



L-Closure: 安全な計算状態操作機構

八杉 昌宏 京都大学大学院情報学研究科

〔受賞論文〕

L-Closure: 高性能・高信頼プログラミング言語の実装向け言語機構

八杉昌宏, 平石拓, 篠原丈成, 湯浅太一(京都大学大学院情報学研究科)

情報処理学会論文誌: プログラミング, Vol.49, No.SIG 1 (PRO 35), pp.63-83 (2008)

「L-closure」と名付けた安全な計算状態操作機構の提案、設計とその実装研究、応用研究を行っている。受賞論文では、当時の総括とともに、実装研究のうち C コンパイラ拡張方式を主要な貢献として述べた。L-closure は C 言語のような手続き型プログラミング言語を拡張する言語機構として提案している。そのような拡張 C 言語は、直接のアプリケーション作成よりは、高水準言語コンパイラ等における中間言語に用いることを意図している。たとえば「ごみ集め(不要なオブジェクトを自動的に判定・回収するメモリ管理)」を備えた高水準言語の実装では、メモリ不足を避けるためのごみ集めの際に「ルート(「参照」を保持する変数)」をスキャンする必要があるが、翻訳(コンパイル)後の中間コードにおいて提案機構を用いれば、スタックにとられる呼び出し元に眠る変数の値に操作を加えられる。

提案機構が実現するのは「備え(あれば憂い無し)」である。しかも平常時の実行効率の低下を巧妙に避ける。非平常時の特別処理は裏方の仕事であり、軽視されがちであるが、抜本的再構成やメンテナンスによりソフトウェアの信頼性と柔軟性を高めるのに重要である。

提案機構は、いわゆる「例外処理」と対比できる。例外処理機構を備えたプログラミング言語では、例外発生時に例外ハンドラに制御を移して特別処理を行う。一般にはその際、例外ハンドラ設定点までのコンテキストを捨て非局所脱出する。一方、入れ子の関数定義から生成される L-closure の、非局所的な「呼び出し」により特別処理を行う提案方式では、呼び出し後に平常時の計算に戻るし、複数の呼び出しを組み合わせられる。よって提案機構のプログラミング言語への導入は、例外処理以上の力強さを持つともいえる。

提案機構の着想は、科学技術振興事業団さきがけ研究 21 「情報と知」領域で進めた並列処理言語実装方式の研究(1998 ~ 2001 年)において 2000 年秋に得られた。平常時の実行効率低下の問題を除けば、GCC (GNU C コンパイラ) がすでに提供していた入れ子関数という C 言語の拡張機能で代用できたため、マルチスレッドの実現といった応用研究を進めることができた。それ以前は部分継続に基づき、並列処理の複数コンテキストの直接管理を考えていたが、提案機構は高水準言語からの翻訳方式と組み合わせることで、ごみ

集め、負荷分散、スタックを含む計算状態の保存・復元を含む広い応用を持つこととなった。つまり、計算順序の単なる変更だけでなく、「備え」により計算内容も参照・変更できる。

2002 年秋に GCC-3.2 をベースに C コンパイラ拡張による最初の実装を行った。実は受賞論文で述べた実装手法をこの時点で用いている。つまり、L-closure の初期化をその実際の呼び出しまで遅延させる、L-closure からアクセスされる変数へのレジスタ割当てを可能とする(メモリと疑似レジスタの両方に変数の場所を準備し、その間の一貫性維持を遅延させる)といった手法を用いた。しかしトップ級国際会議への挑戦で苦戦する。そんな中、応用研究に必要な高水準言語から中間言語への翻訳系(SC 言語処理系と名付けた)の研究開発は、共著者の平石の加入で進展し、L-closure 自体にも標準 C への翻訳としての別実装を与えることができた。

2005 年 2 月のさきがけ研究 21 の集会で南出靖彦氏からメジャーな国際会議である Compiler Construction を薦められ、4 月には東京大学の関口龍郎氏から有益な示唆をいただき、CC2006 に挑戦したところ採択された。2007 年 8 月のプログラミング研究会発表を伴う受賞論文は、この国際会議論文を発展させ、GCC-3.4.6 をベースとした実装の詳細や最新の性能評価等を述べたものとなっている。さらには負荷分散への応用研究はその後 PPOPP 2009 というトップ級国際会議で採択された。

今後半導体微細化・省電力化やアーキテクチャの大規模並列化が進んでエラー対策や並列化等が重要課題となれば、ソフトウェアの信頼性と柔軟性がより重要になろう。提案手法がその一翼を担えたら幸いである。

(平成 22 年 5 月 3 日受付)

八杉 昌宏 (正会員) yasugi@kuis.kyoto-u.ac.jp

1994 年東京大学理学系研究科情報科学専攻博士課程修了。日本学術振興会特別研究員、神戸大学助手を経て 1998 年京都大学情報学研究科講師。2003 年助教授。2007 年より准教授。博士(理学)。