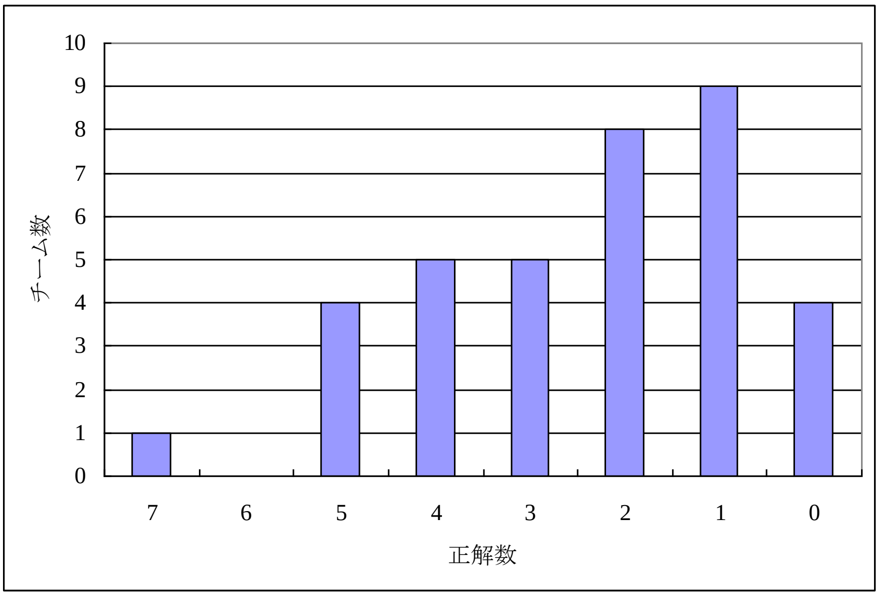
審判長講評（要約）

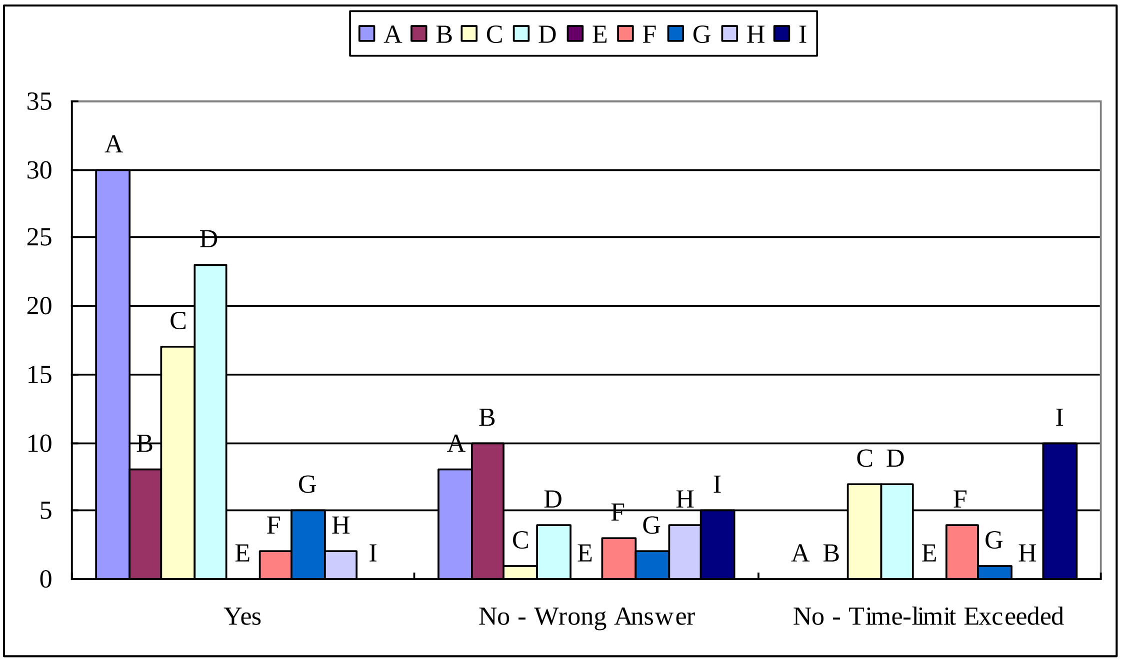
審判長　田浦　健次朗

2006 年度は，昨年の 2005 年度と同様，5 時間で 9 問を出題した．問題を作成する際の目標は，例年通り，(1) 優勝チームと 2 位以下のチームで，正解問題数に差が出る(全問正解同士の時間勝負にならない)こと，(2) 全チームが 1 問は正解できること，(3) できれば優勝チームがぎりぎりの時間で全問正解できること，を目指した．このうち(1)は達成されたが(2), (3)は残念ながら達成されなかった．

結果は下図の通りで，正解数の分布を示している．全問(9 問)正解したチームが無いどころか，第一位のチームでも 7 問，第二位のチームが 5 問にとどまった．これは想定外であった．審判団の予想外に難度の高い問題セットになっていたと言える．



問題ごとの正解，不正解，時間制限オーバーの件数を示したデータが以下である．正解したチーム数から単純に判断すると，問題の難しさは A, D, C, B, G, F および H, E および I の順(右へ行くほど難しい)となった．



以下，全問題について，簡単に結果を振り返る.

問題 A
問題概要: 多数の星といくつかの望遠鏡の視線方向と視野角が与えられる. このとき，それらの望遠鏡で星がいくつ見えるかを答える問題である. 視線方向から視野角以内の位置にある星が見えるという想定で，そのような星の数を数えることになる.
想定解法と結果: 問題を解く際に必要な知識は二つの 3 次元ベクトルのなす角が，内積を使って計算できる，ということだけである. 残念なことに 36 チーム中 30 チームの正解にとどまった. おそらくこれは，プログラミングの難しさよりも，内積を使って角度が計算できることを知らなかったことが原因であると思われる. 多くの審判にとって想定の範囲内であったようだが，全チーム一問正解という目論見がこれによって外れてしまった.

問題 B
問題概要: 平面上に与えられた多角形(凸とは限らない)が，「星型」であるかどうかを判定する問題である. 多角形の頂点が反時計回りに与えられる. 星型の定義はここでは省略するが，問題文中に与えられる.
想定解法と結果: この問題を解くにはまず星型かどうかを判定する手続きに思い至ることが必要であり，それには初等的だがある程度の幾何的考察が必要とされる. それに思い至ればプログラミングとしては直線の交点を求める，点が直線のどちら側にあるかを判定する，の二つができればよい. 正解チームは 8 チームと，想定の範囲内とはいえ，審判団の多くの予想よりは少なかった.

問題 C
問題概要: 面に色がついている立方体 8 つを 3×3 のボード上(一マスだけ空いている)に並べ，それを転がして，与えられた初期状態から指定された最終状態まで，最小何手で到達できるかを答える問題である.
想定解法と結果: 素直な探索問題である. 幅優先探索や深さ制限つきの深さ優先探索で解く事ができる. 17 チームが正解した.

問題 D
問題概要: 整数 n と k が与えられ，n を k 個の異なる素数の和で書き表すのに何通りの(集合として異なる)組み合わせがあるかを答える問題である.
想定解法と結果:一般に n を p 以下の素数 k 個で表す方法の数は，p を使うか否かで場合分けをして，$(n - p)$を p 未満の素数$(k - 1)$個で表す方法の数 + n を p 未満の素数 k 個で表す方法の数，ということになる. この観察から，動的計画法などを用いて答えを計算するのは易しい. 23 チームが正解し，問題 A に次いで正解者数が多く，この結果も予想と大体合致している.

問題 E
問題概要: いわゆる配線問題である. セルが $n \times m$ 個並んだ盤上に 2 組の端子対が与えられる(n, m はともに 9 以下). 両方の端子対を，セル上に線を引いて結ぶ. いくつかのセルには障害物が配置してあり，そこを使うことはできない. また，二つの線は同じセルを使ってはならない. この際に両方の端子を最短の線で結ぶという問題である.
想定解法と結果: この問題は事前に難しいことが予想されていたが，実際その通りであり，正解はおろか解答の投稿自身がゼロであった. 難しいことを予想していたとはいえ，もちろん正解数ゼロ，投稿数ゼロは予想外である.

問題 F
問題概要: あたえられた整数 n に対し，x^n を x から掛け算と割り算のみを用いて作るのに必要な最小の演算回数(掛け算と割り算の回数の和)を求める問題である. 一度計算した値は変数に保持しておいて，何回でも利用できる. たとえば x^7 は，$x^2 = x \cdot x$, $x^4 = x^2 \cdot x^2$, $x^8 = x^4 \cdot x^4$, $x^7 = x^8 / x$ という 4 回の演算で作ることができる.
想定解法と結果: 一般に，これまでに計算した値から，一回の演算で生成できる値は，それらから任意の

二つの値を取り出して，(1)その二つを掛けた値，または，(2)大きいほうを小さいほうで割った値，なので，安直な木探索の方法では，分岐数は非常に大きくなる．しかしながら，これまでに得られた最大のデータを 2 乗した値が求める値を越えない限り，次にその数を生成するのが多くの場合良い手であり，探索の各ノードでそのような可能性を真っ先に探索し，かつ全体として深さ優先で探索を行えば，ほとんどの場合早期に比較的良い解が見つかる．後はそれを用いて枝刈りをしながら探索できる．正解は 2 チームで，ほとんどの審判の予想を大きく下回った．不正解が 3 と時間制限オーバーが 4 あった．なお，この問題は入力が 1000 以下の整数 1 個であるために，プログラム中に，事前に求めておいた答えの表を作っておいて，実行時にはその表を引くだけで答える，という方法が可能になってしまう．これは時間制限オーバーを避ける方法として一般に用いられてしまう可能性がある．教訓は，可能な入力がすべてコンテスト時間内に解けてしまうような(入力が小さな整数一つのように，場合の数が少ない)問題は出さないように注意しなくてはならない，ということである．

問題 G
問題概要: 最大 6 個の辺の長さ(整数で 300 以下)が与えられる．これらをすべて使って面積最大の凸多角形を作る問題である．ただしすべての頂点が格子点上に配置される，という条件がある．この条件により各辺の置き方は何通りかに決まる(実は辺の長さの条件から 36 通り以内になる)．
想定解法と概要: 辺の数は少ないが，それでも安直に 36^6 を探索すると時間切れになり，いくつかの枝刈りが必要である．たとえば最初の辺は向きが第一象限に向いていると限定してよい(残りの場合はそれらのうちのどれかを 90 度，180 度，または 270 度回転したものになる)，などの方法で時間内に探索が収まるようになる．正解チーム数は 5 であった．

問題 H
問題概要: 文脈自由文法(生成規則の集合)とある長さが与えられ，その文脈自由文法で受理される，指定された長さの文字列のうち，辞書式順序で最も小さい文字列を求める問題である．
想定解法と結果: 想定した解法は，それぞれの(非終端記号，長さ)の組み合わせに対し，その非終端記号から導出される，その長さで最も小さい文字列を保持する表を作っておき，それを生成規則に従って更新していく，というものであった．正解チームは 2 であった．事前にも難しいことが予想されており，やはり正解チーム数は少なかった．原因の客観的な解明は難しいが，そもそも正しい解法を思いつくことに困難があったのではないかと思われる．

問題 I
問題概要: グラフとその 2 点が与えられ，2 点間の k 番目の最短路(k 番目に短い道)を求める問題である．
想定解法と結果: 最短路を求めるのは易しいがそれ以降の道を効率よく求めるにはかなりの考察が必要である．想定した解法は，最初に最短路を求め，次に 2 番目の道，次に 3 番目の道，と順に求めていく方法で，各段階で，「これまでに見つかった道を除いて最も短い道」を求めるのが基本的な手続きとなる．より単純な，可能な経路を適当な距離の制限内で探索していくという方針も考えられるが，データによっては組み合わせ爆発を起こす．投稿 15 のうち正解は 0，間違いが 5，時間制限オーバーが 10 という結果になった．

総括：例年通り審判団は問題文を正しく記述し，プログラムの正誤を判定するのに適切なデータと，サンプル入力を用意するという作業を細心の注意をはらって行った．ホスト校である慶應大学の会場設営やマシン運営も素晴らしく，審判団も快適に仕事をすることができた．審判団にとっての技術的チャレンジは，適切な難易度の問題セットを用意することであるが，参加者から見た問題の難易度を予想するのは常に難しい．今回我々が得た知見を来年度以降の問題設計の際の参考としたい．