

## 数式処理・LISPマシンFLATSについて

東京大学 理学部 後藤 英一 鈴木 正幸 清水 謙多郎  
Eiiti Goto Masayuki Suzuki Kentaro Shimizu

理研 相馬 嵩 稲田 信幸  
Takashi Souma Nobuyuki Inada

FLATSは東大、理研と三井造船の三者で共同開発した、数式処理の高速化を指向するLISPマシンである。ハードウェアは現在市販されている最高速の論理素子であるECLを使用し、ECL回路については三者とも使用経験がなかったので、富士通と富士通研究所の方々に数多くの貴重な助言を頂くことに厚く感謝したい。

FLATSではLISPの基本操作を高速化するために、変数用V-スタックと戻り番地制御用のC-スタックの二本のスタックをハードウェア化し、また、CDR-Codingハードウェアを設けた。CDR-Codingは米国のLISPマシンでは例外なく採用しているが、わが国ではFLATS以外ではどう言う訳か採用されていない。CDR-Codingでは圧縮型コンパクトコレクタ(Compactifying GC)が必要であり、これを高速化するために寺島-後藤のアルゴリズム(6)をハードウェア化した。一般にCDR-Codingではリストを末尾から作ると線形圧縮化された構造ができるが、リストを頭から作るとInvisibleポインターだけの非圧縮構造ができる。そこでリストを逆方向に頭から作る、鈴木らのRCONS(Reverse CONS)演算(5)をハードウェア化した。

FLATSは数式処理に使用するために数値の計算、特に多倍長整数(Big-Num)演算速度が重要と考えられるのでBig-Num計算を高速化するハードウェアを設けた。

我々は、Hashingが記号処理基本演算として極めて有効であることを示した。後藤と金田は多項式の加算の計算量がそれまでのSort法の $O(N \log N)$ からハッシュングによって $O(N)$ になることを始めて示した(8)。また並列Hashing・アルゴリズムの有効性を理論的に示した(9,10)。FLATSではこの並列Hashingをハードウェア化し、Hashingに立脚するいくつかのデータ型を操作する演算もハードウェア化した。

FLATSはデータ型を示す6bitのタグを持つタグマシンであり、これによりLISPの型検査atom, numberpなどが高速化されると共に、car, cdr演算と型検査が並列に実行される。FLATSには配列(Vector)を取扱う命令がある。Vectorはindexの上限と下限を示すdescriptorを介してAccessされ、不法なAccessは全て実行時にハードウェアで検査される。

FLATSは33000ゲートのICチップから成る。その論理シミュレーションには清水の作成したPLS(15)を使用し、配線用CADは三井造船が作成した。バックパネルの配線はtwisted pairで行ったがその総信号数は約25000で、その全ての論理値はサービス・プロセッサ(SVP)で読み取れる(Scan Out)。またFLATSの全てのフリップ・フロップの値はSVPでセット出来る(Scan in)。この機能はハードウェアのデバッグと保守に強力な手段を提供している。

FLATSの基本ソフトであるOSとLISP Compilerは現在、理研と東大で作成中である。FLATSはBack Endマシンとして使用するので、OSはページ管理と割込み制御が主体となる。

FLATS独特の命令を充分活用するLISP Compilerには、かなりの工夫が必要と思われる。

## 参考文献

- [1] Goto, E., et al.: Design of a Lisp Machine -- FLATS, Conference Record of the 1982 ACM Symposium on Lisp and Functional Programming, (1982-8).
- [2] Marti, J., et al.: Standard Lisp Report, UCP-60, Univ. of Utah, (1978-1)
- [3] Hearn, A.C.: REDUCE User's Manual (Version 3.0), Rand Publication CP78, The Rand Corporation, (1983-4).
- [4] Bobrow, D.G., et al.: Compact Encodings of List Structures, ACM Transactions on Programming Languages and Systems, Vol.1, No.2, (1979-10).
- [5] Suzuki, M., et al.: A Primitive for Non-recursive List Processing, Journal of Information Processing, Vol.4, No.4, (1981-2).
- [6] Terashima, M., et al.: Genetic Order and Compactifying Garbage Collectors, Information Processing Letters, Vol.7, No.1, (1978-1).
- [7] Goto, E.: Monocopy and Associative Algorithms in an Extended LISP, Information Science Lab., Tech. Rept. 74-03, University of Tokyo, (1974-5).
- [8] Goto, E., et al.: Hashing Lemmas on Time Complexities with Applications to Formula Manipulation, Proceedings of the 1976 ACM Symposium on Symbolic and Algebraic Computation, (1976-8).
- [9] Goto, E., et al.: Parallel Hashing Algorithms, Information Processing Letters, Vol.6, (1977).
- [10] Ida, T., et al.: Performance of a Parallel Hash Hardware with Key Deletion, Proceedings of IFIP Congress 77, (1977-8).
- [11] Goto, E., Gunji, T., Sassa, M., Kanada, Y., and Terashima, M.: Studies on Hashing (Part-1,2,3), Journal of Information Processing, Vol.3, No.1, (1980-3).
- [12] 稲田信幸他: 「FLATSにおける記号処理命令について」, 情報処理学会記号処理研究会資料 15-2, (1981-6).
- [13] 稲田信幸他: 「数式処理計算機FLATSのデバッグシステムについて」, 情報処理学会・記号処理研究会資料 24-1, (1983-6)
- [14] 鈴木正幸他: 「FLATS記号処理命令(高速並列ハッシュ命令及び多倍長命令)」, 情報処理学会記号処理研究会資料 24-2, (1983-6)
- [15] 清水謙多郎: 「A Portable Logic Simulation System」, 情報処理学会・記号処理研究会資料 25-3, (1983-10)
- [16] 情報処理学会第27回全国大会講演論文集  
FLATS関連発表 15件, P89~P118, 昭和58年10月18日
- [17] 後藤英一他: 「数式処理計算機FLATS」, 三井造船技報 120号, 昭和58年10月



本 PDF ファイルは 1984 年発行の「第 25 回プログラミング・シンポジウム報告集」をスキャンし、項目ごとに整理して、情報処理学会電子図書館「情報学広場」に掲載するものです。

この出版物は情報処理学会への著作権譲渡がなされていませんが、情報処理学会公式 Web サイトに、下記「過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について」を掲載し、権利者の検索をおこないました。そのうえで同意をいただいたもの、お申し出のなかったものを掲載しています。

[https://www.ipsj.or.jp/topics/Past\\_reports.html](https://www.ipsj.or.jp/topics/Past_reports.html)

#### 過去のプログラミング・シンポジウム報告集の利用許諾について

情報処理学会発行の出版物著作権は平成 12 年から情報処理学会著作権規程に従い、学会に帰属することになっています。

プログラミング・シンポジウムの報告集は、情報処理学会と設立の事情が異なるため、この改訂がシンポジウム内部で徹底しておらず、情報処理学会の他の出版物が情報学広場 (=情報処理学会電子図書館) で公開されているにも拘らず、古い報告集には公開されていないものが少からずありました。

プログラミング・シンポジウムは昭和 59 年に情報処理学会の一部門になりましたが、それ以前の報告集も含め、この度学会の他の出版物と同様の扱いにしたいと考えます。過去のすべての報告集の論文について、著作権者（論文を執筆された故人の相続人）を探し出して利用許諾に関する同意を頂くことは困難ですので、一定期間の権利者搜索の努力をしたうえで、著作権者が見つからない場合も論文を情報学広場に掲載させていただきたいと思います。その後、著作権者が発見され、情報学広場への掲載の継続に同意が得られなかった場合には、当該論文については、掲載を停止致します。

この措置にご意見のある方は、プログラミング・シンポジウムの辻尚史運営委員長 ([tsuji@math.s.chiba-u.ac.jp](mailto:tsuji@math.s.chiba-u.ac.jp)) までお申し出ください。

加えて、著作権者について情報をお持ちの方は事務局まで情報をお寄せくださいますようお願い申し上げます。

期間： 2020 年 12 月 18 日 ~ 2021 年 3 月 19 日

掲載日： 2020 年 12 月 18 日

プログラミング・シンポジウム委員会

情報処理学会著作権規程

<https://www.ipsj.or.jp/copyright/ronbun/copyright.html>