

# 道しるべ：コンピュータは将棋名人に勝てるか —プロ棋士からみた「コンピュータ vs. 人間名人」—



飯田弘之／静岡大学・将棋プロ棋士五段

## ■はじめに

チェスでは世界チャンピオンがコンピュータに敗れた。チェスプレイヤー、特に将棋のプロ棋士に相当するチェスグランドマスターらの驚きぶりは想像を絶する。「強さ」こそがプロとアマチュアを隔てる唯一の基準である。それゆえ、コンピュータに自分たちの地位を奪われるという恐怖感が現実のものとなり、自分たちの職業上の存在価値そのものが問われつつある。勝負の世界にあるのは勝者と敗者のみである。敗者がその地位を失うのはプロの世界としてごく当たり前のことである。

やや極端な前置きかもしれない。しかし、これはチェスで起きた、そして、将棋でも近い将来起きるであろう、人工知能がもたらす社会的インパクトを象徴している。

まさか将棋では名人がコンピュータに敗れることはないだろう、と日本人（特に将棋愛好家）の多くが考えている。そこには、取った駒を再び使う将棋独特のルールがチェスと将棋を大きく隔てているとの自負がある。

はたして、将棋でもチェスと同じことが起きるのだろうか。あるいは起きないのだろうか。もし起きるとしたらそれはいつ頃か？そしてそれを可能にするために超えねばならないハードルは何か？

本稿は「名人を超えるコンピュータ将棋への道」を歩み始める人たちのための道しるべである。

## ■コンピュータ将棋発展の道筋

コンピュータ将棋が現在までにどんな発展の道筋をたどってきたか、それを知れば自ずとその先行きが見えてくる。コンピュータチェスの研究は、コンピュータが世にでてから程なく欧米で始まり、かれこれ50年近い歴史がある。一方、コンピュータ将棋は研究が始まってから20年ちょっとしか経っていない。

### □コンピュータ将棋初期の時代

1975年頃、瀧沢武信氏（現早稲田大学教授）らが一通り動作する将棋プログラムを作成した。これが

世界で最初の動作する将棋プログラムといわれている。コンピュータの指し手は序盤の定跡を外れると、説明し難い奇妙な手の連発で、実力的には非常に弱いものだったが、当時は大変珍しがられいろいろなところで実演された。

1979年には大阪大学と玉川大学の間で、その後、大阪大学と東京農工大学の間でプログラム同士の対戦が行われた。ただし、この時期は「電話対戦」や「郵便対戦」で、人間がプログラムの指し手を電話や葉書で伝え、一局に2カ月余りかかった。

それから、1980年前後にかけて、いくつか将棋プログラムが作成された。ほとんどが大学研究者らによる余興的なものだった。当時のコンピュータでは、一手を選ぶのに30分もかかるという状況だった。

### □市販ソフトの出現

チェスでは、最初からコンピュータチェスの開発主力となったのは大学などの研究者であった。人間名人のようにチェスをプレイできる人工知能を目指す研究として始められた。日本の場合、コンピュータ将棋の研究の主力（実力向上に貢献）となったのは小さなソフト会社の技術者たちで、欧米でのコンピュータチェスの発展が大きな刺激になった。

1980年代になって、森田和郎氏が市販ソフトとして開発した「森田将棋」が人間の相手をできる将棋ソフトとして初めて話題になった<sup>★</sup>。実力はアマチュア十級くらい。もうこれ以上弱いがない、というレベルで、ルールを覚えたばかりの人間プレイヤーに相当する。上級者から見ればまさに素人のへぼ将棋といわざるをえない。しかし、人間初心者というのは、ルールを覚えた時点ですでに何かしら高等な戦略を先天的に持っている。たとえば、ルールを覚えたばかりだということに、負けまいとしてある種の高等な戦略を本能的に実行したり、あるいは、他の分野で培った勝負術を応用して強い相手をうならせたりする。このようなことから、アマチュア十級レベルの将棋ソフトが出現したことは1つの重要なマイル

<sup>★</sup> 弱いながらも、終局までルール違反なしにプレイでき、インタフェースや棋譜セーブ機能などが整えられ、人間とコンピュータが容易に対局できる環境が実現された。

ストーンだった。

森田将棋に追隨するソフト・メーカーは、その後あい次ぎ、1980年代半ばになると、「永世名人」、「柿木将棋」などが出てきた。将棋ソフトの競争化が始まり、互いに刺激しあって、プログラムの実力が徐々に向上してきた。この頃になると、パソコンやゲーム機のブームが起こり、コンピュータ将棋のソフト開発競争にも熱がこもって、たくさんの将棋ソフトが市場に出回るようになってきた。

1980年代後半になると、ソフト・メーカーだけでなく人工知能の研究者たちの間にも将棋を研究対象にする人が出てきた。

#### □コンピュータ将棋協会 (CSA)

将棋ソフトの開発現場の最前線で活躍するプログラマらが定期的に集まって研究会のような会合を持つようになり、1987年に「コンピュータ将棋協会」(CSA-Computer Shogi Association)が発足した。コンピュータ将棋選手権、ゲームプログラミングに関する国際会議、定期的な例会をそれぞれ開催している。2カ月に1度開催している定例研究会では、最先端の話題が活発に議論される。また、コンピュータ将棋協会誌を発行しており、トッププログラマらが思考アルゴリズムやいろいろな実験データを適宜発表して、この分野の発展に貢献している。これからコンピュータ将棋に取り組んでみようという方には、ぜひコンピュータ将棋協会に入会することをお奨めする<sup>※2</sup>。

#### □コンピュータ将棋世界選手権

コンピュータ同士の本格的対戦は、1990年11月10日、日本将棋連盟(東京)を会場として、CSA主催の第1回コンピュータ将棋選手権として実現された。このときには全部で8プログラムが参加し、最初の栄冠を手にしたのは、吉村信弘氏が開発した「永世名人」だった。

以来、毎年1回開かれ、参加ソフトは毎年増えて最近では40を超えるまでになり、ここ2、3年は東京近郊のホテルで開催されている。参加ソフトが増えるにつれて、電源の確保と(最少対局数で)公平な順位の決め方が関係者の悩みの種となっている。大会に出場する将棋ソフトのいくつかは市販ソフトで、それと同じ名前でも出場しているが、実際には強化バージョンとしてアレンジしたものである。

1993年の第4回コンピュータ将棋選手権大会では、上位ソフトはついにアマチュア上級クラスに到達した。優勝プログラムは金沢伸一氏が開発した「極」で、その後、4年連続優勝した。

4回目の優勝を飾った1996年-実力は二段くらい。4回連続優勝した圧倒的な強さを誇った「極」は翌年(1997年)2月の大会で敗れた。優勝したのは山下宏氏が開発した「YSS」で、いよいよ三段の実力に到達

した。

海外からの参加者が年々増えており、この選手権も真に国際化しつつある。1997年の大会では、Reijer Grimbergen氏(オランダ)が開発した「兵進駒(ヘーシンクと呼ぶ)」という名前のソフトが出場して、いよいよ日本柔道のような危機感を持つときがくるのか、と痛感した。幸か不幸か、現在まで歴代優勝プログラムの開発者はいずれも日本人である。

1998年の2月に行われた最近の大会では、Jeff Rollason氏(イギリス)が開発した「SHOTEST v2.0」は、日本の強豪ソフトを次々と破り、惜しくも優勝を逃す(それでも堂々3位に入賞)までに至っている。国内でも、ディープ・ブルーのような本格的なプロジェクトで立ち向かわないと、「コンピュータ将棋」は外国のプログラムに制覇されそうだ。

#### □コンピュータ将棋の技術的側面

コンピュータ将棋で用いられる要素技術のほとんどは、コンピュータチェスで開発されたものである。チェスと将棋の微妙な違いを理解した上で、上手に応用しなければならない。序盤定跡、合理的な駒組み、大局観および局面評価、評価するタイミング、終盤の寄せ、といった主要なところでまだまだ洗練が足りないのが現状である。以下、要点のみ紹介する。

序盤定跡として、名人レベルのプレイヤーが過去に指した棋譜をデータベース化する。チェスでは完全な同一局面を検索して、その局面での過去の名人の指し手を調べる。ところがこのやり方そのままでは、将棋の序盤ではあまり有効でない。わずかな違いはあっても、定跡の手あるいはその方針を用いた方がよい場合が多いからである。実際に、プロもそうしている。そこで、序盤で多少定跡を外れても定跡の意図するところを継続するようにする。その結果、駒組みだけをみると一見してプロがやっているような陣形を築くようになる。ところが序盤から中盤になると、その駒組みの真意を理解していないと、その後指し手の一貫性を欠き、とんでもない手をやる。一時期、強豪ソフトでわざと序盤定跡を使わないのがあった。しかし、最近のコンピュータ将棋選手権で上位を占める将棋ソフトは、いずれも序盤定跡を用い、なおかつ「指し手の一貫性」を適度に保持している。技術的にだいぶ進歩した証拠である。

優れた評価関数を作成することは重要な課題である。チェスでは、駒得するように指し進めるのがだいたいの場合正解になる。しかし、将棋では、駒の損得よりも寄せの速度が重要になることがあり、どの時点でそうなるのかの判断が非常に難しい。どこまで先読みするか、先読み全体にどれだけの時間を割り当てるか、といった思考ルーチンの作成に関する基本方針によって一局の評価にどれだけ時間をかけられるかが決まる。

将棋では、いつでも持ち駒を盤上の空きマスに打てるので、すぐに駒当たりの激しい局面になる。このよ

<sup>※2</sup> コンピュータ将棋協会事務局メールアドレス：  
csa-admin@etl.go.jp

うな激しい局面は、もうちょっと先まで読んでみると、最善手が変わる可能性が高い。どうやって静かな局面を認識するかは重要である。このような問題は「地平線効果」として知られる。ディーブ・ブルーが他のチェスプログラムと比べて安定して強い理由の1つに、singular extension<sup>1)</sup>と呼ばれる地平線効果対策がある。先読みの途中で、他の手と比較してずば抜けて良さそうに思える非凡 (singular) な手はもっと先まで先読みを続けるのである。ある変化では行きつくところまで先読みしてしまい、数十手を越えることになる。ディーブ・ブルーの高速処理ならではの策といえよう。いずれにせよ、コンピュータ将棋の面白い点は、地平線効果による先読み失敗をいかに解消するかにある。

コンピュータ将棋での最大の妙味は寄せにある。これは相手の王を詰めたり、詰めろをかけたりにすることである。詰将棋問題のようなあらかじめ詰み (こうなると勝ちになる) があるとわかっている局面をコンピュータに与えると、人間より速く正解を探す。しかし、詰みがあるかどうかわからない局面ではどの程度の深さまで先読みすればよいのかわからず困ってしまう。強いプレイヤなら局面を一目パッと見て、これは詰みそうだ、というような勘が働く。そのような人間の勘に相当するようなものを評価関数として表す研究上の試みはすでにあるが、実用レベルには至っていない。

以上の他に、先読み探索と知識のバランス、パターン認識による良さそうな手の選別、不利なときの勝負手、終盤のデータベースなど総合的にアップしないとプロレベルには到達できない。チェスではしらみつぶし型の探索方式で、計算機パワーにまかせていとも簡単に世界チャンピオンを破ったような印象を与えた。しかし、しらみつぶし探索を支えている脇役としてのさまざまなファクタがあればこそである。将棋では、これらの脇役をどのように実現するかが重要なポイントとなる。

#### □コンピュータが名人と試合をすれば・・・

将棋では、コンピュータが人間名人と対戦して話題になるほど、プログラムが進歩していない。また、ノーギャラで公の場でコンピュータ相手に対戦してくれるプロ棋士もいないのが実状である。

1996年秋、ゲームプログラミングの国際会議が箱根で開催された<sup>43)</sup>。

会議1日目の夕方、某プロ棋士の協力により「コンピュータ対プロ棋士」のエキスポーション試合が実現した。柿木将棋と森田将棋の2つの将棋ソフトとの同時対局である。対戦条件は、6枚落ち (飛車と角、桂2枚、香2枚) で、コンピュータ側には思考時間30分の制限が設定された。結果は、いずれもコンピュータ側の勝ちだった。試合は、序盤から中盤にかけて、プ

ロ棋士側が幾分優勢に進めていた。通常のこの手合いの人間相手なら、このまま勝つと確信したはずである。ところが、終盤に入って、両コンピュータともまるで人が変わったかのように、強い指し手の連続で、最後は、両コンピュータともプロ棋士側の王を見事な即詰めに追い込んだ。二、三段の人間でも、見逃してしまいそうな華麗な寄せだった。

予定より早く終わったので、2回目の試合 (雪辱戦) が始まった。やはり、序盤から中盤にかけて、プロ棋士側が優勢に進めることができた。今度は、終盤に入って、プロ棋士は細心の注意を払いながら指し進め、コンピュータは前回とは見違えるほど、何もできずに負けてしまった。最初の対戦のときは、序盤から中盤にかけて優勢に進め、相手 (コンピュータ) のプレイスタイルがおおよそわかったつもりでいた。終盤でも、そんなもんだらうと思ってやっていた。それがとんでもない油断だったのである。自分のプレイスタイル (相手モデル) を知られると、極端に弱くなるのが現在のコンピュータ将棋の大きな弱点である。

ここで紹介した2つの将棋ソフトは6枚落ち対戦用にチューニングされていない。にもかかわらず、初対決時には見事にプロ棋士を負かした。終盤の詰みに関してはすでにプロ級 (あるいはそれ以上) であるが、序盤と中盤、そして、寄せが今後の課題である。2枚落ち (飛車と角を取る) でプロ棋士に勝てるようになれば、その後の進歩は著しい、と筆者は予測する。

#### □将来では

「21世紀の前半にコンピュータ将棋が人間名人を超える」と筆者は予測している。具体的には、コンピュータは基本的に全可能手を調べるかそれに近いやり方でプレイし、それを支えるハード・ソフトの両面での技術的融合によってプロレベルに到達することだろう。ずばり2010年代と思う。

一方、人間名人は見込みのありそうな手だけを候補手として、かなり先まで読む。人間名人と同じ深さまでしらみつぶしに先読みすることは、2010年代の計算機処理能力をもってしても不可能である。しかし、十数手以内で生じるあらゆる手筋を理解した上でプレイできるコンピュータはすでにプロのトップレベルである。全可能手をしらみつぶしに先読みすることは、膨大な手筋を知っていることに相当するのである。

単純な意味で、コンピュータの処理能力はこれまでおよそ1年に2倍のペースで発展している。本格的な将棋アーキテクチャの技術開発も手伝って、十数手をしらみつぶしに先読みできる処理能力に達するのは、2010年代であろうと予測する。これまでの発展をもとに今後の発展を直線にあてはめてみた (図-1参照)。

将棋ではチェスにおけるレーティング制度が確立していないので、そのときどきのコンピュータ将棋の最高パフォーマンスを客観的に判断することは難しい。図中のマークした点は、主にこれまでのCSA選手権の優勝プログラムに対する筆者の評価で、その場に居

<sup>43)</sup> Game Programming Workshop '96のURLは以下の通り。  
[http://www.ff.ij4u.or.jp/~jun1/csa/gpw3\\_e.html](http://www.ff.ij4u.or.jp/~jun1/csa/gpw3_e.html)  
<http://www.cs.inf.shizuoka.ac.jp/~uida/GPW/gpw96.html>

あわせた筆者の主観的判断に基づいている。それぞれマークした点からこれまでの発展の様子を直線で近似したもので、今後の発展を示唆している。

このままコンピュータ将棋が着実に発展を遂げれば、人間名人を超えることは間違いない。そして、人間名人を超えることから、より人間らしくプレイすることへ関心に移るだろう。初心者を相手に手ほどきする将棋ソフト、相手のレベルに応じて楽しく対局のお相手をする将棋ソフトなどがただ強いだけのソフトに代わって台頭するだろう。これらのソフトは、相手の実力やその時の気分などに応じて、ポカにお付き合いしたり、さりげなく勝つチャンスを与えたりできる。もちろん、将棋にさほど未練のない人は、コンピュータにとって将棋よりもっと複雑かつ魅力的なゲームへと移行するだろう。すなわち、チェス → 将棋 → 碁 → サッカー（ロボットによるサッカー）、といった風に。

### ■プロ四段の“壁”を突破するには

コンピュータ将棋は、すでに述べたようにチェスでの開発経験を参考にし、先読み探索といくつかの小さい改良を重ね、さらにハード自体の進歩もあってアマチュア三段レベルまで発展してきた。プロ棋士レベルであるプロ四段に到達するためのポイントは何だろうか？

#### □より人間的な思考法

改良のポイントの第一は、これまで試みられた“前向き枝刈り”をよりの的確に行うことである。しらみつぶし型先読み探索では、先読みの深さに応じて探索する局面数が指数的に増える。その際、見込みのある指し手だけを少し（たとえば、100手あるうちの30手だけ）残して、あとは刈りとしてしまい、見込みのある指し手はもっと先を読む。このような手続きをそれぞれの局面で繰り返して、先読みによって生じる組合せ爆発にブレーキをかける。このような前向きな刈り取りをしないと先読み七、八手くらいで局面数は数千億に達しコンピュータの処理能力の限界を超えてしまう。それと同時に、見込みのある指し手だけを選択的に探索するやり方でしらみつぶし型先読み探索とほぼ同じような結果となるようにするためのテクニックが必要である。多少ではあるが、すでにそのような試みは論文にも現れている。

#### □平均十手以上先まで読めば・・・

四段以上のプロ棋士と対戦するには、一手平均で十手以上先を読めなければ話にならない。もともと将棋は、チェスに比べて先読みをする際の最初の一局目の指し方は倍以上（およそ40対100）あるので、先読み局面数の増え方はチェスとは比べものにならないほど急激である。しらみつぶし探索だけでは、計算機の処理能力向上があったとしても対応できない。

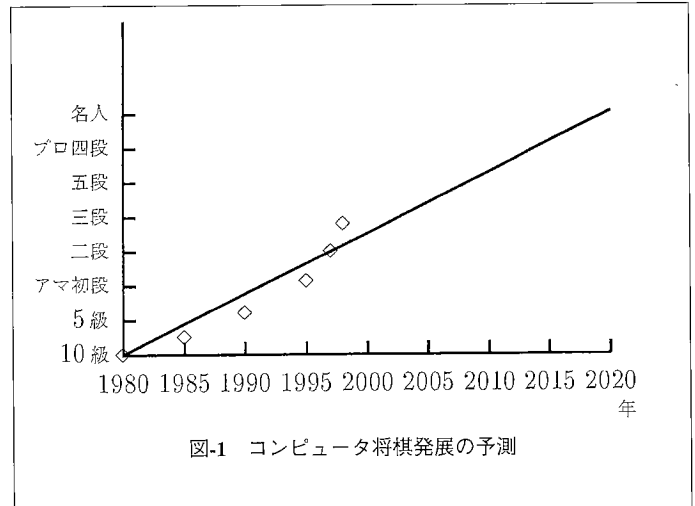


図-1 コンピュータ将棋発展の予測

今後の前進のためには

- (1) 「前向き枝刈り」を的確にできる工夫をする。
- (2) 将棋用の専用マシンを開発する。
- (3) チェスの場合のように、チームで開発する体制をとる。

といったことが必要だと考えられる。

#### □人間の大局観をプログラムする

人間の大局観は、頭の中でどのようにして起こってくるのかということをよくわかっていないが、「前向き枝刈り」のような思考は、人間なら大局観によるひらめきでやっている。つまり、見込みのない、言い換えれば、先読みするまでもないようなつまらない指し手を、瞬時に判断する。それをコンピュータにもやらせようというのは、非常に困難なことであるが、研究上、非常に有意義である。

前向き枝刈り（選択的探索）の場合、完璧なしらみつぶし探索にならないので、ミス（見落とし）が生じるのは避けられない。コンピュータチェスでは、グランドマスターレベルになるとそのようなミスが決定的なものであるとの認識で、選択的探索は見捨てられた。コンピュータ将棋を題材とするとき、こういったミスが生じるのを恐れるのではなく、むしろ、ミスを認識しかつ真の最適手を探すメカニズムを究明したい。

#### □名人を倒すための条件

プロ四段の壁を突破するのはなかなか大変なことである。四段クラスを打ち負かしてもさらにその上の名人を倒すのはさらに大変なことのよう思える。というのは、チェスではプロ四段クラス（かそれ以上）に相当するグランドマスターらを打ち負かすコンピュータが1980年代の終わり頃にはすでに現れていたにもかかわらず、名人カスバロフを破ったのは昨年のことである。ただし、これはあくまでチェスの例である。

将棋においては筆者はむしろ楽観視している。コンピュータ将棋がプロ四段のレベルに到達（2010年前後と予想）すれば、あとはプロ高段者との実戦を重ね、そのケーススタディをたくさんプログラムの中に蓄積

することで名人レベルに近づける、と考えている。そのような高度でしかも実用的な機械学習のテクニックが生み出されることを期待したい。もちろん、コンピュータの処理能力の向上も期待できる。

#### □コミュニティ・学会・雑誌など

コンピュータ将棋が商用だけでなく、学術的研究面でも非常に盛んになっていることを裏付けるかのように、ゲームのプログラミングをテーマとする国際研究集会「Game Programming Workshop (GPWシリーズ)」が1994年以来、毎年日本で開催されている<sup>44</sup>。

ここでは、将棋、碁をはじめとし、さまざまなゲームを題材としたプログラミング技法が議論されている。海外からの発表者/参加者も年々増え、本格的に「コンピュータとゲーム」を扱うメジャーな国際会議に成長しつつある。将棋(碁も含めて)のような、単なる遊びでなく、日本の伝統文化ともいえるゲームが、ちょうどチェスの次のターゲットとして国際的に注目されていることが背景にある。また、GPWシリーズではこの分野で活躍中の方を招待講演者として招き、将来を展望する有意義なフォーラムを提供している。1996年の秋に開催されたGPW '96では、ディープ・ブルーの作者を招いて、開発過程での創意工夫の数々を披露していただいた。今後の改良計画とそれによってどのくらい実力アップが期待できるかを述べた後、「来年の雪辱戦では必ず勝てる」と結論した。一そのようになったのは周知の通りである。

コンピュータとゲームに関する本格的な国際会議「The First International Conference on Computers and Games (CG '98)」<sup>45</sup>が今年11月に日本で開催される。プログラム委員の面々は国際的に一線で活躍している研究者ばかりである。

CG '98では、学術研究の実験題材としての種々のゲーム、ゲームプレイングプログラム、詰将棋や倉庫番などのパズル解答および創作プログラム、ゲームをする人間の認知、ゲームの数理、ゲーム理論の応用、マルチエージェントゲーム、ネットワークゲーム、コンピュータを用いたゲームの社会学的分析、コンピュータを用いた新しいゲームの開発、ゲーム向きコンピュータアーキテクチャ、などなどが活発に討論される予定である。本稿に興味を持たれた方にはぜひ参加して欲しい会議である。いずれにしろ、「コンピュータとゲーム」はこれまでの学問領域の枠を越えて、新たな一領域として独立する大きな可能性を秘めている。

コンピュータとゲームに関する研究成果は、従来は、チェスとその主流であり、その多くは人工知能の分野で発表されることが多かった。欧米では、古くから、

コンピュータサイエンス関連の国際会議で、ゲームのセッションが開催されてきた。もちろん、近年もACM<sup>3)</sup>、国際合同人工知能会議(IJCAI)やアメリカ人工知能学会(AAAI)などでも、随時、コンピュータゲーム関連の論文が発表されている。たとえば、「Artificial Intelligence」誌では、これまでコンピュータチェス関連の論文がかなり多く掲載された。ディープ・ブルーがカスパロフを破ってしまったので、読者の関心という点から、チェス関連の論文は大幅に減ることだろう。その代わりに、コンピュータ将棋(碁)に関する論文が増えることを期待したい。最近では、GPWシリーズに加えて、IJCAI-97(1997年名古屋で開催)に併設されたコンピュータゲームのワークショップ<sup>4)</sup>が大変好評だった。

“Advances in Computer Chess (ACCシリーズ)<sup>8)</sup>”は、コンピュータチェスをメインとする本格的な国際会議で、これまで3年に1度開催されてきた。コンピュータチェス世界選手権(WCCCシリーズ)が1974年以来、3年に1度開催されており、その翌年にACC国際会議が開催される仕組みである。これらのシリーズはいずれもInternational Computer Chess Association (ICCA)が主催母体となっている。1970年代半ばまで、コンピュータチェス関連のイベント(大会や研究会議)はACMが主体となって開催していたが、ACM内のコンピュータチェスの研究グループが中心となって1977年にICCAができた。ICCAが発行するICCA Journalにはコンピュータチェスを中心に、コンピュータとゲームに関する論文が掲載される。

コンピュータチェス全般に関しては文献2)がわかりやすい。コンピュータ将棋の入門書として文献6)がよい。また、最近の進歩の様子は文献7)がお奨めである。コンピュータによるゲームとその社会的インパクトについては、拙著<sup>5)</sup>を参照していただければ幸いである。

#### 参考文献

- 1) Anatharaman, T. S., Campbell, M. S. and Hsu, F.-h.: Singular Extensions: Adding Selectivity to Brute-Force Searching, *Artificial Intelligence*, Vol.43, No.1, pp.99-109 (1989).
- 2) Levy, D. N. L. and Newborn, M.: *How Computers Play Chess*, Computer Science Press, New York (1991). 邦訳(小谷善行監訳): *コンピュータチェス*, サイエンス社 (1994).
- 3) Newborn, M. and Marsland, T. A. (eds.): *Recent Advances in Computer Chess*, in *Proceedings of 1996 ACM Computer Science Conference*, Philadelphia, ACM, ISBN: 0-89791-82802 (1996).
- 4) Iida, H. (ed.): *Proceedings of IJCAI-97 Workshop on Computers and Games entitled "Using Games as an Experimental Testbed for AI Research"*, the Fifteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-97), Nagoya, Japan (1997).
- 5) 飯田弘之: *AIは予言する—人工知能がひらく驚異の世界*, エージー出版 (1998).
- 6) 松原 仁: *将棋とコンピュータ*, 情報フロンティアシリーズ, 情報処理学会編, 共立出版 (1994).
- 7) 松原 仁編: *コンピュータ将棋の進歩 I, II*, 共立出版 (1996, 1998).
- 8) Van den Herik, H. J. and Uiterwijk, J. W. H. M. (eds.): *Advances in Computer Chess 8*, Universiteit Maastricht, Maastricht, The Netherlands, ISBN 9062162347 (1997).

(平成10年7月1日受付)

<sup>44</sup> GPW '96: <http://www.cs.inf.shizuoka.ac.jp/~iida/GPW/gpw96.html>

GPW '97: <http://www.cs.inf.shizuoka.ac.jp/~iida/GPW/gpw97-review.html>

<sup>45</sup> <http://www.cs.inf.shizuoka.ac.jp/~iida/CG98-CFP.html>