



「オセロが解けた」を 白黒ハッキリさせようじゃないか



山名 琢翔 | 筑波大学

オセロが解かれた?!

“Othello is Solved” というタイトルの論文が arXiv に投稿されました^{☆1}。オセロでは、初期局面から双方のプレイヤーがミスをせずに打ち続ければ、終局結果は引き分けになると証明できたというのです。

オセロを「解く」とはどういうことなのか。どうやって解いたのか。また、解かれた後のオセロはどうなるのか。この記事ではオセロを解くということについて解説します。なお、この arXiv に投稿された論文“Othello is Solved”は記事執筆時点で査読や追試を経たものではないことに注意すべきです。

オセロを「解く」とはどういうこと?

ゲーム情報学の分野では、ゲームを「解く」という行為がいくつか存在して、それぞれに名前がついています。具体的には強解決、弱解決、超弱解決の3種類です。論文本体の話題に入る前に、まずはオセロを解くということについての基礎知識を簡単に紹介します。

強解決とは、オセロの初期局面から合法手を打つことで生まれるすべての局面において、その局面から双方のプレイヤーが最善手を打ち続けた場合の勝敗が分かっている、プレイヤーの最善手も分かっている

状態を言います。弱解決とは、オセロの初期局面において勝敗が分かっている、それを証明するために必要な各局面の最善手も分かっている状態です。超弱解決は、オセロの初期局面の勝敗は分かっているものの、最善手については分かっている状態です^{☆2}。Othello is Solved という論文では、オセロを弱解決したという内容を扱っています。

実は弱解決では、強解決と比べて勝敗を証明しなくてはいけない局面の数が非常に少なく済みます。たとえばオセロが引き分けであると証明したい場合、一部の局面は引き分けまたは一方の勝ちを証明するだけでよかったり (図-1 において☆をつけた局面)、大多数の局面はそもそも何も証明しなくてよかったです (図-1 において★をつけた部分)。このため、強解決よりも弱解決は計算量が少なくなります。

どうやってオセロを解いたのか?

この論文では、オセロを弱解決するにあたって 1.5×10^{18} 個の局面の勝敗を調べたと報告されています。これは膨大な数で、普通のコンピュータでは現実的な時間で計算できません。ここでは、この大量の局面を処理するための工夫を簡単に解説します。

^{☆1} Takizawa, H.: Othello is Solved, <https://arxiv.org/abs/2310.19387>

^{☆2} 田中哲朗: ゲームの解決, <https://doi.org/10.11429/sugaku.0651093>

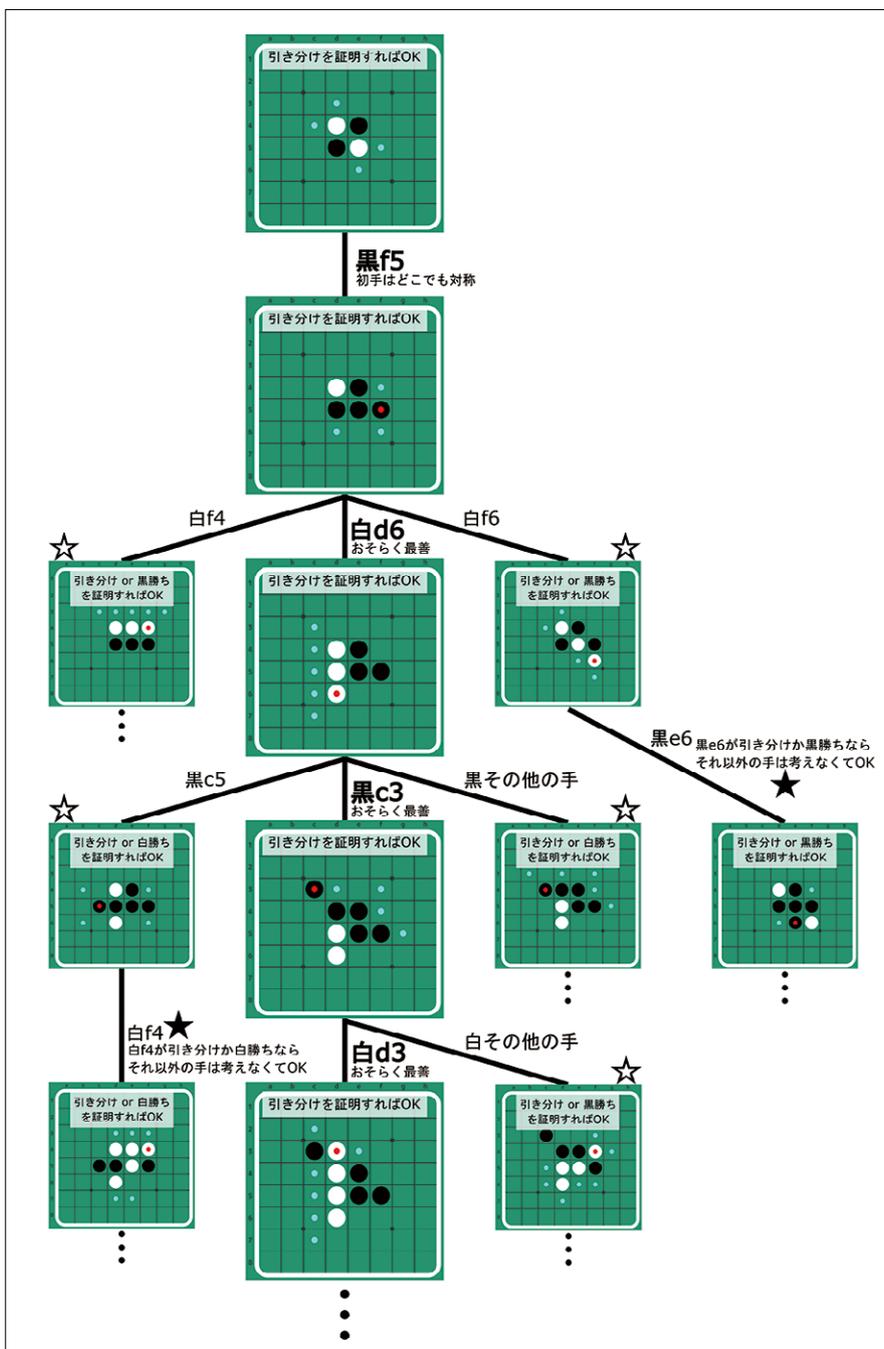
オセロは初手から終局まで最大で 60 手かかります。しかし、60 手を愚直に探索するのは非常に大変なので、この論文では初手から 10 手打つことをまず考え、その中で弱解決のために勝敗を証明すべきと思われる局面を厳選し、50 手読みの局面を

2,587 個選定しました。そして、これらの 50 手読みをさらに 14 手読みと 36 手読みに分けます。

この論文では、勝敗の予測を使うことで、結果を証明すべき局面をあらかじめ絞り、後に厳密な探索を使ってその予測が正しかったことを確認するという手法をとっています。序盤 10 手打ったところで、結果を確認すべき局面を推測を使いながら絞り、残りの 50 手を厳密に探索して、10 手打った局面での勝敗の予測が正しかったことを確認します。また、50 手読みに関しても、14 手進めたところで勝敗の予測を行って結果を確認すべき局面を列挙し、残りの 36 手を既存のオセロ AI によって厳密に終局まで読み切るようになっていきます。

この手数で分けることには、論文内で明記はされていないものの意味を推測することができます。まず、最終 36 手程度は既存のオセロ AI で終局まで厳密に読み切ることができます（ただし、計算時間は多くかかります）。また、序盤の 10 手程度は、終局まで読み切ることこそできませんが、既存のオセロ AI を使って近似的に非常に正確な評価値（その局面から双方が最善手を打ち続けた場合の終局結果）が分かります。この論文では、これらの経験的事実をうまく使ったようです。

なお、中盤の 14 手読みに関



■ 図-1 オセロの弱解決のために証明すべき局面の例

しては、既存のオセロ AI だと正確な勝敗を高速に予測することができなかつたようで、多少不正確な予測であろうととりあえず正しいものとして扱っています。これを終盤 36 手の厳密な探索と合わせて繰り返し行い、探索結果をメモして適宜参照することで徐々に予測を正確なものにしていきます。最終的に予測がすべて正しくなれば、探索終了としています (図-2)。

実は、このように予測とその検証とを用いる探索手法は APHID (Asynchronous Parallel Hierarchical Iterative Deepening) という名前です。以前に考案されています。APHID は元々並列探索のためのアルゴリズムでしたが、Othello is Solved でも弱解決という 1 つの大きな問題を独立した複数の問題に分けることで、並列化を達成しているようです。

引き分けになるということはほぼ確実な予測として常識的に存在していました。今回のオセロの弱解決は、この常識を証明した形になります。また、そもそも人間の暗記量には限度があり、最善手をすべて覚えてしまうという行為も困難です。そのため、今回の成果はオセロプレイヤーにとってオセロの打ち方に大きな変化を起こすものではないでしょう。

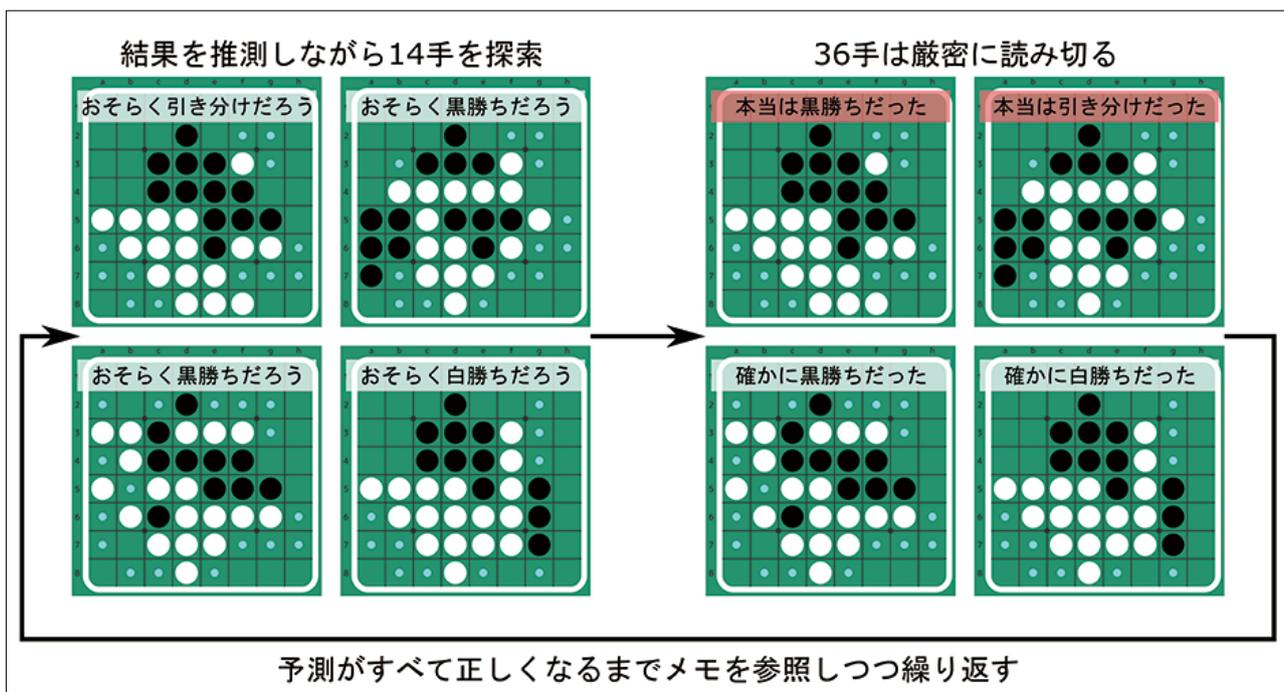
人間のプレイヤーの役に立つよう、オセロ AI は今後、もしかしたら「人間のようなミスをする AI」や「良い手の意味を言語化する AI」という方向で発展していくかもしれません。今後の研究分野の発展が楽しみです。私自身もそういった研究にかかわりたいと思います。

(2023 年 11 月 30 日受付)
(2023 年 12 月 15 日 note 公開)

解かれた後のオセロとオセロ AI

実は、オセロプレイヤーの間では、オセロが恐らく

山名琢翔 (ジュニア会員) yamana.takuto.rg@alumni.tsukuba.ac.jp
2001 年生。2020 年東京都立小石川中等教育学校卒業。現在筑波大学理工学群工学システム学類所属。2018 年度未踏事業スーパーリエータ。本会 2023 年度山下記念研究賞受賞。



■ 図-2 50 手読みにおける工夫