



IOI 2014 台湾大会に 参加して

基
般

伊藤哲史 (京都大学)

IOI 2014 台湾大会の概要

第26回国際情報オリンピック台湾大会 (IOI 2014) は2014年7月13日から7月20日まで台湾の台北市で開催された。IOI 2014には81カ国・地域から311名の選手が参加した。これ以外に、各国・地域の選手団役員や、主催者側の運営スタッフ、ボランティアスタッフ、ガイドなどもあわせると、数百人~1,000人規模の大会である。

IOI 2014の開会式、競技、閉会式、表彰式は台北の中心部にあるTaipei International Convention Center (TICC)で行われた。TICCは地上101階の超高層ビル「台北101」のすぐ隣の国際会議場であり、まさに台湾の交易の中心と言える場所である。大会期間中、選手はFullon Hotel ShenKengに宿泊し、役員はTICCのすぐ近くのGrand Hyatt Taipeiに宿泊した。TICCで行事があるときは、選手はホテルから貸切バスで移動した。Fullon Hotel ShenKengからTICCまではバスで約15~20分の距離である。

競技は7月15日と17日の2日間にかけて行われた。競技結果に基づき上位者には金・銀・銅のメダルが授与された。IOIでは参加選手の約半数にメダルが授与され、金・銀・銅の割合はおよそ1:2:3と定められている。IOI 2014では金メダルが32名(全参加者の約10%)に、銀メダルが52名(全参加者の約17%)に、銅メダルが69名(全参加者の約22%)に与えられた。金メダル受賞者の割合が多かったのは、金メダルボーダー上の同点者が多かったためである。

IOI 2014には表-1の4名が日本代表選手として参加した。また、日本選手団役員として表-2の

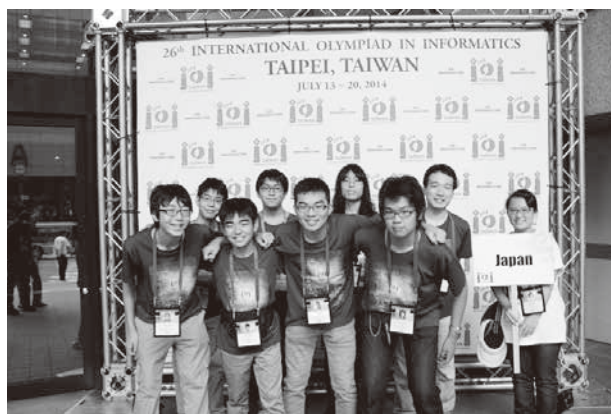


図-1 IOI 2014 日本選手団 (前列左より佐藤くん、高谷くん、小倉くん、伊佐くん。後列左より城下さん、今西さん、保坂さん、伊藤。右端は日本選手団ガイドの沈子安さん)

金メダル	高谷悠太	開成中学校 3年
銀メダル	伊佐碩恭	開成高等学校 1年
銀メダル	小倉 拳	灘高等学校 3年
銅メダル	佐藤竜馬	大阪府立茨木高等学校 3年

表-1 IOI 2014 日本代表選手 (同賞内の順序は氏名の五十音順。学校名・学年はIOI 2014開催当時のもの)

団長	伊藤哲史	京都大学大学院理学研究科准教授 (IOI 1994, IOI 1995 選手)
副団長	保坂和宏	東京大学理学部数学科 4年 (IOI 2008, IOI 2009 選手)
随員	今西健介	東京大学理学部情報科学科 3年 (IOI 2010, IOI 2011 選手)
随員	城下慎也	東京大学理学部情報科学科 3年 (IOI 2011 選手)

表-2 IOI 2014 日本選手団役員

4名が参加した。日本代表選手の成績は表-1の通りである。選手全員がIOI初参加ながら、全員メダル受賞という好成績をおさめることができた。特に、高谷くんは、中学生として初のIOI日本代表・金メダル受賞の快挙である。

IOIは個人戦であり公式データとしての国別順位は存在しない。公表された成績に基づいて算出したところ、メダル獲得数による日本の国別順位は11



図-2 練習ラウンドにて競技用PCの動作確認を行う選手たち



図-3 競技会場の様子（競技中）

メダル順位	国名（マル数字は得点順位）	メダル内訳
1	アメリカ② 中国①	金 4
3	イラン⑥ ロシア⑤ オーストラリア③	金 2 銀 2
6	韓国⑦	金 2 銀 1 銅 1
7	シンガポール⑫ ブルガリア⑮	金 2 銀 1
9	タイ⑨	金 2 銅 2
10	台湾④	金 1 銀 3
11	日本⑧ ルーマニア⑩	金 1 銀 2 銅 1
13	ポーランド⑭ 香港⑬	金 1 銀 1 銅 2
15	インド⑳	金 1 銀 1

表-3 IOI 2014 台湾大会のメダル獲得数による順位

位タイ、総得点による日本の国別順位は8位であった。上位国の成績は表-3の通りである。例年、IOIでは、中国、アメリカ、ロシアといった強豪国の力が抜きん出ている。東欧の国々も国を挙げての支援があるためか上位に名を連ねることが多い。今年の日本の成績はほぼ例年並みだが、4人全員がIOI初参加だったことを考慮すれば十分に健闘した大会であったと言えると思う。

IOIの競技実施方法

今日では世界中でさまざまなプログラミングコンテストが行われている。IOIの特徴として、高校生を中心とした大会であること（国によって教育制度は異なる。高谷くんのように中学生の選手もいる）、世界各国から選抜された代表選手が集うオンサイトの大会であることが挙げられる。IOIの課題の特徴

としては、競技時間が長いこと、高度な数理的思考力を問う課題が出題されることが挙げられる。

IOI 2014の競技は、例年と同様、次のような形式で行われた。競技時間は1日あたり5時間で、各競技日に3題、合計6題の課題が出題される。配点は各課題100点で、合計600点満点である。過去のIOIでは1日あたり4題（4題のうちの1題は易しい課題）が出題されたこともあったが、最近のIOIは5時間で3題のことが多い。

IOIの競技は個人戦である。選手は競技中は他者と相談したり協力することは許されない。マニュアルを持参して参照したり、インターネットで検索して調べることも許されない。

IOIの競技課題の問題文は、競技前日の夜（から当日の早朝）に各国・地域の選手団役員により翻訳され、英語版と母国語版の問題文が選手に配布される。課題について質問がある場合は、選手は所定の質問票を使って質問することができる。質問票は必要に応じて選手団役員により英訳され、主催者からの回答が記入された後、選手に返却される。競技中の選手とのやりとりは質問票を経由してのみ行われる。選手からの質問に選手団役員が直接回答することはない。このように、IOIでは公正な競技が行われるよう、主催者・選手団役員ともに細心の注意を払っている。

競技では開発環境のインストールされたPCが1人1台与えられる。IOI 2014で用いられたPCはノートPC Acer Aspire M3-580である（15.6イン

チディスプレイ、解像度 1366 × 768, CPU: Intel Core i3 (1.8 GHz), RAM: 4GB, HDD: 50 GB (ユーザ使用可能領域)。希望する選手は事前に申請することで、キーボードとマウスを持ち込んで使用することもできる。これ以外の周辺機器や PC を持ち込むことは許されない。USB メモリなどの記憶媒体の競技会場への持ち込みも禁止されている。

IOI 2014 では競技用 PC には OS として Ubuntu 14.04 LTS (英語版 OS) がインストールされていた。競技用 PC にインストールされているソフトウェアは自由に使ってよい。開発環境として fpc, g++, gcc が与えられ, codeblocks, eclipse-cdt, emacs, geany, gedit, gvim, joe, kate, kwrite, lazarus, nano, scite, vim, gdb, ddd, python, ruby などを使うことができる。競技中は Pascal, C, C++, STL のオンラインドキュメント (英語版) が閲覧可能である。

競技では、選手は、与えられた課題を解くアルゴリズムを設計し、解答をプログラムとして実装し、ソースファイルを Web インタフェースから提出する。提出されたソースファイルは競技サーバ上で即座にコンパイル・実行され、その実行結果に基づき得点が与えられる。採点結果はすぐに集計されてリアルタイムのスコアボードとして世界中に公開される。台湾は日本との時差が少ないため、日本から観戦した人も多かったようである。ただし、選手は競技中はスコアボードを見ることができない。選手が競技中に知ることができるのは、自分自身の得点とフィードバック (どの採点用入力データで得点したかといった簡単な情報) のみである。自分の得点に満足いかない場合は、競技時間内であれば解答の再提出も可能である。他コンテストと異なり、IOI では早く提出することへのボーナス点はない。誤った解答を提出した場合のペナルティもない。IOI ではコーディング速度はそれほど重視されない。課題にじっくりと取り組んでほしいという主催者側の意図が表れている。

IOI の課題には実行時の CPU 時間や使用可能メモリに制限がある。原理的に正しい解答を出力するプログラムであっても、CPU 時間やメモリの制限

を超過すると得点にならないため、効率の良いアルゴリズムの設計が鍵となる。IOI では多くの国・地域から選手が参加するため、各課題はいくつかの「小課題」に分割されている。効率の悪いプログラムであっても正しく動作するプログラムであれば、一部の小課題で得点が得られる可能性がある。IOI の課題は、部分点を得るだけならそれほど難しくはないが、高得点を狙うには高度なアルゴリズムの設計が必須となる。

IOI 2014 で解答作成に使用可能なプログラミング言語は、Pascal, C, C++ のみである。今年の IOI 総会 (GA meeting) において Java の採用が正式に決定された。来年からは Java も使用可能となる見込みである。日本選手は全員が C++ (または C) を使用した。Pascal を教育用プログラミング言語として使っている国・地域もあるため、Pascal を使用する選手も多い。プログラミング言語の違いによる有利・不利がないように、主催者は問題設定やデータを調整している。

IOI 2014 では、競技システムとして、オープンソースの CMS (Contest Management System) が用いられた²⁾。CMS は、もともとはイタリアが地域のコンテストのために開発した競技システムだが、IOI 2012 イタリア大会で採用された後、IOI 2013, IOI 2014 でも採用された。現在ではさまざまな改良が加えられ各国・地域のコンテストで広く使われている。日本では、日本情報オリンピック (JOI) 本選と春季トレーニング合宿、通信教育で CMS を使用している。IOI と同一の競技システムを日本国内のトレーニングで用いることのメリットは大きい。日本代表選手の全員が CMS の操作に慣れていたため、IOI 本番でシステムの操作に戸惑う選手はいなかった。

IOI の競技課題について

IOI 2014 で出題された課題は、表-4 の 6 題である (詳細は文献 1) を参照)。

このように IOI では伝統的に課題に「愛称」が付けられている。課題は主催国・地域の文化を反映し



図-4 解析の時間に自分自身の得点を確認する選手たち

たストーリー仕立てになっていることが多い。たとえば、「鉄道」は与えられた情報から台湾の鉄道網を作成する課題である。「休暇」は台湾の名所を効率よくめぐる観光ルートを求める課題である。これらをデータ構造やグラフ理論に関する抽象的な課題として出題することも可能だが、あえてこのような形で出題するには、台湾の文化に興味を持ってもらいたいという主催者の意図もあるだろう。また、IOIについて多くの人々に興味を持ってもらいたいという希望や、情報科学の諸問題はさまざまな場面に応用できるという主張も込められているのかもしれない。

IOIでは中等教育（日本の高校レベルまで）の範囲内の課題が出題される。情報科学が中等教育のカリキュラムに取り入れられていない国・地域もあることから、出題範囲を記したIOIシラバスが策定されている^{3), 4)}。高校レベルまでの数学の知識（微積分は除く）で問題文が理解でき、解答が作成可能な課題が出題される。基本的なアルゴリズムやデータ構造の課題が出題されることが多い。過去には自然言語処理（IOI 2010「言語」）やチューリング機械（IOI 2012「小石オドメーター」）、画像認識（IOI 2013「美術の授業」）を題材とする課題が出題されたこともある。このような場合、高校レベルで理解可能な形に翻訳されて出題されるので、専門分野の知識がなくても解答作成は十分可能である。IOIで大学レベルの知識そのものが問われることはない。効率のよいアルゴリズムの設計のためには計算量に

競技 1 日目	ゲーム (Game) 鉄道 (Rail) 壁 (Wall)
競技 2 日目	友達 (Friend) ゴンドラ (Gondola) 休暇 (Holiday)

表-4 IOI 2014 競技課題

関する理解は不可欠だが、計算量評価に関する厳密な証明が問われることはない。

これは誤解されることもあるのだが、IOIは情報科学の知識や、プログラミング作成の技術を競う大会ではない。もちろん知識や技術はないよりはあった方が有利には違いないが、それらがなくてもIOIの課題に挑戦することは十分可能である。実際、IOI 2014で出題された課題の中には、満点解答のプログラムがわずかに数行程度というものもあった。IOIで重視されるのは数理的な思考力・洞察力である。物事の本質を見抜く力が問われる。

IOI 2014 のスケジュール

IOI 2014 は連年通り 8 日間の日程で行われた。IOI 2014 の行事のうち、主なものを表-5に挙げる。

これ以外に、出国前日の 7 月 12 日には、成田空港のホテルにおいて派遣直前研修・壮行会を行った。派遣直前研修では重要事項の確認や頻出問題への対策を行った。今年の日本選手団役員は全員が IOI の元選手であり、各自の経験に基づいてさまざまなアドバイスを送った。日本帰国後の 8 月 1 日には文部科学省を表敬訪問し、メダルを獲得した 4 人の日本代表選手は文部科学大臣表彰を受けた。

7 月 14 日の「練習ラウンド」は競技用 PC に直接触れて開発環境を確認する時間である。あらかじめ練習用課題が配布されているので、それを用いて競技システムの使用方法や解答提出方法を確認する。

競技終了後の「解析の時間」は採点用入出力データを用いて採点結果を確認する時間である。採点結果に疑問がある場合は、この時間中にアピールを提出することができる。IOI 2014 では、主催者の用意した採点用入出力データの一部に不備が発見され、

小特集 ▶▶ 情報オリンピック

7月13日	
午後	成田空港発, 台湾着
夜	選手: 交流 (Talent Show)
7月14日	
午前	練習ラウンド
午後	開会式
夜	選手: 交流 (Entertainment), 団長: 競技課題選定・翻訳
7月15日	
午前	選手: 競技第1日, 団長: IOI Conference (1)
午後	解析の時間
夜	ディナー (Mayor's Dinner)
7月16日	
午前~午後	遠足 (国立伝統芸術中心, 蘭陽博物館)
夜	選手: 交流 (Game Night), 団長: 競技課題選定・翻訳
7月17日	
午前	選手: 競技第2日, 団長: IOI Conference (2)
午後	解析の時間
夜	観光 (台北 101)
7月18日	
午前~午後	遠足 (麗宝樂園)
7月19日	
午前	選手: 交流 (Activity)
午後	表彰式・閉会式
夜	選手: 交流 (Farewell Party)
7月20日	台湾出発, 成田空港着

表-5 IOI 2014 スケジュール (主なもの)

アピールにより採点がやり直しになった課題があった (一部の選手の得点に変更になった。影響を受けた日本代表選手もいた)。

各競技日の前日の夕方から競技終了までは「隔離」の時間である。この間、選手は選手団役員と連絡を取ることができない。この間に行われる GA meeting において翌日の競技課題が選定され、各国・地域の選手団役員により翻訳される。IOI の問題文は、背景となるストーリーの説明だけでなく、入出力の仕様書も兼ねているため、ちょっとした言葉遣いが選手の誤読を誘い、失点に繋がる可能性もある。翻訳文を何度も読み直して分かりにくいところがないか確認したため、結局、翻訳作業は両日とも朝 5:00 までかかってしまった。その甲斐もあって、競技本番では翻訳が分かりにくいという苦情 (?) もなく、選手たちは自分自身の力を存分に発揮してくれたようである。翻訳作業を無事に終えることができたのは、副団長の保坂さん、随行員の今西さん、城下さんの活躍によるところが大きい。



図-5 国立伝統芸術中心にて、香港選手と一緒に

競技実施と並行して、選手団役員や情報科学教育関係者を対象とした IOI Conference が行われた。さまざまな講演が行われ、各国・地域の取り組みの情報交換の場となった。CMS²⁾ の開発者による講演も行われ、講演終了後には聴衆から盛大な拍手を受けていた。

IOI では競技以外にも選手同士の交流の時間が多く取られている。IOI 2014 では選手と選手団役員の宿泊先が離れていたため、その様子は写真や Twitter などでしか分からなかったが、選手から聞いたところ、ゲームや異文化体験イベントが多数企画されたとのことである。日本代表選手は4名とも海外の選手との国際交流を楽しんだようである。大きな刺激を受けたに違いない。情報オリンピック日本委員会からはお土産として JOI のロゴ入りボールペンが支給された。自作の名刺を配った選手もいた。

参加した感想とまとめ

私は IOI には選手および役員として何度か参加しているが、IOI 2014 に参加して何よりも驚いたのは、細部まで気配りの行き届いた運営だったことと、ほとんどの行事がスケジュール通りに進行したことである。

IOI には文化・習慣の異なる多くの選手・役員が参加する。集合時間になっても集まってくれない人もいるかもしれない。それにもかかわらずスケジュール通りに進行したのは、関係者の並々ならぬ苦労

があったに違いない。ボランティアスタッフへの教育も行き届いていた。担当外のことを質問した場合も、責任者に確認してから回答する姿勢が徹底しており、選手も役員も安心して大会に参加することができた。

技術的なサポートも申し分のないものだった。大会中は会場で Wi-Fi 接続環境が提供され、台北市内で使用可能な公衆無線 LAN のパスワードも配布された。大会中の選手・役員間の連絡にストレスを感じることはほとんどなかった。各国・地域の団長と副団長にはタブレット PC が 1 台ずつ無償で貸与された。タブレット PC には IOI 2014 公式アプリがインストールされており、大会や台北市に関するさまざまな情報が入手できた。競技中のスコアボードの確認や、選手からの質問対応にも利用できたようである（日本選手からは競技中の質問が出なかったため、質問対応システムの実際の動作は確認できなかったが）。大会参加者のバッジには非接触型の IC チップが内蔵されていて、バス乗車時の出欠をボランティアスタッフのタブレット PC で管理していた。大会をスムーズに運営するための努力には頭が下がる思いである。IOI 2014 のスポンサーには台湾を代表する世界的に有名な IT 企業が名を連ねている。多くの人々・団体の協力で成り立っていることを感じた。開会式には呉敦義副総統をはじめとする多くの来賓が参加し、大会中の 7 月 15 日の夜には郝龍斌台北市長を招いたディナーが催されるなど、

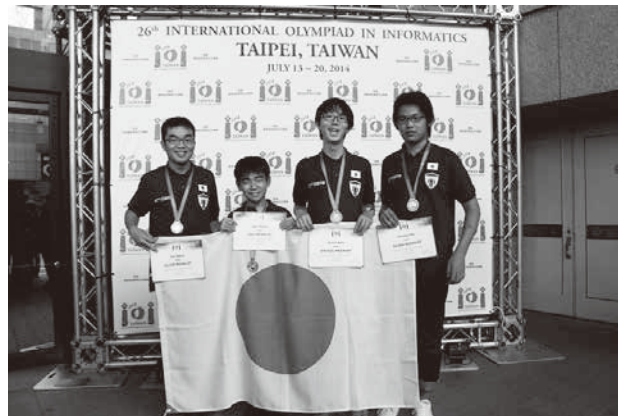


図-6 日本代表選手全員メダル受賞おめでとう！

台湾の官民が一体となって情報科学教育を盛り上げようという意気込みを感じさせる大会でもあった。

参考文献

- 1) 保坂和宏：情報オリンピックの問題，情報処理，Vol.56, No.2, pp.188-193 (Feb. 2015).
- 2) CMS (Contest Management System) (online)，入手先 <<http://cms-dev.github.io/>>
- 3) Verhoeff, T., Horvath, G., Diks, K., Cormack, G. and Forisek, M. : The International Olympiad in Informatics Syllabus (online)，入手先 <<http://people.ksp.sk/~misof/ioi-syllabus/>>
- 4) 情報オリンピック日本委員会：国際情報オリンピックシラバス日本語版（ベータ版）(online)，入手先 <http://www.ioi-jp.org/ioi/ioi-syllabus_jp.html>

(2014 年 11 月 2 日受付)

伊藤哲史 tetsushi@math.kyoto-u.ac.jp

博士（数理学）。専門は整数論・数論幾何学。国際情報オリンピックには 1994 年スウェーデン大会と 1995 年オランダ大会に日本代表選手として参加し、それぞれ銀メダルと金メダルを獲得。