

プログラミングシンポジウムGPCC のゲームとパズル

小谷善行 (東京農工大学)、南雲夏彦 (神奈川大学)、飯田弘之 (静岡大学)、
竹内郁雄 (電気通信大学)、一松 信 (東京電機大学)

毎年正月に情報処理学会プログラミング・シンポジウムが箱根で開かれる。その分科会として、ゲームやパズルをコンピュータで解くことを競争することを目的とする GPCC というものがある。そこでは 27 年間にわたり、興味深いゲームやパズルの問題を提起し、解く競争をしてきた。その歴史を振り返りつつ、提起された課題やその解答を示す。

Game and Puzzles in the Session GPCC in Programming Symposia

Yoshiyuki Kotani, Natsuhiko Nagumo, Hiroyuki Iida,
Ikuro Takeuchi, Shin Hitotumatu

IPSJ Programming Symposium has been held in Hakone in every January for years. We have a night session called GPCC (Games and Puzzles Competition on Computer), where the members have proposed interesting games and puzzles, and have competed for solving or by matching. Here we survey the history, showing the problems and the results.

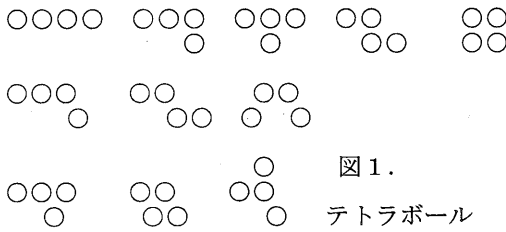
1. GPCCとは

プログラミング・シンポジウムという組織がある。これは年一回一月に開かれ、今年までで 40 回を数えている。これはコンピュータ・サイエンスの研究者の新年会のような感もあるもので、毎年恒例の行事になっている。プログラミング・シンポジウムは、現在、情報処理学会が主催しているが、当初は学会とは独立した存在であったし、また学会より長い歴史がある。

同シンポジウムがかかわる催しとしては、夏のシンポジウムとか、若手の会とかがあるが、そのなかでももっとも小さいものの一つ

が GPCC である。GPCC は、Games and Puzzles Competition on Computer の略であり、コンピュータを使ってゲームやパズルを解く競争をするという趣旨で活動するものである。

集会は年に一度しかなく、プログラミング・シンポジウムのなかで行う。プログラミング・シンポジウムは 2泊3日の日程であるが、夜には自由討論というインフォーマルな分科会が各夜三つで二夜あわせて数回ほどあり、そのうち一つが GPCC に当てられている。そこで前年に解いた問題の報告とか、今後の問題をどうするかなどの話をする。場合によっては人間同士のゲームの対戦が始まったりす



立体ペントキューブ（厚さ1のペントミノを $3 \times 4 \times 5$ の直方体に詰める）全解 3940 通りを求めるのには竹内が 11 時間 17 分 30 秒かかっている。

HEX は辺を連結するゲーム（小正六角形が 64 個つながった辺が 8 の菱形で自分の色の対辺同士をつないだほうが勝ち）で、西沢輝泰の作成が報告されている。

1976 年の報告では次のようになっている。第一種の問題は、タングラムの五角形の種類数と TAIT の問題と BAO の解析。7 ピースの断片をつないでできる五角形の数を調べる（凹のものも含む）。これは竹内により 53 通りというのを出した。

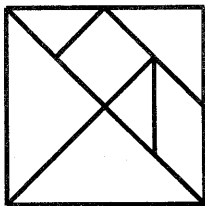


図2. タングラム

TAIT の問題は、白と黒の石 n 個ずつを互い違いに並べたものから片方に分かれた状態に移す。つまり $\bigcirc \bullet \bigcirc \bullet \bigcirc \bullet$ から $\bullet \bullet \bullet \bigcirc \bigcirc \bigcirc$ （または $\bigcirc \bigcirc \bigcirc \bullet \bullet \bullet$ ）にする。ただし石は隣り合った二つずつを平行移動して空いているところに移す。各 n に対してこの最小手順の種類数を求める。奥乃博により $n = 10$ に対して 96 通りなどの結果が報告された（空き地を二つまで許した場合）。

BAO の解析。これは KALAH や WAR I、AWARI などの変種があるアフリカ系のゲームで、2 列の穴の列に石をいくつか入れておいてそれを取っていくゲーム。これが先手必勝か否かを調べる。回答者なし。

第二種の問題。立体ペントミノ（継続課題）。第 2.5 種の問題 General Purpose Packing Puzzle Playing Program を作れという問題。第三種としては HEX の対戦が実現した。3 組のプログラムが参加し、

西沢・田村治男組 対 奥田富蔵
西沢・田村治男組 対 野村浩郷

で西村・田村組がそれぞれ 2 勝した。

1977 年は、第一種は数式作りで、1976 の四つの数字で 1 から 100 までを作れというもので、一松と今井が手で作成した。第二種はなく、第三種は、HEX に加えてオセロとカルキュレーションが加わった。

HEX では、はじめて先読みをするプログラム（電通大学）、学習をするプログラム（野村、竹内）が報告されている。

オセロは、古賀英治対堀幸一郎、古賀対毛塚正弘、堀対間下浩之のそれぞれのプログラム同士の対戦が行われ、それぞれ 1 対 1 であったことが報告されている。

カルキュレーションはトランプで行う 1 人遊びであり、初心者ではほとんどできないが、熟達すると 9 割くらいできるというもの。ここではまだプログラムは報告されていない。その後カルキュレーションのブームとなったのでここでルールを述べておく。

- ① 四つの台札の場所、四つのスタック、一つの山がある。
- ② 目的は、1,2,3,...,K および 2,4,6,...,J,K および 3,6,9,...,10,K および 4,8,Q,3,...,9,K というふう積み上げられた 4 個の台札を作ることである。スーツは無視する。
- ③ 手順は次の通り。Joker なしの 52 枚を裏向けにしてよく切る（山札）。

以下を繰り返す：

- ・山札から一枚めくる
- ・それを、台札の置ける位置のどれかまたはスタックのどれかに置く
- ・スタック上のから台札に好きな回数移す（あるいは移さない）

る。あまり統制がとれていないがそれが良いところである。

そのあとは各自が自分のところでプログラムを書いて、また一年経って報告するというわけである。ときにより *bit* 誌 (共立出版) 上で、課題をアナウンスして、出席していなかった人に伝えることもある。

運営については、世話人 (あるいは、幹事か主査か) というべき人が 1 人いるだけである。世話人は分科会の司会をして、プログラミング・シンポジウム最終日などに GPCC の新課題を説明し、解答を勧誘したり、受け付けたりして GPCC 報告にまとめるを行う。

2. その歴史

1974 年のプログラミング・シンポジウムの夜の自由討論の一つとして、計算機によるゲームとパズルの会合が開かれた。これが GPCC の発端のようである。そこから始めると、1999 年で、27 年という長い歴史があることになる。さらにそれ以前にもコンピュータによるゲームやパズルについての活動があったのでそれを入れるともっと長い。たとえば、GPCC とかなり関係するのは 1970 年の一松主催の研究集会で、すでに、一松、竹内の他に佐藤雅彦、笈捷彦、松田道雄、大附辰夫、榎本彦衛、池野信一、後藤英一、川合慧、清水達夫、上林弥彦、矢島脩三、鈴木昭雄、細井勉の諸氏がペントミノ系の詰め込みパズル、L ゲーム、ナイトの周遊、シャノンのスイッチングゲーム、マヤゲーム、箱入り娘などを論じている (以下多くの方々の名前が出てくるが敬称を略させていただきます)。

GPCC に長い歴史があるといっても特に変化もなく続いている。運営の世話人だったのは本稿の著者の 5 人であり、順に、一松 1 年、竹内 12 年、小谷 4 年、南雲 6 年、(小谷 1 年)、飯田 1 年ほどのあいだ世話人をした。その時期は参考文献の著者とその年を見るとだいたいわかる。

解答などは、現在の世話人の飯田の方に送ってほしい。

解くべき問題は、次の 3 種類を出すことになっている。

第一種の問題：計算機によって

まだ解かれていない問題で、

先に正しく解いたほうが勝ち。

第二種の問題：すでに解かれて

いる問題を能率よく解く競争。

第三種の問題：プログラム同士

でゲームの対戦をする問題。

当初はこの三種をすべて出題していたが、その一部を出したり、区別があいまいになったりしてきている。

3. 提案課題と結果

提案された課題と、その結果についてサーベイする。なお、ここでそれぞれの問題は、前年に提起され解かれ、年を越した正月のシンポジウムで報告されるということになる。

3. 1 1970 年代

1975 年のプログラミング・シンポジウム報告集には、計算機によるゲームとパズルと題して一松が書いている。これが実質的に最初の GPCC 報告である。

第一種の問題として、六角野郎と Tetraball が提起されている。第二種の問題として立体ペントキューブ、第三種の問題としてリバーシ (オセロ)、HEX が提起されている。

六角野郎は、小正六角形を三つつないだ図形 (トリヘックス) 全 3 種と、四つつないだ図形 (テトラヘックス) 全 7 種を、1 辺に小正六角形が 4 個並んだ正六角形的な形を作る問題である。これの解の総数を求める。これに対しては野下浩平、竹内郁雄、川合 慧、が 12290 通りであることを示した。

テトラボールは小球が 4 個つながった形 1 1 種で、1 辺が 4 の正四面体の形を作るものである。これには川合 慧が 7482 通りであることを報告している。

目的を達成すれば成功であり、なにも動かさずとなれば失敗である。

1978年報告では、第一種の問題は中国式ダイヤモンドゲームの最短手数問題と、中国式ピラス（ソリテア）問題である（一松）。前者は図3の駒（●）を▲の位置に移動するもので、一步動くか、駒を一つずつ好きな回数飛び越えるのが一手と数える。後者は図4のようなもので、駒を一つ除いておき、あとは一つの駒を飛び越えて、飛び越えた駒を取り除く。こうすることで最後に1本にすることを目指す。

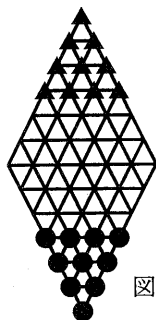


図3. 中国式ダイヤモンドゲーム

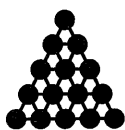


図4. 中国式ピラス

第二種は4色問題（継続）であった。第三種はカルキュレーションで、小川貴英、竹内によるプログラムで、それぞれ、3-4割、及び7割五分強という結果が出た。

1979年報告では、第一種は休みで、第二種は4色問題の追試である。通研の大里延康が行ったことが報告されている。

第3種囲碁将棋プログラム。行われていないが、滝沢、奥田の対戦が企画されているとのこと。滝沢プログラム、奥田育秀、牧野寛、木澤誠のプログラム、久保正彦のプログラム、坂本義行のプログラムについて紹介している。

3. 2 1980年代

1980年の報告では、第一種 三次元nクイーン問題、二次元nクイーン問題、角砂糖詰め問題であった。角砂糖問題とは、 $3 \times 3 \times 3$ または $4 \times 4 \times 4$ の立方体の一つの角に向かって単位立方体（角砂糖）を滑り落とす。全体に角砂糖を入れるのに何通りの方法があるかというのが問題。今井貞三によると、 3

$\times 3 \times 3$ のときには、6兆4千万あまりであるとのことであった。

第3種としてはついに計算機将棋対戦が実現した。滝沢対奥田、牧野（大阪大学）のシステムで、65手で大阪大学が勝ったことが報告されている。

1981年の報告では、コンビナトリアルな問題が出されている。 $p = 3\lambda - 1$ として $\{1, 2, 3, \dots, p-1\} = A \cup B \cup C$ というように分ける。ただし

$$A - (\{0\} \cup C) = B - *B$$

となるようにする。ここでその左辺と右辺は

$$A \cup \{a - c \mid a \in A, c \in C\}$$

$$\{b - b' \mid b, b' \in B, b \neq b'\}$$

であり、この集合は同じものがあつても一つにまとめず、個数も含めて、 $\text{mod } p$ で考える。 λ が2と3のとき答があり、4から7までは答がないとのこと。第一種の問題として8以上を計算する。第二種の問題として、4~7のプログラムのスピードアップが求められている。

第三種として日本で初のチェスコンピュータ対戦が報告されている。大島一彦・新ヶ江登美夫のCHEFU-2対、グリーンブラットのMac Hack Sixであり、将棋流でいうと87手でMack Hackが勝った。

1982年には滝沢(FORTRANのプログラム)対小谷(LISPのプログラム)のコンピュータ将棋対戦が行われたことが報告されている。6月29日にはじまってまるで郵便将棋のように進行して報告が出るときまでに86手が進行している。このあと94手で滝沢プログラムが勝った（このあと数年して両者らがコンピュータ将棋協会を作ることになる）。

その次の回には、滝沢対小谷のコンピュータ将棋対戦が再び行われた。ただし計算機の速度が遅いことを考え、人間を含めた混合ダブルス（連将棋）を行った。人間1に対してプログラム2の割合とした。

1985年の報告では、有澤誠の提案の「哲学者のフットボール」がある。ルールは 15×19 の盤の中央に黒石（ボール）を置いて始

める。指手は、(1)一つの白石を盤上に置く、または(2)黒石を、ソリテアのようにして白石を飛び越しながら取り除くということが好きだけ繰り返す。勝負は相手の辺上またはそれを越える位置に黒石を持っていくことである。これに対して、新ヶ江登美夫が非常に強いプログラムを作った。

このあと記録が若干はっきりしないが、1989年にはその2、3年でリバイバルしたカルキュレーションの成功率更新記録がまとめられている。それによると猪飼、孫、桂川、花沢らが参加し、最終的には、小西憲俊により92.1%の成功率が出されている。

この年には、ペントミノゲームという課題も出されている。これは8×8の盤面上にペントミノ(12種、小正方形を5個つないだもの)を交互に置いていき、置けなくなった方が負けというものである。結論は出ていない。

3.3 1990年代

1990年にはさらにカルキュレーションについてスタック数が3という困難な問題に立ち向かっている。スタック4個では中村健次郎により、ほぼ前回の記録に近い、92.0%を出している。スタック3については花沢正純が40%の成功率を出した。

またアッパーハンドというビー玉を使ったゲームが出題された。これは $n \times n$ の正方形(普通5~11)の台の上に玉を積み重ねていく。4個の隙間に一つ置くことにより積み上げていく。中央に中立駒を置いた状態でスタートする。交互に自分の玉を置く。ただし一つの玉を置いたときに、新たに4個の玉の正方形ができ、かつその4個のうちで自分(相手)の玉が3個以上ならそのうえに自動的に自分(相手)の玉が置かれる。そのうえにさらに4個の正方形ができれば同様に乗せる。早く自分の玉が無くなった方が勝ちである。これに対して森田和郎、小谷、南雲、久保田、中村、植山、吉川、成松、前沢の9人のリーグ戦が行われ、森田が優勝、小谷が準優勝と

なった。

1991年にはマクベス及びハゲタカのえじきというゲームが課題となり、カルキュレーションについてはスタック3のものが継続課題となった。またルービッククロックパズルが課題となった。

マクベスは、ライフゲームと囲碁を併せたようなゲームである。15×15の盤の上に白・黒の石を置いていく。置くことにより、8近傍に3個以上の自分の石があるようになればそこに自分の石が置かれる。またそうならない相手の石も自分の石で置き換える。これを並列的に行う。最終的に石が多い方が勝ち。南雲、小谷がプログラムを作り、南雲が勝っている。

ハゲタカのえじきは大貧民のようなカードゲームである。

1992年には、フットステップとスーパーパズというゲームが課題として出されている。また番外としてガラス玉遊戯と六角盤囲碁が提案されている。

フットステップは押し相撲のようなゲームで、それぞれ50ポイントを持って始める。両者は、持ち点のうち1ポイント以上を一度に示す。それで多い方を出したほうが、ボールを1歩相手側に押し込む。相手を4歩分押し込めば勝ちである。ポイントがないときだけ0ポイントを示すことができる。両者のポイントがなくなったときには、優勢点をつける(押し込み勝ちの半分)。

スーパーパズはカードの1人遊びで、13列4段にならべたカードをある規則に従ってスーツ別で大小順に並べるものである。

1993年にはゴースト、ループトラックス、ドッツ&ボックスという課題が報告されている。ゴーストは6×6の盤の上で、4個のよい幽霊駒と4個の悪い幽霊駒をそれぞれ持ち、そのどちらかをかくしておいて、

- ①良い幽霊駒を4個とも取る
- ②悪い幽霊駒を4個とも取らせる
- ③相手陣の出口から良い幽霊駒が出るのうちどれかをすれば勝ちである。

		▼	▼	▼	▼		出口
出口		▼	▼	▼	▼		
		▲	▲	▲	▲		
出口		▲	▲	▲	▲		出口

図5. ゴーストの初期配置

ドッツ&ボックスは6×6の格子点を配置しておき、隣り合う点同士を交互に結ぶことでゲームを行う。小正方形を作るとそれを領有する。またそのときに再度線を引ける。Winning Ways 流のゲームとして面白いものである。これらはまだ対戦が実現していない。

1994年には前年のゴーストの他に、ボジットというゲームが提案されている。ボジットは6×6の盤の上にある将棋の王と同じ動きをする駒を動けなくした方が勝ちというゲームで、その駒を動かすとともに障害物を一つ置く。障害物は3個まで重ねられる。王は障害物に一度に一段だけ上がれる。しかし降りられない。これには上野仁が二つのプログラムを作っている。

1995年には、リストラクション、6路版リバーシ、クアートという四つのゲームが課題として出されている。

リストラクションは7×7の盤に、手元2段に14枚ずつの駒を置いて始める。一度に王の動きを2回行う。その際、駒を重ねられる。そして最上部に二枚自分の駒になると、その下にある相手の駒をすべて捕獲できる。相手をすべて捕獲すれば勝ちである。

1998年には、3X+1問題、ドミニアリング、ドッツ&ボックス、ペントミノゲーム、アマゾンの5種の問題が提起された。

最初のものはコラッツの問題とか角谷の問題といわれるものである。正の整数を、奇数なら3倍して1を足し、偶数なら2で割るということを繰り返すと最後が1になるというものである。これをなるべく大きい数までチ

ェックする（成り立つことが証明できていない）。これについては藤波氏が非常に大きい数まで調べた。これは現在も計算を続けていてホームページ：
<http://www.csl.sony.co.jp/person/fnami/3xplus1.htm>を見ると下のようになっている。

99-05-24 17:24 の状況

6411613078814720 まで検証済み

自分自身より小さくなるまでのステップ数が最長のものは

1008932249296231 で 1445 ステップ

ドミニアリングは8×8等の盤の上に畳みあるいはドミノ（1×2）を交互に置くゲームである。一方が縦、他方が横に置く。置けなくなった方が負けである。これについては森田和郎が先手必勝であることを初めてプログラムにより検証した。

ドッツ&ボックス及びペントミノゲームはすでに述べた。アマゾン10×10のゲーム盤にそれぞれ4個の駒を置き、クイーンと同じように駒を動かし、クイーンと同じようにして石を発射する。4個とも動けなくなった方が負けである。

本年はアマゾン（継続課題）と四人将棋が報告されている。

まとめ・今後

情報処理学会ゲーム情報研究会発足にあたり、関連する分野でありまた興味深いと思われるプログラミング・シンポジウムGPCCの今日までの活動や、競争された課題を紹介した。

ここで示した問題について、新たな発展があれば、是非GPCCの場に出してほしい。過去の問題に対する成果もGPCCでは受け付ける。その結果については、プログラミング・シンポジウム報告集のなかのGPCC報告という記事のなかで、世話人が報告する。

またこうしたゲームやパズルを解く詳細なメカニズム・アルゴリズム・理論については研究対象として非常に意義のあるものと理解するもので、本研究会あるいはプログラミ

ング・シンポジウムにて発表されることが期待される。

なお今回はプログラミング・シンポジウム報告集で知りうる範囲のものをサーベイした。それが無い年もあるので、まだここに書いていない課題もあると思われることを付記しておく（bit誌などで調べることも今後考えたい）。

参考文献

一松信（編）：計算機によるゲームとパズルをめぐる諸問題研究会報告集、数理解析研究所講究録98、1970。

一松信：計算機によるゲームとパズル、第16回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.63-67、1975。

竹内郁雄：GPCC 報告、第17回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.70-74、1976。

竹内郁雄：GPCC 報告、第18回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.83-85、1977。

竹内郁雄：GPCC 報告、第19回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.59-60、1978。

竹内郁雄：GPCC 報告、第20回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.55-56、1979。

竹内郁雄：GPCC 報告、第21回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.53-55、1980。

竹内郁雄：GPCC 報告、第22回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.62-63、1981。

竹内郁雄：GPCC 報告、第23回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.151-153、1982。

竹内郁雄：GPCC 報告、第24回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.35-38、1983。

竹内郁雄：GPCC 報告、第26回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.35-38、1985。

小谷善行：GPCC 報告、第28回プログラミング・シンポジウム報告集、1987。

小谷善行：GPCC 報告、第30回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.141-143、1989。

小谷善行・南雲夏彦：GPCC 報告、第31回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.189-92、1990。

南雲夏彦：GPCC 報告、第32回プログラミ

ング・シンポジウム報告集、pp.195-98、1991。

南雲夏彦：GPCC 報告、第33回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.199-201、1992。

南雲夏彦：GPCC 報告、第34回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.195-199、1993。

南雲夏彦：GPCC 報告、第35回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.173-176、1994。

南雲夏彦：GPCC 報告、第36回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.165-68、1995。

小谷善行：GPCC 報告、第39回プログラミング・シンポジウム報告集、1998。

飯田弘之：GPCC 報告、第40回プログラミング・シンポジウム報告集、pp.101-105、1999。