

特集 言語の脳科学

言語獲得の脳科学

酒 井 邦 嘉

生 体 の 科 学

第 49 卷 第 1 号 別刷

1998年 2 月 15 日 発行

言語獲得の脳科学

酒井 邦 嘉

言語学の歴史は古代ギリシャにまで遡ることができるが、今世紀中頃から、Chomsky によって革命的な発展を遂げることになった。Chicago Tribune の調査によれば、Chomsky は古今東西で最も多く引用された 10 人の第 8 位に挙げられ、その 10 人のうちでただ一人健在である。今年 70 歳となる Chomsky は、今なお現役でマサチューセッツ工科大学(MIT)の言語学科を中心に活躍を続けている。本稿では、Chomsky が影響を与えた言語獲得の考え方を中心に据えて、脳における言語情報処理について考えてみたい。

I. 言語獲得の理論

1. 学習か獲得か

Chomsky は 1957 年に『文法の構造(Syntactic Structures)』¹⁾を著して、言語学にコペルニクスの転回をもたらした。このことをわれわれは「チョムスキー革命」と呼び、Chomsky は認知革命(cognitive revolution)と呼んでいる。Chomsky 以前の言語学では、文法とは言語データから帰納的に作られた規則にすぎなかった。Chomsky が提唱した生成文法(generative grammar)とは、演繹的にあらゆる文を生成する(generate)ことができる規則の集まりである²⁾。生成文法は話し手や聞き手のモデルではなく、実際の言語使用の基礎を与えるような、言語知識(knowledge of language)のモデルである。Chomsky が提起した三つの問題とは、言語知識・言語獲得(language acquisition)・言語使用(language use)の問題であり、まず言語知識の理論的研究が優先的に進められた³⁾。

Chomsky は Skinner の著書『言語行動(Verbal Behaviour)』について評論文を書いたが⁴⁾、これは単なる書評ではなく、行動主義(behaviorism)の限界を明らかにして行動主義心理学に致命的な打撃を与えた論文として、歴史的な意義を持っている。行動主義とは、心理学の対象を刺激と外から観察できる反応(行動)との連合関係に限定することを提唱したものであり、「意識」や「記憶」といった内的なプロセスの存在、およびその概念は排除された。Skinner は言語行動もオペラント条件づけ(刺激と反応の連合を報酬によって強化する能動的な学習)のモデルを拡張することで説明できると考えた。これに対し Chomsky は、このような行動主義のメカニズムでは、言語行動を説明するのに十分ではないことを指摘したのである。その根拠の一つには、プラトンの問題(Plato's problem)がある。この問題は、言語の発達過程にある幼児が耳にする言葉は多くの間違いや不完全な文を含んでおり、有限なデータしかないにもかかわらず、どうしてほとんど無限に近い文を発話したり解釈したりできるようになるのか、という「刺激の貧困(poverty of stimulus)」の謎を指す。実際にわれわれが母語を話すときには、明示的でない文法の知識を数多く使いこなしている。その具体的な例を挙げよう。

(1 a) 太郎は学校へ行った。

(1 b) 太郎が学校へ行った。

子供は、このような例から、「は」と「が」は置き換えが可能だと考えるかもしれない。しかし、この考えが間違いであることは、次の例から明らかになる。

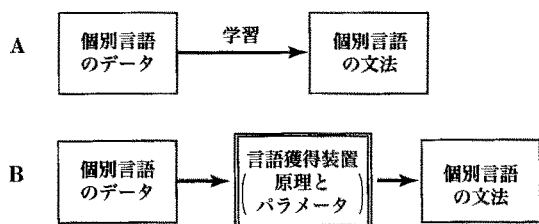


図1 言語獲得のモデル

A: 行動主義のモデル。B: チョムスキー言語学のモデル。

(2a) *誰は学校へ行ったの。

(2b) 誰が学校へ行ったの。

子供はそれまで耳にしたことのある言語データから、(2a)が間違った文(非文法的な文には*を付けるのが言語学の慣例)であることを推論できるだろうか。もしくは、そのことを誰かが教えてくれただろうか。日本語を母語とするあなたは、どうして(2a)が非文法的であるのかを明示的に説明できるだろうか。このような問題に対して、行動主義の立場から説明を与えることができないのは明らかである。つまり、幼児が言葉を話せるようになるのは、言語の刺激(入力)と発話の行動(出力)のみに基づいた「学習(learning)」の結果(図1A)ではなく、内的な知識構造がすでに存在していて、その変化によって「獲得(acquisition)」が生じたためと考える必要がある。言語獲得または言語発達(language development)といっても、決して言語学習ということがないのはそのためである。'learning' という誤解を招きやすい用語は、使うのをやめた方がよいという意見も出ている⁵⁾。

学習か獲得か、という議論は今なお続いている。Saffranらは生後8ヵ月の乳児に、'bidakupadotigolabubidakutupiro...' というような意味のない人工的な音列(例えば、biの次には必ずdaがくるが、kuの次にpaがくる確率は3分の1になるように作られている)を2分間だけ聞かせると、より低い頻度で現れる音節の並びに、長く注意を払うこと(dishabituation, 慣れの解除)を見つけた⁶⁾。この知見は途切れのない発話から個々の単語の境界を決めるメカニズムとして、音節の配列の統計が手がかりとなることを示唆するが、

実際の発話では単語のアクセントなども有力な手がかりとなっていると予想される。BatesとElmanはこの論文に対するコメントの中で、乳児が「学習」によって言語を習得する可能性を強調しすぎたために⁷⁾、「獲得説」の支持者から猛反撃を受けることになった⁸⁻¹¹⁾。この論争から得られる教訓は、学習という一般化されたメカニズムで言語獲得をとらえるのには無理があるということである。

2. 普遍文法と言語獲得装置

まわりの話し声を聞き取れる限り、子供が言語を獲得することなしに成長することは、ほとんど起こり得ない。また、森の奥でどんなに原始的な生活を続けている人々がいたとしても、言語をまだ持っていないなどということはあり得ないだろう。ヒトが話すことは本能であって、創造的な学習や文化の産物として生まれたものではない¹²⁾。

Chomskyは、人間である限り、生得的に備わった言語能力(language faculty)が存在すると考えた。つまり、脳に「言語獲得装置(language acquisition device; LAD)」があると仮定することで、プラトンの問題に説明を与えることができる。この言語獲得装置のもつ規則を言語学的に記述したものを普遍文法(universal grammar; UG)と呼ぶ。いい換えると、ヒトの言語には普遍的な文法の原理(principle)が本能として備わっていると考えられる。普遍文法に対して、実際に個別言語を話すときに用いている文法のことを個別文法(particular grammar)と呼ぶが、個別文法の抽象度は普遍文法よりも低くなっている。言語獲得装置とは、個別言語のデータを入力として、個別文法を出力とする装置である(図1B)。言語獲得装置はあくまで言語の獲得に限られる特殊なメカニズムであり、Piagetが提唱したような発達心理学における一般的な認知的枠組み(schema, シェマ)や一般学習装置ではない¹³⁾。

実際にわれわれが話す言語が多種多様に見えるのは、普遍文法のパラメータ(parameter)に自由度があるためである。言語獲得とは、母語に合わせてパラメータを固定(parameter setting)していく過程と見なすことができる。例えば、日本語

では'l'と'r'を区別するというパラメータは必要がないが、英語では必要である。言語が本能的・生得的・普遍的であるならば、言語は基本的に決定論だということになる。原理の部分は遺伝的に脳の神経回路網として決定されており、残りのパラメータの部分は環境によって決定される。

普遍文法の研究は、異なる言語を比較して普遍的な文法規則を見つけるのではなく、一つの言語(Chomskyの場合は英語)において、文法に従う文とそうでない文とを区別するための規則の体系を作る方向で発展してきた。もちろん、その文法体系はその後日本語を含め、さまざまな言語のデータで例外のないことがチェックされている。Chomskyはその細部にいたるまで目配りを怠っていない。このように、言語学ではデータから理論を作り上げる過程を追うことができる。ある仮定はどのようなデータを説明するために必要となるのか、どのようなデータのために理論を修正する必要が出てくるのか、ということを経験のように明快に分析できる。文の文法構造を調べることを parsing というが、これはまさに「分析」という意味でもある。その結果明らかになってきたのは、普遍文法の原理は非常に抽象的だということである。普遍文法の知識を幼児に教えることなどできない相談であろう。実際、言葉を覚えたての幼児に、主語と述語の区別を教える親がいるだろうか。それにもかかわらず、幼児は普遍文法に従った文を話すようになる。それはなぜか。普遍文法は少なくともその一部分が生まれつき(inborn)備わっている、と考える必要がある。普遍文法の残りの部分は、ちょうど発生のためにプログラムされた遺伝子が発現していくように、成長の過程で発現していく。言語知識が生得的であるならば、普遍的であることの説明がつくわけである。

言語学では、主に発話(speech)や発語(utterance)のデータを扱い、書き言葉は二次的なものと見なしている。人類は文字を発明した約6千年前よりもはるか以前から(一説ではホモ属が出現した200万年前¹⁴⁾、話しはじめていた。「初めに音声ありき」である。文字はヒトの文化の象徴であるが、文盲であっても話すという能力に違いがあるわけではない。また、音韻論(phonology)と形態

論(morphology)は、単語の性質(数、格、性、時制、隣の単語の影響など)による変化の規則性を、前者は音素(phoneme)、後者は形態素(morpheme)について明らかにする言語学の分野であるが、どちらも音声データを一次資料としている。その理由は、ヒトが使える音声の種類は限られているが、文字の方は制限がなく普遍性を欠いており、音素と文字の対応は一様ではないからである。例えば、日本語の仮名文字は1字で1音節(子音+母音)を表すが、ローマ字のアルファベットやハングル文字は1字で1音素を表し、漢字は複数の音節を表すことができる。ただし、単語と文法は全く異なる概念であることに注意したい。単語を構成する音節や文字の「配列」そのものは、任意性があり、記憶を必要とするので、生得的・普遍的とはいえないのである。

3. 規則か統計か

英語の動詞を過去形にすると、規則動詞(例えば pull-pulled)と不規則動詞(例えば fall-fell)で違いがあるが、その区別を子供がいかにして獲得するかは興味ある問題である。これには、次のような三つの説があって、今なお議論が続いている。

(1) 規則動詞と不規則動詞の両方で、一定の規則に基づいたシンボルの計算を行う。従って、一つの文法規則のメカニズムで十分である。

(2) 両者の違いは言語データの統計的な頻度によって「学習」される。規則やシンボルは不必要であり、一つの統計学習のメカニズムで十分である。

(3) 不規則動詞については語彙の記憶(学習)に頼るしかない(全部で180くらいしかない)が、規則動詞については、文法規則に基づいたシンボルの計算を行う。従って、二つの異なるメカニズムが必要である。

ChomskyとHalleは(1)を支持する文法規則を提案している¹⁵⁾。RumelhartとMcClellandは神経回路網(neural networks)のコネクショニスト・モデル¹⁶⁾を用いて、(2)の学習が可能であることを示した¹⁷⁾。しかし、次の例のように、同じ単語('ring')であっても意味の違いによって過去形が異なる場合がある。

(3 a) *The police rang the bell*

(警察はそのベルを鳴らした)

(3 b) *The police ringed the building*

(警察はそのビルを包囲した)

このような例については、ただ一つのメカニズムでは説明が困難である。Pinker らは (3) の可能性を支持して、強力な反論を続けている¹⁸⁻²⁰⁾。

Jaeger らは、英語の動詞の原形を提示して過去形を答えさせる課題を用いて、規則動詞と不規則動詞の場合で、PET により脳の活動に差が見られることを示した²¹⁾。また、Marslen-Wilson と Tyler は、失語症の患者において規則動詞と不規則動詞でプライミング効果(先に提示されたものの記憶が無意識的に残っていて、次に提示されたものに対する反応時間が短くなる効果)を測定して、両者の効果の障害に二重解離が見られることを報告している²²⁾。これらの脳科学からの知見は、(3) の可能性を支持する証拠である。脳科学の成果によってこのような論争に決着がつくことになれば、言語学に対する脳科学の有用性が認められることになるだろう。なお、神経回路網のモデルも脳科学と密接な接点を持っていることを強調しておきたい。言語学に統計的な要請を取り入れようとするアプローチは、神経回路網から自然言語処理までの理論的研究に進歩をもたらしつつある²³⁻²⁵⁾。

4. 言語理論の階層性

チョムスキー言語学では、文法理論が満たすべき妥当性には三つの階層性があると考え(図 2)。第 1 のレベルは観察的妥当性(observational adequacy)であり、ある言語で観察される文が文法的であるかどうかを明示的に区別できるような理論を指す。ただし、文法的かどうかの判断はその言語を母語とする話者の直感に頼っており、客観的な定量評価は要求されない。この点はいったん言語学の外に出ると大問題となる。例えば、自然言語処理(人工知能の一分野)の研究で計算機に文を生成させる場合、作り出された文が文法的かどうかを、計算機自身に判断させる必要が出てくるからである。

第 2 のレベルは記述的妥当性(descriptive ade-

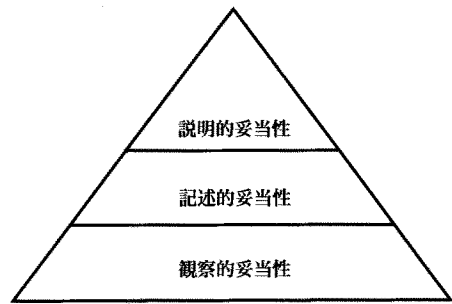


図 2 言語理論の階層性

quacy)であり、ある文が文法的かどうかだけでなく、理想的な母語話者の言語知識に関する直感を正しく記述できるような理論を指す²⁾。第 3 のレベルは説明的妥当性(explanatory adequacy)であり、いくつかの記述的妥当な文法の中から、話者が実際に獲得している文法を選び出して、どうやってそのような直感を獲得したのか(つまり言語獲得)を説明できるような理論を指す。言語理論が説明的妥当性を持つためには、最終的には言語の脳機能の実体がわからなければならないと私は考えているが、この考えに賛成する言語学者は少ないかもしれない。今井邦彦氏は次のように書いている²⁶⁾。

このように言うと、生成文法があたかも「脳のことがわからなければ言語は解明されない・言語研究は脳生理学の進展を前提とする」と主張しているかのような誤解を招くかもしれない。事実はまったく異なる。…生成文法が探求し、提示しているのは、…脳の構造や脳生理学の知識を前提的に必要とするようなものでは決してない(1)。むしろ逆に、普遍文法研究の成果こそが、脳生理学その他の脳科学に何を研究すべきかの指針を与えるものである、とするのが生成文法の考え方なのである(2)。

私は(1)の立場にあえて異議を唱えることはしない。なぜなら、言語機能の解明は脳科学の中でも最後に残された未知の領域であり、これまでのさまざまな試みにもかかわらず、言語学にインパクトを与えるような脳科学の発見はほとんどなかったからである²⁷⁾。しかし、(2)の立場は決して「生成文法の考え方」を代表するものではなく、一部

表 1 右脳しか持たない Alex が初めの 3 ヶ月間に獲得した単語

head	toes	cold	there	moon	him
hand	toothpaste	sun	not	book	mouse
arm(s)	water	it	no	bus	mice
ear(s)	hair	is	yes	dog	more
nose	eye	on	do	boat	man
mouth	hide	in	two	mat	toy(s)
tooth	hear	at	off	ball	meat
teeth	hurt	out	light	dice	nice
foot	hot	here	light off	milk	

Alex が発話を始めた 9 歳 4 ヶ月から、9 歳 7 ヶ月までの間に獲得した単語を、母親が記録したもの。(文献 30 より)

の言語学者の驕りであると考え。MIT の O'Neil は、「脳科学が言語学の知見を実証 (verification) するというのは誤りで、言語がどのように表現されるかという問題は、言語学者と脳科学者の共通の仕事なのだ」といっている。21 世紀の脳科学は遠からず現状を克服するであろう。少なくとも、言語学と脳科学が互いに協調しなくては最終的な理論には到達しない、という認識が広く受け入れられることを期待している。

II. 脳の構造と言語機能

1. 臨界期仮説

「オオカミに育てられた子供 (wolf-child)」の話は、600 年以上も昔から 50 近い例が報告されている。一例を挙げると、1920 年のこと、インドのカルカタ郊外の森の中で、オオカミと一緒に生きていた二人の少女 (推定年齢 8 歳と 2 歳) が保護された。年上の少女はその後 9 年ほど生き続けたが、覚えた言葉は 30 語あまりにすぎなかったという。このような「禁じられた実験」によれば、ほとんどの例で、話すことはもちろん話し言葉の理解も難しかった、というのが通説である。

また、生まれつき全く耳が聞こえず、手話を学ぶ機会もなかったならば、正常な環境に育ったとしても、言語を身につけることなく成長してしまうだろう。そのような例を本格的に調査した報告は非常に少ないが、Schaller による記録²⁸⁾は高く評価されている²⁹⁾。この記録に出てくる 27 歳の青年の場合、そもそも言語というものが存在することすら知らなかったことがわかる。彼が「すべての物に名前がある」ということを悟ったときの驚

愕は、Helen Keller が水の感触と「W-A-T-E-R」という言葉とを結びつけたときの感動に通ずるものがある。こうして最初の壁を乗り越えたといっても、手話による語彙や文法の習得は、その青年にとって非常に骨の折れる作業であった。

以上のような例から明らかなように、言語が生得的であるといっても、自動的に言葉が話せるようになるわけではない。適切な時期までに、言葉のある環境に接していなければ、言語を獲得することは非常に難しくなる。諸説はあるが、6 歳頃に言語獲得のピークがあって、この臨界期 (critical period) を過ぎると、その能力は急速に衰えるといわれてきた。

ところが、昨年報告された Alex という患者の症例 (スタージ-ウェーバー症候群) は、極めて重大な問題を投げかけることになった³⁰⁾。Alex が 8 歳の時に、萎縮した左脳皮質の全体を切除する手術が行われたが、そのときの精神年齢は 3 歳程度で、発話できるのは 'mumma' といくつかの音 (例えば 'oof') に過ぎなかった。9 歳になって抗癌薬の投与を中止した 1 ヶ月後に、突然、音節や単語を話し始めるようになった (表 1)。Alex は、名詞や代名詞だけでなく、形容詞や動詞、前置詞なども習得できたことがわかる。その数ヶ月後には文を構成できるようになり、言語療法士による訓練の結果、発話能力と言語の理解はまだ完全とは言えないものの、驚くべき進歩を示した。次の課題は Alex が読み書きもできるようになるかどうかであり、今後の進展が期待される。この報告には、右脳だけで 9 歳になっても言語が獲得できるという、二重の驚きがある。もし発話能力に臨界期が

存在するならば、それは9歳以降でなくてはならない。ただし、Alexの言語の理解能力については、8歳以前のデータがないので、臨界期の議論をするのは難しい。

「臨界期」という仮説は、ネコに視覚刺激を制限して与えたときに、大脳皮質視覚野のニューロンの反応選択性に変化を与えることのできる時期が限られる、という実験事実に基づいている。臨界期の間、一方の眼を閉じたままで育てた場合、一次視覚野のニューロンのほとんどは、開いていた方の眼にしか反応しなくなり、これはそのネコが成熟しても変わることはない³¹⁻³³。ネコの臨界期は生後4週から3ヵ月の終わりまでである。また、臨界期に縦じまだけを見せて育てると、一次視覚野の多くのニューロンの方位選択性が垂直方向に偏ることが確かめられている³⁴⁻³⁷。1960年代から行われた視覚の臨界期に関する多くの実験は、「ヒトの言語獲得にも臨界期が存在するのではないか」という示唆を与えることになった。ChomskyはWieselとHubelの実験に強い影響を受けたと後に語っている。

臨界期に見られるこのような「脳の可塑性」は、パラメータのとりうる可能性が、環境に適応するように何らかの制限を受けるものと考えられる。このパラメータの変わりうる範囲は、遺伝的に決定されているのであって、例えば一次視覚野のニューロンが聴覚刺激に反応選択性を示すような自由度はあり得ない、と暗黙のうちに仮定されてきた。それならば、生まれつき目の見えない人の視覚野は、全く使われていないのだろうか。最近のPET(positron emission tomography, ポジトロン断層撮影法)の研究によれば、指で点字を読んだり、指の触覚を使う弁別課題を行っているときに、一次視覚野と視覚前野の活動が上昇することが明らかにされている³⁸。驚くべきことに、このような視覚野の活動は盲人の被験者(先天盲を一部含む)でしか観察されないので、視覚的イメージによる賦活とは考えにくい。視覚野が体性感覚の情報を受け取ることが、大脳皮質の機能的再編成(functional reorganization)によるものならば、Alexの場合は、右脳が言語機能を受け持つような再編成が生じていたのであろうか。今後さらに解

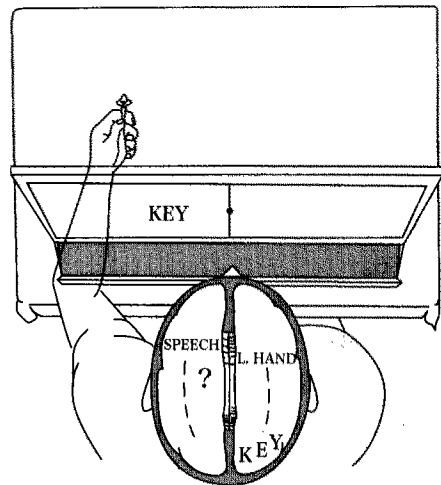


図3 分離脳における言語の左脳優位性

分離脳の患者は、左手や左視野に刺激を提示しても、言語によって答えることができない。(文献46より改変)

剖学的な裏付けが得られることを期待したい。こうした研究は、一度失った機能を回復するための「リハビリテーション」ではなく、もともと存在しない機能を生み出すための「リオーガニゼーション」という新しい分野を切り開くに違いない。

2. 左脳優位性の発達過程

右利きの成人であれば、言語機能が優位半球である左脳に局在していることは、よく知られた事実であり、機能的側性(functional laterality)・大脳半球優位性(cerebral dominance)の一例である³⁹⁻⁴²。右利きの人では、失語症(音声言語の障害)が起こるのは、左脳に損傷がある場合がほとんどだが、右脳の損傷が原因で失語症になる場合がごくまれにあって、交差性失語症(crossed aphasia)と呼ばれている⁴³。左利きの人(約7%)では、右脳にも言語機能が存在するとされているが、言語機能に関して右脳が優位なのはさらに少数(約4%)である。

言語の左脳優位性を明確に示す証拠として、SperryとGazzanigaらによる分離脳(split brain)の研究は重要である⁴⁴⁻⁴⁶。分離脳は、てんかんの発作が脳全体に及ぶのを防ぐために、左脳と右脳を結ぶ脳梁線維と前交連線維・海馬交連線維を切断する手術を受けた結果であるが、幼児でこのような手術が行われた症例はない⁴⁷。ただし、

先天的に脳梁が形成されない症例は報告されている。そのような分離脳患者の左手に何かを触らせたり、左視野に何かを見せたりしても、その名前を口頭で答えたり、書いたりすることができない(図3)。つまり、右脳が左脳から孤立している限り、右脳に入った情報は言語に表すことができないのである。

それでは、脳の構造に左脳優位性はあるのだろうか。脳の剖検によれば、左脳のヴェルニッケ野は右脳の対応する領域よりも外側面の長さが長い(65%で左脳が大きく、11%で右脳、残りは左右差なし)⁴⁸⁾。この知見は右利きの被験者を対象としたMRIによる測定でも確かめられている⁴⁹⁻⁵¹⁾。従って、脳の構造的な違いが大脳半球優位性の基礎になっていると考えられてきた⁵²⁾。また、一卵性双生児(右利きの成人)において、MRIの三次元像再構成法を用いた研究によれば、脳回の面積の個体変異は左脳でのみ有意に大きく、双生児の間には有意な変異が見られない⁵³⁾。つまり、左脳は右脳よりも遺伝的な変異を受けやすいことがわかる。

ブローカ野においては、ヴェルニッケ野とは異なり、はっきりとした構造上の左右差を見つけることが難しかった。ブローカ野の組織学的な特徴として、第3層に大型の錐体細胞群があるが、ブロードマンの45野でこうした細胞の存在する面積は、左脳の方が広いということが明らかにされている⁵⁴⁾。FoundasらはMRIで言語野の大きさを測定する方法を開発して、右利きの健常者では(8人中6人)、左脳のブローカ野とヴェルニッケ野の両方が非対称性を示すことを明らかにした⁵⁵⁾。さらに和田法⁵⁶⁾(アモバルビタールの頸動脈注射により、一方の半球のみを一時的に麻酔して、言語優位側を調べる方法)による優位半球の決定を加えた研究では、11人中10人が左脳優位であり、このうち9人で左脳のブローカ野の表面積が大きかった⁵⁷⁾。なお、右脳優位の1人では、右脳の対応する領域の方が大きかったという。まだデータが少ないのが問題なので、健常者についてのMRIによる測定結果をさらに蓄積する必要がある。

胎児(29-31週目以降)や新生児の脳でも、解剖学的に左脳のヴェルニッケ野が発達しているとい

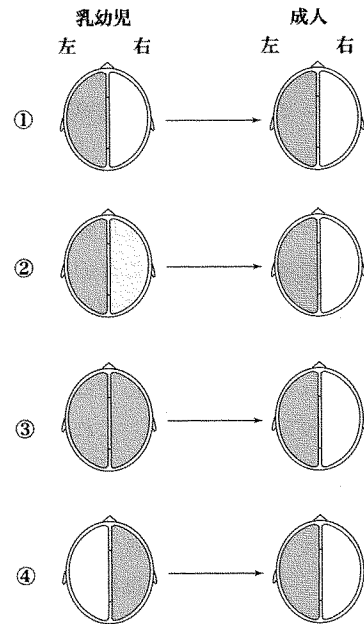


図4 左脳優位性の発達過程の可能性

乳幼児から成人に成長するときに、左脳優位性が発達する過程には、四つの可能性がある。陰をつけた方が機能的に優位な大脳半球であり、薄い影は機能を代償する能力を表す。

う報告がある⁵⁸⁻⁶⁰⁾。それでは、生まれたばかりの乳児、あるいは言語を獲得しつつある幼児では、左脳と右脳に機能的な差があるのだろうか。整理してみると、次の四つの可能性がある(図4)。

(1) 乳幼児の時から左脳優位のままで、成人まで変化しない。

(2) 乳幼児の時から左脳優位であるが、右脳で言語機能などを代償する能力があり、大人になるにつれ、この能力が徐々に消失する。

(3) 乳幼児の時は左脳と右脳は等価であるが、成長の過程で徐々に左脳優位となる。

(4) 乳幼児の時は右脳優位であるが、成長の過程で左脳優位にシフト(dominance shift)する。

まず、子供の失語症は成人と比較して回復が早いという事実については、(1)の可能性では説明が難しい。また、小児てんかんなどで左脳に異常があった場合は、大人になってから左脳の障害で失語症になったとしても、程度が軽いことが知られており、代償作用として右脳にも言語機能が存在することを予想させる⁶¹⁾。左利きの人や左利きの家系の人は、そうでない人と比べて失語症の回復

が早いという事実も、同様にして (2) の可能性で説明される。では、上で紹介した Alex の場合はどうなるだろうか。この場合は、生後直後に発病が確認されており、初めから左脳が正常に機能していなかったのだから、(2) だけでなく、(3) や (4) の可能性を検討する必要が出てくる。

健常な乳幼児で大脳半球の優位性を検討する際には、PET や和田法のような侵襲性の高い手法は使えない。また、乳幼児で頭を固定させることは難しいので、MEG (magnetoencephalography, 脳磁図) や fMRI (functional magnetic resonance imaging, 機能的磁気共鳴映像法) を用いることも難しい。8 歳以上の子供では、fMRI の結果が報告されているが、まだ予備実験の段階である⁶²⁾。

乳幼児でも可能な手法の一つに、左右の耳に異なる言語刺激を聞かせる「両耳分離試験 (dichotic listening test)」がある。聴覚系には交叉性と非交叉性の伝導路があるが、両耳に刺激がある場合には、非交叉性の伝導路が抑制されることが知られている。右利きの成人であれば、右耳優位、すなわち左脳優位を示す。失語症の患者では左耳優位となることがあるが、これは必ずしも右脳優位になったためではなく、左脳の病変によって聴覚路が障害された結果、右耳からの刺激が無視されたためだと考えられる。両耳分離試験を生後 4 日の乳児にテストした結果によれば、音節に対しては右耳優位で、音楽に対しては左耳優位であったという⁶³⁾。乳児は言語報告ができないので、おしゃぶりの吸いつき反応 (sucking response) の頻度が刺激によって変化することなどを、反応の手がかりとしており、行動観察の指標だけでは対立した結果が得られることも少なくない⁶⁴⁾。

両半球の機能分化には、母語を聞いて理解する能力の獲得と、母語を発話する能力の獲得とが関係すると考えられる。Mehler らの実験によると、フランス語を母語とする両親から生まれた乳児は、フランス語とロシア語を聞き分ける能力を生後 4 日ですでに持っているとして解釈できる⁶⁵⁾。子供はふつう 10~15 ヶ月で意味のある単語を話すようになる (初語の発現) が、文を構成して話すことはできなくとも、文を聞いて文法に従って理解する段階は、この頃すでに始まっていると考えられ

ている⁶⁶⁾。生後 1 歳頃までには、言語の獲得を含めてさまざまな行動パターンが発達してくるので、非常に興味深い時期である⁶⁷⁾。

生後 1 歳半前後の幼児で ERP (event-related potential, 事象関連電位) を記録して、言語における大脳半球の優位性を調べた研究がある。子供が知っていると考えられる単語とそうでない単語とを聞かせて、脳波の違いを調べた実験によると、この違いは女児では左脳で、男児では左脳と右脳の両方で観察されるという⁶⁸⁾。ただし、被験者の発話能力や理解能力に関して全く情報がなくて、脳波の差で何を見ているのかは判然としない。Mills らはこの点を明らかにしてから、同様のパラダイムの追試を行った⁶⁹⁾。その結果、脳波の違いは主に左脳の N 200 (負の極性、潜時 200 ms) と N 350 の成分に見られた (図 5)。また、言語能力の差 (2 群に分けて比較した) に基づく脳波の違いは検出できたが、性差による違いは再現できなかった。これらの結果は (2) の可能性で説明されるが、(3) の可能性を否定するものではない。

ごく最近になって、(4) の可能性を支持するような結果が現れた。Chiron らは、生後 18 日から 19 歳までの 39 人の右利きの被験者 (脳の画像診断が必要ではあるが、検査後 2 年にわたり神経系に異常のない者) に対し、SPECT (単一光子断層撮影法, single photon emission computed tomography) で大脳半球の優位性を調べた⁷⁰⁾。この実験では、¹³³Xe を用いて脳血流量を計測しているが、¹⁵O を用いる PET よりも半減期が長いので (¹⁵O は 2 分だが ¹³³Xe は 5 日)、内部被爆の程度が大きいという問題がある。また、5 歳以下の子供は催眠薬と麻酔薬の投与によって頭部が動かないようにしている。従って、この実験はあくまで「安静状態」における脳血流量の計測であることに注意する必要がある。この結果によると、1 歳までは左右に差がなく、1 歳から 3 歳までは右脳の血流量が高く、3 歳以降は左脳の血流量が高くなる。しかしながら、感覚刺激や言語刺激を与えたときの大脳半球の優位性は、安静状態のときと同じであるという保証は全くない。この論文のタイトル (「右脳半球はヒトの幼児期に優位である」) は、誤解を招きやすい結論である。

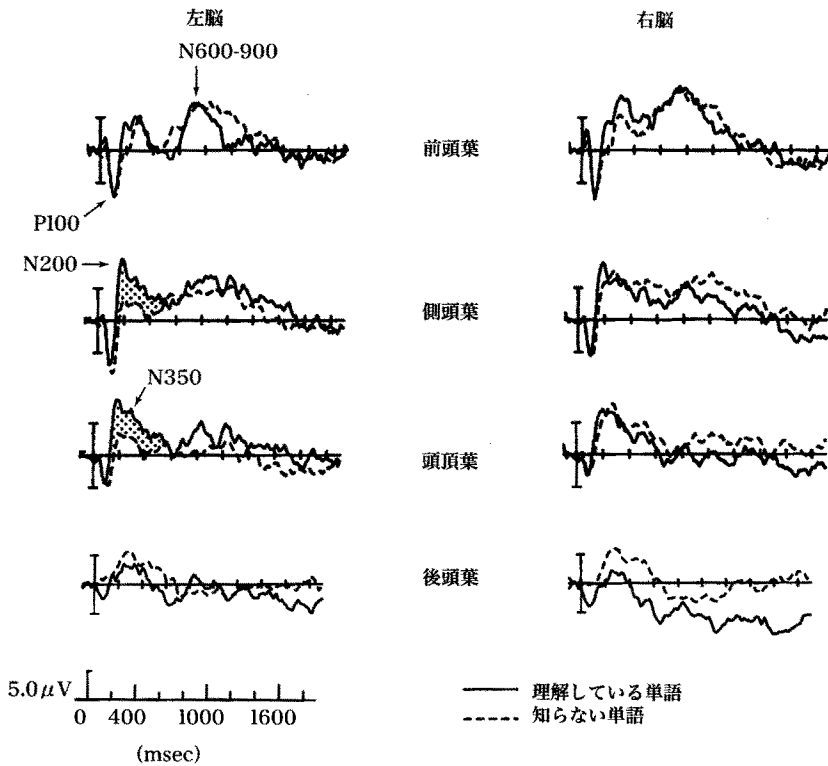


図 5 幼児の言語機能の脳波計測

1歳8ヵ月の幼児に、幼児の理解している単語と知らない単語とを聞かせて、脳波(事象関連電位)を計測した結果。両者の差は主に左脳の側頭葉と頭頂葉に現れる。(文献69より改変)

以上のように、両半球の機能分化の発達過程について、(1)から(4)の可能性のどれが正しいかは特定できていない。左脳全体と右脳全体の機能を比較して、「優位性」という尺度で評価すること自体に問題があるのかもしれない。言語機能、視覚機能、聴覚機能、運動機能のそれぞれが、異なった片側優位性と発達過程を示すことも十分考えられる。この予想は、新しい機能イメージングの手法によって、近い将来検証されることになるだろう。

3. 言語における脳の性差

言語における脳の性差を示唆する事実として、女性の方が左脳の障害で失語症が生ずる頻度が低く、失語症からの回復も早いことが知られている。この事実は左利きの人の場合とよく似ているので、女性では右脳にも言語機能が存在するのではないかと考えられてきた。しかし、右脳に障害を持つ女性で特に失語症が起りやすいということ

はないので、言語機能に関して右脳が優位であるとは考えにくい。また、失語症や失行症(apraxia, 随意運動の障害)については、女性では脳の前部の障害が原因である場合が多く、逆に男性では脳の後部の障害による場合が多い⁷¹⁾。一般に脳の障害は前部より後部に起こる頻度が高いので、女性で失語症が起きにくいのは、左右脳の機能差のためではなく、脳の前後の機能差が原因なのではないか、とKimuraは議論している。脳の構造上の性差については、脳の連続切片を用いて大脳皮質の体積を測定した研究がある⁷²⁾。その結果によると、ヴェルニッケ野とブローカ野(ブロードマンの47野も含んでいる)の体積の絶対値には、男女で差がなかった。しかし、男性の脳は女性の脳よりも2割程度有意に大きいので、脳全体に対する言語野の体積比は、女性の方が2割程度も大きいことになる。今後、さらにMRIの三次元像再構成法を用いた手法による追試と、発達過程における脳構造の比較が必要である。例えば、女児の方が男児より

も早く言語獲得が起こるといような違いは、脳の構造上の性差と関係があるのだろうか。

言語機能に関連して、男女の脳に差が見られるかどうかを調べる実験が fMRI を用いて行われている。Shaywitz らは 38 人の右利きの被験者を対象として、無意味な綴りの二つの単語を見せ、韻を踏むかどうかを判断させる課題をテストした^{73,74)}。その結果、男性では左側のブローカ野周辺、女性では両側のブローカ野周辺で、活動の上昇が観察された。この結果は、上記の議論からすれば特に意外性はないが、一般的な関心を引く問題なので、マスコミなどで取り上げられることになった。また、この実験は fMRI の技術の宣伝としてもよく使われてきたが、古典的な PET のパラダイムと何ら変わることがなく²⁷⁾、侵襲性が問題にならないければ、PET で十分できたはずの実験である。問題なのは、無意味な綴りによる押韻の判断がはたしてどの程度重要な「言語機能」であるか、という議論が御座りになっていることである。実際、二つの単語の意味が同じカテゴリーに属するかどうかを判断させる課題では、ブローカ野の活動は有意に低く、視覚前野の活動と何ら変わることがない。ところが、同じ時期に同じグループによって発表されたデータによれば、ブローカ野の周辺の活動は、押韻の課題よりも意味の課題の方が高くなっており⁷⁵⁾、これらの論文の間で明らかな内部矛盾を起こしている。この食い違いは、後者の実験で内言による単語の生成をテストしている、といった相違では説明することができない。従って、言語における脳の性差の問題については、fMRI によって決着が付いたのではなく、むしろパラダイムの反省材料が追加された、というのが正しい評価であろう。

III. バイリンガルにおける言語獲得

1. 現象

外国語が得意な人でも、母語と同じレベルまで話したり聞き取れるようになるのは、なかなか難しい。母語を獲得した結果として、脳にある神経回路網のパラメータが決められてしまい、逆に外国語の習得がしにくくなるようにも思える。日本人を両親として日本に生まれ、6歳からアメリカ

で育った私の知人の場合、ほとんど英語に苦勞しているようには見えない。しかし、その人は 'l' と 'r' を完璧に区別して発音できるのに、'l' と 'r' の中間的な音を耳で聞き分けるテストをしたら、正答はほぼ5割だったという。このような例から、音韻パラメータの習得にも臨界期があるのではないかと考えられている。

両親の一方が日本人で他方がアメリカ人の場合では、生まれてすぐにバイリンガルの環境となるので、2ヵ国語の母語を同時に獲得する必要がある。世間一般の見方では、このような環境は子供に負担が大きすぎ、結局どちらの言葉も中途半端になってしまって危険である、といわれてきた。しかしながら、世界中のバイリンガルの子供達は、流暢に複数の言語を話しており、学校へ行く年頃になるまでに、ほとんどが単一母語の子供達と同様の言語発達の段階に達する。そして、バイリンガルの言語獲得には、次のような三つの段階があることが指摘されている⁷⁶⁾。

(1) バイリンガルの子供は、両方の言語の単語を含んだ一つの語彙の体系を広げていく。ただし、一方の言語の単語を知っていても、同じ意味を持つ他方の言語の単語を知らない場合がほとんどである。その結果として、文が2, 3の単語を含むようになるとき、両方の言語からの単語が、同じ文の中で使われることになる。

(2) その後、両方の言語からの単語が同じ文に混在する量は、急速に減少する。それぞれの言語の語彙が増加するにつれて、両方の言語間の同義語が発達していく。しかし、同じ文法の規則が両方の言語に使われている。

(3) 二つの言語が同じものではないということに気づくようになり、語彙と文法の両方において、二つの言語を区別して話すようになる。ただし、それぞれの言語をその言語を話す一方の親に対してのみ使い、他方の親に対しては使わない。

このように、生まれつきのバイリンガルの場合で、語彙と文法が別々に発達していくことは興味深い。また、言語を獲得するときにおかれた環境がバイリンガルだとしても、単一母語の場合と同じように、一つの語彙体系と一つの文法体系を作り出そうとしていることがわかる。そのような中

間段階を経たうえで、二つの言語が分化するのである。生まれつきのバイリンガルといっても、必ずしも二つの言語の運用能力が等価なわけではなく、個人差も大きいのは、言語獲得の中間段階にその原因がありそうである。

母語の獲得が終わってから第二言語を覚える場合は、このような中間段階を経ることはないの、生まれつきのバイリンガルの言語獲得と本質的に異なっている。大人になってから英語を覚えるときに、英文法から始めるのではなく、幼児と同じように「英語のシャワーを浴びれば」英語が身につく、という説があるが、それでも生まれつきのバイリンガルにかなわないのは、獲得の過程が違うからであろう。また、普遍文法が第二言語の習得にどの程度の制限を与えるか、という問題には臨界期の問題が深く関係している⁷⁷⁾。JohnsonとNewportは、アメリカに3年以上住んでいる46人の韓国人と中国人を対象として、英語の文法の習熟度と、アメリカに移住したときの年齢との関係を調べた⁷⁸⁾。使われたテストは文を聞いて文法的に正しいかどうかを判断するものである。その結果、7歳までにアメリカに来た人は英語のネイティブスピーカーと差がなかったが、それ以降は年齢が上がるにつれて成績の低下と個人差の増大が見られた。この知見は第二言語の習得にも臨界期が存在することを示しており、たいへん興味深い。

2. 脳研究

多言語性失語症(polyglot aphasia)では、一般に複数の言語が同時に影響を受けることが多いが、言語によって異なった障害を引き起こすこともあり、その回復過程も一様ではない。従って、複数の言語野がすべての言語で同じように使われているとはいいい切れない。脳外科の手術中に局所的な電気刺激を大脳皮質に直接加えると、物の名前を呼び間違えたりする場合があるが、これをバイリンガルの患者で両方の言語について調べた例は非常に少ない。Penfieldらの膨大な症例でも、同じ患者で複数の言語を調べたのはたった1例しかないという。OjemannとWhitakerによって報告されたバイリンガルの症例によれば、言語野の

中心では両方の言語が同じように影響を受けたが、一方の言語しか影響を受けない領域もその周囲に存在していた⁷⁹⁾。後者の例では、同じ絵を見せて英語では答えられなかったが、オランダ語では正しく絵の名前を答えることができたという。

KleinらによるカナダのグループのPETの実験では、英語を母語として、5歳以降にフランス語を習得した人を被験者としている^{80,81)}。そのパラダイムは、1)同韻語の生成(英語のみ)、2)同意語の生成(英語または仏語)、3)単語の翻訳(英仏または仏英)であり、差分法に用いるそれぞれのコントロール条件は同じ単語の復唱とした。その結果、3条件にはほとんど違いはなく、左脳のブロードマンの47, 46, 45, 8野や被殻(putamen)などに活動が見られた。

PeraniらによるPETの実験では、イタリア語を母語として、7歳以降に英語を第二言語として習得した人を被験者としている⁸²⁾。そのパラダイムは、1)イタリア語の話聞く、2)英語の話聞く、3)日本語(被験者が全く知らない言語)の話聞くものであり、差分法に用いるそれぞれのコントロール条件は、日本語の録音テープを逆に再生したもの、または母音をランダムな間隔で再生したものとした。その結果、1)の母語の条件で左脳のブロードマンの45, 39, 38, 22, 21野などに活動が見られたが、2)と3)の条件では、両側のブロードマンの22, 21野などに活動が見られただけであった。しかし、このパラダイムではどこまで「言語機能」を調べているかは判然としない。母語を聞いたときには、より豊富な経験やイメージが想起されることは当然であろう。

KimらによるアメリカのグループのfMRIの実験では、「人種のるつぼ」の国らしく、英語のほかに10カ国語のいずれかを話す被験者を対象として、幼少の時からバイリンガルで育った群と、10歳頃から第二言語を習得した群とを比較している⁸³⁾。そのパラダイムは、その被験者が話せる言語の一つを指定して、前日の午前・午後・夜のそれぞれに起こった出来事を声に出さずに「記述する」ものであり、安静状態を基準にした。その結果、第二言語を後から習得した群では、二つの言語による活動領域がブローカ野(ブロードマン

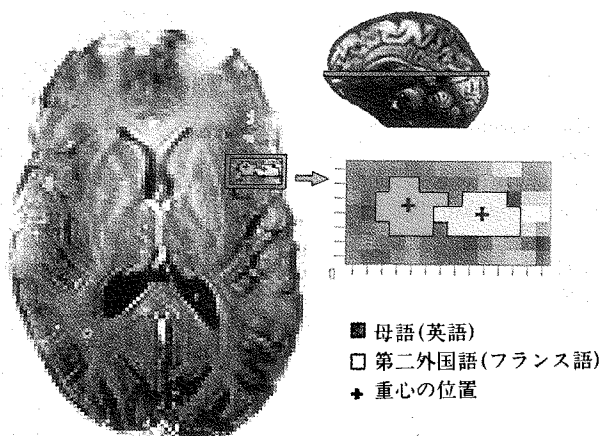


図 6 母語と第二外国語の脳機能イメージング (fMRI)

一人の被験者について、脳の MRI 水平断面像(上が脳の前, 右が左脳)と fMRI の機能画像を重ねたもの(左図)。右上の正中断面像にその水平断面の位置を示す。左図に枠で示した部分がブロードマンの 44 野(ブローカ野)であり, 右下に機能画像を拡大した。母語と第二外国語に反応する領域が分離していることがわかる。(文献 83 より改変)

の 44 野)の中で分離していた(図 6)。ただし、両者の位置関係は一定しておらず、母語に対応する場所は被験者によって違いが見られた。一方、生まれつきバイリンガルで育った群では、二つの言語による活動領域がブローカ野の中で重なっていたという。これは、脳が一つの語彙体系と一つの文法体系を作り出そうとした、中間段階の名残なのだろうか。なお、ヴェルニック野(ブロードマンの 22 野)では、どちらの群でも、二つの言語による活動領域に違いが見られなかった。

このような fMRI による結果を再現するのは、PET の低い空間分解能では難しい。Kim らの結果は明快だが、果たして「内言」を用いたこのパラダイムで、これほどの差が出るものであろうか。これら三つのグループの実験を比較してみると、パラダイムの統制条件が甘くなるほど、母語と第二言語における活動の差が明確になるような結果が現れており、全く奇妙な傾向である。もっとよいパラダイムを使って、さらに追試を行う必要がある。フランスのグループの fMRI の実験によれば、第二言語(英語)の話を聞かせた時の活動領域は、母語(フランス語)の時と比べて、個人差が大きいという⁸⁴⁾。

おわりに

これまで見てきたように、言語獲得の研究は、

近年の認知脳科学の発展に伴って、急速に発展してきた。Nature や Science といった一般科学雑誌でも、1996 年あたりから積極的に言語獲得に関する論文を採択するようになり⁸⁵⁻⁹⁴⁾、この分野の成長を助けている。一方わが国では、言語獲得研究に対する関心は決して低いものではないが、脳科学からの新しいアプローチを導入することが遅れているようである。日本語を中心とした研究は、英語圏から等閑視されることもあるかもしれないが、発想を変えれば、日本語を母語とするがゆえに、ユニークな視点から研究を行える可能性もある⁹⁵⁾。本稿が言語獲得の脳研究を促す一助になれば幸いである。

謝辞 本稿をまとめるにあたって、貴重な議論をいただいた Wayne O'Neil 教授ならびに Jacques Mehler 教授と、ヒントとなる資料をいただいた須田寛人氏に感謝の意を表したい。また、本研究は、科学技術振興事業団(JST)による戦略的基礎研究推進事業(CREST)から助成を受けた。

文 献

- 1) Chomsky N: Syntactic Structures, Mouton Publishers, The Hague, 1957(邦訳: 文法の構造, 研究社, 東京, 1963)
- 2) Chomsky N: Aspects of the Theory of Syntax, The MIT Press, Cambridge, MA, 1965(邦訳: 文法理論の諸相, 研究社, 東京, 1970)
- 3) Chomsky N: Knowledge of Language-Its Nature, Origin, and Use, Praeger Publishers,

- Westport, 1986
- 4) Chomsky N : *Language* **35** : 26-58, 1959
 - 5) Piatelli-Palmarini M : *Cognition* **31** : 1-44, 1989
 - 6) Saffran JR, Aslin RN, Newport EL : *Science* **274** : 1926-1928, 1996
 - 7) Bates E, Elman J : *Science* **274** : 1849-1850, 1996
 - 8) Pesetsky D, Wexler K, Fromkin V : *Science* **276** : 1177, 1997
 - 9) Pinker S : *Science* **276** : 1178, 1997
 - 10) Jenkins L, Maxam A : *Science* **276** : 1178-1179, 1997
 - 11) Clark R, Gleitman L, Kroch A : *Science* **276** : 1179, 1997
 - 12) Pinker S : *The Language Instinct*, Harper Perennial, New York, 1994 (邦訳: 言語を生み出す本能(上)(下), 日本放送出版協会, 東京, 1995)
 - 13) Piatelli-Palmarini M (ed) : *Language and Learning: The Debate between Jean Piaget and Noam Chomsky*, Harvard University Press, Cambridge, MA, 1980 (邦訳: ことばの理論・学習の理論—ジャン・ピアジェとノーム・チョムスキーの論争(上)(下), 思索社, 東京, 1986)
 - 14) Leakey R : *The Origin of Humankind*, Basic-Books, New York, 1994 (邦訳: ヒトはいつから人間になったか, 草思社, 東京, 1996)
 - 15) Chomsky N, Halle M : *The Sound Pattern of English*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1968
 - 16) 甘利俊一 : *神経回路網モデルとコネクショニズム*, 東京大学出版会, 東京, 1989
 - 17) Rumelhart DE, McClelland JL : *On Learning the Past Tenses of English Verbs*. McClelland JL, Rumelhart DE, The PDP Research Group (eds), *Parallel Distributed Processing—Explorations in the Microstructure of Cognition, Vol 2 : Psychological and Biological Models*, pp 216-271, The MIT Press, Cambridge, MA, 1986
 - 18) Pinker S, Prince A : *Cognition* **28** : 73-193, 1988
 - 19) Pinker S : *Science* **253** : 530-535, 1991
 - 20) Pinker S : *Nature* **387** : 547-548, 1997
 - 21) Jaeger JJ, Lockwood AH, Kemmerer DL et al : *Language* **72** : 451-497, 1996
 - 22) Marslen-Wilson WD, Tyler LK : *Nature* **387** : 592-594, 1997
 - 23) Seidenberg MS : *Science* **275** : 1599-1603, 1997
 - 24) Prince A, Smolensky P : *Science* **275** : 1604-1610, 1997
 - 25) Charniak E : *Statistical Language Learning*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1993
 - 26) 今井邦彦 : 言語とは何か, 松本裕治, 今井邦彦, 田窪行則・他, 岩波講座・言語の科学 (1) 言語の科学入門, pp 24-25, 岩波書店, 東京, 1997
 - 27) 酒井邦嘉 : 生体の科学 **49** : 10-22, 1998
 - 28) Schaller S : *A Man without Words*, Summit Books, New York, 1991 (邦訳: 言葉のない世界に生きた男, 晶文社, 東京, 1993)
 - 29) Sacs O : *Seeing Voices—A Journey into the World of the Deaf*, Harper Perennial, New York, 1989
 - 30) Vargha-Khadem F, Carr LJ, Isaacs E et al : *Brain* **120** : 159-182, 1997
 - 31) Wiesel TN, Hubel DH : *J Neurophysiol* **26** : 1003-1017, 1963
 - 32) Wiesel TN, Hubel DH : *J Neurophysiol* **28** : 1029-1040, 1965
 - 33) Wiesel TN, Hubel DH : *J Neurophysiol* **28** : 1060-1072, 1965
 - 34) Hirsch HVB, Spinelli DN : *Science* **168** : 869-871, 1970
 - 35) Blakemore C, Cooper GF : *Nature* **228** : 477-478, 1970
 - 36) Stryker MP, Sherk H, Leventhal AG, Hirsch HVB : *J Neurophysiol* **41** : 896-909, 1978
 - 37) Rauschecker JP, Singer W : *J Physiol* **310** : 215-239, 1981
 - 38) Sadato N, Pascual-Leone, A, Grafman J et al : *Nature* **380** : 526-528, 1996
 - 39) Joynt RJ : *Arch Neurol* **42** : 427, 1985
 - 40) Geschwind N, Galaburda AM : *Arch Neurol* **42** : 428-459, 1985
 - 41) Geschwind N, Galaburda AM : *Arch Neurol* **42** : 521-552, 1985
 - 42) Geschwind N, Galaburda AM : *Arch Neurol* **42** : 634-654, 1985
 - 43) Bakar M, Kirshner HS, Wertz RT : *Arch Neurol* **53** : 1026-1032, 1996
 - 44) Gazzaniga MS, Bogen JE, Sperry RW : *Proc Natl Acad Sci USA* **48** : 1765-1769, 1962
 - 45) Gazzaniga MS, Sperry RW : *Brain* **90** : 131-148, 1967
 - 46) Sperry RW : *Lateral specialization in the surgically separated hemispheres*. Schmitt FO, Worden FG (eds), *The Neurosciences : Third Study Program*, pp 5-19, The MIT Press, Cambridge, MA, 1974
 - 47) Springer SP, Deutsch G : *Left Brain, Right Brain*, W. H. Freeman and Company, New York, 1993 (邦訳: 左の脳と右の脳, 医学書院, 東京, 1997)
 - 48) Geschwind N, Levitsky W : *Science* **161** : 186-187, 1968
 - 49) Steinmetz H, Volkman J, Incke L, Freund H-J : *Ann Neurol* **29** : 315-319, 1991
 - 50) Foundas AL, Leonard CM, Gilmore R et al : *Neuropsychologia* **32** : 1225-1231, 1994
 - 51) Karbe H, Würker M, Herholz K et al : *Arch Neurol* **52** : 869-874, 1995
 - 52) Galaburda AM, LeMay M, Kemper TL, Geschwind N : *Science* **199** : 852-856, 1978
 - 53) Tramo MJ, Loftus WC, Thomas CE et al : *J Cognit Neurosci* **7** : 292-301, 1995
 - 54) Hayes TL, Lewis DA : *Brain Lang* **49** : 289-308, 1995
 - 55) Foundas AL, Leonard CM, Heilman KM : *Arch Neurol* **52** : 501-508, 1995
 - 56) Wada J, Rasmussen T : *J Neurosurg* **17** : 266-

- 282, 1960
- 57) Foundas AL, Leonard CM, Gilmore RL et al : *Proc Natl Acad Sci USA* **93** : 719-722, 1996
- 58) Witelson SF, Pallie W : *Brain* **96** : 641-646, 1973
- 59) Wada JA, Clarke R, Hamm A : *Arch Neurol* **32** : 239-246, 1975
- 60) Chi JG, Dooling EC, Gilles FH : *Arch Neurol* **34** : 346-348, 1977
- 61) Geschwind N : *Sci Am* **226**(4) : 76-83, 1972
- 62) Hertz-Pannier L, Gaillard WD, Mott S et al : *Neurology* **48** : 1003-1012, 1997
- 63) Mehler J, Christophe A : Maturation and Learning of Language in the First Year of Life. Gazzaniga MS(ed), *The Cognitive Neurosciences*, pp 943-954, The MIT Press, Cambridge, MA, 1995
- 64) Vargha-Khadem F, Corballis M : *Brain Lang* **8** : 1-9, 1979
- 65) Mehler J, Jusczyk P, Lambertz G et al : *Cognition* **29** : 143-178, 1988
- 66) Hirsh-Pasek K, Golinkoff RM : *The Origins of Grammar : Evidence from Early Language Comprehension*, The MIT Press, Cambridge, MA, 1996
- 67) 正高信男 : 0 歳児がことばを獲得するとき—行動学からのアプローチ, 中公新書, 東京, 1993
- 68) Molfese DL : *Brain Lang* **38** : 345-363, 1990
- 69) Mills DL, Coffey-corina SA, Neville HJ : *J Cognit Neurosci* **5** : 317-334, 1993
- 70) Chiron C, Jambaque I, Nabbout R et al : *Brain* **120** : 1057-1065, 1997
- 71) Kimura D : *Sci Am* **267**(3) : 118-125, 1992
- 72) Harasty J, Double KL, Halliday GM et al : *Arch Neurol* **54** : 171-176, 1997
- 73) Shaywitz BA, Shaywitz SE, Pugh KR et al : *Nature* **373** : 607-609, 1995
- 74) Pugh KR, Shaywitz BA, Shaywitz SE et al : *Brain* **119** : 1221-1238, 1996
- 75) Shaywitz BA, Pugh KR, Constable RT et al : *Hum Brain Mapping* **2** : 149-158, 1995
- 76) Volterra V, Taeschner T : *J Child Lang* **5** : 311-326, 1978
- 77) Epstein SD, Flynn S, Martohardjono G et al : *Behav Brain Sci* **19** : 677-758, 1996
- 78) Johnson JS, Newport EL : *Cognit Psychol* **21** : 60-99, 1989
- 79) Ojemann GA, Whitaker HA : *Arch Neurol* **35** : 409-412, 1978
- 80) Klein D, Zatorre RJ, Milner B et al : *Neuro-Report* **5** : 2295-2297, 1994
- 81) Klein D, Milner B, Zatorre RJ et al : *Proc Natl Acad Sci USA* **92** : 2899-2903, 1995
- 82) Perani D, Dehaene S, Grassi F et al : *Neuro-Report* **7** : 2439-2444, 1996
- 83) Kim KHS, Relkin NR, Lee KM, Hirsch J : *Nature* **388** : 171-174, 1997
- 84) Dehaene S, Dupoux E, Mehler J et al : *Neuro-Report* **8** : 3809-3815, 1997
- 85) Merzenich MM, Jenkins WM, Johnston P et al : *Science* **271** : 77-81, 1996
- 86) Tallal P, Miller SL, Bedi G et al : *Science* **271** : 81-84, 1996
- 87) Barinaga M : *Science* **271** : 27-28, 1996
- 88) Markson L, Bloom P : *Nature* **385** : 813-815, 1997
- 89) Bishop : *Nature* **387** : 129-130, 1997
- 90) Wright BA, Lombardino LJ, King WM et al : *Nature* **387** : 176-178, 1997
- 91) Stager CL, Werker JF : *Nature* **388** : 381-382, 1997
- 92) Kuhl PK, Andruski JE, Chistovich IA et al : *Science* **277** : 684-686, 1997
- 93) Barinaga M : *Science* **277** : 641, 1997
- 94) Jusczyk PW, Hohne EA : *Science* **277** : 1984-1986, 1997
- 95) Cremaschi F, Dujovny E : *Neurol Res* **18** : 212-216, 1996