



研究ノート

アルゴリズムの可視化

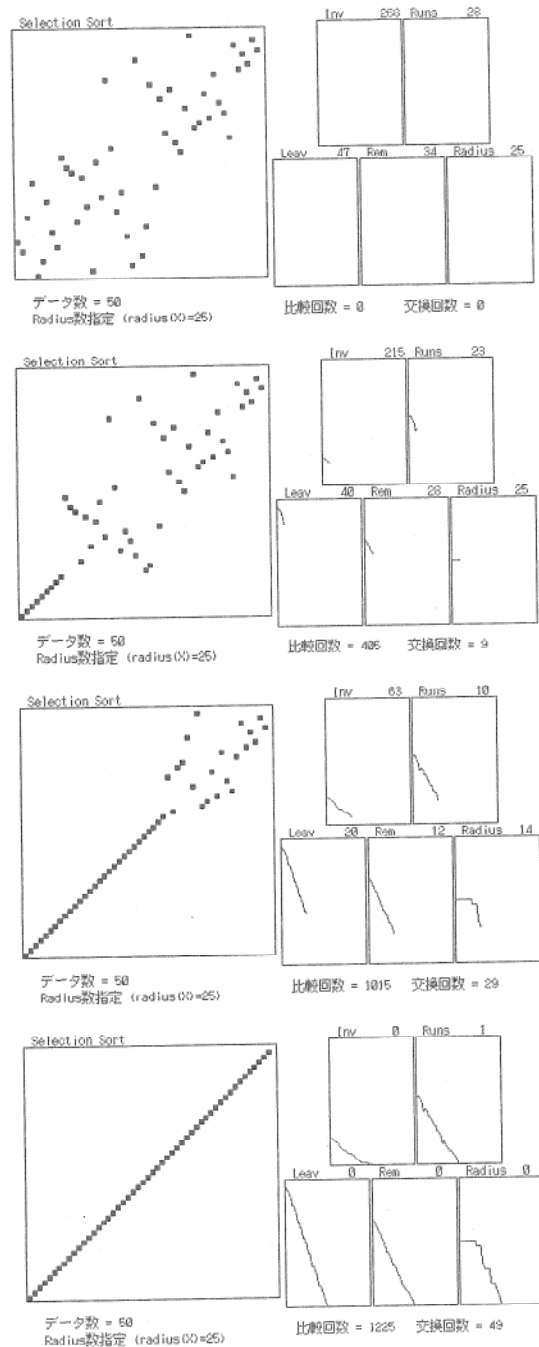
都 倉 信 樹*

1. 可視化

可視化 visualization という言葉は、機械工学での「流れの可視化」などに見られるように、直接的には人間の目に見えないものを種々の手段で見えるようにすることをいう。流れの可視化の場合、空気流に線香の煙、水にアルミ粉末を流して流れを観察できるようにする、あるいは、コンピュータでシミュレートするなどの手段がとられている。これ以外にも、可視化手法は、コンピュータシミュレーションと連係して非常に多方面に使われるようになってきている。それは、コンピュータの能力の向上と表示装置・技術の向上に支えられている。そして、人間の持つすぐれた視認能力を利用するものである。我々の研究室では、いくつかのテーマで研究しているが、その多くは、いわゆる、紙と鉛筆を使ったアルゴリズムに関する理論的な研究である。残りはソフトウェアの開発に関する研究であり、これはコンピュータがなければ研究はできないもののそれほど計算をするわけではない。しかし、数年前パソコンが自宅と教授室に登場して、筆者の環境はかわった。

2. はじめは、簡単なことから

筆者の場合はワープロとしての利用がもっとも多いが、あるきっかけで、簡単なプログラムを書きはじめた。パソコンの導入時、マウスも購入したが、それを使うソフトウェアがなく、マウスが遊んでいるという状態なので、両端を指定して直線をかきとか、円をかきとかいう小さいプログラムを自作してみた。これが発端と



Radiusの値を指定した入力列に対する選択ソートの動作

* 都倉信樹 (Nobuki TOKURA), 大阪大学基礎工学部情報工学科, 教授, 工学博士, 情報工学

なって、マウスでグラフィック（直線や円などの図形を画面に表示する）の機能を使うプログラムを少しずつ書いては、同僚にこういうことができるよと見せたりした。そのころ、分散アルゴリズムのグループの院生が、幅優先生成木を生成する分散アルゴリズム¹⁾を考案し、論文の下書きをもってきた。この種のアロリズムはかなり複雑で、かなりコンパクトな書き方をしても、学会誌の一頁にやっと入ると言うくらいになる。そして、論文の残りほとんどはそのアルゴリズムが正しいことの証明にあてられる。この種の証明はかなり書きにくく、論文の半分以上のスペースを費やしても、読んですぐわかるというようなものにはなりにくい。そのアルゴリズムと証明が正しいことを確認しつつ、文章や説明を添削するのが筆者の役目となるが、この作業は非常に困難である。本人から説明を聞きすぎると原稿をその頭で読むために、つい正しいと思ってしまうという危険があり、むしろ、はじめて読むという立場においこんで、綿密によむのであるが、これが最初の版などでは、アルゴリズムもなにかあやしいし、証明はあちこちあやしいというような感じでどうもすっきりしない。ここが誤っているとばかり指摘できるときはいいが、何となく怪しいが記述がわかりにくいため、きちんとつめきれないこともある。そういうときに、ふと思ったのは、これをコンピュータで実際に動かしてみたら、動きがわかりやすくなるのではないかということである。その時点では、アルゴリズムの動作を主として数値や文字で表現するシミュレータを作成して、そのグループの人にも見せた。もっと動きが目に見えるようになってるといいという意見があり、分散アルゴリズムのネットワークを我々が図に書くように、ノードは円で、リンクは直線で表現し、メッセージが到着していることを小さい白い線で表現し、ノードはその状態で色わけするという方法で、動作がわかりやすいシミュレータを作成した。そして、種々の例題をマウスで簡単に入力したり、保存したり、取り出して再演できるようなものとして、実験しやすいように工夫した。これはある冬休みをあてて、楽しみながら作成した。このシミュレー

タを用いることで、考案したアルゴリズムを実際にいろいろのネットワークを想定してテストしてみることができるようになった。これによりアルゴリズムにあった誤りが実際に発見できたり、改良の手掛りをうることができた²⁾。これがアルゴリズムの可視化ということの具体的な例であり、多くの人に見せ、好評であった。

3. そして、手作りはつづく……………

このように、ちょっと手をだして作りだしたプログラムではあったが、実際に効果を発揮し、この手法の有効性を実感した。それから、他のアルゴリズムについても、可視化することで研究や教育に利用できると考え、ときどき、まとまった休みのあるときに、プログラムを作るようになった。それほど大きくないプログラムも週末にちょこっと作っては道具として使うようになった。これもパソコンが手元で使えるようになったこと、また、その上で動くコンパイラやエジタが使いやすくなり、プログラム作業が非常にやりやすくなったことによる。特に、ソフトウェア工学でいうモジュール化や、再利用をすることで、数百行程度のプログラムはごく簡単に作れ、少しいねいに作ると、すぐ千行から二千行程度のプログラムになる。このように、日曜大工ならぬ日曜プログラマ、あるいは、冬休みに突貫作業をするので自称「季節プログラマ」となっていた。「教授ともあろうものがプログラムなど組んで」という人もあったし、「プログラムを組むとは墮落だ」などという先生もおられたが、自分の仕事をよりしやすくするために、しかも既存のツールがないがために、ちょっとしたことは自分で作るということを積み重ねている。プログラムを書くことはなにも特別のことではないし、少なくともソフトウェア作成法を研究テーマの一部に意識している以上、自分で体験することの貴重さを改めて認識した。サイドワーク的な形ではあるが、開発したソフトウェアは、大学で講義の際に学生にみせて説明したり、放送大学のTV授業でのシミュレータとして、あるいは、その面接授業で、学生が自分で実際にパソコン上で動かして勉強するためのソフトウェアとして利用されている。

また、研究室の辻野先生らが開発した COMET という簡単なコンピュータの可視化シミュレータはあちこちの大学や高専で、教育用に利用されている。他にもいくつかの開発計画がある。

4. 著作か研究か……

このように、アルゴリズムや計算の過程の可視化は実用上きわめて有用であるが、これは研究という点では問題がある。というのは、むしろその作業は、わかりやすい本を書くとか、うまい説明を講義ですると同様の、一種の表現行為に近いもので、制作物は著作物というようなものである。その著作物が一般性のある知見とは必ずしもいえないという点である。研究というからには、単にそういうプログラムを作るだけでなく、その評価もしっかりしなければならぬであろう。ただ、アメリカでは、そういう固いことはまず言わず、「アルゴリズムアニメーション」という魅力的な名をつけて、こういことが可能ですよということを示して、それが業績として認められる³⁾。井口教授が音楽の研究について、本誌一月号で、弁解、ふたたび、弁解としてのべておられる⁴⁾のと一部通じるところがあるが、新しい研究について、おもしろい、可能性を示すことにも意味があると認める風土と、新しいものになにか一抹の抵抗を感じ、容易に認めないという風土の違いがあるのかなという気もしないではない。確かに、「こういうものができました。見てください」「おもしろい。よくできているけど、それがどうした？」という疑問に答えられる論理が必要であろう。一般性のある知見を獲得し提示することが研究としては要求されるからである。筆者の内部では、一方、できるだけいろいろのものを作って経験をつみ、どういう提示方法がよいのかという知見を可能ならまとめたいという願いもあるし、また、一方では、理論的な研究にもつながるテーマもいくつかあると考えてもいる。たとえば、シミュレータを作成しても、適切な例題を作ることがなかなか大変であり、

それを自動化することがひとつのテーマとなりうるであろう。最後にその方向の研究として、ソートアルゴリズムに対して与えるべきデータをその整列度を表わすいくつかのパラメータを指定して生成するシステムを学生の西田君が作成したが⁵⁾、その動作中の一画面を紹介しよう。このシミュレータでは、たとえば、反転数を指定するとひとつの例題が生成され、それに対して、指定したソートアルゴリズムを使用した場合に、どのようにソートされていくかを、5つの指標の変動とともに表示することができるものである。

5. おわりに

アルゴリズムの可視化についてこれまでの経過をふりかえりながらのべた。このような試みをする研究者は徐々にふえており、パソコンでのシミュレーションを講義に取り入れてわかりやすくするというように使われたりしている。教育やあるいは、自分の研究の道具として、その有用性は否定できないし、難かしく考えず、作って使ってみていけばどうかと考えている。

- 1) 朴政鎬, 増沢利光, 萩原兼一, 都倉信樹: ネットワークの連結性関連問題を解く効率の良い分散アルゴリズム, 電子情報通信学会論文誌 J72-D-1(5), 343-356, May 1989.
- 2) 都倉信樹: 分散アルゴリズム開発支援ツール, 情報処理学会誌 70(4), 380-386, April 1989.
- 3) M. H. Brown: Algorithm Animation, Cambridge, MA. MIT Press, 1987.
- 4) 井口征士: 趣味と研究—コンピュータと音楽—, 生産と技術, 43(1), 33-35, Jan 1991.
- 5) 西田知博: ソートアルゴリズムにおける入力の整列度とその応用, 大阪大学基礎工学部情報工学科平成2年度特別研究, Feb. 1991.