



# 将棋とICT コンピュータ将棋

コンピュータ将棋協会 副会長 **たきざわ 瀧澤** **たけのぶ 武信**



## 1. はじめに (コンピュータ将棋の歴史と現状)

コンピュータ将棋は筆者らが1974年11月に開発を開始したのが最初のことと思われる。詰将棋に関しては、既に開発されていた。また、コンピュータチェスやコンピュータ囲碁は既に開発が始まっていた(表1)。瀧澤のプログラムは、1984年に窪田義行小学生名人(現プロ棋士七段)と対戦、惨敗したが5級と評価された。1986年に東京農工大学の小谷善行氏(現在同大学名誉教授)らと「将棋プログラ

ムの会」(1987年に「コンピュータ将棋協会、Computer Shogi Association, CSA」と改名)を立ち上げた。同協会は1990年から「コンピュータ将棋選手権」(現在は「世界コンピュータ将棋選手権」)を(途中で時期をずらしたため行っていない年が1度あるものの)毎年1回ずつ主催している(表2)。

選手権の優勝者にはアルゴリズムの公開を促し、強いプログラムを皆で早期に生み出すような仕組みを考えた。黎

■表1. コンピュータ将棋略史

年	事項
1949	☆ コンピュータチェスの最初の論文が発表される
1950頃	☆ コンピュータチェスの開発が開始される
1969	☆ 最初のコンピュータ囲碁が開発される
1974	★ 瀧澤らの研究グループによりコンピュータ将棋の開発が開始される。ミニマックス原理そのものによるソフト
1984	★ 瀧澤の $\alpha\beta$ 法によるプログラムが窪田義行小学生名人(当時、現プロ七段)と対戦、5級と認定される
1986	★ 小谷善行氏、瀧澤らが「将棋プログラムの会」を発足する
1987	★ 「将棋プログラムの会」を「コンピュータ将棋協会 (Computer Shogi Association, CSA)」に改名
	★ PC上で動くコンピュータ将棋プログラムが発売される
1990	★ 第1回コンピュータ将棋選手権が開催される
1995頃	★ 最強のコンピュータ将棋がアマ初段に到達する
1997	☆ 「Deep Blue」がトーナメントルールで世界チャンピオンに2勝1敗3分で勝つ
2002	★ 鶴岡慶雅氏が「激指」に実現確率探索を用いて優勝する
	★ 「激指」がアマ竜王戦で全国大会ベスト16に入る
2005	★ 橋本剛氏らが開発した「TACOS」が橋本崇載七段と平手で対戦、善戦する。日本将棋連盟、プロ棋士が公式の場でコンピュータと対戦することを禁止
	★ 保木邦仁氏が「Bonanza」に評価関数の自動学習と全幅探索を用いて優勝する
2006	★ 「Bonanza」が渡辺明竜王と平手で対戦、善戦する
2007	★ 保木邦仁氏が「Bonanza」のソースコードを公開する
2008	★ コンピュータ囲碁プログラム「Crazy Stone」、「Zen」などがMonte Carlo法により急速に強くなる
2008~2010	☆
2010	★ コンピュータ将棋システム「あから2010」が清水市代女流王将に勝つ
2012~2017	★ 将棋電王戦が行われる。コンピュータ将棋プログラムがプロ棋士に通算14勝5敗1分
2015~2017	☆ 2015年に「教師あり学習」によるデータを利用したコンピュータ囲碁プログラム「AlphaGo」がヨーロッパのトッププロ棋士に勝ち、2016年に論文がNatureに掲載される。また、2016年に「AlphaGo」が韓国の李世石九段と5番戦い、4勝1敗となる。2017年に「AlphaGo」が世界最強棋士の柯潔九段(中国)と3番戦い、3勝0敗となる
2017	☆ 「教師なし学習」(「教師あり」で学習したプログラムによる自己対戦データ)を利用した「AlphaGo Zero」が「AlphaGo」をはるかに上回る結果を出し、論文がNatureに掲載される。さらに、ゲームのルールだけを与えて自己対戦させた結果による学習を行った「Alpha Zero」が、囲碁、チェス、将棋でそれぞれそれまでの最強プログラムと対戦し勝ち越す
	★ COVID-19蔓延のため第30回世界コンピュータ将棋選手権が中止となる
2020	★ 世界コンピュータ将棋オンライン大会が開催される
	★ 第32回世界コンピュータ将棋選手権が開催される
2022	★

★コンピュータ将棋、☆コンピュータチェスまたはコンピュータ囲碁

■表2. 世界コンピュータ将棋選手権 優勝回数

優勝回数	プログラム名	選手権
5	金沢将棋	3、4、5、6、9
4	IS将棋	8、10、11、13
4	激指	12、15、18、20
3	YSS	7、14、17
2	Bonanza	16、23
2	GPS将棋	19、22
2	PONANZA	25、26
2	elmo	27、31
1	永世名人	1
1	森田将棋3	2
1	ボンクラーズ	21
1	Apery	24
1	Hefeweizen	28
1	やねうら王	29

(注) オンライン大会の優勝は水匠

明期の強いプログラムの作者である森田和郎氏の考えでもあり、彼の功績は大きい。1995年にはたまたま選手権は行われていないが、その頃に最強のプログラムがアマチュア初段に到達したと思われる。その後は2年に一段ずつ強くなっていたが、2005年に「激指」(鶴岡慶雅氏)が「実現確率探索」という手法を用いて優勝し、招待参加した「アマチュア竜王戦」全国大会で9位に入る活躍を見せ、新聞等で大きく報道された。2006年には「Bonanza」がプロ棋士の棋譜を用いた「教師あり学習」の手法を用いて優勝し(作者の保木邦仁氏は「物理化学」研究のためカナダのトロントに滞在中で、コンピュータ将棋のことはあまり知らなかったらしい)、2007年、Bonanzaは渡辺明竜王(当時)に平手で挑戦し善戦し、これも大きな話題になった。

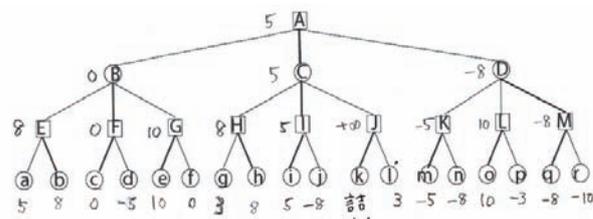
現在は、GPU (Graphics Processing Unit、比較的単純な処理を並列処理することで高速計算が可能な装置)を用いるDeep LearningやGPUを用いないNNUE (Efficiently Updatable Neural Network) などによる学習を用いて人間の最強者のレベルを超えたところに到達しているが、それらの手法の多くがソースコード付きで公開されており、比較的容易に強いプログラムが開発できるためか、選手権への参加者数は減ってはいない。

## 2. ゲームプログラムのアルゴリズム

瀧澤が最初に実験的に開発したプログラムはミニマックス法によるものであった。その後、 $\alpha\beta$ 法によるものを開発し、窪田さんと対局した。図1はミニマックス法 (min-max

原理)の説明図でゲーム木と呼ばれる。図の□や○は「ノード (node) といい、局面を表わす。Aは現局面で、ルート (root、根) ノードという。a、b、...、rは読みの末端で、葉 (leaf) ノードという。□は自分(現局面で手番の側)が指す局面、○は相手(現局面で手番でない側)が指す局面である。ノードとノードを結ぶ線分はアーク (arc) といい、手を表す。葉ノードの下の数値はその局面の(何らかの方法で得られた)評価値(正の値は自分にとって有利であることを、負の値は相手にとって有利であることを表わし、値の大きさは有利さの度合いを表わす)である。この図では、現局面Aでは、B、C、Dの局面に進む3個の手があり、局面BではE、F、Gに進む3手が、Eではa、bに進む2手があることが分かる。各ノードでは、それぞれ最善の手を選んで進めていく。

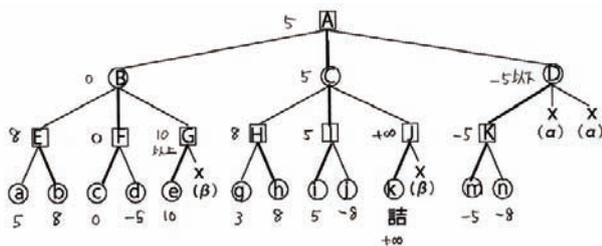
図1では、局面Eは自分の手番なので、次の1手は、自分にとって最善の手である、評価値8のbに進めることになる(このとき、Eの評価値として、bの評価値8を「バックアップ」する)。局面Fも同様に、評価値0のcに進めることになる。一方、局面Bは相手の手番なので、相手にとって最善の(自分にとって最悪の)手である、評価値0のFに進める手を選ぶ(評価値は0がバックアップされる)。なお、評価値 $+\infty$ の局面kは相手の王が詰んでいる局面を表わす。同様に、局面CではIへ進め(評価値は5)、局面DではMへ進める。最後にルート局面AではCへ進めることになり、評価値は5となる。この方法では、ゲーム木にルートノードを除き30ノードが登録され、そのうち18ノードは何らかの方法で評価値を計算する必要がある。



■図1. コンピュータ将棋の基本技術 (1)  
min-max原理 30ノード (評価: 18ノード)

### ・ $\alpha\beta$ 法

ルート局面からミニマックス原理と同じ次の1手を選ぶ「 $\alpha\beta$ 法」というもっと効率的な方法がある。図2では、Aからは、B、C、Dの局面に、BからはE、F、Gの局面に、Eからはa、bの局面に進めて、aとbのうち、評価値8のbに進め、Eの評価値を8とし、Fからはcとdのうち、評価値0のc



■図2. コンピュータ将棋の基本技術 (2)  
alpha-beta法 22ノード (評価: 12ノード)

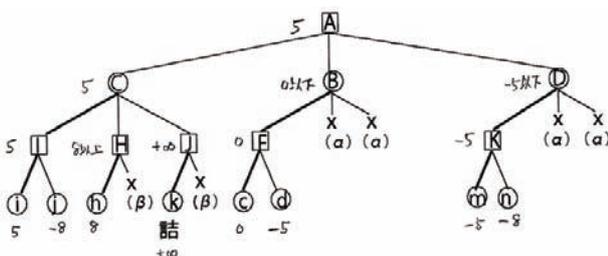
に進め、Fの評価値を0とするまでは、ミニマックス法と同じである。

しかし、次に、Gからeに進めると評価値は10となり、EやFの評価値より高い。すると、Bの局面では、Gへ進む手は選ばれない。なぜなら、もしGからe以外の手があり、その手の評価値がeの評価値より低いのであれば、Gではその手は選ばれないし、eの評価値より高いか同等ならGの評価値はeより高いか同等となり、BからGの手は選ばれない。いずれにしろ、Gで1つでもEやFの評価値より低い評価値の手が見つければ、BでGに進む手は選ばれないことが分かる（これを「 $\beta$ カット」されるという）。

同様に、Kの評価値が-5であると、Dの評価値は-5以下であることが分かり、この値はBやCの評価値より低いのでDの先のK以外に進む手は選ばれないことが分かる（これを「 $\alpha$ カット」されるという）。

このような $\alpha$ カット、 $\beta$ カットを行って木を「刈り込む」ことで、ミニマックス法に比べると、ルート局面から次の1手を得るために読む手を少なくすることができる。図2ではルートノードを除き、22ノードが登録され、評価しなければならないノードは12である。

$\alpha\beta$ 法では、手を読む順序が重要であり、例えば、図3では、ルートノードを除き16ノードが登録され、評価しなければならないノードは8である。



■図3. コンピュータ将棋の基本技術 (3)  
効率が良い場合 16ノード (評価: 8ノード)

### ・ Deep Learning

局面を画像のように捉え、その特徴量から多層構造のニューラルネットワークへの投入データを作成し深層学習させておき、対局時には現局面の特徴量から「次の1手」（と、必要であればある種の「評価値」）を得る方法でコンピュータ囲碁に用いられて大きな成果を得た。AlphaZeroが将棋でも成功することを示したので、現在盛んに用いられている。GPUとの相性が非常に良く、Deep LearningではGPUの使用が標準的になっている。Deep Learningの仕組みは、対象とする局面からNeural Networkへ投入する特徴量を抽出した後、形式的にはベクトル値関数の合成関数の値（ベクトル値）を求めるもの、と考えればよい（「ベクトルの要素」も「数」などのスカラー値とは限らず、ベクトル値など構造値の場合もある）。最終的な合成関数の値（ベクトル）の要素は、「手」と「評価値」（勝率など）である。

Deep Learningは、現在成功しているように見えるが、「評価値」が「勝率」で得られるため、この方法が理論的な「最善手」を得るものではないことに注意する必要がある。例えば、ある年の勝率が非常に高いプログラムAに対し、次の年にはそのプログラムとの対戦成績が非常に良いプログラムBが誕生しているが、これは、ある年のプログラムAが完全なものではないことを示している。一方、将棋のような2人・零和・確定・有限・完全情報ゲームでは、双方が最善を尽くすと、結果はある側の勝ち、負け、引き分けのいずれかに確定していることが知られている。しかし、将棋のゲームの木（探索空間）全体は、有限とはいえ十分大きいので、最善手順やどちらが勝ちか引き分けか、といった「完全解明」はなされていない。完全解明されない限り、ある年の最強のプログラムが将棋をどこまで近似しているかは分からないので、現在のレベルが完全解明に対しどこまで近付いているのかも分からない。完全解明は今後「量子コンピュータ」が発展すれば可能となるかもしれないが、これまでの機構では、太陽系が滅びるまで計算しても解明されないもので、逆に言うと、いくらでも研究を続けることができる。

## 3. コンピュータ将棋選手権

表1にあるように、コンピュータ将棋選手権は1990年から始まった。当初から海外からの参加を認めており、実際、第5回大会に「GNU Shogi」が初めて参加し、その後も参加プログラムがある。

コンピュータチェス「Deep Blue」がカスパロフ氏に2勝1敗3分けと勝ち越した1997年によくアマ2段程度であっ

た。その頃8台のマシンを結合したプログラムが登場した。「学習」を行っていたプログラムは数種類あったが、成功したものはなく、2006年の選手権に「Bonanza」が登場し、優勝したことで「学習」が有力な方法として認められるようになった。2008年には「習甦」がNeural Networkを利用して活躍した。同じ年にFPGA (Field Programmable Gate Array) というハードウェアを利用した「A級リーグ指し手1号」が登場した。2008年には、それまで強いプログラムのアルゴリズムの公開は推奨していたが、ソースコードの公開までは想定しておらず、2006年に優勝したBonanzaの作者がソースコードを公開した。これにより、それまではコンピュータ将棋に簡単には参入できなかったが、比較的容易にできるようになり、コンピュータ将棋の進歩が一気に加速することとなった。

2020年には第30回を行う予定だったが、COVID-19蔓延のため中止し、代替で「世界コンピュータ将棋オンライン大会」を実施した。2021年には第31回がオンラインで開催された。2022年には第32回が開催される予定である (表3)。

■表3. 世界コンピュータ将棋選手権 (最近の結果)

回	開催日	参加チーム数	優勝	準優勝	第3位
23	2013.5.3-5	40*[1]	Bonanza	PONANZA	GPS将棋
24	2014.5.3-5	38 [1]	Apery	PONANZA	YSS
25	2015.5.3-5	39 [2]	PONANZA	NineDayFever	AWAKE
26	2016.5.3-5	51 [1]	PONANZA	技巧	大將軍
27	2017.5.3-5	50 [1]	elmo	Ponanza Chainer	技巧
28	2018.5.3-5	56 [2]	Hefeweizen	PAL	Apery
29	2019.5.3-5	56 [2]	やねうら王	Kristallweizen	狸王
30	2020.5.3-5		中止		
0	2020.5.3-4	39 [0]	水匠	Hefeweizen-2020	elmo
31	2021.5.3-5	53 [0]	elmo	PAL	Ryfamate
32	2022.5.3-5	59 [2]			

0はオンライン大会、31回はオンライン開催、32回は申込者数、[ ] 内は海外チーム数 (内数)、\*は招待1を含む。KristallweizenはHefeweizenの、Hefeweizen-2020はKristallweizenのそれぞれ後継。

## 4. おわりに (人間プレーヤとの関係)

初期の頃は、コンピュータ将棋は大変弱く、学会のエキシビジョンで飯田弘之氏 (プロ棋士七段で工学博士、現在は北陸先端科学大学院大学副学長) が1990年代中頃、2つのプログラムに対し6枚落ちで2勝1敗、4枚落ち3面指しで3勝0敗であった。

2003年から2005年には世界コンピュータ将棋選手権の解説にいらしていた勝又清和氏 (プロ棋士) のご厚意で、二枚落、飛車落、角落で対局していただいた (なんと、勝

又氏自身による解説付き)。当然のことながら、駒を落とすのはプロ棋士である。結果は、コンピュータプログラム側の3勝であった。

前述のように、結局2017年の第2期電王戦でPONANZAが佐藤天彦名人に2連勝したことで決着した (表4)。佐藤名人は敗れる可能性が高いことを承知で対局してくださった。コンピュータ将棋はその後もどんどん強くなっており、人間との対局には意味がなくなってしまった。かつては、コンピュータ将棋が人間のプロが指摘した手を指すと「コンピュータ将棋は強いね」と言われていたが、現在は、コンピュータ将棋が人間のプロが指摘した手を指すと「あの先生は強いね」と言われるようになった。隔世の感がある。いずれにしろ、コンピュータ将棋と対局してくださった日本将棋連盟の棋士の先生方に深謝する。

最後に、繰り返しになるが、現在のコンピュータ将棋が正解を指しているか、あるいは、昨年のもより今年のものの方が正解に近付いているのかどうかは「正解」が分からない以上分からない、ということに注意する必要がある。

■表4. 電王戦対戦結果

年	棋戦名	対戦
2012	第1回将棋電王戦	3時間の持ち時間 (1分未満切り捨て) で伊藤英紀氏が開発した「ボンクラーズ」が日本将棋連盟会長の米長邦雄永世棋聖に勝つ
2013	第2回将棋電王戦	4時間の持ち時間 (1分未満切り捨て) でコンピュータ将棋 (習甦、PONANZA、ツツカナ、Puella $\alpha$ 、GPS将棋) がプロ棋士 (阿部光瑠四段、佐藤慎一四段、船江恒平五段、塚田泰明九段、三浦弘之八段) と対戦。PONANZA、ツツカナ、GPS将棋が勝ち、Puella $\alpha$ が引分。3勝1敗1引分となる
2014	第3回将棋電王戦	5時間の持ち時間 (チェスクロック、切れたら秒読み60秒) でコンピュータ将棋 (習甦、やねうら王、YSS、ツツカナ、PONANZA) がプロ棋士 (菅井竜也五段、佐藤紳哉六段、豊島将之七段、森下卓九段、屋敷伸之九段) と対戦。習甦、やねうら王、ツツカナ、PONANZAが勝ち、4勝1敗となる
2015	将棋電王戦FINAL	5時間の持ち時間 (チェスクロック、切れたら秒読み60秒) でコンピュータ将棋 (Apery、Selene、やねうら王、PONANZA、AWAKE) がプロ棋士 (斎藤慎太郎五段、永瀬拓矢六段、稲葉陽七段、村山慈明七段、阿久津主税八段) と対戦。やねうら王、PONANZAが勝ち、2勝3敗となる
2016	第1期電王戦	2日制、8時間の持ち時間 (チェスクロック、切れたら秒読み60秒) でコンピュータ将棋 (第3代電王PONANZA) がプロ棋士 (山崎隆之観王 (八段)) と先後各1局ずつ対戦。PONANZAの2勝となる
2017	第2期電王戦	1日制、5時間の持ち時間 (チェスクロック、切れたら秒読み60秒) でコンピュータ将棋 (第4代電王PONANZA) がプロ棋士 (佐藤天彦観王 (名人)) と先後各1局ずつ対戦。PONANZAの2勝となる