

情報通信革新 (I.T.) の諸源泉

大 坪 徳 次

一 序

我が国の情報通信産業の実質国内生産額を産業連関分析で推計する場合、情報通信産業を(1)郵便、(2)通信、(3)放送、(4)情報ソフト、(5)情報関連サービス、(6)情報通信機器製造、(7)情報通信機器賃貸、(8)電気通信施設建設、(9)研究の9部門に整理し、情報通信産業を除いた産業を非情報通信関連部門とされていて、情報通信産業の実質国内生産額は、平成9年には、111.2兆円となり、全産業に占めるシェアは、11.8%となっている⁽¹⁾。

現在、マルチメディア、光ファイバー、インターネットという用語が使用されているが、それらの先行した米国では、IT (Information Technology) 情報技術が、生活、企業、社会の各側面で利用され、ライフスタイル、ビジネススタイルが変貌しつつあり、我が国でも二十一世紀を「情報世紀」として位置づけようとされている⁽²⁾。

情報発信者が媒体を利用して受信者へ通信しようとする場合には、絵画、文字、狼火^{ノロシ}、旗等があり、鉄道では、腕木が用いられたこともあるが、1820年、デンマークのエールステッドの電磁気の発見、フランスのアンペール、1823年、イギリスのスタージョの電磁石の発明とアメリカのヘンリーの改良があつて、電信装置のアイデアは、ヘンリーやイギリスのホイートストンや多くの人々によって思いつかれていたが、1832年、電信機開発に取り

組んでいたアメリカの芸術家、モールスは、1838年、長短の電気信号の組合せによるアルファベット表を作り上げた。信号は電線を伝わると弱くなるが、電磁石を作動させるくらいの強さはあって、電鍵が引きつけられ、二つめの回路が閉じられ、近くの電池から電流が流れ、継電器を多く継ぐとメッセージを送れる⁽³⁾。

世界的規模の通信の嚆矢は、1851年に、英仏両国を結んで、ドーバー海峡に建設されたガタパーチャ海底ケーブルだった。ガタパーチャはアカテツ科の植物から採取される天然ゴムで、1843年に、この樹脂が電気絶縁性に優れているので、海底ケーブルが可能になった。この通信線をまず、利用したのはロンドンとパリの株式取引所で、その後、ケーブル網の全世界への広がりや世界の金融市場を一体化させた⁽⁴⁾。

19世紀末、有線ケーブルの競争者が出現したのは、1896年で、イタリアのマルコニーが無線通信に成功し、翌年、マルコニー通信会社が発足し、英仏間の無線通信が実現した。1901年には、イギリスとカナダ間の大西洋無線通信に成功した⁽⁵⁾。

マルコニーの通信機は高価だったので、日本は独自にマルコニー型の無線機を開発した。明治38年（1905）の日本海海戦において、ロシアのバルチック艦隊の情報に関する哨戒艦「信濃丸」の無線通報が成功したが、その無線機は、逓信省電気試験所の松代松之助技師の開発した火花式無線電信機であったが、それは、マルコニーの大西洋を越えた無線電信の実験成功（1901）の4年後であった⁽⁶⁾。

元、日本電気社長、小林宏治氏は電力線搬送電話装置の開発に当って、基本原理がウエスタン・エレクトリック社とは独立に、我が国で発見されていたと述べている。それは逓信省電気試験所の鳥潟右一、横山英太郎、北村政次郎技師を中心とする TYK 式無線電話（明治45年、1912）、高周波

電信電話（大正7年，1918）電力線搬送電話（大正8年，1919）などの一連の発明があった。また，大正初期（1910年代の初期）には，中国政府は大正4年，外国の経営であった漢口電話会社を買収し，漢口電話局の拡張と武昌電話局の新設で，日本は中日実業社を窓口として，国際入札に参加し，大正6年（1917）5月に，2,200回線の漢口局と，大正7年2月に，1,100回線の武昌局が完成した⁽⁷⁾。

[ラジオ放送事業の開始]

大正12年（1923）の関東大震災で，政府は次の二大方針を決定した。(1)ラジオ放送事業の開始，(2)自動電話交換方式の採用である。

その後，自動電話交換装置の国産化，ファクシミリの祖である写真電送装置を開発し，日本電気は昭和3年（1928）京都における昭和天皇の即位を東京地区の読者に提供し，昭和11年には，東京—ベルリン，ロンドン，サンフランシスコ間で，無線による写真電送の実験に成功し，遠方監視制御方式を開発した⁽⁸⁾。

[新技術への挑戦]

無装荷ケーブル搬送電話方式の開発が昭和14年に完成し，超短波無線多重電話方式の改発は，逓信省の米沢滋技師を中心に進められ，日本電気も田中信高技師を中心として協力し，昭和15年（1940）津軽海峡を渡って超短波多重電話（6チャンネル）方式が完成した⁽⁹⁾。

我が国のテレビジョンの研究は，大学や研究所で取り上げられていたが，大部分は回転円盤式であった。日本海海戦で使用された無線通信機は各地の小学校で展示実演され，後の浜松工業の高柳健次郎教授（1899～1990）は，それを見て感動し，最初からその受像用にブラウン管を採用し，「イ」の字の送信に成功した⁽¹⁰⁾。

また，日本電気では，中嶋章，藤沢正男両技師により，スイッチング回

路理論が昭和10年（1935）に、最初に発表されていたが、昭和13年、米国ベル研究所の C.E.シャノンにより、類似の研究が発表され、広く学会の注目するところとなった⁽¹¹⁾。

情報理論の数学的な理論構成のために、理想化された通信系の模型を考え、次の5つの部分から成るとした。すなわち：

情報源 (information source)	}	情報商品の供給者 (生産者)
通信器 (transmitter)		
通信路 (channel)	}	情報商品の経路者 (流通者)
受信器 (receiver)		
受信者 (destination)	}	情報商品の需要者 (消費者)

のごとくである⁽¹²⁾。

- (1) 郵政省編，平成11年版「通信白書」平成11年6月，第1刷，P.88
- (2) 野村総合研究所著「新顧客主義を実現する情報技術」1995年3月，1頁
- (3) 小山慶太，輪湖博共訳，アイザック・アシモフの「科学と発見の年表」丸善，平成4年8月発行，平成5年2刷，202，206，222，228頁
- (4) 山根一真「デジタル産業革命」講談社現代新書，1998年10月，53頁
- (5) 山根，同上書，55頁
- (6) 小林宏治「C&Cモダン・コミュニケーション」サイマル出版会，1985年5月，14頁
- (7) 小林，同上書，34～35頁
- (8) 小林，同上書，36～40頁
- (9) 小林，同上書，41～44頁
- (10) 小林，同上書，44頁，山根，前掲書，55～56頁
- (11) 小林，同上書，45～46頁
- (12) 林周二「現代の商学」有斐閣，1999年11月，185～186頁

二 第二次世界大戦中と戦後の米国のラジオとレーダー産業

この産業は他と同様に、技術と生産の問題に直面したが、ラジオや他のコミュニケーション装具への需要の他に、新製品のレーダーへの需要があった。

1939年の年産高は、2億8,400万ドルで、レーダー、真空管、蓄音機であった。レーダーは、商業的には生産されず、陸海軍や研究所で発展的モデルが作られ、分散した小グループの研究者や、大会社の少数技術者で研究され、1944年には、完全な装備と必要なスペア部品を加えて28億ドルになり、その中、レーダーの量は14億ドルであった。

金額だけでなく、レーダーの基本原理は戦前に分っていたが、その精緻化の量、特に、マイクロウェーブ（極超短波）の領域では、技術の発展、エンジニアリングと計画で、戦時中、5年間に、一連の発明と応用があった⁽¹⁾。

[接合した勝利]

ラジオ産業が軍部に利用できる膨大な需要を達成したのは、必ずしも、産業だけによったのではない。産業と軍事諸サービスと関係政府機関の接合の勝利であった。

ラジオ産業に採用された方法は、科学の重要性を増加させ、国家的危機の事件に、同一技術を利用する必要性を可能にし、それらの教訓は米国産業の平和時の行動と関係していた⁽²⁾。

[平和時市場への復帰]

戦争が終結すると、ラジオとレーダーの引渡しは、22億ドルとなり、その60%は、レーダーであった。軍需は減って、部分的な動員の解雇と民間

への生産問題に直面したが、レーダーの生産は苦役だった。民間市場は開かれていなくて、政府の生産指導は終り、種々の経済統制はなくなり、産業は平和のための競争生産に向った⁽³⁾。

[戦前の状況]

1942年迄、ラジオ産業は、ラジオ・セット蓄音機と、それとのコンビを家庭、自動車、商業放送用に生産し、1939年では総計2億8,400万ドルを産出した。2億5,000万ドルは、一般用で、少数は警察、航空機、その他、特別用途に生産された。そして、その送信設備は1,000万ドルであった。当時、連邦政府は、その産業と生産活動に関心を持たなかった⁽⁴⁾。

一般に、ラジオメーカーは変圧器、抵抗器、コンデンサー、スピーカー、ワイヤー、真空管、キャビネットを買い、公衆への販売のため組立てた。しかし、大きいメーカーは自己のコンポネントを作った。大量生産の平均的受信器は、15ドルだったが、特別受信器や変圧器は小さな専門会社で手作りされるか、大会社の専門部門で作られた。これらの設備は、1930年代の激しい販売競争の中で、価格が下落されたものよりも、高い品質であった。

センサス局は、1930年に、ラジオとその真空管、および蓄音機産業は、224事業所が存在し、その60%はセット製造業だったと述べている。

残りの多くは、セット生産者のために、Radio Corporation of Americaからの特許のもとで、真空管を作った。その他の生産者は、拡声器、マイクロフォン、蓄音機、方向ファインダー、特別なコンポや、設備製作に特化された。事業所は中西部や北東の州、特に、シカゴやN.Y.地域に集中していた。そこには、中位のラジオ生産者の多数が存在したが、産業には、かなりの集中度が見られた。RCA, Philco, Zenith, G.E.は、1939年の産業の産出高の半分を統制し、上位10社は仕事の2/3を占めた⁽⁵⁾。

[戦時諸問題の解決]

1941年末の米国の第二次世界大戦への参加は、ラジオ産業が直面した問題とこれらを解決する方法に革命的变化をもたらした。明かに、解決は戦時中の解決で、それらの多くは平和時には、不可能な事だった。

[軍用注文の衝撃]

開戦後、1941年末までに、満されない需要は、10億ドルに達し、42年の最初の9ヶ月に、真の大きな軍用注文の増加になった。注文残高は、30億ドル以上に達し、1944年の中頃まで、変動している。

1941年に、陸海軍のためのラジオとレーダー設備の引渡しは、1億5,000万ドルなのに対して、民間市場は高水準を維持した。それで、1942年、1月の末端設備は1,700万ドルから、生産は直線的に上昇し、1943年12月の1ヶ月に引渡しは、1939年、1年間の産出に等しい2億2,800万ドルに達した。引渡しは、1944年を通して、2億2,500万ドルを維持したが、次第に減少し、1945年の中頃の1ヶ月は、2億ドルになった⁽⁶⁾。

[膨張と転換]

激しい製品需要を満すため、製造業は金融上の利益では、逆であったが、勝利の愛国的目的のため、圧倒的政策や行為が必要と思われた。種々の政府機関で著名なのは、陸軍、海軍、War Production Board、科学的調査と開発オフィスは、野心的ラジオとレーダー生産プログラムの計画と遂行に着手した。

軍の調達機関は、ラジオとレーダーを大会社に求めた。1942年、1月1日の主な契約の82%は、(ウェスタン・エレクトリック、G.E., ウェスティングハウス、RCA、Bendix、Aviation Electric の)「ビッグ・ファイブ」とのものであった。戦時中、ラジオとレーダー産業に重要な役目を果たしたウェスタン・エレクトリックが含まれているのは重要である。それは従前

は、コミュニケーションと音響記録設備で、大部分を占めていたが、少数のラジオ器具を作ってきた。それは、コミュニケーションで、広範な経験のあるベル電話研究所の会員として、レーダーの仕事に踏み入れたことである。

Philco, Zenith, Crosley, Galvin のようなセット製造業者は、アメリカの宣戦布告前には、軍事生産には参加していなかった。彼等は産業への需要が明白になって、戦時受注を始めた。そして、1942年4月、通例の民間への生産中止を「戦時生産局」が求めた時、始めて戦時生産へ転換した。「ビッグ・ファイブ」はコンポネントや部品、そして完全な装備まで下請契約を拡大して、配送率を増加することができた。ラジオ産業全体の能力は、現生産者の拡張と会社数の増加で膨張した。WPB とセンサス局によれば、装具と部品の製造業数の増加は次のようである⁽⁷⁾。

項目	1939	1944
完成装具	182	202
蓄電器	38	48
抵抗器	19	46
変圧器	42	100
真空管	23	40
テスト装備	34	60

その上、WPB が生産計画報告書を求めなかったコンポ項目を作った数百の会社があった。

1941年から45年まで、WPB はラジオとレーダー産業に、2億2,400万ドルを許可し、その中、2,200万ドルは(キャフェテリア, エレベーター, 空調のある)新工場建設に使用された。費用の半分以上は政府が負担し、残りは私的金融によった。全体の中で、1億4,500万ドルはコンポと部品で、

8,300万ドルは完成装備であった。真空管製造のための新設備は完成装備のものより大きく、40%を占めた⁽⁷⁾。

(1939年の2億8,400万ドルから1944年の28億ドル) のラジオとレーダーの生産高は、ラジオ産業の膨張の結果だけでなく、他の産業からの数多い転換だった。重要な転換はコミュニケーション装備産業と密接に関係していた。1939年には、能力の60%をラジオとレーダーに注いでいた工場は、1944年の半ばまでに、それらの生産高の30%位になった。ウェスタン・エレクトリックは、その大部分を供給した。

他の転換工場は異質のグループだった。それらは、カメラ、精密機器メーカー、時計や水中シグナル生産者、機械ショップ、鋳造場、道具や打型工場、銀器業者、その他だった。また、戦前はソフト・ドリンク販売機の会社も含まれていた。戦争末期までに飛行機メーカーもそれらの生産に含まれた。少数はレーダーのデザインに従事した。理由はレーダーが現存飛行機に適合されるより、飛行機がレーダセットに合うようにデザインされた。自動車生産者がレーダー問題に含まれた。トラックやトレーラーへ積載して、移動のためだった。レーダーのアンテナは従来のラジオのものと異なり、重量は鋳造を必要とし、銀器会社はマイクロ波を援助し、プラスチック、製造業は、(飛行機や船や地上のレーダーのための)radom のために呼び込まれた。同時に、平和時に、ラジオメーカーに必要とされた技術と材料は、戦時のため持ち込されたが、木製キャビネット生産は、そうでなかった。

最初の契約の中で、最大の企業は他に比して、その地歩を失った。ビッグ・ファイブは首位を占めたが、注文は1944年末までに、82%から56%へ減り、1945年6月30日には、53%になった。同時に、Philco と Raytheon はライバルに対して受注を増加させ、ビッグ・ファイブのある社よりも、軍

事的ラジオとレーダーに専念し、ビッグ・セブンになった。

産業の成長と構成の変化にかかわらず、地理的立地は、戦前と同様に、生産高は北東部と、特に、ニューヨークとシカゴ周辺の中西部に集中した。それらの二市から、50マイルの地域はラジオ、レーダー装備生産の半分に達した。

残りは、フィラデルフィア、ボルチモア、ボストン、クリーブランド、カンザス・シティ、サンフランシスコ、ロスアンゼルスの市と郊外であった⁽⁸⁾。

[技術的デザインの問題]

かつて、レーダーは商業的に作られていなくて、デザインが徹底的に、「デバッグ」された後でも、満足なレーダー・セットの構築は容易でなかった。問題は、より短い波長が採用されるほど困難になり、戦争末期には、波長3センチ位が普通になった。この装備の仕様書はラジオ・メーカーが直面したことの無い精密さのものだった。

機械的許容は零に狭ばめられた。防水性、全天候性、耐熱帯性は、次の問題であった。性能は耐振動と戦闘での濫用に対して求められ、これらは、全て、ラジオ・メーカーの挑戦となった。

1940年末までに、「海軍リサーチ研究所」「陸軍通信隊」「ベル電話研究所」はレーダー発展の基本的仕事を完遂した。ウェスタン・エレクトリック、G.E.、ウェスティングハウス、RCA は実際の生産を行った。さらに、多くの活動は、1メートルから3メートルの波長で動く装備に向けられた。

その時、英国は新型の真空管の「磁電管」を開発した。それは極超短波の領域と呼ばれる15センチ以下で動く装備を可能にした。英国と米国による極端なラジオ短波の利用は敵国に優るレーダー分野での技術達成であった⁽⁹⁾。

全く新しいレーダー研究所が設立され、スタッフは著名な科学者と技術者であった。Vanevar Bush 博士の指導の下での政府機関である「The Office of Scientific Research and Development」は、レーダー調査と技術を金融し、調整するレーダー部門を設けた。極超短波レーダーの新しい仕事の多くは、歴史的に科学的努力を払った M.I.T. の「放射線研究所」で実行された。同時に、OSRD との契約の下で、活動した多くの学術的、産業的研究所は評価できない貢献をした。特に構成要素では、ベル電話研究所が商業研究所の中で卓越していた。「放射線研究所」の人的コアは物理学者グループで、彼等の多くは主な大学から来ていた。彼等は純粋な調査から、かつてやらなかった応用調査の仕事に変わった。また、化学者、生物学者、機械や電気の技術者等と協同した。その最高時には、放射研究所は、4,000人在職し、1ヶ月に400万ドルの費用だった。

放射研究所の理論的科学者と実務技術者との間に、満足できる仕事を確立する問題は、1941年と42年には、深刻なものだった。有効な解決法は産業が数百名の技術者を極超短波を学び、新装備の開発のため、放射線研究所に送り込むことで発見された。そのようにして得られた知識は、会社へ帰った技術者が生産に利用し、大量生産のために、デバッグした。

軍事ラジオとレーダー、プログラムの計画の協力、特に、レーダー、プログラムは種々の方法で保証された。最高水準は、米国と英国の国際協力だった。これは、特に英国にとって重要で、そこでの科学と生産的資源は米国よりも小規模だった。

米国内では、調整の仕事が Joint Communications Board で企画され、軍事サービスは、いうまでもなく、OSRD や WPB が現われた。JCB はラジオとレーダー・プログラム内で優先順位のリストを確立した。生産の分野で、Joint の職員の間は、WPB の協力で、優先度に責任があり、急な必

要の電子装備へ生産資源の流れを規制した。他の特別な問題は、例えば、「真空管開発委員会」のような機関で取り組まれた⁽¹⁰⁾。

[技術上の隘路]

レーダーは新技術で、短期間に多くの産業で得られるべき技術であったので、ボトルネックになった。戦争末期に向って、レーダーは次第に、「銀河」的見地から考えられてきた。

新しい研究方法は、レーダー科学者と技術者を求めた。彼等はレーダーで動く他の武器の能力と限界を学ばねばならなかった。特に航空機や艦艇のコンピュータ、動子、通信機、報復機であった。

時間の節約のために、益々、レーダー産業に専門化することになり、特に、中位と小規模の工場にその傾向が見られた。例えば、Philco は排他的に航空機レーダーとロラン*に集中した。(Loran は long-range navigational system で、それはレーダーに似て、パルスのラジオ・エネルギーを利用するが、エコー原理は使用しない。送信装置は海岸に固定されるが、受信機は使用者が飛行機や船で持ち運ぶ。) Raytheon や「潜水艦 Signal Company」は、主に船のセットに力を注いだ。G.E. や RCA や、特に、ウエスタン・エレクトリック、それらは、ベル電話研究所の職員を有したが、種々の分野で努力した。

他の問題は、デザインと基本レーダー・コンポにあった。初期には、少数の基本的コンポが標準化されていた。しかし、絶えざる新コンポが求められた。新真空管、磁電管、導波管、多軸ケーブル。レドーム、アンテナ、変圧器がそれである。

真空管問題は複雑なので特別の機関があった。Vacuum Tube Development Committee は、陸軍、海軍、WPB、OSRD 契約者、民間会社の仕事を調整するために設けられた⁽¹¹⁾。

[材料の割当]

電子産業は WPB により、AA-1, の優先性を与えられたが、レーダープログラムは巨大だったので、供給条件は混沌としていた。「スタッフの長の結合」は WPB の援助で、「Procurement Precedence of Supplies, Material and Equipment 委員会」と呼ばれる陸海軍の委員会のもとに、優先システムを設けた。リストは、A-1の最優先から L-500まで存在した。

このシステムは、陸海軍電子生産機関、ANEPA として知られる組織で補完された。その主な義務は主な市の支出スタッフを有し、リストによる契約の隘路を除くことだった⁽¹²⁾。

[特許紛争の除去]

戦時中に、ラジオ産業の平和時の特許紛争は一時、解消された。ラジオとレーダー装置の唯一の購買者の連邦政府は、全特許使用の調達も認められた。古い特許は一時、放棄されて、オープンなライセンスが認められた。RCA からのラジオ・ライセンスを持つ会社は、戦争末期には、100を越え、他の1ダースの企業が RCA 真空管のライセンスを持った。戦後の保護のための法的ステップができると直ぐに、新しい技術的發展が進んだ。

特許所有者は、戦前、戦中の特許使用に、ロイヤルティを求める権利を持っていた。しかし、政府との契約では、ロイヤルティは払われなかった。レーダーに関した多くの特許貸出金は、政府自身、特に、「放射線研究所」と「OSRD」によって作られた研究所によって、利用された⁽¹³⁾。

[労働力の増加]

必要な労働力のため賃金も上昇したが、愛国的訴求が婦人になされ、1939年に、ラジオ、真空管、蓄音機等の生産に、5万6,000人が従事し、2億8,400万ドルの価値を作った。1944年までに、35万人が生産に従事し、28億ドルを作る事になった。新被用者の60%は婦人であった。1939年に、全体の40%

であった婦人の比率は1944年には、44%になり、真空管部門では、75%に達した⁽¹⁴⁾。

[ラジオとレーダー産出の総計]

以下の表は、1941年から、1945年7月31日までのラジオとレーダーの生産の要約である。

1941年1月1日から1945年7月31日までの生産 (100万ドル)

装備タイプ	1941	42	43	44	45年の 初7ヶ月	計 45年7月まで
ラジオと関連装備	100	550	1520	1400	550	4120
レーダーと関連装備	50	300	700	1400	950	3400
計, ラジオとレーダー	150	850	2220	2800	1500	7520

出所 戦時生産局, ラジオとレーダー部門

実際の生産は、75億2,000万ドルより高かったが、レーダーの比率は、1941年の1/3から、1945年の7ヶ月間には、2/3になった⁽¹⁵⁾。

[会社のサイズ]

大企業の間には、大きな相違があったが、ある大企業は100%注意を注いだ。あるものは、レーダーに集中したし、他のものは適当な比率で、力を分けた。レーダーは難しかったので、少数のものしか装置を生産できなかった。

次表は1944年のピークの集中度である⁽¹⁶⁾。

1944年のラジオとレーダー産業の産出の集中

製品グループ	最大5の生産者	最大10の生産者
ラジオと関連装備	47%	64%
レーダーと関連装備	74	89
計, ラジオとレーダー	45%	63%

出所 戦時生産局

[装備のタイプ]

レーダーセットは、サイズとタイプで激変する。1941年から1945年7月までのレーダー総産出高34億ドルは、各3,000ドル以上100万と2億7,500万ドルのテスト装置や修正部品から成っていた。それらは、数百ドルの重量、30ポンド位の、小パルスの航空機の高度計から、30万ドルの50トン以上の巨人地上レーダーまでであった。

最大の数量は、地上レーダーと航空機搭載機の連動や、爆撃セット、航行、探索、迎撃、砲撃コントロールであった。他方、高コストで少数だが、船舶に載せるレーダーが全体の産出に貢献した⁽¹⁷⁾。

米国が参戦し、航空機搭載の装備は、地上の探索、警報、火器と探照灯コントロール等の総価値よりも越えることになった。1945年8月1日に、航空機搭載装備は、レーダー注文の15億ドルの半分以上だった。

レーダー生産の総計 1941年1月1日～1945年7月31日

装備のタイプ	ドル 生産された価値	ユニット数	ドル 平均コスト
航空機搭載用	1,100,000,000	330,000	3,300
地上レーダー	870,000,000	15,000	57,600
船舶搭載用	590,000,000	32,000	18,500
ビーコン, 認識用, ロラン, レーダー照準	565,000,000	625,000	900
装備計	3,125,000,000	1,002,000	3,100
修正道具, 付属品, テスト装備	275,000,000		
計	3,400,000,000		

出所 陸海軍報告と戦時生産局

[平和の衝撃]

1945年8月に、平和が訪れると、ラジオとレーダー産業は、7月の20億ドルの契約は解約になり、9月末までに、7月の1/3になった。OSRDによって金融された研究所は閉され、拡大された陸海軍レーダー研究所へ、

問題は移された。

陸海軍への輸送は、9月には、8月の半分になり、1944年の月平均、2億2,500万ドルの1/4になった。

雇用は1944年末の35万人から、45年11月には、13万人へ減少し、1946年1月、1944年末から43%減少した。

[ラジオ生産の回復]

木製キャビネットや拡声器等は次第に生産中止となり、プラスチックとなった。1946年、8月の生産は、月160万セットとなり、1941年の月平均よりも、57%以上であった。また、1941年に180の工場は、1946年には250になった。消費者は新型のラジオを求めたのである⁽¹⁸⁾。

[レーダーの平和時の市場]

レーダーを含め非通信分野での戦時中の技術進歩は、ラジオ産業の平和時に重要となった。

民間航空はレーダーを贅沢と考えていたが、製造業者は政府の援助なしに、レーダーを航空業界の必需品にした。

海運業も霧や夜の運行に、それを必要とし、港湾航行にも有益であった。

レーダーの発展の中の民間利用に約束された一つの装置は、GCA (Ground Controlled Approach) である。それで空港では、ゼロ視界の条件でも正確にラジオによって、飛行機を着陸させることができる。

他の必要な装置は、RCAによって開発された「teleran」で、これは地上セットとテレビのリレーにより、操縦士へ、彼自身のレーダー・スコープを与えるものである⁽¹⁹⁾。

[平和時のための教訓]

(基本的リサーチ) 最も重要なものは基本的リサーチで、レーダーの基礎的革新の中で、極超短波開発のキーとなった磁電管は英国の発見だった。

連邦政府は、OSRD を通してレーダーの基本的仕事に金融をした。

(特許の使用) 合法的政府関心の第二の分野は、レーダー特許の使用である。新レーダー特許の1500の中で、500は政府が所有し、残りは、ウエスタン・エレクトリック、G.E., RCA, ウェスチングハウスのものであった。戦時中の強制ライセンスは除去されてきたが、産業はレーダー・デザインや生産に必要な全特許を含む特許のプールを作ろうとしてきている⁽²⁰⁾。

(1) Arthur A. Bright, JR & John Exter 「War, Radar, and the Radio Industry」
Harvard Business Review 1947 Winter. vol.25, No.2, P.255.

(2)(3) *ibid*, P.256.

(4) *ibid*, P.256.

(5) *ibid*, PP.256～257.

(6) *ibid*, PP.257～259.

(7) *ibid*, PP.259～260.

(8) *ibid*, PP.260～261.

(9) *ibid*, PP.261～262.

(10) *ibid*, PP.262～263.

* 慣性航法装置、民間用として、ボーイング747に開放された。この装置は今までのADF (自動方向探知器, ロラン (長距離洋上位置測定器), タカン (陸上用位置測定器) が地上からの電波が必要だったのに比べ、どこからの助けも受けず、独自で飛行中、必要なデータを、0.2秒の速さで提供する。大岡徹夫「ジャンボ」中公新書、昭和56年9版、27頁。

(11) *ibid*, PP.263～264.

(12) *ibid*, PP.264～265.

(13) *ibid*, P.265.

(14) *ibid*, PP.265～266.

(15)(16) *ibid*, P.267.

(17) *ibid*, P.267.

(18) *ibid*, PP.267～270.

(19) *ibid*, PP.270～271.

(20) *ibid*, PP.271～272.

三 レーザーの発明

「レーザーはこうして生まれた」の著者 C.H. タウンズは、その著で、「ミシガン大学のデニソンは赤外線の研究で、アンモニアの分子が1センチ程度のマイクロ波を吸集すると予測し、同大学のクリートンとウィリアムズが実験を企てた⁽¹⁾。」

「ベル研究所のジャンスキーは宇宙からくる電波を発見し、タウンズは1946年、ベル研へマイクロ波分光学研究の申請書を提出した。そこには、メーザーとレーザーの予想は書かれてなかったが、彼はニューヨークの露店商人から（マイクロ波発信器）のクロイストロンを何本か買って実験をしている。

戦時中、ベル研の研究は、コロンビア大と密接に進められ、そのこのラビの招きでカリフォルニア工科大学からコロンビア大へ移った。

ユニオンカーバイド&カーボン社のシュルツ、波長1ミリ以下の赤外線ですべて分子を特定状態だけ励起し、他の分子は変化がないようにできるという案を持ってきて、1万ドルの小切手を提供してきた。初回は研究費を断ったが、数日後に、半分は博士研究員の奨学金へ、半分は実験装置に使うことで受取ることにした。

最初の奨学研究員は、南アフリカ人のローブサーで、翌年は、トロント大学から来たショーロウで、タウンズは後者と共著を出し、シュルツが期待した赤外線を放射する光源、レーザーを実現するのに重要な役割を演じた⁽²⁾。」

「光が原子や分子に当たったときに、それを刺激して、もっと光を誘導できることを初めて説明したのは、1917年アインシュタインであったが、タウ

ンズが興味を持ったのは、カルテックのトールマンであって、彼は光の誘導放出と吸集を1924年の『フィジカルレビュー』で論じ、誘導放出のことを「負の吸集」（増幅と同じ意味）と呼んだ。

1932年に、ドイツのハウターマンは、彼の実験室で、気体放電を研究している人から、スペクトル中のある線が異常な強度を持っている事を聞き、ハウターマンは、それは光子の雪崩（ナダレ）かも知れないと考えたが、コーヒーレンスは考えなかったと言っているが、後に、タウンズとショーロウが1958年、「フィジカルレビュー」に出した「光メーザー」の論文を見て、そのときの思い出を発表したのは意義のあることだった⁽³⁾。

「ハイゼンベルクの不確定性原理は量子力学の中心的概念であったが、そのような奥義に向き合っていない工学者は、メーザーが純粋な周波数を発生することを不思議に思わなかった。電波分光学を研究していた物理学者はその技術と物理に熟達していたので、すぐにメーザーを理解することができた。

コロンビア大の教室の前主任、ラビとクッシュは、ビームの専門家で、メーザーの基本的特性を理解した⁽⁴⁾。」

「ゴードンは、M.I.T. からきた大学院生で、カーバイトの奨学金を受けたザイガーが実験と考察に参加したが、即ち、分子ビームから得られる利得よりも、空洞共振器のエネルギーの損失を小さくすることに苦勞し、空洞に十分な分子を取り入れ、マイクロ波を閉じこめておくことは厄介な問題で、色々な形の金属リングを両端の孔に付けて試していたが、ゴードンは、そのリングを外して両端を完全にあけてしまった。沢山の分子が空洞に入って、マイクロ波は空洞の中で共振していた。1954年4月初旬、タウンズが院生とセミナーをしていた時、突然、ゴードンが飛び込んできて「できたぞ！」と聞いて、皆で実験室へ行き、成功を祝った。この新装置は「誘

導放出によるマイクロ波の増幅」という意味の頭文字を集めた「レーザー」が生まれた⁽⁵⁾。」(Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation⁽⁶⁾)

- (1) C.H. タウンズ, 霜田光一訳「レーザーはこうして生まれた」岩波書店, 1999年, 59頁
- (2) 同書, 59~76頁
- (3) 同書, 86~87頁
- (4) 同書, 94~97頁
- (5) 同書, 91~98頁
- (6) 同書, 16頁

[レーザーからレーザーへ]

「ワシントンの海軍研究所のパラボラアンテナへ, コロンビア放射研で作られたレーザー増幅器をつけ, シアン化カリの結晶を使う予定であったが, ミシガン大のキクチがルビーの方が良いと発表し, それはレーザーに好都合だった。

そこでは, 増幅器が波長3センチで作動するようにした。それには利点があり, 装置が適当な大きさになり, 電波天文分布を作るための励起に必要な発信器がすぐ手に入ることだった⁽¹⁾。」

「ルビーマーザーは, うまく働き, 最初の観測は, 海軍の学者が観測していた白鳥座の白鳥Aという星雲のマイクロ波の観測を繰返し, 増幅器の性能をチェックでき, 以前より, 10倍以上改善されていることが分った⁽²⁾。」

「レーザーという用語は, 研究室でいろいろの用語をもて遊び, 誘導放出による赤外増幅をイレイザー (iraser) と呼び, ガンマー線では, ゲイザー (gaser), ラジオ波では, レイザー (raser) そして光では, レーザー (Laser) だった。冗談に, ショーローは誘導放出による暗黒の増幅を意味するデイ

ザー (daser) という用語も作った⁽³⁾。」

「レーザー (LASER) とは「誘導放出による光増幅」という意味の (Light Amplification by Stimulated Emission on Radiation) の頭字語である⁽⁴⁾。」

[直進する光]

「1969年7月21日、宇宙飛行士、アームストロングとオールドリンは、四角形の多数の反射鏡を月面においた。40万キロ離れたカリフォルニア州のリック天文台と、テキサス州のマクドナルド天文台は、それを見ていた。10日後、リック天文台は望遠鏡の装置にパルスを送り、後者の天文台も数日後に実験した。

それは心臓部の合成ルビーから、赤い光のビームが発射され、月面の反射鏡に到達した時、ビーム幅は、300メートルしかなかった。その後、1秒後に、両天文台は、微かな反射光を検出し、その往復時間で、月までの距離は、前例のない誤差2～3センチの正確さで求められた⁽⁵⁾。」

「月を照射したレーザーは、中型の装置だったが、測量士は、土地区画や道路計画に使用しサンフランシスコ湾の横断地下鉄は、レーザー光の描く筋道で敷設された⁽⁶⁾。」

「最小のレーザーは顕微鏡でなければ見えないくらいで、コンピュータの中の半導体装置のように、何千個も並べて作れるし、10セント貨よりも小さい。」(今のコンピュータが電気パルスで計算しているように、レーザーの光パルスでのコンピュータが実現するかも知れない⁽⁷⁾。)

「一方、最大のレーザーは、バークレーから70キロ位のローレンス・リバモア国立研究所があり、世界最大の施設で、NOVA というレーザーは、10本のレーザービームを針の頭位に集光すると、焦点は数億分の1秒に、数数百万度の高温に達する⁽⁸⁾。」

「もっと実際的なレーザー加工の応用は何百とあり、自動車のベアリングの表面は、レーザーで硬化処理され、スイス時計の軸受の孔あけ、コンピュータの電子回路の修整、科学者は顕微鏡で集光した弱いレーザー光で、生物細胞内の糸粒体の粒子を捕えたり、動かしたりでき「光ピンセット」と呼ばれる⁽⁹⁾。」

「通信の媒体で、レーザーに匹敵し得るものはない。全ての電話線とテレビ局とラジオ放送局の音声と音楽とデジタル情報をまとめてレーザーで伝送できるはずである。…このレーザー光は、鉛筆の芯より細いガラスの光ファイバーを通して送ることができる。光ファイバーのレーザー光はファイバー自体に検出装置を取付けなければ、傍受は不可能である⁽¹⁰⁾。」

「アメリカ人は、自宅にレーザーを持っている。マイカーを持っている人は、音楽用のレーザーである。レーザーアートでは、レーザービームを交差させ、上空に線画を画き光のショーを展開する。三次元の画像が被写体から散乱されるレーザー光で写真フィルムに「ホログラム」として記録され、これをレーザー光で照らすと、立体的な像が空間に浮き上って見える。オハイオ州、バッテレ記念研究所は、レーザーがじゃがいもの皮向きによいと発表している⁽¹¹⁾。」

「病院や診療所にもたくさんのレーザーがある。眼科医は網膜^{ハズリ}剝離の患者の瞳孔から、レーザー光を入れ治療する。はがれた網膜をうまく固定することができる。また、手術においてレーザーは組織を切ると同時に、血管を焼灼して出血を止めることができる⁽¹²⁾。」

「新しい発展が何時始まったか正確にいうのは難しいが、レーザーに至る道は、1945年頃に始まったといってもよいだろう。当時はその中のどれが今日のレーザー応用につながるか、誰も予想できなかった⁽¹³⁾。」

「1991年、カリフォルニア州、モントレイ市での第7回、学際的レーザー

科学会議で行った事は、タウンズは、そこで、ショーロウとプロホロフの2人を紹介するため出席していた。ソ連学士院がプロホロフの業績を記念し設立した「一般物理学研究所」の所員も来ていて、パンフレットを見せた。

「本研究所の発振研究室で、1954年に開始された量子エレクトロニクスの研究について、特に記しておきたいことは、その時、パソフとプロホロフとが、アンモニア分子のビームで動作する最初のレーザーを開発したことである。同様の発見が、アメリカにおいて独立にタウンズにより同時になされた。」

「プロホロフとパソフとタウンズは、レーザーの研究で、ノーベル賞を一緒に受賞することになったが、前二者がレーザーを開発したというのは、見え透いた誤りである⁽¹⁴⁾。」

1953年、タウンズにより開発されたレーザーは、分子を高いエネルギーレベルに押し上げ、続いて、低いレベルに落すことで余分なエネルギーをコヒーレントな閃光として放出するのであったが、1956年、オランダ生れの米国の物理学者、ブルームバーゲンは、二つでなく三つのエネルギーレベルがあり、高いエネルギーレベルの一方が放射している間、もう一方が貯蔵を行うことのできるレーザーを考察し、1981年ノーベル物理学賞を受賞した⁽¹⁵⁾。

強力で、単色な可視光線を発生できるレーザーのような装置は、1960年5月、ブルームバーゲンが解明した三レベル原理を利用して、米国の物理学者、メイマンにより作られた。

彼はその両端が磨かれた平行な銀の薄膜によって覆われたルビーの円筒を設計した。閃光ランプからエネルギーが円筒に供給されると赤い光線を放射した。

このコヒーレントな光は、広がることなく、小さな一点に集中させられ、集中点では温度を太陽面より高くすることさえできた。この装置は当初、光学メーザーと呼ばれたが(誘導放出による光増幅)の英字の頭文字をとってレーザーと呼ばれるようになった⁽¹⁶⁾。

- (1) C.H. タウンズ, 霜田光一訳「レーザーはこうして生まれた」岩波書店, 1999年, 125～126頁
- (2) 同書, 127頁
- (3) 同書, 139頁
- (4) 同書, 15頁
- (5) 同書, 3頁
- (6) 同書, 5頁
- (7) 同書, 5～6頁
- (8) 同書, 7頁
- (9) 同書, 7～8頁
- (10) 同書, 8～9頁
- (11) 同書, 9頁
- (12) 同書, 11頁
- (13) 同書, 14頁
- (14) 同書, 110頁
- (15) 小山慶太・輪湖博共訳 アイザック・アシモフの「科学と発見の年表」丸善, 平成6年, 第2刷, 449頁
- (16) 同「年表」457頁

四 コンピュータの発展

インターネット, eコマース, サイバー・ビジネス等が実践されているが, 電子計算機の発展も情報革新の源である。

計算機の起源は東洋に算盤があり, スコットランドのJ. ネピアは数字の刻んである細い棒のセットが最初であった。また, B. パスカルは歯車や円

筒からできている加算機を発明した。G. ライプニッツは、加減乗除のほか、平方根まで求められる計算機を発明した。

しかし、19世紀中頃、C. バベッジが考えた解析機が、今日の計算機の源といえる。この機械は入力機構、情報保存の内蔵装置、情報の使い方を命令する制御装置、計算装置、出力装置の五部門であったが、実現しなかった。この計算機には、フランスで発明されたジャカード紋織機の考え方を借りていた。

米国の設計家、H. ホレリスは孔のあいたカードで、情報を処理する方法を事務や会計に応用し、20世紀初めに、用いられた。ホレリスの作った会社は、International Business Machine になった。

バベッジの考えが現実のものとなったのは、1944年のことで、IBM のハーバード・マーク I という計算機は機械計算機の最後のもので、電気モーターの力で、23桁の二つの数を1/3秒で加減し、6秒で乗ずることができた⁽¹⁾。

[コンピュータの誕生]

1943年、ペンシルベニア大学、電気工学部、ムーア・スクールで、米陸軍は弾道計算のできる機械の開発契約を結んだ。1946年末、ジョン・モークリー (30才代)、J. プレスバー・エッカート (20才代前半) の2人は、真空管、1万8,000本、銅線、数キロメートル、連結部、50万、重さ、30トン、幅、45メートルの ENIAC (Electrical Numerical Integrator and Calculator) を完成した。

それは毎秒5,000回の加算、14回の乗算を行い、当時の機械式計算機では、1秒当たり15~50回位だったので、100倍以上の能力を持った。

ENIAC には、記憶装置にプログラム内蔵能力がなかったが、プリンストン高等研究所のフォン・ノイマンはプログラム内蔵方式の計算機概念を

提唱し、1949年、ケンブリッジのモーリス・ウィルキスが、その方式の最初のEDSACを開発した。1950年、EDVAC(Electronic Discrete Variable Automatic Computer)が誕生したが、それは操作順序を指令しなくてもすむ内蔵プログラムと、0と1とだけの二進十進法による計算で、新しい計算機となった。現在、コンピュータは、トランジスタから集積回路(I.C.)、大規模集積回路(L.S.I.)等の時代を経て、超LSIを使った第四世代のコンピュータとなった。

1980年代になると、従来の大型機が2～3日かかって得た計算を1時間位で済ます、CLAY-1等のスーパーコンピュータが出現し、我が国のNEC、富士通信機等も、その実績を挙げている。

他方、パソコン(Personal Computer)は、ホビー用からビジネス用へ進んだ。1981年、「I.B.M. PC」が出現し、内容を公開するオープンアーキテクチャーを採用し、コンパックや周辺機器メーカーの発展となった。基本ソフトに採用した「MS-DOS」(マイクロソフト、ドライブ、オペレーション、システム)がデファクト・スタンダード(業界標準)となり、わが国では、NECが、1982年に、「PC-9800」を発売し、ソフトメーカーへの働きかけもあって漢字を用いる日本には普及した。その優位性はOSの差を吸収する、1995年の「ウィンドウズ95」の出現、「同98」、「同2000」と展開し、フロッピーも8インチ、5インチ、3.5インチの磁性のものから、レーザー利用のCDに変わってきた。

他方、アップル社は「マッキントッシュ」でビジネス用途でない独自の発展を遂げた。

画像処理分野では強力だったが、ウィンドウ方式を採用した機械との競争には勝てなかった。20世紀の発明、発見で、コンピュータ、ENIACの開発は8位で、パソコンの開発は13位である⁽²⁾。

[インターネット]

最初は1969年、米国防総省内の組織、ARPA (Advanced Research Project Agency) が源流で、国防上のネットワーク・システムを一部が破壊されても、攻撃から守るため、「パケット交換」と呼ばれる通信技術で通信手段を確保することであった⁽³⁾。

この研究者達は、1983年 TCP/IP (Transmission Control / Internet Protocol) という基本的通信規約を完成し、データは IP データグラムと呼ばれるパケット分割し、送信、受信側は細切れのパケットを順番通りに並べかえた。この完成と共に「軍」は、ARPANET から (MILNET) として分離した。

全米科学財団 (National Science Foundation) は学術研究のための NSFNE を構築し、1985年に、ARPANET と相互接続を行った。

今日の WWW ブームの初めとなった NCSA Mosaic は、イリノイ大学 (National Center for Supercomputing Applications) が開発したもので、日本での起源は、1984年の JUNET (Japan University NET work) に求められ、1986年には、USENET に接続、88年には、村井純教授らが WIDE インターネットプロジェクトを組織し、1993年には、WIDE インターネットが、NIFTY-Serve との相互接続を果し、商用インターネットサービス会社が存在しなくても、一般人と研究者の間で電子メールの交換ができるようになった。

インターネットの道路として、使用されるものは、無線では、PHS, NTT は (Open Computer Network) を発表し、公衆電話回線では従来のアナログ回線から、デジタル信号を流そうとするモデム (Modulator and DE Modulator) 装置を使用する。また ISDN (Integrated Service Digital Network) はデジタルデータをそのまま伝送できるので、モデムを必要

としない⁽⁴⁾。

- (1) 平田寛編著「歴史を動かした発明」岩波ジュニア新書, 1983年, 50～52頁
- (2) 同書, 52～53頁, 日刊工業新聞, 平成11年11月4日
- (3) 古瀬幸弘「インターネット活用法」講談社ブルーバックス, 1996年, 22～23頁
- (4) 古瀬, 同書, 28～51頁

五 結 び

英文はアルファベット26文字と記号, 和文はイロハ48文字と漢字が入った文章であり, 電気信号はアナログからデジタルへと進んできている。米国のA.T.T.は分割され, 広大な陸地で, NBCはネットワークの地方局へ補助的支出をしていたが, デジタル化で, 逆に地方局へ出費を求めた。これは有線テレビ(CATV)やインターネットのためである。

わが国は, 昭和52年7月, 行政の簡素化で電波監理委の仕事は郵政省へ移り, テレビの予備免許を申請したのは, 「NHK」と民放6局であった。同年7月21日, 委員会は標準方式がアメリカと同じだった日本テレビ(NTV)に免許を付与した⁽¹⁾。その後, 全国にテレビ網が完成し, 電話も複数の会社や携帯電話が普及している。今後も「デジタル・ディバイド」や, 国益に負の面がでることも考えられる所である。

(1) 吉野武彦「BS デジタルへの道」西日本新聞, 平成12年3月17日