

2.

多数の計算機を活用した ゲーム木探索技術の進歩

—三浦弘行八段と GPS 将棋との対局を振り返って—



ミニ特集

現役プロ棋士に勝ち越したコンピュータ将棋

第2回電王戦、第23世界コンピュータ将棋選手権速報

待望のトッププロ棋士との再戦

チェスで Deep Blue が Kasparov に勝利した 1997 年以降も、将棋のプログラムは棋士には遠く及ばないと見られていた。将棋でコンピュータとトップレベルの棋士との初めての対局は、2007 年の Bonanza と渡辺明竜王のものである。Bonanza は前年の世界コンピュータ将棋選手権（以下 CSA 選手権）の優勝プログラムであったが、前評判では Bonanza の苦戦が予想されていた。ところが、対局は好勝負となり、終盤に危険を見落として敗れたものの、展開に恵まれれば十分鑑賞に耐える棋譜を残せることを Bonanza は示した。先日の 2013 年 4 月 20 日に第 2 回電王戦最終局として指された第 5 局は、プロ棋士の最強の一角と将棋プログラムとの 6 年ぶりの勝負でもあった。先手は A 級 2 位の三浦弘行八段で、後手は前年度の CSA 選手権で優勝した GPS 将棋である。本稿では、どのような進歩が A 級棋士に対するコンピュータの初勝利をもたらしたのか、データとともに振り返って技術的な観点を検討したい。

最高のコンピュータ将棋を準備する

プロモーションビデオ内で「東京大学」「全コンピュータ起動」^{☆1}などと表現されて反響を呼んだように、第 2 回電王戦で GPS 将棋は、iMac を主体に合計約 700 台の計算機を活用して、実現可能な最高の強さを目指した。この解説では、一番の特色で

金子知適（東京大学大学院総合文化研究科）
田中哲朗（東京大学情報基盤センター）

ある多数の計算機をどのように活用したのか、将棋プログラムで疎結合並列計算を行う技術と進歩などをまず紹介し、続いてほかの側面について説明する。

疎結合並列計算と将棋プログラム

チェスの Deep Blue はスーパーコンピュータにチェス専用のハードウェアを組み合わせて、1 秒間に約 2 億の局面を読むほどの突出した性能で知られる。そこで、将棋でもトッププロ棋士と対局するときには、なるべく優れたハードウェアとソフトウェアで臨みたいと、筆者らは考えていた。理由の 1 つは、「日本の情報科学者は、将棋の場合はチェスより劣るハードウェアでも人類の知性を超えられると考えた」などの誤解を避けるためである。また、家庭用のパーソナルコンピュータとは異なる圧倒的な性能の計算機が登場するほうが、人間と人工知能が特別に対局するという夢の舞台に相応しいという考えもあった。

GPS 将棋の開発は、オープンソースの研究用プロジェクトとして、2003 年に筆者の 2 人に副田俊介を加えた 3 人で始まった。名前が知られるようになったのは 2009 年に初めて CSA 選手権で優勝してからで、その後、開発チームの田中の主導で疎結合並列探索に取り組んだ。初優勝の翌年には「あから 2010」³⁾ が清水市代女流王将に勝利したが、その際、合議と並んで、当チーム開発の疎結合並列探索システムが採用された^{☆2}。さらに、2012 年には、本稿で説明する技術的な改善を実現して、二度目の

☆1 プロモーションビデオは芸術作品とも考えられるから、訂正の申し入れ等は行っていないが、もちろん事実とは異なる。

☆2 もっとも、強さへの寄与は不明確だったために計算機クラスタ群は投票での重みが低く、とある関係者からは「こけおとしパンダ」という評価も受けた。

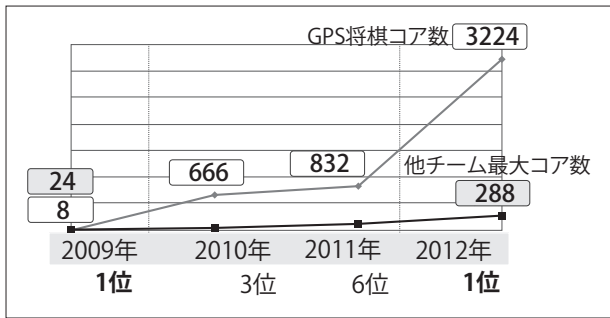


図-1 分散並列探索手法の開発と世界コンピュータ将棋選手権の成績

優勝を果たしている。図-1は、年ごとのGPS将棋の利用コア数と、ほかのプログラムの最大利用コア数を、GPS将棋の成績とともに描いたものである。利用コア数の拡大においては、2009年の時点では合議を行う「文殊」が先行していたが、それ以降はGPS将棋がほかを大きく引き離れた。2010年から2年間は優勝こそ逃したが、上位に入賞している。ワークに用いた計算機がCore2duo 2.0GHzとやや劣る性能だったことを考慮して、当時としては十分な結果と評価している。その点で2012年の優勝には、端末のリプレースに伴うワークの性能向上(Core i5 2.5GHz)という追い風もあった。

■ これまでの活用事例

ゲーム木探索は一般に、探索のコストが $\alpha\beta$ ウィンドウに大きく左右されるために仕事の独立性が低く、並列動作による性能向上の実現が難しい。また利用する計算機環境によっても最適なアプローチは異なる。もし計算ノード間の通信が十分早い環境を利用できるなら、共有メモリを前提とした並列探索に近い手法が効果的であろう。通信を増やしても、局面表を共有して無駄な探索を抑えたり、粒度を下げ頻りに探索局面を取り替えることで重要な仕事に計算ノードを集中させたりすることができるからである。しかし、性能の良い計算機クラスターは高価であり、利用の機会は限られる。

多数の計算機を利用する別の可能性としては、休日等で本来の用途に使われていない遊休資源を活用することが考えられる。GPS将棋開発チームでは、休日などで学生の演習室(図-2など)が閉館となり、本来の利用者がいない期間にiMac端末を借りることができた。このような環境では、計算ノード間の通信は比較的遅く、また計算ノードが突然不調に陥



図-2 東京大学駒場キャンパス(以下駒場)情報教育棟演習室

る可能性なども考慮する必要がある。

多数決と合議

さまざまな環境で動かすためには、単純で頑健な、そして少ない通信で動く方法が望ましい。コンピュータ将棋で最初の実績を挙げた手法は、「文殊」で使われた、多数決を用いた合議³⁾である。あから2010でも、同様に4つのプログラムが独立に思考して重み付きの投票を行い、マスタが投票結果を集計して着手を決めた。必要な通信も少なく、動作中に一部が不調になっても、マスタは残りのプログラムだけで対局を続けられるという長所を持つ。ただ、計算機の台数を増やした場合に、この合議だけで性能をスケールさせることは難しい。投票においては、まったく同じプログラムが同じ投票をしても意味がないことから、判断基準の異なるプログラムが必要である。乱数を入れたり、既存のものと異なる評価関数を探すような自動学習の研究もあるが、数百台規模での実績はまだない。

木を固定した疎結合並列探索

GPS将棋で筆者らが開発した疎結合並列計算の手法では、通信の少なさや頑健さを持ちつつ、計算機を増やしたときの台数効果を平方根程度に増やすことを目指した。基本的なアイデアは単純で、マスタがゲーム木を作成して、ワークを図-3のように各葉節点(太線で表現)に割り当てる。ワークは、計算ノード1台につき1つ動き、最善手と形勢判断を表す評価値を定期的に報告する。マスタは、葉節点での報告をもとに内部節点(点線で表現)のMinMax値を計算する。この手法でのゲーム木では、節点が局面に、辺が指し手に対応する点は通常と同

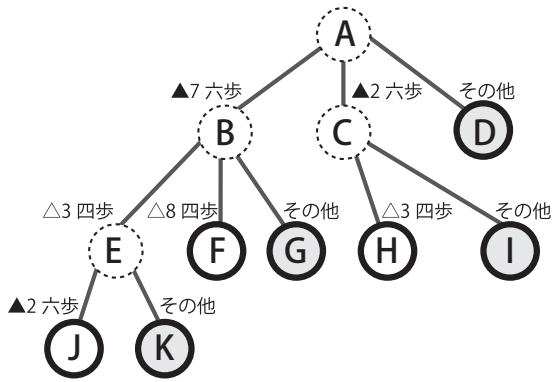


図-3 マスタのゲーム木と葉節点へのワーカの割り当て例

じで、さらに仮想的に“その他”という指し手も辺として扱う。その目的は、有力と思われる指し手に集中的に計算資源を投入して、残りの（おそらくは最善ではない）指し手を1台のワーカでまとめて扱うためである。これはある種の賭けであり、対局の進行が予想したとおりであれば（たとえば図の節点AからJに進む）複数台で分担した効果で正確な評価が行われる。しかし、早い時点で予想が外れれば（たとえば図の節点Dが指される）1台のコンピュータで思考している状況とあまり変わらない。したがって、有力な指し手を選ぶ（たとえば図の節点Aの局面でたくさんの合法手のなかからBとCを選別する）部分の正確さがこの手法の鍵である。2011年までは1秒間の浅い探索によりこの選別を行っていたが⁴⁾、次に述べる tree pipeline を大規模な環境で実用化して大幅な改善をみた。

■ 探索手法の進歩：木のGC — tree pipeline —

実際の対局では、次の一手問題とは異なり、思考する局面に一定のつながりがある。すなわち自分や相手が指す前の局面と指した後の局面は、一手分の距離である。この性質を活用すると、思考時間を増やしたような効果が生まれることを、図-4の木を例に説明する。左の木を探索中の状況で、自分もし

くは相手が一手指し、局面がAからBに進んだとする。このときにB以下の部分木を壊さずに保存して、成長させることが、主要なアイデアである。この保存のアイデアは optimistic pondering と tree pipeline として、チェスで提案があるので、本稿でも同じ名前を用いる¹⁾。しかし木を成長させる部分は記述がなく、筆者らのオリジナルである可能性が高い。

節点の回収と木の成長

対局で指し手が指されて、局面がAからBに進んだら、Bを根とする部分木に含まれない節点は、もう探索する必要がない局面である。そこで、A, C, F, Gを担当していたワーカを回収する。なお前の図-3では明示的に描いていた“その他”の葉を、煩雑を避けるために図-4では内部節点に同一化した。この木ではすべての節点にワーカが割り当てられ、内部節点で働くワーカは対応する局面の“その他”を担当するとする。その上で、回収されたワーカ群のための新たな仕事として、右図でL, M, N, Oという新たな節点を作成し、仕事を割り当てる。たとえとしては、「大玉送り」で玉を送り終わったスタッフが、大玉の進路で再び待ち構えるイメージである。

担当する節点に変更がなかったワーカは、そのまま探索を続けられる。すなわち一手前から思考を開始していた状況となるので、一手あたりの思考時間を固定と仮定すれば持ち時間が2倍に増えた場合と同等の効果が得られる。この効果は2倍にとどまらず、実際の対局の進行が探索木に深さ n まで含まれていれば n 倍に増える。図の節点HとKでは、有力な指し手として子節点(L, MやN, O)が増えたために、親の探索をいったん中断してワーカの仕事を“その他”として調整する必要がある。その

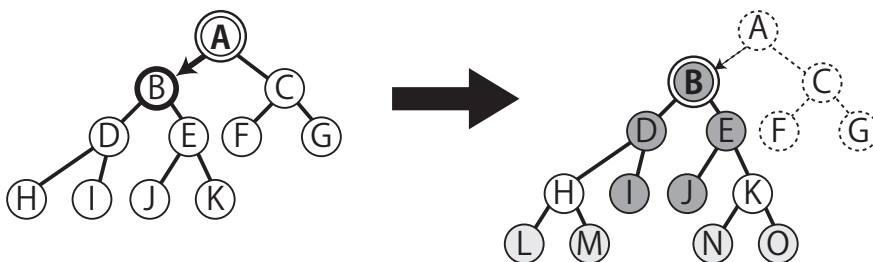


図-4 一手指した（局面Aから局面Bに遷移した）状況での tree pipeline の動作：節点A, C, F, Gのワーカの探索を中止し、新たにL, M, N, Oを作ってそれらのワーカを割り当て直す。残りの節点では基本的にワーカの探索がそのまま続くため効率が良い

場合でも、局面表は保存されるため、これまでの結果を有効に活用できる。

木の成長のためにどの子節点を作成するかを選択では、親の探索での有力な指し手を用いる。その際に“その他”の手が最善と判断されている状況では読みが浅い可能性があるため、重点的に成長させて、通常より多くのワーカを割り当てる。探索木の幅、すなわち上位何手を成長させるかは、ヒューリスティックに制御した。たとえば、根から近かったり、割り当てようとするワーカの数が多いほど、また最善手に近い評価を持つ指し手が多いほど、幅を増やす。

どの指し手が有力かどうかの判断には、tree pipelineを使わない場合は急いで木を成長させる必要があるため、1秒の探索の結果を用いていた。一方、tree pipelineでは基本的に対局が一手進むごとに木が1段深くなるため、十分に時間をかけた探索の結果で判断される。時間が増えたことで、選択がより正確になると期待できる。たとえば電王戦では一手に数分、秒読みでも55秒を使用した。ただし、tree pipelineで性能を出すためには、相手の指し手がある程度予測しなければならない。もし指された指し手がマスタの探索木に含まれていなければ、0から木を作り始める必要があるため、メリットはない。一方、予測に成功して対局が想定通りに進行すれば、先に説明した持ち時間の増大効果で探索結果が正確になるので、結果として予測がさらに正確になるという好循環を生む。

詰み専用の探索との組合せ

補助的に、詰みを専用で探すワーカも、少数用意した。プロ棋士は何手か先の局面で現れる詰みを活用することが、コンピュータプログラムより優れていると言われている。実際に第2回電王戦第3局では、コンピュータ側が詰みをうっかり見逃したと思われる局面も登場した。詰みを専用で扱うワーカの併用により、そのような近い未来に隠れる頓死の危険を回避したいという意図である。

詰み専用のワーカは、マスタの探索木に含まれる節点を順次訪問し、1秒間の時間制限で詰みを探す。もし詰みが見つければその節点以下の探索はも

はや不要であるため、その部分木を消して、ワーカをすべて回収する。回収されたワーカの数がある程度以上になった場合は、急いで指す必要がある場合を除いて、木を再度成長させることでそれらのワーカを活用する。制限時間の1秒間は短くも思えるが、将棋ではdf-pnなどの探索技術の進歩により、詰みだけを探す場合は短時間で長い詰みでも見つけられる。そして1秒間に2億を超える局面を全体で読むことを考えれば、1局面あたりにかける時間として1秒はかなり長い。

評価関数と探索の調整

多数の計算機を活用して対局する場合においても、各計算機でワーカが行う仕事の質、すなわちマスタに伝える最善手や評価値の正確さが依然として重要である。そのためには評価関数の正確さが重要で、近年の将棋プログラムの強さの向上には、評価関数の正確さの向上が大きく寄与した。そして、それには、Bonanzaの開発者である保木邦仁が実用化した、評価関数の自動学習の果たした役割が大きい²⁾。GPS将棋では、チーム内の数少ない有段者である林芳樹の洞察と試行錯誤により、大駒の利きや攻め駒の組合せ、挟撃など人間の考え方に近い特徴を、ほかのプログラムより積極的に取り入れている²⁾。GPS将棋は時間をかけて読ませるとききちんと強くなる、終盤に楽観が少ない、1台でも強いなどと棋士の方には評価していただいている。これらは評価関数がおおむね正確であることを示していると思われる(傍証としては、たとえば評価関数が駒得だけであればいくら時間をかけても強さは頭打ちである)。

一方で依然として穴もあり、GPS将棋に勝ったら100万円を進呈するという事前のプロモーションイベントでは、序盤の弱点がいろいろと発見された。いつも同じ指し手を指してしまう局面が多いためか、全国のアマチュア強豪が序盤の研究を行うと、GPS将棋の序盤を上回るようである。そこで使われたGPS将棋は少し古いバージョンであり電王戦で同じ局面になるとは思わなかったが、序盤を重視して評価関数を学習しなおすなど、できるだけ対

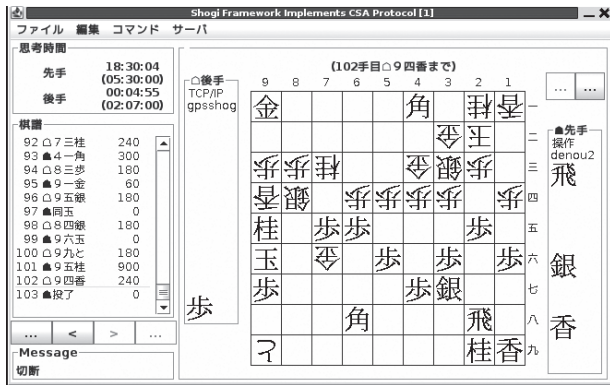


図-5 当日用いた GUI：この画面に表示された指し手は直ちに読み上げられ、その音声に基づいて、三浦八段の座る将棋盤に着手が行われた。1分未満の切り捨てに対応したので消費時間は60秒の倍数になっている

策を行った。

評価関数と並んで重要なゲーム木探索では、2012年の時点でオープンソースのチェスプログラムである stockfish^{☆3}の探索が優れていることが知られていた。そこでゲームのルールと評価関数を取り替えたものを作成して、同年の CSA 選手権で用いたバージョンを、gpsfishとして公開した。このバージョンはほかの研究者や開発者が実験する便宜を考えて、stockfishのソースコードとの差分を小さくすることを最優先し、将棋ならではの工夫は入っていない。当初の計画では、元の GPS 将棋に gpsfish から良い部分を取り込んで電王戦に用いる予定だったが、筆者らの多忙と安定化に時間を注がねばならない事情から途中で断念せざるを得なかった。電王戦で使うことを考えると、gpsfish は詰みの見逃しや楽観に伴う弱点を終盤に持つ。原因は、チェスの終局近くでは駒が少なくなり将棋では持ち駒を使った合法手が増えるというゲームの性質の違いと考えられる。そのため、作成時の方針は捨てて、終盤は詰みを重視するような改良を可能な限り施した。

さまざまな準備

GUIの準備とルールの違いへの対応

対局のインタフェースとして、GPS 将棋の選んだ指し手を表示する機能と、三浦八段の指し手をマウスで入力する GUI が必要であった。表示された GPS 将棋の指し手は担当の女流棋士により読み上げられ、コンピュータの代理として将棋盤の前に座

☆3 <http://stockfishchess.org/>

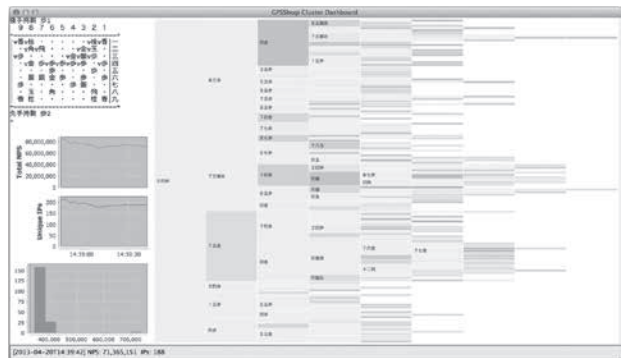


図-6 探索の分担を表すリアルタイム動画

る奨励会員が着手する。同じく三浦八段の指し手が読み上げられたら、部屋の隅に置かれた操作用ノートパソコンに入力が行われる。GPS 将棋は専用の GUI を持っていなかったため、コンピュータ将棋協会の高田淳一氏作成の SFICP (図-5) と、当チーム森脇大悟が改造した shogi-server を組み合わせて用意した。また CSA 選手権では1秒単位で消費時間が計測されるが、今回は1分未満の思考時間が切り捨てられる。公式記録はストップウォッチで計測されるため、秒数の表示がずれていても許されたが、この対応もなんとか間に合って関係者からは消費時間の確認が便利と好評を得た。

入玉の判定基準も、コンピュータ将棋同士の普段の対局と電王戦では、ルールの細部が異なった。実際に第2回電王戦の第4局では、コンピュータ側が優勢な局面から双方の入玉による引き分けとなったように、入玉に関する判断はコンピュータの課題の1つとして知られている。GPS 将棋では、電王戦のルールで入玉で勝てる条件を重視するような改良を、開発チームの竹内聖悟が作成した。

思考内容の整理とリアルタイムの開示

視聴時の楽しさを増やすべく、コンピュータ将棋ならではの情報をなるべく多く提供できるようにも心がけた。図-6の画面写真は、マスタが持つ探索木に相当する情報をリアルタイムで表したものである。これは当チーム森脇大悟が作成したもので、動画として中継用に提供し、大盤解説会場のニコファールでも放映されたようである。左端が統計情報を、中央から右のメインの部分が右にゆくほど深くなる探索木を表し、長方形の面積が部分木の探索節点数(ほぼ分担台数に同じ)を、色はその節点での形勢

判断（オリジナルはカラーで青が先手優勢）を表す。大きさの事情で見えないが、長方形内には指し手が漢字で書いてある。それとは別に、技術者向けには、それぞれの節点での形勢判断などの情報を、マウスクリックで展開可能な木の形で一手ごとに Web で公開した^{☆4}。さらにメインの読み筋は、読みやすく日本語で表記して、twitter に投稿した。当日の記録は twilog^{☆5} で保存されている。安定化が最優先の課題であったため、これらの準備は遅くなり、完了したのは本番の直前であった。

入念なテスト

対局続行不能になるような事故を防ぐことが開発者の最大の責任と考えて、この点には最も時間をかけた。マスタとワーカのソフトウェアのテストだけでなく、春休み中の休日を利用して、情報教育棟の約 700 台を運用するテストも何度も行った。通信についても、日本将棋連盟の協力を得て、電王戦開催中の将棋会館と駒場キャンパスの間の TCP 接続の安定性を時間をかけてテストした。駒場の計算機の VNC サーバ上で動かした GUI を将棋会館に持ち込んだノートパソコンで表示して操作し、テストではまったく問題なかった。しかし、ほかにネットワーク通信を用いていた第 2 局では通信のトラブルが起こっていたので、第 5 局当日も用心が必要であった。立会人と相談の上、GPS 将棋は持ち時間を自主的に 30 分間短く設定することで、万一のトラブルに備えた復旧の時間を確保した。一方、持ち時間を減らして棋力を落とすことのないように、代わりに、一手の消費時間を 3 分 55 秒や 4 分 55 秒などと 1 分未満切り捨てルールを効率良く使うようにしてバランスをとった。また、端末群の自動起動がうまく働かなかった場合に、手動で 1 台ずつ電源を入れて回っても対局開始に間に合うように、当日は駒場に 3 人を集めた。将棋会館では、対局中に指し手をマウスで入力する役割を、この対局では特別に日本将棋連盟の方をお願いした。これにより開発者がネットワークの監視と復旧に専念し、多少の通信トラブルがあっても、対局室を静かに保ったまま復

旧する体制をとることができた。緊張感のある対局室での長時間の操作であったが、入力ミスもなく務めていただいたことにあらためて深く感謝したい。

将棋プログラム同士の本気の棋譜

最後に、電王戦に備えて、持ち時間 4 時間のプログラム同士の自動対局場を設置したことも紹介したい。これは GPS 将棋開発チームが以前から運営していた、floodgate という自動対局場^{☆6}の拡張として作られた。目的としては、プログラム自体のテストだけでなく、将棋プログラム同士の本気に近い（早指しでない）棋譜を記録するなどがある。プロ棋士が練習する可能性もあるとも関係者から伺っていたが、少なくとも本格的には使われなかったようである。長考中にインターネット接続が切れないようにするなどさまざまな準備が必要のため、困難があったかもしれない。

探索記録から振り返る第 2 回電王戦 第 5 局

2013 年 4 月 20 日午前 10 時より行われた、三浦弘行八段と GPS 将棋との対局の内容を、思考記録から分かることを中心に紹介する。当日 GPS 将棋は、情報教育棟の iMac 端末を 666 台、研究室や関連する計算機 13 台（OS は Debian, Linux）を使って探索に臨んだ。13 台中 1 台はマスタとして探索木の管理と通信に専念し、また 3 台は読み専用のワーカとして用いたため、通常のワーカは 675 台となる。それらを用いた探索速度は、一秒間に約 2.5 億局面であった。それら以外に将棋会館にはノートパソコンを 3 台持ち込み、1 台は GUI による局面の操作と表示に、1 台は図 -6 の動画の表示に、1 台はログの監視と復旧のために用いた。

マスタの探索木の安定度

はじめに、棋譜のそれぞれの指し手が指された時点でのマスタの探索木を分析し、多数の計算機による分担がどの程度うまく働いていたかを検証する。指標としては、その指し手以下の探索に参加してい

☆4 <http://www.tanaka.ecc.u-tokyo.ac.jp/~ktanaka/denou2/>

☆5 <http://twilog.org/gpsshogi/date-130420>

☆6 <http://wdoor.c.u-tokyo.ac.jp/shogi/>

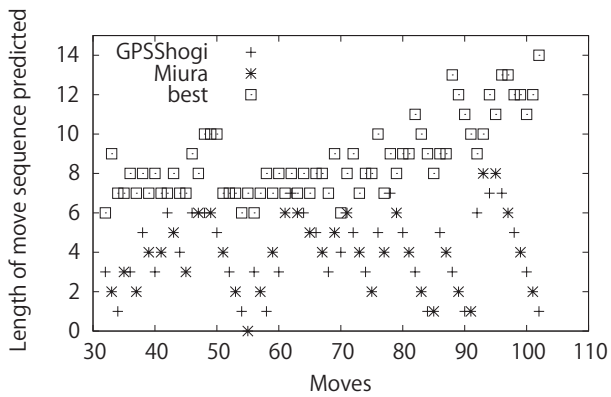


図-7 マスタの探索木と実際の進行が一致した深さ

たワーカの数（多いほど良い）、実際の指し手が各時点で何手先まで探索木に含まれていたか（深いほど良い）というに点に注目した。

まずマスタのゲーム木が実際の対局の進行を何手先までカバーしていたかの移り変わりを図-7に示す。この指標は「多数の計算機を用いることで何手先まで読む深さが増えるか」におおむね相当するので、数字が大きいほどたくさんの計算機を有効活用している。横軸が棋譜の手数で、ランダムに指す定跡部分を抜けて、探索を始めた32手目から終局までを対象とした。縦軸が、その手数での探索木が未来をカバーした深さである。GPS将棋の手番の局面を“+”記号で、三浦八段の手番を“*”記号で区別して描いたが、この図ではあまり差は見られない。一見して分かるように、半数近くが4以上の場所にプロットされており、単純な平均は約3.97であった。また、マスタの探索木の最大深さ（“best”）を“□”でプロットしたところ、平均で8.7、最大で14に達している。序盤は、評価値に近い指し手が多いので最大深さは浅く、指し手が限定されることが多いので終盤になるほど最大深さが伸びている。

対局前の12月の記者発表の質疑において、筆者の一人は約700台を用いる効果として「約4手深く読むことができる」と発言している。その時点では、データをとれていなかったため個人的な予測に基づく発言であったが、幸いにも実際の対局での実績も予測とおおむね一致した。約700台で4手読むためには、平均分岐数を約5.1に抑える必要がある。何も工夫しなければ、分岐数は将棋の平均手数である約80となるので、それを5.1まで小さくできたことが技術的な成果である。

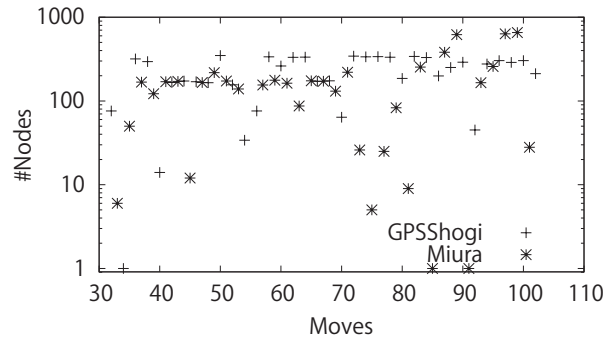


図-8 対局で指された指し手を読んでいた台数

続いてもう1つの指標である、何台のワーカが対局で指された指し手の先を読んでいたか（すなわち、指された指し手を根とする部分木に投入されていたか）を、図-8に掲載した。横軸は同じく手数で、縦軸はワーカの数（＝端末の台数）を対数で表している。前の図と同様にGPS将棋の手番での値を“+”記号で、三浦八段の手番での値を“*”記号で区別して描いたが、この図でも目立った差はない。総合して、100台以上のワーカがその先を読んでいることが多く、おおむね分担はうまく行っているように思われる。しかし、一部に10台以下の場合も存在し、改善の余地もある。手法の性質から、良いと判断した指し手に多くの台数を割り当てているはずなので、GPS将棋の手番にもかかわらず数が少ない場合は「深く読んでみたら評価が変わってしまった」ことが予想される。

分担がうまくいかなかった指し手

全体を通じて分担があまりうまくいっていなかった局面を表-1にまとめる。特に注目すべき点は、34手目△1四歩と55手目▲6七金である。局面を図-9と図-10に示す。前者は、先手の端攻めを誘発するので損と言われている。思考記録からは、普通の手である△4三金右や△2二王に多数のワーカを投入して調べた評価があまり良くなかったことから、1台だけの探索ながら△1四歩が選ばれたと解釈できる。ただし、この手もtree pipelineを活かして2手前の段階から先行して探索をした評価であるので、1台だから捨てるべきなどと機械的には結論できない。後者の▲6七金は三浦八段の指し手で、GPS将棋はまったく予想していなかった。

手数	プレイヤー	指し手	予測深さ	台数	消費(分)	検討していたほかの指し手と台数
33	三浦八段	▲2六歩	2	6	5	1六歩 (323), 3五歩 (306)
34	GPS 将棋	△1四歩	1	1	4	4二金右 (339), 4三金右 (169), 2二王 (169)
40	GPS 将棋	△7五歩	3	14	4	3一王 (280), 8四銀 (163), 9四歩 (151)
45	三浦八段	▲7六銀	3	12	1	5九角 (254), 4六銀 (173), 9六歩 (172)
55	三浦八段	▲6七金	0	0	29	5七角 (259), 9六歩 (178), 8五銀 (177), 65歩 (69)
75	三浦八段	▲8三金	2	5	29	1五歩 (246), 8四歩 (172), 8三歩 (166), 2四歩 (83)
81	三浦八段	▲8一歩成	4	9	16	2四歩 (250), 7七角 (167), 7七桂 (164)
85	三浦八段	▲7二金	1	1	10	8五角 (191), 8五銀直 (176), 8五銀右 (107), 4九角 (107), 6三角 (96)
91	三浦八段	▲9五銀	1	1	17	6二角 (191), 8二飛 (174), 5一角 (168), 7四飛 (86)

表-1 分担台数が少なかった指し手とその分析



図-9 GPS 将棋が1台で指した局面 (34手目)

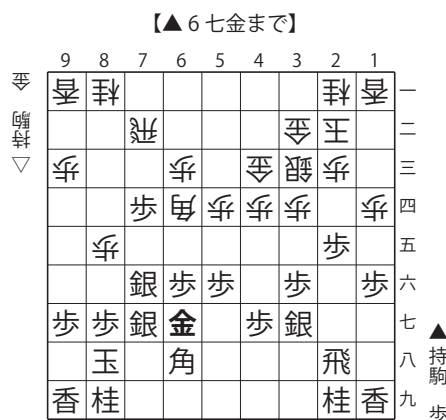


図-10 GPS 将棋が予想していなかった指し手 (55手目)

図-7で唯一深さが0の局面であり、当然担当ワーカも0なので図-8にはプロットされていない。後日のインタビューで三浦八段は、▲7四歩と指して得た歩得を活かすには、このように盛り上がり制圧することが唯一の道と判断した旨を述べられている。長期的なビジョンに基づく指し手であるとするなら、GPS 将棋が予測できなくともやむを得ないだろう。

詰み探索専用ワーカは役に立ったか？

記録によると詰み探索は3台の合計で32,433種類の局面を探索し、6回詰みを見つけ、60回は時間制限でtimeoutし、残りは詰みがないことを証明した。数少ない詰みの中では、本筋から離れた局面ではあるが40手以上の詰みを1つ見つけていた。全体としてこの対局では、先手の抑えこみが成立するかどうか焦点になり、どちらが先に相手の玉に迫るかという戦いではなかった。そのために、詰み専用探索が活躍する機会は少なかったのではないかと考えている。

形勢の推移と評価

最後に手数と評価値の推移を図-11に示す。横軸に手数を、定跡を抜けた32手目から示し、縦軸に評価値を描いた。最善手だけでなく次善手の評価も得られるので、それぞれを、バーの上端と下端に対応させている。評価値は0点が互角で、正が先手有利、負が後手有利である。絶対値に科学的な意味はないが、100点が歩1枚の目安で、また1,000点が逆転が難しいラインと経験的に思われている。

「GPS 将棋が新定跡を作ったかもしれない」と評価していただいた△7五歩▲同歩△8四銀という仕掛けの、40手目前後の段階では、評価値は0付近であった。つまり、GPS 将棋自身はそれほど後手が良いと思っているわけではなさそうである。次善手の評価を見ると、ほとんど正になっていることからほかに思わしい手がなくて仕方なく指していた可能性もある。同様に55手目以降も、次善手の評価が正になる局面がしばしばあることから、間違えてはいけないう緊迫した局面が何度も表れていたと思われる。

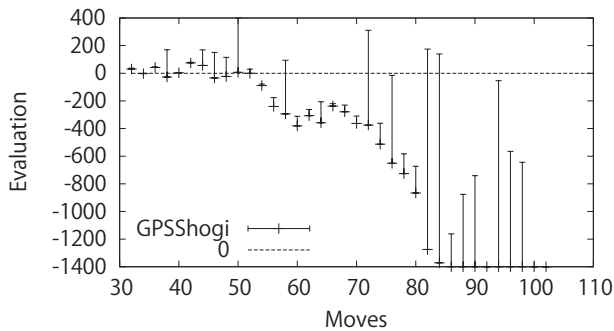


図-11 手数と評価値（下端：最善手，上端：次善手）の推移

コンピュータ将棋プログラムの形勢判断は、プログラム同士の評価がしばしば異なることから分かるように、偏りや誤りを含むいわば主観的なものである。どの局面を何点くらいと評価すると適切だったかは、プロ棋士の検討と解説、あるいは未来のより優れた将棋プログラムによる評価を待つ必要がある。特集の方針により本稿では個々の局面について触れないが、プロ棋士の方々からは、先手の三浦八段に悪手があって勝敗が決まったのではなく GPS 将棋が少しずつ良い手を指したと評価していただいた。コンピュータ将棋が指した将棋の内容に関して、ここまでの言葉をいただいて、大変名誉なことと受け止めている。

対局を終えて

終局後の対局室を写した図-12の写真は、日本将棋連盟から許可を得て掲載するものである。たくさんカメラやマイクが写真手前側にも映るように大変な注目であった。取材に訪れた人数は、普段の対局よりずっと多かったと聞く。理由としては、サッカーの国際試合での自国の応援のように団結して人間を応援する盛り上がりなどがあったためだろう。GPS 将棋が準備した約 700 台という特別な構成も、その一部に貢献していたら、とても嬉しく思う。

インタビュー中での「現在の強さを 1 としたときにどこまで強くなるのか」という問いは、大変興味深い。既存のプレイヤーの強さなら、統計的な勝率やレートで、多少は科学的な議論に載せることができる。しかし、まだ存在しない未来のプレイヤーの強さや、そもそも強さとは何かなど、議論できないこと



図-12 特別対局室風景（日本将棋連盟提供）

は多い。人工知能の研究が答えをやがて与えられるか、すぐには予想が難しい。

あらためて、対局していただいた三浦弘行八段に感謝したい。イベント全体では、公益財団法人日本将棋連盟、株式会社ドワンゴ、コンピュータ将棋協会をはじめとして、大変数多くの関係するの方々のご尽力があったことと思う。言葉にしきれない数々の場面の記憶が残る、この第 2 回電王戦に参加できたことを大変光栄に思っている。放送や報道、手記などを見ていただいた皆様とも、時代の貴重な場に立ち会った時間を、少しでも共有できていたら幸いである。最後に謝意を記して本稿の結びとしたい。

参考文献

- 1) Himstedt, K.: GridChess: Combining Optimistic Pondering with the Young Brothers Wait Concept, ICGA Journal, Vol.35, No.2, pp.67-79 (2012).
- 2) 松原 仁: コンピュータ将棋の進歩 6 プロ棋士に並ぶ, 共立出版 (2012).
- 3) 瀧澤武信ほか: 人間に勝つコンピュータ将棋の作り方: あらから 2010 を生み出したアイデアと工夫の軌跡, 技術評論社 (2012).
- 4) 金子知適, 田中哲朗: 最善手の予測に基づくゲーム木探索の分散並列実行, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.11, pp.2517-2524 (Nov. 2012).

(2013 年 6 月 25 日受付)

金子知適 (正会員) kaneko@acm.org

東京大学大学院総合文化研究科博士課程修了。博士 (学術)。2002 年同大学院総合文化研究科助手。2007 年助教を経て 2012 年より准教授。人工知能学会, 日本ソフトウェア科学会, ACM 各会員。

田中哲朗 (正会員) ktanaka@tanaka.ecc.u-tokyo.ac.jp

1965 年生まれ。1987 年東京大学工学部計数工学科卒業。1992 年同大学院博士課程修了。博士 (工学)。東京大学工学部助手, 同大教育用計算機センター助教授を経て, 現在は同大情報基盤センター准教授。日本ソフトウェア科学会, ACM 各会員。