



Y. Futamura: Partial Evaluation of Computation Process – An Approach to a Compiler-Compiler

Systems, Computers, Controls, Vol.2, No.5 (1971), pp.45-50

自己適用可能な部分計算系の重要性を捉え、1980年代以降の部分計算ブームの原動力となった「二村射影 (Futamura Projection)」の原論文である。当時まだ20代で日立製作所中央研究所の研究者だった二村によって書かれたこの論文は、電子通信学会の邦文論文誌とその海外向けの英文誌に掲載された。翌年 Harvard 大学へ留学した二村は、その後の進展を含めて米国の主要なジャーナルに投稿するが「実現不可能!」という理由で不採録になったという。そのため、この論文はごく一部の専門家の間でしか知られず、その後数年の間に、Ershov, Turchin, Sandwall らがそれぞれ独立に二村射影を再発見することとなる。

ソ連を代表する計算機科学者であった Ershov は、1977年に二村論文の存在を知り、後年日本の雑誌 bit に寄せた記事の中で「二村射影」と命名した。1987年デンマークで開かれた第1回部分計算国際会議の基調講演で、主催者の Ershov は二村射影について「この美しい方程式の最初の発見者が自分でなかったことを知ったときには、抑えることのできない嫉妬を感じた」と述懐している。世界の部分計算研究者が一堂に会したこの会議で、世界は二村が実在していることを確認し、出版後16年目にしてこの論文は不動の評価を得た。

二村射影の美しさの秘密は、その抽象性と具体性の絶妙なバランスにある。「自己適用可能な部分計算系 (α)」という高度に抽象的なプログラムの存在を仮定して、計算機科学者に馴染みのある、目的コード (ob), インタプリタ (int), コンパイラ (comp), コンパイラ・コンパイラ (cocomp) の相互関係を、次のような3本の方程式として見事に捉えている。

$$(1) \alpha(\text{int}, s)(r) = \text{ob}(r)$$

$$(2) \alpha(\alpha, \text{int})(s) = \text{comp}(s)$$

$$(3) \alpha(\alpha, \alpha)(\text{int}) = \text{cocomp}(\text{int})$$

ここで $\alpha(p, x)(y)$ は、プログラム $p(x, y)$ を引数 x について部分計算して効率的な剰余プログラム $\alpha(p, x)$ を求め、それを引数 y に作用させることを表している。この $\alpha(p, x)$ を、 p の x に対する射影ともいう。上記3

つの射影は順に第1～第3二村射影と呼ばれている。言語 L の意味が言語 L で書かれたインタプリタ (int) として与えられ、言語 L に対する部分計算系が α という言語 L のプログラムで与えられている場合、目的コード、コンパイラ、コンパイラ・コンパイラは、すべて二村射影により求めることができる。ここで注意すべきことは、 α は言語 L で書かれたすべてのプログラム (α 自身を含む) に適用可能なことである。

この自己適用可能な部分計算系 (Self-applicable Partial Evaluator) のエレガントで強力な応用は、多くの優秀な研究者を魅了し、世界各国でその実現を目指すプロジェクトが進められた。特に Copenhagen 大のグループは、束縛時解析という前処理を用いる方式を考案し、1989年に Mix という自己適用可能な効率のよい部分計算系の開発に成功した。その後、部分計算はプログラム変換の重要な分野として定着し、1991年以降は毎年、ACM 主催の部分計算国際会議が開かれている。

1980年、筆者は二村と同じ会社の片隅で「フタムラの射影について」と題する Ershov の bit 記事を読み、「どこにいても真に深い研究をすれば、必ず世界は評価してくれる」という思いに胸を熱くしていた。10年後、憧れの二村研究チームに参加して、最初の ACM 部分計算国際会議で研究者としての第1歩を踏み出したことは、不思議で幸運な巡り合わせであった。

世界の部分計算フィーバーをよそに、1987年の会議で二村は、定理証明系などの推論を用いてプログラムの特殊化を行う「一般部分計算 (Generalized Partial Computation)」を提案している。二村によれば、「従来の部分計算によるプログラムの改良はただか数倍程度だが、一般部分計算ではアルゴリズムのオーダーが変わるような改善も珍しくない」という。発表当時は「実用的推論機能の実現は不可能」という評価が多かったが、最近、二村の率いる早稲田大学グループが Lisp のサブセットを扱える WSDFU という一般部分計算システムを開発し、一般部分計算の実現可能性を示した。今後の発展を期待させる。

(平成14年11月5日受付)

高野明彦 / 国立情報学研究所
aki@nii.jp

