

第 1 回「言語・脳・認知」シンポジウム

「音声・言語・脳」：統合的理解を求めて

ー物理学、脳科学、認知科学からのアプローチー

日時：2005 年 9 月 30 日（金）10:00-13:00

場所：東北大学川内キャンパス（マルチメディア教育研究棟6階ホール）

参 考 資 料 集

共催：

東北大学 21 世紀 COE プログラム（言語認知総合科学）・
日本音響学会東北支部

第1回「言語・脳・認知」シンポジウム

「音声・言語・脳」：統合的理解を求めて

ー物理学、脳科学、認知科学からのアプローチー

[プログラム]

講演1： 「脳の言語機能理解の道筋を探る」

講師： 武田暁（東京大学/東北大学：物理学）

講演2： 「音楽を聴くように音声を聴く：音声情報処理の一つの可能性」

講師： 峯松信明（東京大学：音声言語工学）

パネルディスカッション（討論者）：

伊藤彰則（東北大学：自然言語処理学）

今泉敏（県立広島大学：コミュニケーション脳科学）

山田玲子（ATR 人間情報科学研究所：認知心理学）

司会：佐藤滋（東北大学：計算言語学）

[開催趣旨]

[講演要旨]

[講師・討論者紹介]

[講演資料]

[開催趣旨]

人文科学としての言語学研究、物理科学から生まれた音声科学研究は、それぞれに長い歴史を持っています。これらの分野の研究者らは、ヒトを人たらしめる基盤としての言語の現象の観察・分析をそれぞれに進めてきました。この半世紀ほどの間に、一方にはチョムスキーらによる生成統語論の整備、また一方には信号処理技術を基盤とした音声工学の成果があり、めざましい発展を遂げてきました。

近年、脳観測技術の進展に伴い、言語現象に対応する脳内表象を求める研究が盛んになっており、言語音声の神経的な基盤が次第に明らかになるにつれて、言語理論との対応としての脳内表象を求める研究ものぞまれています。しかしながら、言語のような複雑かつ統合的な現象を生み出す脳の機能を包括的に記述し、そこから音声や言語のふるまいを説明するには、私たちの知見はいまだ部分的であります。

脳自体は、外界をどのように自己内部に写像しているのでしょうか、さらに個別的には、音声認識や言語習得などの脳内メカニズムはどのようにになっているのでしょうか。音声科学や言語学には、このような積年の課題があります。言語を生み出す脳に関するこのような問いかけは、根源的な解決を要求するものであり、いつの日か、音声や言語についての脳の統一的な制約を知りたいと願うものです。本ワークショップでは、音声、言語、脳の間にあり得る統合的な構造について二つの講演とパネルディスカッションを通じて、今後の研究の発展につながるような議論を進めたいと考えています。

[講演要旨]

講演 1：「脳の言語機能理解の筋道を探る」

武田 暁（東京大学/東北大学：物理学）

脳の言語機能に関しては脳機能の fMRI 等による画像化、脳波・磁気刺激等による脳活性化の時間経過測定等により有効な知見が得られているが、これらの観測結果のみからは活性化脳部位がどのようにして特定の言語機能を営んでいるかは殆ど分からない。一方、サルやネズミ等の脳の局所部位に多重微小電極を挿入してニューロン集団の活性化の様子を調べる実験から多くの興味ある事実が明らかにされてきているが、人間に対してこの種の実験ができないために、言語機能を支えるニューロン集団の活動の様子を直接調べることは困難である。

この講演では、1. 脳機能は単純な脳機能の複雑な組合せにより理解できる、2. 単純な脳機能は哺乳動物に共通している、という仮説に基づいて、ニューロン集団の機能として言語機能を理解する道筋を述べる。19 世紀後半の物理学における熱力学から分子・原子論に基づく統計力学への移行の道筋と同様に、ニューロン集団の機能として言語機能を理解する道筋が何れは成功することを予期している。講演では単純な脳機能に関する最近の知見を概括した後、複雑な脳機能の具体例として、単語の音声認知、単語から文の生成機構等を取りあげて少し考察してみる。

参考文献：

脳は物理学をいかに創るのか、岩波書店、2004、武田 暁

Developement of Physics, EOLSS(Encyclopedia of Life Supporting Systems, UNESCO, Vol.6, 2004, Gyo Takeda

講演2：「音楽を聴くように音声を聴く：音声情報処理の一つの可能性」

講師： 峯松信明（東京大学：音声言語工学）

音声の物理は多様である。全世界には60億以上の人間がいる。これは60億以上の「あ」という物理実体が存在することを意味する。話者だけではない。マイクが変わる、伝送路が変わる。それだけで「あ」の物理特性は変わり、その多様性は爆発的に増える。その一方で、人間はそのような多様な音声を「最も楽なコミュニケーションメディア」とであると考え。何故だろうか？まるで音声の中の言語的情報は、話者やマイクの違いを超越した音響的表象を持っているかのように感じる。

カラオケに行く。流れてきた曲が自分の声のレンジに合わない。キーを上げ下げして調節する。その結果、個々の音の物理特性は当然変化する。ただメロディーは変わらない。当然である。音の相対的な変化パターンがメロディーの本質であり、キーの上げ下げという全音符に等しく行なわれる処理に対して、この本質は不変だからである。

「全ての音に等しく行なわれる変換操作に対して、ある種の音変化パターンは不変である」
この簡単な原理を話者の違い、マイクの違い、伝送路の違いに導入することはできないだろうか？少なくとも、キーが変わってもメロディー同定の容易さが変わらないように、人・マイク・伝送路が変わっても、言語情報の同定の容易さは全く変わらないと、人は感じているはずだ。

この単純な問いかけをベースに、音の変化だけを捉える音声の物理表象を導入した。音楽を聴くように音声を聴く、という方法論である。音の変化だけで単語は認識されるのだろうか？そこには「あ」を記述する絶対的な物理表象（フォルマント等）は何も無い。

近代言語学の祖と言われるソシュールは言っている。「言語は概念的差異と音的差異だけの系である」と。提案している音声の音響的表象は100年以上前の言語学の議論を数学的に実装しただけでしかないことが事後的に見えてきた。個々の音を絶対的に捉えてきた方法論に対して、一つの新しい可能性を示す。

[講師・討論者紹介]

武田 暁（たけだ ぎょう）

1924 年生れ。1946 年東京帝国大学理学部物理学科卒業。同大学院特別研究生。神戸大学文理学部助教授，東京大学原子核研究所教授・同所長，東北大学理学部教授・同理学部長を歴任。現在，東京大学・東北大学名誉教授。理学博士。専攻は理論物理学（素粒子論）。この間，ウィスコンシン大学，カリフォルニア大学客員教授，ブルックヘブン国立研究所所員等として在外研究に携わる。



長年にわたって素粒子論の理論研究を行ってきたが，十数年前に脳科学の魅力に引かれ，以来，基礎的な脳科学を勉強しながら実際の研究にも参加。近年は，科学の啓蒙活動にも取り組んでいる。

著書—『脳と物理学—物理学は脳を理解できるか』，『形の科学 複雑系—物理・生物から経済まで』，『物理科学への招待』，『場の理論』，『現代力学』，『素粒子』，『素粒子物理学』（以上，裳華房），『物質と宇宙の科学』（共著，杉山書店），『脳と力学系』（講談社）ほか。

峯松 信明（みねまつ のぶあき）

1966 年生まれ。1990 年東京大学工学部電気工学科卒業。1995 年東京大学大学院工学系研究科電子工学専攻博士課程修了（博士（工学））。同年豊橋技術科学大学情報工学系助手。2000 年東京大学大学院工学系研究科助教授。2001 年東京大学大学院情報理工学系研究科助教授。2002 年～2003 年スウェーデン王立工科大学客員研究員。2004 年東京大学大学院新領域創成科学研究科助教授。



学部時代より一貫して音声コミュニケーションの研究に従事。卒業論文は音声知覚研究である。その後，音声分析，音声認識，音声合成，音声アプリケーションなど幅広く音声工学研究を行なうと共に，音声学，音韻論など言語学に近い分野についても研究の範疇に入れ，幅広い観点から音声コミュニケーションを捉えている。

近年数理統計的な音声処理・言語処理系が主流となってきている。音声認識では数千、数万の話者の音声を集めてそれを統計的にモデル化している。その一方で学習環境にない話者性、環境特性が出現する度に、話者・環境適応技術が必要となるのが現実である。その一方で子供は、限られた音声リソース（自分の聞く声の半分は自らの声、それ以外では両親の声が多いのは自明）のみで、誰の声でも、しかも、電話の音声ですら易々と処理できるようになる。限られたリソースで獲得される言語能力を説明するために採られた仮説としてチョムスキーの生成文法がある。音声工学の世界においても「集めること」以外の方法論で問題解決を図る必要性があるのではないだろうか？

この問いに対する一つの数学的な解答を在外研究を通して見い出すに至る。その後、多種多様な「言語」研究者との対話を通して、本手法の「意味」を模索し、今日に至る。

http://www.gavo.t.u-tokyo.ac.jp/~mine/paper/PDF/2005/SP2005-12_p1-8_t2005_5.pdf

http://www.gavo.t.u-tokyo.ac.jp/~mine/paper/PDF/2005/ASRU_minematsu.pdf

伊藤 彰則 （いとう あきのり）

1963 年生まれ。1986 年東北大学工学部通信工学科卒業。
1991 年同大学院工学研究科博士課程終了。1998-99 米国ボストン大学客員研究員。2002 年より東北大学大学院工学研究科助教授。工学博士。機械による音声認識、音声対話システム、音声信号処理、テキストの機械処理、音楽情報検索などの研究を行っている。



人工知能全盛期に学生時代を過ごし、人工知能研究を志すが、夢破れて音声認識研究へ。もともと自然言語への興味が強く、自然言語処理手法を使った音声認識の研究で博士号を取得した。言語としての音声を認識するという考え方から、自然言語の理論を音声認識に使う試みであったが、その後、現在主流となっている統計的な言語モデルに研究対象を移す。代表的な統計的言語モデルである n-gram モデルは非常に単純なモデルだが、音声認識には極めて有効である。N-gram は言語学の分野ではほとんど顧みられていないが、人間が高性能な音声認識マシンである以上、n-gram に近い機構が脳のどこかにあるに違いないと確信している。私の研究は人間を直接調べるわけではないけれど、機械による自動音声認識の研究は「人間が自然に聞いている言語音声はいったいどういうものなのか」をあぶりだしてくれるのだ。

URL: <http://www.makino.ecei.tohoku.ac.jp/aito/>

今泉 敏 (いまいずみ さとし)

東北大学大学院工学系研究科博士課程修了。工学博士。現在、
県立広島大学保健福祉学部コミュニケーション障害学科教授・学
科長。近畿大学医学部助手、スウェーデン王立工科大学客員研究員、
東京大学大学院医学系研究科助教授を経て、平成 13 年 4 月に
広島県立保健福祉大学教授、平成 17 年 4 月県立三大学統合に
より現職。



音声コミュニケーション、コミュニケーション脳機能の研究・
教育に従事し、以下の文献に示すように、脳内での概念表現や語彙アクセス、言語的情報と感
情的プロソディの統合過程、発話意図の表出と認知など、コミュニケーション脳機能とその障
害に関する研究を進めている。

- 1) Satoshi Imaizumi, Midori Homma, Yoshiaki Ozawa, Masaharu Maruishi, Hiroyuki Muranaka: Gender Differences in Emotional Prosody Processing -A fMRI Study-. Psychologia, 47(2), 113-124, 2004.
- 2) Koichi Mori, Yutaka Sato, Emi Ozawa, Satoshi Imaizumi: Cerebral lateralization of speech processing in adult and child stutters: Near infrared spectroscopy and MEG study. In Theory, Research and Therapy in Fluency Disorders, Edited by A. Packmann, A. Meltzer and H. F. M. Peters, Nijmegen University Press, Nijmegen, The Netherlands, 323-330, 2004.
- 3) Masaharu Maruishi, Yoshiyuki Tanaka, Hiroyuki Muranaka, Toshio Tsuji, Yoshiaki Ozawa, Satoshi Imaizumi, Makoto Miyatani, and Junichiro Kawahara: Brain activation during manipulation of the myoelectric prosthetic hand: a functional magnetic resonance imaging study. NeuroImage, 21 (4), 1604-1611, 2004.
- 4) Hans Menning, Satoshi Imaizumi, Pienie Zwitserlood, Christo Pantev: Plasticity of the human auditory cortex induced by discrimination learning of non-native, mora-timed contrasts of the Japanese language. Learning and Memory, 9(5):253-67, 2002.
- 5) Takefumi Sakaguchi, Takahito Hiroano, Yoshiaki Watanabe, Tadashi Nishimura, Hiroshi Hosoi, Satoshi Imaizumi, Seiji Nakagawa and Mitsuo Tonoike: Inner Head Acoustic Field for Bone-Conducted Sound. Japanese Journal of Applied Physics, 41(5), 3604-3608, 2002
- 6) Seiji Nakagawa, Masahiko Yamaguchi, Mitsuo Tonoike, Hiroshi Hosoi, Yoshiaki Watanabe, and Satoshi Imaizumi: Measurements of brain magnetic fields evoked by bone-conducted ultrasounds -Effect of stimulation side on N1m. International Congress Series 1232, 373-376, 2002.
- 7) Seiji Nakagawa, Masahiko Yamaguchi, Mitsuo Tonoike, Yoshiaki Watanabe, Hiroshi Hosoi, and Satoshi Imaizumi: Development of bone-conducted ultrasonic hearing aid for the

profoundly deaf. Journal of the Society of Instrument and Control Engineers 41, 3202-3205, 2002.

- 8) Ryoko Hayashi, Satoshi Imaizumi, Koichi Mori, Seiji Niimi, Shogo Ueno, Shigeru Kiritani: Elicitation of N400m in sentence comprehension due to lexical prosody incongruity NeuroReport 12(8), 1753-1756, 2001.
- 9) Satoshi Imaizumi, Hiroshi Hosoi, Tekefumi Sakaguchi, Yoshiaki Watanabe, Norihiro Sadato, Satoshi Nakamura, Atsuo Waki, and Yoshiharu Yonekura: Ultrasound activates the auditory cortex of profoundly-deaf subjects. NeuroReport 12(3), 583-586, 2001.
- 10) Satoshi Imaizumi, Ryoko Hayashi, Naoki Hirata, Koichi Mori: Neural processes in sentence generation. Speech Motor Control in Normal and Disordered Speech. University Medical Center, University of Nijmegen, 32-35, 2001.

山田 玲子（やまだ れいこ）

現在 ATR 人間情報科学研究所・マルチリンガル学習研究室、室長、上級研究員。神戸大学大学院客員教授、独立行政法人メディア教育開発センター客員教授を兼任。神戸大学理学部卒業、大阪大学人間科学研究科修士課程修了。1986 年に ATR に入所して以来、音声言語学習機構の研究に従事。専門は学習心理学、音声情報処理、博士（人間科学）



人間が言語に特異的な音声知覚・音声生成能力を学習する点に興味をもち、帰国子女の調査や学習実験を通して音声言語学習の解明を試みている。研究成果を一般向けに書き下ろした「英語リスニング・スピーキング科学的上達法」シリーズを講談社より出版。