



1

ゲーム情報学の現在

—ゲームの研究は日本で疎外されなくなったのか—

松原 仁（公立はこだて未来大学）

ゲーム情報学

ゲーム情報学という名称ができたのはそんなに古いことではない。本会でゲームに関する研究会を立ち上げることを計画していた1998年頃に研究会の名称を何にすればよいか関係者で検討をしていた。なかなかよい案が出てこなかったが、筆者が橋田浩一氏（当時電子技術総合研究所 現産業技術総合研究所）に相談したところゲーム情報学という名前を提示してもらった。これはいいということでゲームを対象とした情報処理の研究をゲーム情報学と呼ぶことにして1999年から発足した研究会の名称にした次第である。英語ではGame Informaticsと呼ぶが、これはゲーム情報学を英訳したものである。情報処理の用語のほとんどは英語の元々の用語を和訳したものであるが、これは日本語が先で英訳したものである。いわゆる「ゲーム情報学」は欧米では従来から盛んに研究されてきたが、特に名称はついていなかったということであろう。以前の日本ではゲームの研究がほとんどなされていなかったが研究会の発足前後からようやく本格的になされるようになり、いまでは日本は世界でもゲーム情報学の研究が最も活発な国の1つになっている。

ここではゲーム情報学が日本で発足して現在に至るまでの経緯を筆者なりに振り返り、以前は疎外されてきたゲームの研究¹⁾が現在の日本で疎外されなくなったのかを考えたい。

Deep Blue 対 Kasparov 戦の影響

ゲーム情報学にとって非常に影響が大きかった出

来事は、1997年5月にコンピュータチェスのDeep Blueが世界チャンピオンのKasparovに勝利したことであった²⁾。コンピュータが発明された直後にTuringやShannonから始まった「コンピュータが人間のチェス世界チャンピオンに勝つ」という人工知能のグランドチャレンジが達成されたのである。チェスは情報処理の格好の題材として主に探索技術の発展にとっても貢献したが、世界チャンピオンに勝つという最大の目標が達成されたことで、チェスはもはやゲーム情報学の中心的な題材ではなくなった。

ゲーム情報学における国際的な学会としてInternational Computer Chess Association (ICCA) という組織があって1977年の設立以来学会誌を発行していた。チェスのプログラムの技術的な工夫についての研究論文だけが載っているというマニアックなものであったが、一定の会員数があって毎年4巻を出版していた。ここに掲載された論文の改訂版がその後AI Journalという人工知能で最も権威のある論文誌に掲載されたということも多い。この学会を中心に数年に1回の割合でAdvances in Computer Chessという国際会議を開催していた。この国際会議がゲーム情報学におけるほぼ唯一のものであった。Deep BlueがKasparovに勝ったことによって、それまでゲーム情報学で中心的な存在であったチェスとその立場を降りることになった。世界チャンピオンに勝つからさらに強くするとか数学的な必勝法を求めるとかの目標はあるものの、世界チャンピオンに勝つというインパクトのある目標に比べると地味なのでチェスを研究対象にする人は大きく減少した。

ゲーム情報学はチェスだけでなく他のゲームも対象とせざるを得なくなった。学会はInternational

Computer Games Association (ICGA) と名称が変わり、国際会議も Advances in Computer Games と名称が変わった。チェスの次に対象とするゲームを模索する中で、人工的にチェスよりはるかに探索空間が広い Arimaa³⁾ というゲームを作ってこのゲームの強いプログラムを研究するという試みがなされている。この試みは興味深く進展が期待されるものの、人工的に新しく作ったゲームなので Arimaa は人間の方に強い人が存在しないという問題点がある。チェスは長い歴史があって多くの人間が楽しんでプレイをして強い人たちはプロとしてそれを生業としている。したがってチェスのプロ棋士はある専門領域のエキスパートとしてゲームにとどまらずたとえば医療や金融など他分野のエキスパートに通じるところがあり、チェスのプロ棋士に勝つコンピュータチェスを開発することがエキスパートのレベルの情報処理の研究として意味を持っていたのである。Arimaa はまだ人間の方がコンピュータよりも強いが、将来コンピュータが人間に勝つことができたとしても、それが他分野のエキスパートに匹敵するかどうかは分からない。

オセロはチェスと同じ 1997 年（こちらは 8 月）に世界チャンピオン村上健とコンピュータオセロ Logistello が対戦して Logistello が勝利した。オセロは探索空間がチェスよりかなり狭いので、トップ対決はもっと早く数年前に設定されるべきであった（一般に探索空間が広いゲームの方がコンピュータにとってむずかしい）。オセロの関係者はコンピュータに対抗して（従来のオセロが 8×8 の盤面であるのに対して） 10×10 , 12×12 という広い「オセロ」を作って人間の優位性を保とうとしている。しかし Arimaa 同様に 10×10 や 12×12 の「オセロ」も人間はプレイ経験が少ないために強くない。Arimaa はこれまでにないタイプのゲームなのでコンピュータを強くするのはむずかしいが、 10×10 や 12×12 の「オセロ」はルールはオセロと同じためにプログラムのパラメータを替えればいいだけなのでコンピュータはすぐに強くできる。盤面が広い「オセロ」を作っても人間の優位性を保つという目的は達成できないのである。

やはりゲーム情報学は一定の歴史があってそれなりにプレイする人がいる（強い人が存在する）ゲー

ムを対象としてまだしばらくは進める必要がある。機械学習や探索など特定の技術を発展させるために人工的なゲームを題材とすることは当然あっていいのだが、そのゲームの有効範囲は限られている。チェスのようなプロ棋士が存在するという点でチェスの次の候補になるゲームは将棋と囲碁であった。その研究の展開については後で述べるが、Deep Blue が Kasparov に勝った 1997 年の直後から日本でゲーム情報学が盛んになったのは、日本のゲームである将棋と囲碁がその頃から世界でもゲーム情報学の有力な例題となってきたことに関係していると思う。

チェスについて言えば、ゲーム情報学の中心ではなくなったものの、その後も研究開発は続いている。コンピュータチェスの世界選手権は現在に至るまで定期的に開催され、ICGA の学会誌にチェスのプログラムの技術的な工夫も相変わらず掲載されている。1997 年に Deep Blue が Kasparov に勝ったのはまぐれであったが、その後のコンピュータとプログラムの進歩により、いまや実力でコンピュータが世界チャンピオンを圧倒するようになっている。Deep Blue はスーパーコンピュータと専用コンピュータを用いた大掛かりなものであったのが、いまやパソコン上のプログラムが世界チャンピオンに勝ってしまうまでになった。

ゲーム情報学研究の進展

1998 年前後に筆者はゲームを研究テーマとする研究グループを当時の職場である電子技術総合研究所（現産業技術総合研究所）の中に持つことになった。国の研究所にゲームを冠する研究グループ（ゲーム戦略ラボと呼ばれていた）を作ることができたのは研究対象としてゲームが市民権を持ち始めたことを意味する。その研究グループに Reijer Grimbergen（将棋を担当 現東京工科大学）、Ian Frank（コントラクトブリッジを担当 現公立はこだて未来大学）、Martin Mueller（囲碁を担当 現 Canada Alberta 大学）と外国人研究者が揃ったので、彼らの協力を得てゲーム情報学の新たな国際会議を地元のつくばで開催した。それまでに

は数年ごとに開催される Advances in Computer Chess (Games) だけしかゲーム情報学の国際会議はなかったのである。新たな会議は Computers and Games と名付けて基本的に2年ごとに開催することになり、世界のゲーム情報学の主要な国際会議として現在も続いている。名称を変更した ICGA では飯田弘之氏（北陸先端科学技術大学院大学）が中心メンバとして活躍している。

1994年から筆者らが自主的に実施してきた毎年のゲームプログラミングワークショップの活動をもとにして、1999年に本会にゲーム情報学研究会を設立した。年に2回の研究会と1回の2泊3日泊り込みワークショップ（ゲームプログラミングワークショップ）を実施している。本会に年に数回の定期的な発表の場が確保されたことにより、大学院生や学生がゲーム情報学を研究テーマにすることが増えてきた（大学でゲーム情報学の研究が増えてきたのは、教員の世代交代で研究対象としてゲームを許容する教員が増えたことも関係していると思われる）。ゲームプログラミングワークショップは2011年に16回目を開催し（Computers and Games を日本で秋に実施したときには開催しなかったので年数より回数が少ない）、ゲーム情報学の関係者の年中行事として定着している。研究成果の発表の場としての論文誌はゲーム情報学単独では持っていないが、情報処理関係あるいは人工知能関係の論文誌に投稿している。国際誌であれば IEEE や ACM などの情報処理系の論文誌、あるいは AI Journal をはじめとする人工知能系の論文誌にゲーム情報学関係の論文がときどき掲載されている。チェッカーが解けた（引き分けになるゲームであることが分かった）という論文は Science に掲載されている⁴⁾。国内誌であれば本会論文誌、電子情報通信学会論文誌あるいは人工知能学会論文誌にときどきゲーム情報学関係の論文が掲載されている。特に本会論文誌はすでに2回ゲームプログラミング論文特集が組まれており、2012年にも3回目の特集が予定されている。この10年間に以下の3本がゲーム情報学から論文賞を受賞しており、研究としても高いレベルを保っていることが分かる。

長井 歩, 今井 浩: df-pn アルゴリズムの詰将棋を解くプログラムへの応用, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.6 (June 2002)

田中哲朗: 部分ゲームの解析結果を用いたカルキュレーションの戦略, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.10 (Oct. 2002)

金子知道, 田中哲朗, 山口和紀, 川合 慧: 駒の関係を利用した将棋の評価関数の学習, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.1 (Jan. 2007)

ゲーム情報学を専攻して博士号を取った研究者は1990年代までは非常に少なく、飯田弘之氏（前述）ほか数えるほどしかいなかった。2000年代以降は多くはないものの一定数の博士号取得者が出るようになっていく。ゲーム情報学を発展させるためには大学の教員に支持者を増やす必要がある。博士号取得者が増えていることは喜ばしい。ゲーム情報学を表看板にして大学に就職できるのは依然としてむずかしいが、それはやむを得ないであろう。ゲーム情報学以外にも表看板で就職できない研究領域はたくさん存在する。ゲーム情報学を潜在的に許容する教員が増えることが重要である。

ゲーム情報学が日本で受け入れられるようになった背景として、デジタルゲームの隆盛の影響も大きい。従来はゲームといえば将棋、囲碁、オセロ、トランプのような思考ゲームが中心であったが、特に日本では最近になってデジタルゲームが圧倒するようになった。若者では将棋や囲碁のルールを知っている人よりもスーパーマリオやファイナルファンタジーのプレイの仕方を知っている人の方が多い。デジタルゲームはとても面白いが、ゲームのしすぎによる問題も指摘されている。新しいメディアはかつてテレビや本もそうであったようにその導入時には過度な入れ込みによる弊害が問題になる。要は適度な付き合いをすればいいのだが、適度な付き合いができるようになるまで時間がかかる。デジタルゲームはその過渡期にあるために批判が多いと考えられる。デジタルゲームが批判の対象になったので、思考ゲームは相対的にその立場がよくなってきた。同じゲームではあるが思考ゲームは

頭を使うということでデジタルゲームに比較して「いいもの」と見なされるようになってきたのである。子どもの教育やお年寄りの痴呆防止のために思考ゲームを取り入れるという試みも行われるようになっていて、以前は思考ゲームも博打の仲間「悪いもの」の範疇にあったのだが、世間からそれより悪いと見なされるデジタルゲームが出現したことによって地位が向上した。思考ゲーム自体の地位が向上したことにより、それを研究対象とするゲーム情報学の地位も向上したと言える。デジタルゲームも適度な付き合いができればメリットは大きいので、近い将来にデジタルゲームの地位が向上すればさらにゲーム情報学の地位も向上すると期待したい。

筆者はデジタルゲームも研究しているので、デジタルゲームも情報処理の研究の例題として価値が高いことは強調しておきたい。本会のエンタテインメントコンピューティング研究会ではデジタルゲームが中心的な例題の1つとなっている。

将棋と囲碁のプログラムの進歩

日本でゲーム情報学の研究が進んでいることを如実に表しているのが最近の将棋と囲碁のプログラムの進歩である。将棋はチェスと異なり敵から取った駒を再利用できる持ち駒制度があるので、チェスが収束型ゲーム（終盤になると選択枝が減る）なのに対して将棋は発散型ゲーム（終盤になると選択枝が増える）であり、チェスの場合の数が約 10^{120} なのに対して将棋の場合の数は約 10^{220} である（場合の数はゲーム木の大きさを示す）。コンピュータにとって将棋はチェスよりむずかしいゲームで、なおかつゲームとして類似している（ともに敵の最重要の駒を取ることがゲームの目的である）ので、チェスの次に対象とするゲームとして将棋は適当である。

チェスでは終盤データベースが有効であったが将棋では無効なので、将棋ではその代わりに詰め将棋を解くルーチンが深く研究された。1990年代からさまざまな研究者によって詰め将棋を効率的に解くアルゴリズムが開発されてきたが、特に有効だった

のが証明数 (proof number) の概念を拡張した探索アルゴリズムであった。証明数探索は1990年代に外国で提唱されたものであるが、しばらくの間は適当な応用が存在しなかった。詰め将棋を解く（あるいは解けないことを示す）のに証明数探索が使えることに気がついて非常に効率のよいアルゴリズムを開発することに成功した。その後証明数探索のアイディアは囲碁にも有効であることが示されつつある。コンピュータが詰め将棋を解く能力はかなり以前にトッププロ棋士のレベルを超え、すでに人間の能力が及ばないレベルにまで達している。

将棋のプログラムの強化に非常に有効だったのは機械学習による評価関数の棋譜からの自動獲得である。機械学習は人工知能の中心的研究課題で盛んに研究されているが、チェスなどむずかしいゲームではこれまで機械学習はほとんど使い物にならなかった。Bonanza という将棋プログラムが初めて本格的に評価関数のパラメータ値を棋譜から自動学習してコンピュータ将棋選手権で優勝という成績を収めた。それまでの評価関数のパラメータはプログラマーが手作業で調整していた。それだとせいぜい評価関数の要素は百以下である。機械学習だと（多くのパラメータ値はゼロであるものの）評価関数は億単位の要素を扱えるので、それだけ評価が正確になる。現在の将棋プログラムのほとんどは評価関数のパラメータ値を機械学習によって求めている (Bonanza method と呼ばれている)。

ゲーム情報学はチェスでは得られなかった研究成果を将棋から得ることができた。これらの研究成果を背景として合議制の将棋システム「あから 2010」が2010年に女流プロ棋士の清水市代女流王将に勝利した^{5), 6)}。コンピュータ将棋の実力はプロの間レベルには十分に達していると思われる。

囲碁は陣地取りのゲームで類似したものが他に存在しないこともあってゲーム情報学では世界的に早くから注目されていた（囲碁のプログラムの開発が始まったのは1960年代の外国で、将棋のプログラムの開発が始まった1970年代よりも早い）。囲碁の探索空間の広さは 10^{360} と非常に大きく、チェスで成功した探索中心の手法がそのままでは使えそうに

ない。どうすればいい手を探すことができるのかなかなか分からず、囲碁のプログラムはずっと弱いままアマの有段者になれなかった。

コンピュータ囲碁のブレイクスルーは2000年代に発展したモンテカルロ法の応用である⁷⁾。ゲーム情報学のほとんどの研究者はモンテカルロ法という単純な統計手法が囲碁で有効だとは信じることができなかった。この方法で強くなるのであればそれまで自分たちが苦労していた囲碁に関するヒューリスティック手法が否定されてしまうからである。しかし予想に反してモンテカルロ法は囲碁に有効であった(もっとも単純なモンテカルロ法ではなくいくつかの工夫が施されている)。これまで数十年研究してきてアマ有段者になれなかったのだが、数年のうちにアマ有段者になった。いまは持ち時間が短ければアマ5段に勝てるようになり、9×9の狭い囲碁盤ではプロ棋士に勝つまでになっている。このレベルは将棋でいえば10年ほど前に相当するので、囲碁も今後順調に行けば10年ぐらいでいまの将棋のレベルに到達できるかもしれない。コンピュータ囲碁の研究は国際的で世界チャンピオンはずっと外国のプログラムだったのだが、最近ではZen(市販名「天頂の囲碁」)という日本のプログラムが世界チャンピオンになっている。

将棋と囲碁のプログラムがこのように進歩を遂げたのには日本のゲーム情報学の研究者が大いに貢献している。

ゲーム情報学の今後

以上見てきたように日本でもゲーム情報学は受け入れられた(もはや疎外されていない)と見なすことができる。研究領域はその研究の目標が達成されれば消滅するのが本来は筋である。もしゲーム情報学の目標を「ある程度人間がプレイしている思考ゲームのすべてでコンピュータの方が人間より強くなること」であるとすれば、その目標の達成は視野にはいつてきた。将棋はトップ同士の対戦がいつ実現するかの問題になっており、以前は差が大きかった囲碁もこれから十数年以内にXデ이는訪れると思われる。コンピュータにとって囲碁よりむずかしいメジャーな思考ゲームは存在しないので、十数年後

に目標を達成して消滅する(研究会や国際会議も閉じる)のが筋かもしれない。

しかしゲーム情報学の目標を「ゲームに情報処理の技術を適用すること」と広く捉えれば、むしろそれからが本番になる。いまは人間対コンピュータの対決図式で取り上げられることが多いが、それはコンピュータがまだ人間より弱いあるいはいい勝負だからである。コンピュータの方が明らかに人間より強いとなればもはや対決は成り立たなくなり、本来あるべき協調の段階に至る。たとえばどんな強さの人ともいい勝負ができるアルゴリズムの開発は重要な研究課題である。「2001年宇宙の旅」のHAL9000のコンピュータは乗組員相手にチェスで勝ち続けていたが、それは真に知的とはいいいがたい。相手の人間に手抜きがばれないように手を抜いて勝ったり負けたりするのが真に知的なコンピュータの役目である。コンピュータにこういう「接待」ができれば人間にとって楽しい時間が過ごせる。誰にも勝つコンピュータを作るよりも誰とでもいい勝負ができるコンピュータを作るほうがはるかにむずかしい。コンピュータが人間を助けてゲームをもっと人間にとって楽しいものできるようにゲーム情報学は頑張っていきたいと思う。

参考文献

- 1) 松原 仁: ゲームと情報科学—ゲームの研究はなぜ日本で疎外されてきたか—, 松原 仁・竹内郁雄編「ゲームプログラミング」, 共立出版, pp.199-206 (1998).
- 2) ブルース・パンドルフィーニ著, 鈴木知直訳: ディープブルー vs. カスパロフ, 河出書房新社(1998).
- 3) Syed, O. and Syed, A.: Arimaa: A New Game Designed to be Difficult for Computers, Journal of the International Computer Games Association, Vol.26, No.2, pp.138-139 (2003).
- 4) Schaeffer, J., Burch, N., Björnsson, Y., Kishimoto, A., Müller, M., Lake, R., Lu, P. and Sutphen, S.: Checkers Is Solved, Science, Vol.317, No.5844, pp.1518-1522 (2007).
- 5) 松原 仁編: 「あから2010勝利への道」特集, 情報処理, Vol.52, No.2, pp.152-190 (Feb. 2011).
- 6) 田中 徹, 難波美帆: 閃け! 棋士に挑むコンピュータ, 梧桐書院(2011).
- 7) 美添一樹: モンテカルロ木探索—コンピュータ囲碁に革命を起こした新手法—, 情報処理, Vol.49, No.6, pp.686-693 (June 2008).

(2011年11月21日受付)

松原 仁(正会員)
matsubar@fun.ac.jp

1986年東大大学院工学系研究科情報工学専攻博士課程修了。同年電総研(現産総研)入所。2000年公立はこだて未来大学教授。ゲーム情報学, エンタテインメントコンピューティング, 観光情報学などに興味を持つ。コンピュータ将棋協会理事。コンピュータ囲碁フォーラム会長。