

『世界に先駆けて CAD 時代の扉を切り開いた秘話』

電子計算機黎明期に設計自動化用計算機を創った苦闘の物語

情報処理学会名誉会員

渡 部 和

1960 年に創立された情報処理学会は本年めでたく創立 60 周年を迎え、情報技術の世界で中核的存在としてますます発展していることをお喜び申し上げます。私個人にとっても本年は電気回路の設計自動化の実現を目指して、世界に先駆けて CAD¹のための計算機を創った年から 60 周年の記念の年に当たります。それはその後の CAD 時代の幕開けとなりました。本会創立 60 周年の記念の年に因んで私自身の計算機幕開けのころの思い出をご披露いたしたく存じます。

[第一の絶壁] — 技術的絶壁 —

[1]私は NEC に入社し濾波器設計担当を命ぜられ精密設計基礎理論を開発しました。

1953 年 3 月に京都大学工学部電気工学科を卒業した私は、4 月 1 日に NEC に入社し伝送通信事業部に配属となりました。当時の通信システムは電気信号を濾波器²によって周波数帯域ごとに分別し、それらを重ね合わせて多重化して送受信する周波数分割多重通信方式が主流で、濾波器がシステムの心臓部でした。その設計手法は既設計の標準回路（テンプレート）を縦続接続して濾波器回路を構成し、それぞれの標準回路の伝達特性を重ね合わせて全体の伝達特性とする近似的設計法（影像インピーダンス法）でした。この方法ではそれぞれの標準回路の相互干渉によって全体の伝達特性が乱れ、実際の特性は目的とする伝達特性と大きく外れる致命的な欠陥がありました。

そのころは戦後の復興が進み、壊滅状態だった日本の通信システムの高性能化が要請され、設計誤差を含まない精密な設計方法の確立が焦眉の急となっていました。当時の先進的な通信機器会社(Bel 研など)では回路網理論による濾波器の「精密設計」の理論や設計手法の研究が行われていましたが、それらは複雑難解で通信機器製造会社の設計技術者はその「精密設計」を忌避して会社は困っていました。そんなとき私が誰もが嫌がる濾波器の設計担当を命ぜられたことがその後の私の技術者としての運命を決めました。それは入社後の 1 年半に及ぶ社内研修を終えた 1954 年 9 月ころでした。

社命を受けて早速図書室に行って内外の文献を調査した結果、『濾波器』と言う機器の中には当時の最先端電気理論であった『回路網理論』の重要な要素がぎっしり詰まっていることを発見しました。回路網理論は電気工学の根幹となる数学理論であり、私はその精緻な理論にすっかり魅了されました。回路網理

¹ CAD: (Computer Aided Design) コンピュータの能力を活用して従来できなかったより良い設計を実現する手法

² 濾波器：送信信号の周波数が通過帯域内であれば通過させ、阻止帯域内であれば遮断する特性を備えた通信機器

論には回路の接続を注目する基礎理論(グラフ理論)、電流/電圧の分布を考察する回路解析論、与えられた特性を実現する回路合成論などがあり濾波器設計理論は後者でした。

私は難解であると嫌われていた電気濾波器を調査し、今までいろいろな設計法が研究されたことを知りましたが、それらの設計法を根本から見直して、新しい理想の設計基礎理論を創造しようと決意し、複素数平面(リーマン面)の上のアーベル積分論に基づいた数学的濾波器設計の統一理論を構築しました。その理論の最初の論文を 1955 年 5 月に開催された通信学会全国大会で発表し、その後研究を進めて数年後にその完成論文を通信学会誌に掲載し論文賞を受賞しました(1960.3)。また米国の学会誌にも数編の研究論文を発表しました。

[2] 基礎理論で得た伝達関数を濾波器回路として実現する設計過程で「数値計算」という険しい絶壁に遭遇してその克服に苦しみ、その体験から自動計算システムの創造を決意しました。

濾波器設計を基礎から研究して数学的設計理論の構築を目指しながら、その理論から導いた伝達関数を実際の回路構成として実現し、回路の各素子の特性を決定する「設計」を進めました。そのためには基礎理論から導いた回路行列の因子分解を数値計算によって実行しなければならず、会社に 1 台だけあった歯車式電動計算器にしがみついて、連日連夜黙々と数値計算に没頭しました。1954 年秋から冬のころでした。

工場の片隅で数値計算に没頭していると、人間の叡智の精華である数学(科学)に基づいて導き出した正しい理論的結果を実際の電気回路として実現する努力(技術)が『数値計算』という険しい技術的絶壁によって拒絶されていると感じ、その不条理に腹が立ってきました。それが最初に遭遇した(第一の)絶壁でした。

思えば近世(特に 18 世紀以降)の文明の発達は『科学』と『技術』が一致協力して努力してきた賜物であり、それらが数値計算と言う絶壁によって断絶状態であることは許し難い歴史への大罪であると痛感しました。科学(理論)と技術(設計)の協力を妨げる第一の(技術的)絶壁は『数値計算』であり、現代の科学技術者(の一人である私自身)としてはどんな困難があろうともこの絶壁に爪を立てて血まみれになってよじ登るべきであると固く決心しました。この決意がその後の 10 年に及ぶ苦闘の出発点となりました。それ以来、行く手に次々と現れる険しい絶壁と闘いながら、それを克服した先には『科学』と『技術』が互いに力を合わせて文明を開拓していく理想郷があるとの思いに励まされてきました。

工場の片隅の作業台の計算器にしがみつき昼夜兼行で数値計算に没頭していると、自分自身は次の三種類の単純な手順を繰り返しているに過ぎないことに気が付きました。

- ①計算用紙に記載されている数値を読み取り、電動計算器のレジスタに打ち込む。
- ②計算手順に従って電動計算器の加減乗除の機能ボタンのどれか一つを選択して押す。
- ③電動計算器のレジスタに現れた数値(計算結果)を読み取って、計算用紙に書き移す。

すなわち電動計算器を「演算装置」、計算用紙を「記憶装置」、計算手順に従って加減乗除ボタンを押す操作を「制御装置」と考えると、数値計算作業とは

- ① 記憶装置(計算用紙)」の数値を読み、「演算装置(電動計算器)」に入力し、
- ② 「制御装置(機能ボタン)」で(加減乗除の)計算指示を与えて計算を実行し、

③ その結果を「記憶装置(計算用紙)」に書き込む

という単純作業の繰り返しであることに気がつきました。そのとき電動計算器の役目は歯車装置(累積加算器)の最下位桁の歯車が10回まわると隣接した(一桁上位の)歯車を1回だけ回して回転数を数えているだけです。このことに気が付くと苦勞して実行していた数値計算の正体がまるで霧が晴れるように明らかになり、計算システムの全貌(全体の基本構造)が頭脳全体に明瞭に広がりました。

そのころ(1954 年夏)東京大学大学院生の後藤英一氏が新素子パラメトロンを発明し通信学会の研究会で発表されました。その論文を読んだとき、私の脳内に浸透していた数値計算機構想に火が付き一瞬にして頭脳内に詳細な論理回路構造が広がり、その瞬間、濾波器設計を自動的に遂行する自動計算システムの実現はゆるぎない確信となりました。そしていかなる困難も乗り越えて、このシステムを創り上げて科学と技術の境界に立ちはだかる『数値計算』という絶壁を打破しようと固く心に誓いました。1955 年 1 月の頃でした。

[第二の絶壁]

－会社組織の絶壁－

[3]理論と設計の間に立ちはだかる険しい絶壁を打破する設計自動化システムの開発の構想が固まったので、その実現を会社のトップに懇願すると同時に、公認されるまで待つてはおられず非公認のまま誰の援助も頼まず一人で開発することを決意しました。

1955 年 1 月に理論と設計の間に立ちはだかる「数値計算」という第一の(技術的)「絶壁」を打破する確信を得たので、会社の上層部に「自動設計システムの開発プロジェクト」を立ち上げるよう懸命に(執拗に)懇願しました。しかし、1955 年初頭のころでは電子計算機開発の実例はほとんどなく、米国で開発された世界最初の電子計算機 ENIAC の開発には莫大な費用がかかったとの報道から、当時の社会の常識では計算機の開発には大きな予算が必要であると考えられていました。

そのため私が構想した計算機は二千万円の予算で2年間で完成すると会社の上部に力説し、懸命に懇願しましたが誰にも信じてもらえず『当社として電子計算機開発は時期尚早』と判断され具体的な開発プロジェクトの発足は見送られました。研究部門ではなく製造部門所属の入社3年目の新米の設計担当技術者がいくら懸命に要請しても会社の現実(経営方針)を動かすことはできませんでした。これは自分の力では突破することが困難な**第二(会社の経営陣)の絶壁**でした。

一切の文献も参照せず(文献は殆どなし)独自の発想で頭の中に創り上げた(発明した)自動設計システムの実現には絶対の確信があり、会社としても近い将来必ずその開発を実行すべきと信じて、経営トップへの懇願と説得を執拗に行うと同時に、会社が正式なプロジェクトを立ち上げるのを待たないで、正規の業務が終了後にアパートの自室で(非公認のまま)余暇のすべてを捧げて可能な限界まで努力し、頭の中で創造したこのシステムの開発/設計を独力で実行しようと固く決意しました。1955 年 1 月ころでした。

その頃の私の本務は電気濾波器の設計業務で、伝送通信事業部および必要に応じて他の事業部(無線、有線、交換等)から依頼された(事実上全社の)濾波器および種々の回路網(位相回路、遅延回路、位相等化回路など)の設計を引き受けて超多忙の毎日でしたから、予算も人員も皆無の非公認業務に没頭して本来の業務を遅滞することは絶対に許されません。そこで私は本来の業務を妨げることなく(非公認の)自動

設計システムの開発を一人で実行するために以下の方策を立案し実施しました。

① 工場の正門近くに転居し余暇のすべてを計算機の開発(発明)に注入：

工場の正門から歩いて5分の新築木造アパートに移って自室を開発研究室と考え、すべての(会社の正規業務以外の)余暇時間を自動設計システム(計算機)の開発に投入して、その基本構造(アーキテクチャー)の創造、論理回路の考案と回路設計図(配線図)の作成に全力を注ぎ込みました。それは無から創造する深淵な頭脳活動なので、脳細胞が働いている限り睡眠しない、眠くなったら(脳細胞が休みたくなったら)机の脇に敷いた布団(万年床)でゴロ寝するという生活を続けました。その結果会社員として守るべき勤務時間規定から完全に逸脱し、毎朝遅刻ばかりする不良社員のレッテルが貼られ会社の勤労部門では大問題となりました³。

② 一切の濾波器設計の業務は直接自分の手では実行しないと宣言：

自分で設計を行わない代わりに、わかりやすい「濾波器設計テキスト」を執筆してパンフレットを製作し、これを教科書として全社の通信システム設計技術者に数回にわたって濾波器の設計方法を講義しました。その後は濾波器設計依頼者自身が設計テキストに従って設計し、私自身は設計の相談に応じ、指導するだけで自分自身では設計は行わないことにしました。これによって(正規業務に支障を及ぼすことなく)自動設計システムの開発に没頭する時間をひねり出すことができました。

③ 自動設計用計算機が完成するまでは「人力計算機」で業務遂行：

会社に多数の電動計算器の購入と高卒女子社員の増員を強く懇願しました⁴。女子社員応募者には数学の試験を課して合格した人だけを採用し、彼女たちに数値計算法を教育訓練しました。その結果、濾波器設計グループはまるで人力計算工場となって総力で設計計算に専念しました。

[4]設計の計算を多数の人力で遂行する環境はあたかも「計算工場」で、私自身は設計業務から解放されて、新しい計算機構のアイデアや新計算方式を次々と創造することができました。

NEC 玉川事業所の一隅にある「濾波器設計グループ」はまるで非公認のコンピュータ開発研究室となり、電動駆動の歯車式計算機を十数台並べて十名近くの女性社員および急遽集めた理科大学数学科の学生アルバイトなどが一心不乱に数値計算に没頭しました。私はその集団の真ん中に席を置き、皆の設計計算の進行状態を管理し、手動で実行している設計計算の手順や経験を計算論理回路の改良発展に取り入れました。

その一つの重要な成果は高精度計算機能の増強でした。当時の主力通信方式である周波数分割多重通信システムで使用する濾波器では急峻な遮断特性が要求されました。そのため濾波器の伝達関数では阻止域側と通過域側の境界領域付近に極点(減衰量が無限大となる複素数平面上の点)と零点(減衰量が零となる複

³ 出勤/退社時間記録のタイムカードは赤字(遅刻時刻)だらけで勤労課では大問題となったが、上司の出川雄二郎部長は私の健康だけを心配し勤務態度は問題にらなかった。朝食/昼食は工場の食堂で摂り夕食は工場前のかつ井屋ですました。

⁴ 会社は自動設計用計算機開発の要請を認めない代償として(?)十数台の電動計算器の購入を認め、計算要員として(男子社員の増員は認められなかった)高卒女子を募集し、数学能力のテストを実施して頭脳優秀で勤勉な高卒女子を採用した。彼女らは実に有能な設計計算要員で複雑な数値計算を綿密に実行し期待以上に働いた。電子計算機完成後には CAD システムの優秀なプログラム開発要員として大活躍した。

素数平面上の点)が極めて密接に配置され、減衰特性と通過特性の微妙な均衡関係を維持して急峻な遮断特性を実現しています。そのため極めて繊細で高度な計算精度が必要でした。

我々の「人力計算工場」では 10 桁の歯車式計算器を使用していながら、日常的に 20 桁の高精度計算を実行していました。その経験を開発中の計算機にも全面的に取り入れ、世界の何処にもない独特な演算ユニット「複数演算部連動システム」を創造しました。このように当時の（2 年間に及んだ）非公認（ゲリラ）開発期間ではコンピュータの基本に関する世界初となる独創的なアイデアが次々と湧き出て、わくわくしながら創造（発明）に没頭しました⁵。その時に私が案出した計算機の基本構成を図 1 に示します。図で示されているように演算部は 2 組の 48 ビット浮動小数点演算部で構成され、倍長演算を実行するときには 2 組の演算部が連結し動作する世界に例がない独特な「複数演算部連動システム演算装置」となっています。

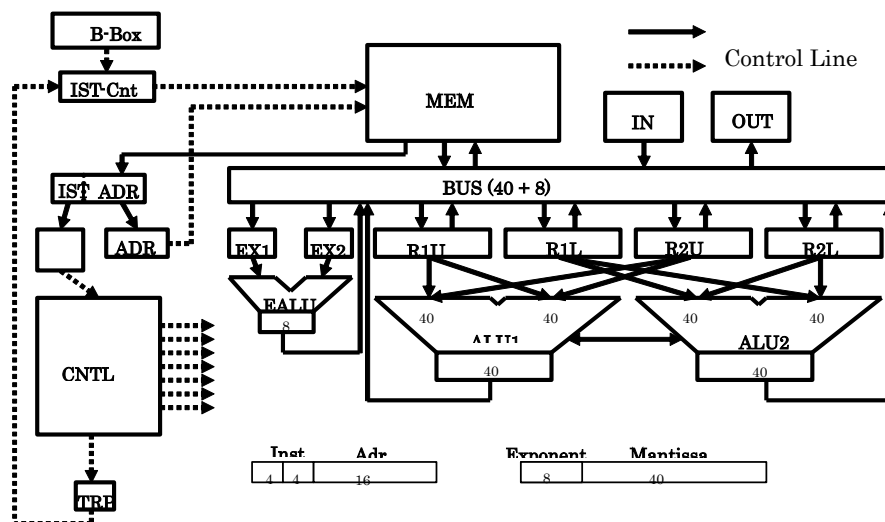


図1 濾波器設計用として開発した計算機の基本構成

(2組の48ビット浮動小数点演算部を備え、倍長計算時には連結動作する)

伝送工場の一角で電動計算機群と熟練した計算要員が働く濾波器設計(計算)グループはいわば非公認のコンピュータ開発研究実験室であり理想的な創造の場でした。ここでは上司や指導者の監督も干渉もなく特別の予算や支援などは一切ない代わりに、誰にも遠慮せず自由な発想で理想のコンピュータの創造(発明!)に邁進することが出来ました。

このような辛く苦しいけれど夢のような非公認開発(発明)環境は 1955 年 3 月に一人で開発を決心したときから、1957 年 4 月に東北大学との共同開発が始まるまで 2 年間続きました。これは第三者から見れば苦難の連続のように見えたでしょうが、私個人としては技術者冥利に尽きる至福の 2 年間でした。その期間に私自身が独力で開発した計算機の概要は下記の通りです。

計算方式：浮動小数点計算を基本とする(固定小数点方式も含む)

語長：48bit (仮数部(mantissa) 40bit、指数部(exponent) 8bit)

命令語：24bit (基本部 4bit、修飾部 4bit、アドレス部 16bit)

番地方式：B-box による修飾方式 (1+1/2 方式) (インデックスレジスタ 5 個)

⁵ 世界初の本格的計算機なので特許出願可能なものが多くあったが(例えば高速乗算回路、制御回路の時分割多重化などは世界的特許となるべき発明だった)時間と人手不足で出願は見送った。

演算部：2組の48ビット浮動小数点演算部(10進数12桁相当)を連結した「複数演算部連動システム」
倍長演算の場合には2進数80桁(10進数は24桁相当)の精度で計算可能⁶となる。

このようにたった一人で開発・設計した『非公認コンピュータ』は新発明の機能や回路を可能な限り取り込み、世界のどこにもない独特なものとなりました。1957年3月頃には計算機として核心部分は開発し尽くしており、正式な公認プロジェクトとして機器の設計/製作を開始すべき限界点に到達していました⁷。

第二の絶壁を打破した天佑神助 －非公認プロジェクトは公認となる－

[5]私が誰の助けもなく孤立無援で真夜中に開発(発明)に没頭してきた非公認の自動設計システム(計算機開発)が独力で開発出来る限界点に達したとき奇跡が起きました。それは1957年末に私の非公認開発活動が東北大学との共同開発として公認のプロジェクトとなったことでした。

当時(1956年ころ)、東北大学では大泉充郎教授が中心となって世界一の科学技術用計算機を建設する計画が興り、その建設のため文部省に1957年度予算3千6百万円を概算要求し、大泉教授がねばり強く交渉した結果1957年度設備費として1千5百万円の交付が決定しました。これは大蔵省が初めて認めたコンピュータ予算でした。東北大学はNECに共同開発を申込み、NECは採算を度外視してこれを引き受け、共同開発を行うことになりました。

伝統ある技術のNECとしては他社に先駆けて最先端の計算機開発である本プロジェクトに参加すべく全社の研究開発部門を調査した結果、伝送工場内で濾波器設計技術者渡部和が会社に秘密(正式な業務命令なし)で個人的に開発していた計算機だけが東北大学の要望に適合することが認められ⁸、東北大学との共同開発として会社の正式な開発プロジェクトとなりました。その結果、1957年4月に東北大からNECに新規開発コンピュータが発注され、1958年3月末までに東北大学構内に納入することになりました。

これによって私が1955年春以来会社に懇請し続けて来た計算機開発はやっと3年目に(東北大学との共同開発の形式として)正式プロジェクトとなりました。これは官庁の会計処理上では単に1957年度の文部省予算として設備費千五百万円相当の装置が1957年4月1日に発注され、会計年度末日(1958年3月31日)に東北大学構内に納入される単純な物品(業者のカatalog製品)購入と同じ扱いでした。私としては日本で最初に開発される大形科学技術用計算機の設置という科学技術の進歩としての配慮は皆無であることが不満でしたが、ともかくNECにとって計算機一式を受注したことになり、私の(正式業務命令がない)ゲリラ的开发が正式な受注業務になったことで納得せざるを得ませんでした。

⁶ 演算部は2進数40桁(10進数12桁)。倍長演算の場合には演算部2個連動し2進数80桁(10進数では24桁)の精度で計算可能となる。

⁷ 単独で開発可能なほとんどの重要部分(システム構成、基本アーキテクチャ設計、命令語レパートリ(instruction repertory)設計、演算部、制御部、入出力部の論理回路設計など)の回路構成や全体の構成は完成し、コンピュータの全体設計図および主要論理回路図もほとんど完成していた。

⁸ NEC社内では研究所などでもコンピュータの研究を行っていたが、東北大学の要請に応えるコンピュータとしては会社からの開発命令も無かった非公認の「渡部設計案」だけが浮上し、これに勝る案はなかった。

[6]東北大学との共同プロジェクトとして開発する計算機は1957年4月にNECに発注され、1958年3月末までに東北大学構内に納入する納期で設計製作が開始されました。それまで孤独で開発していた計算機は、晴れて東北大学との共同プロジェクトの主演として表舞台に躍り出ました。

東北大学とNECは共に当時の世界で最高の科学技術用計算機の実現を目標としていましたが、実情は文部省予算の発注時点(1957年4月)では計算機は(正式には)未設計で影も形もなく、翌年1958年3月末に東北大学構内に設置する目途も立っていなかったのです。しかし、国家予算で決まった1年間の納期は厳守しなければなりません。この共同開発プロジェクトは1957年4月初頭には存在しなかった計算機を1年後には世界最高の科学技術用計算機として東北大学構内に設置するという、未知の世界に挑戦する科学技術研究開発の世界としては信じられない無茶苦茶な官僚的事務会計によって縛られていたのです。

この時頼りになったのは2年前から独力でコツコツと設計を進めてきた「渡部設計案」でした。私は会社の指示も正式な命令も予算も人員もないまま止むに止まれぬ魂の叫びに突き動かされて、たった一人で真夜中のアパートの一室で濾波器自動設計システムを考え抜いてコツコツと論理回路を設計しシステム構築を進めていました。その時の私の欲求不満は我ながら素晴らしいアイデアが次々と浮かび、これは世界で誰も考えついていない創造していない大発明だと思ってワクワク興奮しながら論理回路を開発し回路図を作成していても、社内では誰も話を聞いてくれない、聞こうともしない、相談相手にもなってくれない、非公認の(ゲリラ的)プロジェクトのため説明も発表も出来なかったことが残念で何よりも辛いことでした。その非公認の仕事が東北大学との共同開発というお墨付きを得て、突如として会社として正式なコンピュータプロジェクトとして表面に浮上したのですから、私としては驚きと同時に大きな喜びでした。

私が一人で開発できる限界に到達した瞬間に、東北大学との共同プロジェクト案が出現したことには単なる幸運以上の神の配慮を感じます。それ以降は東北大学とNEC(実体は渡部一人)は力を合わせて私が開発した計算機を厳密に精査し必要ならば改良に努めて計算機の完成度を高めることになりました。

そして1957年4月のある日、私は東北大学で教授、助教授、助手、大学院生など天下の俊英⁹の前で、いままだ孤立無援の夜なべ仕事でコツコツと努力して、基本設計をほぼ終えたばかりの計算機のすべてについて二日間かけて詳細に説明する機会が与えられました。先生方は実に熱心に私の発表を聴き、真剣に質疑応答討論を重ねて評価していただきました。その時までたった一人で孤軍奮闘で開発にしてきた時に胸につかえていた鬱積がスーと晴れて実に晴れ晴れとした気分になったことが忘れられません。東北大学の先生方の目標は「世界一の計算機」を開発する事で、大学としての素案はある程度固めておられたようでしたが、私の発表を聴いて東北大学の案は一切持ち出さないで、そっくりそのまま受け入れていただきました。

このコンピュータの開発は基礎設計の段階では一人の技術者(渡部和)の自由な発想で創造し、その結果を複数の熟達研究者の眼で精査するという理想的な開発過程をたどりました。これは望外の幸運であり、私にとっても何ものにも替えがたい天佑神助でした。それは私があくまでも「科学と技術の間の絶壁を打破し両者を結びつけた理想の世界を創生すること」を追及してきたことに神がお与えくださった幸運でした。その時点(1958年4月)では計算機を決定する基本アーキテクチャーの設計、命令語設計(instruction repertory)、

⁹ 東北大学の検証チーム：本田波雄助教授、桂重俊助教授、野口正一氏(大学院博士課程在学)、小野寺大研究員

論理回路設計、演算回路設計など計算機のほとんどの重要部分はすでに私一人のアイデアで、何の束縛もなく、誰にも干渉されることもなく自由に設計を終えており、あとはすべての回路を詳細に精査して誤りを訂正し、改良すべき点があれば改善する最終仕上げ工程だけが残されていました。

[7]東北大学とNEC(渡部) は1957年(昭和32年)6月から8月までの約三ヶ月に亘って共同で「渡部設計」を綿密に精査しました。

東北大学の先生方は日電玉川工場付近の宿屋に合宿し、毎晩遅くまで私と一緒に基本設計を綿密に精査し、些細な誤りも許さない厳密さで論理回路を検証しました。合宿による綿密な最終評価は『発明/開発は自由に』、『検証は緻密に』と言う理想的な開発過程でした。開発者(発明者)としては、東北大学の計算機研究グループが大学としての権威や面目にとらわれず、一介の新米技術者が夜なべ仕事で設計した計算機を高く評価し、開発者と一心同体となって献身的な努力で計算機のアーキテクチャ、論理回路の最終仕上げに尽力された見識と度量の大きさに今でも深く感謝しています¹⁰。

私が担当した論理回路部分について東北大学との共同最終精査は8月末に終了し、その後私は開発者の責任として一人で設計評価結果を総合的に仕上げて「**最終設計確定版**」を完成し、大型方眼紙にパラメトロン9600素子を含む論理回路の最終設計確定版(配線工事用図面兼用)を綿密に書き上げました。コンピュータの出荷期限が迫っていたので、書き上がったページから順次に工場の配線業務現場に渡し配線工事を始めるあわただしさでした。論理配線工事が完了したときは納期ぎりぎりの1958年3月初めでした。

一方、パラメトロン励振回路、記憶回路などの設計や組み立ても大幅に遅れました¹¹。しかし、官庁予算の事務的執行は発注した装置一式が1958年3月31日(1957会計年度末)に東北大学構内に設置されていることが重要であり、計算機として動作するかどうかは納入後の問題とされ、1958年3月に解体、梱包されてNECの玉川工場から東北大学に発送されました。

前途を妨げた最後の絶壁 — 現地機能調整の絶壁 —

日本で初めて開発された東北大学とNECの共同開発の大形電子計算機は工場内で組み立てただけで、出荷前の総合動作確認検査(電源回路、高周波電流発振回路、9600個のパラメトロン励振回路、論理回路、記憶回路など数々の新しく開発した重要回路の出荷前検査)を一切行わないで出荷することは伝統ある通信機製造会社NECとしては決して許されることではありませんでした。通電試験すら行わないで出荷してしまった暴挙は現地調整責任者として仙台に長期出張した私を苦難の谷底に陥れました。

¹⁰ 文部省から計算機設置の予算を獲得し製造をNECに発注したのは東北大学であり、大学から発行された「SENAC-1」の報告書では、この計算機は東北大学の俊英研究者本田波雄助教授、桂重俊助教授、野口正一氏(大学院生)らが英知を集めて開発・設計した独特の機能を備えた優れた機種であったと記述されており、真実の開発者としての「渡部和」の名前は無視された。東北大学と共同開発が始まる以前に基本設計を終えていた渡部和としては承服しがたいことで、日本のコンピュータ開発史の中で渡部和の業績が正当に認識されなかったことは不満であったが、その時から50年後の2010年にIEEEのキルヒホッフ賞受賞によって世界的に認識されたことで報われた。

¹¹ 1957年4月には「無」であった計算機が11か月で設計、製造、組み立てまで完成したことは驚異的な速さといえる。

[8] 現地責任者として1958年4月に仙台に到着した私は悪戦苦闘の絶壁に遭遇しました。

一切の出荷前検査を行わないで東北大学に送ってしまった計算機は、現地で次々と問題を起こし現地調整の責任者である私を苦しめました。私はただ一人 NEC から派遣された技術責任者として補助者4人(高卒技術補助者1名、ベテラン配線工員1名、大泉研究室の高卒技術補助者2名)を指揮して次々と現われる難問題の解決に奮闘しました。それらの難問題とはパラメトロンの励振高周波電流の出力増強改造、全パラメトロンの励振位相調節、直流電源の雑音発生現象解明修理など次々に発生した不具合で¹²。今まで論理回路の設計に専念していた私は現地ではすべての問題の責任者として苦闘を強いられました。工場内で出荷前検査を行っておれば、社内のそれぞれの問題個所の設計担当者が責任をもって解決する問題でも、現地では私一人の責任であらゆる問題(原因解明、設計変更、改善修理)を解決しなければなりませんでした。

[9] 難関だった初期機能調整は1958年7月頃によりやく終わり、やっと私が設計した論理回路の調整作業を始めることになりました。

コンピュータを設置した部屋には冷房装置がなく、毎日大きな氷柱を配達してもらって部屋の真ん中に立てて、全開の扇風機で吹きつけましたが、少しも涼しくならず、毎日酷暑の中で汗だくになりながら論理回路の接続検査を実施しました。

その論理回路の接続検査は二人ペアで実施し、一人が操作卓上の特別な 1ステップキー¹³ に指を当てて制御パルスを発射する構えとなり、他の一人は制御拠点に制御パルス検出プローブを当てて、制御パルスが到着したかどうかを観察する構えで待っています。操作卓の人が 1ステップキー を押した瞬間に「ハイ」と叫び、観察者はその瞬間に制御拠点にパルスが到達したことを確認すればこの制御拠点までの回路は合格という原始的検査でした。

この論理回路接続検査をその命令語に関連するすべての制御拠点について実施し、同様の検査をコンピュータの(関連派生語も含む)すべての命令語について行い、その結果によって論理回路動作の調整、配線ミスの探索と修正、さらには論理回路の修正や改良などを行いました。手書きで設計した論理回路には思いも及ばないミス(バグ)が潜んでおり、それらをすべて検出し退治(修正、回路変更)する作業は根気がいる時間がかかる作業でした。この過酷な作業状況はその後数か月にわたり続きました。

[10] 全ての「命令語」についてすべての動作条件ごとに動作させ、論理回路接続の良否を確認するテストは計算機動作検査の最重要作業でした。

9,600 個のパラメトロンを接続している複雑な情報配線網に分け入って論理回路接続検査を綿密に実行し、

¹²①交流電源装置の整流子を研磨、調整して電源の安定化を改善した。

②すべての論理素子パラメトロンの高周波電流(2M Hertz)を円滑に給電するため、給電線の性能改善を図る。

③パラメトロンを正常に励振させ、その励振位相を0または π に揃える。そのため全パラメトロンの位相を観察し、必要ならば進相コンデンサ(チタコン:チタン酸バリウムコンデンサ)を付加して位相を進める。位相同期させると給電線が同調状態となり、高周波発振器パワー不足が判明したので発振器再設計改良修理を実施した。

④パラメトロンの発振位相を検出し、論理回路の指定通りに位相変化することを確認する。この項目は論理回路の最終確認試験なので現地で設置後、すべてのパラメトロンについて実施した。

¹³このキーを押すと、コンピュータの制御部の命令レジスタで待機していた命令だけが解放され、関連するすべての制御拠点に制御パルスが送出され、各制御点は管轄する動作を起動した後に制御パルスは終着点に戻り動作完了となる。

誤配線、論理誤りなどを訂正し回路の改良も行いました。これは基本構想から細部設計まで独力で推し進めた私だけが実行できる綿密な作業で、それによって私が創造したコンピュータは確実に成長しました。そして 1958 年 11 月 21 日に東北大学と NEC はこのコンピュータの完成式典を行い、来賓の眼前でコンピュータの計算実演を見せました。完成披露式典に列席した大学や文部省の偉い方や NEC の幹部の前で立派に動作し、計算機の新しい可能性を示唆する結果であると好評でした。この時完成披露したコンピュータは東北大学名 SENAC-1(NEC 名 NEAC1102)と名づけられました。



図2 東北大学に納入したデジタル式電子計算機
「SENAC-1」(日電名 NEAC-1102) 1958 年 11 月

設計自動化システムの開発中止命令と 第二の天佑神助

[11]私が仙台で奮闘している間に、会社では今後はトランジスタを使った事務用計算機を開発し、科学技術用計算機の開発は SENAC で打ち切るという方針を決めました。科学技術用計算機によって設計自動化システムを実現する私の悲願は絶望的危機に遭遇しました。

1958 年 11 月 21 日に SENAC-1(NEAC1102)の完成を宣言しましたが、まだまだ論理回路や周辺機器は不完全な部分が多く、私は引き続いて仙台に滞在して完成へ最後の努力を続けました。私が会社を離れて仙台で懸命にコンピュータの最終調整に努力している間に、社内ではトランジスタ計算機の開発計画がすすめられ、パラメトロン素子は動作速度が遅い¹⁴ので、その製作は東北大学に納入して終了とし、科学技術用計算機としてはこれから開発するトランジスタ計算機を当てるので承知してくれとの話が伝えられました。

誰の援助もなく苦心惨憺して独自に設計した「設計自動化用計算機」の製作を開発者の見解も聞かないで中止するとの話は到底承服できません。このコンピュータは浮動小数点方式の科学技術用の計算機として世界に類を見ない優れた機能「複数演算部連動システム」によって 2 進数 80 桁(10 進数 24 桁に相当)までの精度で計算ができる恐るべき機能を備えたコンピュータ¹⁵でしたが、その真価を理解する人は社内には一

¹⁴独自設計のパラメトロン計算機は励振周波数 2 M Hertz、クロック周波数 50K Hertz 三相駆動 40 ビット並列構成なので、当時考えられていた一相駆動 1 ビット直列構成のトランジスタ計算機の論理クロック周波数に換算すれば、約 6M Hertz (50KHertz×3Phase×40bit) に相当し、当時の開発中のどんな計算機よりも高速であった。

¹⁵この機能により倍長演算で 2 進数 80 桁(10 進数 24 桁に相当)までの精度の計算が可能であった。さらに高速乗算、先回り制御、論理演算機能な

人も居なかったのです。私は暗澹たる気持ちで広瀬川の橋の上に立って涙ながらに夜空の月を仰ぎ見たことは今でも鮮明に覚えています。

1959年3月末に、残された最終調整作業を他の要員に引き継ぎ仙台から逃げるように玉川工場に飛んで帰り、直属の上司の事業部長に私の悲願である設計自動化用コンピュータの開発続行を懸命に直訴しました。しかし、会社としてはこれからの計算機事業は生まれたばかりのトランジスタによる事務計算用の市場が有望であるとの会社経営の立場から、科学技術用計算機の開発は中止する方針は変わらず、事務計算用計算機でも科学技術用計算も可能だろうという無理解の壁にぶつかり、科学技術用計算機を創造して科学と技術を直結する理想を目指して必死の努力をしてきた私としてはやりきれない焦慮に駆られました。

[12] そのとき神は我を見捨てず、再び奇跡のように天佑神助が天から降りてきました。

当時、理想の科学技術計算用コンピュータを求めて日本中で既存または開発中の各社の計算機を綿密に調査し比較検討していた防衛庁（現防衛省）技術研究所が、私が心血を注いで開発し東北大学に納入したコンピュータが最も優れた理想の科学技術用コンピュータであるとの結論に達し、NECに東北大学に納入したコンピュータの2号機を発注しました。NEC社内ですら認識されていなかったこのコンピュータの真価を見出して、敢えてNECに発注した防衛庁技術研究所の慧眼には今でも感謝しています。

会社は防衛庁技研の発注を受けてNEAC1102（SENAC-1）の後継機として強化改良機¹⁶を2台同時に製作し、NEAC1103と命名し1台を防衛庁に納入し、他の1台を回路自動設計専用機とし社内に設置することを決定し、**1960年正月**に社内の設計自動専用コンピュータとしてNEAC-1103が設置されました。これは防衛庁技研が公正に評価して他に比類ない科学技術コンピュータと太鼓判を押した製品で、1954年秋以来熱望し続けた私の夢がついに実現しました。その時私はこれにより世界最高の製品を設計することができる！と全身が震えるほど興奮しました。思い立ってから7年、20代の青春のすべてを捧げてようやく自動設計用電子計算機が実現しました。この瞬間(1960.1)こそ私にとって**CAD時代の幕開け**となりました。

[13] 濾波器グループ全員で設計の自動化のための基本ソフトウェア、各種アプリケーションソフトウェアの開発に努めました。

私の真の目標は計算機開発ではなく回路網の設計自動化なので、濾波器設計チーム全員は日常の設計業務に加えて、ソフトウェア環境¹⁷の拡充と各種の回路設計プログラムの作成に取り組み、1963年ころには私が研究開発した新しい設計理論はすべてこの計算機によって実際の設計に適用され、念願の設計自動化システムが完成しました¹⁸。1954年に命をかけても実現したいと決意した“計算機による自動設計”の夢は10年間の紆余曲折の苦難の過程を経てようやく実現しました。そしてソフトウェアシステムの開発、濾波

ど世界に類を見ない多彩な高級計算機能を備えた優れた計算機であったが、そのことは社内でも正しく理解されていなかった。

¹⁶ 東北大学に納入した計算機を改良強化し、内部記憶装置を磁気コアメモリーとして記憶容量を大幅に増やし、外部記憶装置として大型磁気ドラム、磁気テープ装置を装備し、高速ラインプリンタなど周辺機器を増強した。

¹⁷ アセンブラ言語、基本ソフトウェアの開発、設計自動化の応用プログラムの開発に全力を注いだ。

¹⁸ 設計自動化用コンピュータとして様々な設計問題を解決した。特に設計完了後に試作/テストの代わりにコンピュータで動作特性を算出して性能が要求規格を満たしていることを確認するプログラム(計算試作)は有益で重宝された。

器設計自動化システムの完成、設計の精密化、迅速化を達成し、計算試作(計算で動作特性を確認)など CAD の威力を享受し、知らずして世界に先駆けて CAD 時代を切り開いていました。

私は良い設計を目指して努力した結果、図らずも計算機を開発しましたが、真の目的はあくまでも良い設計の追求でした。良い設計のためには良い理論と良い道具が不可欠です。良い理論は学術的研究から得られるので、コンピュータ開発で苦闘中でも電気回路設計理論の研究は続け、研究論文を内外の学会誌に投稿し、国際学会で論文を発表し、世界の多くの優秀な研究者と交わり親交を深めました。



図3 濾波器設計用計算機「NEAC-1103」1960 年
(防衛庁技術研究所納入と同時に製作)

終わりに

回路の CAD 研究開発に対して

“IEEE Gustav Robert Kirchhoff Award を受賞

[14] CAD は科学(理論)と技術(設計)を結ぶ重要な絆として新しい時代発展の原動力となりました。これからは、人工知能 (AI)、大量データ科学さらには物理学、化学、生物学、医学、社会科学などあらゆる分野で学問の新しい潮流を産み出す原動力となって行くでしょう。

計算機の能力の進歩に伴って“CAD”は電気回路部門だけでなく計算機の進歩とともに様々な学問分野で設計の概念を超えて計算物理、計算化学、さらには経済学、社会学などあらゆる分野で CAD 概念が広がりました。21 世紀では AI(人工知能)を起爆材としてさらに新しい潮流が産み出されることでしょう。

2010 年春に私は図らずも世界的に有名な学会 IEEE から濾波器設計理論と回路の CAD の先駆的研究に対して“IEEE Gustav Robert Kirchhoff Award を受賞しました。これは世界的権威ある賞で、日本人としては最初の受賞者となりました。これは回路網理論を研究して濾波器設計理論を確立し、理論の成果を実際の設計に適用するため世界に類を見ない独特なコンピュータを開発して、CAD 時代を切り開いたことに与えられたものでした。賞状と Citation には私の意欲と仕事が明確に記載され、いままで社内では非公認開発者、国内でも製造会社の一技術協力者と見なされ、公式には計算機開発者として認められていなかった私の仕事が世界レベルで正しく評価され嬉しく感じました。

IEEE Gustav Robert Kirchhoff Award の 賞状および記念メダル



2010 IEEE Gustav Robert Kirchhoff Award “For pioneering contributions to filter design theory and computer-aided circuit design”

2010 IEEE GUSTAV ROBERT KIRCHHOFF AWARD

Sponsored by the IEEE Circuits and Systems Society

HITOSHI WATANABE

Hitoshi Watanabe's vision and determination established circuit design methods that led to the era of computer-aided design, an indispensable tool for developing complex electronic circuits. Faced with the task of designing electrical wave filters for Japan's telecommunications infrastructure after World War II, Dr. Watanabe found that existing filter design methods were not feasible for creating the wide range of filters needed for a modern system. He developed a new mathematical theory that allowed any filter design to be uniformly captured, but it required an enormous amount of numerical calculations. During the 1950s these were performed by motor-driven calculators, so he set out to design a computer to automate the task, and his basic computer design was adopted by NEC. This computer was able to execute double-precision floating-point operations via built-in dual arithmetic units, which was highly innovative at the time. An IEEE Life Fellow, Dr. Watanabe is currently a Professor Emeritus in the Department of Information Systems Science at Soka University, Tokyo, Japan.

(仮訳) ヒトシ・ワタナベの先見力と決意がコンピューターによる回路デザイン (CAD) の時代を導き、今やそれが複雑な電子回路を開発する上で必須の道具となった。渡部博士は、二次大戦後に日本の電信電話の近代化のための濾波器設計の任務に当たっていて、既存の濾波器設計方法では新時代の通信システムが必要とする広範囲にわたる濾波器を製作することが出来ないことを知った。彼は新しい数学理論を打ち立てて、それがどのような濾波器の設計にも一様に使えるようになったが、その方法は膨大な数値計算を実行しなければならないものであった。1950年代にはこのような計算にはモーター駆動の計算機を用いていたので、彼はこれを自動化するためのコンピューター設計を開始して、コンピューターを製作することに没頭した。そのコンピューターは倍精度浮動小数点計算が行える演算装置を二重に備えた当時としては革新的な計算機であった。IEEE 終身フェロー会員である渡部博士は現在日本・東京にある創価大学理工学部の名誉教授である。