

サイエンス・ライター 岩山知三郎／編集部



# プログラミング言語を 追求し続けたコンピュータ科学者

## ニクラウス・ヴィルト

ニクラウス・ヴィルトは、ALGOL 60のバックス=ナウア記法に感銘し、単純明快なプログラミング言語Eulerを設計した。その後、ALGOL 68の仕様策定に参加し、より単純なALGOL Wそして構造化プログラミングを可能にすべくPascalを設計した。Pascalでは、Java仮想マシンの先駆けとなる仕組みが実現され、教え子が事業化したTurbo Pascalはメジャーな開発環境に発展する。ヴィルトはPascalの特徴を継承しつつ、プログラムのモジュール化と多重実行を可能にしたModula-2、さらに洗練された言語とOSを実現するOberonを開発した。ヴィルトは、シンプルで明快に理解して説明可能な言語とOSの重要性を訴え続けた。

### コンピュータを使えなかった学生時代

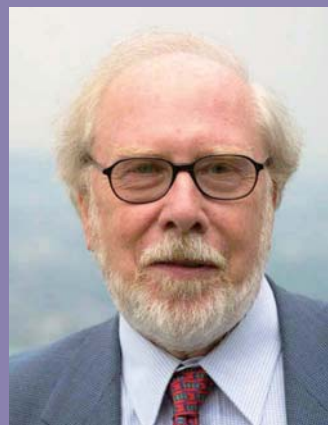
ニクラウス・ヴィルト (Niklaus Emil Wirth) は1934年2月15日に、スイス連邦北部のチューリッヒ州ヴィンテルトール市で生まれた。父親のヴァルテル (Walter) は、近くの高校で地理の教師を務めていた。

ヴィルトは高校に進学すると化学に興味を持ち、学校で学んだことを自宅の地下室で実験して過ごした。友人と模型のロケットを製作し、校庭で打ち上げ実験をしたこともあった。そのときはロケットが軌道を外れ、通りかかった校

長の目前に墜落したが、ヴィルトは処分を免れた。

ヴィルトは1954年に、スイス連邦工科大学 (ETH: Eidenossische Technische Hochschule) チューリッヒ校の電気工学部に入学する。ETH Zurichはコンラッド・ツーゼ (Konrad Zuse) が開発したデジタル計算機「Zuse Z4」を1950年9月に導入し、その翌年には欧州で最初のプログラミング講座を開設していた。

ETH ZurichにZ4を導入した応用数学研究所の教授エデュアルド・



ニクラウス・ヴィルト (1934.2.15~)  
Niklaus Emil Wirth

スティーフェル (Eduard L. Stiefel) は、コンピュータ開発を計画し、ETH Zurichで1950年から1955年にかけて大学院生のアンブロス・スペイゼル (Ambrosius Paul Speiser) が「ERMETH」を製作していた。

ETH Zurichで開発されたERMETH (Electronische Rechenmaschine der ETH: Electronic Computing Machine ETH) は、約1,500本の真空管を10台のキャビネットに搭載したスイス初のコンピュータで、重量が約1.5トンあった。ERMETHは14桁の10進数を1万ワード記憶でき、Z4の100倍の処理



スイス連邦工科大学チューリッヒ校  
(ETH Zurich)  
© Susi Lindig, ETH Zurich

性能を発揮した。ヴィルトはERMETHの製作時期にETH Zurichに在籍していたが、一般の学部生は開発に関わることができなかった。

1959年に電気工学の学士号を取得してETH Zurichを卒業したヴィルトは、カナダのケベック市にあるラバル大学の修士課程に進学する。

ヴィルトは数値解析の講座で初めてプログラミングを学んだが、当時大学に設置されていた「ALWAC III-E」が満足に動作しなかったため、紙に16進数表記のプログラムを記述することに終始した。このマシンは、ノースロップ・エアクラフト社の元エンジニア、グレン・ヘイゲン (Glenn E. Hagen) の創業したロジスティクス・リサーチ社が開発した4番目の製品で、スイスの起業家アレックス・ワーナー＝グレン (Axel Lennart Wenner-Gren) による資金援助を受けていたことから、「ALWAC (Axel Leonard Wenner-Gren Automatic Computer)」という製品名で販売された。1956年に製造されたALWAC III-Eは、132本の真空管と約5,000個のダイオードによる演算器、1ワード32ビットの能力を持つ32ワードのコア・メモリ、128ワードと8キロワードの磁気ドラムを備えていた。

## UCバークレーでBendix G-15を経験、ALGOL 60との出会い

ヴィルトは1960年にラバル大学で修士号を取得し、米国カリフォルニア大学バークレー校 (UCB) の博士課程に進学した。UCBでヴィルトは、ハリー・ハスキー (Harry Douglas Huskey) が設計した「Bendix G-15」に出会った。このマシンは、シカゴの電機メーカー、ベンディックス社のコンピュータ部門が1955年8月に開発した商用コンピュータで、ハスキーがアラン・チューリングの「Pilot ACE」をもとに設計した。

ハスキーは1943年にオハイオ州立大学で博士号を取得したのち、ペンシルバニア大学の数学講師を務め、同大学のムーア校でENIACの開発にも携わった。また、1947年には英国物理学研究所 (NPL) に滞在し、Pilot ACEの開発に参加した。1947年末に米国に戻ったハスキーは、米国標準局 (NBS) で「SEAC (Standards Eastern Automatic Computer)」の開発に従事し、1948年12月にはカリフォルニア大学ロサンゼルス校 (UCLA) の数値解析研究所 (INA) に移籍して、「SWAC (Standards Western Automatic Computer)」の開発に携わった。その後、ハスキーは1954年にUCBの教授に就任し、Bendix G-15を設計し始めた。

Bendix G-15は、2,160個の29ビット・ワードを記録できる磁気ドラム上に20本の108ワード・メモリと数本の4ワード・メモリを配置していた。平均アクセス時間は14.5ミリ秒だが、4ワード・メモリは108ワード・メモリよりも27倍高速で、有効

にプログラムすれば高性能を発揮した。また、演算器は、約180本の真空管と300個のゲルマニウム・ダイオードで構成され、累算器を磁気ドラム上に配置して真空管を大幅に節約していた。

Bendix G-15の筐体は幅と奥行きが約1メートル、高さが1.5メートルで、紙テープによるプログラム入力と出力用タイプライタを利用していた。販売価格は4万9,500ドル、レンタル月額で1,485ドルと当時としては手頃な価格で販売され、コントロール・データ社 (CDC) が1963年に買収するまでに400台以上が出荷された。

Bendix G-15を使用したヴィルトは、複数のメモリに命令を割り当てる際に、工夫次第でプログラムの実行速度に100倍の違いが生じることを経験した。

ヴィルトはIBM 704向けのコンパイラを開発していた研究グループに参加する。このグループでは、ALGOL 58の仕様案を参考にして設計した言語



Bendix G-15  
Copyright © 1982-2000, Lexikon Services "History of Computing"

# Technology Vision

「NELLIAC」から機械語を生成するコンパイラを開発していた。

ここでALGOL 60の仕様に出会ったヴィルトは、形式論理学によって厳密に定義されていることに感銘を受け、NELLIACを経験して、仕様が優れていても信頼性が高く効果的な実装が保証されるわけではないことを学んだ。

ヴィルトは、ALGOL 60の評議委員でアムステルダム数学センターのアドリアン・ヴァン・ワインハールデン (Adriaan van Wijngaarden) に、実装の見込みや問題点を問い合わせた。ハリー・ハスキーとも親交のあったワインハールデンは、1960年9月に最初にALGOLコンパイラを実装したエズガー・ダイクストラ (Edsger Wybe Dijkstra) がアムステルダム大学で博士号を取得したときの指導教授で、アムステルダム数学センターの上司だった。

ALGOL 60をもっとわかりやすくできると考えていたヴィルトは、ALGOL 60を論理的に分解し、ロバート・フロイド (Robert W. Floyd) によるバックス・ナウア記法 (BNF: Backus-Naur Form) による文脈自由文法の構文解析と照合しながら再構成することにした。

フロイドは1953年に17歳でシカゴ大学を卒業したのちプログラマーとな

り、ALGOL 60を研究して、スキヤナ (字句解析) とパース (構文解析) による構文解析規則を米国計算機学会 (ACM) に発表するなど、コンパイラ設計の発展に貢献した。この業績によりフロイドは1963年にカーネギーメロン大学から招聘され、27歳で助教授に就任する。

また、エラーを回避できるプログラミング言語の形式的意味論を研究し、1967年には「Assigning Meanings to Programs (プログラムへの意味の割り当て)」と題する論文で、数理論理学の手法を使用してプログラムを検証するという先駆的な試みを発表し、英国のアントニー・ホーア (Charles Anthony Richard Hoare) の「表明



アドリアン・ヴァン・ワインハールデン

(アサーション)” に先立つ業績を残した。1969年にはスタンフォード大学の教授に就任し、1978年にACMチューリング賞を受賞している。

## プログラミング言語 Euler、ALGOL Wの開発

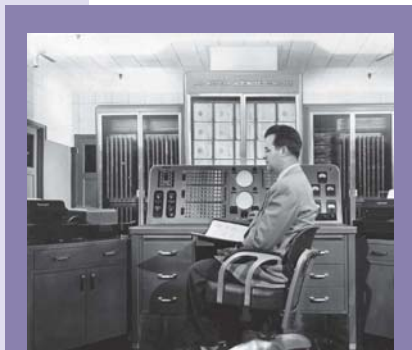
ALGOL 60の言語の構成要素は、コンピュータの基礎的な演算とは似ていなかった。ヴィルトは、プログラミング言語はコミュニケーション・メディアであり、意味の定義にはコンピュータの基礎的な演算を反映すべきだと考えた。マシンの基礎演算によって表現できる意味の単位を論理的要素でそれぞれ置換し、それらの要素で言語を定義すれば、その言語はマシンと同様の処理系とみなすことができる。そして、各要素の正しさがマシンの演算機能に裏付けられていれば、実装の正しさが問題になることがなくなる。

ヴィルトは、構文は意味の定義と密接に関係しているが、順序構造は文の理解を助ける手立てとみなし、フロイド

が定義したBNFの解釈ルールに従って構文解析と意味評価を行ない、マシンの基本演算で定義されたアルゴリズム表記に従う要素で構成できる言語仕様を記述した。

ヴィルトは、この実験的な言語に、スイス生まれの天才数学者レオンハルト・オイラー (Leonhard Paul Euler) の名をつけた。そして、1963年に「Euler - 言語の特色と有用性のジャングルを切り分ける探訪」と題する論文をまとめ、博士号を取得した。

これによりヴィルトは、1963年にスタンフォード大学コンピュータ・サイエンス学部の助教授となり、同大学のヘルムート・ウェーバー (Helmut Weber) とともに EulerコンパイラをIBM System/360



SWACとハリー・ハスキー (1916.1.19~)  
Copyright © 1996 Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. All rights reserved.



に実装し、研究を続けた。ヴィルトとウェーバーは、シンプルで柔軟な言語を目指してALGOL 60のデータ型に参照型などを加え、実行時に型判定を動的に実行する言語を設計したが、実用面で問題を抱えていた。

Euler言語はワインハールデンに注目され、ヴィルトは1964年に情報処理学会国際連合(IFIP)のALGOLワーキング・グループ(WG2.1)に招かれ、次代言語の設計に加わった。

WG2.1では言語設計、形式論理の定義法、構文的な問題、文字セットなどを巡って議論がまとまらず、約24人のWG2.1は、ALGOL 60にとらわれずに斬新な言語を目指す一派と、ALGOL 60を継承しつつ検証済みの機能を加え、応用領域の拡大を目指す一派に分裂し始めた。

ヴィルトは後者に属し、新言語の仕様を提案する役割を担ったが、1965年10月にはワインハールデンの提案がWGで支持され、その仕様は1966年秋に「ALGOL X (ALGOL 68)」として採択された。

しかしヴィルトは、ALGOL Xは複雑すぎると考え、ホーアとともにWG2.1を離脱する。ヴィルトは、自ら設計した仕様にホーアが提案したポイントを使用できるデータ構造を導入し、1966年6月に「ALGOL開発への貢献」と題する論文で発表した。そして、新言語の仕様として倍精度の浮動小数点演算と複素数、ビット・stringというデータ型を加え、「ALGOL W」と名づけた。

その後、ヴィルトは全米科学財団(NSF)の助成を得て、ALGOL WのコンパイラをIBM System/360に実装する作業に着手し、コンパイラの実装用言語として高級言語のように演算子を扱うことができ、NBFに従って言語表

現を評価できるアセンブラ「PL360」を開発した。

ヴィルトはALGOL Wコンパイラの実装を3人の大学院生に委ね、1967年秋にスイス連邦工科大学チューリッヒ校(ETH Zurich)に移籍する。ヴィルトはACMから学会誌の編集を依頼され、ダイクストラから「GOTO文に反対

する論拠」と題する論文を受け取った。

この論文に感銘を受けたヴィルトは、出版時期を早めるためにこの論文を編集者宛ての手紙として扱い、「GOTO文は有害だ」と改題して1968年3月に出版した。この改題によってダイクストラの論文は、コンピュータ史上で最も有名な論文の1つになる。

## 構造化プログラミング、Pascalの開発

ヴィルトは1968年秋に、母校のETH Zurichの情報科学科教授として迎えられた。ETH Zurichは1965年に「CDC 1604A」を導入してALGOL 60を利用していたが、その実行速度はFORTRANと比べて格段に遅く、プログラミング教育はFORTRANかアセンブラで行なうしかなかった。

ヴィルトは、1968年10月7日にドイツのガルミッシュ・バルテンキルヒェンで開催されたNATO(北大西洋条約機構)のソフトウェア・エンジニアリングに関する会議に出席する。この会議で、ミュンヘン工科大学の数学教授フリードリヒ・バウアー(Friedrich Ludwig Bauer)は、「ソフトウェア危機」が到来すると警鐘を鳴らした。

ハードウェアが高速化する一方でソフトウェア開発計画は期間と予算を大幅に超過し、コードの品質が低く保守が困難なプログラムが生成されていた。

この会議ではダイクストラも資料を配布し、正しいプログラムを可能にする“構造”に対する注意を喚起した。ダイクストラはその翌年の1969年8月に発表した「構造化プログラミングに関する覚え

書き」で考えを詳述し、ソフトウェアは多数のコンポーネントで構成すべきで、各コンポーネントはプログラムを要素分解することで設計し、相互の関係をインタフェースで定義すべきだと説いた。

情報処理学会国際連合は“プログラミング方法論”の研究グループを発足させ、ヴィルトも構造化プログラミングの旗手の1人として、1972年に方法論を基礎づける著作「システムティック・プログラミング」を執筆した。

その後、ヴィルトは構造化プログラミングの概念を実現でき、教育に活用できる新言語の仕様を検討し始めた。その新言語では、当時知られていたプログラミング言語の構成要素を論理的かつ簡潔に表現でき、FORTRANより効率良く実行できることを目指した。

しかし、ETH Zurichが新たに導入した「CDC 6000」はFORTRANを前提にして設計されていたため、動的配列や再帰処理を実現することが難しかった。ヴィルトは再帰処理の問題を、自分でツールを設計して克服する。さらに、コンパイラを実装する言語の設計にも取り組み、構文解析プロセ