

# 日本プログラマのレベル向上：ICPCを通して

山口利恵 山口文彦

東京大学 豊田工業大学

## 国際大学対抗プログラミングコンテスト ICPCとは？

競技プログラミングと呼ばれるプログラマが己の力を競い合う大会が増えてきた。その中で、国際大学対抗プログラミングコンテスト (International Collegiate Programming Contest, ICPC)<sup>1), 2)</sup> は、その起源が1970年まで遡り、こうした大会の中でも「老舗」と呼ぶにふさわしい大会である。

## ICPCのルール

ICPCは、原則として、同じ大学の学部入学後5年以内の学生が、3人1組のチームで競技に参加する。競技では、国内大会は3時間で7問程度、アジア地区大会では5時間で8問程度出題される(近年は選手層が厚くなったことに対応して問題数が増える傾向にある)。競技の間、1チームが使用できる計算機は1台である。与えられた時間内に正解した問題数によって、順位がつけられる。競技開始時刻から正解の提出までの時間がペナルティとなり、同じ正解数であればペナルティが少ないほど上位となる。ただし、正解までに不正解の解答を提出していた場合には、ペナルティの加算がある。

問題の詳細は次章で述べるが、プログラミングの基本である条件分岐、繰り返しなどの組合せから、探索や図形など、少々複雑なアルゴリズムを駆使するような問題も出てくる。このような問題をチームの中で上手に分担しながら解く必要がある。

## ICPCの作戦

上手な分担を実現するために、各チームはさまざまな作戦をもって競技に臨む。使える計算機が1台だけのため、計算機を利用できない2人の選手は、計算機を使う選手のサポートをしたり、次の問題を読んで方針を検討したり、自分のコードをプリントして見直したりする。このようにチーム内で計算機を効率的に活用することも重要である。

また、簡単な問題を早く解く担当、図形問題の担当、動的計画法 (DP) 問題の担当など、問題の特徴によって分担をしているケースもある。競技中の分担には適切な判断が多く求められる。与えられた問題での難易度推定やある瞬間で集中すべき問題の選択などの個々の問題に対する判断能力のほか、チーム全体での得意・不得意の特定などチーム内の選手同士の能力の理解やコミュニケーション能力なども勝ち抜くために必要な要素である。

ブログなどで公開されている参加記を見ると、序盤の動きをあらかじめ決めていたチームもあることが分かる。解くまでの時間がペナルティとなるため、簡単な問題をできるだけ早く解くことが必要である。そこで、とにかくコーディングの速い者が最初の1～2問を解き、その間に残る2人がそれ以降の問題を読んで方針を立てる、といった作戦である。

上記の作戦は上位チームが設定するような印象があるかもしれないが、初めてICPCに臨む場合にも、簡単な問題を誰が担当するのかなどを事前に決めているなど、参加記などの作戦の共有もICPCコミュニティでの特徴と思う。

## □世界のICPC

ICPCは、40年以上の長い歴史があり、世界に40万人以上の卒業生コミュニティを擁する大きな大会へと成長した<sup>3)</sup>。2023～2024年シーズンでは、世界111カ国の3,450の大学から75,000人がコンテストに何らかのかかわりを持っている。この7万人以上の選手が所属するすべてのチームは、[図-1](#)で示す9つの地域より、[図-2](#)で示すような大会を経て、世界大会へ参加する。

この数年はコロナ禍ということで、出場できた大学が限られていたり、数年遅れの実施となるなど、さまざまな制約を受けていたが、2024年4月にエジプト・ルクソールにて世界大会が実施された。ルクソールでは第46,47回の世界大会([図-3](#)参照)が2年分同時開催とされ、これによって、ここしばらく数年遅れなどで不規則な実施となっていたサイクルがコロナ前のサイクルに戻ってきたところである。

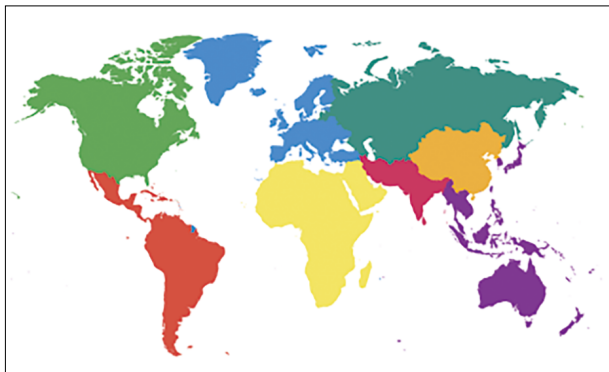


図-1 Regional Finder (ICPC GlobalのWebページより<sup>1)</sup>)

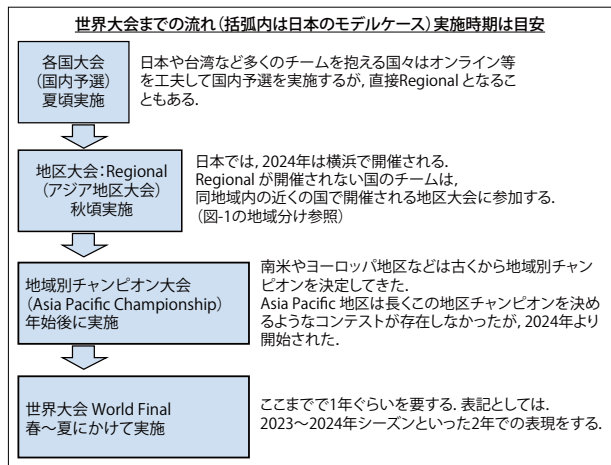


図-2 世界大会までの流れ

この記事の世界大会の実施時期はあくまでも目安である。実施予定国の情勢や準備状況などで大きくずれることも多い。

## □日本のICPC

日本では、1998年よりアジア地区大会が開催されている([図-4](#))。初年は国内予選を実施するほどチームが集まらず数10チームからRegionalがスタートしたが、コロナ前および2024年は350を超えるチームが国内予選を経て参加する大会となった。一方でコロナ禍の数年は、日本の国内予選に参加するチーム数は300チームを下回った。これは、ICPCでは3人が同じチームとして戦わなければならないため、コロナで登校が制限される中、チームメイトを見つけづかったことが大きな原因の1つと考えられる。

ここ数年、日本から世界大会へは3～4チームがコンスタントに進出している。また、日本のトップチームはメダルも獲得している。それ以前は2チーム参加の方が多かったり、コンスタントなメダル受賞もなかったことも、昨今の日本のチームのレベルが上がったことを示している。2024年には、はじめてAsia Pacific Championshipが開催され、日本から

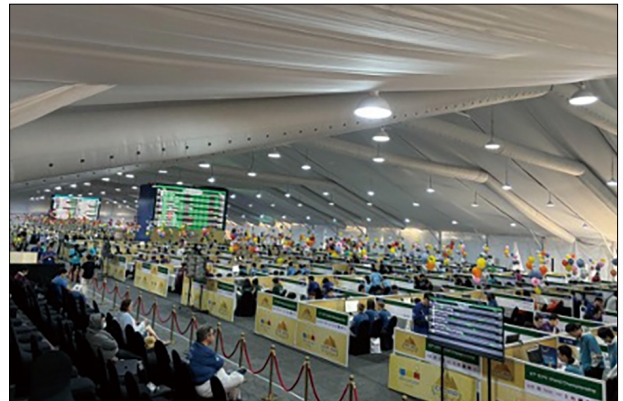


図-3 2024年エジプト・ルクソール 第46,47世界大会、2年分同時開催された



図-4 2019年アジア地区横浜大会



の出場チームも好成績を残している(図-5 参照)。

## 問題レベルの高度化

日本の競技プログラミングの競技者、特に上位陣は、年を追うごとにレベルが上がっていると感じる。

### □ アジア地区大会の年次変化

上位陣のレベルの変化を見るために、国内予選を通過してアジア地区大会に出場したチームがどのような問題に正解しているのかを、年を追って見ていこう。日本の ICPC の Web ページ<sup>☆1</sup>では、2005 年以降、アジア地区大会の問題について講評や問題解説のスライドが公開されている。以下に、いくつかの年について、アジア地区大会に出場したチームの約半数が解いた問題の問題文と講評を要約してみる：

#### 2005 年：F 問題(36 チーム中 17 チームが正解)

車のロードレースを題材とした問題である。車の速度がタイヤの走行距離により定められるという条件で、指定された距離を走行する時間が最短となるタイヤ交換戦略を求める。典型的な動的計画問題である。

#### 2010 年：G 問題(34 チーム中 14 チームが正解)

グラフの最短経路問題のためのデータ作りを題材にした問題である。枝にコストが与えられたグラフと、最短経路のコストの目標値が与えられる。グラフのいくつかの枝の重みを減らして、最短経路のコストが与えられた値になるように調整するためには、最小でいくつの枝を減らせばよいかを求める問題で

☆1 <https://icpc.iisf.or.jp/>



図-5 2024 年第 1 回 Asia Pacific Championship (ベトナム、ハノイ) に日本から出場した全チーム

ある。コストを減らすだけであることに着目して、 $m$ 本の枝のコストを 0 まで減らしたときの経路長を求める最短経路問題に帰着できる。分かっただけならば簡単な問題であるとの講評である。

#### 2015 年：D 問題(42 チーム中 21 チームが正解)

長方形のオフィスにおいて、メンバー全員から時計が見えるように、できるだけ少ない個数の時計を壁に配置する問題である。各メンバーは壁に対して垂直または平行な向きを向いており、視界は正面から  $\pm 45$  度の  $90$  度という設定である。幾何の問題にはよくあることだが、図では簡単に把握できる手順をうまくコードに落とし込む必要がある。

#### 2018 年：G 問題(60 チーム中 36 チームが正解)

整数が書かれたカードの並びが与えられる。これを、1, 3, 5, 4, 2 のように、数値が増えてから減る順序に並べ替えるまでの最短手順を求める問題である。カードをどのように入れ替えればよいかを少し考察する必要があり、その上で入れ替え回数を求める作業を高速に行うためのアルゴリズムやデータ構造の工夫が要る。いずれもそれほど難しくはないという講評だが、binary indexed tree またはセグメント木や平方分割といった工夫をしないと計算時間がかかりすぎてしまう。

#### 2023 年：G 問題(58 チーム中 29 チームが正解)

最初に  $n$  枚のカードが並んでいる。カードの並びの最初の 6 枚のうちから (6 枚以下のときは全部のうちから) 等確率に 1 枚選んで、選んだカードから 5 枚おきに取り除く。この操作を残るカードが 1 枚になるまで繰り返すとき、最初の  $n$  枚のカードのそれぞれについて、それが最後の 1 枚のカードになる確率を求める問題である。取り除く操作を単純に手順として実行すると  $n$  の二乗のオーダーの計算が必要となり、時間がかかりすぎてしまう。確率を計算する回数の上限に着目して考察すると、 $n$  のオーダーで計算できることが分かる。

以上、数年おきに拾って要約した。これを見ると、この 20 年ほどの間に、アジア地区大会参加チームの半数の実力が、典型問題を着実に解けるとい

ベルから、いろいろなデータ構造やアルゴリズムを使って計算量を減らす工夫ができるレベルになっているように思われる。

## □ 国内予選

2024年の国内予選では、簡単な問題を1問増やした問題構成であった。このうちC問題は、Webページに公開された解説にあるように、少し考察をすれば、繰り返すすら使わない簡単なコードで正解できる問題であった。もちろんそのように解いたチームも多かったが、幅優先探索で解いたチームも少なからずあった。ここで気になったのは、競技プログラミングでの戦略として、考察で間違える危険を避けて書き慣れた探索のプログラムを書く選択をしたチームがあったことである。もちろんそうしたチームは、それでも計算量的に問題がないことを考察した上で探索のコードを書いているのだが、コーディングにしても計算量にしても手間のかかる方法を選択していることが良いこととは思われない。一方で、その選択が可能なのは、典型的なコードであれば、少し長いコードであっても書くことの敷居が下がっているということでもある。

上位陣のレベルが上がっているだけでなく、競技プログラムの層も厚くなってきているが、より多くの初学者にもぜひ参加してほしいという願いをこめて、国内予選のA問題はできるだけ簡単な問題が出題されている。ここ数年は単純なループと条件分岐で解ける問題となっている。データセットを読み取る繰り返しの内側に、問題を解くための繰り返しや条件分岐を入れるのは基本的かつ典型的なパターンでもあるので、初学者にはまずこの構造をおさえたと上でコンテストに臨んでいただきたいと思う。

## 今後に向けて

ICPCは楽しい、と言う卒業生は多い。3人1組であることがその一助であろうと思うが、それに加えて、ICPCに関連するOB/OG会が実施する合宿

やRegionalなどを通して、同じことに興味を持つ学生同士が直接顔を合わせて議論する場が多く存在することがあると思う。さらに、最近では他の競技プログラミングイベントも増えてきており、競技プログラムのコミュニティが広がることで、より一層相乗効果で楽しみながら強くなることに寄与していると思う。このコミュニティでは、SNSやブログなどの情報共有ツールを活用して、たとえ知らない者同士であっても共通の話題で議論を重ねることが可能となっている。

我々育成に携わる者としては、プログラミングが大好きな人たちがICPCを通して、仲間をつくり、次の世代を育成し、その過程で自分自身をも高めていく、そして、その成長した人たちがこの日本のIT業界で素晴らしい貢献を果たしていく、このような好循環が生まれてきていることを感じて、とてもうれしく思っている。

コンテストは制約された環境で己の力を十二分に発揮してはじめて結果が出る。限られた時間や環境で、与えられた問題を解く、一発勝負の世界である。この世界を通じて、より多くの若い人たちに大いにコーディングを楽しんでもらいたいと切に願っている。

### 参考文献

- 1) ICPC Global, <https://icpc.global/> (2024年7月31日参照)
- 2) ICPC 日本, <https://icpc.iisf.or.jp/> (2024年7月31日参照)
- 3) ICPC Foundation, ICPC Fact Sheet, <https://icpc.global/worldfinals/fact-sheet/ICPC-Fact-Sheet.pdf> (2024年4月14日) (2024年7月31日受付)



山口利恵 (正会員) [yamaguchi.rie@i.u-tokyo.ac.jp](mailto:yamaguchi.rie@i.u-tokyo.ac.jp)

東京大学大学院情報理工学系研究科ソーシャルICT研究センター准教授。博士(情報理工学)。情報セキュリティ、プライバシー保護の研究に従事。



山口文彦 (正会員) [yamagu@toyota-ti.ac.jp](mailto:yamagu@toyota-ti.ac.jp)

豊田工業大学教授。博士(工学)。ICPCの日本におけるアジア地区予選審判。自動推論・ゲーム情報学・自然言語処理に興味を持つ。

