

# 6

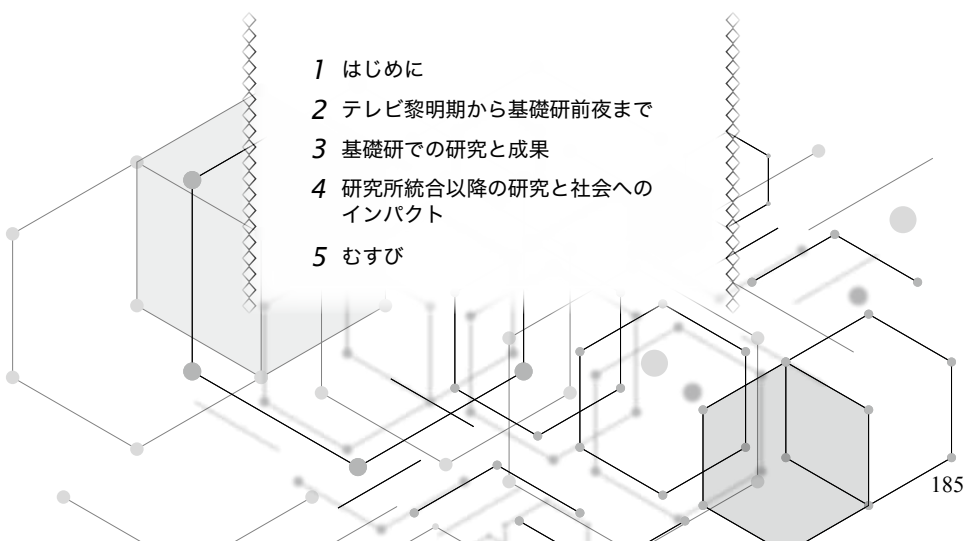
## テレビの発達と 基礎研究



伊藤 崇之

(元NHK放送技術研究所)

- 1 はじめに
- 2 テレビ黎明期から基礎研前夜まで
- 3 基礎研での研究と成果
- 4 研究所統合以降の研究と社会へのインパクト
- 5 むすび



# 1 はじめに

1930(昭和5)年、日本放送協会が技術研究所を開設するにあたり、技師長で初代研究所所長を兼務した高田善彦は以下のように述べている(高田1930)。

放送事業は最新の学理を応用したる社会的事業である。従って其進歩は公益上多大の効果を与ふるものであるとともにこれが進歩改善を図る上に於いて一日も研究調査を怠る事を得ないのである。

すなわち技術の研究開発なくして放送の進歩発展はないと、放送分野における技術研究の重要性を述べている。ここでは放送に関わる技術研究のなかでも特にNHKで行われた基礎研究に焦点を当てて、なぜNHKが基礎研究に取り組むに至ったか、またどのような研究が行われその研究成果が今日の放送、あるいは現代社会にどのようなインパクトを与えているかを論考する。

## 2 テレビ黎明期から基礎研前夜まで

### (1) 東京オリンピックまでの日本のテレビ技術史概観

我が国のテレビの歴史は、1926(大正15)年12月に行われた高柳健次郎博士によるテレビの撮像・伝送・表示実験に始まる。これはイギリスのベアードの実験(1926年1月)に遅れること1年であるが、ベアードの実験が撮像・表示ともニポー円盤を回す機械走査式であったのに対して、高柳の実験では表示側はブラウン管を用いた電子走査式であり、当時としては世界最先端の実験であった。ちなみに撮像側も電子走査式とした

テレビ送受信実験は高柳の実験から1年8か月後の1928年9月1日、アメリカのファーンズワースによって行われている。

表1にテレビ開発史の主なできごとを国内と海外に分けて示す。表で黒の矢印と□内の年数は欧米と日本とで同様のイベントが何年後に行われたかを示している。これで見ると、テレビ黎明期から戦前にかけて、我が国のテレビ開発は世界にごして行われていた。ところが太平洋戦争敗戦を機にテレビ放送の実用化は欧米に比して6～11年遅れとなり、世界に大きく立ち遅れることになった。

このようななか、NHK技術研究所を中心に1964（昭和39）年の東京オリンピックをめざして急ピッチで放送技術の研究開発・機器整備がなされる。以下、NHKの技術研究所の50年史を引用する（NHK総合技術研究所・放送科学基礎研究所編1981：40）。

先進国の技術を吸収してこの遅れを取り戻し、機器の国産化を実現するために技研を中心として各メーカーも総力を挙げることとなった。この結果、しだいに先進国の技術を自家築ろう中のものとし、独自技術をもって外国と肩を並べるところまで成長し、その努力の成果は昭和39年の東京オリンピック放送の成功となって表れた。これによって日本のテレビ技術の実力は世界的に認められるところとなった。

東京オリンピックはテレビでカラー中継を行った初めてのオリンピックであるが、その成功の裏には分離輝度型2IOカメラという独自方式の新型カメラの開発努力があった（“2IO”とは「2本のイメージオルシコンという撮像管を用いる」という意味）。当時のカラーカメラはアメリカRCAで開発された三管式カラーカメラで、光をRGBに色分解して3本の撮像管で3色の映像信号を得たのち、その信号を合成して輝度信号を得る方式で

表1 テレビの研究開発史 日本と欧米の比較 (1964年東京オリンピックまで)

年	月	日本	欧米
1926	1	1年	撮像・表示機械走査式テレビ実験を初公開 (英)
	12	高柳健次郎, 「イ」の字の撮像・伝送・ブラウン管表示実験に成功	
1928	9		ファーンズワースが完全電子走査式テレビの伝送実験公開 (米)
1930	6	日本放送協会技術研究所設立	
1931		テレビの基礎調査開始	円盤方式のテレビ実験放送開始 (英)
1935	3		世界初のテレビ定期放送開始 (独)
1936	7	1940年オリンピックの東京開催決定	NBC, エンパイヤステート・ビルディングから実験放送開始 (米)
	8	3年	ベルリンオリンピックで史上初めてテレビによる国内実況中継 (独)
1937	7	日中戦争開始	
	8	浜松高工に製作委託していたテレビ自動車納入に合わせて, 高柳教授ほか十数名が技研に着任。オリンピックのテレビ中継をめざして準備開始	
1938	7	閣議にてオリンピック東京大会の返上決定	
1939	5	テレビ実験放送開始	
1941	12	太平洋戦争開始に伴い戦時研究へ	
1944	7		CBS, NBC 定期テレビ放送再開 (米)
	8	終戦	
1945		8年	ソ, 仏で順次テレビ放送再開
	10		CBS カラーテレビ実験放送開始 (米)
1946	5	テレビの研究再開	
1950	3	技研と放送会館からテレビ試験電波を発射。日本橋三越で受信	11年
		カラーテレビ研究開始	
1953	2	テレビ放送開始	
			NTSC方式のカラーテレビ標準方式決定 (米)
1954			NBC, CBSがNTSC方式でカラーテレビ放送開始 (米)
1956	12	UHFによるカラーテレビ実験放送開始	
1960	6	カラーテレビ標準方式制定	6年
	9	カラーテレビ放送開始 (NHK 東京・大阪, 日本テレビ, 東京放送, 朝日放送, 読売テレビ)	
1964	10	東京オリンピック	

(NHK 総合技術研究所・放送科学基礎研究所編 (1981) 『五十年史』より抜粋, 整理)

あった。現在のテレビ技術としてはごく普通の考え方である。ただ当時は撮像管を使用しており、当時の技術では3本の撮像管の読み取り点を正確に一致させることは至難の業で、結果としてRGB信号から合成された輝度信号がぼやけたり二重像になるという課題があった。これは特に白黒テレビ所有者の不満となっていた。

それに対して分離輝度型2IOカメラは輝度信号用の撮像管と色信号用の撮像管をそれぞれ用意し、輝度信号と色信号を別々に取得するという独自の方式であった。輝度信号を1本の撮像管で撮像するので三管式カラーカメラのようなぼやけや二重像が生じない。開発メンバーであった杉本昌穂元所長の話では、開発途中にこの方式についてRCAの技術者と意見交換したところ「絶対失敗するからやめておけ」と言われたとのことである。RCA技術者の助言に反してカメラは1962年に完成し、見事に東京オリンピック開会式をはじめ多くの競技で利用され、その映像は世界に届けられたのである。ちなみにこのカメラとそれを用いて撮影した開会式の映像は愛宕山のNHK放送博物館（東京都港区）で実物を見ることができる。



分離輝度型2IOカメラ（NHK放送博物館所蔵）

東京オリンピックは「テレビオリンピック」と呼ばれたように、数々の“世界初”の新技术・新開発機器が日本で開発され放送に導入された。国際衛星中継やヘリコプター中継、スローモーションVTR、狭いブースでクリアに収録できる接話マイクなどなど、枚挙にいとまがない。接話マ

イクに至っては海外の放送局にも1式ずつ貸し出した（NHK総合技術研究所・放送科学基礎研究所編1971：8）というからNHK技術陣の自信のほどがうかがえる。

## （2）日本独自の研究開発に向けて

このような形で東京オリンピックは大成功し、かつ日本の技術力が世界のトップレベルであることを示したわけであるが、NHKの技術研究所ではその数年前から次の時代のテレビ像を求めてさまざまな模索が始まっていた。模索とは、「昭和35年以前の研究が、米国におけるテレビ技術を目標とすることに重点が置かれたのに対し、この10年間は、我が国独自のものを開発研究することが要求されることになった」（NHK総合技術研究所・放送科学基礎研究所編1971：40）ということである。この流れは主に二つのトピックに代表される。

一つは、当時の主要放送であるカラーテレビの次のメディアたるべき次世代の放送方式の研究であり、高品位テレビ方式として、ワイドテレビ方式と立体テレビ方式、高精細度テレビ方式が1960年ごろより並行して研究された。その後1969年には調査検討結果がまとめられ、ワイド方式と高精細度方式を合わせた「高精細度テレビ方式（のちのハイビジョン）」の研究に集約された（NHK総合技術研究所・放送科学基礎研究所編1971：44-45）。すなわち海外の技術に学ぶのではなく、自らが探索・探求して将来のテレビ方式の研究開発への道をつけたのである。

もう一つは基礎研究の強化である。1959年から1963年にかけて新しい研究分野の四つの特別研究室<sup>1)</sup>が技術研究所内に設けられたが、このうち物性特別研究室と視聴科学特別研究室は1965年1月の放送科学基礎研究所（以後「基礎研」と称す）の設立に伴い、この研究所に所属することになった（NHK総合技術研究所・放送科学基礎研究所編1981：56）。

基礎研設立の旗振り役というべき人物は当時のNHK会長前田義徳である。50年史には以下のように記されている（NHK総合技術研究所・放送科学基礎研究所編1981：97）。

今でも自慢できることは、技研の大改革をやったことだ。それが基礎研の創設だった。もともと私が考えていたことは、放送電波をチョコチョコいじって「新発明です」などというのは、NHKの技術研究としては最低であり、西欧2000年の哲学を根幹とした人文科学の歴史から見るとおかしなことだ。（中略）近代科学技術の発生は、たかだか17世紀にしか遡れない。深い思想を持ちえないのは当然だが、十分に基礎を探り、また応用を極めることにより、放送技術もNHKの技術研究を中心に新しい総合的な技術思想体系を実現することを期待したい。

まことに視野が広くまた歴史と哲学に立脚した壮大な研究論である。またのちの基礎研所長でありテレビシステムを視覚特性まで含めてとらえる考え方を初めて提唱した樋渡涓二の言によれば、前田会長からは、「基礎研究所を作るから、諸君は応用は絶対考えてはいかん。放送を良くしようなんて考えたら、それは科学じゃない。技術だ」と言われたとのことである（佐藤ほか2009）。逆説的な言い方ではあるが、基礎研での研究が社会を大きく変革するような新しい技術の創出につながることを期待しての発言であろう。

このような前田会長の指揮のもと、1965年1月に基礎研が開設され、またそれまでの技術研究所も総合技術研究所と改称された。

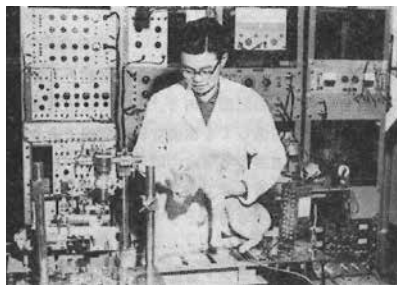
## 3 基礎研での研究と成果

### (1) 研究内容と研究体制

基礎研の研究は視聴科学と物性素子の二つの研究分野であった。前者は、放送の最終的受け手である人間の視聴覚の特性やメカニズムを十分把握して新しい放送メディアの開拓に資することを目標とし、視聴覚系の知覚機構、神経生理機構、認識機構の各研究および視聴覚系のモデルによる研究を柱とした。後者は新しいデバイス開拓の基礎になる物性素子の科学研究をめざすもので結晶物性、磁性、光物性、量子光学の四つの柱からなった。ここでは筆者の専門分野の関係から視聴科学研究室、なかでも視覚研究を中心に述べる。

視聴科学研究室で特筆されるべきは、従来の研究所の職員が電気・通信などの工学分野出身のエンジニアが大半であったのに対して工学はもとより心理・生理学の分野からも研究者を集め、三位一体となって視聴覚系の特性・メカニズムの把握という大きな目標に向かって学際的な研究を進めたという点である。こういった枠組みでの基礎研究所は当時の日本ではほかになく、メーカーの基礎研究所設立のモデルになったといわれる。

このようにして視聴覚研究では、生理学による細胞レベルのミクロ的研究、心理学のマクロ的アプローチによるヒトの視覚・聴覚系の機能・特性に対する解析、さらには生理学の結果をモデル化し心理学で得られた



基礎研で行われたネコの視覚系に関する実験(1969年)  
(NHK総合技術研究所・放送科学基礎研究所編(1971)『研究史'60～'69』)



マクロな特性と突き合わせることでその間のメカニズムを明らかにしようとする工学モデル（電子回路やコンピューターシミュレーション）の研究という形で進められた。

## （2）基礎研での研究成果

そのようななかで、いくつかの顕著な成果が表れた。例えば生理学の分野では、網膜から大脳に向けて信号を出力する細胞（網膜神経節細胞）には機能の異なる2種類の細胞があるという発見が、ほぼ同時に世界の3か所の研究機関で見いだされたが、その一つがNHKの基礎研であった。また眼が外界のどこを注視しているかを視野映像に重ね合わせて記録する研究に映像技術を駆使していち早く取り組み、動く物体に対する反応が最も早いことや注視点が白黒の境界や線の交差部や角、運動物体に集中することを示した。さらには生理学で見いだされた各種細胞をモデル化することで、直線検出や角などの曲率の大きい部分に強く反応する細胞層が形成できることを電子回路やコンピューターシミュレーションで示すなど、三つのアプローチによる研究が有機的に連携した成果が得られている。



眼球運動測定装置（アイマーカー・カメラ）  
（1965年）  
（NHK放送技術研究所蔵）

こうした研究成果は純粋科学的に生物の視覚系に対する理解を深めるうえで重要な成果であったが、一方で「放送のために役に立つ」工学的な成果も出はじめていた。前節でも述べたように、次世代の放送方式として

「高品位テレビ」(のちのハイビジョンあるいはHDTV)の研究開発が進められていたが、例えばテレビ画面を見込む画角は何度程度が望ましいのかなど、映像規格に明確な根拠を与える心理実験が基礎研で実施された。臨場感については、半球ドーム内にさまざまな画角の画像を提示して画像中の図形の傾きに誘導されて観察者の姿勢がどの程度傾くかを指標にして「臨場感」を測定している(畑田ほか1979)。

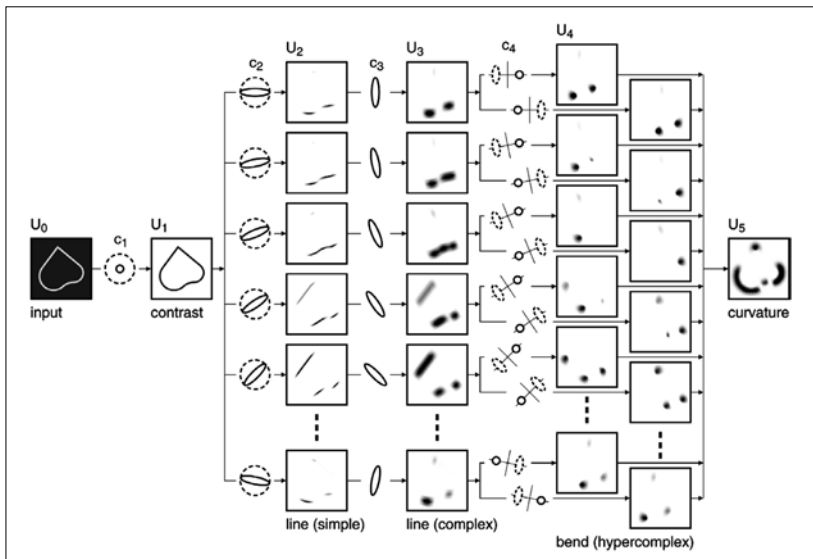


半球ドーム映像による  
臨場感の実験(1980  
年)  
(NHK総合技術研究  
所・放送科学基礎研究  
所編(1981)『五十年  
史』)

その結果、水平画角が20度付近から誘導効果が生じはじめ、30度以降で顕著になり、さらに80~100度付近で飽和状態になることが示された。この結果を参考に高品位テレビの水平画角は標準視距離<sup>2)</sup>から見たときに30度になるよう設計された。さらには最新の映像システム8Kスーパーハイビジョンの画角が100度となっているのもこの結果による<sup>3)</sup>。また、色変化に対する眼の感度を測定する研究から、色信号の広帯域/狭帯域軸がNTSC方式で用いられていたIQ軸からずれていることを明らかにした(坂田1980)。ハイビジョンではこの実験結果に基づいて新しい色信号の規格が決められている。これらヒトの特性に対する研究結果はのちにハイビジョンの国際標準化活動において高く評価され世界標準に結び付いたのである。

### (3) 視覚認識のモデル「ネオコグニトロン」

もう一つの大きな成果は福島邦彦による視覚系の認識モデル「ネオコグニトロン」の研究である。福島は先に述べた網膜のモデル、特徴抽出機構のモデルなど、生理学の知見に基づく電子回路やソフトウェアを構成して脳の仕組みや構造を工学モデルとして実現する研究に取り組んできたが、これに加えて脳の可塑性を利用した学習モデル「コグニトロン」を構築した。脳の可塑性とは脳内の神経細胞どうしの結合強度が外部からの刺激に応じて変化することであり、脳の柔軟な情報処理の基になっていると考えられている。「コグニトロン」は学習機能を持つ多層のニューラルネットワークで、ネットワークを構成するニューロンユニットどうしの結合強度が学習によって変化する。コグニトロンは複数のパターンを入力層に何度も提示することで次第にそれらを記憶し区別する能力を獲得する。



視覚系の特徴抽出機構のコンピュータシミュレーション（1969年）  
（福島邦彦氏提供）

福島はさらに特徴抽出機構のモデルとコグニトロンを発展させる形でパターン認識モデル「ネオコグニトロン」(福島1979) (Fukushima et.al 1983) を提案した。先に紹介した特徴抽出のモデルはアメリカの生理学者HubelとWieselがネコの大脳で発見した単純型細胞, 複雑型細胞などの生理学的知見を基に構築したモデルであったが, ネオコグニトロンではこれを発展させ, 特徴抽出(単純型細胞)と位置ずれ許容(複雑型細胞)の組み合わせが視野全体に広がっていること, 同じ組み合わせが多段に階層化されていること, 入力に近い層では部分的特徴を解析し奥の層ほどより大局的な情報を解析する, という三つの仮説を導入することで, 位置のずれたパターン, 大きさの異なるパターンや変形したパターンでも同じパターンであると判定できるという, 従来技術では実現できていなかった強力な性能を持つパターン認識機能を実現できることを示した。しかもそのような機能を, 入力層にパターンを繰り返し提示することで獲得していくのである。写真1に「0」から「9」までを学習させたネオコグニトロンが同一と判定したパターンの例を示す。大きさの違いや変形, ノイズの有無によらず同一パターンとして認識できていることが分かる。

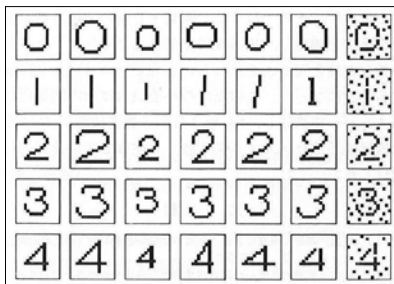


写真1

ネオコグニトロンが正しく認識したパターンの例  
(NHK総合技術研究所・放送科学基礎研究所編(1981)『五十年史』)

このような工学モデルによる研究アプローチは合成的手法と呼ばれるもので, 生理学と対局をなす。当時の生理学は脳神経細胞に電極を刺して網膜上にどのような刺激を提示すればその細胞がよく反応するかを調べる分析的アプローチであり, 個々の細胞の特性は理解できてもマクロな意味

で脳がどういう情報処理をしているかを理解するには不十分であった。合成的アプローチでは、生理学で示された知見を生かしつつ未知な部分には仮説を導入して、情報処理装置としての脳機能を理解しようとするものである。二つのアプローチ（あるいは心理学的マクロ研究も含めた三位一体のアプローチ）が相補的に作用し合ってより深い理解を導き出すことをめざしている。さらに福島は、脳機能の理解を深めるだけでなく、脳に学ぶことによってこれまでの工学的手段ではなしえなかった新しい情報処理の原理を見だし応用につなげることも企図していた。

実は筆者が基礎研に転勤して福島グループの一員として仕事をしはじめた1981年ごろは、このような神経回路モデルの研究は日本と欧米のごく限られた研究者が細々と続けている状態であった。そういった時代にネオコグニトロンは生まれたのである。そのような状況でありながら研究ができたのも、基礎研というしっかりとした研究体制と「脳に学ぶ」という明解な研究哲学によるところが大きいと考えられる。

#### (4) 脳に学ぶ研究がアメリカで大反響

1986年、“Parallel Distribution Processing”（略称PDP）という書籍が火付け役となって、従来のコンピューターの逐次処理ではなく脳型の並列分散型情報処理の重要性が提唱され、その具体的道具としてのバックプロパゲーション学習（BP学習）<sup>4)</sup> 型ニューラルネットワークの大ブームが起きた。まさに「脳に学ぶ」アプローチである。当時、福島グループではネオコグニトロンの方や性能をアピールするためネオコグニトロン<sup>5)</sup>の紹介ビデオ<sup>5)</sup>を制作していた。グループの先輩ができたばかりの紹介ビデオをアメリカの研究会上映したところ、彼らがこれからやろうと議論していたことがすでに日本で実現できていることに驚嘆の声が上がり、以来福島は欧米各地の国際会議に引っ張り出されることになった。

そのころ福島から、国際会議でアメリカに行くたびにネオコグニトロン

にBP学習を導入できないかとディスカッションしに来る研究者がいるという話を聞いたことがある。アメリカではネオコグニトロンの優れたパターン認識能力に着目し、その原理と効率的学習が可能と目されていたBP学習とを組み合わせることで、その能力を工学レベルで利用しようとする努力が当時からなされていたのである。

## 4 研究所統合以降の研究と社会へのインパクト

### (1) 新しい研究

高品位テレビ（のちのハイビジョン）の研究が一段落した1984年、総合技術研究所と基礎研は統合され、次の時代の放送メディア開拓をめざして新分野の研究に着手する。MUSE（ハイビジョンのアナログ放送方式）による衛星での試験放送が開始される1989年の5年前のことである。ここでは、研究所統合以降、今日までの関連主要研究を概観しておく。

視覚情報研究部時代には主に立体テレビの研究が進められた。この時代の立体研究はハイビジョンの映像システムを利用して二眼式や多眼式立体ハイビジョン、眼鏡なし立体テレビなどシステムの研究が行われるのと並行して、立体視の融合範囲や時空間特性など立体視の基礎データの蓄積が進められた。映画やテーマパークなどでは左右の眼に別々の映像を提示する二眼式立体方式が採用されていたが、眼の位置を動かしても映像が変わらないことなどによる違和感があること、像の飛び出し量によっては眼の疲労を感じやすいことなど、長時間テレビを見続ける家庭向け放送サービスとしては課題があることなども示された。それが現在進められている視覚疲労のない空間像再生型立体テレビの研究につながっている。

またヒューマンサイエンスの研究として、高齢者や障がい者にやさしい放送サービスをめざす研究が進められ、今日もユニバーサルサービスの研究として続いている。具体的には、早口のしゃべりが聞き取りにくい高齢

者向けに声の質は変えずにゆっくりと変換する話速変換技術，聴覚障がい者向けにアナウンサーの音声をリアルタイムに字幕に変換する音声認識による字幕制作技術や，天気予報やスポーツ実況を手話で表現する手話CG生成技術などである。これらのうちリアルタイム字幕，話速変換，手話CGなどは放送やインターネットでのサービスとしてすでに実用化されている。基礎研時代は画像・音声を受容する人間の特性を明らかにすることが研究の主目的であったが，人それぞれの情報受容特性を明らかにしたうえで最適な形に情報を変換して届けるという研究に進化している。

## (2) 社会を変えるAI技術

2012年，従来に比べて極めて高い画像認識能力を示すコンボリユージョナル・ニューラルネットワーク（CNN）または深層学習ニューラルネットワーク（DNN）と呼ばれるニューラルネットワークが一躍脚光を浴び，今日，画像認識だけでなく日常的に幅広く使われている<sup>6)</sup>。いわゆるAIである。例えば，囲碁や将棋番組で形勢判断や次の一手を表示するなど，テレビでもおなじみである。実際，放送技術研究所でもDNNを応用する研究は多数行われており，顔画像認識，映像要約，モノクロ・カラー画像変換，音声合成，自動翻訳など用途は幅広くかつ高度な応用分野である。

DNNというニューラルネットワークは畳み込み層と呼ばれる特徴抽出層とプーリング層と呼ばれる位置ずれ許容層を繰り返す階層構造を持っている。また入力に近い層では細部の情報，奥の層では全体像に対する処理を行う。この説明でお分かりのように，基本構造と処理概念は福島のネオコグニトロンそのものであり，その規模を大きくするとともにBP学習を導入して大量のデータで学習させたニューラルネットワークにはほかならない（藤井2019）。先に触れたようにネオコグニトロンにBP学習を導入する試みは1980年代後半から行われており，それが二十数年後の2012

年に花開いたのである。福島がネオコグニトロンを提唱してから数えると実に33年の歳月が経過していた。

今やDNNを用いたAI技術は放送分野は言うに及ばず、車の自動運転、顔認識などを利用したセキュリティー、医療分野での自動診断など、幅広い分野で利用されつつあり、さまざまな社会課題の解決に貢献することが期待されている。そういった技術のコアになる部分が実はNHKの研究所の研究成果を源流に持つということを改めてクローズアップしておきたい。また世のなかを変えるほどの研究が花開くまで、長い年月にわたって連綿と続けられた研究者たちの飽くなき探求心と地道に積み重ねられてきた数々の努力に改めて敬意を表したい。

なお福島は2021年に「最初のディープニューラルネットワーク『ネオコグニトロン』」の発明を通して神経生理学の原理を工学に応用したバイオニア的研究により今日のAI技術の礎を築いた功績が認められ、アメリカ・フランクリン協会のパウアー賞を受賞した。

## 5 むすび

ここまでNHKの技術研究の流れを振り返り、特に1965年から1981年までの基礎研究所での研究に焦点を当てて、その成果が今日の放送や社会にどのように生かされているかを述べた。敗戦から立ち上がり世界に追い付き追い越し、独自の哲学と信念のもとに進められた放送技術研究所の基礎研究が現代にどのように反映されているか、読者の理解の一助になれば幸いである。

残念ながら筆者の専門性の関係から、本稿の内容が視覚分野の基礎研究とその成果に偏っているとのそしりは甘んじて受けざるを得ない。聴覚・音声分野や物性分野においても音声合成技術や有機ELテレビなどにつながるさまざまな成果が上げられ、身近に利用されていることを申し添えて



おく。

さてこのようにNHKにおける基礎研究とその成果ならびに社会に与えるインパクトの大きさを振り返ってみると、基礎研発足時の前田義徳会長が基礎研職員に向けて語ったと言われる「放送のための研究はするな」という逆説的な言葉の意味の深さを改めて考える次第である。

#### 注

- 1) 1959年に係数特別研究室と物性特別研究室、1961年に視聴科学特別研究室、さらに1963年には記録技術特別研究室が新設された。
- 2) 標準視距離：テレビシステムの設計では、縦方向の走査線間隔（今日的言葉では画素間隔）を見込む角度が1分（視力1.0の人の弁別限界）になる視距離を標準視距離と定義している。標準視距離からテレビ画面を見れば走査線や画素などが見えない状態で映像を見ることができる。ハイビジョンでは画面の高さの3倍が標準視距離となる。縦方向の画素数が多くなれば近くから見ても画素の粒が見えないため、画素数が2Kに比べて2倍の4Kテレビ、4倍の8Kテレビはそれぞれ画面の高さの1.5倍、0.75倍まで近づいて見ることができる。2K、4K、8Kは画面の縦横比は同じなので、画面に近づいて見るほど画角が大きくなり、より臨場感が高まる。8Kの場合の画角は100度であり臨場感が最大限感じられる映像システムという設計である。
- 3) 8Kシステムの規格を検討するにあたって画角と臨場感の関係を調べる心理実験は再度行っているが、1979年の実験と同様の結果が得られている。
- 4) バックプロパゲーション学習（BP学習）：入力信号と最終層のニューロンの正解値を対にして大量のパターンをニューラルネットワークに提示し、最終層の誤差が小さくなるように少しずつ細胞間の結合係数を変えるというサイクルを繰り返す学習法。最終層の誤差を順次前の層に伝搬させる形で学習が進むことからエラーバックプロパゲーション学習（あるいは単にバックプロパゲーション学習）と呼ばれる。従来なら実現したい機能をプログラム言語に書き下して装置を製作していたところを、学習用データと正解値の対を用意してひたすら学習させれば装置の機能を設定できるという利便性から、BP学習型ニューラルネットワーク（BPネット）の研究は1986年以降一大ブームとなった。その後さまざまな課題が見つかりブームは去ったものの2012年以降DNNの提案で再度大きなブームとなり今日に至っている。
- 5) YouTube上で“NEOCOGNITRON”で検索すると見ることがができる
- 6) 従来は3層構造のネットワークを学習していたのに対して、CNNでは3層を超える多層のネットワークをバックプロパゲーション学習することから深層学習（ディープラーニング）、またそのネットワークを深層学習ニューラルネットワーク（DNN）と呼ぶことも多い。

## 参考文献

---

- NHK総合技術研究所・放送科学基礎研究所編（1971）『研究史'60～'69』日本放送出版協会
- NHK総合技術研究所・放送科学基礎研究所編（1981）『五十年史』NHK総合技術研究所
- 坂田晴夫（1980）「カラーテレビジョン高彩度画像の解像度—視覚の三原色空間周波数特性とNTSC信号の改善」『テレビジョン学会誌』34巻2号
- 佐藤勝昭, 斎藤秀昭, 永田宇征他（2009）「オーラルヒストリー 樋渡涓二名誉会員」『映像情報メディア学会誌』63巻7号
- 高田善彦（1930）「技術研究所の開始に際して」『調査月報』3巻6号
- 畑田豊彦, 坂田晴夫, 日下秀夫（1979）「画面サイズによる方向感覚誘導効果—大画面による臨場感の基礎実験」『テレビジョン学会誌』33巻5号
- 福島邦彦（1979）「位置ずれに影響されないパターン認識機構の神経回路モデル—ネオコグニトロン」『電子通信学会論文誌』J62-A,10
- Fukushima, K., Miyake, S., & Ito, T. (1983) . Neocognitron : A neural network model for a mechanism of visual pattern recognition. IEEE Transactions on Systems, Man, & Cybernetics, 13 (5)
- 藤井真人（2019）「源流から辿る畳み込みニューラルネットワーク」『映像情報メディア学会誌』73巻5号



伊藤 崇之 (いとう・たかゆき)

---

一般財団法人 NHK財団 技術事業本部システム技術部 技術主幹。主な著書・論文に、『スーパーハイビジョン技術』（共著）（NHK放送技術研究所，2021年）／「8K映像システムの医療応用」『映像情報メディア学会誌』Vol.71, No.5, pp.707-711（2017年）／「メディアアクセシビリティの現状と展望」『映像情報メディア学会誌』Vol.67, No.11, pp.949-954（2013年）／「3次元映像の基礎」（共著）（オーム社，1995年）など。