

動いているものが、動いて見えるということは当然のようで、じつはそれほど単純な現象ではない。例えば、次のような実験をしてみよう。眼の前に、左手の人差し指をたて、それを注視しながら、右手の人差し指を左右に動かして見る。このとき右手の人差し指は動いて見える。だが、右手の人差し指の動きを眼で追いかけて見ると、左手の人差し指は静止して見え、決して動いて見えることはない。このとき、網膜に映った左手の人差し指の像は網膜上を移動しているはずである。一般に、網膜像の変形態とそれに伴う運動の知覚は次の五つにまとめられる。①眼を固定し、眼前を横ぎる図形を見る場合、網膜像全体は静止したままで、一部の像のみが動いて見える。②眼前を横ぎる図形を眼で追跡すると、網膜像全体は一定方向に移動するが、この場合も外界は静止したままで、一部の像のみが動いて見える。③眼を動かして、静止した外界の対象を見る場合、網膜像全体は一定方向に移動するが、外界が動いて見えることはない。④静止した環境内で頭部あるい

は身体全体を移動する場合、網膜像全体の像は距離に反比例した遠近法の変移を生じる（運動視差）。⑤視線の方向に沿った対象の動きの場合、一部網膜像の拡大縮小を生じる。以上の網膜像の変移と運動の知覚との関係は、網膜像

眼を動かしても外界が静止して
見えるのはなぜか

鈴木直人

の移動が運動の知覚の十分条件ではないこと、およびいずれの場合にも外界は静止したままで決してブレることがないことを示している。

デカルト以来の視覚理論からすれば、網膜に映った外界の像はそのま

ものをとらえる能力（視力）は網膜上の位置によって異なるため、対象をしっかりと見

るためには最も視力の良い中心窩（一点を注視したとき像が結ばれる位置）に視線を持っていく必要がある。この中心窩は対象の詳細な特徴抽出に関わっており、その範囲は視覚にして数度と小さく、中心窩からはずれるちおおざっぱなとらえ方しかできなくなる。このため、眼球運動が生じる。また、われわれの眼は、たとえ一点を固視している場合ですら、固視微動という眼の動きが生じており、決して眼が静止した状態でものを見ているわけではない。もし、ものを見るために眼がある一定期間静止してしまつたら、逆に何も見えなくなってしまう。この固視微動は、感覚受容器が有する時間的微分作用（刺激の変化した時点を強調してとらえ、刺激の変化がないと感度が低下する）を防ぐための機構である。例えば、カエルの眼にはこの固視微動の機能がなく、時間的微分作用が強いいため、動くものしか見ることができない。ヒトの眼も同様で、この微分作用を防ぐため、一点を

固視している間も絶えず眼を動かしている。もしこの固視微動を外眼筋に麻酔薬をうつことで阻止すると数秒にして視覚像は消失してしまう。このように、たとえ一点を見ている場合でも、この固視微動により網膜像は絶えず変化していることになり、外界を静止したものとして知覚することは不可能なことになる。では、なぜ、眼が動いているにもかかわらず、われわれは静止した環境を知覚できるのであろうか。

この問いに対する答えとして、十九世紀末の生理学者であるヘルムホルツは無意識の推理という仮説を提唱している。彼の仮説は、随意的に眼を動かそうとする命令が知覚中枢に伝えられ、そこから眼球運動によって生じる網膜像の動きが無意識のうちに差し引かれ、その残りが本当の動きとして知覚されるというものである。その後、ホンホルストは、この仮説をより具体的な遠心性コピー (efferent copy) という概念を用いて説明している。眼球運動中枢から出た眼を動かすための遠心性の命令(信号)は外眼筋に送られ、それを駆動させるこ

とによって眼を動かすが、同時に同じ信号は、外眼筋の手前の側路を通り、視覚中枢に信号を送りこむ(随伴発射, efferent discharge)。この信号は実際に眼が動くことによって生じた網膜からの信号とは逆の効果を持っており、両者の代数和が知覚中

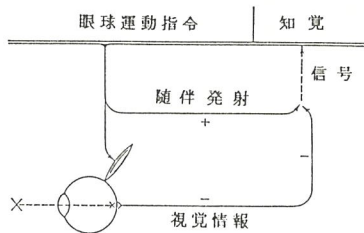


図1 遠心性コピー (von Holst)

き、実際に眼が動いたことによって生じた網膜像からの情報を差し引くため、結果として眼が動いても外界は動いていないと知覚されるわけである。この説が正しいかどうかは眼球を指で押し、受動的に眼を動かしたとき外界がブレるかどうかを調べて見

枢に送られる(図1)。つまり、今からこれだけを動かすから、これ

ればよい。眼球を受動的に動かした場合、眼球運動の命令は眼球運動中枢から発生しないため、遠心性コピーは起こらず、網膜像の動きのみを生じるため、外界が動いて見えるはずである。試みてみていただきたい。また、逆転メガネの実験では、眼を動かす遠心性コピーと網膜像のブレの方向が加算されるため、外界が眼球運動の方向と逆の方向に大きく動いて見えることになり、このメガネをかけると非常に気分が悪くなる。この事実もこのメカニズムの存在を示唆するものである。最近、著名な生理学者である酒田英夫は、サル頭頂連合野の研究を通じて、頭頂連合野が絶対的空間における自己の位置づけにかかわる機能を持つことを実験的に証明し、頭頂連合野がこのような遠心性コピーの機能を果たしている有力な部位であることを示唆している。この遠心性コピーの概念は、大きさの恒常性、奥行知覚といった様々な知覚現象にも密接に関係するものであり、心理学が扱って必要のある概念であると考える。

(大学文学部助教)

気相中に分散する微粒子、つまりエアロゾル粒子のレーザー光散乱特性を解析したり、またその手法を用いて粒子濃度の空間的分布構造を説明することを研究の目的としている。しかしこれは、環境科学、大気物理学、環境衛生医学、原子核工学、化学工学、衛生工学などにまたがる学際領域としての「エアロゾル科学」の、ごく狭い研究課題にすぎない。したがって、筆者には「エアロゾル科学」の全般にわたって説明できるだけの力量もなければ、資格もないので、ここではまず回顧的に自分の研究について述べてみたい。記述がいささか冗長となるが、しばらく辛抱していただきたい。研究にはその筋道と回り道が大切なから。

大学院のとき、恩師、奥田 聡工学部教授より「電気集塵の基礎的研究」という課題をいただいた。これは先生の「微粒子材料工学の樹」の枝葉の一つであったが、当時、大気環境汚染の一因として、火力発電所などの燃焼排ガス中に生成する直径が $1\mu\text{m}(10^{-6}\text{m})$ 以下の微粒子が問題にされて

おり、このエアロゾル粒子の捕集制御には電気集塵法が最適とされたことが背景にあった。高温燃焼排ガスおよび微粒子の熱力学的特性に関連する因子は複雑であり、いずれにしても捕集効率を上げるために、エアロゾル粒子に強力な静電気力を加える必要があると考えられていた。

そのため研究の直接的な目的は、高電圧を印加したコロナ放電界中で微粒子の捕集特性を定量的に取り扱うことになった

微粒子の世界への誘い

高野 頌

が、実験は容易ではなく結果的に不十分なものとなってしまう。

この理由として、分散状態のまま微粒子の測定ができなかったこと、また放電場でのイオン風の効果や粒子群の相互作用が明確にできなかったことが挙げられた。

そうした必要性から、冒頭に述べた光散乱法によるエアロゾル粒子の計測に関する基礎的研究に移ったわけである。筆者は短期間のうちにこの研究を片付けられるものと思っていた。しかし実際には今もなお追いつけているのであるから、研究とは不思議なものである。

さて、ここでエアロゾル粒子の光散乱現象について少し言及しておきたい。よく引き出される例は、赤い夕やけや冬のロンドンの霧などではなからうか。

夕方、太陽が地平線に近くなると、可視光線のうち波長の長い赤色光が選択的に大気層を通過する。そして、エアロゾル粒子や水蒸気などによってこの光が散乱し、刻々と回りの情景を変化させながら美しい赤い夕やけが見られるわけである。

空が非常に澄んでいるとき、ごく一瞬ではあるが一面緑色になることがあり、グリーンフラッシュと呼ばれる。これも赤い夕やけと同様に、太陽光スペクトルの緑色光が散乱するためである。自然は、誠に巧妙で繊細なのである。

一方、深い霧は前方からの光を散乱して減衰し、視程を下げる。実際には霧だけではなく、化石燃料の燃焼や自動車の排気ガスから発生する汚染物質なども混ったスモッグが存在し、散乱による光減衰の程度は、このスモッグを形成する微粒子の大きさが大きいほど、また粒子濃度が高いほど大きくなる事が知られている。

筆者らの研究グループでは、電磁波の中できとりわけ単波長性の強い可視光レーザーを用いて、エアロゾル粒子の光散乱特性の解析ならびにコンピュータとのオンラインデータ処理法による粒子物性の測定に関する研究を進めている。測定対象は、粒子直径が 10 nm (10^{-8} m) から $10\text{ }\mu\text{m}$ (10^{-5} m) 程度の範囲であり、また粒子形状が非球形の場合や、高い粒子個数濃度の場合も含まれる。他方、自然物から人工物までさまざまなエアロゾル粒子が無数に存在するが、現在、光散乱法で測定できる粒子は限られている。数値シミュレーションの結果では近赤外線や紫外線の領域への拡張が必要となる事が示唆されており、半導体レーザ

を用いてその検討を始めている。

つぎに興味を持っていることは、エアロゾル粒子濃度の空間的分布構造である。光散乱法による微視的な観察によると、ブラウン運動が利くような微小な粒子でも、局所的な粒子濃度のゆらぎは有限な時間経過とともに必ずしもエントロピーが増大する方向には遷移しない。つまり粒子が均質に拡散し分散するわけではなく、局所的に何らかの粒子濃度パターンが形成され、またそれが崩壊する、という動的な挙動を示す。そしてこのことがむしろ、系全体を安定化しているのではないかと推論している。しかし今のところ定性的な現象を追っているだけであり、粒子群の動力学的特性についての本質的な議論にまでは到っていない。不均質な粒子濃度分布を持つエアロゾル粒子群がどのような空間的構造を持っているのか、媒体と粒子群間の相互作用がどのような関係式で表現できるのか、ミクロで局所的な構造がどのようにマクロな空間的構造に包含されるのかなど、興味のあることがない。

最近エアロゾル科学では、ソ連チエルノブイリ原子力発電所事故で発生した放射性粒子の生成と沈着問題、ディーゼル自動車や耐火材からのアスベスト粒子と発ガン性の問題、さらに超 LSI 製造と関連するクリーンルーム中の微粒子の検出・制御の問題など、応用研究分野が広がっている。このような研究も大切であることは十分に承知しているが、筆者はあくまで地道に基礎的事実を積み重ねることの方がより重要であると考えている。

もとより、実際に研究では、思いついたときに面白く不思議であることが、解くことのできない大きな問題であったり、あるいはごく当然の結果に帰着してしまうことの続連とである。しかしそうであっても、エアロゾル粒子という微粒子の世界から教えられることは限りなく深く、研究に集中して半歩でも前進できればと願っている。

(工学工学部助教)

英語の発音が苦手だという人は大勢いる。なぜ苦手かという理由は数え切れないくらいある。例えば、英語には日本語に無い音が沢山あるから。英語の音節構造は日本語のそれと全く異っていて、つい日本語のように子音の後に母音をつけて発音してしまうから。英語は強勢言語で発話に一定の強弱のリズムがあるのに、日本語は高さを主体に各音節を同じ強さと長さで発話する等時性のリズムであるから。更に、十歳前後の言語形成期を過ぎるとどんなに努力しても日本語の発音習慣から抜け出ることはいできないから、等々……。色々の原因が比較音声学や言語習得理論の立場から研究されて来た。

その中で、従来あまり取り上げられなかったが、最近一部の学者に注目されている分野に「調音背景 (Articulatory Setting)」又は「音質の背景 (Voice Quality Setting)」がある。これは母国語話者を母国語話者たらしめる調音や音質の特徴を言う。つまり、英語話者には英語話者特有の発音方法、発音器官の使い方があり、それを習得しな

いことには、いくら英語の音を真似ても外国語なまりが残るのである。我々がどんなに流暢に話されても、音を聞くとすぐに外国人の日本語だとわかってしまうのと同じである。このような母国語と外国語を区別する、母国語話者に共通の発音のしくみを「調音背景」と言う。

英語の調音背景は何かと言うと、まず第一に舌の係留 (Anchorage) がある。係留点とはホニクマンによれば、舌の一部が発音器官のある点に係留するような

形となり、そこを基点に残りの舌が自由に動いて、その言語特有の調音と、音質の特徴を出す、そのような点を言う。

英語の係留点は、上歯の大臼歯付近だと言われている。即ち、奥舌の両側が上の大

英語教育と音声の習得

枝 澤 康 代

臼歯付近に係留し、その結果舌先が自由に動いて、英語子音の特徴である歯茎音 t, d, s, z, n, l, r を調音するのである。フランス語では舌端が下の歯茎に係留する。フランス語の前舌母音等を考えれば、係留点の違いに納得が行くのではないだろうか。

日本語の係留点は、正確な科学的調査は行なわれていないが、私の調査では、フランス語同様、舌端が下の歯茎に係留すると思われる。このことが日本語の t, d, s, z が歯音である理由ではないかと考えられる。

第二の英語調音背景は、英語はフランス語やドイツ語に比べて、唇等の発音器官の緊張が比較的ルーズであることである。このことは英語の全音中、自然な発話では、あいまい母音が約 50% も出現することからも明らかである。しかし、日本語と比べると、明らかに英語の方に緊張があり、口の動きがはっきりとしている。日本語は実に発音に労力を要しない言語なのである。そこで学生に「唇の周りに力を入れて、し

「私の研究」

「つかり口を動かすように」としばしば指導することにるのであるが、中にはやり過ぎて却って不自然な発音になる者もいる。

第三に日本人学生にとって重要な調音背景の違いは、声帯付近の筋肉の使い方である。日本語はC Vの開音節構造を持ち、各音節を明確に区切って発音するせいか、故か声帯付近を緊張させて発音する人が多いようである。ところが英語はそうではない。英語では声帯が充分に開いて、伸びやかな音が作られる。だから英語話者は大して力を入れずに話しているのによく聞こえ、反対に日本人は大声で叫ばないとなかなか遠くまで届かないのである。

このように個々の言語は特有の基本的音声構音の背景を持っている。いわゆる発音の上手な学生はこのしくみを自然にマスターしているのである。しかし大部分の学生にはこの調音背景の概念を導入することは必要であり、それは発音訓練の一助になるのではないかと思われる。

それでは次に、日本語と英語にこのような音声の根本の違いがあるとすると、果し

て日本人学習者が英語話者なみの発音を習得することは可能なのだろうか。発音訓練でどこまで上達できるのだろうかというところが疑問になって来る。

昨年私のまとめた小さなデータであるが、英語科専攻の短大生に実質三ヶ月、週三時間の発音授業を行い、音読の予備テストと事後テストを行ったところ、アメリカ人教師による全体的判定では、事後テストでイントネーション、リズムに有意の上達が認められた。しかしそれをヴィジピッチという音響機械を使って測定してみると、日本語特有の音調のクセが、予備、事後テスト共に変わらずに認められたのである。

つまり、母国語話者なみの音声の習得は、長期にわたる集中的、効果的訓練を受けるか、或は生来の特別の才能に恵まれるのであれば、難かしいと言わざるを得ない。

しかし英語教育の立場からすれば、完全な発音を学習者全員にマスターさせることは不可能であるし、その必要もない。大切なのは、不完全でも良いから英語を使ってコミュニケーションのできる、通じる発

音、を身につけさせることである。「通じない発音」はメッセージが伝わらないだけでなく、話し手、聴き手相方に不適合反応を引き起こし、更には就職や商談の障害となることが実証報告されているのである。

「通じる発音」の習得は、会話の流暢さだけでなく、聴き取り、読解にも大きな役割を果たす。「発音できない音は聴き取れない」と言われているし、速読において150語/分のレベルまでは、聴き取り、模倣、暗唱等の音声訓練が大切だと言われている。

聴解が言語運用能力の基礎であることを指摘されている現在、音声習得の重要性はいくら言っても言い過ぎることはないと思われる。

(女子大学専任講師)