

電波利用の大衆化 ～昨日・今日・明日～

Popularization of radio wave utilization; Past, Present and Future

中野 幸紀^{1,2}

Yukinori Nakano

Popularization of radio wave utilization created "consumers" of knowledge services. However, they are not only consumers but also innovators or re-producers of new ideas of radio wave services. This type of consumer is called "amateurs". They have disseminated new ideas or scientific knowledge by self-learning and self-training of new scientific knowledge. This research note analyses the diffusion channels of new ideas and the social role of amateurs in popularization of radio wave utilization. A new idea of existence of electromagnetic wave has been diffused and morphed by the traditional way of thinking of people without essential understanding of future quantum theory. One well known diffusion channel has been developed by engineers and the entrepreneurs. Another has been developed by the amateurs. Very few people could understand the authentic new idea about the theory of the electromagnetic wave. This means the function of the academic channel for the new idea's diffusion was not so important because it was too abstract and complex for people.

キーワード：アマチュア、大衆化、イノベーション、電波、無線

Key Words : Popularization, Radio waves, Wireless, Innovation, Amateurs

1. はじめに

アカデミアが発見した科学知見(電磁波の存在)は、エンジニアと起業家・企業家による技術革新を促し、経済的発展をもたらした。科学知見の発見は、新たな啓蒙事典・雑誌・新聞の発刊、ラジオ・テレビのサービス拡大などにつながり、科学知見のさらなる大衆化に貢献する。しかし、科学知見の大衆化はこうしたアカデミア、エンジニア、起業家などの仲間集団内での知識の再生産とマスコミを通じた知識の拡散によってもたらされるだけではない。最近の研究によれば、科学知見がもたらす多様な技術革新によって生み出されて

くる商品、サービスなどの先行的消費者としてのファン層、アマチュア層などの関与が注目されている。

彼らは単に知識の消費者としてではなく、一般知識(教養)へのニューアイデア(新思考)の拡散・普及への関与を通じて、科学知見の再生産に関わる社会的存在となってきた。しかし、彼らがアカデミア、エンジニアなどの仲間内で行われてきた科学知見の過去の再生産に貢献してきたかどうかは自明ではない。

本研究ノートでは、ファン層、アマチュア層が科学知見の単なる消費者にとどまらず、新知識の再生産に関わる技術革新集団として過去にどのよ

1 関西学院大学総合政策学部国際政策学科(OAS01122@nifty.com)

2 ここに取りまとめられた研究成果は、2013年度関西学院留学(短期)制度による成果の一部である。

うな歴史的貢献を果たしたかを明らかにする。

なお、本研究ノートの扱う期間は、電波利用の「黎明期(1865～1899年)」および「実用期(1900～1954年)」の2期間である。トランジスタ技術が確立し、集積回路技術が普及した電波利用の「発展・大衆期」については稿を改めて紹介することとしたい。

2. 電波利用の大衆化に関する先行研究

2. 1. 米国における研究事例

Susan J. Douglas (1987) による著名な研究「Inventing American Broadcasting 1899-1922」を筆頭に、最近では、Anthony RUDEL (2008) 「HELLO, EVERYBODY! The Dawn of American Radio」など、ラジオ文化の大衆化に関する著作がアメリカにおいては数多く出版されている。

2. 2. 日本における研究事例

高橋雄三(2011)「ラジオの歴史 工作の<文化>と電子工業のあゆみ」は、日本の戦前戦後のラジオの普及・大衆化に関する研究として、技術的側面だけでなく、啓蒙活動、普及政策、関連経済活動の台頭などをもっとも網羅的に扱った著作である。他に、城水元次郎(2004)の「電気通信物語 ー通信ネットワークを変えてきたものー」、平本厚(2010)「戦前日本のエレクトロニクス ーラジオ産業のダイナミクス」など、インターネット時代になってラジオの歴史に関する著作が数多く出版されるようになってきている。

2. 3. フランスにおける研究事例

フランスにおいてはこうした電波利用の大衆化に関する著作はあまり多くない。わずかに、CNRS(国立科学研究センター)のJean Cazenobeが1981年に取りまとめた「Les Origines de la

télégraphie sans fil(無線電信の源流)」、1986年の「Limailles, lampes et cristaux : essai sur les origines de l'électronique(金属粉、真空管および結晶：電子工学の源流試論)」などを嚆矢として、Jean-Jacques Ledosの「Petite contribution à l'histoire de la radio(ラジオの歴史へのささやかな貢献)」といった著作が2012年に刊行されているにすぎず、他の多くの一次資料はフランス国立図書館内に保管されているか、市井のアマチュアらの手によって収集・整理されているにすぎない。

2. 4. 先行研究事例の比較

米国の事例では、例えば、Richard P. FEYNMAN (1997)の「Surely, you're joking, Mr. Feynman!(御冗談でしょ、ファイマン先生!)」にノーベル物理学賞を受賞したFeynman教授が子供の時からラジオ修理の天才と呼ばれ、ブラジルでの共同研究中也アマチュア無線を利用して毎日のように米国内の同僚と「無料の意見交換」を続けていたエピソードなどが紹介されている。しかし、フランスのアマチュア無線家たちの間にはこうした事例が公に語られたことはほとんどない。政府高官、著名な科学者の間でも自らがアマチュア無線家として電波利用に個人的関心を持ち、日常的に電波利用を行っていることを明かす人たちは非常に少ない。例外的な事例として、フランス政府高官が小説家のペンネームで公表し、ベストセラーになった「Deux étés(二つの夏)」という小説がある。この小説において、彼自身が熟練したアマチュア無線家の経験なくしては語れない場面を多く描いており、世間がこの政府高官がアマチュア無線家であることを知ることとなったからである。

このような米国とフランスの電波利用に関する社会的関心の違いがフランスにおける電波利用のたどってきた歴史の違いから来ているものかどうか、この点も注意して本研究ノートにおいて検証しておく必要がある。

3. 電波利用の大衆化

3. 1. 電波利用の黎明期

1888年のHertzによる電磁波発見から1899年のMarconiの英仏海峡横断無線通信実験の成功までの11年間をここでは「電波利用黎明期」として区分した。

3. 1. 1. 電波利用の尺度

電波利用の尺度として、本研究においては、電波法における電波の周波数定義が3THz (3000GHz, 300万MHz)となっていることに基づき、この3THzを分母として、研究対象期間の電波利用実用限度周波数(大衆化された電波利用機器の周波数実用限度)を分子として得られる百分率を「電波利用の尺度(%)」と定義した。

Hertzが1887年から88年にかけて彼自身が考案した実験器具を用いて電磁波(電波)の存在を確認した。

その時使用された周波数はその電波発信源である連続アーク発生器に付加されていた金属棒(アンテナとして作用したと考えられている。)の長さから数十～数百MHz程度だったと推測されている。しかし、その後、Popov、Marconiなどが使用した周波数は使用したアンテナの巨大化によって長波へと移行した。その結果、黎明期に無線電信実験用に使用されていた周波数帯は数十～数百kHzだったとみて差し支えなからう。

このように電波利用黎明期の実用周波数限度がたかだか数百キロヘルツで、主として超長波帯へとそのフロンティア開拓が行われていたことを勘案すれば、300kHzを3THzで除して%で表した「電波利用の尺度」は、 $0.00001\% (0.3/3000000 * 100=10^{-5})$ 程度となる。

3. 1. 2. 技術革新の伝播(黎明期)

(1)革新(新思考)の内容

Marshallの経済学原理(第1版1890-第8版1920)には19世紀の生産活動を飛躍させた技術革新の一つとして「テレグラフ(電信)」の普及が紹介されている。欧州各国に国営電信サービス会社が設立され、即時公共通信サービスとして公共郵便サービスを補完した。鉄道会社は軌道閉塞を知らせるために独自の電信サービスを内生化し、鉄道網の普及が電信技術の普及によって支えられた。さらに、通信社が設立され、有料で市場の動向に関する情報、社会の変化に関する情報などを新聞社などに提供していた。しかし、Marshallが描いたこうした電気通信技術は「有線」に電流を断続的に流す通信技術に基づいており当時すでに試みられていた地中、河川などに電流を流す、「無線通信」実験にしても直流の断続であり、後の高周波電流の利用にはほど遠かった。

Hertzの実験結果を聞いて有線電信通信への応用を考え、実証しようとしたのが後にノーベル物理学賞を授与されたMarconiだった。Marconiの前後にPopov、Lodgeなど多数の無線電信実用化を目指した研究者がいた。しかし、電磁波の発見とその高感度検知器(やすり粉検波器)の発見で先行していたHertz、Branlyなどの物理学者は無線電信などの実用的な電波利用にはほとんど関心を向けなかった。

電波利用の黎明期における技術革新の内容として、①アーク(火花放電)による減衰型電波発信器と②コヒーラ管と後に呼ばれることとなるやすり金属粉をガラス管に封入した検波器(他に、湿式と言われる電解液に針を突き刺す形式の検波器、自然に存在する鉱石を使った検波器などもあった。)を利用するシステムである。なお、同調回路、アンテナなどは黎明期にはまだその性質の解明が進んでおらず、Marconiなどの重要な技術研究課題のひとつだった。

(2)伝共チャネル

Rogers(1962)はその本「Diffusion of innovations」において新思考(new ideas)が広く大衆社会に拡散する要素の一つとして「伝共チャネル(Communication channels)」に言及している。第4版のp.17とp.191に、彼の言う新思考伝播の伝共チャネルとして、仲間内チャネルとマスメディア・チャネルの区分が示され、さらに、p.196に越境型チャネルと地域型チャネルという区分が示されている。

これらを参考にして、本研究では、電波利用の大衆化が進展する際にたどった伝共チャネルを、(イ)仲間内チャネルとして、①アカデミー・チャネル、②エンジニア・チャネルおよび③起業家・企業家チャネルに細分化し、(ロ)マスメディア・チャネルとして、①公開大衆講演会、②大衆啓蒙図書などに細分化した。また、両者のチャネルの中間に存在するチャネルとして(ハ)アマチュア・チャネルを新たに追加し、越境型/地域型の区分を意識しつつ分析・検討することとした。

以下、伝共チャネルの区分に従って分析・検討を加えて行こう。

(イ)仲間内チャネル

①アカデミー・チャネル

電流の流れと方向が時間的に変化する状況においてはその変化の大きさ(加速度、速度の変化分)に比例してエネルギー状態の変化が生じる。この電磁気のエネルギー保存則に着目したのがすでに熱力学問題に取り組んでいた若きMaxwellだった。彼がロンドン大学でファラデーと会った時に電気と磁気の相互作用においてもエネルギー保存則が成立するはずだという直観を抱いたといわれ

ている。1861年に彼はケンブリッジ大学の同僚に対して、「一切の前提を必要としない(つまり、一般解としての)電磁気方程式を考案中だ。」と伝えている³。確かに、彼の直観は正しかった。

彼は、熱力学において習得した「ポテンシャルと運動エネルギーの総計が保存される」ことを書き表すためには、物体の運動方程式を使うよりも、ハミルトンがすでに提唱していた「場」の方程式を使用するほうが簡明になると考えていた。Maxwellは彼の「電磁場動態理論(A dynamic theory of the electromagnetic field)」において、電気又は磁気を帯びた物質に力が働くといった近傍空間において生じる現象(静的電磁誘導を指している)に加えて力の変化が動的に生じる現象を明らかにする理論を電磁場動態理論として提唱するのだと説明している⁴。

確かに、ファラデーが考えついた「電気力線」という概念も電場概念につながるものであり、場の等ポテンシャル線の表し方に対応するアイデアだったのではあるが。

しかし、1960年代になってもなお日本の大学の物理学演習コースでは、電気と磁気を別々に教えていた⁵。Maxwellの論文発表から100年を経たなお、電流と磁気は別々のものだという固定概念が大学専門課程においても語り継がれていたのである。電気と磁気の力が統一され、同じ加速度方程式又は場の方程式で大学初等課程教科書に現れるようになるのは1970年代以降だった。したがって、19世紀の人々には電気と磁気の統一場という概念はなかなか受け入れがたかったのではあるまいか。

実際、1920年代になっても、Maxwellの電磁場概念よりもエーテルを仮定の振動媒体として扱う

3 J.Cazenobe (1983), p.88 P. M. HARMAN (1998), p.113 L1-4など

4 P. M. HARMAN (1998), p.115 9-13

5 著者にも、1970年代になって大学生協で見つけたパークレー校の初等電磁気学教科書の第1章がマクスウェルの電磁気方程式で始まっているのを見て目からウロコの思いだった記憶がある。それまでは、解析数学も、電磁気学も大正時代の先生が書いた教科書を使っていたのではなかろうか。

弾性波動説などという説明が高等教育においても普通だったようである⁶。

ファラデーやMaxwellが活躍した19世紀半ばには、電束と磁束の加速度変化を3次元空間で測定するために必要な弾動式検流計などの計測器を備えた実験装置はなかった。それを実際に構想し、組み立てることも当時の人々にとってはほとんど不可能の技だった。

Maxwell自身も電流と磁場の交絡関係を検出するため、実験装置を自ら考案して実験に取り組んでいた。しかし、うまく検出できなかつたようで、彼の1865年の「光と電磁気理論」論文の中で、電磁波と光がほぼ同じ速度でエーテル媒体中を進むという計算結果($\frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}}$) (ϵ :誘電率、 μ :透磁率)を根拠として、光と電磁波は同じものである可能性が高いと結論づけながらも、より精度の高い実験によって、あらゆる前提条件なしで電磁波が光と同じ性質であること、すなわち電磁場が存在することを直接目に見える形で確認してくれることを期待すると述べているほどである。

この直接目に見える形で電磁波を確認する実験を行ったのがHertzである(1888年)⁷。

ここではHertzの業績について多くのページを割かないが、彼は電磁波検出器、すなわち、検波器として、わずかに隙間のある「リング」を用いた。火花放電があると、このリングの隙間に火花が「誘導」されることを実験によって確認したのである。

火花の近傍から実験を開始して、現代の言葉で言えば波長の6分の1以上の遠方界におかれた隙間リングにおいても火花が誘導されることを見出した。この隙間リング型検波器は感度が極端に悪かった(現代の常識から考えれば当たり前)ため、

通信に応用できると考えた人はあまり多くなかつた。

Maxwell自身、彼の電磁場理論は開放回路の変位電流の導入によってはじめて近傍界において成立すると考えていたようである。この近傍界でしか誘導電流は検出できないという物理学の「常識」が覆されるためには、正規の物理学研究者としての高等教育を受けておらず、大学などの研究室においてしかるべき処遇(職能に見合う研究者としての地位など)を与えられていない、そういう意味での「アマチュア」の登場が必要だった。

若きMarconiがそのアマチュアだった。

彼は数学、物理学などをその基礎から時間をかけて勉強した人ではなく、エジソンなどと同様に「自由な考えの人」だった。既存概念にとらわれず、興味を抱いたことをとことん好きなだけ個人的に追求する、そういう「愛好家(アマチュア)」だった。

さらに、時代が彼に味方した。電波検知器(検波器)としての隙間リングの性能を飛躍的に超える全く原理の異なる「やすり粉検波器(Radioconducteur、後のコヒーラ管)」が偶然Branlyによって1890年秋に発見された⁸のである。これによって、電磁波の検出がきわめて容易になった。Marconiはさっそくこのコヒーラ管⁹を使うことによって火花発生器から遠く離れた場所においても当時の考え方でいう電気波動によって誘導される電流が検出できることをつぎつぎに実験で確かめていったのである。Marconiが最初の無線通信実験に成功したのは1896年のことであった。

Branly自身は、高等師範学校(Ecole Normale Supérieure)出身で、ソルボンヌ大学理学部にお

6 例えば、J. BOULANGER, Chef de bataillon du génie (1899), p.58-59、同(1901)など

7 MAURICE DES CORATS (1903), p.71 L31-41

8 Branlyよりも先にイタリアのCalzecchi-Onestiの1884-86年ごろの実験が先だったとの説、LodgeもBranlyとほぼ同時に独自に発見していたとの説などがある。

9 コヒーラと名付けたのは英国のLodgeである。Branlyは放射電導器(Radio-conducteur)と名付けていた。別名、Branly効果管とも言う。

いて「電池電極近傍の静電界の動態的研究」と題された博士論文で学位を取得したエリート物理学者だった。

その後、彼は彼自身が設計した実験研究室において、多様な条件で導体の抵抗がどのように変化するかというテーマで実験を繰り返していた。この実験中に、近くに置かれた火花放電器から火花が飛ぶことによって金属粉の抵抗が極端に(発見されたメモでは数百倍に)変化する(今の言葉で言えばスケールが飛ぶ)ことを偶然発見した。この現象が電磁波の検出器、すなわち検波器として無線電信の実用化のキーテクノロジーになることなど、純粋な物理学研究者(アカデミー)だったBranlyはまったく考えていなかったという¹⁰。

なお、Branlyの金属粉の接触による電磁波の検波現象について固体物理学的に説明が可能となるのは半導体量子力学が発達した1950年代以降となる¹¹。1890年当時の物理学者には固体表面の電荷を担う電子層の量子力学的な振る舞いを想像することさえ難しかったからである。1902年に電気工学を志す学生向けに書かれた書籍¹²には、火花放電によって金属粉又は金属の鋭利な先端が相互に融着することによって電流が流れるという誤った説明がなされている。当時の人々にとって、鉱石検波器の挙動を含め、固体表面の電子(波動)の挙動を理解することは難しかったことがわかる。

電磁波を遠隔通信に応用しようと考えたのは若きMarconiの新思考だった。あるいは、志村幸雄の言葉を借りると「無線電信を実現する科学的基盤が醸成されていた。」¹³と。換言すれば、Marconiが無線通信実験にのめり込まなくとも他の誰かがいずれ無線電信を実用化したということになろうか。

ここから「純粋科学」が生み出した電磁波理論と

「アカデミックな物理実験」の成果として(研究途上で偶然に発見されたとはいえ、偶然に発見するためにもそれだけの綿密な学術的準備が必要であることは万人の認めるところである。)電磁波検出器(Branly式検波器)のいずれが新しい無線技術(工学)の成立と発展に貢献したのかと問われれば、後者であると大半の人々が答えるであろう。確かに、Maxwellの電磁波理論はその後、場の理論の展開(ローレンツ変換)を経て、アインシュタインの相対性理論へとつながっていくこととなる。しかし、MaxwellもBranlyも彼らの科学知見の無線電信技術(後の無線工学)への応用はまったく考えていなかった。

Hertzの実験結果は、彼が発表した電磁方程式論文によって瞬く間に欧州全土の学者の目に触れ、彼らが自国アカデミーで講演と公開追実験を行い、電磁波の存在が再確認された。このように、新思考の伝播チャンネルとして欧州各国(ロシア、米国を含む)を横断的に接続するネットワークが確立していた。これが新思考の伝供に重要な役割を果たした。しかし、まだアカデミーが未成立だった欧米以外の地域ではMaxwell、Hertz、Branlyなどの革新的科学知見についての関心が高まることはなかった。

新思考の伝播チャンネルとしての「アカデミズム」の存在はその仲間内での「越境性」にまず卓越して顕れたと評価することができよう。

②エンジニア・チャンネル

応用物理の一分野として19世紀の列強時代にフランスなどの欧州各国においてもっとも優勢だったのは「政府内エンジニア」だった。彼らはMines、Ponts et Chaussées、Sciences Politiquesなどの高等大学校で養成されたエンジニア官吏

10 Philippe Monod-Broca (1990) p.165 118-19

11 Sze, Simon Min (1991)

12 RICHARD POPP (1902), "Préface de JACQUES DU CHANGE"

13 志村(2012), p.212, 114 p.213 11

だった。彼らはアカデミー教育を受けており、政府官吏(軍人を含む)であると同時にアカデミーと人的接触を有する存在だった。

Hertzの電磁波存在確認実験の結果がアカデミーによって詳細に伝えられると、ただちにその電波利用の可能性がフランス政府部内の複数の省庁で検討された。主導権を握ったのは有線電気通信技術と経験の蓄積が大きかったPTT(郵便省・Centrale)大学校出身の電気系エンジニア(技官)と軍部(陸軍工兵隊と海軍将官)だった。

フランスにおいては1851年公衆通信法によって「私人の公衆通信(発信・仲介)の禁止」が行われていたため、私設電信局は存在せず、民間人が私的に通信機械を扱うことはできなかった。しかし、無線電信は主として船舶によって海上通信として利用され始めたため、私的無線電信の利用可能性が大きかった。米国はMarconi社の独占に対抗するため大西洋航路民間船舶局と海岸局(大部分が私設無線局(アマチュア局)だった。)との交信を「商務省」が「貿易の効率化・円滑化」という政策意図を掲げて黙認することとなった。フランスにおいては私設電信局の存在は許されず、船舶・海岸間の無線通信は常に「非合法(地下通信)」とみなされていた。無線電信の実用化に関心を抱いたのはPTTよりもむしろ陸軍内部のエンジニアたちだった。

パリの精密科学器具・器材などの開発・製作を行う職人工房を親方から引き継ぎ経営していたEugène Ducretetとその同僚だったErnest Rogerが1895年にPopovが開発した発信器をベースに独自の無線実験装置を製作し、1898年11月4日にパンテオンからエッフェル塔への見通し距離内電波発射実験を行った。これがフランスで最初に成功した屋外見通し距離間無線電信実験の成功事例となった(写真1左側の写真と左下部のフランス語説明参照)。なお、この写真1の交信証(QSLカード)は、80A局(Roger本人)から1934年9月14日に

HB9SS局(スイス・アマチュア無線局)に発行されたカードである。



写真1 パンテオン・エッフェル塔間無線電信実験(1898年)

(出典：radioamateur会長Dan-OB(F5DBT)氏宅の蔵書から著者が写真撮影した(著作権許諾済))

陸軍工兵大隊(軍団)所属のエンジニアJ. Boulangerが1899年に「続交流応用の理論と実際」という論文の中で当時の電波理論を紹介している。同年、後にフランスの電波利用で大きな名を残すこととなるフェリエ工兵大尉(Ferrié, Capitaine du génie)が「ヘルツ波の応用による無線電信の理論的検討」を発表している。1902年4月にはP. Ducretet中尉を含む無線電信現地実験隊がチュニジアに派遣され、現地駐軍の協力を得て無線電信の通信実験を実施し、その経験に基づき、1903年に前線部隊において利用可能な無線通信技術(いわゆるセマホア通信を含む)に関する平易な解説書：Télégraphie et téléphonie sans fil(無線電信・電話入門)が陸軍内部で発行されている。

このように、フランスにおける将官エンジニアはナポレオンがそうであったように、自然科学を学んだうえで政治・軍事・経済などのすべての分野における「合理的解決策」を提示する、現代で言う「総合政策学研究者」であり、Maxwellの電磁波理論とHertzの実験結果に基づき、電波利用を現実社会に応用するために必要な政策、制度、実用設備などの検討を行った人々であった。Ferrié大

尉は後に自ら電解式検波器を改良し、エッフェル塔にアンテナを設置してアルジェリア派遣軍とバリの師団本部との間の無線電信定時連絡ネットワークを確立し、無線電信の実用化を推進した。

③起業家・企業家チャンネル

電波利用フロンティアを開拓した最初の企業は1897年ロンドン設立のMarconi社だった。それ以前の電波利用と企業とのかかわりは①Ruhmkorff高圧発生コイルなどの発振用アーク放電器を製造・供給していた科学機器・精密機器製造企業、②Branlyのやすり粉検波器などの受信用検波器の製造・供給を行っていた科学機器・精密機器開発製造企業などだった(Annexe 1参照)。

19世紀にはこうした科学機器・精密機器製造企業は徒弟制度を踏襲しており、個人事業所であることが多かった。1898年のパンテオン・エッフェル塔間無線電信通信実験(写真1)に参画したEugène Ducretetは、レントゲン、キュリー夫人などの実験器材を開発・製造・販売していた個人事業者集団のひとりだった。その後、彼の名前を冠した無線通信機(大衆向けラジオ受信機)がDucretet Thomson型ラジオとして戦間期のフランス大衆市場に広く普及したがそれは世紀末から何十年も後のことである。

無線電信技術の解説書としては、フランス陸軍第8工兵隊(Génie 8: ジェニー 8)の将校たちが書いたものが早い。ただし、一般大衆向けではなく、国軍内部における仲間(Peer)情報として書かれている。それらのうち、1899年と1901年にFerrié(Capitaine du génie)とJ. Boulanger,(Chef du Bataillon du génie)がそれぞれ無線電信の理論と実践について記述した論文が重要である。

一般大衆、特に無線電信に興味を有するアマチュア向け解説書として、Corret医師(1912)¹⁴と

Duroquier工兵将校(1913)¹⁵らの著作がフランスでは一番早い。

(ロ)マスメディア・チャンネル

①公開大衆講演会

1892年のBranly論文による「検波器」の発見によって電波の存在が容易に目で確認できるようになった。その結果、最初に応用された分野は「リモコン」だった。離れたところからアーク放電器によって電波を発生させると検波器が導通し、ベルが鳴るという仕掛けである。Branly自身によってこうした応用事例が公開講演会で披露されている。このように、研究者自身が公開講演会で実験を大衆に見せることによって彼らの知的欲求に応えようとした。こうした公開講演会には科学技術に興味を有する大衆だけでなく、これから起業を考えているベンチャー企業経営者なども多く参加していたと考えられる。

②大衆啓蒙図書

1888年から1901年にかけて200冊近くの小冊子を刊行したLivre pour Tousシリーズがフランスにおける典型的な大衆向け啓蒙図書の一つだった。このうち、1900年頃に毎月何回か出版された新シリーズ第8巻に無線電信が取り上げられており、無線電信技術の成立の歴史を詳細に解説したものとなっている。著者のサインはなく、著者は不明である。その記事内容に、例えば、以下に引用して示すとおり、1865年のMaxwellによる電気現象(des phénomènes électriques)に関する論文に関して、数式で証明された電磁波の存在と、光もまた電磁波であるとの予見が、Hertzの電磁波確認実験によって証明されたことが紹介され、一般大衆に理解しやすいよう、電磁波は空气中を伝わる音波と同じであると説明されている。物理学

14 Dr Pierre CORRET (1912), Télégraphie sans fil, Réception des Signaux horaires et des Télégrammes Météorologiques.

15 Franck DUROQUIER (1913), La Télégraphie sans Fil pour Tous, Notions Élémentaires construction et installation d'appareils de T.S.F. renseignements divers sur les services radiotélégraphiques.

的に誤っているけれども、大衆が直感的に理解しやすい比喩が使われていたことがわかる。

<Livre pour Tous誌第8巻p.21から引用(原文は仏語、翻訳は著者が行った。) >

「1885年5月24～31日にかけてHertzは電磁波の検出器として空隙のあるワンターンコイルを使い、電磁波の存在を証明する実験に成功した。1890年にBranlyが彼自身が名付けたRadioconducteurを発明した。この検波器は感度が高く、ほかの研究者もこの改良実験に追随した。無線電信は電信で使われているモールス符号をそのまま使用する。1895年にロシアのPopovとイタリアのMarconiが無線電信の実用化につながる実験を行った。Popovはアンテナを改良し18mの垂直線を使い海上5kmの通信に成功し、Marconiも同じ垂直系アンテナを使って23kmまで通信距離を伸ばした。」

<以上、引用終了>

(ハ)アマチュア・チャンネル

MarconiはHertzの実験結果とBranlyの発見を電気通信に応用することを思いつき、実行に移した。彼の無線通信実験成功の情報はアカデミー仲間と企業仲間のネットワークを介して国境を越えて迅速に伝共した。しかし、彼自身は、契約で縛られたプロの研究者ではなく、一人の個人研究者・技術者であり、P.Flichy(2010)の言う活動家としてのアマチュア(付録Annexe 3参照)だった。したがって、Marconiはアマチュアとして実験研究を継続しており、「アマチュア・チャンネル」に属していた。

彼は、イタリアから英国へとその実験研究の場を展開した。彼の周りにはドイツ、イタリア、英国の物理学者、技術者だけでなく、Branly、Ferrié將軍などフランスの科学者、エンジニアもおり、親密な情報交換関係を維持していた。この

ことが彼の属していた新思考の伝播チャンネルが越境型チャンネルだったことをよく物語っている。

1897年のMarconiによる無線電信サービス会社の設立までは、電波利用の努力はすべて「アマチュア」活動だったと分類できる。すなわち、組織に属せず、第三者との契約に基づかない非職業的研究開発または器用仕事を行う個人が研究者・イノベータだった。彼らはアカデミー、エンジニアなどと同様にPeer(仲間)グループを形成することもあったが、そうした団体の組織化については市民団体が抱える共通の困難に直面することとなった。この点については電波利用実用後期の分析においてより詳細に検討する。19世紀末と言う時代においては個々のアマチュアが自発的に電波利用に関わったと考えられ、アマチュアとしての関係分野の出版も多くなく、まだマスコミとの関係も確立されていなかった。

3. 2. 電波利用の実用期

電波利用の実用期は①インダクタンス(L)とキャパシタンス(C)の組み合わせ技術が主として利用された実用前期(以下、LC技術期という。)と、②発振・増幅作用を持つ三極真空管の出現・利用以降からトランジスタの出現までの実用後期(真空管技術期)に分割する。

前者のLC技術の普及による電波利用実用前期は、1899年のMarconiによる英仏海峡横断無線通信実験の成功からド・フォレスト(Lee de Forest)のオーディオ増幅機能を有する3極真空管の発明と、その後の検波、発振回路への応用が可能となった1912年までの13年間とした。後者の真空管技術の普及による電波利用実用後期は、1912年からトランジスタラジオ試作成功の1954年までの42年間とした。

したがって、本研究で言う電波利用実用期は1899年から1954年までの55年間となる。

3. 2. 1. 電波利用の尺度

3. 2. 1. 1. LC技術期

LC技術期において無線電信の交信可能距離を増大するために利用されていた周波数は、波長数万メートルから数千メートルまでの超長波～長波帯域だった。これらの長波利用は電離層反射だけでなく、大気温度・湿度変化などによって地表、海面に沿って電磁波が屈折する性質を利用し、交信距離を伸ばすことができるという特長を有していた。しかし、当時はそのような実験・観察知識の蓄積はなく、試行錯誤的な経験によって長波の方が海上における通信距離が伸びることが知られ始めていたに過ぎない。したがって、電波利用の実用前期(LC技術期)においては、波長1000m(周波数表記で300kHz)まで、一般的には数十キロメートルから数キロメートルの波長を有する超長波または長波が主として船舶間および船舶と海岸局間の無線電信サービスに使用されていた。電波利用の尺度で表現すれば、黎明期と同じ0.00001%程度の利用レベルにとどまっていた。

3. 2. 1. 2. 真空管技術期

1906年De Forestによる3極真空管の発明と、1912年までにその増幅作用の高周波回路への応用が可能になったことによって、それまでの受動素子としてのLとCだけのいわゆる「受動的な電気回路」による無線電信技術が「能動的な電子回路」を使った無線電信・電話技術へと進化した。真空管による高周波増幅、再生検波・発振の実用化によってそれまでの長大な無線設備が不要となり、卓上に真空管送受信機を設置することが可能となり、多くのアマチュア無線家が出現した。

真空管技術の利用によって高周波設備が小型化し、その結果、利用可能な周波数はより高い周波数(より短い波長)帯域へと急速に拡大することとなった。

巨大な交流発電機と長大なアンテナを必要とす

る超長波帯と長波帯の電波利用は広大な土地と資金を準備可能な政府機関(軍部を含む)またはMarconi社などのごく一部の民間企業によってほぼ独占されていた。

真空管の実用化によってこうした社会的状況が大きく変化することとなった。数多くの私設無線局(アマチュア無線局、民間業務無線局、民間放送局など)が、真空管を利用した中波、短波帯の利用技術を開発した。こうした数多くの私設無線局が波長200m(1.5MHz)以下の短波帯における無線通信実験を繰り返したことによって、1922年には真空管を3本装備したごく小規模の無線電信装置でフランスのアマチュア無線局(8AB)と米国アマチュア無線連盟局(1MO)との間で後述の3.2.2.2.(2)(ハ)②に詳述するとおり、大西洋横断の双方向無線電信通信が実現している。この時の使用周波数は周波数測定技術が確立されておらず正確には記録されていないが、通信を行ったアマチュア無線家の報告によれば、波長100m付近が使用されたとされている。100m(3MHz)より短い波長の周波数帯域(短波帯)の実用化が始まったのである。

したがって、後期の電波利用尺度は前期から一気に3桁向上し、0.01%程度(300MHzまで)となったと考えられる。

3. 2. 2. 技術革新の伝播(実用期)

3. 2. 2. 1. LC技術期

(1)革新(新思考)の内容

電波発振器の出力を大きくし、アンテナを大きくすることでより遠くまで電波が届くことが1890年代後半の数多くのアマチュア実験によって次第に明らかになり、1897年にMarconiによって無線通信サービス企業がロンドンに創設された。同時に、数多くの試行錯誤を経て、同調回路、アンテナ・アースなどの役割の重要性が明らかになってきた。しかし、まだ電波がアンテナからどのよう

に放射されるのかが分かっておらず、電気的特性は十分には解明されていなかった。Maxwellが提唱した電磁波媒体「ETHER」が自由空間を満たしているとの仮説は、その後の「電磁場」、「相対理論」、「量子力学」などの学術的理論体系が形成されるまで、大衆だけでなく物理学者の間でもその存在自体が論争的となっていた。

単発式の火花発生アーク型電波発信機は不要輻射成分が大きく、通信がきわめて非効率であることが認識されるようになり、回転式の連続火花発生アーク型発振器¹⁶、高周波発電機などの連続波発振源が開発・使用されるようになった。この変化によって、発振周波数の占有帯域幅が狭まり、周波数の利用効率が革新的に向上した。その結果、より多くの船舶・海岸局間の無線電信の同時通信が可能となってきた。しかし、正確な周波数を測定する手段も安定した周波数で不要輻射の少ない連続波を発生する発振器もまだ開発されていなかった。それでも、連続波が使用されるようになったことで、その新しい応用分野として「音声による変調」が可能となり、無線電話システムの開発が進んだ。

この期間の無線電信システム開発に投入された要素技術のほとんどは有線電信技術の延長線上に存在していたLC技術だった。電信、電話などの有線通信技術分野ではすでに音声に近い周波数領域(数十Hz～30kHz程度)が電信多重通信などとして使用されており、30kHzの音声周波数と同じ超長波帯から300kHzの長波帯までの周波数が無線通信においても利用されていた。このため、有線電信で開発されてきた要素技術がそのまま無線電信に応用可能だったのである。この有線と無線の連続性がMarchalの言う「自然は飛躍せず」という言葉を想起させる。しかし、無線で使用する周波数帯域が次第に600kHzあたりから1.6MHzまでの中波帯に拡大してくると、中波帯に適合したコ

イル(L)とコンデンサ(C)の要素技術開発が新たに必要となった。稠密コイル、可変バリコンなどの要素技術が経験的器用仕事によって1912年までに次々に開発・実用化された。

(2)伝共チャンネル

(イ)仲間内チャンネル

①アカデミー・チャンネル

すでに無線電信サービスが船舶通信などに普及し、大衆がもっとも知りたいと願っていた「電磁波とは何か?」という問いかけに対して、当時の古典的な物理学体系では説明が見つからないことを1907年にPoincaréが明確に指摘している。

ポワチエ大学理学部のAlbert Turpain教授は、1890年代から無線電信の将来性に注目し、自らも無線電信実験を進めていた。しかし、彼のように実際に無線電信の通信実験に取り組んだ物理学者は数少なく、アカデミーで評価されることはなかった。なぜなら、無線通信に関する応用研究は物理学上の主要な研究分野ではなく、Maxwellの電磁方程式が予言した「ETHER(空間電磁場)」の存在を実証できるかどうかといった議論が多くの物理学者の興味を引き付けていたからである。

無線通信はアカデミックな研究課題ではなく、軍、政府部内などのエンジニアが担当する応用物理学分野の研究課題か、精密機器、科学器材などを手掛がける職工(テクニシャン)の器用仕事の分野に属すると目されていたからである。伝統的な欧州においては形而上学的な思考を担当する研究者・エンジニアと身体を動かす職人(テクニシャン)とは全く異なる職業分野に属する専門家だと考えられていた。

このようなフランスにおける社会情勢を背景にして、Turpain教授はBranly教授の無線電気通信への学術的貢献に疑問を抱き、終生争った(Branly事件)。

¹⁶ 米国のMaximが発明した回転式機関銃の機構の応用とも言われており、ARRL設立者の一人であるアマチュア無線家Maxim氏はその子息である。

②エンジニア・チャネル
・フランス陸軍エンジニア

仏陸軍は北アフリカ植民地における通信手段として無線が有効であると1899年に報告している。当時はまだ電波を使った遠距離無線通信実験は試みられておらず、大地通電型電信、夜間の可視光線による通信などがチュニジアで試みられている程度であった。

Marconi式無線電信がその到達距離を次第に伸ばし、大西洋横断通信に成功したことが宣言された1901年に、フランス陸軍工兵大隊のJ. Boulanger司令官とFerrié工兵大尉の連名で、「Télégraphie sans fil et les Ondes Electrique(無線電信と電気振動)」と題する論文が公表されている。当時の仏陸軍は、未知の可能性を秘めた無線電信システムの実用化を目指しており、そのためにまずMaxwellの電磁波理論の理解に着手したことがわかる。その後、Ferrié大尉は自ら金属粉末式検波器より感度の高い電解式(湿式)検波器を開発し、陸軍における無線電信技術の採用を後押しした。

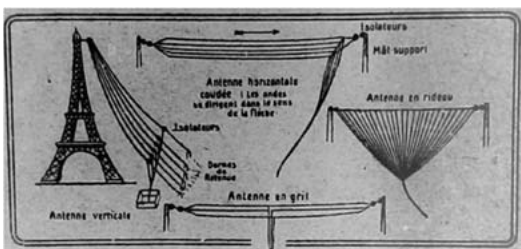


写真2 さまざまなアンテナの形態
(左端：エッフェル塔アンテナ)

(出典：F. Duroquier (1913).
La Radiotélégraphie Sans Fil pour tous.の表紙挿絵から)

1912年にエッフェル塔をアンテナ塔として利用(写真2参照)し、大衆が傍受可能な音楽番組を含むラジオ放送が開始された¹⁷。1904年からフラン

ス陸軍が開始したエッフェル塔からの定時時刻通報は仏海軍艦艇の標準時刻として重用された。陸軍はエッフェル塔からの定時無線交信によって植民地軍との通信を行っていた。1908年にはオーディオン三極管を使った音楽放送がエッフェル塔から実験的に流された。

・フランス海軍

仏海軍は早くから無線電信通信の戦略的価値に注目し、船舶用無線電信を1914年までに実用化していた(C.Tissot(1914))。第一次大戦中には東南アジア海域で作戦中の自国艦艇とエッフェル塔との間で、無線電信による定時交信が行われていた。

トラファルガーでスペイン艦隊を撃破した英ネルソン提督が初めて使ったとされている旗流信号、手旗によってモールス信号を送受信する手旗信号などの伝統的な「セマホア通信(有視界無線通信)」が海軍の船舶間および船舶・海岸局間通信の伝統的な通信手段だった。しかし、視認距離外で通信を行うことができる無線電信は、船舶にとって何ものにも代えがたい重要な技術であった。

無線電信の実用化で一步先んじたMarconi社の無線電信設備がいち早く民間船舶と英国海軍に採用され、船舶間通信に利用され始めた。フランス海軍は金属粉の検波作用の発見者であるBranly教授、陸軍のFerrié大尉などの工兵隊エンジニアの協力を得ながら独自の仏海軍式無線電信システムの開発を進めていた。

海軍側の開発チームの中心となったのがTissot大尉だった。彼は1910年に「Les oscillations électriques-principes de la télégraphie sans fil (電気発振-無線電信原理)」と題された論文を公表している。

Ferrié大尉の開発した電解式(湿式)検波器は揺れる船舶においては利用できず、アンテナの設置

17 この時Ferrié大尉がエッフェル技師を自ら説き伏せて無線アンテナ展張するための支持塔(無線塔)としてエッフェル塔を利用することを認めさせたと言われている。

面積も陸上よりはるかに制限が多かったことから、船舶搭載の無線電信設備の開発は陸上設備よりも技術的により困難だった。

③企業チャンネル

第一次大戦中、無線電信は有線電信・電話を補完する重要な兵器との認識が高まり、戦線が膠着するにつれ、英国も途中参戦の米国も「フランス企業」にそのもっとも重要な部品だった「3極真空管」を大量に発注し、現地調達するようになった。

当時、都市部では直流給電が主流だったが、アルプス地方では豊富な水力を利用してすでに交流給電が開始されていた。すなわち、フランスアルプスの麓の街には、交流に関する技能を蓄積した電気技術者がすでに存在していた。彼らの会社がLyon、Grenobleなどにおいて、その後の無線電信設備を供給するメーカーに育ってきた。

④外交官チャンネル(国際会議：越境型チャンネル)

伝共チャンネルとしての国際会議の役割は重要である。Rogers(1962)が指摘したとおり、新思考の伝播要素として社会システムの存在が欠かせない。電波利用のような国境を越えて伝播する伝共サービスを対象とする社会システムの構築は、その性質から、国内社会システムとして検討することはあまり意味がなく、国際社会システムの構築が必要となるからである。

フランスの国内通信法体系は1851年12月27日に公布された郵便・有線電信(電報)サービスの国家独占(私的な電報サービスの全面禁止)からすべてが始まっている。公益の私益に対する優越、すなわち、経済活動に通信サービスを使用するより国家安全保障などの公益確保のための通信サービス利用が優先されるとの法体系となっていた。このような考えに基づく国家独占型の公益性の高い郵

便・電報サービスが欧州全体に普及し、1865年のパリにおける国際電信会議と1875年ペテルスブルグ会議を経て国際規約となった。そこにはフランス外交とフランス語の優位が強く働いていた。19世紀半ば、列強国(一等国)となるためにはフランス語で外交ができなければならなかった¹⁸。

しかし、電磁波を利用する無線電信が民間企業としてのMarconi社によって実用化されると、列強のバランスが大きく変化した。海軍力においてすでに優位にあった英国がさらにMarconi式無線通信技術を手に入れ、「英語」が無線通信(無線電報)のデファクト共通語となりそうになったからである。1903年、第1回国際無線電信会議がパリではなくベルリンで開催されたことがこうした列強間の微妙な覇権バランスに無線電信技術が影を落としていたことを物語っている。

この1903年ベルリン会議において、各国の有線電信サービスと船舶電信サービスとの相互接続が提案された(無線電報取扱いの義務化)。また、ドイツが主張していたMarconi社以外の無線機を搭載した船舶または海岸局が、Marconi社が独占してきた無線電信(公衆電報)サービスを仲介することも提案された。こうした公衆電報取扱いの船舶無線サービスへの開放は1875年ペテルスブルグ条約(有線電信サービスの国際間相互接続義務を規定)の越境サービス取扱い方式を無線電信に敷衍したものだだった。

さらに、電波利用技術への社会的な要請として、①船舶無線通信士の技量を高め、相互により確実な通信を可能とするための無線従事者資格の国際的基準の作成、②無線従事者資格試験の導入などを検討すること、③船舶の遭難時に必要となってくる無線通信に必要な国際的な取り決め(一定以上の船舶への無線設備搭載の義務化、オペレータによるワッチ(当直)時間の義務化、遭難

18 1906年ボーツマスでの日露講和条約締結会議における日露全権大使の仏語交渉能力の低さが仏では声高に語られていた(CORRET医師博士論文参照)。

時無線通信標準手順の創設など)などが1906年のベルリン会議で先の1903年の提案に加えて決定された。これによって船舶無線電信サービスが1企業の独占から離れ、より国際性の高い社会システムとなり、社会的信頼性が向上した。

(ロ) マスメディア・チャンネル

① 公開講演会

1907年にPoincaréがパリで出版したMaxwellの電磁気理論に関する書籍は、大衆の知的好奇心を刺激し、その出版記念講演会がパリで開催されている。

② エンジニアによる一般大衆向け解説書の発刊

一般大衆向けにエンジニアが書いた解説書として、電気エンジニアのRichard Poppが1902年に出版した「La Télégraphie sans fil, Expliquée au public(無線電信：一般大衆向け解説)」がある。LC技術を使った無線電信技術の事例を、多くの回路図、アンテナなどの図示によって紹介し、無線電信システムがどのような要素技術からできていて、どのような原理に基づいて動作するのかがわかりやすく解説されている。

エッフェル塔から民間傍受を前提としたラジオ放送が始まった1912年の翌年、1913年には、F. Duroquierが一般向けのラジオ受信機製作方法を解説した「La Radiotélégraphie Sans Fil pour tous.(万人のための無線ラジオ)」を出版している。

③ 大衆啓蒙図書

1903年、Maurice des Coratsが「La Bienfaitrice(役に立つもの)」という雑誌に無線電信システムの紹介記事を書いている。まさに無線電信は人々の生活を向上する役に立つ技術だった。

1905年、Henry de Graffignyが「L'Electricité pour Tous(すべての人のための電気)」を刊行し、電気技術の一つとして無線電信システムを紹介した。

(ハ) アマチュア・チャンネル

無線通信技術が社会に普及し始めた19世紀末から20世紀初頭にフランスで出版された「万人のためのラジオ技術」などにおいても、盛んにamateur de radioという言葉が使われている。これを見れば、当時のフランスにおいては、Flichyが指摘したとおり、モータリゼーション、蓄音器、電話機などの何か人を惹きつけてやまない新しい革新的商品へのあこがれが、科学技術への確かな大衆の信頼となって、広く社会に受け入れられていたことが推察される。

無線通信、ラジオへの単なるあこがれだけではなく、未来への大きな飛躍の機会を提供してくれる科学技術の成果を手に入れ、ラジオ、通信機器を使いこなすことによって新しい時代の構築に参加しているとの喜びが無線技術愛好家をとらえて離さなかった。

フランスにおける電信サービスは1851年の電信法によって国営独占と定められており、私的なアンテナを立てて船舶電信などを傍受(受信)・中継することは第一次大戦後の1923年に私設無線局(ラジオ放送局を含む)設立の法的根拠が政府によって明示されるまで、おっぴらにはできなかった。元検事であり、弁護士だったMaisonneuve氏は私設無線局(後のアマチュア無線局)の設置に関する法制度の整備を政府に積極的に訴え続けた。政府も実際には私設電信局の摘発を行わなかったため、第一次大戦前にもフランスには少数であるがアマチュア無線局が存在し、1910年には彼らが集まって情報交換を行うためのアマチュア無線クラブとその機関誌が自然発生的に存在していた(La T.S.F. Moderne(1925年2月号 P.114))。

こうしたフランスにおけるアマチュア無線家の動きは1913年の英国アマチュア無線連盟(RSGB)の設立、1914年のアメリカアマチュア無線連盟(ARRL)の設立などと同時期に観察されている

が、いずれの国においても第一次大戦勃発とともにすべての私設無線局活動が禁止され、第一次大戦後に再開または合法化されるまで休止した。

他方、第一次大戦中に電波利用(軍事通信及びラジオ放送)は大衆の興味的となり、ラジオ啓蒙書と雑誌の大半は大戦中も継続して発行されていた。こうした大衆向け無線雑誌として、L'Avenir de la Télégraphie sans Fil(1914年4月刊)、Onde Hertzienne(1914年刊)などがある。

1910年代当時のフランスには私設無線局(後のアマチュア無線局および放送局)の利用に関する明示的な規制が存在しなかったため、その愛好家団体にはあらゆる人々が参集していた。医師、元裁判官、大学教員(研究者)、電気技術者、理化学機器製造職人、印刷出版経営者、軍人など。彼らは無線設備に必要な検波器、コイル、コンデンサなどをすべて自作するか、カルチュラタンで理化学機器を手作りしていたDucretetなどの理化学機器製造職人などに委託していた。

第一次大戦中に大量に生産されていた3極真空管を使って第8工兵軍団(ジュニー8)を退役した将校・兵隊たちが彼らが軍隊内で使用していた「8」で始まるコールサインを使って退役後も自分たちで組み立てた送受信機を使っておたがいに無線電信通信を個人的に継続した。大戦前に1万1000人だったジュニー8所属の将校・兵士の数は大戦後期には5万人近くに達していた。これがフランスのアマチュア無線人口の多くを占めるようになり、それまでの医師、裁判官、大学教員といった初期アマチュア勢力を圧倒した。

3. 2. 2. 2. 真空管技術期

(1)革新(新思考)の内容

1879年のエジソンによる白熱電球の発明、1904年のフレミングによる2極管の発明、1906年のド・フォレストによる3極管の発明が真空管技術時代の先駆けとなった。

1912年ごろからようやく管の中を「高度の真空」にすることによってより効率的な検波・増幅作用が可能となった3極真空管の生産が軌道に乗ってきた。3極真空管の大量生産が可能となった背景には第一次大戦中の有線電話と有線電信システムの特需があった。その後、4極真空管、5極真空管などの多極真空管が開発され、再生検波、発振、増幅だけでなく周波数変換、周波数変調などの回路技術がアメリカのアームストロングなどによってつぎつぎに提案・開発され真空管の用途が拡大した。

Branlyの発見した金属粉の検波作用に関する理論的解明とセレン、方鉛鉱などの鉱石の整流・検波作用に関する理解は、熱作用説、電解説、近傍電界説などが提示されたが進んでいなかった。1923年、ロシアのアマチュア無線家Oleg Lossevが紅亜鉛鉱に高周波増幅・発振作用があることを発見した。負性抵抗効果(トンネル効果)の発見だった(Cazenobe(1986))。しかし、彼の発見は真空管全盛時代にあっては次第に忘れさられた。

真空管技術期の新思考のほとんどすべてがその大量生産と小型化のために費やされた。Lossevの負性抵抗発見は固体半導体の開発・実用化に活かされなかった。トランジスタの発明は20年以上遅れた。

真空管の出現によってLC期で波長300m(1MHz)あたりまでしか利用されていなかった周波数域が簡単に数百MHzへと2桁分跳躍した。

(2)伝共チャネル

(イ)仲間内チャネル

①アカデミー・チャネル

アカデミズムは量子としての電子の挙動を解明する方向と、電磁方程式を解明する「場」の理論の構築へと向かった。しかし、相対性理論、量子力学、核工学、情報処理などの学問分野はなかなか大衆の受け入れるところとならなかった。アカデミア内でもこうした新思考分野に挑戦する人々の数は多くなかった。

②エンジニア・チャンネル

電波利用を拡大する原動力はエンジニア・チャンネルで生じた。無線電話、レーダー、ラジオ、テレビ、真空管式電子計算機(コンピュータ)、民間放送局ビジネスモデルなどの大半は電波エンジニアの研究室から生まれた。しかし、そのうちいくつかの技術は、必ずしも専門的なエンジニア教育を受けていないアマチュアが開発した。特に自由の国、米国におけるアマチュアの活躍がきわだっていた。逆にフランスなど欧州のエンジニアは軍、政府研究機関、大学などで組織され、それぞれが担当分野の研究開発を担当しており、アマチュアがより大きな個人プロジェクトを提案するために必要な「エンジェル」などのハイリスク資金提供の社会システムが整っていなかった。

③企業チャンネル

軍事用だった無線通信技術が第一次大戦後の1920年代になると平和産業としてフランスで発展した。しかし、フランスはこの分野では完全に出遅れており、自由貿易・投資制度をとっていたことから、米、英、独からの無線機材、無線機器、無線設備の安価な完成品輸入と外国企業による直接投資に圧倒され、国内資本による産業の発達は低調だった。

その結果、1930年代に民間事業者としてこの分野に参入した企業群の多くもその市場(需要)の大半を軍需に頼ることとなり、多数の市民によるラジオブームの需要を満たしたのは英国マルコーニ社、オランダフィリップス社などの外国メーカーだった。第一次大戦時に外国メーカーからの技術移転に依存してきたフランス政府はこうした外国メーカーを閉め出す政策は採り得なかった。民間企業が中心となって大衆用ラジオ受信機の大量生産を行った米国の事例と比較すると、フランス社会のラジオ受信機の普及が内発的経済発展につながらなかった理由を検討する際にはSyndicat

Professionnel des Industries Radio-Electrique (S.P.I.R. P.Brenet会長)などのフランス企業の産業組織・構造に注目しておくことが重要である。

フランスの無線機器・ラジオメーカー数が1926年に160だったものが1927年に315と倍増したのに対してドイツのメーカー数は同時期に125から25へと激減している。1927年の時点ですでに、H.Etienneは、こうしたメーカー乱立がフランスのラジオ技術を分散させ、産業競争力の弱点となっているとして技術集約の必要性を訴えている。

④ 外交チャンネル(国際会議)

1927年ワシントン国際無線電信会議において英米主導でアマチュア無線業務への周波数割当が行われた。この国際会議で初めて英語が準作業言語として認められ、議事録が英語でも作成された。仏語の外交上の優位は消滅した。電波利用のための国際規約は英国と米国が主導して決定されることとなった(Annexe 2参照)。

(ロ)マスメディア・チャンネル

⑥専門誌、雑誌などのチャンネル

第一次大戦後に電波利用に係る多様な専門誌、大衆向け雑誌などが発行された。それらの中で特筆すべきは、(a)ラジオ放送番組表を掲載する新聞、雑誌などの出現、(b)演奏者の顔写真・経歴などを掲載した新聞、雑誌などの成功、(c)子供向け無線通信紹介新聞の発行などであろう。

(a) ラジオ放送番組表の掲載

Radio-Sud紙1925年8月号には、写真3に示すとおり、パリのPTT放送局の中継放送を行っていたマルセイユPTT放送局による番組紹介ページが掲載されている。これは、読者からの要請によって作成されたページである。PTTは自ら国営放送局をただちには立ち上げず、PTT大学校

Y.Nakano, Popularization of radio wave utilization; Past, Present and Future

からニュース、音楽などの放送を実験的に行っていた。その番組内容を聴取したいというマルセイユ市民がお金を出し合う形で市民ラジオ放送局が建設され、パリのPTT大学校から放送される番組をリアルタイムで再放送していた。パリの楽団の演奏する音楽がリアルタイムで聴取可能となり、非常に人気があった。

(b) 演奏者の顔写真・経歴などの掲載

Radio-Sud紙の1925年12月号には女性演奏家の顔写真と経歴が掲載されている(写真4参照)。ラジオから流れてくる音楽演奏を聴取しながらその演奏者の個人的プロフィールを想像することでさらに人気が高まったと考えられる。

(c) 子供向け無線専門誌

1924年に、子供向け無線専門誌「La petite antenne(かわいいアンテナ)」が創刊された。写真5にその3年目、1927年4月に発行された号を示している。大きなマンガで子供たちの興味を惹こうと記事を工夫していることがわかる。ラジオ放送はすでに大人だけでなく子供たちの世界でも人気になっていたことがわかる。

1924年以降は、フランスにおける電波利用がラジオ放送中心に変化し、一般市民が音楽放送などに殺到したという記録があるとおり、ラジオ放送がフランス全土で人気になった。当時の受信機はその大半がアンテナと同調回路の後段に「鉱石式検波器」を置いた簡単なものだった。高性能のものとしては、すでに3球再生検波式のラジオ受信機も販売されていた。フランスでパリ・エッフェル塔からのラジオ放送の直接受信が困難だった地域として四囲の国境地域(例えば、Marseilleなど)と、中央山塊付近(例えば、Auvergneなど)があった。こうした難聴地域ではラジオ放送受信のためのアマチュア団体が結成され、技術情報の入手、



写真3 マルセイユPTT放送局によるパリPTTの再放送番組表(時刻ごとに音楽番組の内容などが記載されている。)

(出典：Radio-Sud紙(隔月刊)1925年8月17日号)



写真4 演奏者の顔写真・経歴などの掲載事例

(出典：Radio-Sud紙(1925年12月号))



写真5 青少年向け無線通信雑誌 (la petite antenne(かわいいアンテナ)、毎週木曜刊の週刊紙、1927年4月21日号)

再放送局の誘致・建設などの市民運動が高まった。このようにして電波利用技術の大衆化が1924年から28年ごろまでに急速に進展した。

(ハ)アマチュア・チャンネル

①フランスにおけるアマチュア無線のスタート

フランスにおける無線通信サービスは、1851年の無線電信勅令(1837年のセマホア通信規制法に有線電信サービスを規制対象として追加した勅令)によってその発信サービスの提供が国営独占と定められており、無線電信サービスは1903年の政令によって郵便・電信庁(PTT)の独占とされた。このため、1903年以降、私的なアンテナを立てて船舶向けなどに電報を送信する行為はフランスにおいてはおおっぴらにはできなくなった。

このような状況に対して、元検事であり、弁護士のMaisonneuve氏が、私設無線電信局(後のアマチュア無線局)の設置認可制度の創設と法制度の整備を政府に積極的に訴えた。しかし、英国政府が私設無線局の設置をMarconi社に認めたのと同じようにはフランス政府は私設無線局の設置を認めることはなかった。認めればPTTそのものが英国企業によって脅かされる可能性が高かったからであろう。一方で、フランス政府はフランス人による私設無線電信局の設置・運用(海岸局および船舶局)の摘発を必ずしも積極的には行わなかったため、第一次大戦前にもフランスには少数であるがアマチュア無線局が存在した。Maisonneuve氏自身がそうしたアンテナを自宅に設置し、船舶などと無線交信を行うアマチュア無線家だった。

②アマチュア無線局の台頭と団体の出現

フランスにおける私設無線愛好家団体は、1908年頃から非公式に結成され、活動していたが、公式には、パリで1925年に開催された第1回国際アマチュア無線・国際無線電信法合同会議(写真6

参照)終了直後に形成されたフランス・ラジオ送信(愛好)家(Radio Emetteurs de France: REF)が最初である。その後、数多くの団体が1901年association法(市民団体法)に沿って組織された。それらの結成にともなって団体機関誌がつぎつぎに発行された。しかし、ラジオ放送をもっぱら聴取するだけの「ファン層」と無線送信を自ら行う私設無線送受信局を運用する「アマチュア層」の間に深刻な社会的対立が生じた。その結果、多くの団体が内部崩壊することとなった。



写真6 第1回国際アマチュア無線・国際無線電信法合同会議開会式(1925年パリ大学理学部大教室、向かって中央左挨拶をしているのがFerrié将軍、その右隣が8AB Deloy氏、さらにその右がARRL会長Maxim氏)

(出典：radioamateur会長Dan-OB(F5DBT)氏宅の蔵書から著者が写真撮影した(著作権許諾済))

フランスにおける私的電波利用の解禁は、大戦中の1917年に無線通信傍受が認められたところから始まる。第一次大戦後の1921年秋に、ようやく政府によって私設無線局開設が認められた。ここからフランスにおいてもようやくアマチュア無線局が公式に無線局として認められた。

無線局区分として、軍事、国家による通信サービス以外の部門として、私設放送局、私設無線実験局などの設置が認められたのである。当時はすでにエッフェル塔からの軍放送(1904年開始)およびパリ市内の民間事業者によるラジオ放送(1912

年開始、時報放送、音楽演奏など)が行われており、1923年以降になると多数の市民がラジオファンクラブを結成し、民間市場に大量放出された戦時ラジオ部品などを手に入れ、自分たちで情報交換しながらラジオ製作を行っていた(こうした社会的現象は日本では第二次大戦後に観察された)。こうしたラジオ放送ファンクラブは1929年ごろまで雨後の筍のように各地に作られ、仏政府(PTT)の電波政策がこれを後押しし、地方・中山間部に「PTTラジオ放送局」が地元の熱意と協力によって続々と建設された。ファンクラブはその地域のラジオ番組表をクラブの機関誌として印刷し、メンバーに配布した。こうした民間の無線通信局、ラジオ放送局の設置は1923年に10年間の時限措置として認められたものだったため、1933年にはすべてPTTなどの国家機関に吸収され、フランスにおける民間無線局は全廃された。

フランスでは、第8工兵軍団で無線通信に従事してきた多くの若者が復員後もそのままプリフィクスに8の数字だけを使うアンカバー局として実質的にアマチュア無線活動を継続した。1921年にフランス郵電省(PTT)もこれらの局に正規の無線局免許を後追的に与えた¹⁹。このように、1921年ごろにはすでに米国、フランス、スペイン、イタリアなどにおいて数多くの私設無線局が存在しており、彼らに対して各国ごとにばらばらに免許が与えられるようになっていた。その結果、各国がそれぞれ設定したアマチュア無線利用周波数帯域²⁰も国際的統一がとれていなかった。各国とも1912年の国際無線電信協定付属規則によって定められた公的電報のための周波数帯域とされた600mから1800mの波長帯域は私設無線局には認められなかったため、300mより短い波長(中波帯上部を含む)で150mに近い周波数を私設無線局に割り当てていたようである。

こうした動きの中で、1921年秋から冬にかけて米国のアマチュア無線連盟(ARRL)の呼びかけで欧州のアマチュア無線局が協力して大西洋横断無線電信実験が行われた。1921年冬には成功しなかった大西洋横断通信は、使用していた周波数帯域を波長200mの中波域から100mの短波帯域へと1922年秋に変更して実験が継続された。使用周波数が次第に短波帯へと移動するにつれて出力100w程度の小規模の送信機の信号が大西洋を越えて受信されるようになってきた。しかし、1922年秋には相互通信(交信)は実現できなかった。1923年秋に、ついにフランスのアマチュア無線局(8AB: Léon DELOY氏)と米国のアマチュア無線



写真7 アマチュア無線家による短波帯大陸間通信の発見(フランスのニースから米国東海岸への無線電信通信に成功したアマチュア無線家(8AB(上)と1MO(下))の交信確認証(QSLカード)。

(出典: radioamateur会長Dan-OB(F5DBT)氏宅の蔵書から著者が写真撮影した(著作権許諾済))

19 Gérard DEBELLE - REF 11340 / F2VX (2003), "Histoire de l'émission d'amateur et du Réseau des Emetteurs Français", p.5 1.30-35

20 当時はアマチュア局という呼称以外に、私設局、実験局などという呼び方があった。

連盟(ARRL)局(IMO: F. H. Schnell氏)間で無線電信による交信が初めて成功した(写真7参照)。

③アマチュアの2類型と社会的正統性をめぐる争い

Flichy (2010)によれば、アマチュアは、技術を自ら実践するタイプと技術を愛でるタイプ、つまり、「職人」と「通、目利き」という2類型に分けられる。かれらはお互いに反目し合うというより相互補完の関係になっているとも指摘している。職人が作り、それを通・目利きが社会に拡散させるのだと。

その歴史的反証の一つとして、フランスのアマチュア無線社会を揺るがした1920年代の2つのアマチュア無線団体間における社会的対立を挙げることができる。

1917年によく無線電信傍受のためのアンテナと無線設備の私有およびアンテナの屋外設置がPTTによって認められたフランス社会の電波利用環境で、1914年までにすでに結成されていたいくつかのアマチュア無線団体と1920年以降に結成された多くのアマチュア無線団体との間で不協和音が聞かれるようになった。

前者は、無線電信実践グループ(いわゆる現在のアマチュア無線家となったグループ。)であり、後者は、エッフェル塔から流れてくる時刻と気象通報、さらに、後にラジオ放送のキラーコンテンツとなったコンサート番組をもっぱら傍受するために受信機を組み立てたグループ(オーディオ愛好家とも呼ばれた。)だった。

これらの2つのアマチュア・グループの出現とその後のフランスにおけるアマチュアの正統性をめぐる苦い対立抗争の歴史が彼らの団体機関誌(特にT.S.F. Moderneが発行部数も多く、記事内容も充実している。)から垣間見えてくる。団体機関紙をさらに詳細に読んでみると伝統ある団体を内部分裂させ、「公益性」という名の下に団体の再編成が進められた事情がわかる。

1925年第1回国際アマチュア無線会議の成果として国際アマチュア無線連盟(IARU)が成立した。これを契機に、私設の非営利放送局はアマチュア無線局ではないと見られるようになり、ラジオ放送局を個人的に設置していた人々はアマチュア無線連盟から離れていくこととなった。

1923年に私設無線局の設置を合法化した当時のフランス政府(PTT)は私設放送局を黙認するかに見えたが、当初から10年間だけの試行的な自由化であることを謳っており、1927年から1933年までに私設放送局のすべてがPTT放送局に吸収合併されるか、解散させられた。このように、フランスにおいては、私設無線通信局・放送局の自由化の程度は常に公益性優先の原則からきわめて制限的なものとどまっていた。この点が先述の米国の事例(Annexe 4参照)ともっとも大きく異なる点である。

フランスのアマチュア無線局数は2009年時点においても図1に示すとおり一人当たり国民所得(GNI)との相関で見ると先進国中で最も低い水準にとどまっている。フランス社会が電波利用の実用後期までに蓄積・経験したアマチュアの社会的経験が内発的技術変化につながらず、アマチュア無線家団体組織および市民団体組織運営が一般的に困難であり、公益性を優越してきた政策の反動として市場経済活動(起業家、中小企業などの孤立・分散)の劣後・弱さなどが生じたため、自由な市場活動を介した新思考(イノベーション)の大衆化チャンネルの構築・発展がフランスにおいては英独米伊などに比べて劣後となったことなどに起因しているのではないかと考えられる。

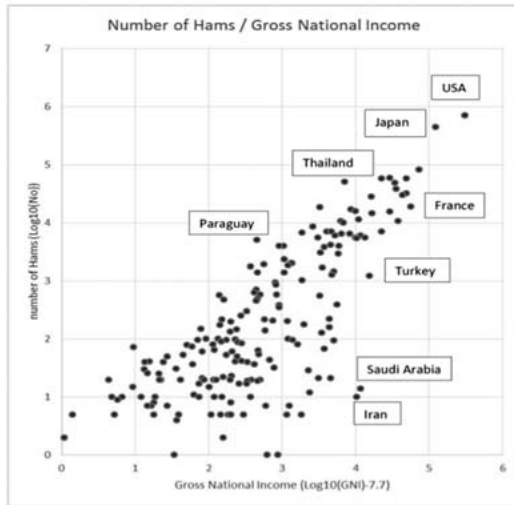


図1 一人当たり国民所得(GNI)とアマチュア無線局の関係(2009年)

4. まとめ

4. 1. 電波利用の尺度の推移

1865年から発表され始めたMaxwellの電気・磁気相互作用に関する複数の論文で予測された電磁波の存在と波動媒体としてのETHERの存在予測は、その後、1887年から88年にかけてのHertzの独自の実験装置を用いた電磁波の存在確認実験を経ても完全には解明されておらず、多くの物理学者を悩まし続けた。一方で、電気と磁気の非近傍空間における相互作用が無線電信通信に応用可能であるとの直感的な展望を持って無線電信通信実験に挑んだPopov、Marconiのようなアマチュアたちがアンテナ、同調回路などを経験的に見出し、次第にその通信距離を伸ばした。この時代が、Hertzの電磁波存在確認実験成功の1888年からMarconiによる1899年の英仏海峡横断無線電信実験成功までの電波利用黎明期にあたる。

黎明期においては、アカデミアの発見、理論的解明などの努力は、システムとしての無線電信の構築・改良にほとんど貢献することはなかった。熱心なアマチュアたちが試行錯誤につぐ試行錯誤

で実験を重ねて無線電信の実用化に挑んだ時代である。使用されていた周波数はHertzの数十～数百メガヘルツからMarconiの数百キロヘルツまでさまざまだったと考えられる。

船舶通信手段としての無線電信の重要性が1889年以降に認識されるようになり、大型屋外アンテナと同調回路の工夫によって使用周波数帯が超長波から長波帯へと移って行った。これは超長波、長波などの波長の長い電波が電離層反射と、地表面・海面に沿って屈折する現象を利用してその到達距離を伸ばそうと試行錯誤した結果である。その結果、海岸局と船舶局の間で、最大2000kmから3000kmの通信さえ可能となり、電波利用の実用化期に入った。

電波の最高周波数が3THzと定義されているので、実用限界使用周波数がこの時代には300kHz程度だったと考えれば、利用の尺度(%)は0.00001%程度となる。この時代は、コイルとコンデンサの組み合わせだけで無線通信を行っていた時代であり、電波利用実用化前期と区別することとした。

1906年から1912年までの真空管の実用化を経て、音声周波数より高い周波数の電波発振・検波・増幅などが可能となった。

真空管を電波利用に応用することでそれまで使用してきた大型屋外無線通信設備が不要となり、より波長の短い電波(短波: HF)を扱うことができる真空管式無線通信設備が開発・実用化された。この時代が、1912年から1947年のトランジスタ発明とその実用化(1953年)までの電波利用実用化後期である。利用できる周波数は、圧倒的多数のアマチュア無線家たちの活躍でより短い波長(短波帯)に移動し、それまでの長波では到達できなかった5000km超えの遠方との無線通信が小さな無線設備で可能となった。

1923年には大西洋横断交信がフランスとアメリカのアマチュア無線家によって成立し、短波帯の

実用化が始まった。利用周波数は小型真空管の開発などで次第に高くなり、超短波帯(VHF)、ウルトラ短波帯(UHF)に達し、300MHzを超えた。

官営ラジオ放送が第一次大戦前(1904~1912年)からフランス・エッフェル塔で開始され、米国では第一次大戦後にアマチュア無線局が民間ラジオ局となって新しいメディアとしてのラジオ放送が創造された。英米などでは第二次大戦前にテレビジョン放送が開始されている。すべて真空管技術だった。電波利用の尺度は0.01%程度まで改善した。しかし、真空管はチューブ(管)の内部に金属構造物をおくことで電子流を変化させる仕組みだったためその取扱い可能な周波数限度は一部の特殊管を除けばUHF止まりだった。

取扱い可能な周波数を高めるためには真空管でなく「固体」が有利であることはすでに1905年の鉱石検波器特許などで確認されていた。しかし、検波器は単なる受動素子であり、O.Lossev(1923)のトンネル効果を有する固体能動素子の発見は社会に受け入れられなかった。1947年、アメリカのベル研究所のショックレーらのグループがトランジスタを発明した。これによって固体内を電子が移動する現象をコントロールすることで真空管と同等の増幅・検波・発振などの能動回路素子として利用することが可能となった。この技術を利用して最初にトランジスタ・ラジオ(受信機)の大量生産に成功したのが日本のSONYである(プロトタイプ開発は米国企業などがすでに実施、問題はトランジスタの安定大量生産方式にあった)。真空管が数センチメートル以上の大きさだったのがトランジスタは数ミリメートルということで飛躍的に利用可能周波数が改善した。GHz帯の開発が始まり、電波利用の尺度は1%に達した。

さらに、固体能動素子の理論的研究、すなわち、量子論、相対性理論などの研究が進み、電

気・磁気相互作用理論から電磁場理論へと展開した。電子を含めたエネルギー量子の一つが電磁波(光:フォトン)であると理解されるようになってきた。電磁波のエネルギー準位はその固有の波長だけで決まり、波としての性質を有すると同時に「孤立粒子」としての性質を併せ持つことが小学生でも理解できる時代となってきた。

このような理論背景の変化に沿って、電波利用もテラヘルツ(THz)帯へと展開している。利用の尺度で表現すると33%水準にあると考えられる。近い将来には3THzという電波の定義限界の全域が利用可能となり、電波定義域の見直しが必要となるかもしれない。

ニュートンが研究を開始した可視光線の性質(直進性、屈折、反射など)が電磁波全体に及ぶ「電磁場」の性質であることは相対性理論とその後の天文学の観察結果から明らかとなっているとおりであり、今後、遠い未来においては電磁波の利用は可視光線、X線、宇宙線などの高エネルギー放射線などにまで拡大していくことになる(表1 電波利用の尺度参照)。

	利用上限周波数	利用の尺度 ²¹ (%)
黎明期	n.a.	n.a.
実用期(LC技術期)	300kHz	0.00001%
実用期(真空管技術期)	300MHz	0.01%
発展期(トランジスタ技術期)	30GHz	1%
発展期(量子技術期)(2015年最先端)	1THz	33%
近い未来	3THz	100%
遠い未来(光(電磁波)エネルギー領域)	∞	∞

表1 電波の利用の尺度の推移(出典:著者作成)

4. 2. 電波利用の大衆化

電波利用の大衆化過程をRogers(1962)の言う(イ)仲間内チャンネルと(ロ)マスメディア・チャネ

21 電波法における電波の周波数定義が3THz(3000GHz, 300万MHz)であるので、この3THzを分母として、研究対象期間の電波利用実用限度周波数(大衆化された電波利用機器の実用周波数限度)を分子として得られる百分率を「電波利用の尺度(%)」と本研究ノートでは定義している(本文3.1.1.参照)。

ルという2チャンネルに加えて、(ハ)アマチュア・チャンネルを追加して分析・検討した。

アマチュア・チャンネルが新思考の伝播に大きくかかわっているとの仮説の提示が本研究の独自性であり、新たな学術上の貢献となる。

電波利用は、Maxwellの電気・磁気相互作用理論が先行した1860年代からHertzによる電磁波確認実験の成功まではほとんど実質的な進展は見られなかった。大衆化は限定的であり、アカデミーの仲間内での数少ない論文執筆などによる伝共が主たる情報拡散チャンネルとなっていた。

Hertzによる電磁誘導実験が非近傍領域において火花を誘導することが発見されたことで電波利用は新たな次元に発展した。中でもBranlyによる金属粉を詰めたガラス管が非近傍領域の火花放電によって導通するとの現象の発見が電磁波検知器としてのコヒーラ管の開発につながり、だれでも簡単に火花放電を遠隔地から検出することが可能となった。こうした情報を手に入れたPopov、Marconi、Turpainなどが火花放電を利用して離れた場所へ情報伝送を行うアイデア、離れた場所の電動バルなどを操作するアイデアなどを実験した。特に、Marconiはこのアイデアを電信通信に応用することを思いつき、実行に移した。彼の実験成功の情報はアカデミー仲間と企業仲間のネットワークを介して国境を越えて迅速に伝共した。しかし、彼自身は、プロとして組織と契約で縛られた研究者ではなく、強い興味を持つ一人の個人研究者・技術者であり、アマチュアだった。したがって、Marconiはアマチュアとして実験研究を継続しており、今回の我々の研究課題である「アマチュア・チャンネル」に属していたことが明らかである。彼は、イタリアから英国へとその実験研究の場を展開した。彼の周りにはイタリア、英国の物理学者、技術者だけでなく、Branly、Ferrié將軍などフランスの科学者なども多く、彼らと親密な情報交換関係を有していたことが彼の属してい

た新思考の伝播チャンネルが越境型チャンネルだったことをよく物語っている。

電波利用の大衆化は、その黎明期(1888～99年)においてはアカデミー・チャンネルが重要な役割を果たしており、越境型だった。

有線電信技術の延長線上にあったコイル(L)とコンデンサ(C)を組み合わせた電波利用の実用前期(1899～1912年)においては、英国およびMarconi社の企業チャンネルが重要な役割をはたしており、フランスにおいては科学の応用研究者としての陸海軍内部のエンジニア・チャンネルの存在がもっとも重要な役割を果たしていた。マスメディア・チャンネルとアマチュア・チャンネルはすでに萌芽していたが大きな勢力とはなりえていなかった。

真空管が当初の電話音声増幅器程度の役割から1912年によく電波の発振、検波、増幅などに利用可能な高性能の真空管に発展したことで、トランジスタが実用化される1954年までの真空管技術による電波利用後期が開いた。この時の電波利用大衆化を担った伝共チャンネルが電波を自ら発射する発信型アマチュア無線家の仲間チャンネルだった。ラジオ放送開始によってラジオ受信愛好家としてのアマチュア人口が爆発的に拡大した1924年以降、マスメディア・チャンネルが拡大した。拡大を続けたアマチュア仲間団体は内部亀裂が表面化し、内部分裂、崩壊という結末をたどったものも多かった。フランスにおける仲間団体は、市民団体(1901年association法)のひとつとして位置づけられており、その民主的意思決定メカニズムなどに十分な経験がないまま仲間団体の経営に行き詰まったものも多かった。

このように、古い社会を継承しているフランス社会においてはアマチュア層の存在は民主的な社会システム形成の重要な要素であったが、その経営については必ずしも合理的な方策が見いだされていなかった。2013年から14年にかけてフランスのアマチュア無線連盟(REF)の代議制が大きく見

直されたこともこうした歴史的視点から見ること
も可能であろう。

これに対して、Annexe 4に示した「アメリカ
における電波利用の大衆化」の過程を見るとアマ
チュア・チャンネルが国家の電波利用政策を左右す
るほど重要な社会的役割を果たしてきたことがわ
かり、フランスの事例と対照的であるといえよ
う。

このように、フランスでは、個人の電波利用が
科学研究だけに限定されていたことと、内部分裂
を続けるアマチュア無線団体が社会的存在として
認知されなかったため、アマチュア無線局の数は
増加せず、いわゆるオーディオ愛好家がコンサ
ート聴取を目的にラジオセットを購入しただけに終
わった。

以上の観察から、ラジオ(無線技術)の普及・
大衆化には社会システムが影響するとのSusan
Douglas、平本、高橋などの主張はフランスにお
いても受け入れられ、あわせて、ファン層とアマ
チュア層が単なる科学知識の消費者にとどまら
ず、新知識の生産に関わる技術革新の担い手とな
る一面を持つことが検証された。

参考文献・資料リスト(年代順表記)

- Maxwell, James Clerk, 1873, A treatise on electricity and magnetism.
n.a., 1888-1901, Pour Tous: La Télégraphie sans Fil.
J. BOULANGER, Chef de bataillon du génie, 1899, THEORIE ET APPLICATIONS DES COURANTS ALTERNATIFS Suite.
FERRIE, Capitaine du génie, 1899, TÉLÉGRAPHIE SANS FIL PAR ONDES HERTZIENNES ÉTUDE THÉORIQUE SOMMAIRE.
J. BOULANGER, CHEF du Bataillon du GENIE et Ferrié, Capitaine du génie, 1901, TÉLÉGRAPHIE SANS FIL et les Ondes Electrique.
RICHARD POPP, Ingénieur électricien, 1902, La Télégraphie sans fil, Expliquée au public.
MAURICE DES CORATS, 1903, LA BIENFAITRICE.
Henry de Graffigny, 1905, L'Electricité pour Tous.
Alfred Marshall, trad. par F. Sauvaire-Jourdan, 1906, Principes d'économie politique.
Poincaré, 1907, La théorie de Maxwell.
Pierre CORRET, 1908, Utilité et possibilité de l'adoption d'une Langue Internationale auxiliaire en Médecine.
Tissot, Camille-Papin, 1910, LES OSCILLATIONS ELECTRIQUES PRINCIPES DE LA TELEGRAPHIE SANS FIL.
Dr Pierre CORRET, 1912, Télégraphie sans fil.
Franck DUROQUIER, 1913, La Télégraphie sans Fil pour Tous.
Brun, Jean, 1923, La Téléphonie sans fil, générale et privée.
Albert TURPAIN, 1925, Leçons élémentaires de physique à l'usage des candidats au certificat d'études physiques, chimiques et naturelles.
Hiram Percy Maxim, 1929, The Amateur in Radio.
n.a., 1930, L'enseignement en Colonies d'Afrique.
Everett M. Rogers, 1962, Diffusion of Innovations.
Sir John RANDALL, 1963, Aspect of the Life and Work of James Clerk Maxwell.
Erik Barnouw, 1966, Tower in Babel.
Simon Nora/ Alain Minc, 1978, L'informatisation de la société.
Jean Cazenobe, 1981, Les Origines de la télégraphie sans fil.
Jean Cazenobe, 1983, La visée et l'obstacle.
Jean Cazenobe, 1986, Limailles, lampes et cristaux.
Susan J. DOUGLAS, 1987, Inventing American Broadcasting 1899-1922.
Musée de la communication en Alsace, Riquewih, 1987, La TSF des années folles : 1919-1939.
Jaques PARROT, 1987, La Guerre des Ondes de Goebbels à Kadhafi.
S. D'Agostino, Pourquoi Hertz, et non pas Maxwell, a-t-il découvert les ondes électriques?, p.71-82, dans Jean Cazenobe, 1989, L'électricité Il y a cent ans, Edition de l'école des hautes études en sciences sociales, Paris.
Monod-Broca, Philippe, 1990, Branly : 1844-1940.
Sze, Simon Min, 1991, Semiconductor devises.
Michel Amoudry, 1993, Le général Ferrié.
デイヴィッド・クロロー、ポール・ヘイヤー編 林進、大久保公雄訳、1995、歴史の中のコミュニケーション メディア革命の社会文化史。
Richard P. FEYNMAN, 1997, Surely, you're joking, Mr. Feynman!
P. M. HARMAN, 1998, The Natural Philosophy of James Clerk Maxwell.
Alfred D. Chandler Jr, James W. Cortada, 2000, A Nation Transformed by Information.
Armand MATTELART, 2001:2003:2004:2009, Histoire de la société de l'information.
福島雄一, 2002 第一刷 2003 第二刷, につぼん無線通信史。
Serge Théophile BALIMA & Marie-Soleil FRERE, 2003, Médias et Communications Sociales au Burkina Faso.
Gérard DEBELLE REF 11340 / F2VX, 2003, Histoire de l'émission d'amateur et du Réseau des Emetteurs Français 1er Tome: 1905 - 1939.
コバヤシ・コリン編, 2003, 市民のアソシエーション——フランス NPO 法 100 年。
城水元次郎, 2004, 電気通信物語 —通信ネットワークを変えてきたもの—
Charles Leadbeater, Paul Miller, 2004, The Pro-Am

- Revolution.
- Jacques Marzac, 2005, L'affaire Branly.
- Jacques Riethmüller, 2005_2010, no titre.
- Anthony RUDEL, 2008, Hello, everybody! The Dawn of American Radio.
- 平本厚, 2010, 戦前日本のエレクトロニクス —ラジオ産業のダイナミクス.
- Sylvie Fauchoux, Christelle Hue, Isabelle Nicolai, 2010, T.I.C. et développement durable.
- Patrice Flichy, 2010, Le sacré de l'amateur.
- 高橋雄造, 2011, ラジオの歴史 工作の<文化>と電子工業のあゆみ.
- Patrick ARTUS, Marie-Paule VIRARD, 2011, LA FRANCE SANS SES USINES.
- 志村幸雄, 2012, 世界を変えた素人発明家.
- 羽瀨一代, 内藤直樹, 岩佐光広編著, 2012, メディアのフィールドワーク アフリカとケータイの未来.
- Jean-Serge Bernault, 2012, Les pionniers de la radio.
- Jean-Jacques Ledos, 2012, Petite Contribution à l'histoire de la radio.
- 大橋達夫, 2012/12, 通信ソサイエティマガジン B Plus 小特集今時のアマチュア無線.
- Pierre JACQUMOT, 2013, Economie Politique de L'AFRIQUE Contemporaine.
- Frédéric Borel, 2013, Les grandes expériences scientifiques à Paris.

参考定期刊行物リスト

- 1908 T.S.F. Journal de la télégraphie sans fil
- 1914/04 L'Avenir de la Télégraphie sans Fil no.1 revue mensuelle illustrée J. SANTAMARIA
- 1914/07 L'Avenir de la Télégraphie et Téléphonie sans Fil no.4 revue mensuelle illustrée J. SANTAMARIA
- 1914 Onde Hertzienne no.1 revue
- 1919 Onde Hertzienne reprise apres la guerre revue
- 1920/04 T.S.F. Moderne No.1 revue
- 1922/01 La revue de TSF des Amateurs RADIO CENTRE OUEST no.1 revue mensuelle
- 1923/05 Radio-Amateurs No.1 revue
- 1923/09 T.S.F. RADIO AMATEURS no.6 première année revue
- 1924/03 QST français no.1 revue mensuelle Henry ETIENNE
- 1924/03 Le Journal des 8 No.1 revue
- 1924/03 RADIO-SUD No.1 revue bi-mensuelle
- 1924/3e L'Antenne d'Auvergne revue trimestrielle
- 1926/08 Amateur de T.S.F. de Lyon et du Sud-Est No.1 revue
- 1926/01 L'industrie française radioélectrique
- 1927/04 La petite antenne/ le journal des débutants sans-filistes No.1
- 1929/12 REF No.1 revue bimensuelle J. LEFEBVRE LARCHER(8BU), AUDUREAU(8CA)

付録 (Annexe)

<Annexe 1> 電波の発振と検波

1. Hertzによる電磁波(電気振動)の発見

電磁波探索実験の転機は、Ruhmkorff高圧発生コイルによってもたらされた。1850年代に開発されていたRuhmkorff高圧発生コイルは、雷の小型ともいえる「アーク放電(火花放電、電弧とも言う。)」を実験室などで安定的に作り出せた。このアーク放電に着目した物理学者は多かった。ドイツの物理学者Hertzは、1887年から88年にかけて自ら行った実験で、Ruhmkorff高圧発生コイルによってアーク放電が生じると同時に少し離れたところに置いた間隙を有するリング(円弧)にアークが飛ぶことを発見した。Hertzの実験はRuhmkorff高圧発生コイルによってアーク放電が電磁波を生み出すことを発見した実験となった。

3. Branlyによる高感度電磁波検出器(検波器)の発見

フランスの物理学者Branlyは、1891年秋、Ruhmkorff高圧発生コイルによるアーク発生と同時に、ガラス管に詰めたやすり削りくず金属粉(後にコヒーラ管と呼ばれる電波検出器となるガラス管とやすり粉の組み合わせ)の電気抵抗が劇的に低下し、ガラス管の両端に置いた電極間に電流が流れることを偶然発見した。目に見えなかった電波がやすり粉検波器によって初めて簡単に捉えられるようになったのである。

このように、電波利用に必要な電波生成器と検波器の原理がHertzとBranlyという二人の高等研究教育を受けた学術研究者によって発見されたことが重要である。誰が発見したのかが不明な火、文字などの歴史とこの点が異なる。

<Annexe 2> 外交共通言語としてのフランス語と無線通信共通言語としてのエスペラント語

1. 外交交渉におけるフランス語

1875年のサンクトペテルブルクにおける国際電信協定締結交渉において外交交渉作業言語として使用されたフランス語は、1927年の国際無線電信協定改定会議において共通作業言語(仏語)の翻訳語として例外的に英語の利用が認められるようになるまで国際交渉において使用される唯一の作業言語だった。

2. エスペラント語

1908年には、その17年後の1925年に第1回国際アマチュア無線会議においてエスペラント語を国際通信の標準語とすべきだと主張することとなるPierre CORRET医師が彼の博士論文「Utilité et possibilité de l'adoption d'une Langue Internationale auxiliaire en Médecine(医学の国際補助言語の採用の可能性と有用性)」と題した博士論文をパリ大学医学部に提出している。その公開審議で審査員の一人が「なぜ、国際補助言語の採用が必要か」と尋ねている。答えは、「国際医学学会でフランス語だけでは通じない事例が時々経験される状況となってきたため、国際共通言語を補助言語として採用する必要があるからだ。」というものだった。

国際共通言語を国際会議および国際無線通信に導入すべきだとの考えが1925年のパリでの第1回国際アマチュア無線会議、1927年の国際電信会議(ワシントン会議)においてフランス政府の公式主張となった。これに対して、英語がデファクト標準化しつつあった無線電信・電話の当時の状況を固定化しようとする英国はこれを無視した。その結果、無線通信における共通補助言語の使用義務化が外交上の一つの争点となった。1931年までに各国政府の意見が述べられ、CORRET医師の主

張したエスペラント語の無線通信(放送を含む)への強制利用の提言は国際社会から賛同を得られず、強制利用ではなく選択可能な言語の一つとして位置づけられただけに終わった。これによって電波利用に係るデファクト標準としての英語優位が固まった。それまでの外交上の共通作業言語だったフランス語が単なる外国語のひとつとなってしまった瞬間である。

<Annexe 3> アマチュアについて

1. 日本語としてのアマチュア

小学館ロベール仏和辞典のamateurの項を引くと、「ラテン語amator, oris愛する人←amare愛する」と語源が紹介され、日本語訳の①は「愛好家」となっている。ついで、②アマチュア、素人という意味が紹介され、en amateurとなると、(軽蔑して)道楽で、気まぐれに、いい加減になどという日本語訳が紹介されている。

以上をまとめると、日本語の「アマチュア」の語源にあたるラテン語、すなわち19世紀のフランス語のamateurにおいては、対象が人物か、物品・サービスかに関わらず、「何かが好きな人」、さらに、19世紀末になってアマチュア・スポーツという言葉に出てくるような「金銭的な目的ではない」という意味が付け加わったということがわかる。

本研究ノートにおいては、なんらかの技術(器用仕事を含む)に対する愛好家という意味で日本語の「アマチュア」という言葉を使用し、1927年に制定された国際無線規則に定められたアマチュア無線士を含む。アマチュアという言葉が国際法において使用されている事例として重要である。

2. アマチュアの社会学

Patrice FLIFHY(2010)によれば、アマチュアは、まず、使用価値と交換価値を生まない非商品分野、特に、(1)芸術、(2)公益及び(3)知識の3分

野で多くその活動が観察されるといい、アマチュアという言葉は「ボランティア」という言葉に通ずる²²とも指摘している。

この定義によれば、彼が結論の一つとして提示している、「科学分野におけるアマチュアの活動は、理論の構築に資するというよりも、コンテキストが明確で、より限定的な分野での貢献となることが多い²³」との指摘も頷ける。

すなわち、アマチュアとは、プロでもなく、単なる流行の追従者としてのファンでもなく、「似非学者でもなければ専門家の追従者でもない人々で、彼らは、個々人がお互いにより尊敬でき、より民主化が深まった社会を構築する活動家(アクター)だ。」ということになる。

Proとfansの間に存在する skilled amateur, serious committed amateur and quasi-professionals と呼ばれる人々(Leadbeater, Miller (2004))は、知識と技能能力を獲得し、拡散することができる現代的な個人主義者であって、プロの追従者でもなければ似非学者でもないのである(FLICHY(2010))。

<Annexe 4> アメリカにおける電波利用の大衆化

1. アマチュア無線の台頭

アメリカ東海岸には沖合を航行する船舶無線電信通信の「仲介需要」が多く、1927年にアマチュア無線局として国際無線電信規則に位置づけられることとなる「私設無線局」が無資格で公衆電信(電報)の中継通信を行っていた。米国とカナダの東海岸ではこうした無線通信業務が自然発生的に行われていた。沿岸警備隊などの所有していた公共無線設備は貧弱で私設無線局の数と能力にかなわなかった。

1906年から1912年の間に、米国では無線通信設

備ビジネスが台頭し、技術革新があいついで起こった。私設無線局による「混信」などがMarconi社、軍隊などで問題となり、1912年には米国に世界初の「ラジオ法」が制定(貿易政策を担当していた商務省が担当)され、私設無線局を運用するためには無線局免許が必要とされることとなった。Marconi社などの大企業が所有する無線局(1913年にAT&T社が参入)と軍事無線局に長波帯の優先的利用が割り当てられ、私設局は波長200mより短い短波帯域だけで活動が認められることとなった(現在のアマチュア無線局の原型)。

以上のとおり、アメリカにおける電波利用は第一次大戦以前に数多くの私設無線局(アマチュア無線局)の自然発生的な活動によって開始された(現在でも放送メディアをはじめ多くの米国における電波利用活動は民間組織によって実質的に管理されている。)

2. 米国におけるアマチュア無線団体の形成と民間ラジオ放送の発達

米国においては、1910年から12年にかけて、電波発信の規制が強化された。1910年には、米国議会は、国際電信規則改正(1908年)による海上無線電報サービスの開始にともなって、「個人情報」の平文による無線送信に罰金刑が科せられることとなった。また、「Radio Act of 1912」の制定によって「アマチュアは聞いているだけで、しゃべってはならない(送信してはならない。)」と規制が強化された²⁴。

この「Radio Act of 1912」の制定によって船舶通信で使用されていた長波帯での無資格の無線愛好家による「送信行為」が禁止された。このことが、逆に、無線愛好家たちの社会的連携を生み、アマチュア無線リレー連盟(ARRL)の前身となる組織が1912年に組織されることとなった。さらに、カ

22 Patrice FLICHY, 2010, Le Sacre de l'amateur, Introduction La démocratisation des compétences, p.11, l.15-18

23 Patrice FLICHY, 2010, Le Sacre de l'amateur, Introduction La démocratisation des compétences, Conclusion, p.91, l.6-8

24 Douglas (1987), p.233 l.14-15

ナダと米国の個人私設無線局間には国境を越えて協力関係が構築され、1914年に私設無線局間の無線電報の中継組織として米国アマチュア無線連盟 (ARRL: アメリカン・ラジオ・リレー・リーグ) が形成された (ARRLは世界最初のアマチュア無線連盟の1つであり、2014年現在、設立100周年記念事業が全世界で実施されている)。

しかし、第一次大戦の勃発で、米国においても、いったん、すべてのアマチュア無線の活動が禁止されることとなった。

第一次大戦後に米国のアマチュア無線活動が再開され、1920年10月、ウェスチングハウス社の私設無線局がコールサインKDKAを商務省から得て、商業放送 (民間ラジオ局放送) を開始した。この時使用された無線設備は8XK (アマチュア無線局) のものがそのまま使われた。米国内の青少年間に無線通信 (ラジオ) ブームが起こった。その後、1年間で500を超えるラジオ放送局が全米に出現し、アマチュア業務から私設放送業務 (民間ラジオ放送) という特定業務が生まれることとなった。

この米国における「民間ラジオ放送」の出現は、1922年に当時の電波行政を担当していた商務長官 Hoover氏をして、「アメリカの生活空間に驚くべき変化が生じた。」と言わしめた²⁵ほど、多様な経済・社会層の参入をともなった。電気通信企業はもちろん、通信機器メーカー、大学などがつぎつぎに放送局を設立したのである。BARNOUW (1966) は、この現象をゴールドラッシュに例えた²⁶。このように、米国においては、ゴールドラッシュならぬ、ラジオ放送ブームが第一次大戦後に巻き起こったが、そのブームをしかけたのはラジオセットの製造販売が商売になると見込んだ企業家たちでもあった。

なお、フランスにおいては、1981年にミッテラ

ン大統領が社会党党首として初めて政権をとった際に、私人が自由に私設FM局を設立することが認められた。これは、1920年代のフランスの公益性を優先した電波利用政策の反省として「自由な私設放送局」への渴望が記憶として働いたのではないかと考えられる。

25 ERIK BARNOUW (1966), "A tower in Babel. A History of Broadcasting in the United States, Tome I to 1913", p.4 1.9-11

26 ERIK BARNOUW (1966), "A tower in Babel. A History of Broadcasting in the United States, Tome I to 1913", p.4 1.19-24