特集
知られざる計算機

5 通研 ELIS

日比野 靖
hibino@jaist.ac.jp
北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 教授
当時：日本電信電話公社 武蔵野電気通信研究所 池野特別研究室(研究開始)
日本電信電話（株）横須賀電気通信研究所 宅内機器研究部(実用化期)



計算機名ELISの由来

ELISはNTTが電電公社時代の最後（1985）に開発したLISPマシンである．ELIS（エリス）の名前はNTTの電気通信研究所（Electircal Communication Laboratories: ECL）に由来し，Ecl LISt processorから採ったもので，1966年に池野信一らが作ったリスト処理系[1]につけた名称を復活したものである．

LSI化をめざしたLISPマシン

1970年代後半は，大学の研究室でも試作によるプロセッサアーキテクチャの研究が活発であった．その中で最も衝撃を与えたのが，神戸大学 瀧和男らのFAST-LISP[2]である．それは小型のLISPマシンではあったが，当時のメインフレーム上のLISPを凌駕する性能を示した．

そのころ，竹内郁雄らはTAO/60というLISP処理系を作っていたが，ミニコンの16ビットアドレスの壁に悩まされていた．LISPマシンを作るなら大型の本格的LISPマシンでなければならないというのが，我々グループの一致した気持ちであった．

筆者にはもう1つ別の考えがあった．1980年代はVLSIの幕開けの時代でもあった．NTTも超LSI開発のプロジェクトを発足させていた．そんな中にあって集積回路部門の知人☆1から「数年のうちに1Mビットくらいまでは確実にできる」と聞いた．そうであればLISPマシンも1チップのLSIでできるに違いない．とすればLSI化を初めから視野に入れた開発でなければならない．MITのLISPマシンCONSを調べてみたが，LSI化が容易な構造ではないことが分かった[3]．

アーキテクチャの特徴 ーメモリ汎用レジスターー

そのような考え方から，LSIに向いた規則的な構造として，初めにメモリ汎用レジスタMGRを着想した[4]．リスト構造の単位であるセルにアクセスするレジスタを複数設け，それを演算器のソースレジスタとデスティネーションレジスタにする．また，MGRはメモリデータレジスタにもアドレスレジスタにもなる．こうすることにより，メモリ操作と演算とを絶え間なく行えるだけでなく，演算操作もメモリ操作と同時並行に行えるようになる．

詳細なアーキテクチャを定めるに当たり採った基本的精神は，「本質的に同一の機能は同一の回路で実現する」というものである．

MGRを中心にLISPの処理に必要なさまざまな機能を統合していった．CAR/CDRの同時読み出し，1バイト／2バイト文字の切り出しと挿入，タグの判定／設定等がMGRと演算器を中心にまとめられた．マシンのデータパス構成を図-1に示す．

ELIS開発小史

ELISへの着手は1978年である．1982年から武蔵野研究所でLSI化が試みられる☆2．これには渡邊和文のほか，菊池英夫，武藤信夫，島田茂夫，雪下充輝が当たった．1983年秋，試作LSIが部分的に動作し，同時期に竹内郁

☆1 雨宮好仁（現，北海道大学教授）．
☆2 プロジェクトの推進者は，山田正計（電子部長），伊東裕夫（電子装置研究室長）．

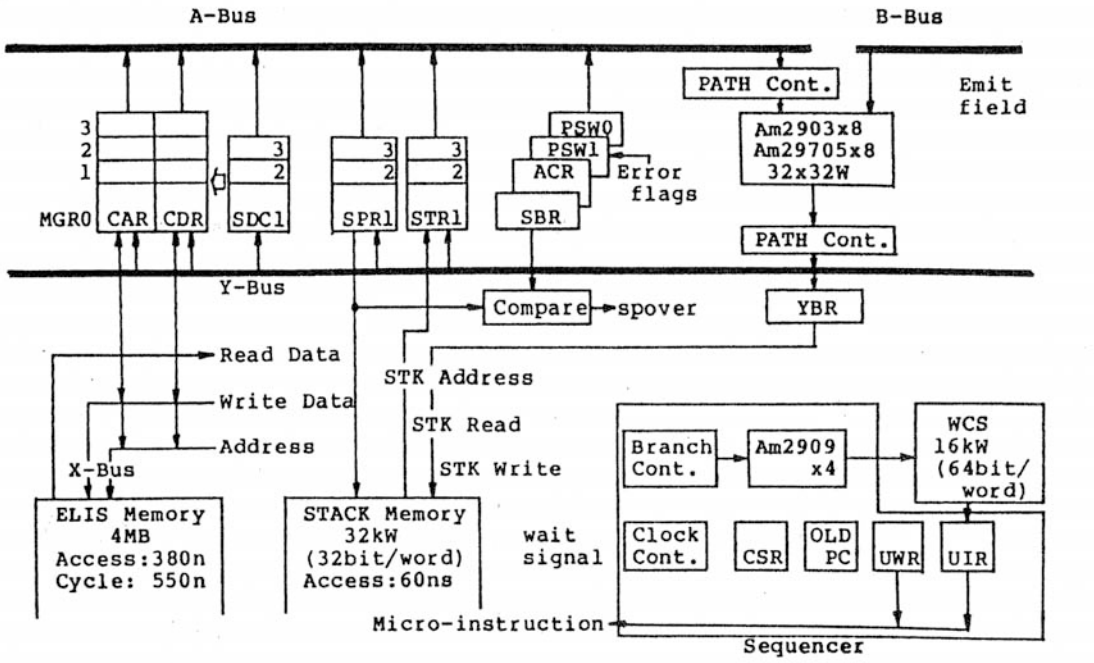


図-1　データパス構成

雄，奥乃博，大里延康によるマルチパラダイム言語処理系TAO/ELIS[5]が動き出す．

1985年より，横須賀研究所にて実用化開始☆3，沖電気工業の協力より商用LSIを開発，AIワークステーションとして発表（1986）．実用化プロジェクトの関係者は，基礎研究関係者に加え，山田康宏，酒井高志，大野邦夫，杉村利明，杉山広幸，鶴巻宏治，岸田克己，神尾視教，石川篤である．また天海良次がエディタZenを，村上健一郎がTCP/IPを実装する．沖電気工業で中心となったのは河井淳（ハード），長坂篤（ソフト）である．

1987年NTT-IT社設立☆4，ELIS-8100として発売（図-2）．直ちに後継機（ELIS-8200）の開発を行う．新たに家吉保夫，鈴木達郎，菅原昌平，長島広海，大井充，川村浩正が加わった．第二期の開発目標はリアルタイムAIへの適用であった．組込み用のボード型モデルELIS- VMEも開発☆5した．1989年，ELIS-8200を発売．ELIS-8100，8200，VME合わせて約400台製造された☆6．1991年以降はIT社はELISビジネスから撤退を始め，1993年撤退を完了する☆7．

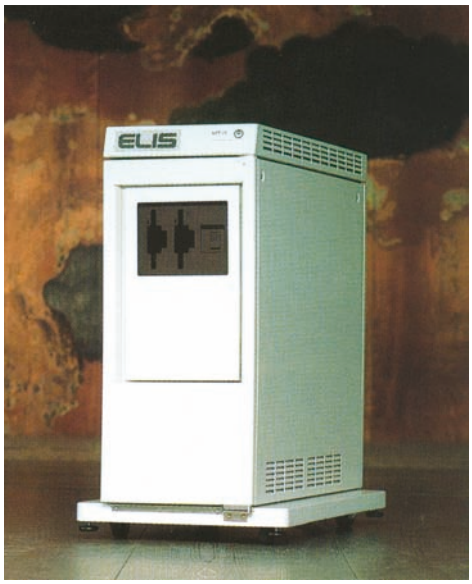


図-2　ELIS-8100

エピソード

散歩事件

MGRの着想は初期（1978）に固まった．翌年（1979），組織変えがあり，筆者らのグループに新入所員の渡邊和文が加わることになる．新しい室長は我々の計画が無謀と思ったのか，ELISの試作を中止せよと迫った．新室長は筆者をさそって研究所の周囲を散歩しながら，試作を思いとどまらせようとする．筆者は少年のころよりの夢を語り，試作の継続を訴えた．何度か研究所の周囲を回ったころ，ようやく新人の渡邊の訓練テーマとしてなら続けてよい，しかし筆者は別のテーマを開始するようにというものであった．この様子は目撃されていて後に「散歩事件」として語られる．

del* から生まれたCADシステム

1981年の春，筆者は異動をし集積回路化のチャンスに遭遇する．異動先ではプロセッサ研究のターゲット

☆3 松田亮一（横須賀研究所長），山崎眞一（宅内機器研究部長）．
☆4 初代社長：山崎眞一．
☆5 開発パートナーは大倉電気．NTTのディジタル回線の回線監視装置の中に組み込まれて全国の約100カ所ある中継所で活躍した．
☆6 50台程度のソフトウェア開発用マシンを含む．
☆7 その後NTT-IT（インテリジェントテクノロジ）は，NTT-IT（アイ・ティー）と社名を変え今日に至っている．

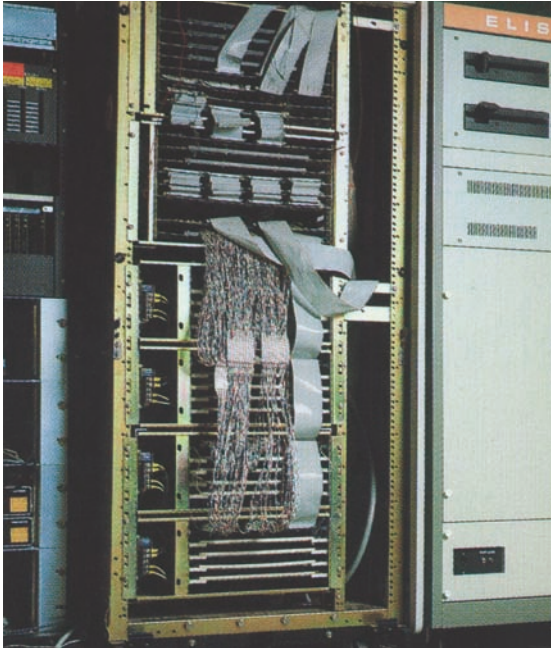


図-3
試作1号機Hydrogen

としてELISを採りあげることとなり，集積回路化のための設計が本格化した☆2．しかし使用していたCADシステムでは，設計に3年かかってしまうと予想された．筆者は能率を上げようと，CAD用の小道具をいろいろ作っていたが，ある日のこと，それら作りかけのツールを，del*のコマンドで誤って全部削除してしまったのである．プログラムのリストは存在したが，復元するのはばかばかしくなった．いっそCADシステム全体を作ってしまおうと決意した．CADの骨格に1週間，使えるレベルになるのに3カ月しかかからなかった．このCADシステムは，後の沖電気工業での実用LSI開発でも使用される．

動かないELISとマルチパラダイム言語TAO

ELISに実装されたTAOは単なるLISPではない．論理プログラミング，オブジェクト指向そして関数型のLISPの3つのプログラミングパラダイムをS式構文の中で融合的に扱うのが特徴である．論理プログラミング部分は奥乃が，オブジェクト指向部分は大里が，そしてLISP部分と全体の統合およびあらゆるシステムカーネルを竹内が作った．LSI化が行われている間，竹内らはELISをターゲットにTAO処理系のコーディングを進めていた．とはいっても渡邊と筆者が進めていたELISの試作機は完動はしていなかったのである．竹内らは動かないマシンをターゲットに20キロステップを超えるマイクロコードによるTAOインタープリタのコーディングを黙々と溜め込んでいったのであった．

ヤミプロから陽の当たる場所へ

筆者はもとの研究グループへ戻ると，動いていなかったELIS試作機を完動させる．試作機は第一番元素の名前をとってHydrogen☆8と名付けられた（図-3）．渡邊は集積回路のプロセスに入っていた．25ミリメートル角という巨大なチップであったので，良品はほとんど期待できなかったが，初めてのプロセスで上がってきたチップはクロック制御回路が動いていた．1983年9月9日重陽であった．同じ日に，TAOの処理系も試作機上で動き始めた．TAO/ELISの誕生である．この日以降，ヤミプロジェクトであったTAO/ELISは陽の当たるところへ引き出される☆9．実用化のためソフトウェアの開発マシンとして急遽15台のHydrogenのコピー機☆10が作られた．

夏休みの量産プロセスラインに投入

実用化プロジェクト発足の1年後，LSIのプロセスが完了する予定であった．チップサイズは15ミリメートル角という大きなチップであったため，少量ロットしか流せない八王子の試作プロセスラインではどうしても良品がとれない．予定の時期を2カ月も遅れてしまい，秋の完成発表に間に合わなくなる．プロセスラインとしてより安定した宮崎の量産ラインに，工場の夏休みを利用して思い切って大量のロットを投入することとなった．その結果，良品が3個だけ採れたのである．その3個を宝物のようにして試作マシンに実装しテストが開始された．

実装テストの結果，ELISチップと外部メモリとの間で非同期的エラーが生じることが突き止められた．論理シミュレーション漏れであった．直ちにマスクの修正が行われ，再び大量ロットが流された．今度は4000チップ以上が採れたと聞いた．翌1987年のISSCC☆11ではTI社のLISPチップと並んでの発表となった[6]．

最後に紙数の関係で，ELIS開発に関係された方々のすべてのお名前を挙げきれなかったこと，敬称を略させていただいたこと，記述がハードウェアの開発に片寄ったことをお許しいただきたい．

参考文献
1）池野信一: LISPプロセッサELIS, 第7回プログラミングシンポジウム (1966).
2）瀧　和男, 金田悠紀夫他: 試作LISPマシンのインタプリタのマイクロプログラム化, 信学技法, EC78-30, pp.11-20 (1978).
3）Knight, T.: The CONS Microprocessor, Working Paper 80, MIT AI Lab., Cambridge, Mass. (1974).
4）日比野靖, 渡邊和文, 大里延康: LISPマシンELISの基本設計, 情報処理学会記号処理研究会資料, 12-15, pp.105-111 (1980).
5）Okuno, H., Takeuchi, I., Hibino, Y. and Watanabe, K.: TAO: A Fast Interpreter-Centered System on LISP Machine ELIS, Conference Record of ACM Symposium on LISP and Functional Programming, pp.140-149 (1984).
6）Watanabe, K., Ishikawa, A., Yamada, Y. and Hibino, Y.: A 32b LISP Processor, IEEE ISSCC DIGEST'87, pp.200-201 (1987).

（平成13年9月30日受付）

☆8 以降金属元素の名前（Calcium，Natrium，Magnesium ...）が付けられる．ELIS1号機Hydrogenは筆者が保存している．
☆9 畔柳功芳（基礎研究部長）が実用化部門への売り込みを図る．
☆10 VX2000（岩崎アイセル製造）．
☆11 IEEE International Solid State Circuit Conference．半導体のオリンピックといわれる．