

# 3

## 神戸大LISPマシン PROLOGマシン

金田 悠紀夫  
kaneda@cs.kobe-u.ac.jp

神戸大学大学院自然科学研究科 教授  
当時：神戸大学工学部 助教授

瀧 和男  
taki@cs.kobe-u.ac.jp

神戸大学工学部 教授  
当時：神戸大学大学院工学系研究科修士課程システム工学専攻

和田 耕一  
wada@is.tsukuba.ac.jp

筑波大学電子・情報工学系 教授  
当時：神戸大学大学院自然科学研究科 助手

田村 直之  
tamura@cs.kobe-u.ac.jp

神戸大学工学部 助教授  
当時：神戸大学大学院自然科学研究科博士課程システム科学専攻



### LISPマシン

#### 試作の目的と計算機名

LISPの高速実行向きアーキテクチャの研究，ビットスライスTTL LSIを使って研究室で十分高性能な計算機を作ること，そしてインタープリタのマイクロプログラム化手法の研究を目指した．システム名はFAST LISP．公表していなかったが，計算機名称はTAKITAC-7（瀧の7台目の計算機だったため）．

#### 開発の時期と関与した人々

1977年にテーマが決まった．1978年春から初夏にかけて，最初にマイクロプログラム化に適したLISPインタープリタの設計を行った．ビットスライスRALUとハードウェアスタックの使用を念頭に置いた．夏から秋にかけて，アーキテクチャ設計，回路設計，部品調達を行い，秋からプリント基板の半田付けを開始した．フロントエンドプロセッサのLSI-11（DEC社）により基板の動作試験をしながら製作を進め，1979年2月10日に完動した．火入れ後1週間ですべてのバグが取れ，そ

の後は安定に動作し，約1週間で基本性能データ収集を行った．開発期間は約1年である．その後研究用に数年稼働し，今は静態保存中（図-1）．

瀧，金田のほかに，前川禎男教授，小林康博（主担当補佐，修士1年），開発補助員として学部生2名ががんばり，当時電総研におられた島田俊夫名古屋大教授，山口喜教筑波大教授に開発途中でアドバイスをいただいた．

#### 開発のエピソード

高性能のTTL LSIが売り出され，研究室でも高性能な実験機が作れる時期であり，瀧はビットスライスRALUとマイクロプログラム制御を使って何かを作りたいかった．金田の選んだLISPマシンのテーマに対して，インタープリタをすべてマイクロプログラム化する発想は，上記の経過から自然に生まれた．高速化のためハードウェアの随所に工夫を凝らしたが，最も貢献したのは，メモリアーキテクチャ（スタック，WCS，主記憶）と分岐の効率化らしいことが後の評価で分かった．ハードウェアスタックには，インテルの70nsec 4k-bit SRAMを16個使ったが，これが1個1万円もして，宝物のように扱った．主メモリアクセスには現在のRISC型CPUで使われている遅延ロード機構を実装しており，また56ビット幅のマイクロプログラムでインタープリタを実





図-1 神戸大学LISPマシン



図-2 神戸大学Prologマシン

行する様子はほとんどVLIWであったが、概念整理がしきれなかったことは悔しいことである。マイクロ命令サイクル300nsecのインタープリタが、当時の汎用大型計算機上に実装されたLISPコンパイラと同程度の速度性能を示し、諸先輩方からお誉めの言葉をいただいたことは大なる喜びだった。筆者の一人、瀧はマシンを使う間なしに就職したことを残念がったが、TAKI-TAC-7のアーキテクチャは後のFACOM  $\alpha$ とNTTのELISが継承してくれた。

## Prologマシン

### 試作の目的、計算機名の由来

PrologマシンPEK (Prolog Engine of Kobe University) は、論理型言語Prologを高速に実行するための専用計算機アーキテクチャについて研究を行うために試作した。1982年に第五世代プロジェクトが開始されたこともあり、Prolog専用計算機の開発が注目されていた。

### 開発の時期と計算機のその後

1983年の1月頃から概要設計を始め、8月にはハードウェアの詳細設計が終わり、年末にはハードウェアが一応稼働し始めたことと記憶している。比較的短時間であったのは、LISPマシンから始まる専用マシン開発の経験が生きていたのだと思う。

明けて1984年の5月頃までに、ハードウェアの修正を行い、プロトタイプのProlog処理系が完成し、簡単なプログラムが動くようになった。年の終り頃には、処理系全体が完成し、一応実験機としての完成を見た(図-2)。その後、Prologを直接マイクロプログラムにコンパイルする処理系の開発に用い、1988年頃まで利用

していた。

### 開発に関与した人々

田村直之(主担当、ソフトウェア開発)、和田耕一(ハードウェア開発)、金田悠紀夫(アドバイザー)、小畑正貴、小林久和、綾部雅之、宮本昌也、日根俊治

### 開発のエピソードと評価

Prologの実行速度は約40K推論/秒で、同時期に開発された第五世代プロジェクトのPSIよりも(ほんの少しだが)良い性能を出すことができたのはラッキーだった(PEKの方は小規模な実験機なので、一概に比較できないのはもちろんだが)。

ユニフィケーションやバックトラックを専用ハードウェアで実装していたため、プロセッサ内部のモジュールごとで処理完了までの時間が大きく異なることになった。そこで、マイクロ命令の種別ごとにデューティ比とサイクル長を動的に変化させる機能を持たせた。

ただ、その後Prolog処理系の方向は、専用マシンではなく、汎用マシン上のコンパイラに向かっていった。1984年のあるワークショップでPEKについて発表したところ、次の発表がWAMについてのものだった点に歴史の皮肉を感じる。

#### 参考文献

- 1) Taki, K., Kaneda, Y. and Maekawa, S.: The Experimental LISP Machine, Proc. of IJCAI, pp.865-867 (1979).
- 2) 瀧 和男, 金田悠紀夫, 前川禎男: LISPマシンの試作(二編), 情報処理学会論文誌, Vol.20, No.6, pp.481-486, pp.487-493 (June 1979).
- 3) Kaneda, Y., Tamura, N., Wada, K., Matsuda, H., Kuo, S. and Maekawa, S.: Sequential Prolog Machine PEK, New Generation Computing, pp.51-66 (1986).
- 4) 田村直之, 和田耕一, 小畑正貴, 金田悠紀夫, 前川禎男, 日根俊治: シーケンシャル実行型PrologマシンPEK-ハードウェア構成-, 情報処理学会論文誌, Vol.26, No.5, pp.855-861 (May 1985).
- 5) 和田耕一, 金田悠紀夫, 前川禎男: FORTHマシンシステムのシステム設計とハードウェア構成, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J65-D, pp.338-345 (1982).

(平成13年10月3日受付)