

10. 認知神経意味論(Cognitive Neuro Semantics)への可能性 ～音素の弁別における中枢制御～

大瀧 聡史 (医学部医学科 3年)

指導教員

中村 芳久 (文学部文学科 教授)

1. 背景と研究目的

私たちの身体は一つ一つの細胞から出来ている。しかしながら、これらの細胞はただ積み重なっているわけではない。その一つ一つの細胞は互いに交流をはかりながら、全体として人間という一つの個体を動かしている。人間の生命というものも、どれか一つの細胞が担っているわけではない。細胞同士が作り上げたネットワークが、生命の本質を担っているのである。こうして作り上げられた個体は生命活動を営むが、彼は決して一人ではない。同様な個体と共に同時代を生きる。彼らは種族を形成する。人間は種族内で大小様々な社会を形成して生活している。ここでも、人間はただ隣り合っているわけではない。その一人一人の人間は交流をはかりながら、全体として社会という一つの生活文化圏を動かしている。

細胞同士は Cytokines や Hormones などを媒介して、互いに交流している。過去数十年の価値ある研究のおかげで、その一部は明らかになってきている。細胞同士の交流というのは、想像以上に活発である。その昔人体を研究していた多くの顕微鏡使い達の誰がこの事実を仮定しただろうか。一方、人間同士は視覚や嗅覚などを媒介して、互いに交流している。また、それに加えていっそう雄弁な「言語」を媒介して人間は想いを伝え合っている。

言語に関する研究は、近年の Molecular biology の歴史に比して遥かに長い。おそらく人間が言語を用い始めてまもなく、人間は言語に興味を持ち始めただろう。言葉を正しく使えるように、正しく意味を伝えられるように先人は工夫を重ねて言語をデザインしてきた。文字を発明してより多くの人間との意思疎通が可能となった。通信の技術の向上は、遠くの姿の見えない相手にも私の声を伝えるというコミュニケーションを可能にした。そして、外国語の学習によって異なる社会集団や国境を越えた交流を可能にした。

しかしながら、言語の持つもっと根本的な性質に関しての取り組みは 19 世紀末のソシュール Saussure の登場を待たねばならなかった。人間は何故言葉を理解して、何故話すことが出来るのであろうか。一説に拠れば、人間だけが唯一言語を運用できる動物だといわれている。他の動物でも記号や単語は認識できるようである。しかし、人間の言語のような文法規則を持った言語を扱っている動物はいないそうである。

人間だけ、人間にしかない言語運用能。他の動物には至極難解である言語習得ではあるけれども、人間の新生児であれば 3 歳前後で大人と意思疎通できる程に言語を身につけることができる。その言語習得に関しても、人間の個体差や人種差に左右されずに全ての人間が一

人残らずできることである。

このような事実に対して、初めて人間の言語運用能力を仮定したのがチョムスキー Chomsky である。言語学の二大潮流の一つである生成文法という考えを打ち出した人である。生成文法とは習得した言語の文法体系をもとに、人間は今まで聞いたこともない新しい文章を生み出して話すことができる。また同様に、習得した言語であれば聞いたこともない文章であっても理解することができる。この考え方が画期的な点は、人間の話し言葉は過去にどこかで聞いたことのある言葉を記憶していて、それを思い出して口に出しているというわけではないということである。人間は幼児期に聞いた言葉をそのまま記憶してから話し始め、その後は聞き言葉を蓄積してその場に合った言葉を話しているわけではない。

言語というものが、まるで蓄音機のようにして話されるのならば、記憶力の存在が実験的に確かめられている一部の高等動物にも人間の言語が話せても不思議ではない。事実オオムや九官鳥は訓練しだいで人間の言葉を範唱することが出来る。しかし、それはやはり蓄音機のような能力でしかない。人間もそういう範唱はできる。しかしながら、それに加えて人間には言語運用能力があるのではないか。

人間が言語を身につける時、すなわち赤ん坊は周囲の話し声や話しかけられる言葉からその言語の文法体系を抽出している。言い換えれば、ある程度数の限られた耳に入る文章を材料にしてでも人間は言語を習得できるということである。

人間の言語能力は蓄音機のような単純なものではなく、文法体系という抽象的な言語規則を身につけることができ、それを基に聞いたり話したりできるという能力である。20 世紀後半の言語学の分野では、このような仮定の下で言語そのものの性質を解き明かそうと様々な学説が生まれた。ただ、上手に説明はされてはいるけれども言語学の分野では、その仮定の真偽は確かめようがないというのが言語学を学ぶ学生の不満であった。本当に人間の身体の中に、そんな能力を持つ臓器があるのだろうか。本当にそれは仮説どおりの能力を持つのだろうか。

その仮説の検証には人間を対象とした科学の分野の技術が役に立ちそうである。医学部の科目には幸いにして大脳生理学があり、筆者本人も鋭意取り組み中である。そういう生理学的知識を用いて言語能力の真偽を確かめてみたい。また逆に、言語の機能というものを探る中で大脳皮質の重要な Synapse network が分かっていくと思われる。脳科学は言語学による導きを、言語学は脳科学による各章を、互いに求めることになる。本研究の目的もこの流れを汲むものである。言語の最小単位であると言われている音素について、それが生体内部でどのような形で利用されているかを検証してみたい。

先に言及した言語学生の熱い情熱にほだされて、嫌々見学や勉強や実験を始めたのが筆者である。だから、研究の動機の方は他律的でしばしば叱責の対象となった。思えば叱責の対象は動機だけではなく、筆者の人格そのものまでに及んだことは数知れない。それを思うと共同研究者や指導教官に愛想尽かされて、単独研究になってしまったことは自分に責任があったのだろうと思う。それにも関わらず、文献の購入費などを援助してくれた金沢大学の認知言語学に対する理解には格別の敬意を表したい。また、学務係の谷内さんには人格面での

教えを種種賜り、足を向けて眠るなどできるはずもない感謝の深さである。それにも関わらず、研究の内容はお粗末ではあるが、新しい学問の誕生に立ち会え、全部自分の感性で作りに上げることができたのはとても嬉しかった。また、その独自性は学長奨励研究の持つアイロニーにも報えたと思っている。本研究が採択された時、筆者は大学側と学長奨励研究の問題点を共有できたなと思ったものである。

本研究の採択には一部政治的な思惑があったとは思いますが、確かに認知言語学は未知でそれだけに遣り甲斐の分野である。筆者も来年度は更に問題設定を工夫して言語の本質に迫ってみたい。また、流行の分野でもあるので新規に参入してくる聡明な若い学生を歓迎したい。学問に限った話ではないが、成功や遣り甲斐というものは既存のものにはないと思う。

近代物理学が興隆してきた頃だって、主流は神学や修辞学であっただろうし、当時はガリレオだって変人扱いだった。しかし、当時は胡散臭く思われていたものが現在の主流になっている。これは成功する物事が、最初は相当に胡散臭く見えるということである。

ここまで読んでいただいただけでも、本当にありがとうございます。「背景と研究目的」に引き続き、かなりの与太話をしてしまったことと、期限と時間を守れないおよそ社会に出たら屑扱いの筆者の人格に対して謝罪をして終わりたい。

2. 研究方法

日本語を母国語とする被験者（14人）に対して、音素の弁別課題を課してその正答数を比較する。ここで用いた音素の弁別課題とは中国語の音素を元に作成された実験者の自作である。音素とは意味の付与された音のことである。音素の説明例として、まず単語を考えてみる。例えば、単語とは意味の付与された文字列である。「みかん」という日本語が、あのコブシ大の瑞々しい赤黄色い果物だというのは、その様に意味を定めた為である。このように発せられる文字列には元々意味があるのではなく人間がそれに意味を付与しているだけである。このように言葉に対して意味を付与することのできる性質を言語の恣意性と呼ぶ。

音素は意味の付与された文字あるいは文字の構成成分である。例として日本語における音素には、/a/, /i/, /u/, /e/, /o/, /k/, /s/, /t/, /n/, /h/, /m/, /y/, /r/, /w/, /N/などがある。/k/+a/[ka]で「か」という文字になり、カラスのような口をして発せられるあの音となる。/m/+i/+k/+a/+N/[mikaN]で「みかん」という単語となる。このように意味を付与された文字が連なって文字列を作って単語を形成する。

ただし、概して音素は言語ごとに異なっている。非常に多くの音素を持つ言語や、少ない量の音素しか持たない言語もある。音素が多いということは人間の作る様々な音それぞれに意味を付与していることになる。

例えば、日本語では/r/と/l/とを厳密に区別してはいない。[riNri]と[liNli]とは共に「倫理」を意味する。このように巻き舌になっていようがいまいが日本語圏内では別の音素としては区別されずに、話者の個性差として解釈されている。

一方、英語ではこの両音素を厳密に区別している。[rice]は米穀であり、[lice]は虱である。もちろん、訓練しだいで日本語圏の人間でも、英語圏の音素の音を発音することは出来る。

ただ、日本語では/r/と/l/とに別々の意味を付与していないだけである。

もちろん、別々の言語で同じ音素を持つからといって、その音素の音がまったく同一というわけではない。英語の/a/と日本語の/a/は発せられる音として厳密に構音上の違いがある。しかし、この音素の表し方では両者を区別してはいない。それは、英語で/a/と発音したものを日本語圏の人が「あ」とであると認識できる限り、その音素は同一であると考えているからである。このように、音素とは単なる声音ではなく、意味を伝えられる声音のことである。本研究では、音素の存在を仮定した下に行うことにした。

中国語の単語は韻母 sound と声調 tone からなり、韻母は更に声母、主母音、そして尾音によって構成されている。声母は日本語の子音に相当するものである。中国語の子音の音素は日本語の子音の音素とは少々異なっている。そこで、両言語が共に持っているこの子音というものに注目して、人間がどのように言葉を認識しているかを探るために、先に述べた音素の弁別課題を行う。

ここで用いる音素の弁別課題とは、下に示したように同一あるいは異なる「音素 1」と「音素 2」とを続けて被験者に聞いてもらう。ちなみに、音声課題は山田眞一著「500 語マスター基本中国語」の付録 CD-ROM より作成した。音声に用いたサンプルは全て同一の人物による吹き込みであり、発音における個体差や性差が出ないようにした。

被験者には「続けて聞いてもらった二つの声音は、同一の声音（言葉）ですか？もし同一だと思うならば、解答欄に○をして下さい。もし別物だと思うならば、解答欄に×をして下さい。」と尋ねます。この行程を 6 問行います。

解答の評価方法は、問題の解答を点数化して行うことにする。問題の種類にも 2 種類あります。まず問題番号 2, 4, 5 のように中国語の「音素 1」と「音素 2」とが異なる場合があります。この時に被験者が「音素 1」と「音素 2」とを別物と判断した場合、被験者は声音としてこの「音素 1」と「音素 2」との間の違いを認識したことになる。それゆえ、中国語の理解力のない今回の被験者は中国語の音素を弁別したというよりは、きちんと声音を弁別できただけということになる。よってこの場合は、声音弁別力に +1 点加えることにする。

逆に、問題番号 2, 4, 5 で中国語の「音素 1」と「音素 2」とが同一と判断した場合、被験者は声音としてこの「音素 1」と「音素 2」とが同じと判断したのである。通常ならば、不正解であり被験者の聴覚力を疑うが、今回は別の解釈を与えたい。被験者の全ては日本語の音素に精通している。しかも、中国語の音素を知らない。それゆえ、被験者は「音素 1」と「音素 2」とを相当する日本語の音素として同一と判断したと考える。例えば、/sh/も/x/も日本語内では、日本語の/s/という音素と同一である。被験者は「音素 1」の/sh/と「音素 2」の/x/とを、日本語の/s/であると判断したと考える。すなわち、「音素 1」と「音素 2」とをただの声音として判断したのではなく、既知の音素に類似したものであると中枢（大脳皮質？）で制御を行ったと考える。よってこの場合は、音素認識力に +1 点加えることにする。

次に問題番号 1, 3, 6 のように中国語の「音素 1」と「音素 2」とが同一な場合があります。この時に被験者が「音素 1」と「音素 2」とを同一と判断した場合、被験者は声音としてこの「音素 1」と「音素 2」とが同一と解釈したのか、音素として両者が同一と判断した

のかは不明なので、声音弁別力と音素認識力との両方どちらにも加点をしない。

そして逆に、問題番号 1, 3, 6 で中国語の「音素 1」と「音素 2」とが別物と判断した場合、被験者は声音としても音素としても「音素 1」と「音素 2」とが同じと判断できなかった。それゆえ、こちらも得点は何も加えない。

また、これらの実験に先立ち予備実験を行った。被験者が正しく音声を識別できるかを試した。方法は、十二音階の音とその半音とを同一か否かを弁別させた。この結果、全問題のうち、平均 90 % は正解したこのことから、音の高さの弁別力は十分にあると仮定した。これを基にして有意水準は 10 % として検定を行った。

今回用いた自作の音素弁別課題の概要

問題番号	音素 1	音素 2	「音素 1」と「音素 2」とを同一と判断	「音素 1」と「音素 2」とを別物と判断
1	/q/	/q/	同一の声音または音素として認識	誤り
2	/sh/	/x/	同一の日本語の音素として認識	別の声音として弁別
3	/sh/	/sh/	同一の声音または音素として認識	誤り
4	/zh/	/j/	同一の日本語の音素として認識	別の声音として弁別
5	/q/	/ch/	同一の日本語の音素として認識	別の声音として弁別
6	/j/	/j/	同一の声音または音素として認識	誤り

例えば、左のような結果になった場合の得点の集計に関して概説する。この被験者の場合、問題番号 2, 4, 5 のうち、問題番号 2 は不正解である。このときは声音弁別力に 1 点加える。問題番号 4, 5 は正解であるから、音素認識力に 2 点加える。よって、この被験者の人の得点は音素認識力が 2 点で声音弁別力が 1 点ということになる。問題番号 1, 3, 6 の結果は今回の判定方法では差がでないため得点換算には用いない。

得点集計の例

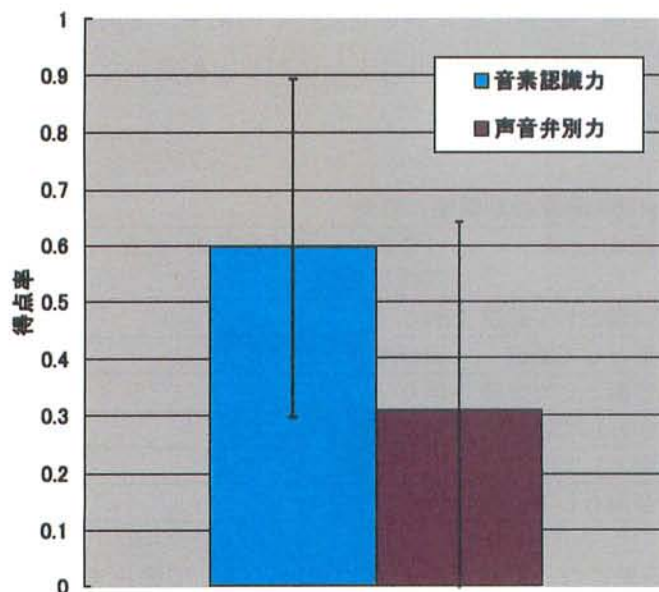
問題番号	解答
1	○
2	×
3	○
4	○
5	○
6	○

音素認識力	2
声音弁別力	1

3. 研究成果と考察

研究方法のところで述べた得点評価法により、被験者の得点率の平均点および標準偏差を算出した。音素認識力と声音弁別力とはともに 3 点満点である。音素認識力の得点率は 0.611、声音弁別力の得点率は 0.333 であった。

2 標本間に対応がある場合の平均値の差の検定を行った。帰無仮説を両平均値に差はないとする。対立仮説を両平均値に差はないとする。to=2.428767 となった。自由度 13(=14-1)の t 分布の両側 5 % 点(2.1604)で検定した。| to|>2.1604 となったから、帰無仮説は棄却される。すなわち、音素認識力の得点率と声音弁別力の得点率との間には差があると考えられる。下に得点率のグラフと得点表とを示す。標本数が少なかったのが、信頼性を失わせる要因である。精度を上げるべく、標本数を大きくするべきであった。



被験者	音素認識力	声音弁別力
1	3	0
2	2	0
3	1	2
4	0	3
5	1	2
6	2	1
7	2	1
8	1	0
9	3	0
10	1	2
11	2	0
12	2	1
13	2	1
14	3	0
Average	1.785714	0.928571
SD	0.892582	0.997249
%Average	0.595238	0.309524
%SD	0.297527	0.332416

今回の実験では、日本人には区別のつきにくい中国語の音素を用いた。中国語では異なる意味を有する音素ではあった。だから、本来ならば別々の音声として区別されるべきである。中国語を知らなくても、聴覚の正常な被験者には区別できるはずである。しかし、今回の実験結果が示す通り、多くの日本人にはこれらの異なる音が同じ音に聞こえた。正確に弁別をした被験者よりも、同じ音として感じてしまった被験者の方が多いということが分かる。例えば、/sh/と/x/とを弁別する問題では、異なる音声であると聞き分けられた被験者よりも、同一の音声であると誤ってしてしまった被験者の方が多かった。

これは、日本語圏の被験者にとっては、普段/sh/と/x/との区別なく用いているので、どちらも日本語の音素/s/と同一であると判断してしまったからであると思われる。だから、ちょっと異なる中国語の音素を、日本語圏の被験者達は単なる発音の個体差であると感じてしまったのだと思われる。我々自身の用いる日本語も個人個人によって発音の具合は僅かに異なる。方言のある人や標準語を話す人、老若男女で同じ単語や文字でも発音は異なる。これが原因で音声認識ソフトの開発が容易に進まないのである。音声認識をする機械は、その正確さゆえに、個体差までも違いとして認識してしまうからである。それに関わらず、人間は僅かに異なる音声を同じ音として認識でき、確かに異なる音声を異なる音と認識できる。

人間のこのような言葉を認知する仕組みは、あらかじめ覚えている音素体系に照らし合わせて行われていると考えられる。例えば、日本語は「し」という文字を持つ。日本語圏の人間は発育の過程でこの「し」という言葉を覚える。この子どもが、初めて「She」という英語を聞いて「しー」と理解して、範唱する時には「しー」と発音する。もちろん、これで

は「Sea」[si:]という意味にとられてしまうし、正しくは[ʃi:]であろう。しかしながら、この日本語圏の子どもは自分の熟知している日本語の音素体系に照らし合わせて、「She」の発音に最も近い「しー」であると判断したと考えられる。すなわち、今まで聞いたことのない音声を既知の音素のうちで最も近いものと同じであると理解したのである。

このように、人間の耳はただの音を聞いているのとは、また別の仕組みを用いて言葉を聴いて理解していると思われる。そして、このような機能を持つ仕組みが生体のどこかに存在する。一説には、ある言語の音素体系を記録して、音素弁別を行っているのは、大脳に存在する側頭回的一部分であると言われている。大脳皮質側頭回には Wernicke' area と呼ばれている言語を知覚して理解する場所が在ると言われている。しかし、正確な位置は分かっていない。音素弁別もおそらくは Wernicke' area と関係があると考えられる。

耳から入った音声は、両側性に脳幹部と視床とを介して大脳皮質側頭回に投射される。ここでは、記録してある既知の音素体系によって、入力された音声が一番似つかわしい音素であると判断される。そして、その音が似ている音素と同一であるという抽象化が行われる。そして、その精製された音素が言葉として認識される。すなわち、聞いた音をそのまま理解しているのではなく、理解しやすいように加工を施した後に言葉として認識しているのである。言語を聴くことは受動的な精神活動ではなく、積極的に音素弁別を行う精神活動である。

4. 結論

音素の弁別到大脳皮質による中枢制御が関与しているというのは、あくまで仮説ではあるが、今回の実験結果が示すように、ただの音と言葉になる音声とに対する人間の反応には違いがあるようである。端的に言えば、人間は言葉を聴くときに音声を聴いているのではなく、音素を聴いていると言えると思う。

今回の実験で言語学での音素の概念が、生体内にも存在していることが示唆された。しかしながら、音素弁別の制御を行っているものの正体や存在場所は明らかにならなかった。それを解明していくには更なる研究が必要である。今回の実験では、最初の予定と異なり空間的な解析や経時的な解析ができなかったもので、継続してこの課題に取り組んで行きたい。

Reference

- 1) Noam Chomsky, Adriana Belletti, Luigi Rizzi, 2002. On Nature and Language. Cambridge university press.
- 2) Peter Duus, Richard Lindenberg, 1998. Topical Diagnosis in Neurology, 3rd rev. edn. Thieme.
- 3) Johannes W. Rohen, Chihiro Yokochi, Elke Lutjen-Drecoll, 2002. Color Atlas of Anatomy, 5th edn. Lippincott Williams & Wilkins.
- 4) Thomas W. Sadler, 2004. Langman's Medical Embryology, 9th edn. Lippincott Williams & Wilkins.
- 5) Ken Machida, 2004. ソシユールと言語学. 講談社.

- 6) Floyd E. Bloom, Charles A. Nelson, Arlyne Lazerson, 2001. Brain, Mind, and Behavior, 3rd edn. Worth publishers.
- 7) 藤吉憲生, 2004. 日本語生成文法教程. 星雲社.
- 8) 山田眞一, 2001. 500 語マスター基本中国語. 同学社.
- 9) 杉下守弘, 2004. 言語と脳. 講談社.
- 10) 根岸龍雄, 階堂武郎, 1987. 医系の統計入門. 森北出版.