

ゲーム・プレイングにおける勝負手

松原 仁 飯田 弘之 (電子技術総合研究所)

e-mail: {matsubar, iida}@etl.go.jp

概要

ゲームにおいて人間のプレーヤーはある種の局面で「勝負手」と言われる手を指す。ゲームのプログラムのほとんどは、不利なときにも最善手を選んでしまう。そういう手は概して敵の読み筋と一致し、勝負所もないままにそのままずると負けてしまうことになる。このような負け方は「ジリ貧負け」と言い、強い人間プレーヤーが最も嫌う負け方とされている。強い人間プレーヤーは、不利な局面で一か八かの勝負手を指すことによって、少ない可能性ではあっても逆転を狙う。敵が適切に対処すれば無惨な敗北をきっするが、万一敵が間違えれば勝利に結び付くような手を選ぶのである。これが最善手に代わる勝負手である。ここでは、ゲーム・プレイングにおける勝負手を分析し、それをコンピュータでどうすれば指せるようになるかについて考察する。例としては将棋を用いる。

Shobu-te in game playing

Hitoshi Matsubara & Hiroyuki Iida

Electrotechnical Laboratory, 1-1-4 Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305 JAPAN

e-mail: {matsubar, iida}@etl.go.jp

ABSTRACT:

This paper describes an analysis of *Shobu-te* in game playing. *Shobu-te* is a Japanese word, which means an all-or-nothing move, a confusing move, or sometimes a risky move. *Shobu-te* plays an important role for an expert game player when the game is going against him. In such a case, if a player keeps making the normal moves (the least unsatisfactory moves), he will lose the game without having any chances to win. An expert player, however, makes the *Shobu-te* trying to pull a game out of the fire. Although that move may hasten the player's loss if the opponent deals appropriately with the situation, it expects the opponent to make a mistake or to waste his time. The goal of our research is to construct a game program that can make *Shobu-te*. *Shogi* is used as an example of games in this paper.

1 はじめに

これまでのゲーム・プログラミングの研究のほとんどは、敵も味方と同じ戦略を取る（同じ探索手法で同じ評価関数を用いる）こと、ならびに敵も味方も常に最善手と考えている手を指すこと、などを仮定していた [1, 2, 3]。これらの仮定は、いわば一人（シングルエージェント）でゲームをシミュレートしていることに相当する。一方で人間同士のゲームの対戦では、敵が味方と異なる戦略を取ることも、敵も味方も必ずしも（いわゆる）最善手を指すとは限らないこと、考慮時間には制限があってその残りが切迫するとミスを起こしやすいこと、などを互いに前提としてプレイをしている。人間の対戦はマルチエージェントの世界なのである。

ゲーム・プログラミングの研究は、コンピュータチェスが人間の世界チャンピオンに勝つことが時間の問題¹となり、今後は対象が将棋や囲碁などもっと複雑なゲームに移っていくことが予想される [2]。将棋と囲碁は場合の数がチェスよりはるかに多い。チェスでは力任せによる全数探索が成功したが、将棋や囲碁では今後のハードウェアの進歩を考慮にいたとしても、全数探索は成功しないと思われる。全数探索がうまくいかないとなると、何らかの手段で探索木の枝刈りをしなければならない。そのためには知識が必要であり、強い人間プレーヤーの対戦戦略が参考になる。将棋や囲碁は、強いプログラムを作るためのアルゴリズムの探求という人工知能的興味と、人間の強いプレーヤーの思考方法の探求という認知心理学的興味との両方が一致するゲームと言える。

人間のプレーヤーはある種の局面で「勝負手」と言われる手を指す。これは簡単に言えば逆転を狙う手である。ここでは、ゲーム・プレイングにおける勝負手を分析し、それをコンピュータでどうすれば指せるようになるかについて考察する。二人・零和・有限・確定・完全情報ゲームのすべてを対象としているが、例としては将棋を用いる。

2 ゲームにおける最善手

よく知られているように、「二人・零和・有限・確定・完全情報」ゲームには理論的に必勝法が存在する。したがって、チェッカー、オセロ、チェス、将棋、囲碁などのゲームは、先手必勝、後手必勝、引き分けのいずれかである。その意味からすれば、将棋のある局面を与えればその局面における最善手は定まる。手番を持っている方から見て、その局面が理論的に勝ちであれば勝ちに導く手が最善手であり、理論的に引き分けであれば引き分けに導く手が最善手である。理論的に負けであれば、たとえば負けとなるまでの手数が最長となる手が最善手と定義することができる。

ところが、3目並べのような単純なゲームはともかくとして、チェッカー、オセロ、チェス、将棋、囲碁のように場合の数が大きくて複雑なゲームの必勝法はわかっていない。チェッカー（約 10^{30} [4]）やオセロ（約 10^{60} ）のように比較の場合の数が小さいゲームは将来必勝法が判明するかもしれない²が、チェス（約 10^{120} ）、将棋（約 10^{200} ）、囲碁（約 10^{300} ）のように場合の数が非常に大きいゲームは必勝法が半永久的に判明しない可能性が極めて高い。必勝法が判明していないゲームについては、理論的な意味での最善手を指すことは一般に不可能である³。

したがって、複雑なゲームで理論的な意味での最善手を云々しても現実的には意味がないことになる。探索木を作ってその葉の局面を静的評価関数で数値化し、ミニマックス法によってその数値が最大になるような手を探索するプログラムにとって、そのプログラムが指す手は常に

¹ 昨年世界チャンピオンの Kasparov がプログラムの Genuis-II に負けるという事件があったが、これは正式ルールではなく早指しであった。

² 6×6 のオセロは 1993 年に必勝法が判明した（後手必勝）が、 8×8 のオセロについてはわかっていない。

³ もちろん将棋の終盤で詰みを読みきって指す場合のように、理論的な最善手を指すことのできる場合も存在する。

(そのプログラムにとっての) 最善手である、という言葉の使い方をすることにしよう。 $\alpha - \beta$ 法、前向き枝刈り、選択的深化などさまざまな工夫はあるものの、ゲームのプログラムは基本的にミニマックス法に基づいている。人間のプレーヤーがどのようにして手を読んでいるかは厳密にはわかっていないが、ふだんミニマックス法に近い方法を用いているのは確かである。以下では人間もコンピュータもふだんはミニマックス法に従うものと仮定する。

Definition 1 (静的評価) ゲームのある局面を先読みすることなく評価することを静的評価と言う。評価する関数を静的評価関数と呼び、その結果は(ひとつの)数値である。数値が正であれば(静的な)有利を、零であれば互角を、負であれば(静的な)不利を、それぞれ意味している。大きければ大きいほど有利の度合が大きく、小さければ小さいほど不利の度合が大きい。

Definition 2 (最善手) あるエージェントがある一定の静的評価関数を用いてゲームの指し手を選んでおり、ある局面において将来に静的評価値が最大になるような局面を導く手を(そのエージェントにとってのその局面での)最善手と呼ぶ。ミニマックス法を仮定すれば、ミニマックス値が最大になる手のことである。

したがって、ある局面に対して一般にエージェントごとに最善手が異なることになる。

3 勝負手

3.1 コンピュータ将棋の弱さと勝負手

チェスに比べて将棋のプログラムはまだまだ弱く、人間の専門家レベルには全然達していない。コンピュータ同士の対局ではかなりいい手を指すにもかかわらず、弱い人間にもころころ負かされるという始末である。弱い理由の中で最大のものは、いい手を見つけるための探索手法が確立されていないということであるが、それ以外にもさまざまな理由が考えられる。その一つが不利な局面での指し手の選び方のまずさである。ゲームのプログラムは一般に先読みによって探索木を作り、その葉の局面の評価値が最大になるような指し手を選択する。有利と不利は以下のように定義できる⁴。

Definition 3 (有利) 最善手の評価値が正の値であれば(動的に)有利な局面とする。

Definition 4 (不利) 最善手の評価値が負の値であれば(動的に)不利な局面とする。

将棋のプログラムのほとんどは、不利なときにも最善手を選んでしまうのである。そういう手は概して敵の読み筋と一致し、勝負所もないままにそのままずると負けてしまうことになる。このような負け方は「ジリ貧負け」と言い、強い人間プレーヤーが最も嫌う負け方とされている。強い人間プレーヤーは、不利な局面で一か八かの勝負手を指すことによって、少ない可能性であっても逆転を狙う。敵が適切に対処すれば無惨な敗北をきつするが、万一敵が間違えれば勝利に結び付くような手を選ぶのである⁵。これがいわゆる勝負手である。勝負手は最善手ではない。

⁴ここでの有利・不利は静的ではなく動的なものである。

⁵この戦略は将棋のようにどんな負けでも負けは負けというゲームに有効である。オセロのように負け方にも差があるゲームでは異なる戦略が必要である。



図 1: 1993 年佐藤康光 7 段 vs. 羽生善治竜王



図 2: 1994 年羽生善治名人 vs. 佐藤康光竜王

3.2 将棋プロ棋士の勝負手

将棋のプロ棋士の対戦の観戦記の中にはしばしば勝負手という言葉が登場する。その中から勝負手の例をいくつかあげよう。図 1 は 1993 年の竜王戦の対戦の途中である（▲2九飛まで）。ここで後手の指した □3六歩が勝負手である。後手は（超一流のプロの目から見れば）すでに不利なので、□2五歩などのふつうの手を選ばずに捨て身の勝負に出たのである。結果的には勝負手も功を奏さずに後手は負けてしまったが、ジリ貧負けよりは一か八かの勝負を選んだことになる。

先の例は中盤の勝負手であったが、次は終盤の勝負手である。図 2 は 1994 年の竜王戦の対戦の途中である（▲4三歩まで）。ここで後手が指した □5六金が勝負手である。平凡に □同飛では ▲6五角とされて思わしくないと判断して一か八かの取り合いにかけた。その後は ▲4二歩成 □6七金 ▲3二と □1三玉と進み、まだ一歩乱あったものの後手の勝負手が功を奏して後手勝ちに終わっている⁶。

⁶勝負手を指した局面で後手の棋士は不利と感じていたそうであるが、はたして本当に不利だったのかどうかはむずかしいところである。

3.3 勝負手とは何か

以前は勝負手は不利な局面で指すものとしてきた [5] が、実は有利あるいは互角の局面でも勝負手を指すことがありえる。ゲームの進行に応じてそのときそのときの局面の（動的）評価値は変化していく。評価値が大きくなる方向へ変化しているときは雲行がよく、評価値が小さくなる方向へ変化しているときは（たとえ評価値が正であったとしても）雲行は怪しい。雲行が怪しいときにそのままふつうの手を指し続けていくと将来不利になる危険が大きい。その危険を回避するためには、勝負手を指して雲行の挽回を図ることが有効である。

Definition 5 (雲行が怪しい) 現在の局面にいたる推移の中で動的評価値が減少の傾向にあるときに雲行が怪しいと言う。

Definition 6 (勝負手) 勝負手とは、(1) (動的に) 不利なとき、(2) 雲行が怪しいとき、に作為的にあえて最善手を避けて指す代替手のことである⁷。

知っていてあえて最善手を避けるのが勝負手であり、ボカとは異なる。

Definition 7 (ボカ) ミスによって最善手を外して他の手を指すことをボカと呼ぶ。

もちろん、結果的にボカが勝負手の役割を果たすことはあり得る。なお、定義によってコンピュータはボカを犯さない。

3.4 勝負手の目的

勝負手を指す目的は、以下の一方もしくは両方と考えられる。

1. 敵がボカを犯す可能性を増やすこと。
2. 敵の持ち時間を使わせること。

一般にゲームの対局では考慮時間に制限が課せられている。敵の残り時間が短くなってくれば、

- 敵の時間切れで味方が勝ちを拾う可能性が増す。
- 深く広く探索することがむずかしくなるので、敵の最善手の質が悪くなる可能性が一般に増す⁸。
- 敵が心理的にあせってきて結果的にボカを犯す可能性が増す。

などの効果が期待できる。

⁷長い手数勝ちを捨てて短い手数で勝ちに行くときにも勝負手は有効と考えられるが、ここでは考えないことにする。

⁸浅く狭く探索したことによって、かえっていい手を選べる場合もまれにありうる [1]。

4 勝負手の種類とその分析

将棋で人間のプレーヤーが指す勝負手の種類を分析し、それをゲームのアルゴリズムの用語への翻訳を試みる。

- 次善手を指す。

これは最善手を外して評価値が2番目、3番目の手を指すことに相当する。図3においてAにおける最善手はBであるが、あえてCを選ぶことが勝負手になる場合がある。敵は味方が当然Bと指すと考えてその先のEやFの子孫の局面を重点的に探索していると考えられる。その労力を無駄にして改めてCの子孫の局面を読ませることで敵の時間を消費させ、あるいは味方がCと指したことで敵の思考の動揺を誘ってボカを起こしやすくする効果を狙っている。敵が万一ボカを犯してGと指せば、味方は最善手を指すよりも形勢を挽回できたことになる。

□ MAX 局面
○ MIN 局面

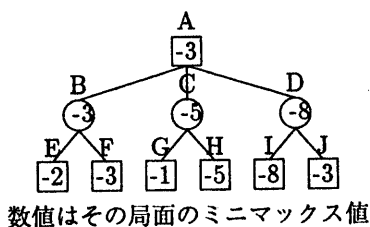


図 3: 次善手 C

- 敵が迷うような局面に導く。

これは、敵にとって選択肢の多い局面、似たような評価値がいくつもある局面を導くことに相当する。図4における最善手はBであるが、分岐因子の大きい局面を導くDが勝負手になることがあり得る。Dの局面はBやCといった他の局面よりも指すことが可能な手の数が多い（このことを分岐因子が大きいと言う）。そのために敵はより多くの手を読まなければいけなくなることが考えられる。そうなれば時間はより多く消費され、ボカの可能性も増す。敵が万が一ボカを犯してLと指せば、味方は有利に転じることができる。

□ MAX position
○ MIN position

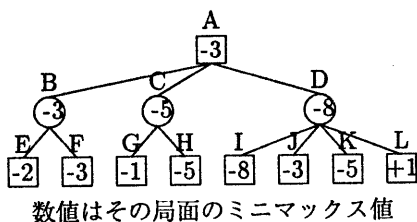


図 4: 分岐因子が大きい D

図5の最善手はBであるが、敵にとって似たような手がたくさんある局面を導くCが勝負手になることがあり得る。Cの局面の先にはH、I、Jと同じ（似た）評価値を持つ局面がいくつも存在する。どれもが敵にとってよい手になっている。敵はこれらのうちでどれが最もいいのかを判断するために、それぞれの子孫の局面を深く読むかもしれないと思われる。そうなれば時間は消費され、迷ったあげくにボカを犯す可能性も増す。敵が万が一Kと指せば味方は大儲けである。

□ MAX 局面
○ MIN 局面

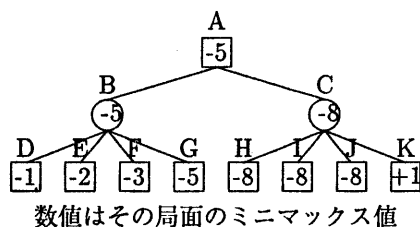


図 5: いい手がたくさんある C

- 戦線を拡大する。

将棋ではしばしば登場する概念である。駒のぶつかり合いのないところでぶつける、たとえば端の歩をあまり意味もないのにつく、といった勝負手である。この概念はまだ一般化できていないが、チェス、囲碁でも同様な勝負手は存在する。盤面における局所的な戦い（例えば将棋で言えば駒がぶつかっていることを戦いと定義する）の数を増やすこととして定義できるものと考えている。

- 守るべきところで攻める（攻めるべきところで守る）。

将棋では、駒をぶつけられたら他のところで駒をぶつけかえす、唐突に守備を補強する、といった勝負手に相当する。この概念もまだ一般化できていないが、戦線の拡大と同様に一般的に定義できるものと考えている。

勝負手はその善し悪しの評価が非常にむずかしい。まず、もともと不利もしくは雲行が怪しい局面で指すので最後はやはり負けてしまうことが多い。また、一か八かの指し手を選ぶので、多くの場合は最善手を選ぶよりも酷い負け方をしてしまう。一局や二局の勝ち負けでは評価ができない。勝負手の是非については、人間の強いプレーヤーが判断するという形を取るか、あるいは大量の統計的データを取って判断するという形を取るようになる。

5 関連研究

これまでゲーム・プログラミングにおける認知心理学・人工知能の研究はチェスを中心に数多くなされてきた [3] が、勝負手をどのように見つけるかという研究はほとんど存在しない。筆者の一人は以前から Opponent-Model Search (OMS) 法の研究を行ってきた [6, 7, 8]。これは敵の思考方法（具体的には静的評価関数ならびに探索の深さ）を味方が知っていることを前提とした探索方法である。従来のミニマックス法が敵も味方と同じ思考方法を取ると仮定していたところを、敵が味方と異なる思考法を取る場合にまで一般化したのが OMS 法である。本稿の勝負手の研究は敵の思考方法の具体的なモデルは前提としていない。Carmel らは、敵がミニマック

ス法で一定の深さまで探索しているという仮定のもとで、対戦における敵の指し手から敵の静的評価関数と読みの深さを学習する研究を行なっている [9]。Jansen は、チェスの終盤という限定された領域で、敵の思考方法のモデルを持つことによって持たないよりも有利に戦いを進めるという手法を提案している [10]。勝負手を含めて、二人ゲームをマルチエージェントの折衝と見なす研究はごく最近始まったばかりと言える。

6 おわりに

ゲームにおける勝負手について将棋を例にとりて分析した。勝負手の指し方を分析することは、強い人間の指し手の選び方のモデル化としても、強いプログラムを作るためにも、意味のある研究と思われる。将棋はひとつの例題であるが、勝負手の考え方はゲーム一般に成り立つものである。さらにはゲームだけでなく、一般に不利なとき雲行が怪しいときに状況の逆転を狙うための方策の探求へと結び付いていくものと期待される。

今後は勝負手生成のアルゴリズムの定式化とインプリメンテーション、さらには実験と進めていきたい。本稿ではどの局面で勝負手を指すべきかについては触れなかったが、これは大きな問題である。不利なとき、雲行が怪しいときに勝負手を乱発してはあつてなく負けてしまう。ここぞというときに勝負手を指すからこそ意味がある。勝負手を出すタイミングは今後の研究課題である。

参考文献

- [1] 松原仁：ゲームのアルゴリズム，コンピュータソフトウェア，vol.10,no.6,pp.3-18，日本ソフトウェア科学会（1993）
- [2] 松原仁：将棋とコンピュータ，共立出版（1994）
- [3] D. リービ，M. ニューボーン（小谷善行監訳）：コンピュータチェス，サイエンス社（1994）
- [4] V.Allis: Searching for solutions in games and artificial intelligence, Ph.D thesis, University of Limburg (1994)
- [5] 松原仁：ゲームで逆転を狙う勝負手についての考察，日本認知科学会第 11 回論文集，pp.118-119（1994）
- [6] H. Iida, J.W.H.M. Uiterwijk, H.J. van den Herik and I.S.Herschberg : Potential applications of opponent-model search Part I: the domain of applicability, International Computer Chess Association Journal, vol.16, no.4, pp.201-208 (1993)
- [7] H. Iida, J.W.H.M. Uiterwijk, H.J. van den Herik and I.S.Herschberg : Potential applications of oppoent-model search Part II: risks and strategies, International Computer Chess Association Journal, vol.17, no.1, pp.10-14 (1994)
- [8] H.Iida: Heuristic theories on game-tree search, Ph.D thesis, Tokyo University of Agriculture and Technology (1994)
- [9] D. Carmel & S. Markovitch: Learning of opponent's strategy in game playing, AAAI Fall Symposium on games: planning and learning (1993)
- [10] P.J.Jansen: KQKR: speculatively thwarting a human opponent, International Computer Chess Association Journal, vol.16, no.1, pp.3-17 (1993)