

世界をORする視線 (No 3)

第I部 通信・デジタル技術の発展

(2) 電話機の発明と電話網：その1

住田 潮

1. 電話機と『時代精神』

筆者がアメリカで研究生活を始めた40数年前、自分の研究分野の世界的動向を地図に描くことは容易ではなかった。図書館へ行き、その分野の一流学術誌を読み漁り、興味あるテーマを見つけると、先ず、研究に取り組む。出版に値する成果を得たと確信すると、他の研究者が同じ内容の論文を発表していないか、改めて文献サーチを行う。現在のようにネット上に検索エンジンが存在するわけではないので、先ず、最初にテーマを見出した学術誌の最新号までの掲載論文から出発し、その文献リストから関連論文を抽出、またその文献リストにあたるという過程を繰り返す。学術誌が自分の大学にない場合は、図書館の間で組織されている文献相互提供サービスを活用することになる。自分の大学の図書館に行って学術誌の年号、巻号、論文名、著者名、該当ページを記入して所定のサービス料金を支払うと、2週間前後で、どこかの図書館から自分の大学の図書館に論文が郵送されて来るという仕組みである。こうした文献サーチでは、逆放射上にリストが拡大して行くので、どこかで打ち切る必要があり、それ以上は、査読者の見識に委ねられることになる。

このように世界の研究動向を探ることが不便な時代であっても、研究者間のコミュニケーションもなしに、ほぼ同時にほぼ同じ内容の研究結果が、世界の各地から発表されるということがしばしば起こる。どのような新しい研究も過去の研究の慣性力の影響を受けていること、その研究分野のその時点での成熟度が共有されること、そしてマルクスの指摘したとおり『人間は理解できることだけを理解する』などの理由により、『時代精神』とも呼べるようなものが醸成されるのである。

すみた うしお
筑波大学名誉教授
〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

こうした『時代精神』は、発明や技術革新の分野でも見受けられる。電球、ラジオ、テレビ、コンピュータなどは好例であり、電話機の発明もまた例外ではない。電話機とは、送信側で音声を変換して離れた場所に送り、受信側では送られてきた電気信号を音声に戻して通話する機械である。その基本要素は、声を電気信号に変換するマイクロフォンと電気信号を音に変換するスピーカー、そして着信を知らせる振鈴装置であり、20世紀半ばに自動交換機が普及すると、電話番号を入力する装置も加えられた。その発明に関連する主要登場人物は、ヨハン・フィリップ・ライス (Johann Philipp Reis) [1]、アントニオ・メウッチ (Antonio ‘Santi Giuseppe’ Meucci) [2]、イライシャ・グレイ (Elisha Gray) [3]、アレクサンダー・グラハム・ベル (Alexander Graham Bell) [4]、トーマス・アルバ・エジソン (Thomas Alva Edison) [5] で、特許取得を巡り、激しい競争が繰り広げられた [6]。

2. 電話機の発明 (1)：ライス [1]

ドイツの物理学者ライスは、1834年、ドイツ連邦ゲルンハウゼンでパン職人の子として生まれた。独学で物理学を学び、発明家となった。耳の器官の研究に取り組み、そこから、電気を使って音を伝える装置を創るアイデアを得る。何年もの苦闘の末、1860年、100メートルの距離をカバーすることができる電話の最初のプロトタイプを構築した。1862年に、「遠くの音」という意味をもつギリシャ語から ‘telephone’ という言葉を造語したのは彼であり、その装置はライス・フォンと呼ばれるようになった。

1863年、ライスは皇帝の前でデモンストレーションを行い、ライス・フォンから音楽が流され評判を呼んだ。この成果に励まされ、科学実証機を大量生産して販売したが、多くの欠点があったため、ビジネスとして成功することはなかった。フランクフルトの自由ド

イツ研究所も、この器具を単なる「哲学的なおもちゃ」として無視したが、彼自身は、この発明がいつか世界的に普及することを確信していた。その後も電話の改良に取り組んだが、結核を患い、1874年、40歳の短い生涯を終えた。

3. 電話機の発明(2)：メウッチ [2]

イタリア人の発明家アントニオ・メウッチは、1808年、フィレンツェに生まれ、税関職員やベルゴラ劇場の舞台技師をしながらフィレンツェ美術院で学んだ。1831年、青年イタリア党を中心とする共和制を目指す革命の動きに巻き込まれ、母国を離れてキューバに移住。1835年に、ハバナの Tacon 劇場に職を得た。そこで、監督室から作業者に指示を与えることができるよう、舞台のほかの部分からの音を伝える伝声管のような装置を目にし、電話を発明する構想を温め始めた。

1850年、メウッチはニューヨークに移住し、ロウソク工場を設立する。妻が重病を患い、会社の事務所から寝室にいる妻と会話ができるようにと、電話の開発に取り組み始めた。1854年に試作品を完成させたものの、ロウソク会社が倒産してしまう。メウッチは資金難に直面したが、発明をさらに発展させる努力は続けた。しかし、生活は友人の援助に依存する状況で、彼の発明（電気式音声伝達装置）に関する特許を取得するために必要な200ドルの資金が得られず、1871年、ようやく Patent Caveats を取得した。

Patent Caveats は、現在の特許法には存在しないが、『特許申請予定開示書』とも呼べるもので、特許申請より手軽で、申請を予定している発明の内容を記述し、10ドルを支払えば正式に登録することができた。特許当局は、同趣旨の特許申請があった場合、申請者に特許申請予定開示書の存在を通知し、その事実は、特許係争が起った場合には考慮される。有効期限は1年間で、更新にはその都度、10ドルの料金が必要であった。メウッチは1873年までしか更新せず、その年、ニューヨークの電信会社に発明を提示したが、その会社の興味を惹くことはできなかった。メウッチは、「電気式音声伝達装置」以外にも化学的機械的方法を用いた装置を多数発明しており、資金不足の中、1872年、1873年、1875年、1876年に特許を取得している。彼の中で「電気式音声伝達装置」に関する特許取得の優先度が、どういう理由で低かったのかは謎である。

後述するように、1876年、アレクサンダー・グラハム・ベルが、メウッチからすれば「彼の」電話に対する特許を取得。これに対し提訴したものの、当時の彼

は破産して食べ物を買うのにも困難な状況にあり、十分に訴訟を戦うだけの財力をもたなかった。1887年、『メウッチは機械式電話を発明し、ベルは電気式の特許を取った』という裁判官の判断に基づき、ベルの勝利という形で訴訟は決着し、1889年、メウッチは失意の内に81歳の生涯を閉じた。

4. 電話機の発明(3)：グレイ [3]

アメリカの発明家・技術者であり、ウェスタン・エレクトリック社（1869年－1992年）の共同設立者でもあるイライシャ・グレイは、1835年、オハイオ州バーンズヴィルで生まれた。家族はクエーカー教徒であり、農場で育てられた。オーバリン大学で数年を過ごし、卒業はしなかったが、そこで電気と科学を教え、理系の学部のために実験装置を作成したりもした。1865年、変化する電信線の絶縁に自動的に適合する自動調整電信リレーを発明し、1867年、この発明に対して初の特許を取得した。

1869年、グレイはエノス・バートン (Enos M. Barton) [7] とオハイオ州クリーブランドで Gray & Barton Co. を設立、巨大会社であるウエスタンユニオンに電信機器を供給した。その後、グレイは、発明に集中するため、チーフエンジニアとしての管理職を辞した。1870年、ホテルやエレベーター用の針式遠隔警報装置 (annunciator) を開発、また、タイプライターのキーボードをもち、紙テープにメッセージを印刷するマイクプリンターを開発した。

1874年、独立して研究開発を行うようになり、各トーンを分かれた電信キーで制御するマルチトーン送信機を発明、それで構成される高調波電信の特許を申請した。また、この年、教会でミュージカルトーン（楽音）を送信するための最初の実演を行い、電信線を介してなじみのあるメロディを送信した。これは、最初期の電気楽器の一つで、2オクターブのピアノキーボードで操作され、単音発振器である振動電磁回路を組み合わせて構成されたものであった。この「ミュージックテレグラフ」は、その振動が電磁石により生成される鋼のリードを使用しており、電信線で送信する。また、後継モデルでは、磁場中の振動板から構成される単純なスピーカーを作り、受信側で発振器の音が大きく聞こえるようにした。1875年、この音響電信に関する特許を取得し、後にグレイは、『シンセサイザーの父』と呼ばれるようになる。

1876年2月14日（月）の朝、グレイの弁護士は液体送信機と可変抵抗機能を用いた電話について説明し

た Patent Caveats (前述) を米国特許商標庁に提出した。同じ日の朝、アレクサンダー・グラハム・ベルの弁護士がベルの特許を提出し、どちらの申請が最初に到着したかについて激しい議論が巻き起こされることになる。グレイは Patent Caveats を放棄し、1877 年後半に同じ発明について特許を出願した。これにより、ベルは、自分の特許に対し第 2 の干渉を受けることになる。こうした特許論争については、項を改めて論じることにする。

グレイはその後も発明を続け、1887 年、電信システムを介して手書き文字を遠くに送信できるテレオートグラフを発明した。これはファックスを先駆的に実現したものであり、1888 年に Gray National Telautograph Company が特許を受け、長年事業を続けたが、一連の合併の後、1990 年代にゼロックスに吸収された。グレイのテレオートグラフの機械は、遠く離れた場所で文書にサインする用途で銀行に使われた。また、銃のテスト中、耳をつんざくような騒音により電話での指示が困難になっても、手書きの命令を送信することができるため、軍にも採用された。

1899 年、グレイはボストンに移り、そこで発明を続けた。特に、船にメッセージを送信するための水中信号デバイスの開発が注目を集め、1900 年 12 月 31 日に実演が行われたが、その 3 週間後、マサチューセッツ州ニュートンヴィルで心臓発作により 65 歳で亡くなった。

5. 電話機の発明 (4) : ベル [4]

アレクサンダー・グラハム・ベルは、1847 年、スコットランドのエディンバラで生まれた。父は大学教授で弁論術の専門家であった。母は、彼が 12 歳のときに聴力を失い始めた。母の聴覚障害の進行に直面したベルは手話を習得し、母の側に座り、家族の会話を手話で同時通訳した。さらに、母の額に直接口を当てて明瞭に発音することで、母がそれなりの明瞭さで聞き取れるというテクニックも生み出し、真剣に音響学を学び始めるきっかけとなった。

幼少期のベルは、二人の兄弟と同様、自宅で父から教育を受け、また、早くからエディンバラの Royal High School に入学したが、最初の 4 学年まで修了した 15 歳の時に退学している。学校での記録によれば、欠席常習者で成績も平凡だった。彼が興味をもっていたのは科学、特に生物学だったが、ほかの教科には全く無関心だったようである。退学後、ベルはロンドンへ行き、やはり弁論術の専門家であった祖父の下に身を寄せた。

祖父と時間を過ごす間に向学心が湧き上がり、真剣な議論や学習に時間を費やすようになる。祖父はベルを教師にするべく、研究への信念と明瞭な話法を教え込んだ。

祖父の影響もあり、16 歳のとき、スコットランドマレーのエルギンにあるウェストンハウス学院で弁論術と音楽の教師の職を得ると同時に、学生としてラテン語とギリシャ語を学んだ。翌年、兄が前年に入学したエディンバラ大学に入学。カナダに移住する直前の 1868 年には、ロンドン大学の入学試験に合格している。

父はベルの科学への関心を育てるため、ヴォルフガング・フォン・ケンペレン (Wolfgang von Kempelen) [8] の理論に基づいてチャールズ・ホイットストーン (Charles Wheatstone) [9] が開発した、オートマタ (人間の声を真似てしゃべる機械) の展示会に彼を連れ出した。この機械に魅了されたベルは、ドイツ語の文献を取り寄せてケンペレンの理論を学び、音叉の共鳴作用に基づく音響伝達について、真剣に研究するようになる。19 歳のとき、それまでの研究成果を論文にまとめたが、ヘルマン・ルートヴィヒ・フェルディナント・フォン・ヘルムホルツ (Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz) [10] が既に音叉を活用して母音を生成するという成果を挙げていたことを知り、ヘルムホルツの著作を熟読する。しかし、ドイツ語が得意ではなかったベルは、「母音を電気的に生成できるなら、子音も生成できるはずだし、文を喋らせることもできるに違いない」と考え、ヘルムホルツがそこまで実現したのだと思い込み、それを再現する実験に取り組み始めた。この誤解が、後の電話の発明へと繋がる。「ドイツ語に堪能であったら、電話の開発はなかったかも知れない」と本人が述懐している。

1870 年、23 歳のとき、ベルは家族と共にカナダに移住し、オンタリオ州ブラントフォード郊外にある、10.5 エーカー (42,000 平方メートル) の農場に居を構えた。エリー湖に注ぐグランド川に面した農場には、果樹、大きな屋敷、馬小屋、豚小屋、鶏小屋、車庫があり、ベルはその車庫を改造して仕事場とした。音声についての研究を続ける中で、グランド川の対岸に先住民の居留地 (Six Nations Reserve) があることに気付く。そこでモホーク語を学び、その語彙を視話法のシンボルに翻訳した。その業績により、モホーク族の名誉酋長となったりもしている。

1873 年、ベルはアメリカのボストン大学で発声生理学と弁論術の教授になる。日中は講義などで忙しく、寄宿舎の部屋にレンタルした設備を揃え、夜遅くまで実

験を行う生活を送った。ボストンとブラントフォードを行ったり来たりという生活で、夏はブラントフォードの家で過ごした。音響に関する研究を続け、音符を伝送する方法や音声を発する方法を捜していたが、実験に十分な時間をあてることは難しく、1873年秋にボストンに戻ったとき、音響に関する実験に専念することを決心する。

ボストンでの収入を諦めたベルは、生まれつき聾の16歳のジョージ・サンダースと、5歳のときに猩紅熱で聴力を失った15歳の少女メイベル・ハバードという2人の生徒だけを雇った。ジョージの父トーマス・サンダースは、ボストンから北へ車で30分ほどの海沿いに位置するセイラム近郊の屋敷をベルに提供し、ベルと生徒たちはそこで一緒に働くことになった。メイベルは利発で魅力的な娘であり、10歳年下だったが、1877年、ベルと結婚する。メイベルの父ガーディナー・グリーン・ハバードはベルの支援者かつ友人であり、メイベルとベルの結婚を祝福した。

ベルが複数の高さの音を1本の導線で伝送する方法に取り組んでいることをハバードとサンダースに伝えると、2人の裕福な後援者はベルの実験を財政的に支援することを決定する。特許に関してはハバードの紹介した弁理士アンソニー・ポロックが面倒を見ることになった。この2人の支援により、ベルは電気や機械に熟達したトーマス・A・ワトソンを助手として雇うことができた。

1875年6月、ベルとワトソンは、複数の金属リードを用いて、1本の電信線の上で複数の周波数を伝送する acoustic telegraph の実験を行っていたが、発信側に居たワトソンが誤って金属リードの1本を引き抜いてしまい、受信側でベルがその金属リードの倍音を聴くという偶然の出来事が発生した。音声の伝送には倍音が不可欠であり、そのためには複数の金属リードは必要ではなく、一つの金属リードで十分であることにベルは気付く。この偶然の発見に基づき、明瞭な音声は伝えられないが、何らかの音だけは伝送できる電話のようなものを完成させ、同年、特許申請書を書いた。イギリスは、ほかの国で特許を取得した発明には特許を与えない方針だったため、まずイギリスで特許申請し、それが受理されたあとにアメリカで特許申請するよう弁護士に指示した。

1876年2月14日の朝、ベルはワシントンの米国特許商標庁に「電信の改良」(Improvement in Telegraphy)に関する特許出願書を提出した。同じ日の朝、グレイも「水を媒体とする音声を電流に変換する方法」に関す

る Patent Caveats を提出しており、後述するように、グレイはベルの特許無効を訴えることになる。ベルの特許は3月3日には認可され、その請求範囲は「声などの音に伴う空気の振動の波形に似せた電気の波を起こすことにより…声などの音を電信のように伝送する手段および機構」であった。

1876年3月10日、特許公告の3日後、ベルとワトソンは、音を受けた膜が振動し、その振動で水中の針を振動させ、回路内の電気抵抗を変化させる仕組に基づく電話実験に成功した。最初の言葉は、有名な“Mr. Watson! Come here; I want to see you!”であり、隣の部屋の受信機でワトソンはそれらの言葉をはっきりと聞くことができた。「明瞭な声」が電氣的に伝送可能であることを示したのはベルが最初であり、この事実には疑義を挟む余地はない。

ベルはカナダのブラントフォードで実験を続け、1876年8月3日、ブラントフォードと約8km離れた電信局から、準備完了したことを知らせる電報を送った。受信側には証人として見物人を集め、電信線からささやき声のような応答が得られることを示した。次の夜、ブラントフォードからベル家までの約6km、電信線やフェンスに沿わせたり、トンネルをくぐらせたりしつつ即席で電話線を引き、遠距離でも会話できることを実証し、家族や客を驚かせた。これらの実験で、電話が長距離でも機能することを明確に証明した。1876年10月9日、ベルとワトソンは、ケンブリッジとボストン間2マイルに張った電話線を通して会話を行い、これが世界初の電話線を通じた通話となった。

電話の発明を広く紹介すべく、ベルは一連の公開デモンストレーションと講演を科学界や大衆向けに行った。特に、1876年、フィラデルフィアで開催された万国博覧会で電話を公開し、国際的な注目を集めた。1877年、ベルはベル電話会社を創業、永久磁石と鉄製振動板と振鈴装置を使った電磁式電話の特許を得る。1879年には、エジソンのカーボンマイクの特許(次号で後述)をウエスタンユニオンから買い取り、これによってさらに長距離の通話が可能となり、受話器に向かって叫ぶ必要がなくなった。

ベルは、アメリカでの収益は後援者であるハバードとサンダースと分配することで合意し、Bell Patent Association の協定を成立させる。これをビジネス上の出発点として、1877年のベル電話会社の創業に始まり、1885年にはAT&T (American Telephone and Telegraph Company) を設立、幾多の変遷を経て『ベル・システム』を完成させ、さらに発展していくこと

になる。実は、当時のハーバードとサンダースの資金援助は十分とは言えず、ベルは研究の傍ら教職を続ける一方、雇っていたトーマス・ワトソンに借金をして最初の電話機を試作した。この事実と給料の代替の意味も込めて、後に Bell Patent Association は、収益の約 10% をワトソンに与えることになる。

ベル電話会社は、電話機のさまざまな改良に取り組むと同時に、電話網の敷設・拡大に尽力し、電話機は史上もっとも成功した製品のひとつとなる。1883 年当時、全米各地で 148 の電話会社が開業しており、1886 年には、アメリカで 15 万台の電話機が使われるようになった。さらに 1915 年、ベルはニューヨークの AT&T 本社から、サンフランシスコに居るワトソンと、3,400 マイルを隔てた世界初の大陸間横断通話を行った。同じ 2 人が行ったケンブリッジ-ボストン間 2 マイルを結ぶ世界最初の通話から、39 年後のことである。

発明におけるベルの業績は、電話機にとどまらない。

助手のチャールズ・サムナー・テインター (Charles Sumner Tainter) [11] と共同でフォトフォン (Photophone) と名付けられた無線電話を発明したが、これは、光のビームを使って音や声を伝送するもので、1980 年代に普及しはじめた光通信システムの先駆けであった。主要特許は 1880 年 12 月に発効しており、その原理が広く使われる前に失効している。ベルはその他の分野でも、金属探知機、水中翼船、宇宙工学の研究において足跡を残している。糖尿病に起因する合併症を患い、1922 年、75 歳の生涯を閉じた。ベルの葬儀の最後に、遠距離の直接的通信方法を人類にもたらした男に敬意を表して、北米のすべての電話が沈黙したという。

6. 日本における電話機の普及 [4]

ベルと日本との繋がりは深い。1876 年、最初の電話実験の成功の直後に、ボストン近郊のブリッジウォーター師範学校 (現ブリッジウォーター州立大学) に留学中だった伊沢修二 (後の東京音楽学校校長) と留学生仲間であるハーバード大学にいた金子堅太郎 (後に司法大臣、農商務大臣、枢密顧問官を歴任) がベル宅で電話を使って会話をしており、日本語が世界で 2 番目に電話を通して通話された言語になった。これが縁で、1877 年、ベルは電話機の初めての輸出を行い、日本へ 2 台輸出した。

輸入されたベルの電話機を使って、工部省で通話実験を行った。一方、電信局製機所でこの電話機をもとに複製を企て、1878 年、2 台の電話機を完成させ、これが、日本で最初の国産電話機となった。同一のもの

を、約 5 年間に掛けて 41 台製作したが、音声微弱などの理由で 1883 年に製作を中止した。その後、エジソンの炭素電話機、アーデル電話機などの複製を行っている。1890 年に東京-横浜間で電話サービスが開始され、日本でも電話普及が本格化していった [12]。

7. 技術革新の法則 (3) 時代精神の法則

電話の発明に見てきた時代精神を母胎とする技術革新の様相を、技術革新の法則 (3) として纏めておく。

技術革新の法則 (3) 時代精神の法則：技術革新は、

- ① どのような技術革新も、過去の研究成果の慣性力の影響を受ける
- ② ある研究分野のその時点での成熟度は、世界中の研究者によって共有される
- ③ 人間は理解できることだけを理解する

という三つの理由によって醸成される時代精神を母胎として、往々にして同時多発的に発生する

8. ベル vs. ウェスタンユニオン

前号で論じた電信網を、アメリカにおいて社会基盤として確立することに主要な役割を果たしたのは、ハイラム・シブレー (Hiram Sibley) [13] である。この電信網と電話網が、ネットワーク外延性に関する先駆例となる。シブレーは、1807 年、マサチューセッツ州、ノース・アダムの貧困家庭に生まれた。初等教育を終えると、靴職人の見習い、製綿工場、ウール販売など、職を転々としたが、21 歳のときに機械工場を立ち上げ、これが成功し、売却で得た資金を持って、ニューヨーク州ロチェスターへ移り住む。1844 年から 2 年間で、選出されてモンロー郡の郡保安官を務めたが、モールの電信技術に興味をもつようになり、1851 年、出資者を募って The New York and Mississippi Valley Printing Telegraph Company を設立した。

1856 年には、ミシガン州のデトロイト-ジャクソン間で電信ビジネスを展開していたジェプサ・ウェイド (Jeptha Wade) [14] の助力を得て、全米各地の電信会社を吸収・合併し、The Western Union Telegraph Company (以下ウェスタンユニオン) を創業、初代社長に就任する。さらに 1861 年、ベンジャミン・フランクリン・フィックリン (Benjamin Franklin Ficklin) [15] も参画して The Pacific Telegraph Company が設立され、これにより、アメリカ東海岸から西海岸を結ぶ電信網が確立された。

シブレーは、また、露米会社 (Russian-American

Company) の経営悪化を察知し、ロシア政府のアラスカ売却意向を合衆国政府に伝え、アラスカ買収のきっかけをつくったことでも知られている。露米会社は、極東と北アメリカでの植民地経営と毛皮取引を目的とするロシア帝国の国策会社・勅許会社で、1799年、パーヴェル1世から、官僚・外交官のニコライ・レザノフへの勅許により成立した。アメリカによるアラスカ買収の実現後、シブレーは、ベーリング海峡にロシアとアメリカを結ぶ電信ケーブルの敷設を計画したが、1866年の大西洋横断電信ケーブルの完成に先を越され、挫折した。

1866年、ウェイドにウエスタンユニオンの社長の座を譲り、その後、シブレーは社会貢献に努める。ロチェスター大学の図書館、イーストマン音楽学科、コーネル大学の機械工学科の設立に尽力し、1888年、わずか5日間、病に伏せた後、81歳の生涯を静かに終えた。一方、ウェイドも病のためわずか1年で社長を退き、持ち株をジェイ・グールド (Jay Gould) に売却、ウィリアム・オートン (William Orton) が社長に就任した。このオートンが、史上最悪の経営判断ミスを行った経営者として、その名を歴史に残すことになる。

1876年当時、ウエスタンユニオンは、最も先進的な通信手段であった電報事業を独占しており、アメリカの最有力企業の一つであった。資本金4100万ドル、経済界の後ろ盾も強く、まさに飛ぶ鳥を落とす勢いを見せていた。そこへ、ベル電話会社の出資者であるハバードから、電話に関する製品特許を10万ドルで買わないかという話がもち込まれた。発明者であるベルは、電信網をそのまま活用して電話網とすることが可能であることを伝えていた。オートンはその話を冗談として一笑に付し、ハバードではなく、直接、ベルに手紙を書き、「貴殿の発明品について慎重に検討した結果、非常に興味深い新製品ではありますが、商業的な価値はないという決断に達しました。電気製のおもちゃをわが社でどう利用しろというのですか？」と伝えた。オートンのこの決断により、ベルは独自の電話網を敷設することになり、1885年にはAT&Tを設立、アメリカ最大の企業へと成長することになる。10万ドルで売却され掛けたこの特許は、史上最も価値のある特許であったことが判明するのである。

オートンは、ベルの特許の購入を断って2年も経たないうちにこの重大な経営ミスに気付き、エジソンから購入した炭素式マイクロフォン特許 (次号で後述) を武器にベル電話会社との特許訴訟を戦いつつ、数百万ドルも注ぎ込んで、独自の電話網の敷設に取り組ん

だ。しかし、特許訴訟では、①ウエスタンユニオンは電話事業に進出しないこと、②ベル電話会社は電信事業に進出しないこと、ならびに、電話事業の利益の20%を17年間ウエスタンユニオンに支払うこと、という内容で、ベル側に有利な形で和解へと追い込まれる。せっかく開発した電話網もベル側に譲渡するはめになり、ベル・システムに基づく電話事業の独占時代が幕を開けることになった。これを機にウエスタンユニオンは資金移動を中心とする金融ビジネスに軸足を移し、今日、個人間の国際送金、為替、貿易などの各種金融事業を展開、世界200ヶ国以上に約27万の代理店をもち、スタンダード・アンド・プアーズ社が算出するアメリカの代表的な株価指数「S&P 500」を構成する1社となっていることは、よく知られている。

9. 技術革新の法則 (4) ネットワーク外延性の法則

革新技術に基づく製品やサービスが市場に導入される際には、しばしばネットワーク外延性 [16,17] が問題となる。そうした製品やサービスは、消費者にとってそれ自体がもつ自立的価値と、同種の製品やサービスを購入する消費者の規模に依存する外延的価値とを複合的にもつ。ネットワーク外延性とは、後者の価値に起因する経済効果を指し、その波及効果の規模は、自立的価値と外延的価値のバランスと、『その製品・サービスの技術的整合性の波及する範囲』に規定される。

自立的価値が外延的価値を凌駕する市場を Type 0、自立的価値と外延的価値がバランスする市場を Type I、外延的価値が自立的価値を凌駕する市場を Type II と呼ぶことにしよう。電報サービスや電話サービスは、自立的価値がほとんどないに等しく、Type II の典型である。この条件下では、ネットワークを保有する企業は、統一された技術標準でネットワークを管理し、社会基盤化するまでに押し広げることにより、波及効果を社会の隅々までに及ぼすことで最大の利益を得る。一方、これは消費者に対しても、規模の経済による価格の低下と活用対象となる母集団の拡大による外延的価値の増大という2重の恩恵をもたらす。したがって、Type II 市場においては、ネットワークを社会基盤にまで推し進める内在的力が働く。

しかし、波及効果の規模が閾値を超えると、混雑によるサービスの劣化という負の外延的価値を生み出す。この劣化をさらなるインフラ整備で克服することが必要になり、その成果がまた新たな需要を生む。すなわ

ち、技術革新→需要拡大→サービス劣化→技術革新→需要拡大という波が螺旋的に産み出されることになる。

もちろん、ネットワーク外延性は、こうした極端な場合に限って問題となる訳ではなく、自立的価値と外延的価値の微妙なバランスの上に立つ Type I 市場も多々ある。たとえば、A 社の内部で Big Data Analytics に関するハード・ソフトの情報基盤を統一することは、解析を分担し開発スピードを高める点で重要であり、この意味で、組織内部でのネットワーク外延性は存在する。しかし、全く無縁の外部企業である B 社が、どのような情報基盤で Big Data Analytics を展開するかに影響を受けることはない。ここでは、ネットワーク外延性の波及効果の規模を社会基盤にまで推し進める必然性はなく、製品やサービスを提供する企業の側から見ると、創意工夫を以て差別化を目指す余地は常に存在し、激しい競争が繰り返されることになる。

以上の議論を、技術革新の法則 (4) として、以下に纏めておく。

技術革新の法則 (4) ネットワーク外延性の法則：消費者に対し、それ自体がもつ自立的価値と、同種の製品やサービスを購入する消費者の規模に依存する外延的価値とを複合的に提供する製品やサービスの市場を、ネットワーク外延性市場と定義する：自立的価値が外延的価値を凌駕する市場を Type 0、両者がバランスする市場を Type I、さらに、外延的価値が自立的価値を凌駕する市場を Type II、と呼ぶ

- ① Type I ネットワーク外延性市場は、多様な差別化を軸とする競争市場として機能する
- ② Type II ネットワーク外延性市場は、ネットワークを社会基盤にまで推し進める内在的力を持ち、ネットワークを所有する企業が支配的な力をもつ

ICT の多くは、当初は、個別企業の差別化要因として競争力を高めるために、閉鎖形システムとして導入される。しかし、対象市場が Type I ネットワーク外延性をもつ場合、当該技術と需要の成熟化に押されて、重心が否応なく開放系システムへと移されていく。これは、Type I から Type II への転移を促す推進力として理解され、Type II に付随する独占・寡占性を弱めるため、共同出資を通して管理組織を設立する、あるいは、柔軟なソフトの活用によって、そもそも中央管理を避ける分散型のシステムを構築する、といった工夫がなされることになる。これらの点については、第 I 部の後半で、稿を改めて論じることにする。

10. 技術革新の法則 (5) 整合的転移 vs. 非整合的転移

ウエスタンユニオンの経営者オートンによる重大な経営ミスは、Type II ネットワーク外延性市場に関連する技術革新が、旧世代技術のインフラと整合的に転移されるか、あるいは非整合的に全く新しいインフラを構築して転移を進めるかについて、考えるべき重要な問題を提起する。これは、技術革新の発展経路を追跡する本稿の中で、これからも繰り返し出現する問題である。以下に、技術革新の法則 (5) として纏めておく。

技術革新の法則 (5) 整合的転移 vs. 非整合的転移：Type II ネットワーク外延性市場に関連する技術革新が、旧世代技術のインフラと併存する形で推進されるとき、これを整合的転移と呼び、全く新しいインフラを構築して完全に独立的に推進される場合を、非整合的転移と呼ぶ

- ① 整合的転移において、旧世代技術のインフラをそのまま活用する場合は、開発コストを著しく削減し、開発スピードを早めることができるが、旧世代インフラの技術的制約を受ける
- ② 整合的転移において、全く新しいインフラを構築するが、サービス内容は旧世代技術と併存する形で推進する場合、開発コストは膨大になり、導入は漸近的で時間を要すると同時に、旧世代サービスから来る技術的制約を受ける
- ③ 非整合的転移においては、旧世代インフラとサービスからの技術的制約を受けることなく、最適システム設計に自由に取り組むことができるが、開発コストは膨大になり、導入に時間を要する

電信網に対する電話網の場合、オートンが見遇ごしたの①のメリットであり、ベル電話会社は③の道を採用することを余儀なくされたが、結果として、電話サービスを独占する企業として成長することができた。後に見るように、ベルが開発したアナログ電話網からデジタル電話網への展開が、②にあたる。

参考文献

- [1] Wikipedia, ヨハン・フィリップ・ライプス, <https://ja.wikipedia.org/wiki/ヨハン・フィリップ・ライプス> (2020年9月1日閲覧)
- [2] Wikipedia, アントニオ・メウッチ, <https://ja.wikipedia.org/wiki/アントニオ・メウッチ> (2020年9月1日閲覧)
- [3] Wikipedia, イライシャ・グレイ, <https://ja.wikipedia.org/wiki/イライシャ・グレイ> (2020年9月1日閲覧)

- [4] Wikipedia, アレクサンダー・グラハム・ベル, <https://ja.wikipedia.org/wiki/アレクサンダー・グラハム・ベル> (2020年9月1日閲覧)
- [5] Wikipedia, トーマス・エジソン, <https://ja.wikipedia.org/wiki/トーマス・エジソン> (2020年9月1日閲覧)
- [6] L. Coe, *The Telephone and Its Several Inventors: A History, Chapter 2*, McFarland & Co, 1995.
- [7] Wikipedia, Enos M. Barton, https://en.wikipedia.org/wiki/Enos_M._Barton (2020年9月1日閲覧)
- [8] Wikipedia, ヴォルフガング・フォン・ケンペレン, <https://ja.wikipedia.org/wiki/ヴォルフガング・フォン・ケンペレン> (2020年9月1日閲覧)
- [9] Wikipedia, チャールズ・ホイートストン, <https://ja.wikipedia.org/wiki/チャールズ・ホイートストン> (2020年9月1日閲覧)
- [10] Wikipedia, ヘルマン・フォン・ヘルムホルツ, <https://ja.wikipedia.org/wiki/ヘルマン・フォン・ヘルムホルツ> (2020年9月1日閲覧)
- [11] Wikipedia, Charles Sumner Tainter, https://commons.wikipedia.org/wiki/Charles_Sumner_Tainter (2020年9月1日閲覧)
- [12] NTT 東日本, 「電信電話の歩み」, https://www.ntt-east.co.jp/databook/pdf/2020_S4.pdf (2020年9月1日閲覧)
- [13] Wikipedia, Hiram Sibley, https://en.wikipedia.org/wiki/Hiram_Sibley (2020年9月1日閲覧)
- [14] Wikipedia, Jephtha Wade, https://en.wikipedia.org/wiki/Jephtha_Wade (2020年9月1日閲覧)
- [15] Wikipedia, Benjamin Franklin Ficklin, https://en.wikipedia.org/wiki/Benjamin_Franklin_Ficklin (2020年9月1日閲覧)
- [16] Kataz, M.L. and C. Shapiro, “Network externalities, competition and compatibility,” *American Economic Review*, **75**, pp. 424–440, 1985.
- [17] Kataz, M.L. and C. Shapiro, “Systems competition and network effects,” *Journal of Economic Perspectives*, **8**, pp. 93–115, 1994.