や分数の計算などを学ぶ。それらのうち、計算の部分は知能の無い（＝人工知能ではない）従来型コンピューターでも人間の何万倍の速度で難なくやっつけてのける。しかし、従来型コンピューターでは文章問題を読んで内容を理解し、どのような計算をすれば良いかを考

えて計算式を立てることはできない。だから、人間がプログラムを作って具体的な計算方法を教えてやらなければならないが、電卓で十分な場合もある。

中学生や高校生になればもっと難しい数学を習う。方程式や連立方程式、因数分解、三角関数、複素数、ベクトル、対数、微積分など、単なる計算以外の要素が多くなるからだ。もっとも普通の大人が三角関数や対数、微積分を理解しているかというところ少々疑問がある。人工知能を人間の知能と比べると簡単にいうが、実際にはかなり難しいことなのだ。

ちなみに、かけ算や割り算にはかけ算九九の暗証が必須であるように、数的能力の基盤には記憶しておくべき知識があることを忘れてはいけない。インドでは子供に 19×19 までの「かけ算十九・十九」を暗唱させるそうだ。ICAOの会議でお会いしたインド航空局の方によれば、計算式と答が文章になったものを呪文のように唱えながら憶えるとのこと。日本の「さきん が きゅう ($3 \times 3 = 9$)」同じらしい。

足し算や引き算でも基本的な知識が必要である。 $1+2=3$ 、 $3+4=7$ という1桁の計算結果を覚えているからこそ、 $13+24=37$ という桁上がりのない2桁の足し算がすぐにできるのだ。つまり、知っていれば機械的にできる足し算や引き算も、基礎的なことを知らなければ毎回、指を折って数えなければならず、時間がかかって大変だし、間違いも多くなる。

＝賢さ(知恵)とは＝

それでは「賢さ」とはどういうことなのだろう。一般には、物事や状況を的確に理解し、起こり得る状況を的確に予測して危険を回避したり、問題を解決する最適な方法を思いついたりする「知恵」があ

ることを指しているようである。

一休和尚(一休宗純。生没年不詳だが15世紀の人)が子供の頃に次々に知恵を出して人々を驚かせたという「一休さんのとんち話」が有名である。「頓智(とんち)」とは「機智」と同じ意味で、その場の状況に応じて即座に出てくる臨機応変の知恵のことである。ちなみに「とんぷく(頓服)薬」とは、毎食後30分というように定期的に服用するのではなく、症状に応じて随時服用する薬のことである。

昔、泉から水が湧きだすように次々に独創的な作戦を考え出して「智謀湧くがごとし(智謀如湧)」と称賛された海軍軍人がいた。司馬遼太郎の「坂の上の雲」に出て来る秋山真之で、日露戦争で東郷平八郎の作戦参謀を務めた人である。彼は海外への留学経験もあり見聞の広い人だったが、彼と同じ教育を受け、同じ経験をした優秀な人はたくさんいたはずなのに何かが違うのだ。もちろん同僚の何倍も努力したのだろうが、知恵というのは努力だけでは出てこない。彼についてはいろいろな研究論文や論評が出ている。小説は史実ではないので、実像を知りたい方は研究して見ていただきたい。

一説によれば、アイデアが出ないと苦しむのは、発想や連想のネタ(リソース)になる知識が少なすぎるのだという。古い本だが、上智大学の渡辺昇一教授が書かれた「発想法 リソースフル人間のすすめ」(講談社現代新書)に、「一本の井戸から水をくみ上げすぎると枯れてしまう。自分の中に『汲めども尽きぬ知恵の泉(井戸)』を維持しなければならない。それには、①自分の内なる井戸を深く掘り、②井戸を何本も持つことだ」と書いてあった。一理あると思う。そして、日本語しか読めない文学者に創作活動に行き詰った人が少なくないのに、夏

目漱石や森鷗外のように外国語が読め、海外経験のある人達が職業生活の余暇に次々と優れた文学作品を出し続けることができたのは、井戸の数の違いだという。もっとも、彼らは幕末の生まれで、漢学という巨大な井戸の持ち主でもあったのだが……。

そういえば、大阪船場の伝統的な商家の三姉妹の人生模様を描いた長編小説「細雪（ささめゆき）」など、多数の作品を書いた谷崎潤一郎は東京出身であった。その彼が大阪に移り住んで異質の文化に接したことが創作意欲を刺激したと言われている。彼が「文豪」とか「大谷崎」と呼ばれた理由のひとつが大阪船場という伝統文化の深い井戸だったのだ。

知恵（ちえ）という言葉調べてみた。智慧とも書く。ギリシャ語では $\phi\rho\acute{o}\nu\eta\sigma\iota\varsigma$ （プロネーシス。 $\phi\rho\acute{o}\nu\eta$ は「考える」の意）、ラテン語では *sapientia*（サピエンシア）という。ヒト（人間）の学名はホモサピエンス（*homo sapiens*：知恵のある人）だが、類人猿や原人と比べて知能が高いことからの命名である。英語では *wisdom* である。説明には「道理を判断し処理していく心の働き。筋道を立て、計画し、正しく処理していく能力」とある。

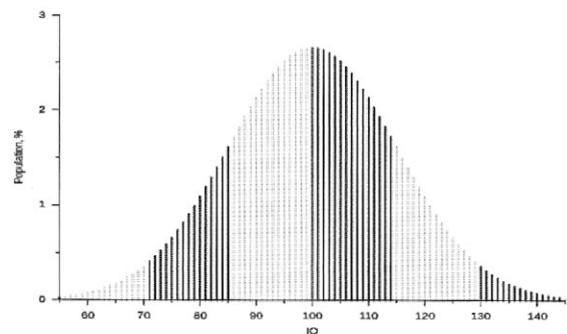
＝知能指数（IQ）＝

知能指数（Intelligent Quotient：IQ）とは、知能検査によって知能を測定した結果を表現する方法のひとつで、知的発達状況を判断する目安である。

指数の算出方法は2種類に大別され、従来は「生活年齢と精神（知能）年齢の比率」を基準にする方法が主流だったが、近年は「同年齢の集団内での位置」から算出する方法に変わりつつある。

知能検査の方法には各種あるが、成人知能検査と児童向け知能検査に大別できる。一般的には中央値

100、標準偏差 15 の正規分布の形で表される。つまり、85～115 の範囲（ $\pm 1\sigma$ ）に全体の約 68% が、70～130 の範囲（ $\pm 2\sigma$ ）に全体の 95% が入る分布である。



知能指数の分布（正規分布）（出典：Wikipedia）

なお、知能を構成する因子については諸説がある。一般能力と特殊能力の2つの因子があるとする説（スピアマン）、文章完成テスト、算数テスト、語彙テスト、指図テストの4つの因子があるという説（ソーンダイク）、9つの因子があるとする説（サーズトン）、180の因子があるとする説（ギルフォード）などである。なお、ギルフォードは現在わが国で標準的に使用されている「矢田部ギルフォード性格検査（YG性格検査）」の原型を考案した人である。

近年になって、知能は言語的知能、論理数学的知能、空間的知能、音楽的知能、運動的知能、社会的知能、実存的知能などによる多重構造だという説（ガードナー）も提唱されているが、批判もある。

また、スピアマンが提唱した一般知能、つまり言語的知能、数学的知能、空間的知能は、主に頭脳の前頭前野を使うという意味で共通性があるが、音楽や運動に熟練した状態では前頭葉が使われないので後者は「知能」とは異質だとする考えもある。人間の知能については諸説あり、まだわからないことが少なくない状況なので、本当の意味での人工知能

の実現は前途遼遠であることが明らかである。

余談だが、旧国立情報学研究所（現大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構）は、2013年から人工知能に東京大学の入試問題を解かせる試みを続けており、2016年には合格レベルに達したという。人工知能は着々と賢くなってきているのである。

＝人工知能と鉄腕アトム＝

江戸時代の日本ではさまざまな「からくり人形」が作られた。戦国時代に西洋から輸入された機械時計を参考に日本独自の発展を遂げたロボットだ。

茶運び人形は、お茶をいれた茶碗を人形が持つ茶托に載せると進み初めて客のところまで運び、客が茶碗を取ると停止する。客が茶を飲み終わって空になった茶碗を茶托に戻すと、くると向きを変えて元の場所に戻ってくる。他にも、弓を持って矢を放つ弓曳人形、お習字をする文字書き人形、人が近づくと機械仕掛けの獅子舞が始まり、硬貨を投入して種類を選ぶと神楽に合わせて獅子が舞いながらお御籤（おみくじ）を届けてくれる「からくりみくじ」などがある。いずれもゼンマイ、歯車、カム、テンプなどによってあらかじめ決められた動作を順番に実行するだけのもので、知能的な機械ではない。



茶運び人形（国立科学博物館所蔵の復元品）
（出典：Wikipedia）

「鉄人28号」は、1950年代から1960年代にかけて発表された横山光輝氏の漫画作品に登場する巨大ロボットである。ラジオドラマ、特撮テレビドラマ、テレビアニメ、特撮映画なども作られた。

太平洋戦争末期に陸軍が秘密兵器として開発していたものが戦後に現れたという設定で、この鉄人を自由に操れる小型操縦器（リモコン）を巡って悪漢や犯罪組織、外国のスパイ団が入り乱れて争奪戦を演じる。それに巻き込まれた少年探偵の金田正太郎がこれを手に入れ、次々に現れる犯罪者や怪ロボットと戦って平和を守るというものだ。

鉄人28号はリモコン操作で動くので、リモコンを悪者に奪われると彼らの意のままに悪事を働いてしまう、知能のない「空っぽ頭」だったのだ。

「鉄腕アトム」は、手塚治虫氏が1950年代から1960年代にかけて発表したSF漫画に主役として登場する小学生の男の子を模したロボットである。テレビアニメ、特撮テレビ番組も多数つくられ、1981年には出版された本の累計が1億冊を突破した。

アトムは、小学生の息子を交通事故で亡くした天才学者の天馬博士が開発した、知能と感情、10万馬力のパワーを持つ少年ロボットである。

ロボットなので成長しないアトムに失望した天馬博士にサーカスに売られたが、その可能性に着目した御茶ノ水博士に引き取られた。そして情操教育のためロボットの家族が与えられ、人間の小学校に通い、友達とも仲良くなる。

アトムはまじめで正義感が強く、やさしい心を持つが、ロボットである自分に苦悩し、葛藤することも多かった。また、自分が芸術や自然に対する感動などの複雑な感情がないことに劣等感を持ち、お茶の水博士に「心（人工心臓）」を付けてもらうが、

後に両親をさらった敵との闘いで恐怖から手も足も出せない状態を体験し、取り外してもらった。

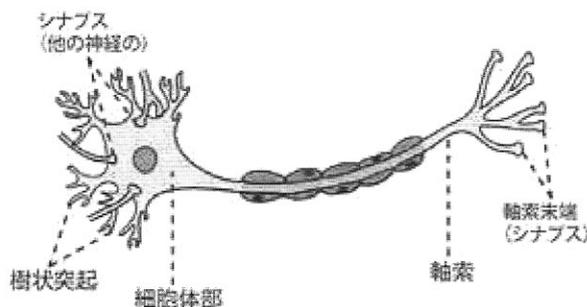
鉄腕アトムはロボットの知性や感情、人間とロボットの敵対や協調、倫理性について深い洞察を与えた重要な作品だ。人工知能学会監修の入門書「人工知能とは」の表紙は鉄腕アトムの絵なのである。



左：鉄人 28 号のモニュメント（出典：Wikipedia）
右：人工知能学会監修の入門書（同：Amazon.com）

＝研究アプローチと判定方法＝

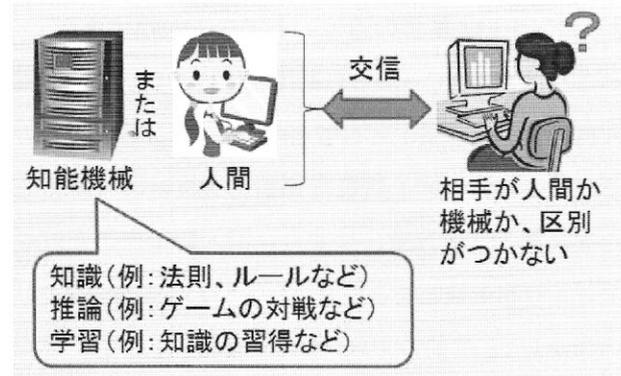
人工知能研究のアプローチには、人間の知能そのものを持つ機械を作るというのと、人間の知能と同じことを機械にさせる、という二つの立場がある。前者は、脳の構造や脳細胞の働きを研究して人間の知能のメカニズムを明らかにするアプローチである。人間の脳は数百億個の脳神経細胞(ニューロン)と神経線維(シナプス)による巨大ネットワークで、まだ分からないことが多い。



ニューロン（脳神経細胞）（出典：Google Images）

後者は、コンピューターによって知識や推論、学習など人間と同じような知能を実現しようとするアプローチである。現在行われている人工知能研究の大部分は後者の立場によるものである。

ある情報機械が人工知能かどうか、つまり人間の知能と同じレベルにあるかどうかを判定する簡単なテスト方法を、あのアラン・チューリングが提案していた。テレタイプ（今なら電子メール）で離れた所から交信した人が、相手が知能機械なのか人間なのか区別がつかなかったら合格というもので、チューリング・テストと呼ばれている。最新の人工知能なら楽々このテストに合格するだろう。



チューリング・テスト（資料：松田）

（続く）