

# 4 筑波大 PACS

星野 力

thoshino@mail1.accsnet.ne.jp 当時：京都大学原子エネルギー研究所 助教授  
筑波大学機能工学系 教授



## 発端

試作の目的は、原子炉炉心の核熱水力現象のシミュレータだった。もちろんILLIAC-IVのような並列計算機を作ってみたくは思っていたが、原子力研究者としてそれは遠い夢だった。開発の始まりは、1977年、京都大学原子エネルギー研究所の助教授をしていた筆者（星野力）に、日立製作所の川合敏雄（現、千歳科学技術大学）が、熱心に原子炉炉心用のシミュレータとして、当時普及し始めていたマイクロ・プロセッサのアレイを提案したことが最初である。それに乗った星野が、大学院生の東野純一（日立中研、物故）、山岡彰（現、日立神奈川工場）、伊藤八大（現、東芝）、沢田和男（現、松下電工）らと協力してプロジェクトがスタートした。

PACSという名前の由来は、Processor Array for Con-

tinuum Simulation（連続体シミュレーションのためのプロセッサ・アレイ）だったが、某雑誌に「連続体の計算以外には無能」と書かれたので、PAX（Processor Array eXperiment, プロセッサ・アレイ実験）と改名した。

## 開発

PACSは完全な専用マシンというよりは、多目的マシンである。連続体以外の応用でも高性能を出した。この専用か汎用かという議論は、PACS開発の周辺で常になされた。時代はますます専用のマシンを可能とされていたが、学会と一部の産業界では（今も）汎用指向が強かった。PACSと同時期に開発された専用のマシンで成功し、いま忘れられているマシンがいくつかある。この特集には漏れているが、大阪大学のLINKSは、CGマシンとして映画製作にも使われるほど成功していた。ほかにも大きく育ったマシンに、東京大学の天文シミュレーション専用計算機GRAPEがある。

PACSのアーキテクチャは一貫して隣接結合2次元トラスで、内部バスがそのままプロセッサ間通信用共有メモリへ出ている。このバンド幅の広さと、自然の近接作用をそのままプロセッサ・アレイ上に投影するという直接写像が、PACSの哲学であり、高効率の秘密だった。それは我々には秘密でも何でもなく自明だったが、当時この設計思想に合意し、高性能を信じる人は少なかった。

PACS開発を始めた1977年、京都大学の富田眞治、電総研の森亮一の並列マシンを見学し、開発を決意した。まず9台並列をラッピングの突貫工事で作り、1年後、原子炉の拡散方程式を解いた。1980年32台並列マシンPACS-32（図-1）を作り、これを筆者が筑波大学へ転勤するときに運んだ。約6カ月の空白の後、PACS-32は立

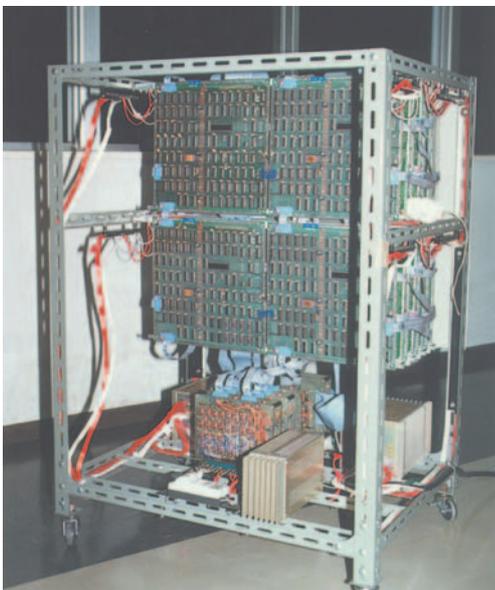


図-1 2号機  
PACS-32  
(0.5MFLOPS)

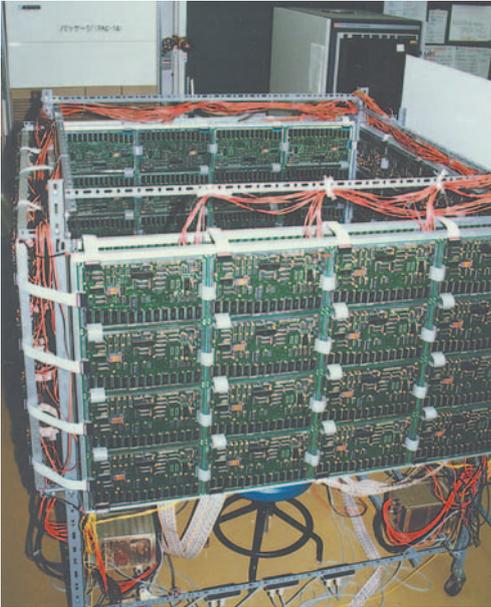


図2 3号機 PACS-128 (4MFLOPS)

ち上がり、連立一次方程式などの並列計算に成功した。なぜ計算機学者もユーザもこういう面白い研究をやらないのか不思議だった。その後、筑波大学で128台並列のPACS-128を作った(図2)。

PACS-128の設計は先行機とまったく同じで、クロックだけ2倍にした。費用は600万円で大学の計算センターの大メーカーのメインフレームと同じ速度が出た。筑波大学での初代の協力者の中には、白川友紀(現、筑波大学)、上村健(現、富士ゼロックス)、関口智嗣(現、産総研)らがいた。労働力は学生だけでは足りず、家族まで動員した。半田付けをした工場は、畑の真ん中の筑波下ろしが吹きすさぶあばら屋だったが、技術はしっかりしていた。湿度が下がりすぎると、社長は床に如雨露で水を撒いていた。その次のマシンPAX-32Jは、新技術開発事業団の委託で三井造船が製作した。商品として販売され若干のリターンはあったが、その後の発展は途切れた。試作マシンのうち1台は慶應義塾大学に移され、川合敏雄、朴泰介(現、筑波大学)らによってソフトウェアの研究が発展した。

## 評価

そもそもコンピュータは、エンドユーザによって応用で評価されるべきものと筆者は信じている。PACSの性能評価も多くの現実的な応用を実装し測定された<sup>1)</sup>。性能評価論文を5つほど書いて、情報処理学会へ投稿した。最初の2論文はパスしたが、あとの3論文はリジェクトされた。それ以来、国内の学会に発表することはできるだけ避けた。予算獲得にも苦労した。伝を頼り、スポンサーを探して東京中を歩き回り、1日に4、5カ所も訪問したことを思い出す。



図3 5号機 QCDPAX (14GFLOPS)

結局、素粒子物理学研究者の小柳義夫(現、東京大学)、岩崎洋一(現、筑波大学)らの参加を得て、専用マシンとして製作することが文部省科学研究費特別推進(代表者、岩崎洋一)で認められ、スポンサー探しの長い旅は終わった。(株)アンリツによってQCDPAXのハードウェア製作が始まり、1990年、素粒子計算の最初の結果を出した。QCDPAXはPACSと同じ2次元トーラスで、その論理構造のままの物理的な形状をしていた。アンリツは、最後まで責任をもって難しいハードウェアを完成された。深く感謝する。QCDPAXは、16台単位で拡張可能な製品としても販売された。稼働開始当時、ピーク速度(13.75GFLOPS)では世界最高速を達成していたと思う。PACSタイプのマシンにとって(通信時間に関して辛い)最良のベンチマークは3次元ポアソン方程式の逐次緩和法(SOR)である。SORで実測した処理効率(1-通信/全処理時間)は43%、量子色力学計算(4-D pure-QCD, SU(3))で80%以上を実測した<sup>2)</sup>。以後9年間、QCDPAXは90%近い稼働率で使用され、1999年3月メンテナンス部品の限界に来てシャットダウンした。その後、計算物理学研究センターにおいて開発されたマシンCP-PACSには、PACSの名前が入っているが、アーキテクチャは異なり、これは別の物語になる(<http://www.rcgp.tsukuba.ac.jp/> 参照。このサイトの「PACS/PAX コンピュータの歴史」にPACSモデルの諸元もある)。

## 結末

1999年10月、各PACSモデルの少数枚のボードと、技術資料・開発日記と、QCDPAXの1筐体は、国立科学博物館に収蔵された。ほかに、筑波大学とアンリツに各1筐体が保管されている。それ以外のPACSシリーズ(PACS-9よりQCDPAXまで)はすべて廃棄された。

### 参考文献

- 1) 星野他: PAX コンピュータ, 高並列処理と科学計算, オーム社(1985).
- 2) Hoshino, T.: Development of Super Parallel Computer PAX and Its Applications, SNA'90, Mito (Mar. 1990).

(平成13年9月4日受付)