

## 報告

# 参加記 国際情報オリンピック

谷 聖一  
日本大学／情報オリンピック日本委員会理事



9月号の速報でお知らせしたように、国際情報オリンピック (International Olympiad in Informatics, IOI) に日本から10年ぶりに4人の高校生が参加し、金メダルを2つ、銅メダル1つを獲得した。誌面をお借りして、選手たちの活躍ぶりやIOIの概要を報告する。まず、4名の日本選手を改めて紹介する。

氏名	学校名	学年	学校所在地
秋葉 拓哉	麻布高等学校	高3	東京都
今城健太郎	甲陽学院高等学校	高3	兵庫県
片岡 俊基	高田高等学校	高2	三重県
渡部 正樹	筑波大学附属駒場高等学校	高3	東京都

片岡君と渡部君が見事金メダルを獲得し、今城君は銅メダルを獲得した。片岡君と渡部君は昨年今年と2年続けて数学オリンピックにも参加しており、片岡君は金・銀、渡部君は金・金（それぞれ、昨年・今年の順）とメダルを獲得している。また、選手全員がスーパーコンピューティング・コンテスト SuperCon 経験者で、今年の SuperCon では今城君の所属チームが優勝している。団長は筆者が務め、約10年前に選手としてIOIに参加した伊藤哲史氏（京都大学・学振SPD）と伊藤剛志氏（東京大学大学院・学振DC2）に、それぞれ、副団長と随員をお願いした。

### 国際情報オリンピック概要

IOIは国際科学オリンピックの1つで、1989年にブルガリアで第1回が開催されて以来、今年のメキシコ大会で18回目となる。メキシコ大会は、ユカタン州メリダ市において、2006年8月13日から8月20日の日程で開催された。来年はクロアチアで開催される。IOIは、高校生以下の生徒を対象とし、情報の科学的側面に特別な才能を持つ生徒を見出し、その能力の育成を助成し、選手・教育者間の国際交流を図ることなどを目的としている。毎年夏に1週間程度の日程で開催され、最近では約70～80カ国・地域が参加している。各国は選手を4人まで出場させることができる。今回のメキシコ大会には76カ国・地域、284人の選手が参加した。

競技は個人戦で、大会期間中に合計で2日間競技日が設けられる。各競技日ごとに5時間で3問を解く試験を行い、合計6問の総得点で順位を競う。例年、現実にある事例を題材とした問題が出題される。今年も、マヤ語の解読 (WRITING)、メキシコのピラミッド (PYRAMID)、かつてメキシコ・シティにあった湖 (MEXICO) にちなんだ問題が出題された。ほかに、グラフ理論に関連した問題 (FORBIDDEN)、1人遊びゲー



図-1 表彰式後の日本選手団

ムの勝ち方を見つける問題 (POINTS), 中が分からない箱の様子を探る問題 (BLACKBOX) が出題された。( )の中は問題に付与されている愛称である。今回の IOI では、解答としてプログラムのソースを提出するものが4問で、解答として特定の入力に対する出力を提出するものが2問であった。使用できるプログラミング言語は、C/C++ と Pascal である。

プログラムソースを提出する問題では、採点サーバ上で提出されたソースをコンパイルし、得られた実行ファイルを複数のテストデータに対して実行し、出力が正しいかどうかを検証する。この種の問題では、実行時間や使用メモリに厳しい制限が課されており、プログラムの性能を識別できるようにテストデータが用意されている。制限を満たしてすべてのテストデータに正解するプログラムを作成するには、問題を解析し良いアルゴリズムを設計する数理的な能力、適切なデータ構造を採用する知識・判断力、短時間で実装するコーディング力が高次元でバランスしている必要がある。

出力のみを提出する問題では、いずれも、入力が10種類用意されていた。この種の問題では、入力の内容を見ることができるため、入力の性質に合わせてプログラムを変更したり、場合によっては、プログラムを作成することなくエディタで出力を作成したりすることが許される。つまり、選手にさまざまな思考実験を要求する。出力のみ提出する問題の1つ FORBIDDEN では、選手が提出した解答の中で一番良い解を満点とし、相対的な解の質に応じて得点を定めるというものであった。出題者は、この問題の一番大きな入力に対する最適解を出せなかったらしく、解説には出題者が得た解の中で一番良い値を示していたが、日本選手の1人はその解よりも良い解を提出した。

## IOI2006の様子

主な行事に従い IOI の様子を紹介する。雰囲気が変われば幸いである。ちなみに、選手と団長は隣接する別のホテルに分かれて宿泊し、試験会場はホテルからバスで約30分の距離であった。

### ——第1日(到着日)——

ヒューストン経由でメリダへ到着。この飛行機には多くの IOI 参加者が搭乗しており、すでに IOI が始まっているかのようであった。ホテル到着後ちょっとしたトラブルがあり、選手が部屋に落ち着いたのは午前2時過ぎであった。

### ——第2日(開会式)——

午前中は練習競技で、午後は開会式であった。練習競技終了後、日本選手が IOI ポーズで写真を撮ったところ



図-2 初めての IOI ポーズ

ろ(図-2)、地元スタッフに大いに受ける。その後いたるところでこの IOI ポーズを取るようになる。開会式では、参加国紹介のほか、メキシコの民族舞踊が披露された。その後、選手は自由時間となり、団長は General Assembly 会議(以下では総会と略す)の時間となった。General Assembly は各国団長や IOI の役員などで構成される IOI の最高意志決定機関で、問題の選定、成績の承認、規則の制定、開催国の決定などが総会で行われる。試験日前日の総会では翌日の試験問題が審議されるため、この総会開始から試験終了まで、選手と団長は隔離されることになる。英語の問題文が確定すると、参加国は必要に応じて翻訳を行う。我々が翻訳を終えたのは午前3時を過ぎたころであった。

### ——第3日(試験1)——

午前9時から第1回目の試験である。試験開始が30分遅れた。昼食後ホテルに戻り、反省会(?)をしながら採点結果を待つ(図-3)。

採点結果配布後、採点に疑問がある場合は抗議を行うことができる。そのために採点結果を検証する環境が用意されるのだが、周知が十分でなく、大半の国は気がつかなかったようだ。日本は検証を行うことができたものの十分な時間をとれなかったが、結果的に大事に至ら



図-3 試験終了後の反省会(?)



図-4 ビーチでもIOIポーズ



図-5 Chichen Itzá 遺跡

なかった。夕食後、選手は自由時間で、団長は総会となる。この総会では採点結果や抗議内容について討議される。自由時間に選手たちは、(アニメやゲームなどの)日本文化に興味を持つ他国の選手と交流していたようである。チリ選手団との交流の様子が NEWSLETTER で大きく扱われたこともあった。

#### ——第4日(観光1)——

この日の行き先は、メリダからバスで1時間ほどの距離にあるメキシコ湾に面した美しいビーチであった。リゾートホテルのプライベートビーチで、プールや各種アクティビティが用意されていた。水着を用意していなかった選手は、まず、水着を購入したようである。ここでも、IOIポーズを取っていた(図-4)。選手たちはここで1日過ごし、団長たちは翌日の試験に備え昼食後しばらくしてホテルに戻った。この日は、英語版の問題文が確定したのが夜中の12時過ぎということもあり、翻訳が完了したのは午前3時過ぎであった。

#### ——第5日(試験2)——

またも試験開始が30分遅れる。試験終了後の昼食時には虫の幼虫などの伝統食材の試食コーナーも用意されていた。この日は、検証を終えてからホテルに戻るように運営が改善されていた。夕食後は、いつもどおり、選手は自由時間で、団長は総会である。

#### ——第6日(観光2)——

この日は Chichen Itzá 遺跡の見学であった。Chichen Itzá はマヤ族の言葉で CHI (口)、CHEN (泉)、ITZÁ (itza 族の) に由来するらしい。この日の夕食は、選手たちはメキシカン・パーティ、団長たちはメキシコの伝統料理を供するレストランでのディナーであった。ディナーは総会終了後に始まったこともあり、終わったのは12時を過ぎていた。

#### ——第7日(閉会式)——

閉会式ではメダリストが1人1人名前を呼ばれ表彰されていく。閉会式終了後、選手たちは1位のポーラン

ド選手やタイの選手団と写真を撮るなど、最後の交流を楽しむ。SuperCon に参加したことがある中国選手から声をかけられたりもした。昼食後は、自由時間。メリダ市内観光をした国も多いようだが、日本選手はホテルにとどまることを選択した。その間になんと、作りかけていた第2試験日の出力のみを提出する問題 BLACKBOX のシミュレータを完成させ、興味を持った他国選手に配布し楽しんでもらったらしい。

#### ——第8日(出発日)——

朝3時30分発のバスで空港へ向かう。その後、ほぼ順調に帰国。

### 問題例

ここで、メキシコ大会で出題された問題の中から1題紹介しよう。

**POINTS (時間制限 1 秒 メモリ制限 32MB)**

「点の結合」は1人で遊ぶゲームであり、以下のよう遊ぶ。まず、2より大きな2つの整数  $g, r$  を選ぶ。次に、正方形の頂点の位置に、上辺の両端点が緑に、下辺の両端点が赤になるよう、緑の点と赤の点を2つずつ描く。引き続き、正方形の内部に緑の点と赤の点を描く。ただし、最初の4点を含むどの3点も同一直線上にならないように注意すること。これを、緑の点の総数が  $g$  に等しくなり、赤の点の総数が  $r$  に等しくなるまで続ける。

ゲーム盤を描き終わると、点の結合を始める。2点が以下の条件を満たすとき、その2点を線分で結合できる。

- 結合される2点は同じ色である。
- 点を結合する線分は、それ以前に描かれたどの線分とも交わらない(端点を除く)。

点  $u$  から点  $v$  まですでに描かれた線分を辿って到達できるとき、2つの点  $u$  と  $v$  は同じ成分に属するという。

すべての緑の点がちょうど  $g-1$  本の線分により1つ

の成分に属し、また、すべての赤の点がちょうど  $r-1$  本の線分によりそれとは別の 1 つの成分に属するとき、あなたはこのゲームに勝つ。上述の手順で点が描かれているならばこのゲームの勝ち方が必ず存在することを証明できる。

あなたには大きさ  $s$  の正方形のゲーム盤が与えられる。そこには  $g$  個の緑の点と  $r$  個の赤の点が描かれており、点の座標は整数の組  $(x_i, y_i)$  で表される。緑の点には 1 から  $g$  までの番号が付けられている。ただし、左上の点  $(s,0)$  が 1、右上の点  $(s,s)$  が 2 であり、内部の点には 3 から  $g$  までの番号が任意の順番で付けられている。また、赤の点には 1 から  $r$  までの番号が付けられている。左下の点  $(0,0)$  が 1、右下の点  $(s,0)$  が 2 であり、内部の点には 3 から  $r$  までの番号が任意の順番で付けられている。

図-6 はゲーム例を示している。図-6 では、緑は薄い灰色で、赤は黒で表されている。すべての緑の点が 1 つの成分に結合されており、すべての赤の点がそれとは別の 1 つの成分に結合されている。

どの 3 点も同一直線上になく、どの 2 つの線分も端点以外では互いに交わらないことが見てとれるだろう。

## ■ 課題

$g$  個の緑の点の座標と  $r$  個の赤の点の座標が与えられたときに、すべての緑の点が同じ成分に属し、すべての赤の点がそれとは別の 1 つの成分に属し、さらにどの 2 本の線分も互いに交わらないような  $g-1$  本の緑の線分と  $r-1$  本の赤の線分の描き方を決定するプログラムを書け。

## ■ 制約

$3 \leq g \leq 50\,000$           緑の点の個数

$3 \leq r \leq 50\,000$           赤の点の個数

$0 < s \leq 200\,000\,000$

## ■ 入力ファイルと出力ファイルの仕様

(省略)

## ■ 採点について

合計で 35 点分のテストケースにおいては、各テスト

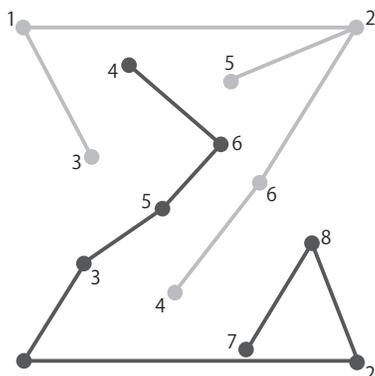


図-6 「点の結合」のゲーム例

実行は以下を満たす。

$3 \leq g \leq 20$

$3 \leq r \leq 20$

問題の記述は以上である。雰囲気味わっていただくため、入出力ファイルの仕様を除きすべて掲載した。IOI2006 では、100 点満点中 90 点以上取った選手の割合が 3% 未満という難問が 3 題あり、この Points はその中でも最も難しい問題である（残りの 2 つは、いずれも出力のみを提出する問題の FORBIDDEN と BLACKBOX である）。ただし、ゲームに勝ち方が必ず存在することの構成的な証明にもなる単純な方法が存在し、この方法に気がつけば、それほど高度な技法を必要とせずにコーディングできる。ここでいう単純とは、解法を与えられるとそれを理解するのは容易という意味であり、競技時間内にこの解法に気がついた選手はたったの 1 名であった。皆さんもパズル感覚でトライしてみてもいいだろうか。

IOI は (技能オリンピックではなく) 科学オリンピックといえるのであろうかという反省が以前より IOI 関係者の中にある。全問満点の選手が 4 名も出た昨年のポーランド大会に比して、今年の IOI は高得点を獲得した選手が少なかったという意味で難問が多かった（最高点は 600 点満点で 480 点）。これは、短い試験時間の中で発想を競うような出題形式を試行錯誤した結果と思われる。試行錯誤を継続することにより問題および出題形式がより良くなることを期待するとともに、日本からも貢献をしたいと考えている。

## おわりに

情報オリンピック日本委員会の Web ページ (<http://www.ioi-jp.org/>) より、問題、テストデータ、選手の感想、選手が作成したシミュレータなどにアクセスできる。本報告では触れることができなかった日本情報オリンピックに関する情報なども用意している。

IOI への選手派遣を再開できたのは、(独) 科学技術振興機構の財政的な支援と情報処理学会をはじめとする関係機関の後援のおかげである。ここに感謝申し上げるとともに、引き続きご支援を賜るようお願い申し上げます。

(平成 18 年 9 月 13 日受付)

谷 聖一 (正会員)

sei-ichi@tani.cs.chs.nihon-u.ac.jp

1994 年早稲田大学大学院理工学研究科単位取得退学。現在日本大学文理学部情報システム解析学科教授。博士(理学)。計算量理論・アルゴリズムとその応用に関する研究に従事。