



A.M.Turing: On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem

Proc. London Math. Soc. ser.2, vol.42 (1936-7), pp.230-265.

Turingは1936年のこの論文の中で、計算を自動的に実行するマシンを提示した。いわゆるTuringマシンである。これは今日のコンピュータの理論的なモデルと考えることができ、まさに歴史的な論文である。たとえばACM (Association for Computing Machineryは情報処理学会とも関係の深い米国の学会 (<http://www.acm.org>)) のTuring賞 (A.M. Turing AwardはACMの賞の中で最も権威のある技術部門の賞) のような形で、Turingの名前が、情報処理分野を代表する言葉になっているのも納得できる。

もっとも、後年にコンピュータを実際に設計して実現した人々が、どれくらいTuringの論文の影響を受けていたのか、あまり明らかではない。Turing自身も現実のコンピュータの開発に加わったが、あまり順調には進まなかった。現在のコンピュータの内部構造は、Turingマシンとは異なる。コンピュータの構造 (アーキテクチャ) に関しては von Neumann の名前が残っている。

Turingの論文は、現実のコンピュータの実現を目標としたものではなく、理論的な課題を対象としている。タイトルの末尾にある Entscheidungsproblem というドイツ語は「決定問題」の意味である。これは Hilbert の決定問題を指している。

これを簡単に表現すると、次のようになる。「任意の論理式を与えた時に、その論理式が証明可能かどうかを判定 (決定) できるようなマシンが存在するか。」 Turing が論文の中で示したのは、そのようなマシンが存在しないことである。つまり Hilbert の決定問題に対する否定的な解を与えた。

Turingは、まず万能Turingマシンが構成できることを示した。ここで万能というのは他のマシンをシミュレートできるからである。ただし、万能Turingマシンを用いても、任意のマシンが、(たとえば) 0 を出力するかどうかを判定することはできない。Turingは、Hilbertの決定問題が肯定的に解ければ、そのような判定ができることになり、矛盾が生じると論じた。

伝統的な工学の分野には、基盤となる科学 (サイエンス) がある。そこには原理を表現する式がある。

Newton力学があるかと思えば、Schrödinger方程式もあり、電磁気学のMaxwell方程式、化学の反応式もある。そのようなサイエンスの原理と、現実の世界を結ぶのが工学の役割のように見える。

情報処理の分野の基本的な原理といえばTuringマシンである。Turingの論文の中には具体的に計算を実行するマシンが示されており、計算可能な例も紹介されている。さらに万能Turingマシンも紹介されている。ただし論文の中では否定的な結論が示されている。つまり、世の中には計算 (決定) 可能ではないものが存在する。

Turingの論文は新しい原理を提示するとともに、その発展形も、さらに限界も同時に提示してしまった。日常生活の中で計算可能ではない例が頻繁に登場するわけではないけれども、情報処理の分野は最初から限界を宣言されているようなものだ。これは伝統的な工学の分野とは趣を異にする。

本稿を執筆するために、Turingの原論文を読み直す必要が生じた。インターネットですぐに見つかった。このWEBページ (<http://www.abelard.org/turpap2/tp2-ie.asp>) はよく構成されている。論文中で使われるドイツ文字やギリシャ文字が古典の雰囲気醸し出す。Turingの論文には、1937年に追加訂正がある。これもWEBで紹介されている。

Turingは1912年、ロンドン生まれ、1954年に自殺したといわれる。ケンブリッジ大学を卒業、プリンストンの大学院を終えると英国に戻り、ドイツ軍の暗号解読に従事した。Turingマシンは実用計算には役に立たなかったが、Turingは戦後、NPL (国立物理学研究所) で計算機ACEの建設に参加していた。この辺の事情は星野力: 「チューリングの旅」 (月刊アスキー2000年12月から連載) に詳しい。

一方、Turingマシンを実現したいと考えた人も多いが、最近ではイスラエル Weizmann 研究所の Shapiro が DNA コンピュータで実現しようとしているらしい。

(平成13年2月10日受付)

後藤滋樹 / 早稲田大学 理工学部 情報学科
goto@goto.info.waseda.ac.jp