

素朴な疑問



Deep Blue はなぜチェス名人に勝てたのか？ そしてなぜ勝てなかったのか？†

松 原 仁 竹

1996年の2月に米国のフィラデルフィアで人間のチェスの世界チャンピオンである Gary Kasparov とコンピュータチェスの世界チャンピオンである Deep Blue が6回戦を行いました。図-1が対局風景（左が Kasparov で、右が Deep Blue を操作している Campbell）です。図-2は別室の大盤解説室の様相です。この対戦は人間の世界チャンピオンを決定するときと同じ正式ルールでした。結果は、第1戦に Deep Blue が勝利を収めました。第2戦以降は Deep Blue 側からみて負け、引き分け、引き分け、負け、負けと続き、Deep Blue の1勝3敗2引き分けに終わりました。これまで早指し（持ち時間が短い特別ルール）で世界チャンピオンがコンピュータに負けたことは数回ありましたが、時間が十分にある正式ルールで負けたのは初めてです。かつて人工知能という研究分野が1950年代にスタートしたとき、チェスの世界チャンピオンを破るコンピュータを作ることがその目標の1つにあげられました。人工知能のパイオニアの1人である Simon は10年もあれば十分だといったため、その後「ほらふきサイモン」と呼ばれてしまいました。その Simon の予言はほぼ30年遅れながら現実となりつつあるわけです。もっとも幸先よく1勝をあげながら、後はスコア的には惨敗でした。まだ完璧に破るところまではいきませんでした。ここでは、なぜコンピュータが1勝できるほどに強くなったのか、なぜコンピュータはその後惨敗してしまったのかを考えてみることにしましょう。

チェスのようなタイプのゲームをコンピュータに指させるためにはまずゲーム木と呼ばれるものを作ります。いまの局面で味方が指すことが可能

な手をすべて数えあげ、そのそれぞれの手を指したと仮定した局面で今度は敵が指すことが可能な手をすべて数えあげ、ということを繰り返して先を読み、その結果を木構造で表現しておくのです。ゲーム木を作ったら、その末端の1つ1つの局面の善し悪しを数値化します。数値化するのに用いられるのが静的評価関数です。評価が終わったら、ミニマックス法ないしは α - β 法で探索をして味方にとって最もよい指し手を決めます。この仕組みは人工知能の教科書には必ず載っていますので、詳しくはそちらを参照してください。コンピュータチェスには40年以上の歴史がありますが、この仕組みは基本的に昔から変わっていません。ポイントは、

- いかに深く先読みをするか？
- いかに局面を正確に評価するか（いかに静的評価関数をうまく作るか？）

の2点にほぼ絞られます。ある局面で合法的に指すことのできる手の総数を分岐因子と呼びますが、チェスの平均分岐因子は約35です。チェスで5手先読みをしようとする、ゲーム木の末端の局面数は 35^5 になります。以前はハードウェアの制約もあって深く先読みをするのは不可能でした。そこで、人間のエキスパートの真似をしました。すなわち、可能な全部の手を数えあげるのではなく、見込みの高そうな手をいくつか選んでその先だけを読むことにしたのです。この方法だと確かに深く読めますが、見込みの高そうな手を選ぶときに最善手を漏らしてしまう危険が生じます。エキスパートの真似は1970年ごろまで続いたのですが、なかなか強くなれませんでした。その頃になってハードウェアも進歩したので、すべての可能な指し手を数えあげる方法が復活してきました。その方が人間の真似よりも強くなったのです。すべての可能な指し手を数えあげるという

† Why Deep Blue could Beat Kasparov Once? And Why Deep Blue could not Beat Kasparov Again? by Hitoshi MATSUBARA (Electrotechnical Laboratory).

†† 電子技術総合研究所

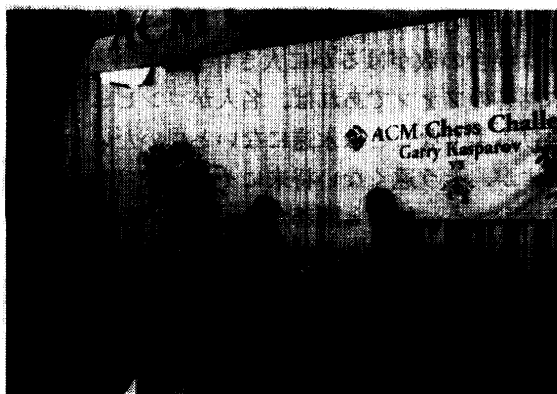


図-1



図-2

のは完全に力任せですから、速くて大きいコンピュータを使った方が有利に決まっています。Crayなどのスーパーコンピュータを使うようになり、さらにはチェス専用のコンピュータを設計・開発するまでになりました。80年代の後半にはこれらのコンピュータチェスは10手先まですべてを読むことができ、すでにプロレベルの実力を示していました。世界チャンピオンに勝つのも時間の問題と思われていたのですが、それから意外に伸び悩んでDeep Blueの出現に至ったのです。Deep BlueはSP2というIBMの並列コンピュータ32台をつなぎ、そのそれぞれに8台のチェス専用コンピュータをのせています。合計で256台のチェス専用マシンがあることとなります。1秒間に約2億手を読むことができるので、平均して13手先まですべての手を読むことになります。この先読み能力は非常に強力です。いかに世界チャンピオンといえども、まともに張り合っては勝負になりません。

さらにDeep Blueにはコンピュータチェスの

40年の技術的蓄積を用いた、さまざまなソフトウェア的な工夫がなされています^{1)~3)}。その1つが終盤データベースです。チェスは将棋と異なり持ち駒制度がないので、終盤になるにつれて駒の数が減っていきます。チェスでは終盤で同じような局面が生じることが多いのです。どういう駒の配置パターンのときにどの指し手が最善手かを実戦の前にコンピュータを駆使して全数探索によって求めておいたのが終盤データベースです。いまでは駒の総数が5つの終盤についてはすべてのパターンの最善手が求められています。Deep Blueも当然このデータベースをもっていますので、終盤になればまったく間違えずに最善手を指し続けられます。人間は疲労や持ち時間の切迫によって間違えることがあるので不利になります(Kasparovが自分にも終盤データベースを使わせてくれないと不公平といったという話が伝わっています)。もう1つの工夫が非凡拡張です。エキスパートはいつも決まった深さまで先読みをするというものではありません。答がわかりきっているときは浅くしか読まないかわりに、答がむずかしいときには非常に深く読み進めます。Deep Blueもエキスパートのそういう思考法を模倣しています。いつも13手先まで読むわけではありません。13手先まで読んでみて末端の局面の静的評価関数の値を比較します。1つの局面の評価値がほかのに比べて極端に大きかったとします。いかにも最善手らしいのですが、値が極端に違うというのが気がかりなので、その局面だけさらに先を読み進めてみるというのが非凡拡張です。これら以外にも、反復深化、ハッシュ表などが効果的な工夫です³⁾。

この対決の第1戦のDeep Blueの勝利は、これまでのコンピュータチェスの技術的蓄積のたまものといえます。あるいはKasparov側からすれば、正面からまともに張り合ってしまったのが敗因といえましょう。

第2戦以降の惨敗の原因はDeep Blueの静的評価関数の貧弱さにあります。40年の歴史によってコンピュータチェスの静的評価関数もかなり洗練されてきましたが、それでも世界チャンピオンにはかないませんでした。駒の取り合いのように差が目に見えるときの評価は正確なのですが、微妙な陣型の善し悪しのように差が目に見えにく

いときの評価がまだまだ不正確です。さらに、Deep Blue の静的評価関数には学習機能がありません。相手の出方に応じて調整することができないのです。その点人間である Kasparov の方の学習能力は優れています。第1戦の痛い敗北など対戦を通じて Deep Blue の長所（まともな読み合いに強い、駒の損得計算が正確であるなど）と短所（微妙な陣型の善し悪しがわからない、学習機能がないなど）を学習し、Deep Blue の力が出しにくい局面への的確に誘導しました。最終局などまだ中盤なのに Deep Blue は手も足も出なくなっていました。

1997年の5月に米国のニューヨークで再度両者の対決が予定されています。今度の勝負はどうなるでしょうか？ 冷静に考えて、Kasparov の実力が前回より上がる可能性はなさそうです。ほぼ同じと考えていいでしょう。問題は Deep Blue が前回よりどの程度強くなっているかです。並列度をさらに増すなどのハードウェア的な手段で1秒間に読める局面の数を2億からさらに増やすという改良がありえます。前はハードウェアの完成が直前でソフトウェアの調整の時間が十分ではなかったと伝えられていますので、静的評価関数のチューンアップなどソフトウェア的な手段で改良するというのも有力です。結果を注目しましょう。

チェスではコンピュータの実力がほぼ人間のトップレベルに追いつきました。日本のゲームである将棋や囲碁はどうでしょうか？ いまはまだコンピュータの方が問題外に弱いです（将棋でアマチュア初段程度、囲碁でアマチュア10級程度、

といったところです）。チェスに比べて将棋や囲碁は場合の数がはるかに大きいからです²⁾。将棋や囲碁のファンであれば、名人がコンピュータに負けるようなことは永遠にないと思いたいところですが、そう遠くない将来にそのときはやってくるでしょう。将棋と囲碁だけが例外となるはずはありません。将棋の方が先で、あと20年以内には実現すると思われます。そのときの相手は果たして羽生名人でしょうか。いまから対決が楽しみです。

参 考 文 献

- 1) レービ, D., ニューボーン, M. (小谷善行監訳): コンピュータチェス, サイエンス社 (1994).
- 2) 松原 仁: 将棋とコンピュータ, 共立出版 (1994).
- 3) 飯田弘之: ゲームプログラミングの発展と AI, 情報処理学会誌, Vol. 37, No. 6, pp. 536-542 (June 1996).

(平成8年9月6日受付)



松原 仁 (正会員)

1959年生。1981年東京大学理学部情報科学科卒業。1986年同大学院工学系情報工学専門博士課程修了。工学博士。同年電子技術総合研究所入所。1993年から1年間米国スタンフォード大学 CSLI 滞在研究員。現在電総研知能情報部主任研究員。協調学習ならびにゲームプログラミングの研究に従事。著書「将棋とコンピュータ」(共立出版1994)、「コンピュータ将棋の進歩」(編著, 共立出版1996) など。AIUEO, 人工知能学会, 日本認知科学会など各会員。