

特集 ■ 人・社会のモデル化の最前線

人間の知能をコンピュータ上に再現する



松原 仁

Matsubara Hitoshi

公立ほこだて未来大学

1. はじめに

人工知能はコンピュータ上に人間の知能を再現することを目指している。人工知能では、その達成には知能が必要と思われる象徴的な目標を取り上げてその目標を達成するためのプロジェクトを立ち上げるといことがしばしば行われる。その象徴的な目標をグランドチャレンジと呼ぶ。ここでは人工知能の最近のグランドチャレンジについて説明する。

2. 人工知能

人工知能は 1950 年前後に研究が始まった（人工知能という名称は 1956 年のダートマス会議で McCarthy が名付けたと言われている）。人工知能の目標は、(1) 人工物（想定されているのはコンピュータないしはロボット）に人間のような知能を持たせること、(2) 人工物に知能を持たせる試みを通じて知能に関する知見を得ること、という工学と科学の両方の側面を有している。言わばコンピュータ上に人間の知能を再現することが人工知能の最終目標ということになり、その達成はもし可能であるとしても非常に時間がかかることが想像される（達成が不可能であるという立場もある）。そのため時代に応じて適切な中間目標を設定してその達成を具体的に目指すことが期待される。

3. グランドチャレンジ

それ自体は直接（人類の）役に立たなくても一般にわかりやすく夢があってそれができると大きな技術的進展が望める研究目標をグランドチャレンジという。有名なグランドチャレンジがアポロ計画であった。1960 年代初めにアメリカ合衆国は国として 1960 年代に生きて人類を月に送り込むという研究計画を発表した。この計画は 1969 年にアポロ 11 号が月に着陸して乗組員が月に降りることで成功裏に終了した。人類が生きて月に行くことができたからといって人類の生活が直接よくなることはないが、アポロ計画は科学技術の進歩を世界中に示して安全性など様々な技術を大きく発展させた。

どの研究領域においてもグランドチャレンジの存在は

重要であるが、最終目標が非常に遠い人工知能においては適切な中間目標としてのグランドチャレンジの存在はきわめて重要である。

人工知能の研究が始まってすぐにそのグランドチャレンジとして取り上げられたのが「コンピュータがチェスの世界チャンピオンに勝つ」という目標であった。Shannon と Turing が相次いでコンピュータチェスに関する基本的な論文を出したのが 1950 年前後で、人工知能という名称がついたのが 1956 年なので、コンピュータチェスは人工知能本体よりも歴史が長いとも言える。

最初にコンピュータがルール通りにチェスを指せるようになったのは 1950 年代後半のことである。1960 年代半ばになってもまだコンピュータチェスは非常に弱かった。1970 年代になってコンピュータチェスに大きな変化があった。コンピュータチェスの開発が始まってからこのときまでは人間の強いプレイヤーの思考過程を調べてその真似をするという方式が主流であった。強いプレイヤーは局面で数通りの見込みの高い手を瞬時に思いつき、（ほとんどの場合に）その中から指し手を選ぶ。チェスだけでなく将棋や囲碁など他のゲームでも同じである。コンピュータチェスもこのような人真似方式を採用していた。この方式は探索の効率はいいものが見込みがないとしていったん捨ててしまうとその手は指せないので安定性に欠ける傾向がある。この頃コンピュータの性能が向上したこともあって、ルール上指せる手をすべて読む力任せ方式（全幅探索）が可能になった。この方式を採用してコンピュータチェスは劇的に強くなっていった。

1980 年代になってチェス専用のハードウェアやスーパーコンピュータを使ったコンピュータチェスの開発が盛んになった。力任せ方式であればコンピュータが高性能であるほど強くなるからである。1980 年代半ばに CMU で開発された Deep Thought という専用ハードウェアのコンピュータチェスは 1 秒間に約 70 万局を読んでプロのプレイヤーの実力に達した。

1990 年代終わりに Deep Thought のチームを IBM がスカウトして始まったのが Deep Blue の開発である。1990

年には世界チャンピオンの Kasparov と 2 戦したが大差で両方とも負けた。その後ソフトウェアとハードウェアの改良を進め、1996 年に再度 Kasparov と 6 回戦を行なった。このときも Deep Blue から見て 1 勝 3 敗 2 引き分けで負け越したものの、公式戦で初めてコンピュータが世界チャンピオンに勝利を収めた。1997 年に Kasparov と Deep Blue の間で 3 回目の対戦が行なわれた。前の対戦から 1 年間しか経過していないが、その間にハードウェアの速さが 2 倍になったとのことである。このときの 6 回戦は Deep Blue から見て 2 勝 1 敗 3 引き分けで勝ち越しを収めた。スーパーコンピュータと専用ハードウェアを併用して 1 秒間に約 2 億手を読むことができた。同点で迎えた最終戦で Kasparov が緊張のためか序盤で大悪手を指したことによるまぐれの勝利であったとはいえ、人工知能の研究が始まったときからの最初のグランドチャレンジが達成されたのである。

4. 将棋

チェスよりもコンピュータにとって難しいゲームが将棋と囲碁である。将棋はチェスに似ているが、敵から取った駒を再利用できるという持ち駒のルールが存在によって量的にも質的にもチェスとはゲームとしての性質が異なり、チェスで有効だった手法がそのままでは将棋に適用できない。ということでゲームでチェスの次のグランドチャレンジになったのは将棋である。

コンピュータチェスの研究が 1950 年前後に始まったのに対して、コンピュータ将棋の研究が始まったのは 1970 年代になってからである。遅かったのは、前述のように将棋がチェスよりコンピュータに難しかったこと、および日本ではかつてゲームを研究対象としにくかったことが原因と思われる。1980 年代には市販のプログラムも出現したが、実力はまだ初級者レベルに留まっていた。

1990 年からコンピュータ将棋協会の主催でコンピュータ同士が対戦する大会が始まった（その後毎年大会が開催されている）。1990 年代半ばになってようやくアマチュアの有段者の実力に達し、それからはほぼ順調に 2 年に 1 段程度の割合で強くなってきた。2000 年代にはいるとアマチュアの高段者に迫るまでになってきた。2004 年にはアマチュアの日本一を決めるアマ竜王戦に激指というプログラムが特別出場し、予選を突破してベスト 16 にはいった。2005 年にはプロ棋士の組織である日本将棋連盟が、プロ棋士が許可なくコンピュータと対戦することを禁じる通達を出した。プロ棋士はお金をもらって対局するのが仕事であるという趣旨の通達であるが、プロ棋士がコンピュータに負けることが現実味を帯びてきたことの証明でもある。

コンピュータ将棋に革命をもたらしたのがボナンザである。ボナンザはチェスのように将棋でも全幅探索（力任せ方式）を行なう。また、数千万から億の単位のパラ

メータを用意して機械学習によってその値を学習させて評価学習を自動生成する。ボナンザはコンピュータ将棋の従来の常識を覆す手法で 2006 年の大会で優勝し、多くのプログラムに影響を与えて全体のレベルアップに大きく貢献した。

2007 年にはトッププロ棋士の一人である渡辺明竜王がボナンザと（当然許可を得て）対戦した。最終的には人間が勝利したが、途中までコンピュータが大善戦して将棋ファンに大きな衝撃を与えた。2010 年には清水市代女流王将とあから 2010 という 4 つのプログラムの合議システムが対戦してあから 2010 が勝利した。2012 年には米長邦雄元名人とボンクラーズが対戦してボンクラーズが勝利した。2013 年には第二回電王戦が開催されプロ棋士 5 人とコンピュータ将棋 5 つが対戦してコンピュータ将棋が 3 勝 1 敗 1 引き分けで勝ち越した。コンピュータが初めて現役男性プロ棋士に勝って大きなニュースとして取り上げられた。特に GPS 将棋が三浦弘行八段に勝った対局はコンピュータの出来がよく、それまでになかった新しい定跡をコンピュータが発明したと話題になった。

将棋の強い人の知能をコンピュータ内に再現する、たとえば羽生善治三冠のモデルをコンピュータ内に作るというのも非常に興味深い目標であり、認知科学的研究が進められている [1-3]。

現在のコンピュータ将棋の実力はプロ棋士の上位レベルにある。これから数年で、すなわち 2015 年頃にコンピュータ将棋は羽生善治三冠や渡辺明竜王などトップのプロ棋士に勝てるレベルに達すると思われる。すでに時間の問題になっており、大きなブレイクスルーはもはや必要ない段階に来ている。

コンピュータが人間に追いつき追い越した後にどうすべきかを考える時期に来ている。コンピュータの役割としては、人間に将棋をうまく教えて強くする、人間とい勝負を行なう（「接待将棋」をする）、あるいは人間に協力して新たな将棋の戦法を創造する、などが考えられる。人間とコンピュータが敵として対決するという図式を早く抜け出して、人間とコンピュータが共同で将棋のさらなる高みを目指すようになってほしいと願っている。

5. 囲碁

囲碁はチェスや将棋とゲームとしての性質がまったく異なり、探索木もはるかに大きいので、人工知能におけるチェスの次のグランドチャレンジの一つに世界的に位置付けられている。将棋よりもかなり前の 1960 年代から研究が世界的に進められたがなかなか強くない時期が長く続いた。2000 年代半ばにモンテカルロ法に UCT を結びつけた手法を用いた Crazy Stone が他を圧倒したため、多くのコンピュータ囲碁がその手法を取り入れて急速に強くなった [4]。いま最も強い Zen や Crazy Stone はアマ 6 段程度と評価されるまでになっている。

コンピュータ囲碁が囲碁の世界チャンピオンに勝つのは 2025 年前後と予想している。

囲碁は他のゲーム同様に人間がどのように考えて打っているかという認知科学的な研究の題材としても適している。チェスや将棋とルールが異なり場合の数も大きいことで囲碁に独特の思考方法が見られている [5]。19 × 19 という盤面が広すぎてプロ棋士でもチェスや将棋のように一目で盤面全体を把握することはできないと思われる。認知科学的な研究のさらなる発展が期待される。

6. サッカー

1990 年前後に日本の人工知能研究者の有志がチェスに代わる人工知能のグランドチャレンジを何にするか議論を行なった [6]。そのときの一部のメンバーが引き続き議論をして 1993 年にサッカーに決めて立ち上げたのがロボカップである。北野宏明 (ソニー CSL), 浅田稔 (大阪大学), 松原仁 (当時電総研, 現はこだて未来大学) らが中心となって立ちあげた [7]。チェスと比べてサッカーは以下の特徴を有している。

- ・団体スポーツであること
- ・時々刻々と状況が変化すること
- ・必ずしも思った通りには進まないこと
- ・わからない情報を補う必要があること
- ・(難しいながらも) なんとかロボットにもチャレンジできそうなこと
- ・世界で一番人気のあるスポーツであること

感覚・思考・行動のループが成立していることが知能の本質だと見なす行動に基づく知能の立場からも身体性を必要とするサッカーはいい題材と考えられる。ロボカップの目標は「2050 年までに人間の世界チャンピオンチームに (FIFA のルールで) 勝つ人間型ロボットのチームを開発する」ことである。チェスは始まってから約 50 年で目標を達成し、アポロ計画も飛行機の発明を端緒とすれば約 50 年で目標を達成したので、ロボカップも約 50 年を目標達成までの期間とした次第である。1997 年に名古屋で最初の国際大会を開催し、それ以降毎年世界各地で国際大会を実施している。ほぼ毎年ジャパンオープンと称する国内大会も実施している。サッカーがメインであるが、その技術を災害救助に応用したレスキュー、子供の教育を目的としたジュニア (サッカー, ダンス, レスキューの 3 つに分かれている), 家庭用に応用した @ホームなどのリーグも存在する。まだ人間のサッカーに比べるとレベルはまだまだであるが、スタート時に比べると格段にレベルが上がっている。

7. クイズ ジョパディ!

「ジョパディ!」とは北米で数十年にわたって人気のあるクイズ番組であり、その強豪チャンピオンは北米で知性の象徴として尊敬されている。IBM はチェスに続くグランドチャレンジとしてこのクイズを選んだ。

人間と同じ条件で速く正確にクイズに答えることを目指して 2000 年代半ばから Watson という名前のシステムを開発した。ゲームはルールが明確で閉じた問題であるが、クイズは範囲が不明確な開いた問題であり、人工知能の新たな挑戦ということになる。具体的には自然言語処理、情報検索、ゲーム理論などの技術が研究課題である。例えば、「ミロラド・カビッチを 100 分の 1 秒差で破り、2008 年の五輪で全勝した人物は? 」という質問が出る (正解は「マイケル・フェルプス」である)。

歴代で最も強いチャンピオン 2 人と Watson が対決した 2011 年の対戦では、「アメリカの都市」というジャンルの「その都市の最大の空港は第二次大戦の英雄の名前を付けられている。2 番目に大きい空港は第二次大戦の戦いの名前を付けられている」という問いに「トロント」と答えるという大失敗もしたもの (正解は「シカゴ」である。「トロント」はカナダの都市でそもそもジャンルから外れている) Watson が優勝した [8]。(限定された範囲ではあるものの) 自然言語処理と情報探索でも人間と同程度のレベルに達したことになる。

8. 東大入試

情報学研究所が 2011 年に「ロボットは東大に入れるか? 」というグランドチャレンジを提唱した。ロボットと言っているがソフトウェアが東大入試の問題を解く (合格点を取る) ことを目指すグランドチャレンジである [9]。2016 年に中間目標としてセンター試験で (東大受験で足切りされない程度の) 好成績を取り、最終的に 2021 年までに東大の入試に合格する成績を取ることを目標にしている。特に日本の入試問題は洗練されている (表現に曖昧性がないように吟味されており、解答は必ず 1 通り存在して 2 通り以上は存在しないようにできている) ので、人工知能研究の題材として最適と言える。

クイズ同様に自然言語処理と情報検索が重要な研究課題になるが、クイズは解答が単語であるのに対して入試は解答が一般に文章なのでさらに難しいと思われる。また入試問題を解くには様々な常識が必要になるので、人工知能で非常に困難とされているコンピュータが常識を持つための第一歩となることが期待される。東大入試が解けたからと言ってコンピュータが知能を持っていることにはならないが、コンピュータが知能を持っていると主張するためには東大入試ぐらいは解けないといけない。人工知能にとって通過しなければならない関門と言える。

9. ショートショート

筆者らはショートショート (厳密な定義はないが、おおむね 8000 字以内の小説) をコンピュータに創作させることを目標としたグランドチャレンジを開始した。参考すべき作家として星新一を選び、彼のような作品を作ることを目指す。星新一を選んだ理由は、

- (1) 1000 作以上の高水準のショートショートを書いている

てデータが多いこと。

- (2) いわゆる落ちがある作品で物語の構造が明確であること。
- (3) 星新一自身が自分の創作方法について多くのコメントをしていること。
- (4) 著作権継承者から作品の電子ファイルの提供を含めて協力が得られること。
- (5) 星新一の作品の物語構造に関する研究が存在してその結果が利用できること。
- (6) 多くのファンや評論家が存在して作品の特徴に関する知見が得られると期待されること。

などの理由による。星新一は過去の作品を検討していままでに見えないパターンを検索することに創作のヒントがあると書いている。そうであればコンピュータはランダム探索が得意なので新しいパターンを見つける可能性があるのではないかと考える（人間はランダム探索が苦手な傾向が出やすい）。長編の小説の創作はいまのコンピュータにとっては不可能と思われるが、ショートショートは新しいアイデアが勝負であり、それであればいまのコンピュータにも挑戦できる可能性があると考えられる。

星新一の弟子である江坂遊が書いた本では星新一の創作方法をかなり具体的に記述している。この本によれば、星新一を含む作家は以下のようにショートショートを創作する場合があるとのことである。

- (1) 過去のショートショートに出てくる単語を装飾語と単語（例えば「呼びかける」と「こだま」）のようにペアにして並べる。
- (2) その表を適当にずらすなどの操作をして新しい組み合わせを求めてその組み合わせが面白い/newしいかをチェックする。
- (3) 面白く新しい組み合わせが見つかったらそのペアを元にショートショートを書く。

これはまだコンピュータに実装するには抽象度が高すぎるが、ショートショートの自動生成のヒントになると考えている。プロジェクトは開始したばかりであるが、最終的な目標は、人間に一定の評価をもらえる星新一のようなショートショートをコンピュータに創作させることである。一定の評価とはブラインドテスト（コンピュータが創作したことを伏せてペンネームで人間が創作したように装う）で雑誌やインターネットで作品を公開して評論家から評価をもらう、（例えば星新一賞のような）文学賞に応募して入選など高い評価を受ける、などを想定している。

本研究には以下のような意義があると考えている。

- (1) 従来コンピュータにとって難しいとされている感性を、限定的にでもコンピュータが扱えることを示す。
- (2) 将来的に人間を楽しませるエンタテインメントコンテンツ（本研究の場合はショートショート）をコンピュータが創作して（人間の作家に代わって）提供できる可能性を示す。

- (3) 人間の作家（今回の場合は星新一）がどのようにして作品を創作しているのかについて知見を得ることができる。

10. 人間の知能の再現

人工知能ではグランドチャレンジの果たす役割が大きいことを述べ、具体的なグランドチャレンジの内容をいくつか紹介した。優れたグランドチャレンジを思いつくことが人工知能の研究を促進すると言える。ここで取り上げた既存のグランドチャレンジをなるべく早く解くのと同時に、新たなグランドチャレンジを発想していくことが重要である。それがコンピュータ上に人間の知能を再現するという人工知能の最終目標の実現につながると思われる。

参考文献

- [1] 伊藤毅志, 松原仁, ライエルグリンベルゲン: 将棋の認知科学研究 (1) - 記憶実験からの考察 -, 情報処理学会論文誌, 43 (10), pp. 2998-3011 (2002)
- [2] 伊藤毅志, 松原仁, ライエルグリンベルゲン: 将棋の認知科学研究 (2) - 一次の一手実験からの考察 -, 情報処理学会論文誌, 45 (5), pp. 1481-1492 (2004)
- [3] 羽生善治, 伊藤毅志, 松原仁: 先を読む頭脳, 新潮社 (2006)
- [4] 松原仁監修, 山下宏, 美添一樹著: コンピュータ囲碁 モンテカルロ法の理論と実践, 共立出版 (2012)
- [5] 高橋克吉, 伊藤毅志, 村松正和, 松原仁: 次の一手問題をを用いた囲碁プレイヤの局面認識についての分析, 情報処理学会論文誌, 52 (12), pp. 3796-3805 (2011)
- [6] 北野宏明編: グランドチャレンジー人工知能の大いなる挑戦, 共立出版 (1993)
- [7] 松原仁, 竹内郁雄, 沼田寛: ロボットの情報学, NTT出版 (2001)
- [8] スティーブン・ベイカー著 土屋政雄訳: IBM 奇跡の「ワトソン」プロジェクト 人工知能はクイズ王の夢をみる, 早川書房 (2011)
- [9] 松原仁編: 特集「ロボットは東大に入れるか?」, 人工知能学会誌, vol.27,no.5, pp. 458-495 (2012)

【略歴】

松原 仁 (MATSUBARA Hitoshi)

公立ほこだて未来大学 システム情報科学部 教授
1959年生。1981年東京大学理学部情報科学科卒業。1986年同大学工学系研究科情報工学専攻博士課程修了。同年通産省工技院電子技術総合研究所（現産業技術総合研究所）入所。2000年公立ほこだて未来大学システム情報科学部教授。人工知能、ゲーム情報学、エンタテインメントコンピューティング、観光情報学などに興味を持つ。著書に「将棋とコンピュータ」、「鉄腕アトムは実現できるか」、「先を読む頭脳」など。人工知能学会副会長、NPO 観光情報学会会長、情報処理学会理事など。