情報通信技術のキーデバイスに発展した電子映像表示

～高柳健次郎によるテレビジョン開拓期の初の「イ」の字のブラウン管電子映像表示とその影響～

名誉会員 末松 安晴[†]

キーワード：テレビジョン、電子映像表示、電子表示、電気式テレビジョン、ブラウン管表示、情報通信技術

1. ま え が き

テレビジョン、そして、光エレクトロニクスは、ブラウン管を用いた電子表示技術が開拓されたことにより始まる。テレビジョンは一人の人間によって開拓されたものではなくて、大勢の先人の挑戦による成果である。ここでは、高柳健次郎の研究に焦点を当てた。この高柳が1926年12月に、ブラウン管上に「イ」の字を電気映像として初めて表示したことは、テレビジョン開拓の初期に大きな貢献を果たしたと言える。高柳健次郎やフランスワース、ツボルキンなどによる撮像管および電子映像表示の開拓がなされてテレビジョン技術が発展し、テレビ放送が始められた。その後、電子デバイスや表示デバイスの固体化が情報通信技術の顕著な発達をもたらした。そこでは、電子表示装置が人と機械との間の対話装置に発展した。こうして、人と機械との対話に使われるようになった電子表示は、情報通信ネットワーク時代のキー技術として極めて重要な役割を果たし、今後にも大きな発展の可能性をはらんでいる。

2. 電子映像表示(テレビジョン)の誕生

20世紀初期の頃、世界には、映像を遠方に送るテレビジョンのようなものがあればよいと多くの識者が夢見た。しかし、その実現には、その基礎となる電子通信技術の発達や、経済環境の進展、取り分け、その実現を目指して、あらゆる困難を克服して挑戦した不屈の人々が必要であった。テレビジョンの誕生までには、それに先立つ一連の優れた発明発見があった。代表的にその幾つかを述べたい。まず、古代の狼煙(のろし)や、飛脚、手旗信号等に代わって、高速で正確に情報を伝える電気通信技術が誕生し、発展した。電子部品が皆無であった初期の時代にあって、モールス電信機(1835年)は、電気スイッチを信号変調器とし、

電磁石を受信機にした単純なシステムで実用化され、最近まで150年間以上にわたって広く使われた。写真電送の原型は、画面を多くの升目に分けて、各升目の信号を順番に走査して送る方法であり、現在に引き継がれている(アレクサンダー・ベーン(1843年))。ついで、アレキサンダー・グラハム・ベルは1876年に、電話機を発明し、ボストンで22km間の実演を行って、有線の電気通信技術を確認なものにした。話は前後するが、マクスウェルは、電波の存在を予言し(1873年)、ヘルツが電波を発見し、アンテナを発明した(1888年)。マルコニーは、1895年に、この電波で信号を送る無線通信機を発明し、当時の輸送の主力であった船舶と陸地との間で通信ができることを実証し、その後の無線放送や携帯電話の基を拓いた。

エジソンは、真空の白熱電球の中で、加熱物体から電子が飛び出す、エジソン効果を発見し(1878年)、1897年には、陰極線を電気信号で制御して蛍光スポット像を発生するブラウン管が誕生した(1897年)。しかし、1904年、ドウ・フォレによる三極真空管が出現して、高速の電気信号が増幅できるようになるまでは、電子映像表示の可能性を示すには至らなかった。

それに先立って、光を当てると電子が飛び出す光電放射効果(ヘルツ(1887年))や電気抵抗が変わる光電気抵抗効果が発見された(レナード(1902年))。さらに、1905年にアインシュタインは、光量子仮説を明らかにし、これらの諸発見は、光エレクトロニクス開拓の糸口となった。

テレビジョンの開拓は一人の人間または一グループが成し遂げたものではない。初期のテレビジョン研究は、機械式テレビジョン(Jhon L. Baird(1925年))が研究開発され、英国では試験放送が行われた。

映像表示のブラウン管と撮像管を用いる電子式テレビジョンへの挑戦は、Filo T. FransworthやWestinghouse Elect.and Manufact. Co.(V.K.Zworykin(1924～1925年))の研究など、多くの研究機関で研究が行われ、1925年頃から多くの重要な特許出願がなされた¹⁾。

さて、ここでは、誰が最初に達成したかの歴史的な評価を示すものではなくて、先に述べたように、財団の記念講演として、高柳健次郎の仕事を中心に述べるものである。高柳は、東京高等工業学校卒業の際(1921年)、中村幸之助校長から10年～20年先の研究をせよと激励され、浜松高等

* この原稿は、高柳記念電子科学技術振興財団、2005年1月20日の20周年記念講演として、高柳健次郎の偉業を振り返りながら行われた、「世界を変えるテレビジョン～情報ネットワーク世界と人との対話のキー技術・電子表示装置を通して～」の要約である。

[†] 国立情報学研究所

"Electronic Image Display Developed as Key Device for Information Technology; First Braun-Tube-Display of Katakana "I" by Kenjiro Takayanagi in Early Day of Television Development and Its Effects" by Yasuharu Suematsu (Advisor, National Institute of Informatics, Tokyo)

図1 世界初のブラウン管による安定した「イ」の字表示の復元装置

工業学校に助教授として赴任し、遠い先の夢であったテレビジョン技術の開拓に取組んだ。高柳は機械式では将来、精細な画像は作れないと判断して、電子映像表示式のテレビジョンの開拓に挑戦した。苦勞した研究の末、1926年12月に試作したブラウン管の蛍光画面上に電気映像の「イ」の字を世界で初めて表示することに成功したと述べている¹⁾²⁾ (図1)。この電気映像信号は、強烈な光を当てても焼けない雲母板に書かれた「イ」の字をニポーの円盤で走査して電気信号として取り込んだものであった。電気映像をブラウン管の蛍光面で表示した高柳は、これを無線遠視法と呼んだ (図2)。高柳は「…装置を改良して実験したところ、今度はいっぺんに、安定した受像に成功した。それは1926年の末に近い12月25日のことであった。…私は暗室を飛び出し、助手や先生方を大声で呼んで、見てもらった。…ここに世界最初の電子式テレビが誕生したのである」²⁾。当時の実験に用いたブラウン管はこの実験のために東芝に依頼して試作した電圧制御型で、同期方式や電気映像のための高い周波数の信号増幅に苦勞し、負荷抵抗を下げ、カソードフォロワーを使うなどの工夫を行って解決している。こうして、全電子式テレビジョン表示ができあがって行った。

上記の実験は、アブラムソンの「テレビの歴史」に取り上げられている¹⁾。また、この本には、多くの挑戦者が悪戦苦闘している様子を伝えているが、その中で、1926年11月には、ベル研究所 (BTL) のグレー (Frank Gray) 達もブラウン管表示を狙った実験を行っているが、画像が不十分で、1927年に至って初めて、ブラウン管映像のデモンストレーションが行われたと述べられている¹⁾。この頃には、多くの先覚者達がテレビジョンの実現に向けて挑戦を始めた、始めようとしていたようである。また、映像の質についてもさまざまな評価がなされている。上記の高柳健次郎の研究に関して、高柳自身の記述にも時期的には差異があるが、初期の研究にはありがちなことであり^{2)~5)}、確定された資料の記述にしたがって紹介した。米国の雑誌TIMEは、20世紀の偉大な研究業績をあげた100名を選んでいる⁶⁾。その中で、テレビジョンの発明者として、1827年に出した

図2 高柳健次郎の写真

特許で、RCAのツボルキン (撮像管のアイコノスコープの発明 (1933年)) と争って勝ったフィロ・フランスワースの名前を挙げている。これらの研究と比べて、1926年にすでに安定な電気映像表示に成功していた高柳健次郎の功績は誠に大きい。その後の高柳は、特許出願にも興味を持ち、真空管型の撮像装置の特許 (1927年) を出しており、この特許のために、ツボルキンの特許 (1930年) は日本では不成立になった⁷⁾。

さて、後年の1930年、浜松に行幸された昭和天皇に、当地でしか見られないものとしてテレビの実験をご覧に入れる天覧と相成った。しかし、天覧のご説明は、教授でなければならないとの規則があったので、浜松高等工業学校は高柳を急遽、助教授から教授に昇進させて天覧の大任を果たさせた。科学技術研究の推進に当たる研究者にとって、誠に名誉なことであつたろう。

1933年に、テレビジョン同好会が設立され、高柳健次郎が委員長となった。この同好会は、その2年後、テレビジョン学会に発展し、さらに、現在の映像情報メディア学会に改名された。テレビジョン同好会が設立された年には、RCAによるテレビの試験放送が始まっている。翌年、渡米した高柳はツボルキンの手広い研究開発手法から刺激を受け、必要な物は、浜松高等工業学校の研究室ですべて作り上げる環境を構築した。戦後、高柳のお弟子さん達はその地にベンチャーを立ち上げ、「浜松テレビ」は、現在の「浜松ホトニクス」に発展していると聞く。高柳は1937年、NHKの要請を受けて、浜松高等工業学校とNHK放送技術研究所とを兼任してテレビの開発に専念した。これらは産官学連携の成功例であり、ベンチャー創成の実例でもある。

1940年、NHKはテレビの受像公開を行った。第二次大戦中は、テレビの研究が中断され、レーダの開発に従事した。試作したレーダを軍艦に積み込んで使ってみると、大砲の

発射の際に船に激震が起こり、その激震で装置も壊されてレーダ機能が失われたとの失敗談も伝えられている。米国においては、レーダ研究の成果が、パルス技術の進展をもたらした。それがテレビ受像器の回路を発展させた。他方、レーダ研究に携わったことで、戦後、高柳はパーズを受けてNHKを退職した。同様に退職させられた研究所の仲間救済のために、仲間の10名以上を採用してくれた日本ビクターへ移籍し、さらにテレビの研究を進めた。高柳健次郎は、いつも、「有り難う、有り難う」と言って、とても気配りをする謙虚な人であった。NHKによるテレビ本放送は、「イ」の字の表示後19年経った1953年2月1日に開始された。

2. 人と機械の対話装置に発展してきた 電子表示装置

テレビ開発の当初は、電子映像表示装置(ディスプレイ)は、物理量の測定に使われたオシロスコープを除けば、もっぱらテレビのためのものであった。しかし、情報技術の発達につれて、この電子表示装置は「人と機械の対話装置」に発展し、応用の範囲を著しく拡大してきた。

さて、戦中の暗号解読(チューリング)や戦後の弾道計算などの要請があって、高額な電子計算機の構築が推進され、P. Eckertが中心となって電子計算機が誕生した(1945年)。電子表示装置の概念が情報機械と人間との対話装置の概念に発展していったきっかけは、MITで開拓された、ブラウン管を対話型ディスプレイに持つワールウィンドコンピュータ(1950年)のようである⁸⁾。その後、ディスプレイに表示される入力ポイントとマウス(1957年)の発明や、パーソナルコンピュータの発達は(アラン・ケイ(1970年))、電子映像表示装置の役割を一段と際立たせた。そうして、今日では、PC等を通して電子映像表示装置はテレビ表示に止まらず、情報技術では大変に広く使われるようになった。

こうして、各種の計測装置の電子表示部分、レーダ、GPSによる移動体の位置情報表示、航空機、ヘリコプタ、船舶、そして列車などの操縦シミュレータとしても使われている。固体撮像素子と液晶の進歩がデジタルカメラを作り出し、その場で画像確認ができるデジタル画像を生み出し、インターネットに接続できる新しい機能を持ったカメラに革新した。体内映像を提供する内視鏡の開拓は、内視鏡検査技術やマイクロ手術を発達させた。また、遠隔手術が研究され、カプセルによる体内映像技術も開拓されている。さらに、X線、超音波、ポジトロン診断などが加わって医療検査技術が向上し、医療のあり方を大幅に変革した。

3. 情報通信技術の発達

この間に、トランジスタの発明(バーディーン、ブラッテン、ショックレー(1947年))や、LSI、そして、マイクロプロセッサ(Hoff, Mazor, Faggin, 嶋(1972年))が発明され、コンピュータや電子機器の発展を加速させた。

テレビの発展には、表示、撮像、回路の発展に加えて、

大容量記録、そして大容量伝送が不可欠であった。映像録画にはアンペックス(1956年)や東芝などによるVTRの発明と実用化(1967年)が貢献した。また、半導体記録や誘電体記録などの大容量バッファメモリや、垂直磁化記録のような大容量メモリが発展している。この間、衛星通信が発達して、テレビの国際化が進み、1964年に東京で開かれたオリンピックの放送は世界中に発信された⁷⁾。ちなみに、日米間の国際衛星通信回線は当時のKDDによって開拓され、その最初の映像画像が米国から届いたのはテキサスにおけるケネディ大統領暗殺の映像であって、日本の国民に大きな衝撃を与えた(1963年)。

電子映像表示装置は、2000年を折り返しとして、ブラウン管から液晶表示(Heilmeyer, Realte(1968年))へ移行した。それに先立って、軽量化、平板化、低消費電力化された液晶表示は、電子装置の可搬性機能を増大し、携帯端末の進歩を促進した。デジタル時計の商品化や電卓商品化が先行し、やがて、テレビやパーソナルコンピュータ(PC)、自動車のナビゲータ、携帯電話などに発展した。他方では、平板化によって大画面化を加速した。さらに、大画面表示には、プラズマディスプレイ(PDP)が大型化への先駆となった(長野オリンピックモデル(1998年))。さらに、電界放射ディスプレイ(FED)、屋外でも見られる発光ダイオード(LED)ディスプレイが発展し、有機電界発光(EL)ディスプレイは、超薄型で曲げられる柔軟性をも電子表示の領域に持ち込もうとしている。

他方では、微妙な調整を必要とする真空管の撮像管に代わって固体撮像デバイスが開拓され、CCDや高速性能のCMOSが使われるようになって、撮像装置の可搬性を著しく進展させた。

このような映像情報の伝送には大容量の伝送路が必要であり、マイクロ波を用いた衛星通信から光伝送システムに移っていった。光通信の萌芽研究は1960年前後から始まっていたが、NTT通信研究所などを中心とした我が国の産官学間の連携が実って国際的に影響を与え、光ファイバ基幹伝送路が敷設された(1983年)。また大西洋・太平洋海底光ケーブルが敷設されて、大容量伝送ができるようになった。こうして、光伝送システムの進歩は、アナログからデジタルへ、音声から映像への転換を助け、インターネットなどの大容量伝送のための世界の情報通信基盤に発展している。NTTによるFTTH構想によれば、2010年には3,000万端末が光ファイバケーブルで結ばれる計画が進行している。

この間、分解能が480×720本のNTSC方式に比べて分解能が格段に高い、高精細のHDTVハイビジョンがNHK技研によって開拓され、実用化された。NHKのハイビジョン方式(1,080×1,920本)は、我が国の高いブラウン管製造技術が鍵となり、世界の標準化へと進んだ(CCIR(1990年))。国際標準化に際しては、HD-MACを1991年の統合の象徴にしようとのEUなどの動きもあったが、高精度ブラウン管製造技術に裏打されたハイビジョン方式が採用された(羽

鳥光俊教授談)。ハードウェアの技術力が標準化を先導した例は光技術にも多々ある。

本邦の地上デジタルテレビ放送は、2003年から始まり、重要な社会基盤としてより多くのチャネルを提供し、移動する自動車からでも安定な画像を受けられるようになった。したがって、その応用として、移動体の眼鏡テレビからも動くロボットからも安定な画像受信ができ、ロボットなどの機械に安定で広角な目を提供し、交通に応用されて安定な制御を進め、さらに、教育のあり方にも多様性を提供することになる。

4. 電子映像表示は情報通信ネットワーク時代のキー技術

インタネットの発達は、情報通信技術に大きな変革をもたらした。インタネットの発端は、米軍関連の大学群のコンピュータを接続するネットワーク、ARPA Net (1969年頃)として発展し、後年その管理が大学の研究を支援するNSFへ移管され、さらにNSFから民間へ移管されてことが発端とされている⁸⁾。こうして誕生したインタネットを利用し、共通テキスト文(Hyper Text)を用いて、スイスの物理学研究所CERNの研究者の研究情報を相互に利用できるようにしようとのプロジェクトが発足した(Tim BERNERS-LEE (1989年))。この試みは研究者仲間の中で急速に広がり、研究者から一般社会へ開放され、世界に広がる知の蜘蛛の巣、WWW (World Wide Web)として発展した。そして、インタネット上で、世界の人々のデータを共有し、各人の情報が相互に活用できるようになった。それにつれて、ネット上の情報検索技術の重要性が大きくなった。

現在進行中のIPV6計画によって、ほぼ無限に近い量の端末が接続できるので、各家庭の各々の電気製品までがネットワークで接続され管理されるようになる。物理的なネットワークの発達と並んで、信号処理技術が進歩し、映像伝送を広めてきた。さらに、携帯電話には電子表示装置が付き、i-mode機能が付加され、カメラが付き、画像センサ機

能が付加されて、携帯電話が急速に進化し普及した。テレビ映像も見られるようになり、人々の行動、文化にまで深い影響を与えている。携帯電話の普及に伴い、身につけられる電子表示装置の究極は、直接網膜に画像を結ばせる眼鏡に進化するのであろうか。

情報通信ネットワークによって瞬時に世界の知識コンテンツを活用し、コンピュータにより複雑な現象やシステムの機能をシミュレーションして解明し、新知識を生み出し、バイオポータルサイトなどによって生命の知識を医療に応用するなど、ネットワーク活用によって人の知能を膨らませることができる。また、GPSやガスセンサなど、各種のセンサが日常生活に反映している。

情報通信ネットワーク技術は、個人の能力を拡大させ、活動範囲を世界に広げるという身近な存在から、いまや、金融、航空券予約、列車予約などの社会システムを動かす社会基盤としての役割を担っている(図3)。また、生産システムに関しても、設計や材料購入など、ネットワークが中心的な存在になっている。社会の隅々まで情報通信ネットワーク技術に依存しているため、ソフトウェアの信頼性を含めて障害が起こると社会的な影響は甚大である。

他方では、ネットワークの発達は、優れた情報の発信の影響力、そして文化力を増している。ネットワークコミュニティでは、新しい価値の創造や世界規模のコミュニティ形成により世界の流れの方向を変え、国のイメージを高める文化力の重要性が高まっている⁹⁾。アニメーションの世界では、我が国発のパフィー人気は世界的な影響力があるとされている。

E-mailのようなインタネットプロトコルは、電話のように個人生活の中に挨拶もなく飛び込んでくるのではなく、郵便物のように、私生活により適合した働きをもっている。そうして、通信ネットワークの大容量化やIPプロコルなどが活用されて、距離短縮や時間活用が果たされている。しかし、このような、新しい対話の方法は、まだ歴史が浅くて文化に昇華されるには間があり、負の面をも抱えている

ので、セキュリティや法制度の整備が要請されている¹⁰⁾。

情報通信ネットワーク形成のキーテクノロジーの一つが電子表示装置である。電子映像表示はこのような情報通信技術の活用には不可欠な存在であり、情報通信ネットワーク時代のキー技術に発展してきたと言っても過言ではない。

5. む す び

すでに次世代のテレビの研究開発が活発に進められている。NTT研究所の「デジタルシネマ」技術では、走査線2,000本(2,000×4,000)のテレビが開発されている。また、NHK技術研究所のスーパー・ハイビジョンは、走査線が4,000本級(4,320×7,680)で、新聞紙の見開き2枚相当、ないしは大型カレンダーの鮮明画像に相当し、高柳健次郎の走査線40本の時代から100倍に躍進し、芸術品画像に匹敵する分解能を持つ本格的電子映像を提供できるようになった(図4)。その結果、高い臨場感、医療革命、ロボットの目の広角化、文化遺産のデジタルDB化、e-Learningなど、波及効果は極めて大きく、デジタル技術が深く文化に溶け込もうとしている。このように高品位電子表示は、一層の大伝送量(49Gbps、帯域圧縮して300~700Mbps)が必要であって、また、高度の画像圧縮技術、大容量メモリー、高画質電子表示が不可欠であり、情報通信技術の画期的な進歩を促すであろう。また、劇場のオペラグラス利用のように、画面の中の好みの部分を、画質を損なうことなく受像者が個人的に拡大して楽しむことができる(オペラグラス効果と呼ぶ)。さらに、ブロードバンドの陰の威力はまだまだある。高精細映像は目の焦点が定めやすく、視聴者に疲れを感じさせないと言われる。加えて、超音波までの広帯域音声、人の脳にアルファ波が出て心地よいとも言われる(大橋、仁科)。高精細映像技術の提供は、電子情報に長時間さらされて生活する21世紀の社会の人々の疲れを和らげ、心地よさと呼び込む大きな力をもつものであろう。スーパー・ハイビジョンのような高精細映像技術があつて初めて、芸術作品の画面に匹敵する分解能を持つもので、電子表示を芸術作品の水準に高めて、文化面でも社会的に大きな影響を与え、本格的電子文化の時代を迎えることになるのではなかろうか。スーパー・ハイビジョンのような大容量情報の配信には光ファイバケーブルによる大容量伝送が不可欠になっている。

また、テレビ放送は社会基盤として発展し、社会人の大きな情報源となっている。放送を利用した社会人教育の重要性も高まっている。

テレビの映像表示装置として開拓されてきた電子映像表示装置(ディスプレイ)は、「人と機械の対話装置」に発展して応用範囲を広げ、情報通信ネットワークのキーテクノロジーに進化し、世界の情報技術文化を変えるのに貢献していると言っても言い過ぎではないであろう。

最後に、本文をまとめるに当たり、資料収集や隠れた逸話のご提供などを通じて、多くの方々からご指導とご協力

図4 スーパー・ハイビジョンの高精細画面

をいただいた。この講演は、高柳記念電子科学技術振興財団の20周年記念業の一環として行ったものであり、高柳記念賞選考委員会委員各位には、毎回得難いご教示を賜った。とりわけ、NHK技術局(現在マルチメディア局)の福井一夫主幹からは、「イ」の字の表示の時期等について、大変なお時間を割いていただき、詳細な資料収集とその評価をして頂いた。さらに、NHK放送技術研究所、NHK放送博物館、NTT未来研究所、そして高柳記念電子科学技術振興財団の各位には惜しみない支援をいただいた。ここに、改めて関連各位に対して深く感謝申し上げる次第である。

(2005年9月15日受付)

〔文 献〕

- 1) A. Abramson: "The History of Television, 1880-1941", p.94, p.113, McFarland & Company, Inc., Publishers, Fefferson, North Carolina, and London (1987)
- 2) 高柳健次郎: "テレビ事始め~イの字が映った日", p.77, 有斐閣(1986)
- 3) 高柳健次郎: "Televisionの実験", 電気学会誌, pp.932-942 (Sep. 1928)
- 4) 高柳健次郎: "テレビジョン技術史", テレビ誌 (Mar. 1971)
- 5) 「テレビジョン技術史」, 静岡大学テレビジョン技術史編集委員会, 浜松電子工学奨励会 (Aug. 1987)
- 6) "The 100 Most Influential People of the Century; Scientists and Thinkers of the 20th Century", TIME, 153, 12 (Mar. 1999)
- 7) "NHKの放送技術", NHK (2003)
- 8) 脇秀世: "インターネットを創った人達", 青土社 (2003)
- 9) 青木利晴編著: "効率化から価値創造へ~ITプロフェッショナルからの提言~", NTT出版 (2004)
- 10) 東倉洋一, 岡村久道, 高村信, 岡田仁志, 曾根原登: "情報セキュリティと法制度", 丸善出版 (2005)

末松 安晴 1960年、東京工業大学大学院理工学研究科修士課程修了。東京工業大学工学部助手、助教授、教授、工学部長として、光通信の研究に従事。東京工業大学学長、工学院大学特任教授、日本学術振興会監事、工技院産業技術融合領域研究所所長、高知工科大学学長、JR東日本旅客鉄道取締役、2001-2005国立情報学研究所所長を経て、現在、国立情報学研究所顧問、日本学術会議会員。この間、電子情報通信学会会長、総理府宇宙開発委員会委員、2001年度当会会長などを歴任。受賞は、ワルデマー・ボールセン金メダル(丁抹)、デービッド・サーノフ賞(米国)、電子情報通信学会功績賞、C&C賞、紫綬褒賞、エドワード・ライン基礎研究賞(独)、IEEジェームス・スミリガン・エジュケーションメダルシヨ、文化功労者など。工学博士。名誉会員。