

人間が話したり、聞いたりする しくみを解き明かしたい

何が単語の認知を特徴づけているのかを探る

人は話すとき、同じことばであっても、物理的にまったく同じ音声を発することはできない。では、なぜ私たちはそれを聞き取り、意味を理解し、意思の疎通を図ることができるのだろうか。あるいは、「橋」と「端」のように、同じ発音の単語の意味を汲み取ることができるのだろうか。杉山由希子准教授は、話し手の音声、聞き手の聴覚の両面を調べることで、音声を話したり、聞いたりするプロセスやそのしくみの解明に取り組んでいる。

「音声学」とは?

杉山さんの専門は、「音声学」と呼ばれる学問分野だ。音声学は大きく分けて、人がしゃべった言葉の音波を調べる「音響音声学」、人間が言葉をしゃべる際に口の中で音を整える調音について研究する「調音音声学」、そして聞く側について調べる「聴覚音声学」の3つの分野からなる(図1)。

「音声学は、言語学の一分野と捉えられることもありますが、音波を調べるためには音声の周波数や時間の長さなど、物理的な特徴を調べなければなりません。また、調音であれば口腔や声帯のはたらき、聴覚であれば人間の知覚のしくみも関係してくることから、工学や医学、認知心理学など、幅広い知識が必要になります。文理両方の要素を併せ持つ学問分野なのです」と杉山さんは説明する。

その音声学をベースに、杉山さんは2つのアプローチで研究を進めている。1つは、音声が物理的にどのような特徴を持っているかを調べること、もう1つはそれを人がどのように聞いているかを、実際に聞き取りの実験を行って調べるという方法だ。こうした双方向のアプローチにより、日本語が持つ特徴を明らかにしたいという。

単語を区別している特徴を探る

「対象にしているのは、東京方言、いわゆる標準語です。複数の東京方言話者から音声を録音して集め、まずは音声の周波数や長さなど、物理的な特徴を調べます。たとえば東京方言の場合、『雨』は『あ』の音が高く、『め』が下がりますが、『飴』では『め』を高く発音します。このように、音声の周波数成分に由来す

る音の高低(ピッチ)が単語を意味づけています」

しかし、「橋」と「端」ではどうだろうか。あるいは「鳥」と「トリ(最後)」では?

「どちらも同じ低高のパターンで発音するため、単語からだけでは区別がつきません。ところが、『橋を歩く』と『端を歩く』では、『はし』の後ろにつく助詞の『を』のピッチが前者は低く、後者は高いまま発音されます。このように、人が何を手がかりにして単語を理解しているのか、その特徴を探るのです」。

実際に、音声に含まれる周波数成分を 分析して可視化したスペクトログラム、 いわゆる「声紋」を見ると、音の高低を 聞き分ける際の手がかりになる基本周波 数(基底となる周波数成分)の上がり下 がりが見てとれる。日本語では、このよ うに音のピッチで単語を区別する、ピッ チアクセントを頼りに意味を汲み取って いると考えられる(図2)。

「音声の高い低いで単語を区別するという点では、日本語はトーン言語に分類される北京語に似ています。一方で、日本語のピッチの持つ役割は、英語のストレスアクセント(強勢)に近いものでもあります」。

そうしたことから、日本語のピッチアクセントには、音の高低だけでなく、英語に代表されるストレス言語と同様に、音の強さや長さも関係しているのではないかと言われることもある。

「単語の区別をピッチアクセントだけに頼っていたのでは、さまざまな状況下でのコミュニケーションにおけるロバストネス(頑健性)を担保しきれないように思います。実際に、英語のストレスアクセントには、強さ、長さ、ピッチと

図1 音声学

音声学は、大きく分けて図のように3つの分野に分けられる。

調音音声学



音声器官で音声がどのように 作られるのかを分析する。

音響音声学



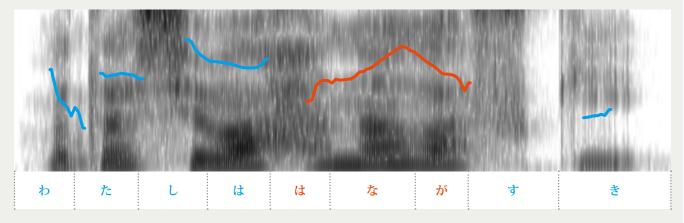
音声を空気の振動として、 物理的に分析する。

聴覚音声学

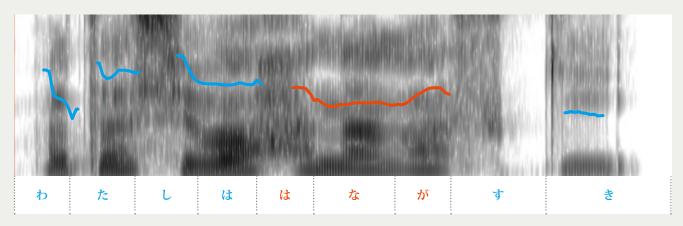


音声がどのように聞こえて いるのかを分析する。

図2 声の高さと意味の違い 図の黒い部分はスペクトログラム(いわゆる声紋)で、縦軸は周波数(Hz)である。色の濃い部分は、エネルギー量が多いことを示しており、青い線と赤い線は声の高さ(Hz)を示している。



「私は花が好き」 声の高さ (赤線) を見ると、「な」で上がり、「が」で下がっているのが分かる。



いった複数の要素が含まれます。しかし、 日本語の場合は長さが変わると意味も変 わってしまう。では、何を使っているの か、とても気になるところです」。

そこで、杉山さんは、声帯の震えを伴わないささやき声や、音声の周波数成分の中から基本周波数などを人工的に取り除いた、ピッチが聞き取れないはずの加工された音声を使って、それでも単語を聞き取ることができるかどうかの実験をしている。

「実験の結果、自然な音声では正答率が95%を超えますが、基本周波数とその倍音を除去した合成音声でも正答率は65%近くにのぼり、偶然に当たるレベルを超えています。このことから、日本語のピッチアクセントにも基本周波数以外に、単語を区別する何らかの音響特徴があると考えられます」。

今後は、ではなぜ基本周波数が存在しなくても声の高低が聞き取れるのか、その手がかりとなっている音響特徴を同定

してゆきたいという。

機械による音声認識や音声合成に貢献したい

ところで、こうした研究は、学術的、 あるいは社会的にどう役立つのだろうか。

「1つは、日本語が他言語と比較して どのような特徴を持っているのか、音声 学の側面から類型化できればと考えてい ます。

もう1つ、現在、機械による音声の認識・合成の活用が始まっていますが、この精度を上げるために、どのような要素に着目すれば、単語の認識率がより高くなるのか、あるいは人間らしい声を再現できるのか、といったことにも役立てられるでしょう」と杉山さん。

たとえば、人工内耳や補聴器による 「聞こえ」は、人間の耳の性能に比べる とまだまだ劣る。ピッチが感じ取りにく かったり、ダイナミックレンジが狭かっ たり、耳障りな音が聞こえたりして、より人間の耳に近い聞こえが求められているのだ。その際に、単語を理解する上で役立つ特徴を強調できれば、よりよい聞こえに貢献できるだろう。

「ただ、音の認知は個人差が大きく、まだまだ解明されていないことがたくさんあります。カクテルパーティ効果といって、うるさい場所でも自分の名前だとパッと聞き取れたり、同じ音を提示しても、人によって音の高さが違って聞こえたり、解明されていない謎はたくさんあります。

そうした謎に迫るため、工学系の研究 者と組むことによって、音声の物理的特 徴をより詳細に探る必要があると思って います」。

そのために、杉山さんは信号処理を学 ぼうと、学生と肩を並べて授業を聴講し、 ときには学生からも教わるという。真理 の追究のため、杉山さんの挑戦は続く。

(取材・構成 田井中麻都佳)

杉山由希子准教授に聞く



米国留学で音声学へ転向し、 多彩な人との出会いの中で研究を深める

中学で英語に触れ、言語による違いに興味を持つようになって、言語学の道へ進んだ杉山さん。修士課程から米国へ留学し、「意味論」について学んだものの、やがて興味は「音声学」へ移っていく。音声を物理的な側面から分析し、対象を客観的に捉える点に惹かれたという。帰国後、母校である慶應義塾大学へ。語学教師として教鞭をとる傍ら、恵まれた環境の中、研究への取り組みをいっそう深めている。

—どのような幼少期を過ごされたのですか?

生まれは愛知県、両親と弟の4人家族で育ちました。幼い頃から、わが道を行く早熟な子どもで、「幼稚園は暇つぶしに通っている」と発言して、周囲を驚かせたこともあります(笑)。皆でお遊戯をしたり、運動会の練習をしたりするなどの集団行動が苦手でした。

性格は母に似ている部分もありますが、大半は父親譲りです。 父は工学系出身で電機メーカーに勤めていたので、仕事の面で も父の要素を受け継いでいます。

──集団行動ができなくて、ご苦労されたのでしょうか?

中学から中高一貫の私立校に通い、自由な校風に救われました。

中学で英語の面白さに触れたのが、言語学を志した原点です。 さらに、教科書に一部が掲載されていた鈴木孝夫先生の著書、 『ことばと文化』に感化され、言語による違いに興味を持つよ うになりました。

例えば、日本語には人が「歩く」「走る」といった動作の容態を説明する語彙はそれほど多くはありませんが、英語にはrun (走る)だけでなく、scurry(ちょこちょこ走る)、scuttle(慌てて走る)、trot(小走りで歩く)など、さまざまな言葉があります。その代わり、日本語は擬態語や擬音語がとても多い。このように、言語によって表現の仕方が異なることで、世の中の見



え方も違っているのかもしれないというのが、最初に抱いた興味です。

そこで、より深く言語について学びたいと思い、慶應義塾大学へ進学しました。慶應大学には、言語学科はありませんが、一般教養科目に言語学があり、言語学関係の授業が豊富なところも魅力でした。

また、三田キャンパスにある言語文化研究所の先生方の授業 を受けることができるのも、慶應ならではでした。言語学分野 にはさまざまな教授陣がいらして、実のある学生生活を送るこ とができました。

最初から、研究者の道に進もうと思われていたのですか?

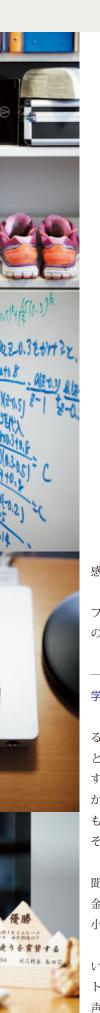
まったくそうではありませんでした。4年で卒業後、就職するものだとばかり思っていたのですが、いざ、3年の終わりになるとどうしてもそういう気持ちになれず、かといって、言語学の研究者になって、自分に何ができるだろうと悩みました。そこで指導教授に相談したところ、「僕だって最初は自分が立派な研究者になれると思って進学したわけではないよ。興味があれば、続けてみたら」と言われて、心の整理がつきました。結局、母の反対を押し切ってというか、諦めてもらって、卒業した年の9月に米国のニューヨーク州立大学バッファロー校に留学しました。

アメリカの大学に進学したのは、日本に言語学を系統的に学べる大学がほとんどなかったことに加え、慶應で言語学の授業を取った時に、先生方の多くがアメリカの大学院のご出身だったという理由です。また、バッファローの大学には私が教えを 乞いたい研究者がいらっしゃいました。

ところが、最初は言語学の中の「意味論」について学んでいたものの、しだいに現在の研究テーマである「音声学」へ興味が移ってゆきました。話者の意識が介在し、場合によっては主観と客観の区別が難しい意味論とは異なり、物理的な観察対象がある音声学の明確さに惹かれました。

留学を通じて、さまざまな出会いもありました。国費で留学しているアフリカ・トーゴ出身の学生の質素な生活ぶりを見て、日本の恵まれた環境を実感したり、サウジアラビアの学生から母国の言語統制について聞かされ、国や文化の多様性を肌身で



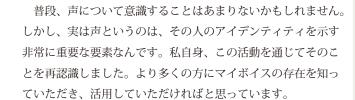


音声は身近なものでありながら、 研究するにはさまざまな分野の 知を必要とします。 人の話す、聞くには、 人間の認知機能の精緻さが 凝縮されています。

杉山由希子

Yukiko Sugiyama

愛知県出身。専門は言語学、音声学。主に日本語を題材にして音声分析や知覚実験を行い、音声コミュニケーションの仕組みについて研究している。慶應義塾大学文学部英米文学科卒業。ニューヨーク州立大学バッファロー校(University at Buffalo, The State University of New York) 言語学部修士課程を経て、2008年博士課程修了、博士(言語学)。2009年慶應義塾大学理工学部外国語・総合教育教室専任講師、同大学言語文化研究所兼担所員、2016年同大学准教授。2017年ベストレクチャー賞受賞。



感じたりもしました。

結局、途中で音声学に研究の軸足を移したこともあり、バッファローでの研究生活は9年に及びました。日本に戻ってきたのは、2008年のことです。

――早稲田大学の非常勤講師を経て、2009年から慶應義塾大学に着任されました。

理工学部の英語の教員として採用されたことは、研究を進めるうえで、とてもよかったと思っています。理工学部は、学生と教職員の距離が近く、学生へのフォローが手厚いのも特徴です。私自身、学生に混じって応用数学の授業を受けたり、学生から音波の分析に欠かせないフーリエ解析などについて教えてもらったりできるのも、学部内のそうした雰囲気があるからこそです。

それから、慶應に戻ってきて感慨深かったのは、学部の頃に聞いていたNHKラジオ・ロシア語講座の講師をなさっていた金田一真澄先生や、渡米前に留学のご相談をさせていただいた小原京子先生と一緒に仕事をする機会が得られたこと。

もう1つ、3~4年ほど前から、言語文化研究所が主催している、「マイボイス」という、自動音声読み上げのためのソフトの使い方を紹介するワークショップのお手伝いをしています。声を事前に録音しておく必要はありますが、このソフトを使うと、病気などで声を失ったり、しゃべれなくなったりしても、自分の声で周囲とコミュニケーションをとることができます。

――休日の過ごし方は?

トレイルランニングや登山などでリフレッシュしています。 トレイルランニングというのは、簡単に言うと、山を走る競技 のこと。よく行くのは高尾や丹沢の山などで、あらかじめ地図 でルートをいくつか考えておいて、早朝から山に出かけます。

景色のいいところを走ると、とてもいい気分転換になります。

◎ちょっと一言◎

学生さんから:

●「音声」に興味を持ち、杉山先生の授業を受講しました。やさしいけれど指導には熱心で、ときには学生に先生役を任せるなど、講義にもさまざまな工夫があり、先生ご自身も学生と一緒に楽しんでいらっしゃるようです。先生にご紹介いただいた「マイボイス」の編集作業もお手伝いしていますが、医師や作業療法士の方との共同作業を通じて、世界が広がります。

(取材・構成 田井中麻都佳)

http://www.st.keio.ac.jp/kyurizukai

杉山 由希子の ON と OFF

ON の時間も OFF の時間も、 みんなでわいわい。



マイボイス

言語文化研究所の川原繁人先生が主催する、マイボイスワークショップのお手伝いをさせていただいています。マイボイスとは、サンプリングした自分の声でテキストを読み上げるフリーソフトです。このソフトを使うと、筋萎縮性側索硬化症(ALS)などの病気で話すことが難しくなっても、ご家族や介護の方と自分の声でコミュニケーションを取ることができます。

http://heartyladder.net/xoops/

もの作り

かご、沈金、鹿の子絞り、レゴ…。手を動かしてものを作るのが好きです。でも、ものを増やしたくないのと、仕事以外で目が疲れる作業をしたくないのとで、最近はあまりやりません。



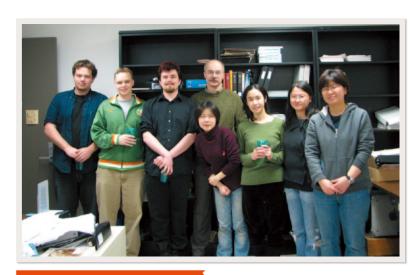
GLS

グローバル・リーダーシップ・セミナーという授業では、夏休みと春休みに実地研修を行っており、春休みは台湾の淡江(たんかん)大学を訪ねます。研修では、学生は台湾人と日本人の混ざった5、6人のグループに分かれ、与えられたテーマについて発表をします。研修後も連絡を取り合って行き来している学生もいるようで、嬉しい限りです。

槍ヶ岳

5月の連休に槍ヶ岳に登った時の写真です。頂上付近は残雪が意外と多く、アイゼンを装着し、ピッケルを雪面に刺して安定を保ちながら、鎖場・梯子を登りました。写真は山頂付近から槍ヶ岳山荘を見た景色です。高所恐怖症なのに気がついたら登っていました。





バッファロー

指導教授のJim Sawusch先生と、当時研究室に出入りしていた学生と撮った写真です。私は言語学部の所属で、Sawusch先生は心理学部の先生でした。本来は他学部の先生を指導教授にすることはありませんが、音声知覚の専門家でいらしたので、言語学部の指導教授に加えて、指導教授になっていただきました。



美ヶ原

トレラン仲間と2015年に美ヶ原のトレイルランニング大会に出たときの写真です。住むところも仕事も皆ばらばらですが、趣味を通じて知り合いました。大会に出ることはもちろんのこと、みんなとにぎやかに時間を過ごすのがとても楽しいです。

XC スキー

この3年くらいは、冬になると長野県の木島平村に行って、クロスカントリースキーを習っています。習っているとは言っても、実質的には遊びのせいかなかなか上達しません。晴れると景色が最高です。





あまりにも有名な 音声学の本

A Course in Phonetics

音声学の専門家に限らず、北米で言語学を学んだ人なら誰でも知っている、音声学の入門書です。著者は1964年の映画「マイ・フェア・レディ」で発音や音声表記の指導をした人でもあります。この本のインターネットのサイトでは、世界の様々な言語の音声を聞くことができます(http://www.phonetics.ucla.edu/index.html)。

日本の組織について考える

●規制の虜

─グループシンクが日本を滅ぼす

アメリカで学生生活を送るなかで様々な国の留学生と交流し、日本がいかに暮らしやすいか、また日本人はいかに恵まれているかを実感しました。その一方で、この本や

『失敗の本質』にあるように、 組織のトップが責任を取らな い、目先の利益にとらわれて、 楽観的で安直な判断を下す 傾向があるなど、日本の社会 は不思議だなと思うこともあ ります。

人体の不思議

●音とピッチ知覚

ピッチとは感覚的な音の高さのことをさします。日本語はピッチアクセント言語と呼ばれ、母音と子音に加え、音の高さで単語を区別します。例えば、標準語の箸と橋がその例です。私たちは当たり前のように音の高さを聞き取りますが、その仕組みについてはまだ分からないことがたくさんあります。人間の体は不思議です。

间の浄は个流

山の天気は面白い!

●山岳気象大全

山の天気は変わりやすく、気象についての知識があると、事故の防止につながります。気象遭難はしたくないとの思いから読み進めるうちに、気象そのものに興味を持つようになりました。でも知れば知るほど天気は奥深く、素人にはしょせん分からないと途方にくれることもしばしばです。

日本語と英語の音声は どう違うの?

Stress and Non-Stress Accent

私の研究の原点となる本の1冊です。日本語のピッチアクセントと英語のストレスアクセントの音響特徴や言語学的機能の類似性や相違点について実証的に比較した、先駆的な研究です。大学院生の頃に必死に読みました。難しい本で、教授や同僚とあれてれ議論したのが懐かしい思い出です。

ことばと世界の見え方

●ことばと文化

高校の現代文の教科書に、この本の一部が 掲載されていたのを読み、言語学に興味を 持ちました。言語と文化は密接につながって いて、話す言語が違うと世の中の見え方まで 変わってくるかもしれないと衝撃を受けまし た。著者の鈴木孝夫先生は、現在私が所員 でもある、三田キャンパス言語文化研究所 の所長をお務めになった方で、慶應に就職 してからお話しする機会にも恵まれました。

日本語 データベースの決定版

●日本語の語彙特性

本と言うよりはデータベースです。私たちが 単語を認識する速さや精度は、私たちがその 単語にどれくらい馴染みがあるかや、その単 語に似た単語がどれくらいあるかなどに影響 を受けます。そのため、実験ではこれらをコ ントロールする必要があります。このデータ ベースは日本語約10万語の詳しい語彙情報 を掲載した、たいへん貴重な資料です。

外国語はなぜ勉強するの? 杉山由希子

みなさんが英語を勉強する理由はなん でしょうか。授業があるから?就職に有 利だから?国際化の時代だから?

私が英語教員として英語を教えるとき、 学生の皆さんには、英語をコミュニケー ションツールとして使いこなして欲しい と思います。そしてそれに劣らず、言語 を学ぶことそのものの面白さを知って欲 しいと思います。

例えば世界の言語には、母音が3つし

かない言語がある一方、40近くある言語もあります。英語には、主格、目的格、所有格と3つの格がありますが、フィンランド語には15もの格があります。数についていうと、英語には単数と複数の区別があるだけでなく、数えられない名詞まであるのに対し、日本語は単数と複数の区別が曖昧です。さらに単数、複数に加えて両数というものがあり、数を3種類に分類する言語もあります。また、話すときに、発話内容の情報源(話者自身が見た、他人から聞いた、など)を示さなくてはいけない言語もあります。これらはほんの一例で、言語の多様性に感嘆せずにはいられません。

好むと好まざるとにかかわらず、あるいはその是非はさておき、今や英語が世界の共通言語であることは否めません。しかし、英語教員である私が言うのはおかしいかも知れませんが、外国語の勉強が英語に一本化されるのは面白くないと思っています。

それぞれの言語には、その言語固有の 文法や音があるだけでなく、価値観、文 化が反映されています。話せる、使える ようにならなくても、言語は知れば知る ほど奥深く、私たちの知的好奇心を満た してくれます。

みなさんには功利主義に陥らず、いろ んな言語に触れて欲しいと思います。

理 工 学 Information

理工学部の新しい試み~高校生の保護者対象に「理工学部説明会」~

グローバル化とIT化が急速に進む現代の ビジネスシーンでは、「1. 数字に強く」、「2. 高いプログラミング能力とITリテラシーを 有し」、「3. 日英両言語による交渉が上手で」、 「4. 大局観をダイナミックに見極めながら決 断が下せ」、「5. 誰からも愛される」といった 実力と人間性が求められています。過去に 成功した大学教育が、これからも成功する とは限りません。

こういった時代の要請に応えるべく、慶應 義塾大学理工学部では様々な新しい試みに 取り組んでいます。

その取り組み内容をより多くの方々にご



説明申し上げたく、理工学部への進学を検討している高校生向けの従来通りの見学会に加えて、今年度から新たに高校生の保護者の方を対象とする説明・見学会の開催を始めました。慶應義塾の一貫教育校である塾内高校向けの見学会はもとより、一般の方を対象とする理工学部オープンキャンパスにおいても、理工学部長および広報委員長が保護者対象の講演を行ってメッセージを発信するとともに、理工学部のある矢上キャンパスを自由に見学していただく機会を設けました。

新しい試みということで、保護者の方の 参加人数の予想が全くつかなかったのです が、ふたを開けてみると、説明会に参加した 高校生の約半分程度の保護者が参加すると いう大きな反響を得ることが出来ました。ご 夫婦揃っての参加も多く見受けられ、保護 者説明会後の質疑応答は極めて活発なもの となりました。また、キャンパス見学におい ては矢上キャンパスの先端性を心から実感 していただくことが出来たかと思います。



今後も、理工学部ではこうした説明・見学会などを開催して情報提供を続けていく予定です。開催に関する情報は理工学部ウェブサイトに定期的に掲載いたしますので、ご興味のある方は是非チェックしてみて下さい。

http://www.st.keio.ac.jp/

新窮理図解

No.26 2017 November

編集新版窮理図解編集委員会

 写真
 邑口京一郎

 デザイン
 八十島博明、石川幸彦(GRID)

 編集協力
 サイテック・コミュニケーションズ

発行者 伊藤公平

発行 慶應義塾大学理工学部

〒 223-8522 横浜市港北区日吉 3-14-1 問い合わせ先(新版窮理図解全般) kyurizukai@info.keio.ac.jp 問い合わせ先(産学連携) kll-liaison@adst.keio.ac.jp

web 版 http://www.st.keio.ac.jp/kyurizukai facebook http://www.facebook.com/keiokyuri

編集後記

小柄な体いっぱいに溢れんばかりのエネルギー、それが杉山先生の第一印象です。しかしながら、その溢れるエネルギーは決して威圧的なものではなく、明るくキラキラした陽光のよう。周囲への気配り、環境への目配りも行き届く女性ならではの繊細さを兼ね備えていらっしゃるところも魅力です。トレイルランニングは趣味といえども本格派、ルートをプランニングするのも楽しいとキラキラした笑顔で語られる様子に、学生さんから慕われるのも納得、と感じました。 (樋口亜由美)