

スーパーコンピューティング・コンテストの紹介

東京工業大学大学院教授 渡辺 治

毎年、夏、プログラミング好きの高校生・高専生が日本各地から集まってきて熱い闘いを展開するプログラミングコンテストがある。スーパーコンピューティング・コンテスト（通称、スーパーコン）である。今回、高大連携の一例として、このスーパーコンの紹介を書かせていただくことになった。かなり特殊な例かもしれないが、最後に紹介する「スーパーコン級認定」ともあわせ、情報科学教育の話題提供に利用していただければ幸いである。

1. スーパーコンって？

スーパーコン（SuperCon）とは、スパコン（これはスーパーコンピュータの略；コンテストの方はスーパーコンです）を用い行われている高校生・高専生対象のプログラミングコンテストである。東京工業大学にて1995年から始まったが、2006年の第12回大会からは大阪大学と同時共同開催となり、偶数年は東工大のスパコンを、奇数年は阪大のスパコンを、東京と大阪の両会場から同時に利用し、コンテストを行っている。毎夏に行われるため、「夏の電腦甲子園」と呼ばれることもある。

スーパーコンは毎年、表1に示したような日程（2009年の例）で行われている。スーパーコンへの参加は、同一校の高校生・高専生（高校生と同等の学年）でチームを結成し（1チームは2～3名）、予選課題へ挑戦するところから始まる。この予選課題の問題に対するプログラム（とそのレポート）をもとに、毎年約30～40チームの応募の中から各会場ごとに10チームの本選出場チームを選抜する。なかなかの激戦だ。

本選では、ある課題に関する問題を1つ提示

表1 スーパーコンの日程

参加チーム募集（6月1日） 予選課題発表 ↓メールで応募・解答を受付
予選解答の締め切り（6月22日）
予選審査（6月24日） 本選出場チーム発表（各会場10チーム） ↓コンテスト課題予告
本選開始（8月3日） 東工大・阪大に集合（講習等） ↓プログラム作成（3日から6日）
プログラム審査（8月6日夜）
成果発表・表彰式（8月7日）

し、スパコンの性能を活かしてそれを解くプログラムを4日間かけて作りあげる。課題とその具体的な問題についての説明が初日に行われ、評価基準（達成目標や計算時間）が明確に示される。それ以後、プログラム提出までの4日間、高校生諸君の熱い闘いが始まるのである。

2. スーパーコンの魅力

スーパーコンはプログラミング・コンテストの一種である。ただし、通常のプログラミング・コンテストとはかなり異なっていて、それがスーパーコンの魅力になっている。

（1）特徴：課題解決型コンテスト

通常のプログラミング・コンテスト、たとえば先輩格の国際情報オリンピックはテスト（筆記試験）型のコンテストである。つまり、決められた時間に筆記試験のようなテストを行い、審判団が採点し、その得点を競う。それに対し、スーパーコン（本選）では、課題問題が1問だけ与えられ、それに対し、数日間かけて取り組む形のコンテストである。



会場の様子



お茶休憩での交流

課題問題にはかなり歯ごたえのあるものが出される。それ1問だけを高校生が4日間、必死に取り組むのにふさわしい問題なのである。テスト型コンテストでは、出題者は解答を知っているのが普通だが、スーパーコンでは問題作成者自身も、正解は何か（どんな解法が最もよいのか）わからない場合もある。したがって、テスト型では「採点」だが、スーパーコンでは「審査」である。提出されたプログラムが正しいかを見るのではなく、その性能を（審査用例題を用いて）評価するのである。

このような形式のため、単に知識や技術だけではない「何か」が勝敗を決める鍵になることが多い。そのため、毎年、何らかの形でドラマが生まれている。いろいろなアプローチを試み、失敗を繰り返しながら見事なプログラムを作成する場合が少なくないからだ。そのためには気力と体力も必要なのである。

（2）特徴：参加者の中に生まれる不思議な一体感

課題解決型コンテストのためか、コンテスト参加者の間には「同じ問題に挑戦している」という不思議な一体感が生じる。もちろん、他チームは競争相手でライバルなのだが…。

プログラム作成初日には、課題に関する予備講習やスパコン用プログラミングの講習なども行われる。また、プログラム作成中には、教員、情報センターのスタッフ、そしてチューター（大学院生：多くはスーパーコンOB）からの、プログラムの書き方やデバッグなどについてのアドバイス

もある。このように、一緒に講義を受け、演習室でガヤガヤやっていると、皆が一体で問題に挑戦している、という雰囲気が出てくるのも自然だろう。2名以上のチームでの参加も雰囲気作りに役立っている。共同作業を組む場合でも、じつはチームのメンバーの誰かが暇になっていることが多い。その暇メンバー同士が情報交換を始め、それを契機にチーム同士のつながりが出てくる。そんな仕組みになっているようだ。

各会場ともプログラミングの場である演習室は、本選期間中、午前9時から午後8時まで利用できる。ただ、冷房の効いた部屋に閉じこもりっきりでは体に悪いとの配慮から、「お茶休憩」と称して、毎日3時に休みを強制的に取らせることにしている。その時間には両会場の休憩室を簡易TV会議システムで結び、東西の交流も行っている。そもそもプログラミング大好きな連中の集まりであり、似た者同士というところもあるのだろう。すぐに打ち解け、課題に関することから趣味のゲームまで、話題に事欠くことがないようだ。

黙々とプログラミングしている子もいるが、自分達の新しいアイデアがうまくいきそうだと、それを自慢したくなる場合も少なくない。最初はチューターやスタッフに説明を始める、それを他チームのメンバーが見に来て人が群がる。コンテストも後半となると、こうした光景が見られる。大会期間中、参加者だけが読み書きできる電子掲示板には、「どこまでできた」といった東西の競争合戦も結構書かれている（もちろん、こうした場

合でも詳細までは説明しないし、他チームのメンバーも深くは聞かない。その点、なぜか「ほどほど」の線を皆、身につけているようだ。

(3) 特徴：スパコンをぶん回す

通常のパソコンが自家用車だとすれば、スパコンはレーシングカーに相当する。「プログラミング好きの若者たちに、そのレーシングカーを経験させてあげたい」という単純な気持ちがスーパーコンの発端だった。

スパコンという名称は、その時代において最高レベルの計算性能を発揮するマシンに与えられてきた称号である。したがって、スパコンは日々刻々と進化している。その最先端の機器を占有し、まさに文字通り「ぶん回す」ことができる4日間なのである。

コンテストでは、これまで、時代を代表するスパコンを使ってきた。コンテストで使ってきた東工大のマシンについて紹介しよう。最初は1995年に東工大へ導入されたCray社のスパコンCrayC90である。この導入がスーパーコン開始のきっかけともなった。その演算性能は12Gflops (1G (1ギガ)=10億) で^{注1}、当時のパソコンの性能 (0.1 Gflops程度) の約100倍だった。その次が2000年に導入されたSGI社のSGI Oring2000である。これはプロセッサ (最近では計算コアと呼ぶことが多い) を256台使うことで200Gflopsの性能を達成した。このように多数のコアを使うことで性能向上を目指しているスパコンを「スカラ型スパコン」という。

東工大はスカラ型スパコンを中心にスパコンの運用に関して世界の先駆的な研究開発を行っている。2006年には、NEC社、Sun Microsystems社などと新たなシステムTSUBAMEを開発・導入したが、これは低コストながら1万コアを用いて世界7位 (導入当時) の実質性能を出し、世界のスパコン研究者をアッと言わせた。TSUBAMEは、その後も進化を続け、2008年には日本初の100 TFlops (1T (1テラ)=1000G) を実現するスパ

注1 フロップスflopsは1秒あたりに行える小数に対する演算回数のこと。計算性能を測るときに一般的に用いられる量である。

コンになっている。

一方、阪大のスパコンは、パイプライン方式で演算を行う特殊なベクトル演算器を用いて、超高速演算機能を実現する「ベクトル型スパコン」である。今年の2009年大会では、ベクトル型スパコンとして新たに導入されたNEC社のSX-9を使うことができた。これは著名な地球シミュレータに最近導入されたものと同機種のスパコンである。こうした最先端のスパコンを占有することができるのは、このコンテストの大きな魅力の1つだろう。

課題を考え問題を出す側でも、スパコンをぶん回すのにふさわしいものを、と毎年苦勞している。この課題の選定、そして具体的な問題の設計、これはかなり大変な作業である。スパコンの利用に関係する科学技術の話題をベースにすることが多いが、理解しやすいように課題を単純化し、予備知識がなくても取り掛かれるようなパズルとして問題を設計することが多い。また、参加者のアルゴリズム設計能力、プログラミング力を考え、おもしろく、かつ、与えられた期間で何とか達成できるよう、問題の難しさを決めるパラメータの調整に毎回苦勞している。

毎年、この程度かな?と思いつつ難易度を決める。これが、いわば出題者と高校生諸君との「勝負」である。嬉しいことに (ただし少々悔しいけれども)、予想をはるかに上回る高性能な解法を出すチームが現われ、出題者側の敗北となるのが、ほぼ毎年のこととなっている。こうした課題や問題については、『数学セミナー』(日本評論社、通常は12月号) にコンテストの報告とともに紹介している。また、第10回大会までの記録本^[1]でも、課題の紹介と解説を行っているので参照していただければと思う。

3. 今年のスーパーコン

さて、せっかくの機会なので、今年のスーパーコンについて少し述べる。今年は阪大のベクトル型スパコンを使用したのも、本格的なベクトル型計算の課題として次のような課題が出された。

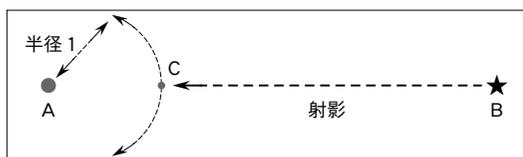
恒星写真探索問題

ある空間内に存在するすべての星の座標が与えられている。それに対して様々な星から撮影した「全天写真」が数多く与えられる。これらの写真から、その各々が、どの星からどの方向を向いて撮影されたものかを計算してほしい。多数の写真が出題されるので、制限時間内に最もたくさんの写真に対して正解を出したチームが優勝である。

用語解説

星：ここでの「星」は、すべて光を出す恒星のこと（何と、恒星上から写真が撮れるのです！）星にはすべて名前（番号）がつけられている。

全天写真：ある星Aからの星の写真のこと。Aを中心として半径 r 以内に含まれるすべての星を単位球面（半径1の球面）に射影したもの。つまり、半径 r より遠い星は写らないものとする。具体的には、Aから半径 r 以内のすべての星を $B_1; \dots; B_n$ としたとき、これら $B_1; \dots; B_n$ を単位球面に射影した点 $C_1; \dots; C_n$ の座標を表す n 組のデータである。



基準星：全天写真は、ある星（上記の $B_1; \dots; B_n$ の1つ）が北極星の位置にくるように回転して撮影している。これを基準星と呼ぶ。解答としては、全天写真をとった中心星と基準星の両方が何かを答えなければならない（両方が当たれば2点、中心星だけでは1点）。

すべての星の座標（絶対座標）は与えられているが、全天写真は、ある星を中心に単位球上に射影したものを回転させた座標になっている。解法のポイントは、回転によっても変化しない不変量を見出して、それをもとに中心となる星を探り当てることだった。

三次元空間の座標の扱い方を勉強してくるよう、と予告はしていたが、「まだベクトルを習っていない」という高校1、2年生がいた。そのため参考プログラムを配布したり、射影の計算方法をアドバイスしたりした。一方で、「ちょうど習ったばかりだった」と喜ぶ高校3年生もいた。

一方、スーパーコン的なところは、大量のデータを高速に処理しなければならないところだ。今回、審査用の問題例として使ったのは（使うと予告したのは）、星の数1万個～100万個、全天写真の枚数は1000枚のデータである。このような多量のデータを数分で処理しなければならないところに、スパコン（とくに今回はベクトル演算）をどう活用すべきかの工夫が問われるところだったのである。

以上のような問題に対し、今年も皆が挑み、驚きの結果と、そして素晴らしい成果が得られた。その速報はスーパーコンのホームページ^[2]でも紹介している。また、コンテストの詳しい報告は、課題問題の詳しい解説とともに『数学セミナー』（日本評論社）にて紹介される予定である（2009年12月号掲載予定）。

4. 挑戦できるスーパーコン

スーパーコンの本選には限られた数のチームしか参加できない。一方、もっと多く的高校生・高専生にプログラミングの楽しさを味わってもらいたい。そこでスーパーコン実施委員会では、昨年度より「スーパーコン級認定」を始めた。毎年の子選課題の発表と同時に、子選課題の中でも取り組みやすい問題をいくつか出題し、正しい解答プログラムを提出した方に（個人でもチームでも）、問題のレベルに応じてスーパーコン1級から3級までの認定証を発行する制度である。

プログラムの初歩を勉強した人から取り組めて、しかも教科書などではあまりお目にかからない問題を提供しようと計画している。昨年と今年の例はホームページ^[2]から参照できる。授業での課題や課外活動の目標として、多くの方に挑戦していただければ幸いである。

参考文献

- [1] 松田裕幸, 渡辺治, スーパーコン甲子園, 日本評論社, 2005.
 [2] スーパーコン・ホームページ
<http://www.gsic.titech.ac.jp/supercon/>