

Robert W. Floyd: Nondeterministic Algorithms

Journal of the ACM, Vol.14, No.4 (1967), pp.636-644.

1980年代には頻りに耳にも目にもしていた non-deterministic (非決定的) とかバックトラックとかいうことばを、最近ではめったにきかなくなってしまう。これらのことばはたいへい、Prolog や論理プログラミングとむすびついていた。しかし、当時の日本に ICOT という組織があり、第5世代コンピュータプロジェクトという、論理型言語とその応用に関する大国家プロジェクトが遂行されていたことを、私の勤務先でも新入社員の中には知らないひとがふえてきている。

論理プログラミングの起源の1つは2002年7月号のこの欄で紹介された Robinson の融合原理であるが、その約2年後におなじ JACM 誌に掲載されたこの論文は、Cohen¹⁾ が書いているように、Prolog という言語やその実行方式に大きな影響をあたえている。

Prolog は地図のぬりわけやエイトクイーン問題のような解探索型の問題をとくに適している。このような問題を逐次型のコンピュータをつかってとくには、バックトラックという技法(一種の試行錯誤)をつかう。つまり、解をもとめるのに失敗したとき、たとえば地図のぬりわけに失敗したときに、系統的に途中の状態にもどってやりなおす。ところが、手続き型のプログラミング言語によってバックトラックをプログラムするのは容易でない。この Floyd の論文は、このようなバックトラックをプログラム中に明示的に書かなくても解探索型の問題がとけるようにすること、つまり自動バックトラックをめざしていた。

この論文の第1の要点は、1からnまでの整数値をかえす choice(n) という多値の関数によって“やりなおし”の候補を生成し、プログラム上の実行終了点で成功または失敗(やりなおし)のいずれかを指定することによって、自動バックトラックの記述を可能にしたことである。例題としてつかわれているエイトクイーン問題であれば、choice(n) の実行が1個のクイーンを選択して盤面におくことに相当する。第2の要点は、このように記述したプログラムからバックトラックをつかったプログラムへの変換法をあたえたことである。

この論文ではまた、choice(n) をつけたプログラムを明示的にバックトラックするふかさ優先探索のプログ

ラムに変換するかわりに、幅優先探索型のプログラムや並列処理プログラム(ということばはつかわれていないが)に変換することも指摘している。したがって、この論文は単に Prolog とその実行方法を開拓しただけではなく、1980年代のさまざまな論理プログラミングをめぐる研究への道をひらいたといえるだろう。

また、choice(n) という関数を、整数や他のデータをランダムに選択する関数とみなせば、この論文は遺伝的アルゴリズムのような確率的計算への道をひらいているともみなせる。Floyd もそれに気づいてはいたが、この論文のなかでは nondeterministic ということばは確率のあるいはランダムな計算を意味するのではなく、系統的な探索を簡便に表現するのだと書いている。

この論文で例題としてつかわれたエイトクイーン問題や、それを $N \times N$ の“チェスボード”に拡張した N クイーン問題は、プログラミングの世界でしばしば例題としてつかわれてきた。Erbas ら²⁾ がそれらの論文を紹介しているが、最近では量子計算の例題にもなっている³⁾。また、地球シミュレータでつかわれているようなスーパーコンピュータによる探索型問題の解決や論理型言語の実行、創発的計算のモデル CCM による探索型問題の解決でいつも N クイーン問題を例題としてつかってきた私にとっては、それ以上にとてもなつかしい。

この論文が掲載された JACM 誌には長大でむずかしい論文が多いが、この論文は9ページとみじかく、内容も実践的である。興味がある方は読まれるとよい。最近では論文中にプログラムを記述するときは C 風の言語を使用することが多いが、この論文は“構造化プログラミング”以前の時代に書かれたものであり、フローチャートがつかわれていて、時代の差を感じる。

参考文献

- 1) Cohen, J.: A View of the Origins and Development of Prolog, Communications of the ACM, Vol.31, No.1 (1988).
- 2) Erbas, C., Sarkeshik, S. and Tanik, M. M.: Different Perspectives of the N-Queens Problem, ACM Annual Conference on Communications, pp. 99-107 (1992).
- 3) Del Manzano, H.A. and Echevaria, C.: Quantum Algorithm for N-Queens Problem, Computing Research Conference 2002, <http://www.ece.uprm.edu/crc/crc2002/>

(平成15年1月6日受付)

金田 泰 / 日立製作所 システム開発研究所
kanada@sdl.hitachi.co.jp

