

日本の情報科学・工学の黎明期と SENAC-1 の開発

財団法人仙台応用情報学研究振興財団
理事長 野口 正一

【1】 SENAC-1 の開発

日本の情報科学・工学 (IS, IT) の黎明期は昭和 20 年代の後半から始まる。当時の IS, IT の研究者は、ほとんど大学、公的研究機関に属し、その数は非常に少なかった。

この中で東北大学の電気・通信系は古くよりアンテナ工学、伝送工学、電波伝播等の通信工学の基礎を確立し、東北大学のグループには新しい情報科学・工学の流れに適合する環境が生まれつつあった。この中でこの新しい分野を牽引したリーダーは、大泉充郎、本多波雄、喜安善一であった。

当時、日本の IS, IT 分野の研究者に大きいインパクトを与えたものに、次の 3 つがある。

第 1 が ENIAC

第 2 が C. E Shannon と W. Weaver による通信理論 (1949)

第 3 が N. Wiener による Cybernetics (1947) である。

この 3 つから発展した新しいコンセプトは、日本の研究者に将来の技術革新による通信とコンピュータの融合により、人類の夢である「人工頭脳」がいずれは構築できるという可能性を与えた。この夢の実現のための最も直接的なターゲットとなる研究開発プロジェクトが、高性能のコンピュータの開発・設計であり、それを実際に稼働させることであった。

一方当時の日本には国産商用機を含めて本格的に稼働するコンピュータは外国産を除いて存在していなかった。

このような状況の下で、昭和 30 年の初頭、大泉教授は文部省に対し、国産最大のコンピュータの構築を目指す提案書を申請し、学内での支援は、ほぼ孤立状態の中で積極果敢に攻めの交渉を行い、ついにこの申請が認められることになった。

当時としては、破格の予算を獲得した。

これにより、東北大学は国内の複数のコンピュータ開発に強い関心を持つ企業と交渉を行い、特に積極的な協力体制をとって頂いた NEC との間で学産連携によるプロジェクトが推進されることになった。

この学産連携は東北大学と NEC が全く同等の形でプロジェクトを推進し、その目的は浮動小数点演算機能をもつ当時日本のコンピュータのどれよりも能力の高い、そして商用にも耐えるコンピュータの構築であった。このプロジェクトには多くの開発者が参画したが、その中核を担ったのが、東北大 (小野寺、野口)、NEC (渡辺、山本) の 4 名であり、1 年間以上全くの共同生活の中で設計を行った。

当時、コンピュータ設計に関するいくつかの個別的データは収集可能であったが、本格的な設計資料は皆無であり、すべて 0 ベースからの開発であった。

このコンピュータ設計の決定すべき基本要素について、当プロジェクトに関係した多くの人々によって極めてホットな議論が時間をかけて行われ、その結果開発すべき基本項目は次のものであった。

(1) 基本アーキテクチャの決定

(2) 命令セットの設計

- (3) 浮動小数点、固定演算における数の表現、特に、浮動小数点演算における指数部と数値部のビット長の決定及び0の表現
- (4) 高速演算のための演算器、制御方式の設計
- (5) 記憶装置、入出力装置の設計

- (1) については、当時日本電信電話公社の室賀三郎氏がもつ ILLIAC の基本アーキテクチャを参考にして決定した。
- (2) の問題は、多くの議論を経て 230 個の命令セットを定めた。
- (3) は多くの理論的数値シミュレーションの後、指数部 8 ビット、数値部 40 ビット計 48 ビット長の長さに定まった。
- (4) の中で特に重要なのは、全く独自の立場から三つの新しい制御方式を導入したことである。(a) パイプライン制御、(b) 先回り制御、(c) 入出力高速化のための時分割共通バス方式であり、このすべてが実装された。この考え方は今でも基本となるコンピュータ設計のアーキテクチャである。
- (5) は大問題であった。当時、コンピュータをベースに作られた記憶装置も入出力装置もなく、これは NEC 以外から調達しなければならなかった。結局は北辰電機（当時）の作った磁気ドラムと谷村製作所（当時）の入出力用の装置を導入し、多くの調整の後で、コンピュータに接続した。

一方、コンピュータ設計の実装の上で最も重要な問題は、基本素子の決定である。当時、候補となったのが、真空管、トランジスタ、パラメトロンである。トランジスタの将来に関しては多くの可能性を見出したが、設計当時のトランジスタは信頼性の上で採用できる状況でなかった。その結果、基本素子として、当時最も動作の信頼性の高いパラメトロンが選ばれた。

このコンピュータは昭和 34 年に稼動し、SENAC-1 と名づけられ東北大学大型計算センターの最初のコンピュータとして学内の研究者に解放され、有効に広く活用された。また、NEC ではこのコンピュータを NEAC1102 として商品化した。

【2】SENAC-1 の研究開発から得られたもの

SENAC-1 の研究開発から次の世代に向けての多くの技術的課題が誘引され、それが学会、産業界を介し日本のコンピュータ開発の上で多くのインパクトを与えられたことは重要な成果である。また、SENAC-1 の研究開発は東北大学における IS, IT の研究の方向に大きな影響を与えることになる。

これは次に述べることにして、別の観点で SENAC-1 の研究・開発が与えたいくつかの成果を述べたい。

第一に重要なのは、革新的な学産連携による共同研究開発の実施である。現在に至るまで、数多くの学産連携実施の報告があるが、当時我々が行ったプロジェクトに相当するものが幾つあるであろうか。

本プロジェクトの特色は次の形で総括できる。

- (1) 研究目標は極めて明確
- (2) 目的達成のための土壌は不完全
- (3) 目的を達成するための強固な中心的メンバーによる学産の連携の確立（研究開発者は 100%このプロジェクトにすべての知的、物理的資源を投入、プロジェクト以外何も考えるな）
- (4) プロジェクトに要した総合的なマンパワーは、数百～数千人月の大プロジェクト
- (5) トップレベルのプロジェクトマネージャーが不在

(6) このプロジェクトに対して外部からの支援はほとんど無し

このような状況の中で、SENAC-1プロジェクトが確たる成果を残し得たのは、中心的グループの献身的な努力によってなされたものであると確信できる。

さて、改めてSENAC-1プロジェクトの進行について考えてみると、次の2つの大きいフェーズに分けられる。

第1が基本設計とその詳細化のフェーズ

第2が第1フェーズの成果をベースに実際にシステムとして実装するフェーズである。

特に大きい問題は第2フェーズの実行であった。実装の問題解決は当然NEC側が中心となっていく仕事である。しかし第1フェーズの内容を十分に理解し、これをベースに第2フェーズとして実現できる開発者は当然といえば当然であるが、NECの中に当時はいなかった。実際のシステム構築の上で最も重要な問題の一つが電源問題の解決であり、これについて本格的に取り組んだ開発者は一人もいなかった。例えば、9,600個のパラメトロンを2MHzで一様に共振させる分散型電力供給システムの設計は恐らく当時としては画期的なシステムである。この実装には多くの難問が山積しており、その解決のために多くの時間が費やされた。

多くの問題を含む第1フェーズと第2フェーズの仲介役は当時としては渡部和氏を置いて他になく、この分野でも彼はNECの現場との折衝で大変に苦勞されたと思う。

最後にSENAC-1のプロジェクトを通して、今後の大型プロジェクトを実行し、成功させる大事な教訓について述べたい。

結論としていえば、トップレベルのリーダーの存在が絶対に必要ということである。これによりプロジェクトの内容はより強力なものになり、その成果は一段と大きくなる。

トップレベルのリーダーが持つべき能力には多くのものが要求されるが、特に次の二つは不可欠である。

第1が広くプロジェクト全体が関係する基盤技術について十分な知識を有すること。

第2にプロジェクトが関連する技術の将来の方向性、社会的インパクト、また必要があれば、プロジェクトが直接関係するマーケットに対しての深い洞察力を持つことである。

日本が今まで国として、また企業全体として関係した数多くのプロジェクトが実施されたが、現在の時点で評価してみればその多くの成果は成功していなかった。その理由は上に述べたトップリーダーの不在であった。一つの例を挙げれば、日本におけるインターネットの研究・開発がアメリカに比較して2年以上遅れた事実である。

【3】SENAC-1の開発が東北大学のIS、IT研究に与えたもの

昭和30年の中ごろまでにSENAC-1のプロジェクトは終了したことになるが、この開発を通して今後解決すべき多くの問題が提起された。

第1がコンピュータ設計のための確たる理論体系を構築すること。

第2にコンピュータの抽象化理論の研究である。

(1) コンピュータ設計の理論体系の研究について

この問題の解決のためには、極めて広範囲の研究・開発が不可欠であり、一つの研究室単位の規模では限られたものになる。この中で、我々が選択した研究項目は、コンピュータシステムのモデル化と、これをベースにコンピュータの性能評価を理論的に確立することである。これらについて多くの研究が我々のグループの中で行われたが、その一つの例がTime Sharing Systemの研究である。

1970年代に入って、当時の高価なコンピュータを有効に活用する方法として、Stanford大学のマッカーシー教授によりTime Sharing (TSS)方式が提案され、多くのコンピュータシステムに採用された。しかしながら、与えられた多くの条件のもとで実際に稼動するTSシステムがどのような性能を与えるかは十分に理解されていなかった。

この問題に強く関心を持ったのが、東北大学と NEC のグループである。その中で両者の間に共同研究の体制が生まれ、東北大（野口、坂田）、NEC（水野、川村）が中心となってプロジェクトを展開した。その成果の一つが M/G/1 のもとでの TSS の性能解析である。

性能評価について多くの研究が我々のグループで行われたが、東北大学全体ではコンピュータシステムに関する研究者は、他にはあまりいなかった。

そのため現在最も残念に思われることは、当時ソフトウェア工学に対する研究がほとんど東北大学では行われなかったことである。

当時、ソフトウェア工学は単にコンピュータを動かすプログラム技術の延長と考えられたことも大きい要因であり、この状況は当時の日本の多くの大学でも同様であった。つまり、当時の日本にはソフトウェアの持つ重要性について十分な洞察力を持ったトップリーダーがいなかったことである。

(2) コンピュータの抽象化理論の研究

1960年代の後半頃より、コンピュータの抽象化理論であるオートマトン・言語理論の研究が世界的に広く行われるようになった。

この研究の中で一つの重要な考え方は、オートマトン理論で得られた成果を具体的にコンピュータシステムの構築にどのように適用できるかということである。この立場をベースに我々のグループを含む東北大学の若手研究者は特に代数的オートマトン理論、セル構造オートマトン理論の研究に積極的に参画し、多くの重要な成果を導いた。これによりこのグループは東北大学派と呼ばれ、この分野で一つのポジションを作った。

この成果の主たるものは、有限オートマトンの特性化理論、セル構造オートマトンの特性化、計算の完全性に関する研究等であり、数多くの論文が発表された。

本報告では、研究成果の具体的内容については触れないが、SENAC-1 の研究・開発が出発点となってこの分野の研究が東北大学に構築され、日本のこの分野の研究者に多くのインパクトを与えたことだけを述べておきたい。

【むすび】

SENAC-1 の研究・開発はその後、日本の各大学のコンピュータ開発に多くの影響を与え、各大学が精力的にそれぞれのコンピュータを開発し、稼働させていった。

この意味で SENAC-1 の開発は、日本の大学のコンピュータ開発の一つの重要な原点として考えることができる。

一方、SENAC-1 の実践的研究から出発して、抽象化の世界であるコンピュータサイエンスの新しい研究の流れが早くから東北大学に生まれ、この研究グループは学会を通して CS, IS 研究の発展に大きく寄与することになった。

さて、昨今の IS, IT の研究の流れを見てみると、特に ICT をベースとした研究の流れはすさまじく速い。この流れの中での大きな問題は、IS, IT の分野の間でその研究成果の十分な相互活用、それに基づく新しい理論、システム構築の理論や実装の研究が行われていないように見えることである。この問題の解決は今後の大きい課題であろう。

日本の情報科学・工学の黎明期と SENAC-1の開発

財団法人仙台応用情報学研究振興財団
理事長 野口 正一

昭和20年代後半、東北大学は日本における重要な
情報科学・工学研究の拠点

先導的リーダー

大泉 充郎、本多 波雄、喜安 善一

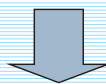
1950年代に日本の情報・通信関係の研究者に
与えた三つのインパクト

第1がENIAC

第2がC. E ShannonとW. Weaverによる
通信理論(1949)

第3がN. WienerによるCybernetics(1947)

20世紀の末までに人工頭脳の構築は可能か



高性能のコンピュータの研究開発が第1目標

昭和30年代初頭における大泉教授の積極的な
Project推進のプロモーション



文部省に対しての予算の獲得



孤軍奮闘の末成功！

目標：商用に耐える国産最大のコンピュータの
開発を稼働を含めて3年以内に完成



コンピュータ開発に強い意欲のある企業との折衝



最終的にNECとの間で学産連携による
共同開発がスタート



東北大学の情報科学関係の研究者の結集

東北大：大泉・本多・桂・松尾・小野寺・野口
NEC：出川・石井・遠藤・渡辺・山本



コアメンバーによる研究開発

東北大：小野寺・野口
NEC：渡辺・山本

SENAC-1設計のためのスペックの決定

- (1) 基本アーキテクチャの決定
 - (2) 命令セットの設計
 - (3) 浮動小数点、固定演算における数の表現、
特に浮動小数点演算における指数部と数値部の
ビット長の決定及び0の表現
 - (4) 高速演算のための演算器、制御方式の設計
 - (5) 記憶装置、入出力装置の設計
-

SENAC-1のスペック

- (1)アーキテクチャ:ILLIACを参照
 - (2)230個の命令セット
 - (3)指数部8、数値部40
 - (4)パイプライン制御、先回り制御、時分割共通バス制御
(現在コンピュータ設計の基本アーキテクチャとなっている)
 - (5)記憶装置 : 北辰電気(1024W)
入出力装置: 谷村製作所
-

コンピュータの基本素子の決定

真空管、トランジスタ、パラメロン
TACの失敗(真空管)、
トランジスタ(point contact)の不安定性



パラメロンに決定



閾素子関数をベースの基本関数
マシュー関数から導かれる半周波の波の活用(共振回路)
2MHzの励振で1MHz⇒10波程度の波を利用

SENAC-1の開発

第1フェーズ: 基本設計と詳細設計

きつくも充実した開発期間

第2フェーズ: 実装に向けての作業

第3フェーズ: システム全体の調整

第2、第3フェーズは悪戦苦闘の連続

実務担当者の多くの人々、特に渡辺和氏の苦闘

SENAC-1の開発プロジェクトの特色

(1) 本格的な学産連携

(2) 基礎から実際の稼働までの一貫した大型プロジェクト



今後の日本における大型学産連携の在り方に対して多くの教訓を与えた

SENAC-1開発プロジェクトの特色の総括

- (1) 研究目標は極めて明確
- (2) 目的達成のための土壌は不完全
- (3) 目的を達成するための強固な中心的メンバーによる学産の連携の確立
(研究開発者は100%このプロジェクトにすべての知的、物理的資源を投入、プロジェクト以外何も考えるな)
- (4) プロジェクトに要した総合的なマンパワーは、数百～数千
人月の大プロジェクト
- (5) トップレベルのプロジェクトマネージャーが不在
- (6) このプロジェクトに対して外部からの支援はほとんど無し

中心的グループの献身的努力によって成功

大型プロジェクト推進のための重要な必要条件

プロジェクト全体を確実に管理できる
マネージャーの存在が不可欠

求められる資質

- (1) プロジェクト全体が関係する基盤から応用技術に対して十分な知識と知見
- (2) プロジェクトが関連する技術の将来の方向性、社会的インパクト、マーケット(必要があれば)に対しての深い洞察力を十分持つこと

SENAC-1の開発の中での重要な反省点 (Bottom-up方式)

このプロジェクトを統括できるトップマネージャーが不在



全体システム構築の上で基本となる総合グランドデザインが
なかった

例: システム構築の最も重要な基本要素である電源と配線の
Layoutの設計者なし

9,600個のLC回路としてのパラメロン全体を2MHzで励
起する分布型システムのための電力供給システムの設計

特に重要な大規模プロジェクトにおける、トップレベルの
マネージャーの不在は、大きな悲劇を招く

この例は、国家プロジェクト、日本企業のプロジェクトの
中に多くの例を見る

例・なぜ日本のインターネットの研究開発は2年以上
遅れたのか

・第5世代コンピュータ研究開発は、日本のコンピュータ
産業の発展に何を与えたのか

現時点での問題点

- ・日本のICT産業を発展させるための国家戦略は機能しているのか
 - ・ICTによる地域活性化プログラムは機能しているのか
 - ・国際的に認められる高度ICT人材育成プログラムは日本にあるのか
-

SENAC-1の開発が東北大学のIS, ITの研究にどのようなインパクトを与えたのか

- (1) コンピュータ設計のための理論体系の構築
 - (2) コンピュータの抽象化理論の研究
-

(I) 東北大学とNECとの共同研究

Time Sharing Systemの研究

東北大(野口、坂田)、NEC(水野、川村)

Round Robin SchedulingにおけるM/G/1の解析

(II) コンピュータの抽象化理論

1960年代の後半から発展したオートマトン理論との
出会い

中心的研究テーマ

- (a) 代数的オートマトン理論
- (b) セル構造オートマトン理論



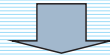
多くの若手研究者の参画



東北大学派の成立

SENAC-1の開発が日本のコンピュータ、IS分野に与えたインパクト

(1) 日本の各大学でのコンピュータ開発の急速な立ち上げ



日本のコンピュータ開発の
一つの重要な原点となった

(2) 日本のIS, IT研究のひとつの原動力

(3) 問題点: 日本のソフトウェア研究開発のための基盤が構築できなかった(トップレベルマネージャーの不在)

日本における過去・現在におけるIS, ITの研究開発の問題点



ISとITとコミュニケーションの技術をどう融合させるのか

ICTの開発に直結するCSの成果を見出す
目利きの存在が不可欠
