

シーズを見つけよう

## 計算の理論，計算する機械，そしてプログラミング言語

### はじめに

“いつもここから”は，教育番組でアルゴリズム体操をしています．アルゴリズムと体操がどのように関係するのかいつも不思議に思っています．

それはさておき，アルゴリズムとは物事を処理したり問題を解決する手順のことを意味する言葉です．身近な例では，料理を作る手順はレシピであり，同じ料理を作るにも人によってレシピは異なるかもしれません．また，パソコンの仮名から漢字へ変換，それから Windows などの OS も決まった手順に従っています．そのような手順を“機械が理解できる言葉”で記述したものが所謂プログラムです．その言葉はプログラミング言語と呼ばれて，計算機への命令を直接記述する言語から人間にとってわかり易い言語（高水準言語）まで数多くの言語が開発されてきました．このように，計算機，プログラミング言語，アルゴリズムはお互いに関係しています．そもそも，「機械が計算をする」とはどのようなことを意味しているのでしょうか？また，「計算とは何者」でしょうか？

### 研究の要点

計算の理論の世界第1号は 1930 年頃にチャーチによって作られました．この計算の理論はラムダ計算と呼ばれています．その後，多くの研究者によりチューリング機械など様々な計算理論やモデルが提案されてきました．今でも生き残っていてキチントした理屈は全てラムダ計算・チューリング機械と同じ能力があります．広く使われている関数型プログラミング言語もこの理論によって支えられています．この理論のおかげで，計算やプログラムの性質や動作を調べることができます．例えば，具体的な機械に依存しない計算の効率（計算量：基本操作による計算ステップ数）を評価することができます．また，計算可能な問題であるか，計算不可能な問題（そもそもアルゴリズムが存在しない問題）であるか分析できます．この様な基礎理論は，情報社会を支えているソフトウェアや情報システムの信頼性，安全性を保証するために縁の下の方力持ちとしても応用され活躍しています．

一方で，計算を行うために色々な機器が利用されています．素朴な計算器（手動による珠算）のソロバンの珠は，数字を表現するために使われています．珠がどの状態にあるかで計算の進行していく過程が表現されています．すなわち，「機器の状態遷移」に「計算過程」をうまく対応させて，そこから意図する計算結果を上手に読み取っています（図1）．



図1 機械・物理現象の状態遷移による計算過程の実現

現在広く使われている計算機の基本要素は論理回路を組合わせて構成されています。そのためまず、基本論理回路を使って基本的な計算を実行する回路を作っています。そこでも、ブール代数の論理値 0, 1 が「電気信号の状態」(低, 高など) で表現されて、それらの回路を組合わせた機械の状態遷移が計算過程の実現に利用されています。

話は飛躍しますが、線形代数で学んだベクトルを「電子の状態」( $\uparrow$ ,  $\downarrow$ : スピンの向き, あるいは基底状態・励起状態など) に対応させて計算過程の表現に用いるアイデアは、ベニオフ(1980年)やファイマン(1982年)らによって与えられました。ここでの状態遷移は、シュレディンガー方程式という物理法則に従っています。開発にしのぎを削っているこのような計算機(量子コンピュータ)の計算理論(量子チューリング機械), 計算モデル(量子回路: 図2)も活発に研究されています。ここで、この計算理論, この計算機械に自然に関するプログラミング言語とはどのようなものなのでしょうか?

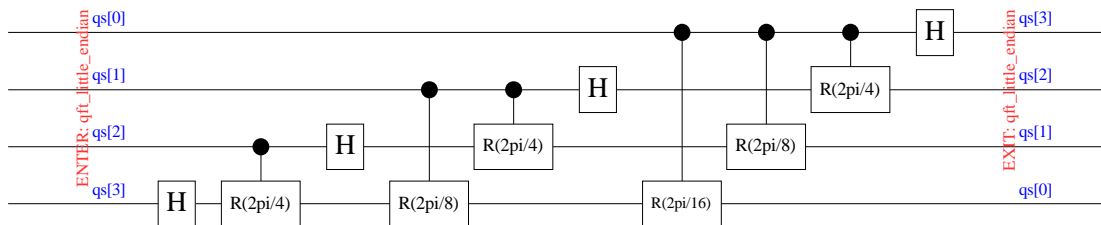


図2 離散フーリエ変換を計算する 4 qubit 量子回路の例  
(関数型量子プログラミング言語 Quipper による)

今の計算機においても、具体的な計算機の構造に依存しないプログラミング言語の設計・開発は活発です。それによって、A社が作った機械でもM社が作った機械でも同じように計算できるからです。そのためには、プログラムと機械との橋渡しをする翻訳器や仮想的機械を作ることが常套手段になっています。新しい機械が使えるようになってもこのようなインターフェースは望まれるべきものです。これによって、人間の思考は使っている機械の束縛から解放されることとなります。ここで大切なポイントは、新しい計算機と今の計算機とをうまく組み合わせてそれぞれの特徴を使いこなす枠組みであると考えられます。

#### まとめ

新しいアルゴリズム, 新しい計算機, 新しいプログラミング言語の構想は今後も続きます。アルゴリズム体操は面白いアイデアを提供するのでしょうか。

所属・連絡先 藤田憲悦 (ふじたけんえつ)

群馬大学工学部准教授

376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1