電話の考古学

――話す機械，音響合成器，フォノトグラフ――

秋　吉　康　晴*

0. はじめに

1876 年 3 月 10 日，アレクサンダー・グラハム・ベル（Alexander Graham Bell, 1847–1922）[1] は質素な下宿屋の一室で, ある実験に従事していた。作業机の上に置かれた金属円錐に向かってベルが叫ぶと，隣室にいた助手のトーマス・ワトソン（Thomas Augustus Watson, 1854–1934）が勢いよくドアを開け放ち，彼の部屋に飛び込んできた。このとき小さな受信機に耳を押し付けていたワトソンがかすかに聞いたのは，彼を呼ぶなじみの声――「ワトソン君。こっちに来てくれたまえ, 君に会いたい。Mr. Watson, come here, I want to see you.」――であったという。この逸話は人類が電気による音声の伝送に史上はじめて成功した瞬間を語るものとしてよく知られている。

メディアを人間の拡張とみなしたマーシャル・マクルーハンの古典的な議論に従えば，このときベルがもたらしたのは機械による「耳と声の拡張」という可能性であった [2]。最初の実験においてワトソンの耳とベルの声はわずか 10 メートルの導線を隔てて交差したにすぎなかった――糸電話のレベルを超えるものではなかった――が，それらはいまや海底ケーブルや通信衛星を介して地球全域に拡張されるにいたっている。わたしたちは普段，そのような可能性をほとんど意識することなく享受しているが，ひとたび電話を手にすれば，自分自身の口と耳をはるか遠くまで拡張することができるのである。それにしても，このような拡張はいったいなぜ, どのような発想のもとで 1876 年に実現されるにいたったのであろうか。

しばしば指摘されてきたように，ベルは必ずしも独創的な閃きや偶然の発見によって電話を発案したわけではなかった。電話の理論的な基礎は，1854 年にフランスのシャルル・ブルスール（Charles Bourseul, 1829–1912）が発表したアイデアに由来することが知られている。ブルスールは実機を製作しなかったが，1860 年にはドイツのヨハン・フィリップ・ライス（Johann Philipp Reis, 1834–1874）が彼のアイデアを実現させ，これを「テレフォン Telefon」

*京都精華大学，中部大学，倉敷芸術科学大学・非常勤講師　メディア論・聴覚文化論

と呼んだ[(3)]。ただし，ライスの機械は，米国で発明された「テレフォン＝電話 telephone」のように言語を伝送することはできなかった。というのも，ブルスールの発案によるテレフォンは音波のパターンを電流の断続に変換するものであったからだ――振動板の中央にとりつけられた白金の接点が，音声の振動を受けて回路のスイッチを開閉するようになっていた。そのため，テレフォンは音声のピッチを伝送することはできても，音色や抑揚といった要素を伝送することはできなかった。とはいえ，ブルスールとライスによるテレフォンが，後世における電話の誕生に多大な影響を与えたことはまちがいない。彼らの先駆的な試みは 1872 年，ジャン・バティスト・バイエ（Jean-Baptiste Alexandre Baille, 1841–1918）による著作の英訳版『電気の驚異 *Wonders of Electricity*』を通して米国に伝えられたことで，電話の開発競争に火をつけたのである[(4)]。ベルが電話につながる研究に本格的に着手した 1874 年頃は，まさしくそのような競争が激化しつつある最中にあった。その当時，米国ではすでに発明家として名の売れていたトーマス・アルヴァ・エジソン（Thomas Alva Edison, 1847–1931）やイライシャ・グレイ（Elisha Gray, 1835–1901）が旧来の通信方法を刷新すべく互いにしのぎを削っており，まさしく誰が発明の栄誉を手にしてもおかしくない状況下にあったのである。事実，エジソンはベルより一ヶ月も早い 1876 年 1 月 14 日に電話の特許を出願しているし――書類の不備によって不受理になった――，グレイはベルと同日の 2 月 14 日に仮特許を出願したものの，たった二時間の差で発明の栄誉を取り逃がしたことが知られている[(5)]。

こうした事情を鑑みるなら，電話が発明された経緯を考えるとき，ベルひとりに着目するのは慎重さを欠いているようにみえるかもしれない。とはいえ，ベルの活動がメディア論の観点からみてとくに興味深いのは，彼が音と聴覚をめぐる知の変動を体現するような人物であったからだ。メディア研究者のジョナサン・スターンの議論を要約するなら，その変動は「口」ないし「音源」をモデルとする音の理解から，「耳」をモデルとする音の理解への移行として記述されうる。18 世紀的な音の理解において，声や楽音のような音響現象は音声器官や楽器といった「音源」の材質や形状の観点から理解されていた。ところが，19 世紀に入る頃になると，音は諸々の「音源」から切り離されてとらえられるようになり，振動の一種として定義されるようになる。次いで，そうした振動を受容する器官として耳が理解されるようになり，聴覚のメカニズムが本格的に研究されるようになった。つまり，19 世紀において音はそれを生みだす音源という「原因 cause」の側においてというよりもむしろ，空気の振動や聴覚の刺激といった「結果 effect」の側においてとらえられるようになったのである。スターンが指摘するように，ベルは音の理解におけるこうした転換をまさしく象徴するような人物であった。というのも，発明家としての彼の経歴は音声器官の構造にもとづく機械の製作から，聴覚器官とりわけ中耳のメカニズムにもとづく電話の開発へと発展していったからである[(6)]。

こうしたスターンの議論がもつ重要な意義は，音響学・生理学・耳科学といった諸科学に

おける音や聴覚の理解に取材しつつ，メディアを感覚の拡張とみなしたマクルーハンの古典的な議論を歴史的に根拠づけたことにある。電話や蓄音機のようないわゆる複製技術は，音のあり方を大きく変えてきたが，スターンに従うなら，そのような変化は技術の発明によって唐突に起きたわけではなく，音と聴覚をめぐる考え方が長い時間をかけて変化した結果として起きたのである。本論文でもこうしたスターンの功績に従うかたちで，ベルを彼の先人たちが堆積させてきた知と実践の代表者として位置づけてみたい。その際，本論文でとくに注目するのは，ベルが音とりわけ声を再生産する方法を模索する過程で，先行するいくつかの機械から科学的な知識を得ていたという事実である。以下の各章ではスターンらの先行研究を補足しながら，ベルが話す機械，音響合成器，フォノトグラフという三つの機械と出会うなかで,「口」から「耳」へと音の理解を移行させていった過程を考察する。そうすることで,わたしたちは「声と耳の拡張」としての電話がいかなる音の理解から発展してきたのかを考察するとともに，その技術のモデルが三つの時期において互いに大きく異なるものであったことを明らかにするつもりである。

なお，本論文の一部は蓄音機の前史として電話の発明史をとりあげた拙論「「話す機械」としてのフォノグラフ――録音再生技術史再考」を改訂した内容を含んでいる[(7)]。この論文で，筆者は蓄音機が発明された条件のひとつとして電話をとりあげ，その発明過程について論じたが，あくまで蓄音機の前史として電話をとりあげたため，ベルの活動を十分に検討することができなかった。本論文で独立した論考として電話の発明史を吟味することは，電話の由来を明確にするだけでなく，拙論の不備を補って蓄音機の由来をより明確にすることにもつながると，筆者は期待している。以上のことを踏まえて，まずはベルが少年時代に深く影響を受けたという話す機械をめぐる逸話から議論をはじめてみたい。

1. 音源としての人体

電信技師から身を立てて発明家になったエジソンや，電気工学の専門家であったグレイとは異なり，ベルはもともと通信業界にも電気工学にも無縁な人物であった。発明家として著名になる以前，彼はむしろ聴覚障害者に言語の発音を教授する専門家として知られていたのである。そのような彼の経歴は電話の発明に直接つながるようにみえないかもしれないが，必ずしも後の経歴と無関係であったというわけではない。発音教育の基礎として発声のメカニズムを学ぶかたわらで，彼は音声を機械的に再生産することを試みてもいたからである。本章では，少年時代の体験記を中心に電信や電話といった通信技術にかかわる以前のベルの音声理解について考えてみたい。

人間の声を再生産することをめぐるベルの試みは，十代の頃にまでさかのぼる。ここではまず当時の体験を綴ったものとして，1922 年 3 月号の『ナショナル・ジオグラフィック』

誌[8]に掲載された「電話の前史」という講演録をとりあげてみたい。この講演録で，ベルは「わたしの幼年期をかたどり，わたしを電話の方向へといやおうなく導いた少年時代と，親や環境から受けたさまざまな影響」[9]にかんして，主にスコットランドのエディンバラで過ごした時代（1847 ～ 1863 年）の逸話を振り返っている。そのなかで彼が大きくとりあげているのが，祖父のアレクサンダー・ベル（Alexander Bell, 1790–1865）と父のアレクサンダー・メルヴィル・ベル（Alexander Melville Bell, 1819–1905）から受けた教育の影響である[10]。ベルは弁論術の専門家を多く輩出した一族の生まれであったが，なかでも彼の父は 1860 年代に「視話法 visible speech」を考案したことで知られている[11]。簡潔に説明するなら，視話法とは口や唇の開き方，舌の位置など，発音にかかわる器官の動かし方を 34 種類の記号によって視覚的に表象する方法を指している。この方法は言語の発音方法そのものを音声器官の構造にもとづいて表象することから「生理学的な文字」とも呼ばれ，またあらゆる言語の発音を表象できることから「普遍アルファベット」とも呼ばれた。メルヴィル・ベルはその利用法として，識字化の向上に役立てることをはじめ，盲人や聾唖者に読み書きや発音を教えることや，外国語の正確な音を伝えることなど，さまざまな例をあげている[12]。要するに，たとえ通常のアルファベットを知らないだけでなく，耳が聞こえない場合や，外国語をいっさい知らない場合であっても，目で見ただけで容易に発音を再現できることが視話法の利点とされたのである。ベルはそうした父の研究を引き継ぎ，渡米後に聾教育の現場で視話法の普及に努めたが，その過程で彼はある機械に出会うことになる。

ベルの回想によれば，彼はあるとき父に連れられて，物理学者チャールズ・ホイートストーン（Charles Wheatstone, 1802–1875）[13]の研究室を訪問したという[14]。それはホイートストーンがハンガリーの発明家ヴォルフガング・フォン・ケンペレン（Wolfgang Litter von Kempelen, 1734–1804）の著作[15]をもとに再現した「話す機械」を見学するためであった［図1］。よく知られているように，話す機械とは 18 世紀を通じて発展した解剖学と生理学の知識を応用し，言語の発音を模倣するためにつくられた機械を指している。ケンペレンは音声器官の形態と機能にかんする知見を参照し，それらを機械の設計に反映させることで，発話の動作自体を再現しようとしたのである[16]。ホイートストーンはそうしたケンペレンの話す機械を音声生理学の教材として再評価し，イギリスの科学界に積極的に紹介した人物であった。その操作を間近で目にしたベル少年は，「発音の明瞭度はがっかりするほどひどかったが，わたしの心に強い印象を残した」[17]と述べているように，話す機械のメカニズムに強くひかれたという。帰宅の道中には，ホイートストーンから借りたケンペレンの著作の仏訳版をむさぼるように読んだと回想している。

メルヴィル・ベルが息子を連れてホイートストーンのもとを訪問したのは，視話法の教授に役立てるためであったと考えられる。彼が考案した視話法の原理を十分に理解するには，音声器官のそれぞれの役割に精通している必要があった。この点でケンペレンの話す機械はなるほど恰好の資料になったはずである。発音の過程を観察しようとする際，体内の状

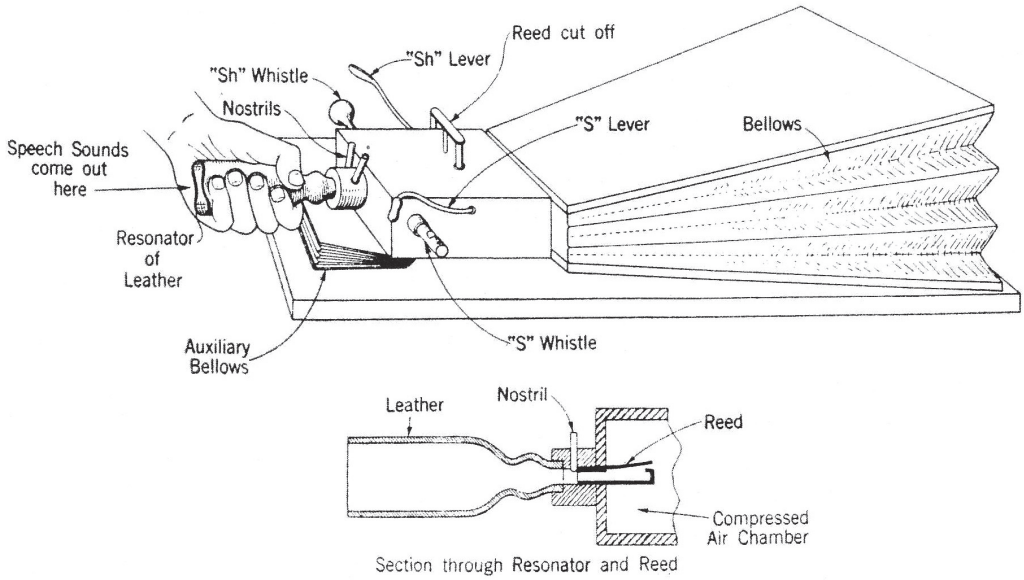

図１　ホイートストーン作の機械（再現図）
Homer Dudley and T. H. Tarnoczy, "The Speaking Machine of Wolfgang von Kempelen", *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 22, No. 2, March 1950, 164.

態を覗き見ることはほとんど不可能に近いが，機械として再現された器官を用いれば，それは容易になるからである。メルヴィル・ベルは音声器官の特徴を息子に理解させるための一種の教材として，話す機械を利用しようとしたのであろうと思われる。このことは彼がベルに話す機械を見せるだけにとどまらず，自作させようとしたことからも明らかである。しかも「ケンペレンやホイートストーンの足跡をたどることを推奨するよりも，自然そのもの（*Nature* herself）を複製させようとした」というメルヴィル・ベルは，既存の技術を模倣するのではなく，独自の洞察を通じて音声器官を可能なかぎり忠実に再現することを要求したという[18]。この助言に従った彼の息子は，本物の人間の頭蓋骨を入手して鋳型をとることや，声帯を観察するために猫を毒殺することも厭わない徹底した態度をもって――ただし，のたうち回る猫を目にしたショックで，解剖は諦めたという[19]――，発音のメカニズムを知ることに努めたと述べている。

そのような観察の成果として，ベル兄弟は一台の「しゃべる機械 talking machine」を完成させることに成功した。仕組みや操作方法の詳細については書かれていないが，ふいごの力で声帯の代わりとなるリードに空気を送り，ゴム製の唇や木製の舌を動かすと，この機械は「アー」という持続音と「マ・マ・マ・マ」という断続音を発音することができたようである。さらに，それらの音を組み合わせれば，「英国流」の発音で「ママ」という発音をつくりだすこともできたという[20]。兄弟が発音させたのはたった一語であったが，この結果に満足すると彼らはさっそく機械の性能を証明するために，ある悪戯を敢行した。ベルはその様子を以下のように描写している。

エディンバラにあった父の家は，共通の階段に面して開かれた平屋造りの家であった。わたしたちはその装置〔＝しゃべる機械〕を共通の階段にもち出して，大声で叫ばせた！

兄は気管を口に突っ込んで力いっぱい息を吹き込み，わたしは唇を操った。階段にはすぐに「ママ！　ママ！　ママ！」という，この上なく悲痛な声が響き渡った。それはほんとうに，小さな子どもがひどい苦痛のなかで，母親を呼び求めているかのような音であった。

やがて上階でドアが開き，ひとりのご婦人が「まあなんてこと，あの赤ちゃんはどうしたのかしら！」と叫ぶのが聞こえてきた。

わたしたちの幸福を満たすのに必要なことは，それで十分であった。成功に満足したわたしたちは静かに父の家に戻り，そっとドアを閉めると，いまや沈黙している子どもを無駄に探し回るご婦人をそのままにしておいた。

しゃべる機械がこれより先にはるかに進歩したとは，わたしは思わない。だが，それはまちがいなく，息子たちがしゃべる機械という手段を通じて発話の実際の道具とさまざまな音声器官の諸機能を徹底的に熟知するべきであるという父の願いを叶えることには成功したのである[21]。

ここでベルが追憶している悪戯は，子どもらしい無邪気な遊びとして思い出語りに登場するようなものとは明らかにレベルが異なっている。彼らの悪戯の発想自体は無邪気なものにちがいないが，それを成功させるには同年代の知的水準をはるかに超えた高度な知識がおそらく必要であったからだ。ベルによれば，それこそがまさしく父メルヴィル・ベルの狙いであった。話す機械を製作するなかで，ベル兄弟は専門教育を受けずしてすでに解剖学や生理学の知識を会得していたのである。

とはいえ，ここで重要なのはベル兄弟がいかに同年代の少年と比べて優れていたのかということではなく，彼らがどのように音声という現象を理解していたのかということである。その理解のあり方には，ふたつの点が含まれるように思われる。第一に，彼らは音声器官を機械と同一視し，その力学的な作用として発音を理解していた。だからこそ，彼らは音声器官を実際に機械として再現することもできたのである。第二に，彼らは声を思考や感情といった内面性の問題とは切り離して考えていた。ベル兄弟は声の原因を一貫して器官の物質性に求めたからである。

このように人間の声を徹底的にメカニズムの産物とみなした彼の態度は，同じ講演録で紹介されている別のエピソードにおいてより明確に表されている。それによれば，同じ頃，彼は飼い犬に言葉をしゃべらせることを試みていたというのである。この実験において，ベルは彼の指示通りにうなり声を出すように犬をしつけた後，その口元をさまざまなかたちに動かした。その結果，「しゃべる機械の場合と同じように」，「マ・マ・マ・マ」「ガ・ガ・ガ・

ガ」「アー」「アウ」「ウー」などの音を犬に発音させることができるようになったという[22]。ベルはこれらの音節の組み合わせによって表現可能な文章を考え，最終的に「アウ・アー・ウー・ガ・ママ Ow-ah-oo-ga-mama」という音列にいきあたった。これらの音は「少しばかり想像力を駆使すれば」,「ご機嫌いかがですか, おばあさま How are you, grandmama?」と言っているように聞こえたという[23]。ベルは犬を訓練して自発的に発音させることには失敗したというが，この実験においても先にみたふたつの特徴がより際立ったかたちでみられることは明らかであろう。後述するように，このように身体を一種の機械とみなし，外的な操作に委ねようとする態度は，音声を聴覚の側から理解するようになった時期の活動にも引き継がれている。

ところで，そうした将来の活動をみる前に触れておきたいのは，少年時代のベルが父の仕事に協力するなかである種の話す機械のように振る舞っていたという興味深い事実である。彼は 1860 年代半ばにメルヴィル・ベルの助手として参加したある公開実験の様子を以下のように回想している。

> わたしは少年時代に，父が普遍アルファベットのシステムについて公開講演をおこなったこと，そして自分もときおり彼の助手役を務めたことを覚えている。
>
> わたしがホールの外に送り出されると，聴衆の一団は彼らが望む任意の音――父によって記号化されるべき音――を出すように求められた。彼にとっては咳やくしゃみ，舌鼓（ぜっこ）の音〔馬に合図する音〕を綴るのは，人間の発話の要素をかたちづくる音を綴るのとまさに同じくらい簡単なことであった。
>
> 志願者たちは舞台にあげられた。そこで彼らは最も異様で気味の悪い音を発音した。そのあいだ，父は彼らの口を観察し，彼が観察した音声器官の動作を記号で表現することを試みたのである。
>
> その後，わたしが呼び入れられると，解釈すべき記号が差し出された。わたしはそれぞれの記号のなかに自分の口で何かをするための指示を読み取ることができた。
>
> わたしはあるとき指示に従おうとする試みが，わたしにはまったく理解不可能な奇妙な軋り音をもたらしたことを覚えている。しかしながら，聴衆はすぐに大きな喝采で応えた。彼らはそれをノコギリで木を切る騒音の模倣だと認識したのである。それはアマチュアの腹話術師によって試金石として与えられたものであった[24]。

公開実験においてメルヴィル・ベルは，人間の音声器官に由来する音ならどのようなものでも視話法の記号で書き取り，再び音に戻せることを証明しようと聴衆に挑戦したという。それに対して聴衆たちは，咳やくしゃみ，舌鼓，ノコギリの音など，非言語的な音を次々と模倣することによって，視話法の裏をかこうと躍起になった。ところが，ベルの父はこれらの音のすべてを視話法の記号に変換し，その場で聞いていなかったはずのベル自身は記号を目

にしただけで，もとの音を忠実に再現してみせたというのである。重要なのは，音が意味する内容とはかかわりなく，音声の復元が遂行されたということである。ベルは彼にとって「まったく理解できない奇妙な」音でさえ，容易に復元することができたからである。

こうした実演はもちろん，言語を対象としてもおこなわれた。別の公開実験では，英語の方言（スコットランド英語），日本語・中国語・マレー語・ポーランド語・イタリア語などの外国語，ゲール語（アイルランドやスコットランドに残る古語）の単語や文章のほか，「読み手を油断させるために特別に綴られた」単語などが試された[25]。ベル親子がこれらの言語のすべてに精通していたとは考えにくいが，それにもかかわらず，「ここで言及したすべての単語と音は，ベル氏に与えられたままの正確な発音で，ベル・ジュニアによって読み上げられた」という[26]。話す機械や話す犬の場合と同じく，これらの実演においては内面性の問題はやはり重視されていなかった。メルヴィル・ベルは音の意味内容を解釈することなく，発話の動作を記録し，息子のベルもまた音の意味内容を読み取ることなく，発話の動作を再現した。音と意味を切り離し，発話を解剖学的なメカニズムに還元したからこそ，彼らはあらゆる言語とそれ以外の音を正確に復元することができたのである。

ジョン・ダーラム・ピータースによれば，このような視話法の公開実演は近代的なメディアの「原光景」をなすものとして解釈されうる。なぜなら，彼らは話者の音声を別の身体において再現することによって，オリジナルな話者の「現前」は必ずしも必要ではないことを証明したからである[27]。ピータースによれば，このように身体的な現前をなしですまそうとするという点において，視話法は電話の原点とみなされうるというのである。こうした主張は，一見すると乱暴にみえるかもしれないが，説得力がないわけではない。というのも，メルヴィル・ベルは実際に，人体をある種の通信機として利用しようとしてもいたからである。あるテキストのなかで，彼は視話法の応用例のひとつとして，電信と視話法を組み合わせることを提案している。そうすれば，電信技師は外国語を知らない場合でも，通訳の必要なく，音声そのものを伝えることができるようになるというのである。メルヴィル・ベルは将来の可能性をこう述べる。

> 記号を音に変える専門家になる電信技師はやがて，自分たちの言葉を視話法に変えたり，記号から言葉を解読したりすることができないひとびとのために，メッセージの受け手と送り手の役割を担うことができるようになる。それゆえ，最終的には外国人が電信事務所に入ってメッセージを発音し，それらの音の意味をまったく知らないひとに，母国語で送信してもらうこともできるようになるであろう。そして，メッセージの受け手は，自分が読むものの意味を同じく知らない職員によって文字から音に変えられたそれを明瞭に聞くことができるであろう[28]。

メルヴィル・ベルが記述する電信技師は，こう言ってよければ，あたかも後世の電話のよう

な役割を与えられている。ここでもやはり電信技師が「音の意味」を理解することは必要とはされていない。言語をその「意味」から切り離し，音声器官の動作という物理的な現象に還元することで，メルヴィル・ベルは技師の身体を電信のネットワークに接続された音声通信機のようなものとして利用しようとしたのである。ベルがこのアイデアを実際に継承したかどうかは分からないが，音声の通信をめぐる構想は，興味深いことに彼の父によってすでに提案されていたということになる。ただし，後世の電話が視話法や話す機械の発想から連続的に発展したものではないことは，一見して明らかであろう。わたしたちが知る電話は，どう見ても音声器官の形態をとってはいないからである。では，電話が着想されるにはいったいどのような思考の変化が必要であったのか。ベルが電話の開発を本格的に開始した契機として，次章ではヘルムホルツの音響合成器から受けた影響について考えてみたい。

2. 耳のなかのピアノ

1877 年 10 月 31 日にロンドンで開かれた電信技師学会の講演のなかで，ベルは音声の伝送を志すようになった転機として，ある逸話を紹介している[29]。その講演録で述べるには，彼は 1865 年頃，父との共同研究で，母音の音高を特定する研究に従事していたという[30]。それは楽器の音高のように難なく特定されるように思われるかもしれないが，彼らはやがてある難題に突き当たった。というのも，母音の多くは「二重の音高」をもっているように聞こえたからである（ベルはその理由として，母音の音高には口腔と喉というふたつの発生源があることをあげている）。彼はこの難題を解決するために，次のような方法を考えた。まず，ある母音を発音するときの音声器官の位置を，声を出さずにとる。次に，口の前で音叉を叩いて振動させ，音を鳴らす。もしも音叉の音高が母音の音高と一致するときには，共鳴の作用によって，音叉の音が大きく聞こえるため，音高は容易に特定されるはずである[31]。ベルは自分にとって画期的な方法と思われたその成果をまとめ，父の知人であった音響学の権威アレクサンダー・ジョン・エリス（Alexander Jonh Ellis, 1814–1890）に送ったという[32]。ところが，彼はエリスから驚くべきふたつの事実を知らされることになる。ひとつは，彼が独自に考案したと思っていたこの方法がヘルマン・フォン・ヘルムホルツ（Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz, 1821–1894）によってすでに実行されていたということ。もうひとつは，ヘルムホルツが母音を音楽的な構成要素に分析しただけではなく，逆に構成要素から母音を合成することに成功してもいたということである[33]。

エリスは聴覚生理学の分野におけるヘルムホルツの主著『音楽理論の生理学的基礎としての音感覚論 *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage fur die Theorie der Musik*』（1863）を英訳し，英米圏の科学者および技術者に多大な影響を与えた第一人者として知られている[34]。その彼からベルが教わったのは，当時イギリスの科学界においても

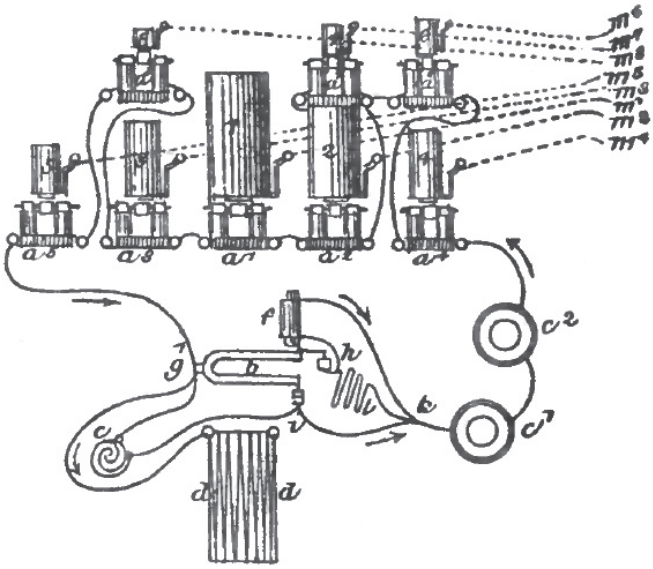

図２　ヘルムホルツの音響合成器
Herman von Helmholtz, *Die Lehre von den Tonempfindungen als Physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*, *5 Ausg*, Braunscweig: F. Vieweg, 633.

十分に知られていなかった音響合成器の存在であった［図２］。ヘルムホルツが自身の理論を実証するために考案したこの機械は，複数の音叉を用いて，母音の音色を合成することができた。簡潔に仕組みを説明するなら，彼の合成器は大きく分けて三つの部分からなる。ひとつめは電源にあたる部分である。この部分は音叉の振動によって電池からくる電流を間断的に遮断し，断続的な電流を生む。ふたつめは音源にあたる部分であり，電磁石の力で８本の音叉を振動させることで音を鳴らす。音叉の音高はそれぞれ中央の音叉に対して，整数倍の高さに調律されている。三つめは音を増幅する部分であり，共鳴器によって音叉の音を増幅する。これらの共鳴器はそれぞれ特定の音叉に共鳴するようにつくられており，音叉との距離に応じて，音の強さを変えることができた。ヘルムホルツは各音叉の音の強さを微調整することで，最終的にA，Ä，E，O，Ö，Uという６種類の母音を合成することに成功したという。結果から先に言えば，ベルはこの実験器具と出会ったことで，音声の電気的な再生に関心をもつようになったのである。だが，議論を急ぐ前に，まずはヘルムホルツがいったいなぜそのような器具をつくったのかを考えてみたい。その背景にみられる音の理解は音響合成器を通じて，ベルにもたしかな影響を与えていたように思われるからである。

ヘルムホルツは生理学と物理学の分野において幅広い業績を残したことで知られるが，なかでも『音感覚論』は聴覚生理学の分野において20世紀に入ってからも長らく影響力を与え続けた代表作として知られている。この分野における彼の功績は，一言で要約するなら，音響学と生理学を統合したことにあった。ヘルムホルツ以前，ふたつの研究分野は同じ「音」

という現象を扱っているようにみえてその実，互いに相容れない道を歩んでいた。18 世紀末にドイツの物理学者エルンスト・クラドニ（Ernst Florens Friedrich Chladni, 1756–1827）がその発展に貢献した音響学は，「振動」としての音を聴覚から切り離して研究する道を拓いた。この分野におけるクラドニの最大の貢献は，『音響理論にかんする発見 *Entdeckungen über die Theorie des Klange*』（1787）で彼が発表し，後に「クラドニ図形」と名づけられた，音を視覚化する方法にあると言われる。クラドニはこの図形を得るためにガラス板の上に砂を撒き，ヴァイオリンの弓でその縁を擦った。そうすると，砂は弓から伝わった振動によって移動し，振動の特徴を幾何学的な模様として描いた。それによって彼は，音をその音源からも聴覚的な印象からも切り離し，独立した対象として研究する方法を提示したのである[35]。

他方，ドイツの生理学者ヨハネス・ミュラー（Johannes Peter Müller, 1801–1858）が出版した『人間生理学教本 *Handbuch der Physiologie des Menschen*』（1833）は，音の「感覚」を音波という刺激から切り離して研究する道を拓いた。この著作のなかで後世に最も影響力を与えたのは，ミュラーが五感の働きにかんして提示した「特殊神経エネルギー説」であった。ジョナサン・クレーリーが指摘するように，この理論の要点は同じ刺激がさまざまな感覚神経に作用して，まったく別の感覚を生じさせるということにあった。たとえば，ある周波数より低い振動は，内耳神経では音として感じられ，触覚神経では震えとして感じられることがありうるのである。また，異なる刺激が同じ感覚を生じさせる場合があることも，ミュラーは示した。たとえば，光の感覚を生じさせる刺激のなかには，光だけではなく，電気，薬物，血管の圧迫などさまざまな原因が含まれうるのである。これらのことからミュラーが導きだしたのは，刺激と感覚のあいだには必然的な関係など存在しないということであった[36]。つまり，ミュラーは外部からの刺激と感覚を切り離し，感覚の原因を物理的な刺激にではなくそれぞれの感覚神経の内部作用に求めたのである[37]。この説によって，ミュラーは諸々の感覚を互いに切り離し，それぞれの感覚を独立したメカニズムとしてとらえる道を提示した。ミュラーが感覚一般について主張したことは，聴覚にもあてはまる。つまり，音響学が「音」を聴覚から独立した「振動」としてとらえていたのに対して，生理学は「音」を振動という刺激から分離可能な「聴神経の作用」としてとらえたのである。

ヘルムホルツの理論の特色は，これらふたつの流れを統合し，当時明らかになりつつあった聴覚器官の構造と関連づけたことにある[38]。そうしたヘルムホルツの仕事のなかでも最もよく知られるのが，音色の知覚にかんする理論である。その特徴は，主に三つにまとめられるであろう。第一に，ヘルムホルツはひとつの音をさまざまな部分音の集合としてとらえた。人間の耳によって知覚される振動は，ひとつの音として聞こえる場合であっても，実のところ非常に幅広い音高すなわち周波数をもつ振動を部分音として含んでいる。このうち最も低い部分音は基音と呼ばれ，それよりも高い部分は上音と呼ばれる。ヘルムホルツはこれらの部分音の構成によって音のさまざまな性格を説明し，基音が音高の知覚に，上音の構成が音色の知覚にとくに作用すると考えた[39]。第二に，ヘルムホルツはこのように音を周波

数の束としてとらえる理解を，同じ時代に顕微鏡の発展によって解明されつつあった内耳の解剖学的な形態と関連づけた。ヘルムホルツによれば，内耳に位置する蝸牛の基底膜には，多数の繊毛が並んでいる。これらの繊毛はそれぞれ単一の周波数振動にのみ共振し，末端に接続された聴神経を刺激する機能を担っている。つまり，ヘルムホルツによれば，内耳は共振の作用によって音波の振動を周波数ごとに分解することで，音高や音色の感覚を生じさせるのである[40]。第三に，ヘルムホルツはこうした聴覚器官の特性を人工物との類似によって理解した。彼が聴神経の働きを共鳴現象との類似によって説明する際に，ピアノの比喩を好んで用いたことはよく知られている。ピアノの弦は鍵盤を押すと発音するようになっているが，それ以外にも共鳴と呼ばれる現象によって音が鳴ることがある。ピアノのダンパー（弱音器）を上げて何らかの音を鳴らすと，その音に含まれる周波数振動に相当する高さの弦がすべて共振し，発音する。それゆえ，「わたしたちは純粋に機械的な手段〔＝ピアノ〕によって，耳によっておこなわれるのとまさしく同じ空気の波の分析を得る」ことができる[41]。つまり，人間の内耳はピアノのように機能するというのである――ただし，人間の可聴域がピアノの音階よりもずっと広いことを考えれば，それは膨大な数の弦をもったピアノということになる。このほかにも『音感覚論』の別の箇所には，神経を電信に譬えた文章もみられる。少し長いが該当箇所を引用してみたい。

> 神経はしばしば電信線に譬えられてきたし，それは的外れではない。そのような電線は一種類の電流のみを伝導する。電流はより強かったり，弱かったり，別の方向に流れたりするかもしれないが，その他に質的な差異を持たない。それにもかかわらず，その末端に接続するさまざまな種類の装置によって，わたしたちは電信を送り，鐘を鳴らし，鉱山を爆破し，水を分解し，磁石を動かし，鉄を磁化し，光を出すなど，することができる。同じことは神経にもあてはまる。神経のなかに生みだされ，神経によって伝導される興奮の条件は，それが単独の神経線維のなかで認識される限り，どこでも同じであるが，脳や身体のさまざまな箇所にもたらされるときには，運動，腺の分泌，血流量の増減，個々の器官の紅潮や熱，さらには光の感覚や聴覚などを生みだす。あらゆる質的に異なる動作が異なる器官のなかに生みだされ，しかも別々の神経線維がそこに向かって走っているにちがいないことを考えれば，それが末端に生みだすさまざまな種類の効果にもかかわらず電信線のなかの電流がまったく同じであるように，個々の神経線維における刺激の実際の過程はつねにまったく同じでありうる[42]。

ヘルムホルツが主張するように，電信線末端に接続された装置の差異によって，異なる結果をもたらす。同じことは神経にもあてはまる，と彼は言う。神経内を流れる電流はどの神経をとっても同質であるにもかかわらず，神経と接続された器官の差異によって質のまったく異なる結果を引き起こすのである[43]。このように考えるヘルムホルツにとって，耳とはピ

アノと電信の複合体によって作動する通信機のようなものであった[44]。ピータースが指摘するように，ヘルムホルツの理論において，感覚器官は「メディアの類似的拡張」として位置づけられたのである[45]。

先にあげたヘルムホルツの音響合成器は，このような耳の理解から生まれたものとして理解されうる。もしも内耳の繊毛をピアノの弦とみなすなら，耳は共鳴によって音を複数の音高に分析するだけではなく，逆に和音を奏でるように，複数の音高から任意の音を合成することができるかもしれない。そして，神経が電信線と同じであるとすれば，そのような楽器としての耳を電気の力で奏でることができるかもしれない。実際にはピアノの弦ではなく音叉が用いられたという違いはあったが[46]，音響合成器の発想はこのように内耳をピアノや電信として具体化することと不可分な関係にあったのである。

さて，少々遠回りになったが，ベルはこうしたヘルムホルツの合成器と出会うことで音の理解を大きく変えることになった。ヘルムホルツの合成器からベルが受けた影響は，主に二点に要約されるであろう。ピータースやスターンが指摘するように，ひとつは音をその「原因」から切り離し，「結果」としてとらえるという発想である[47]。つまり，少年時代のベルが音声をその原因となる音声器官と関連づけていたのに対して，ヘルムホルツの音響合成器を知ったベルは，音声を聴覚器官の作用という結果の側において理解する方法を知ったのである。もうひとつの影響は，ベルの秘書を務めたキャサリン・マッケンジーが回想しているように，ある誤解から生まれた。彼女によれば，彼はドイツ語の『音感覚論』を十分に読解することができなかったせいで，当初ヘルムホルツが「母音の音を電信線によって送信した」と考えており，その延長で子音を含めたあらゆる音声を伝送することを志すようになったという[48]。マッケンジーが回想するには，この誤解こそが「電話のはじまり」であったというのである[49]。

マッケンジーの証言とは異なり，ベルはすぐに音声の伝送を試みるようになったわけではなかったが，発明家としての彼の経歴にはたしかにその影響がみられる。たとえば通信機の開発を本格的に開始する以前の 1869 年頃，ベルが最初に考えていたのは，ヘルムホルツの合成器を応用し，電信線を介してピアノの弦を動かすというやり方であった[50]。ベルはこの方法を用いてピアノを遠隔操作で演奏することや，その応用として，複数のモールス信号を別々の音高で同時に送ることを考えていたという[51]。このアイデアは実現されなかったが，結果的に多重電信（一本の電線で複数の信号を同時に送る技術）の開発へとつながった[52]。これらのアイデアはいずれも音声の伝送に直結するものではないが，ベルが通信技術にかかわっていくなかでまずピアノと電信の組み合わせを用いたことは興味深い。先述したように，それらはいずれもヘルムホルツが内耳のメカニズムを具体化するために用いた例であったからだ。単なる偶然でなければ，このことはベルが通信技術の開発をおこなうにあたり，ヘルムホルツの『音感覚論』を参照していた可能性があることを示唆している。実際，彼が考えた別の通信機のアイデアには，ヘルムホルツの合成器からの影響がより色濃くみら

れる。助手のワトソンによれば，彼は「どんな音でも，言葉の音でさえも送ることができる」通信機として,「多数の調律された弦, リード, およびその他の振動する物体」を備えた「アップライト・ピアノ」ほどのサイズの機械をつくろうとしていたという[53]。仕組みの詳細は書かれていないが，ベルはヘルムホルツの合成器よりも幅広い音高に対応する多数の発音体を用意することで，母音以外にもさまざまな音を合成することを狙っていたと思われる。これと同じ機械であるのかどうかは定かでないが，ベルは「人間の耳のなかにある毛状のコルチ器を複製するために，3000 から 5000 本の歯を備えた櫛のような，ピアノ大のミュージック・ボックス」を 1874 年につくろうとしていたという説もある[54]。

重要なのは，ベルがこのように内耳のメカニズムを模倣しようとする試みのなかで，電話を構想したということである。彼自身が「電話の最初の形態」と呼んだ通信機のアイデアをここでみてみよう[55]。ベルによれば，それは 1874 年 7 月に，ヘルムホルツの音響合成器を彼なりに改良しようとする過程で着想された機械であったという[56]。ヘルムホルツの音響合成器では音叉が発音源となっていたが，それらの音量はつねに一定であり，音量の増幅は共鳴器に依存した。これに対して，彼が考えたのは「音叉そのものをさまざまな振幅の度合いで振動させる」という方法であった。そこで彼は「ハープ」もしくは「ピアノ」のように鉄製のロッド（棒）を並べた電磁石をふたつ用意し，双方を電線でつなげることを思いついた[57]。電池さえも用いないこの単純な機械は，にもかかわらず，ヘルムホルツの音響合成器よりもはるかに「完璧なやり方で」あらゆる音声を合成できるはずであった[58]。仕組みを簡単に説明しておこう。一方の電磁石のロッドに音波の振動が伝わると，各ロッドの振動に応じた強さの電流がコイルのなかに発生する。それは電線を通じて他方の電磁石に伝わり，磁界を発生させて他方のロッドを振動させる。すると，受信側のロッドからはもとの音声に近似した音が再生産されるであろう。ベル自身は述べていないが，彼は各ロッドを特定の周波数に調律することを想定していたと考えられる。というのも，彼はこの機械の仕組みをピアノに譬えて次のように述べているからである。

> わたしたちがピアノに向かって歌うと，楽器の弦のいくつかは声の作用により，さまざまな振幅の度合いで共鳴的に振動の状態に入ります。そして，発音された母音に近似した音が，ピアノによって生みだされます。理論は，ピアノがオクターブあたりもっと多くの弦を備えているなら，母音が完璧に再生産されることを示しています[59]。

この文章を踏まえるなら，電磁石のロッドはおそらく，送信側ではそれぞれ異なる音高に共振し，受信側ではそれぞれ異なる音高を発音するように調律されていた。とすれば，これらのロッドはピアノと同じく，送信側では音声をその構成要素に分析し，受信側では同じ構成要素からもとの音声に近似した音を合成するであろう。そして，これらのロッドがピアノの弦よりも幅広い周波数をカバーするなら，音声を「完璧」に，つまり人間の耳に聞こえるの

と同じように再生産するであろう。こうした考えは彼がヘルムホルツの聴覚理論を踏まえて，先の通信機を発案したことをうかがわせる。彼の通信機はまさしくピアノと電信の複合体としての内耳の類似物であった。それはピアノのように音波の振動を複数の音高に分析し，続いて電信のようにそれらを電気信号に変換し，そして再びピアノのように複数の音高を個別に奏でて音を合成するのである。

ベルが電話の原型と呼んだこのような機械は，その発想において，少年時代に学んだ話す機械や視話法とは根本的に異なっている。くりかえしになるが，話す機械や視話法が音声器官のメカニズムにもとづいて音声を再生産したのに対して，ここでみたベルの通信機は内耳のメカニズムにもとづいて音声を再生産するものであったからである。興味深いのは，そうしたベルの通信機が電話の原型と呼ばれながらも，後世における電話のイメージとはかけ離れているように思われることである。ベルが最初に考えた電話は，多数の共鳴体によって音を拾い，同じく多数の発音体によって音を再生産するというようなものであった。このようにベルが多数の振動体を用いようとしたのは，ヘルムホルツに従い，内耳のメカニズムを合成器というかたちで利用することをねらっていたからである。ところが，ベルはそのような合成器としての電話を結果的に完成させることはなかった。それは彼自身が述べているように資金が不足していたからかもしれないが[60]，現実的にみて製作が不可能であったからかもしれない。ベルが考えた方法で人間の耳に聞こえる音に近いものを合成するには，可聴域の全域に及ぶ相当数の発音体を用意しなければならなかったからである。そのような機械をつくろうとすれば，おそらくピアノの大きさにとどまらない巨大なものになったにちがいない。ヘルムホルツの音響合成器を通じて，ベルは「口」ではなく「耳」の側から音にアプローチする方法を新たに知った。ところが，内耳のメカニズムにもとづくその方法は，実際的な問題として，実現の困難を約束されていたのである。

では，ベルがそのような原初の電話から離れ，実際に機能する電話をつくるには，どのような飛躍が必要であったのか。次章では，フォノトグラフという実験器具を通じて，ベルが最終的な電話のアイデアを得るにいたった過程をみてみたい。

3. 増幅器としての鼓膜

1874 年 3 月，つまりハープ型の電話機を考案する少し前に，ベルはヘルムホルツの音響合成器とは異なる耳のモデルに出会っていた。通信機の研究を独自に続けるかたわらで，当時の彼はボストンの聾唖学校で視話法の教育に尽力していた。その仕事の関連で，ベルはフォノトグラフとマノメトリック・フレームというふたつの実験器具をマサチューセッツ工科大学で見学する機会を得たという[61]。

これらの実験器具は，先にみたクラドニ図形と同じく，それぞれ音波を視覚化するため

の手段として開発されたものであった。フランスの植字工レオン・スコット（Edouard-Leon Scott de Martinville, 1817–1879）が1857年に特許を取得したフォノトグラフは，音声の振動を波状の痕跡として記録できる機械であった。この機械の集音器に向かって話をしたり，歌を歌ったりすると，集音器の底に張られた小さなダイアフラム（振動板）が音波の振動によって共振し，その中央に固定された細い木製の棒を振動させた。この棒の先端には豚の剛毛がとりつけられており，煤を塗ったガラスをその下で滑らせると，豚の毛は音声に特有のパターンを煤の上にひっかき傷として描いたのである。ベルが見たものは，マサチューセッツ工科大学の学生がこれに改良を加えたモデルであり，この新型のフォノトグラフは長さ約30センチメートルの軽い木の棒を音声の振動によって動かすことができたという――それによって拡大された痕跡を得ることができた[62]。もうひとつのマノメトリック・フレームは，音の痕跡をつくることはできなかったが，フォノトグラフよりも繊細に音を視覚化することができた。ドイツの物理学者ルドルフ・ケーニッヒ（Rudolf Koenig, 1832–1901）が1862年に考案したこの機械は，音声の振動を炎の揺らぎによって視覚化した。伝声管に向かって話すと，その端に張られたダイアフラムが共振し，マノメトリック・カプセルという小さな箱に振動を伝えた。箱のなかには可燃性のガスが噴き出しており，ダイアフラムの振動に応じて，炎のかたちが変化するようになっていた。炎のかたちがよく見えるように，その光は四面に鏡を張った立方体に映し出された。ハンドルで立方体を回転させながら伝声管で声を送ると，その振動のパターンは帯状の光の揺らぎとして視覚化されたのである。

音を視覚化するこれらの機械は，音響学の実験器具に由来をもつ。先にあげたクラドニ以降，音響学の分野では観察の手段として，音を視覚化するためのさまざまな方法が発展した。たとえば，1807年にはイギリスの物理学者トマス・ヤング（Thomas Young, 1773–1829）が金属棒に鉛筆をとりつけ，その振動を紙に書きつける方法を考案し，1830年にはドイツの

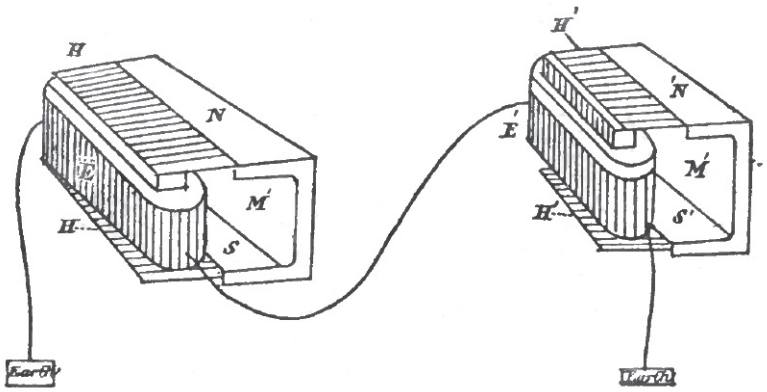

図３　ハープ型の電話機

Alexander Graham Bell, *The Telephone: A Lecture Entitled Researches in Electric Telephony by Professor Alexander Graham Bell, Delivered before the Society of Telegraph Engineers, October 31st, 1877*, Frank Bolton and William Edward Langdon, eds., London and New York: The Society of Telegraph Engineers, 1878., 29.

物理学者ヴィルヘルム・ヴェーバー（Wilhelm Eduart Weber, 1804–1891）が音叉に豚の毛をとりつけ，その振動の軌跡を煤けたガラスに記録する方法を考案した。音響学がクラドニ図形とともにはじまったように，これらの実験器具は音響学の副産物としてではなく，音響学の前提として位置づけられる。なぜなら，周波数や振幅といった音の諸要素を定量的に計測することは，視覚化を経ることではじめて可能になったからである[(63)]。音響学が音の視覚化をもたらしたのではなく，逆に音を可視化する方法の洗練が音響学の発展をもたらしたと言ってもいい。ただし, クラドニ, ヤング, ヴェーバーといった科学者が考案した器具は, ヴァイオリンの弓，金属棒，音叉といった単一の物体から発せられる振動を扱うことしかできなかった[(64)]。スコットのフォノトグラフはそうした技術的な制約を取り払い，視覚化の対象をあらゆる音に拡げたという点で，画期をなす発明であったと言うことができる。よく知られているように，この飛躍は耳の構造を参照することによって実現された。植字工として働いていたスコットは，物理学の教科書に掲載する耳の解剖図を校正しているときに，フォノトグラフを着想したと言われている[(65)]。具体的に言えば，彼が参考にしたのは，鼓膜と耳小骨（鼓膜から近い順にツチ骨・キヌタ骨・アブミ骨の三つが並ぶ）によって構成される中耳のメカニズムであった。すなわち，ダイアフラムは音波に共振する鼓膜を，その中央に固定された小さな木の棒は鼓膜の振動を内耳の蝸牛に伝える耳小骨をモデルにしていたのである。幅広い音波の振動を神経に伝達する中耳のメカニズムを応用することで，スコットは単一の発音体を超えて，人間の鼓膜が共振する音の全域に視覚化の対象を拡げたのである。同じメカニズムは，マノメトリック・フレームのダイアフラムにも応用されている。

こうしてみると，聾教育の現場にいたベルが，これらの機械に関心を示したのは偶然ではなかったと言えるかもしれない。ベルは聴覚障害者が発音を練習する際に，彼らの失われた聴覚を補うものを欲していたからである。スターンの表現を借りるなら，彼はフォノトグラフとマノメトリック・フレームに出会ったとき，これらを「人の代わりに聞く機械」として，聴覚障害者の耳の代理にすることを思いついたのである[(66)]。この点で看過しがたいのは，ベルがそうした聴覚の代理を極限まで追求しようとした結果，本物の耳を機械に組み込むにまでいたったということである。彼が耳科医のクレアレンス・J・ブレイク（Clarence J. Blake, 1843–1919）とともに，死体の耳から摘出した標本を用い，イヤー・フォノトグラフなる機械を製作したことはよく知られている[(67)]。ベルの記述によれば，彼らが用いたのは鼓膜から耳小骨にいたる中耳の器官であった。ブレイクはベルのためにこれらの部位から不要な部分をきれいに取り去ったうえで，さらに鼓膜から最も遠い極小のアブミ骨を切除した。そして，キヌタ骨の末端に長さ約2センチメートルの干し草をスタイラス（尖筆）としてとりつけ，耳介の代わりに木製の集音器を鼓膜に与えたのである。グリセリン溶液によって鼓膜を十分に湿らせ，柔軟性を与えると，フォノトグラフと化した耳は音声の振動に応じて煤けたガラスの平面にさまざまな痕跡を残したという[(68)]。こうしてベルとブレイクは, スコットのフォノトグラフにおいておこなわれた中耳の機械化をさらに推し進め，ついに耳そのも

のを機械として利用してしまったのである。

本論にとって重要な点は，このような耳の機械化がベルに電話の着想をもたらしたということにある。彼はイヤー・フォノトグラフが作動する様子を観察しているうちに，ある驚くべき特性に気づいたという。それは「ティッシュペーパーと同じくらい薄い膜が，それと比べてサイズも質量も大きい骨の振動を制御することができる」ということであった[(69)]。このときベルが発見したのは，鼓膜がもつ増幅器としての機能であったと言うことができる。音波のエネルギーは微弱であるため，わたしたちは通常，空気を伝わるそれを皮膚で触知することができない。にもかかわらず，わたしたちが聴神経によってそれを感知することができるのは，鼓膜が微弱な音波の振動に共振し，増幅するからである。イヤー・フォノトグラフによって鼓膜の働きを観察するうち，ベルは鼓膜がそのような増幅器として機能することに気づいていった。それと同時にベルが得たのは，先にみたハープ型の電話とは異なるもうひとつの電話のアイデアであった。すなわち，鼓膜のようなダイアフラムを用いれば，音波の微弱な振動によって鉄片を動かし，電磁石のなかに電流を発生させることもできるのではないかと，彼は考えたのである[(70)]。この仕組みがうまく作用すれば，ダイアフラムの振動は電気の波動に変換される。そして，同じ機械を電線の反対側にもうひとつ用意すれば，電気の波動は電磁石に作用して鉄片を動かし，ダイアフラムを振動させるであろう。結果として，最初のダイアフラムに届いた音は，もうひとつのダイヤフラムによって再生産されるは

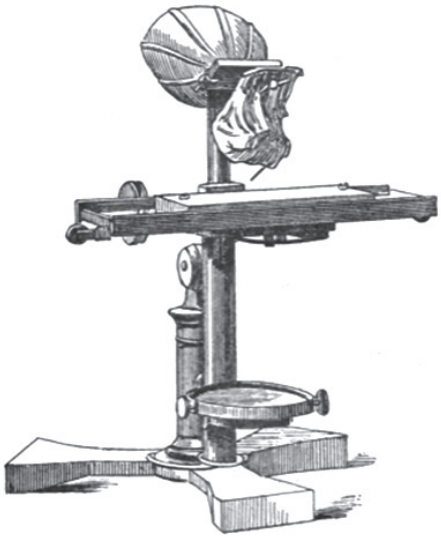

図４　イヤー・フォノトグラフ
Alexander Graham Bell, *The Telephone: A Lecture Entitled Researches in Electric Telephony by Professor Alexander Graham Bell, Delivered before the Society of Telegraph Engineers, October 31st, 1877*, Frank Bolton and William Edward Langdon, eds., London and New York: The Society of Telegraph Engineers, 1878., 31.

ずである。ベルはこのアイデアをおよそ一年かけて洗練させ，1876 年 2 月 14 日に「電信術における改良」として特許出願した[71]。これが現在知られている電話の起源とされている。

以上のような発明の経緯は，フォノトグラフを通じて鼓膜と耳小骨の働きを観察したことが，ベルに最終的な電話のアイデアをもたらしたことを示している。そこに反映されている音の理解は，前章でみたハープ型の電話のそれとは異なっている。ベルがヘルムホルツの音響合成器から発展させた先の機械は，内耳の働きをモデルにしていた。それはピアノの弦のように音波の振動に共振し，振動を周波数の構成要素に分析する蝸牛内の繊毛を再現したものであった。これに対し，最終的につくられた電話は，音波の振動に共振し，増幅する中耳の鼓膜と耳小骨をモデルにしていた。聴覚器官をモデルにするという点では共通していたとはいえ，最終的につくられた電話が「分析」というプロセスを含まないものであったことは大きい。ベルの言葉を借りるなら，それによって彼は再生産のプロセスを「簡略化」することができたからである[72]。ベルによるこの発見は，電話の歴史にとってだけでなく，翌年につくられた蓄音機をはじめ，あらゆる音響再生機器の歴史の全体にとって重要である。それらは入出力の部品として，必ずダイアフラムを備えているからである[73]。いまやいたるところに大小さまざまなマイクロフォンやラウドスピーカーが遍在しているが，これらはすべてフォノトグラフに組み込まれた鼓膜にその起源をもつのである。

4. 電話という人造の器官

本論では，ベルが電話の発明にいたるまでにたどった変遷をおよそ三つの時期に分けて考察し，それぞれの時期で彼が音声をどのように理解していたのかを考えてきた。その際，わたしたちが注目したのは，ケンペレンの話す機械，ヘルムホルツの音響合成器，スコットのフォノトグラフという三つの機械との出会いが与えた影響であった。ベルがこれらの機械から学んだことは，三つの点に要約されるであろう。

ひとつめは，人体を一種の機械としてとらえる身体観である。本論でみてきたように，これらの機械はいずれも人体を人工物のアナロジーによってとらえ，実際に機械として再構成しようとする試みから生まれたのであり，ベルはそれらに接することで，同様の身体観をおのずと吸収していったものと思われる。ふたつめは，そうした身体観にもとづき，音声を特定の器官のメカニズムと関連づけて理解する方法である。簡単にまとめるなら，ベルは話す機械に触れることで音声を生みだす音声器官のメカニズムを知り，音響合成器に触れることで音声を要素に分析する内耳のメカニズムを知り，最後にフォノトグラフに触れることで音声を共鳴的に増幅する中耳のメカニズムを知った。三つめは，そのような器官のメカニズムの道具的な利用可能性である。ベルが学んだのは，器官のメカニズムを機械化すれば，たとえば「合成」や「記録」のようなほかの目的のために利用できるということであった。ベル

（と彼の父親）がそこから，人体の器官もしくはその類似物を電信のネットワークに組み込み，通信機として利用するというアイデアを発展させたことは本論でみてきたとおりである。

このようにベルの活動をたどってきたことで可能になるのは，現在「電話」として知られているものの起源が鼓膜のメカニズムにあったことを確認することだけではない。むしろ本論でおこなってきた作業によって明らかになったのは，マクルーハンが身体の拡張と呼んだ電話には複数の歴史がありえたということである。ダイアフラム的＝中耳的な電話のほかにも，ピアノ的＝内耳的な電話がありえたかもしれないし，もしかしたら音声器官的な電話の形態もありえたかもしれない。つまり，人体のどの部位を機械化しようとするかによって，電話はまったく異なる形態に発展していた可能性があった（し，今後そうなる可能性もある）のである。だが，そのような可能性が実際にありえたか（あるいは，今後ありうるか）どうかを詳しく検討する余裕は，本論にはもはや残されていない。この問題については，ベル以外の人物にも視野を拡げつつ，別の機会に考えることにしたい。

注

(1) 「アレグザンダー・グレアム・ベル」などと表記することもあるが，本論文では本邦で一般的に用いられることの多い「アレクサンダー・グラハム・ベル」という表記を用いる。

(2) マーシャル・マクルーハン『メディア論――人間の拡張の諸相』（栗原裕・川本仲聖訳，みすず書房，1987年），273頁。

(3) ベルの伝記を書いたロバート・ブルースによれば，「テレフォン」という造語はライスがつくったものではなく，1796年にあるドイツ人が伝声管のような装置を指して名づけたものに由来するという。ロバート・V・ブルース『孤独の克服』（唐津一監訳，NTT出版，1991年），119頁。

(4) J. Baile, *The Wonders of Electricity*, ed. John W. Armstrong (New York: Scribner, Armstrong, and Co., 1872). 初版には著者名がJ. Baileと印刷されているが，J. Baillеの誤植であると思われる。この著作で彼は「おそらく数年のうちに，わたしたちは話し手の抑揚，口調，訛りそのままに，音声メッセージ自体を送信できるようになるかもしれない」（*ibid.*, p. 142）と述べているが，このような予言めいた主張は，ベルが電話の開発に着手したときにはすでに電話の着想と呼べるようなものが存在していたことを示している。

(5) 特許の出願をめぐるグレイとベルの逸話は，電話の開発競争を彩る逸話として有名であるが，セス・シュルマンは独自の調査によって，実はグレイのほうがベルよりも早く特許を出願していたのであり，二時間の後れをとったという通説は虚偽ではないかという仮説を提示している。また，シュルマンは特許出願の際，ベルの陣営がグレイの書類を不正にコピーし，後の実験に使ったのではないかという仮説も提示している。いずれも仮説の域を出ないが，電話の発明史をめぐる近年の調査研究として，参照されたい。Seth Shulman, *The Telephone Gambit: Chasing Alexander Graham Bell's Secret* (New York: W.W. Norton &Company, 2008) ＝セス・シュルマン『グラハム・ベル空白の12日間の謎――今明かされる電話誕生の秘話』（吉田三知世訳，日経BP社，2010年）.

(6) 以下の著作のうち，第一章を参照。Jonathan Sterne, *The Audible Past; Cultural Origins of Sound*

Reproduction (Durham: Duke University Press, 2003) ＝ジョナサン・スターン『聞こえくる過去――音響再生産の文化的起源』（中川克志・金子智太郎・谷口文和訳，インスクリプト，2015 年）.

(7) 秋吉康晴「「話す機械」としてのフォノグラフ――録音再生技術史再考」『京都精華大学研究紀要』第 47 号（2015 年），49–79 頁。

(8) 『ナショナル・ジオグラフィック』は 1888 年にナショナル・ジオグラフィック協会が創刊した月刊の大衆科学雑誌。ベルは科学振興事業の一環として協会の創設にかかわり，1896 年から 1904 年にかけて会長を務めた。

(9) Alexander Graham Bell, “Prehistoric Telephone Days,” *National Geographic Magazine*, XLI, 3 (March 1922), p. 223.

(10) 以下，本論文ではアレクサンダー・グラハム・ベルと区別するために，アレクサンダー・メルヴィル・ベルを略記する際は「メルヴィル・ベル」と表記する。

(11) メルヴィル・ベルの視話法は，1876 年開催のフィラデルフィア万国博覧会でベルに出会った伊澤修二（1851–1917）を介して，日本にも伝えられた。「視話法」という訳語も，伊澤によるものである。日本に紹介された視話法にかんしては，伊澤修二『視話法』（大日本図書，1901 年）を参照。

(12) メルヴィル・ベルは彼の主著において，視話法の利用例を 10 種類あげている。1. あらゆる国の読み書きできないひとがその地の言語を数日で読めるように教育すること。2. 盲人が読めるように教育すること。3. 聾唖者が話せるように教育すること。4. 外国語の正確な音をあらゆる国の学習者に伝えること。5. 任意の言語のネイティヴな発音の標準を定めること。6. 発音の欠陥や障害を防止し，取り除くこと。7. 任意の言語によるメッセージを，翻訳することなくあらゆる国に電信で伝えること。8. 急速に消滅しつつある方言の研究，比較，保存と，単語の類縁性の世界的な追跡。9. 母国語を最も遠く隔てられた植民地に迅速に広めること。10. 任意の特殊な音を絶対的な均一性をもって世界中に届けること，その結果として予想される，普遍言語の構築と確立。Alexander Melville Bell, *Visible Speech: The Science of Universal Alphabetics; Self-Interpreting Physiological Letters, for the Writing of All Languages in One Alphabet* (London: Simpkin, Marshall &Co., 1867), pp. 20–21.

(13)「ウィートストーン」と表記する場合もあるが, 本論文では本邦で一般的に用いられることの多い「ホイートストーン」という表記を用いる。

(14) ある伝記によれば，1863 年（ベルが 16 歳のとき）となっている。Jennifer Groundwater, *Alexander Graham Bell: The Spirit of Invention* (Alberta: Altitude Publishing, 2005), p. 25.

(15) Wolfgang von Kempelen, *Mechanismus der Menschlichen Sprache nebst Beschreibung seiner Sprechenden Maschine* (Wien: J. V. Degen, 1791).

(16) ケンペレンの話す機械にかんしては，Homer Dudley and T. H. Tarnoczy, “The Speaking Machine of Wolfgang von Kempelen,” *The Journal of the Acoustical Society of America*, 22, 2 (March 1950), pp. 151–166 の ほ か，Thomas L. Hankins and Robert J. Silverman, *Instruments and the Imagination* (Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1995) の Ch. 8（“Vox Mechanica: The History of Speaking Machines”）および拙論の秋吉康晴「声の機械化――音響再生産の系譜をめぐる一考察」（『京都精華大学紀要』第 49 号，2016 年，49–79 頁）を参照。

(17) Bell, *op.cit*., p. 235.

(18) *Ibid.*, p. 235.

(19) *Ibid.*, p. 237. ちなみに，ベル兄弟は彼らの話す機械を製作するにあたって，担当する部分を分担したとしている。兄は喉頭と声帯を，弟のベルは舌と口を担当したという（*Ibid.*, p. 235）。

(20) *Ibid.*, p. 236.

(21) *Ibid.*, pp. 236–237. 強調は著者によるもの。この少年時代の実験については，Sterne, *op.cit*. (pp. 75–76) も参照。

(22) Bell, *op.cit.*, p. 239.

(23) *Ibid.*, p. 239. ベルによれば，彼の犬はすぐに近隣で有名になり，多くのひとが見物に集まった結果，新聞の記事にもなったという。

(24) *Ibid.*, p. 228.

(25) Alexander Melville Bell, *Visible Speech: A New Fact Demonstrated* (London: Hamilton, Adams, &Co., 1865), p. 31. 公開実演の記録は，『ノース・ブリティッシュ・アドバタイザー』紙と『レディース・ジャーナル』紙の二社の企画によっておこなわれ，1865 年 10 月 28 日の『レディース・ジャーナル』紙に報告が掲載された。引用箇所はその報告の抜粋にあたる。

(26) *Ibid.*, p. 31.

(27) John Durham Peters, "Helmholtz, Edison, and Sound History," in *Memory Bytes: History, Technology and Digital Culture*, eds. Lauren Ravinovitz and Abraham Geil (Durham: Duke University Press, 2004), p. 190.

(28) Alexander Melville Bell, *Visible Speech: The Science of Universal Alphabetics; Self-Interpreting Physiological Letters, for the Writing of All Languages in One Alphabet*, p. 102. 強調は筆者によるもの。同頁には視話法のアルファベットを電信で利用するためのコード表の案も掲載されている。

(29) Alexander Graham Bell, *The Telephone: A Lecture Entitled Researches in Electric Telephony by Professor Alexander Graham Bell, Delivered before the Society of Telegraph Engineers, October 31st, 1877*, eds. Frank Bolton and William Edward Langdon (London and New York: The Society of Telegraph Engineers, 1878).

(30) ブルースの調査では，この研究は 1865 年 11 月頃から翌年春にかけておこなわれた。当時，18 歳のベルはスコットランド北部のエルギンにある寄宿学校で，音楽，発声法，語学の教師をしていた。エディンバラにいた父とは，手紙で研究の内容をやりとりしていたようである（ブルース前掲書，49–50 頁）。

(31) Bell, *op.cit.*, 2.

(32) ブルースによれば，エリスへの書簡は 1866 年 3 月に送られた（ブルース前掲書，50 頁）。

(33) Bell, *op.cit.*, p. 2.

(34) 以下，『音感覚論』と略記。エリスによる翻訳の第一版は，『音感覚論』の第三版（1870）にもとづいて出版された。Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz, *On the Sensation of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*, trans. Alexander J. Ellis (London: Longmans, Green, &Co., 1875). 以下でヘルムホルツを引用する場合には，ベルが参照していたものに最も近いと思われるエリス訳を用いる。なお，訳出にかんしては，以下の和訳も参考にした。ヘルマン・フォン・ヘルムホルツ『音感覚論』（辻伸浩訳，銀河書籍，2014 年）。

(35) 音響学における音の視覚的表象については，以下の文献を参照。Sterne, *op.cit*., pp. 43–44 (スターン前掲書，62–63 頁). Hankins and Silverman, *op.cit.*, pp. 130–132.

(36) Jonathan Crary, *Techniques of the Observer: On Vision and Modernity in the Nineteenth Century* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1990), pp. 88–91 ＝ジョナサン・クレーリー『観察者の系譜――視覚空間の変容とモダニティ』（遠藤知己訳，以文社，2005 年），135–138 頁 .

(37) なお，ミュラーの理論が成り立つには，チャールズ・ベル（Charles Bell, 1774–1842）によって感覚神経が発見されている必要があった。感覚の研究におけるベルの功績にかんしては，*ibid.*, p. 81 ＝同書，126 頁を参照。

(38) Sterne, *op.cit.*, p. 62 ＝スターン前掲書，85 頁.

(39) ヘルムホルツは上音のうち，基音の振動数の整数倍にあたる振動数をもつ音を倍音と呼んだ。ヘル

ムホルツの音色の理論は，『音感覚論』の第五章で詳しく述べられている。

(40) ちなみに，この説は後に否定され，現在では失効している。ヘルムホルツは基底膜の繊毛がそれぞれ特定の周波数でのみ共振すると主張したが，アメリカの生理学者ゲオルグ・フォン・ベケシーは1960年に「進行波」説を唱え，音波の振動は基底膜を波動のように伝わっていくと主張した。これは基底膜の流体力学的な性質によって，振幅が最大となる位置が周波数ごとに異なるとする説である。ベケシーによれば，周波数が高い振動は蝸牛の入り口の近くまでしか到達せず，周波数の低い音は先端まで到達する。基底膜の各位置に固有振動数を対応させる点では，ヘルムホルツの共振説と変わらないが，説明のモデルは大きく異なる。もしヘルムホルツが共振の作用によって，あるいはピアノの比喩によって内耳のメカニズムを理解していなかったならば，音響合成器は生まれなかったかもしれないと考えると，この違いは音響テクノロジーの歴史からみて重要である。ベケシーの進行波説にかんしての詳細は，Georg von Bekesy, *Experiments in Hearing*, trans. Ernest Glen Wever (New York: McGraw-Hill, 1960) を参照。

(41) Helmholtz, *op.cit.*, p. 129.

(42) *Ibid.*, p. 149.

(43) このような神経のアナロジーとしての電信については，以下の論文も参照。Timothy Lenoir, "Helmholtz and the Materialities of Communication," *Osiris* 9 (1994), pp. 185–186.

(44) ヘルムホルツの機械論的な感覚の理解にかんしては，以下の文献を参照。Peters, *op.cit.*, pp. 206–208. Sterne, *op.cit.*, pp. 64–66（スターン前掲書，87–89頁）. Crary, *op.cit.*, pp. 93–94（クレーリー前掲書，141–142頁）.

(45) Peters, *op.cit.*, pp. 206–207.

(46) ヘルムホルツがピアノの弦ではなく音叉を用いたのは，倍音をもたない「純音」を出すことができるからである。それゆえ音叉のほうが，倍音の組み合わせによって任意の音を合成するという目的には適していたと推測される。

(47) Peters, *op.cit.*, p. 205. Sterne, *op.cit.*, p. 66 ＝スターン前掲書，90頁.

(48) Catherine Mackenzie, *Alexander Graham Bell: The Man Who Contracted Space* (Boston and New York: Hughton Mifflin Company, 1928), p. 41.

(49) *Ibid.*, p. 41. マッケンジーによれば, 1870年にイギリスからカナダに移住する直前, ベルは『音感覚論』のフランス語訳版を入手し，彼の誤解に気づいたという（*Ibid.*, p. 41）。

(50) ベルの「電気ピアノ」については，ブルース前掲書（68頁）も参照。

(51) Bell, *op.cit.*, pp. 3–4.

(52) *Ibid.*, p. 8.

(53) Thomas Watson, *Exploring Life: The Autobiography of Thomas A. Watson* (New York and London: D. Appleton and Company, 1926), p. 26.

(54) Brian Winston, *Media Technology and Society: A History from the Telegraph to the Internet* (London and New York: Routledge, 1998), p. 38.

(55) Bell, *op.cit.*, p. 18.

(56) *Ibid.*, p. 18. ブルースはベルがその機械を考案した日付を1874年7月26日と特定している。また，ブルースはベル自身の言葉とは異なり，彼がバイエの『電気の驚異』からアイデアを借りたとも指摘している。ブルース前掲書（123頁）を参照。

(57) 以前，筆者はこの「鉄製のロッド」に言及する際，「長さの異なる鉄製の弦」と表現した（秋吉前掲論文，20頁）が，これは誤りである。ここで訂正しておく。

(58) Bell, *op.cit.*, p. 18.

(59) *Ibid.*, p. 18.
(60) *Ibid.*, p. 19.
(61) *Ibid.*, p. 20.
(62) *Ibid.*, p. 21.
(63) Hankins and Silverman, *op.cit.*, p. 133.
(64) 谷口文和・中川克志・福田裕大『音響メディア史』（ナカニシヤ出版，2015 年），31 頁。
(65) スコットがフォノトグラフを考案した経緯およびその歴史的な背景については，Hankins and Silverman, *op.cit*. (p. 135) および中川克志「音響記録複製テクノロジーの起源――帰結としてのフォノトグラフ，起源としてのフォノトグラフ――」（『京都精華大学紀要』第 36 号，2010 年，1–20 頁）を参照。
(66) Sterne, *op.cit.*, pp. 38–39（スターン前掲書，56 頁）.
(67)「人間の耳を人工的に模倣するのではなく，耳そのものをフォノトグラフとして用いること」を最初に提案したのはブレイクであったという（Bell, *op.cit.*, p. 21）。
(68) Bell, *op.cit.*, 21. ブレイクがおこなった中耳の摘出および加工の詳細にかんしては，Clarence J. Blake, “The Use of the Membrane Tympani as a Phonautograph and Logograph” (*Archives of Ophtalmology and Otology*, 5, 1, 1876, pp. 108–113) を参照。
(69) *Ibid.*, p. 22.
(70) *Ibid.*, p. 22.
(71) “Improvement in Telegraphy,” US174465A, patented March 7, 1876; application filed February 14, 1876.
(72) Bell, *op.cit.*, p. 22.
(73) Sterne, *op.cit.*, p. 34（スターン前掲書，51 頁）.

主要参考文献

秋吉康晴「「話す機械」としてのフォノグラフ――録音再生技術史再考」『京都精華大学研究紀要』第 47 号（2015 年），49–79 頁。

秋吉康晴「声の機械化――音響再生産の系譜をめぐる一考察」（『京都精華大学紀要』第 49 号，2016 年，49–79 頁）。

J. Baile, *The Wonders of Electricity*, ed. John W. Armstrong (New York: Scribner, Armstrong, and Co., 1872).

Georg von Bekesy, *Experiments in Hearing*, trans. Ernest Glen Wever (New York: McGraw-Hill, 1960).

Alexander Graham Bell, *The Telephone: A Lecture Entitled Researches in Electric Telephony by Professor Alexander Graham Bell, Delivered before the Society of Telegraph Engineers, October 31st, 1877*, eds. Frank Bolton and William Edward Langdon (London and New York: The Society of Telegraph Engineers, 1878).

Alexander Graham Bell, “Prehistoric Telephone Days,” *National Geographic Magazine*, XLI, 3 (March 1922), pp. 223–241.

Alexander Melville Bell, *Visible Speech: A New Fact Demonstrated* (London: Hamilton, Adams, &Co., 1865).

Alexander Melville Bell, *Visible Speech: The Science of Universal Alphabetics; Self-Interpreting Physiological Letters, for the Writing of All Languages in One Alphabet* (London: Simpkin, Marshall &Co., 1867).

Clarence J. Blake, “The Use of the Membrane Tympani as a Phonautograph and Logograph,” *Archives of Ophtalmology and Otology*, 5, 1 (1876), pp. 108–113.

ロバート・V・ブルース『孤独の克服』（唐津一監訳，NTT 出版，1991 年）。

Jonathan Crary, *Techniques of the Observer: On Vision and Modernity in the Nineteenth Century* (Cambridge, Mass.: MIT Press, 1990) ＝ジョナサン・クレーリー『観察者の系譜――視覚空間の変容とモダニティ』（遠藤知己訳，以文社，2005 年）.

Homer Dudley and T. H. Tarnoczy, “The Speaking Machine of Wolfgang von Kempelen,” *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 22, No. 2, March 1950, 151–166.

Jennifer Groundwater, *Alexander Graham Bell: The Spirit of Invention* (Alberta: Altitude Publishing, 2005).

Thomas L. Hankins and Robert J. Silverman, *Instruments and the Imagination* (Princeton, N. J.: Princeton University Press, 1995).

Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz, *On the Sensation of Tone as a Physiological Basis for the Theory of Music*, trans. Alexander J. Ellis (London: Longmans, Green, &Co., 1875) ＝ヘルマン・フォン・ヘルムホルツ『音感覚論』（辻伸浩訳，銀河書籍，2014 年）.

伊澤修二『視話法』（大日本図書，1901 年）。

Timothy Lenoir, “Helmholtz and the Materialities of Communication,” *Osiris* 9 (1994), pp. 185–186.

Catherine Mackenzie, *Alexander Graham Bell: The Man Who Contracted Space* (Boston and New York: Hughton Mifflin Company, 1928).

マーシャル・マクルーハン『メディア論――人間の拡張の諸相』（栗原裕・川本仲聖訳, みすず書房, 1987 年）。

中川克志「音響記録複製テクノロジーの起源――帰結としてのフォノトグラフ，起源としてのフォノトグラフ――」『京都精華大学紀要』第 36 号（2010 年），1–20 頁。

John Durham Peters, “Helmholtz, Edison, and Sound History,” in *Memory Bytes: History, Technology and Digital Culture*, eds. Lauren Ravinovitz and Abraham Geil (Durham: Duke University Press, 2004), pp. 177–198.

Seth Shulman, *The Telephone Gambit: Chasing Alexander Graham Bell's Secret* (New York: W.W. Norton &Company, 2008) ＝セス・シュルマン『グラハム・ベル空白の 12 日間の謎――今明かされる電話誕生の秘話』（吉田三知世訳，日経 BP 社，2010 年）.

Jonathan Sterne, *The Audible Past; Cultural Origins of Sound Reproduction* (Durham: Duke University Press, 2003) ＝ジョナサン・スターン『聞こえくる過去――音響再生産の文化的起源』（中川克志・金子智太郎・谷口文和訳，インスクリプト，2015 年）.

谷口文和・中川克志・福田裕大『音響メディア史』（ナカニシヤ出版，2015 年）。

Thomas Watson, *Exploring Life: The Autobiography of Thomas A. Watson* (New York and London: D. Appleton and Company, 1926).

Brian Winston, *Media Technology and Society: A History from the Telegraph to the Internet* (London and New York: Routledge, 1998).

（2016 年 10 月 19 日　受理）