



戸田 巖氏

1934年2月1日生まれ
 1958年 東京大学大学院修士課程修了
 1958年 日本電信電話公社入社
 1964年 カリフォルニア大学, イリノイ大学で研究・教育に従事
 1985年 日本電信電話公社理事 情報通信処理研究所長
 1988年 日本電信電話(株) 常務取締役 研究開発技術本部長
 1992年 富士通(株) 常務取締役
 1994年 同社ネットワーク開発本部長
 1997年 (株)富士通研究所フェロー
 1997年 情報処理学会会長

受賞・荣誉等：

1990年 IEEE fellow
 1991年 科学技術庁 長官賞
 1996年 人工知能学会 功労賞
 1997年 紫綬褒章
 2000年 情報処理学会 功績賞
 2001年 情報処理学会 名誉会員
 2001年 大川出版賞
 2003年 電子情報通信学会 功績賞
 2004年 電子情報通信学会 名誉員
 2011年 瑞宝小綬章

今回は、電電公社電気通信研究所においてパラメトロン計算機 M-1 の研究に従事され、その後、NTT のデータ通信サービス用のコンピュータ DIPS の研究開発を指揮された戸田巖氏にお話を伺った。

オーラルヒストリー 戸田 巖氏インタビュー[†]

インタビューア (五十音順)

浦城恒雄¹ 発田 弘² 前島正裕³
 松永俊雄¹ 山田昭彦⁴

[†] 日時：2007年10月19日

場所：学士会館

生い立ち

戸田巖氏は、1934年2月1日に福島市に生まれた。国民学校2年の時に奈良市に移り、小学校、中学校、高等学校の時代は奈良で過ごした。東大に入ってから高校では教えてくれなかった線形代数などが面白いので数学をやろうかとも思ったが自信が持てないので工学部へ行った。

東大では尾佐竹徇先生の通信システムの講義に興味を持ったので先生のところに残ってもう少し勉強しようと思った。当時、尾佐竹先生は電子交換の研究と周波数変調 (FM) の研究と両方やっていた、戸田氏はFMをやることになりマイクロ波の実験をやったが不器用で実験には向かないことが分かった。

電気通信研究所とパラメトロン計算機 MUSASINO-1

1958年に東京大学大学院修士課程電気工学専攻を修了後、日本

¹東京工科大学 ²沖コンサルティングソリューションズ ³国立科学博物館 ⁴コンピュータシステム&メディア研究所

電信電話公社^{☆1}へ入社した。

「電電公社では、4月1日に入社して3カ月は、電柱に登るなどの現場実習ですね。7月に電気通信研究所に配属されて、真っ先に喜安善市研究室長のところに挨拶に行きました。



喜安善市氏

学生時代に白色雑音の電力スペクトルがガウス分布になるという喜安さんの美しい研究成果に感激しました。また1953年からコンピュータや電子交換の研究を手掛けられた先見力のあるすごい研究者だと尊敬していました。それでぜひ喜安さんのところでコンピュータの研究をやりたいと思ったわけです。喜安さんの研究室のコンピュータグループは室賀三郎さんがヘッドで、その下に高島堅助さん、山本欣子さんらがおられました。

次に室賀三郎さんのところへ行きました。そうしたらパラメトロン計算機 MUSASINO-1号 (M-1) のガリ版のマニュアルを渡され「プログラムを書け」というわけです。実はプログラムなんか書いたことがなかったから、山本さんに機械語のプログラミングを一から教えてもらいました」

その後戸田氏はM-1のライブラリ作りを行った。これはイリノイ大学のILLIAC Iのライブラリを翻訳する仕事だった。M-1はイリノイ大学のILLIAC Iのアーキテクチャを採用して作られていたが、M-1とILLIAC Iは命令語がほんの少し違うため、いちいちチェックしなければならなかった。約1年かけてグループ全員で翻訳し戸田氏が所内資料「M-1ライブラリ」として取りまとめた。

それと並行してM-1用のCRTと磁気テープコントロールを設計した。製図台の上で丸と線を書いて

^{☆1} 日本電信電話公社は1985年に民営化され日本電信電話株式会社となった。本資料では前者を電電公社、後者をNTTと表記する。さらに電電公社とNTT双方にまたがる活動はNTTの活動と表記する。

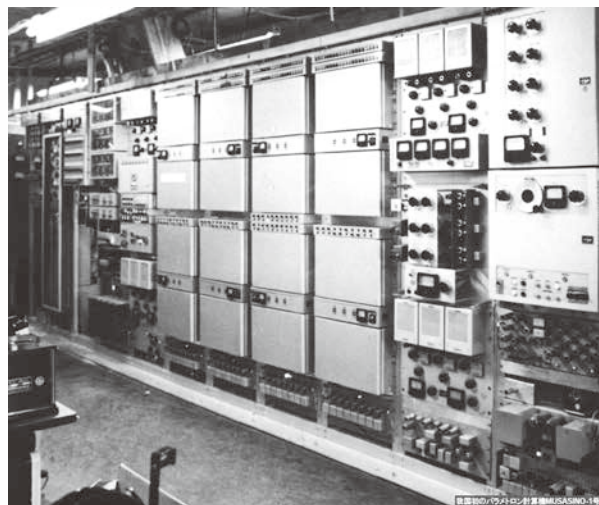


図-1 初のパラメトロン計算機 MUSASINO-1

出典)『DIPS 研究実用化の歩み—改訂版—』(2002)

パラメトロン装置の論理設計をした。あまり丸ばかり書いているのはつまらないので、戸田氏はスレッシュヨルド(閾値)ロジックの研究を始めた。すでに室賀氏がパラメトロンのモデルとして、スレッシュヨルドロジック—当時は多数決論理と言っていた—を提案していた。その理論を多少拡張した論文“多数決素子の理論”を書いて室賀氏と共著で電気通信学会に投稿した。

現在武蔵野のNTT技術史料館にM-1を展示してあるのは、最初に作られた手作りのM-1ではなく、その後所内の計算処理用に富士通に製造を委託したM-1Bの一部で、最初のM-1は残っていない。

電話料金計算用計算装置 CM-100 の設計

電気通信研究所(当時、以降通研と略す)はパラメトロンで料金計算用の計算装置(CAMA^{☆2})を開発していた。電信部門が担当していたが開発が難航し、1961年になってトランジスタでCAMA用コンピュータ(CM-100)を作ろうということになった。

「小島哲研究所長のところに、岸上利秋さん、高

^{☆2} Centralized Automatic Message Accounting

島さん、加藤満左夫さんと私が呼ばれて、「通研の興廃この一戦にあるから頑張れ！」と言われたので、CM-100の設計をやることになったんです。論理にNECのダイナミックフリップフロップ回路、メインメモリはコアメモリ、プログラム用ROMにメタルカードを使用して設計しました。私はシステム設計、CPUの制御部の論理設計を担当し、NECの玉川事業所に3カ月通って論理設計をやりました。

普通のコンピュータでは面白くないので、当時はまだ普及していなかった3段のパイプラインをとり入れたいと提案しました。リスクが大きすぎると却下されるだろうと予想していたら岸上さんは即座にOKと言ってくれたので驚きました。ロジックが複雑になるので、製造に入る前にNECのNEAC-2203を使って論理シミュレーションを行うことにしました」

設計は1962年ぐらいで終わり、1964年にCM-100は稼働したが、電話の料金決済の方法が変わって実用には使われなかった。ただ、そこで開発した先行制御や論理シミュレーションなどの技術は、後ほど電子交換開発に活用された。

PL/1 コンパイラの開発

1964年に電子交換のグループができて岸上氏、高島氏、山田正計氏などCM-100グループの大部分が電子交換へ移った。戸田氏はたまたま米国に行くことになっていたので、電子交換に移らずに1964年から1965年にかけて1年間、米国カリフォルニア大学バークレイ校およびイリノイ大学で研究・教育に従事した。戸田氏はコンピュータ技術について、米国と日本との大きな格差を感じて帰国した。

「カリフォルニア大学留学中、これから大事なのはプログラミング言語の研究だと気づいたので、帰国後最先端のコンパイラの研究をやってみよう

思ったんです。当時IBMがやっていたEPL^{☆3}(後のPL/I)の仕様をもらってきてコンパイラを開発しようと考えました」

そのころ戸田氏は池野信一氏の第一研究室に所属していたがコンパイラに従事できる室員は1人しかいなかった。そこで高島氏のところから十数人応援してもらい、15人ほどで開発を始めた。ポインターなどFORTRANにない概念を理解するのにずいぶん時間がかかったことが記憶に残っているとのこと。戸田氏はデータ通信の研究計画をつくるためにPL/1のプロジェクトを途中で新井克彦氏に引き継いだ。

戸田氏はPL/1プロジェクトを通じて大規模ソフト開発の技術的およびマネジメント的な難しさを痛感した。

なお新井、山田両氏は後述のDIPS-1開発でそれぞれソフト、ハードの中核として活躍することになる。

データ通信分野への進出とDIPSの開発

「データ通信(オンラインコンピュータ処理)サービスは、北原安定さんが電電公社の第3のサービスとしてはじめると言い出して、1968年には商用のサービスが始まったのです。



北原安定氏

電電公社の電信電話収入を見ると、人口に比例して伸びていたが、人口は10年くらいで飽和するので、その後は電信電話だけでは電電公社の成長は望めないというのが北原さんの理論だったのです。実際に1979年には電話が充足しました。北原さんは1965年くらいに10年から15年先を見通していたこととなります。AT&Tベル研究所のほうは、そのような動き

☆3 Early Programming Language.

にはならなかったですね。

当時、事業として他人相互の通信を媒介できるのは、国内では電電公社しかなかった。全国地方銀行協会のような異なる企業間の通信は法律的に許されなかったため電電公社がやるよりしようがなかったのです。

電電公社のデータ通信サービス進出に伴い、通研でもデータ通信研究を本格化することになりました。電子交換とは別に関口良雅さん、高島さんの下に私などが集まって、データ通信の研究をすることになりました。1967年の夏にDIPS^{☆4}計画を立案しました。最初DIPSは電電公社のデータ通信用のコンピュータの開発ということで立案したのですが、途中で国産技術育成という役割も担えということになり、研究費も増額されました。電電公社の米沢滋総裁も、電電公社が産業のため技術開発を先導するという「技術先導」を経営理念に掲げていたからそれともマッチして、DIPSは社内用と国産技術の育成というデュアルパーパスになったわけです。

1968年には、電電公社データ通信サービスに使用する大型計算機DIPS-1の開発を開始しました。DIPS-1は大規模メモリ、マルチプロセッサ、ページング、キャッシュ等の新技術を採用して、当時の世界最高速を狙った野心的な計算機で、国産計算機技術育成の観点から日本電気、日立、富士通の3社と共同で開発しました。ハードウェアのアーキテクチャは各社共通とし、ハードウェア自体は各社個別設計、オペレーティングシステムソフトは一式を各社が分担して開発する枠組みにしたのです

DIPS-1の前に電子交換の共同研究が開始されていた。電子交換機は日本電気、日立、富士通、沖、電電公社の共同開発で進められた。電子交換の場

☆4 Dendenkosha Information Processing System.

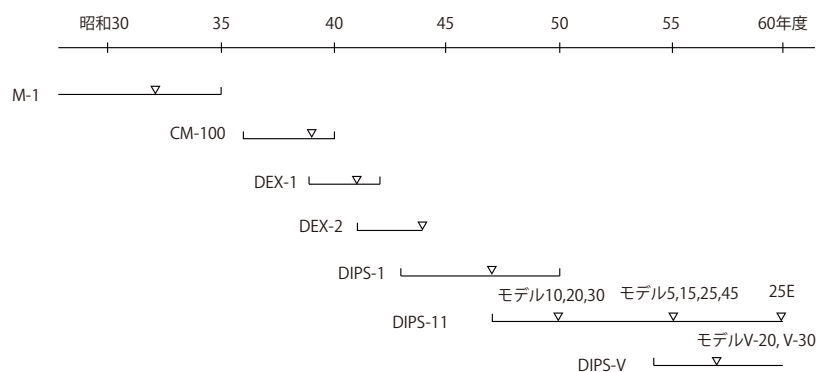


図-2 通研の計算機開発の歴史

出典) 戸田 巖：データ通信技術の開発，NTT 実用化研究報告，35，9(1986)。



図-3 DIPS-1

出典) 『DIPS 研究実用化の歩み—改訂版—』(2002)

合には、ハードウェア仕様書を電電公社が書いて、4社がそれぞれ同じハードウェアをつくるという形態だった。DIPSでは電電公社の実力を考えハードについてはアーキテクチャの統一にとどめることにした。DIPS-1ではメーカー各社にデバッグマシンの試作を依頼したことなどで開発費は300億円近くになった。

「DIPS-1は、オンライン用として性能向上に工夫を凝らした独自のアーキテクチャを採用しています。また国産技術の育成のため、ICメモリなど最新のハードウェア技術を積極的に取り入れました。DIPS-1の商用1号機は、1973年に東京の芝電話局で科学技術計算サービス(DEMOS-E)提供に使用されました。DIPS-1は、その後LSI技術の進歩を

取り入れて DIPS-11 シリーズとして複数機種に展開しました。その際各メーカーが 1 機種ずつ担当するようにして各社あたりの出荷台数の増大を図りました」

DIPS 計画は当初デュアルパーパスだったが、メーカーのコンピュータ技術の向上に伴い国産技術育成の旗頭は影が薄くなった。その結果 DIPS は NTT 社内で多数使用された。

さらに各メーカーの民需用コンピュータ生産額が増えるに従い DIPS と民需機双方の開発を行うのが困難になった。ハードについては DIPS と民需機を共通プラットフォーム上に実現する技術が開発された。DIPS ソフト要員の確保は戸田氏の頭痛のタネだった。

その後 DIPS 開発は 1992 年まで続けられ、これに従事した各社の技術者は総数 5 万人といわれる。DIPS 開発の経験を活かして各社のコンピュータビジネスの指導者となった人が多い。

「DIPS は、IBM やバロースなどいろいろなコンピュータの影響も受けたとは思いますが、IBM コンパティブルにするという方針をとらずに、できるかぎり独自に技術的に最適なアーキテクチャを設計するという方針をとりました。各社にそれぞれ自分の頭で考えた提案を出してもらい、技術的に優劣がつけば良い方に決めた。自由に発想できて、さらにお互いに切磋琢磨したため、技術的に優れた結果が得られただけでなく、技術者としては達成感のもてる非常におもしろいプロジェクトであったと思いますね」

DIPS のソフトウェア開発

ソフトウェアは多数の技術者の共同設計であるため、戸田氏は品質管理 (QA) の思想を取り入れて、ソフトウェア工学の手法を積極的に採用した。



図-4 DIPS-11/30

出典『DIPS 研究実用化の歩み—改訂版—』(2002)

「当初の計画では 200 人ぐらいの開発者が必要になったのです。通研でも電子交換の技術者の応援を得たが、それでも 20 ~ 30 人しかおらず、そのうちコンピュータが分かっているのはごく少数だった。各社 50 人ずつ用意してもらおう要請をしたが、各社も自分のところの仕事で手一杯で、参加したのはほとんど新卒だった。したがって素人を使って大きなソフトをどうつくるかというのが課題で、そのためにはまず帳票、ドキュメント、図面等の様式、ソフトを作成する作業手順および開発ツールを統一するということが結論だったわけです。最初に素人にエキスパートの作業手順を教えるため、また共同研究各社でバラバラだったソフト作成手順を統一するためのマニュアルを整備しました」

ソフトウェア開発プロセスをいくつかの工程に分割し、各工程でどういうドキュメント、図面、ソフト等の生産物をつくるかを決めて、各工程の終わりには必ずその工程の生産物をレビューした。

戸田氏は日立製作所のハードウェア工場の検査部隊をまねて、ソフトの検査部隊をつくった。品質の良いソフトをつくれれば生産性も上がると考えて、ハードウェア製造で採用されていた品質保証の活動を、できるだけソフトにも取り入れようと試みた。

「設計の初期工程ではドキュメントしか出てこないから、そのドキュメントを検査しました。各工程

に品質をつくり込むというのが QA の考えです。今までは最終のテスト工程でバグを一度に出したが、できるだけ上流でとろうという考えです。これはドキュメントを重視するという考え方です。きちんとドキュメントをつくらないと、たくさんの人で一つのプログラムはできないというのは明らかです」

もうひとつ一生懸命やったのは、メンバ間の情報の共有と正確迅速なコミュニケーションで、当時は電子メールがなかったから、連絡票やバグ票というのを作った。企業文化の違う 4 社からの多数の参加者の間に誤解が生じないようにするという目的で取り入れた。

DIPS 開発の初期は、どうやってソフトをつくるか (how) というソフトウェアエンジニアリング的な配慮が多く、1970 年代からはどういうソフトをつくるか (what) という議論が中心になった。徐々にアプリケーションがはっきりしてきたから、リアルタイム動作が高速になるようにチューンアップした。他社を凌駕した高性能の OS に仕上がったのが 1970 年代後半だった。

「あと、ネットワークアーキテクチャ DCNA (Data Communication Network Architecture) ですね。IBM の SNA の発表を聞いてこれはやられたと思った。当然電電公社がやらなければいけない仕事だと思ったから、電電公社の中で予算を確保し共同研究を始めた。最初の SNA は、マスタ／スレーブの通信モデルだったけれど、DCNA は Peer to Peer モデルを採用したことで、それから、レベル 7 のプロトコルを一部標準化したことが特徴ですが、基本的には SNA に触発された。ISO の標準化とネットワークアーキテクチャという概念を普及した点では役に立ったと思っています」

1980 年代後半から DIPS の幕引きのため、ソフトランディングをどうするかということが検討され

た。NTT が DIPS 上で開発したアプリケーション資産をどうやって各社民需機に引き継ぐかが問題だった。

DIPS の幕引きには、10 年程度かけるのが NTT 内の混乱を防ぐミソだと戸田氏は考えていたので、その案を 1992 年に常務会に提案し承認を得た。実際の引継ぎには 10 年 3 カ月ぐらいかかった。

戸田氏は 1988 年に NTT 常務取締役 研究開発技術本部長に就任し、NTT 研究開発全般の指導に当たった。

これからの研究開発

「DIPS は、NTT の中で使うコンピュータを開発したということ、共同研究を通じて NTT だけではなく各社のオンライン関連の技術力向上に貢献したこと、技術者を多数育成したことが成果だといえます。

DIPS 以降は、そういう大きなプロジェクトで、ビジネスにも役立ち、技術も育ち、人も育つというようなものはほとんど見当たりません。現在は各社利害が一致する目標がなくなったからといえるでしょう。

DIPS はある意味で時代がよかったですね。1960 年代後半から 1980 年代には、PCM 等のデジタル通信技術、光伝送技術、IC、LSI の半導体技術が急速に進歩しました。いわば新技術ラッシュの時代だった。技術開発を速くやればそれなりのリターンが期待できる時代だから、みんな一生懸命技術開発競争に熱中した。今は、情報処理技術がかなり成熟し革新的な技術は出にくくなっていますね。

DIPS 開発では電電公社が新技術のアーリー・アダプターという役割を果たす方針を、私は意識的に採用しました。DIPS-1 でいえば、ページングやキャッシュなどの技術をオンラインに使うということは、誰かがやってみないとリスクが大きくて一般の商用には使えない。電電公社がリスクをとって実証し産業界がフォローするという考え方です。さ

らに典型的なのは、1970年代後半に入ってから
のLSIメモリの採用です。電電公社、日本電気、日立、
富士通のLSI共同研究の成果である64KB、256KB、
1MBのLSIがそれぞれ開発完了したときに真っ先
にDIPSに採用しました。

PL/Iをやった経験にもとづいて、OSはすべて
高級言語SYSLで書くという決断もその一つです。
SYSLはPL/Iよりもっと簡単化しているので、アセ
ンブラに比べて性能が5%ぐらい悪くなったが、生
産性は各段に向上しました。

プロセッサも日本で最初にワンチップのVLSI
プロセッサを計画しました、I/Oなどその他全部含め
てワンチップにならないか検討してもらった結果、
3チップぐらいになったのです。

現在はアーリー・アダプターの役割を意識的に担
う人がなくなっていますね。電電公社がアーリー・
アダプターの役割を果たせたのは、電電公社が独占
企業だったからできたという面もありますが」

電電公社がなくなり、独占企業体がなくなったと
いうのは技術開発という点では非常に大きな損失と
いわれる。独占企業では開発が成功すれば必ず事業
に導入されるが、競争のある民間企業の場合には開
発が技術的に成功しても、市場で受け入れられなけ
ればだめである。したがって、製品開発のリスクは
技術開発のリスクと市場のリスクの足し算になる。
市場のリスクがより少ない電電公社はより大きな技
術開発のリスクを引き受けられる。

「独占で保護されていたとはいえ電電公社もベル
研究所も自分の責任で技術開発に大金を投資しまし
た。自己責任で金を使うという体制は死に物狂いにな
るという意味で新技术開発にはきわめて有効と思
います。残念ながら独占がなくなってベル研究所は
凋落してしまった。

民営化にともないNTTの研究関係の役割という
のは大分変わっています。以前電電公社の研究所で

はメーカとオーバーラップした“ものづくり”の研
究もやったが、私はNTTではこの種の研究はやる
などと言ってきました。情報技術が成熟してきたので
研究開発自身難しくなっています。今後技術の
応用が主要課題になるでしょう。

アメリカでは政府、企業のほかに多数のベンチャ
ーキャピタルとかエンジェルキャピタルが資金を出
して開発のリスクをとっています。資金の出し手の
考え方が非常に多様化されているのが特徴です。日
本の場合は資金の出し手の数が少なくその考え方も
均質なのが問題でしょう。今後大胆な体制の転換が
必要なのではないのでしょうか。

日本発のアーキテクチャやソフトの中で世界でも
広く使われているものは非常に少ない。もちろん
Ruby等の例外はあるが、これは日本には歴史的に
大フィロソファァが誕生しなかったということと関
係あると思う。フィロソファァというのは、宇宙万
物をできるだけ単純な原則で説明しようという人種
です。

全体を大きく見る見方は日本人が不得意なのでし
ょう。

日本のコンピュータ各社がIBMコンパティブル
の方針をとったのはビジネス的には大成功だった。
しかし技術者が一番上位のアーキテクチャを自分の
頭で考えなくなったという意味では、大きな損失だ
ったと思う。コンパティブル戦略は10年ぐらいで
やめればよかったが、20年もやったのは長すぎた。
これが現在の日本の情報処理技術の低迷、情報処理
産業低迷の原因の一つであると思います」

通信の分野ではアーキテクトはNTTだった。各
社はNTTに言われたアーキテクチャでつくったの
で、各社にはアーキテクトは育っていない。

その結果各社には、コンピュータでも通信でもシ
ステム全体を見るアーキテクトが育っていない。サ
ブシステムのアーキテクトは各社にいるが、システ
ム全体のアーキテクトがいないことが大問題である。



戸田 巖氏を囲んで。左から発田弘，浦城恒雄，前島正裕，山田昭彦，松永俊雄

その育成がこれからの課題で、育てるのに何十年もかかるだろう。9年前に、戸田氏は日本工学アカデミーでアーキテクト育成について、いろいろな人の意見を聞いて報告書を作成し公表した。

企業に移って

戸田氏は1992年に富士通（株）に移り、常務取締役ネットワーク開発本部長に就任した。

NTT時代は電話からOSIまでの技術にかかわったが、富士通ではルーター等のインターネット関連機器の開発を担当した。インターネットの黎明期で非常に面白かったとのことである。1997年に富士通フェローに就任し、エレクトロニックコマースやQoS等のインターネット関連の研究を行った。

「今までお話ししたいろいろな仕事はNTTおよび関連メーカーの皆さんのアイデアと尽力によって出来上がったものです。個々にお名前を挙げることはできませんでしたがご指導，ご協力賜ったすべての皆さんに厚くお礼申し上げます」

(編集部注) このインタビューは死後発表を条件に

12年前の2007年10月に行われた。しかし学会創立60周年記念にオーラルヒストリーをまとめて刊行することになったので戸田氏の加筆を得て今回掲載するものである。

(加筆：戸田巖氏，編集担当：山田昭彦)

(2019年4月30日受付)

◆インタビュー紹介（五十音順）

浦城恒雄（正会員）u_tsuneo@yahoo.co.jp

1959年東京大学理学部物理学科卒業。1991年日立製作所研究開発推進本部長。1995年同所技師長。1999年東京工科大学教授。2007年同大名誉教授。本会フェロー。

発田 弘（名誉会員）hatta746@oki.com

1963年東京大学工学部電子工学科卒業。同年日本電気（株）入社。2002年同社退社。同年沖電気工業（株）入社。歴史特別委員会委員長。本会フェロー。

前島正裕（正会員）maejima@kahaku.go.jp

1986年東京農工大学工学部電気工学科卒業。1988年同大学院工学研究科修士課程修了。同年、国立科学博物館に任官。2002年国立科学博物館理工学研究部 主任研究官。2007年同研究主幹。歴史特別委員会委員。

松永俊雄（正会員）matsu@stf.teu.ac.jp

1965年東北大学工学部通信工学科卒業。同年電電公社入社。1993年NTTを退職、同年東京工科大学教授。2001年同大工学部長、2007年同大大学院研究科長、2009年同大名誉教授。歴史特別委員会委員。博士（工学）東北大学。

山田昭彦（名誉会員）yamadaacshc@gmail.com

1959年大阪大学工学部通信工学科卒業。日本電気、都立大工学部、国立科学博物館、東京電機大理工学部を経て、現在、コンピュータシステム&メディア研究所。元歴史特別委員会委員。本会フェロー。