

インプットからインテイクへの言語情報処理過程

言語の脳科学的視点より英語教育への応用

大石晴美

1. はじめに

我々が情報を入手する際の手段としては、聞いたり読んだりする方法がある。Canale (1984)で、リスニングとリーディングとでは、情報収集する際の入り口器官は異なるが、情報をインプットする手段としては、深層構造は共通部分が大いとしている。また、O'Malley & Chamot (1990)で、これらのモダリティの課題を遂行する過程において、学習者は、共通するストラテジーを使用していると主張するように、この二つの処理方法には関連性があるのだろうか。これまで、リスニングとリーディングにおける情報処理過程の共通点と相違点については第一言語の分野で多くの研究者の議論の対象にされてきているが (e.g. Randall, 1991; Carver, 1982; Hausfeld, 1981; Stchit, et al, 1974)、現在、まだ明らかにされておらず、第二言語、外国語教育の分野でも明確にされていない。

先行研究においては、学習者の情報処理過程を探るために、認知的側面から、スキーマの利用やメタ認知ストラテジーを中心に、学習者の内面でどのような作業が行われているかを、アンケートやプロトコール分析などの方法で観察することに留まっていた (Chamot & O' Malley, 1996)。しかし、こうした認知的側面からの観察は、どうしても学習者や測定者の主観的な要素に頼りがちになってしまうため、客観的、科学的に実証する必要があるのではないか。Sato & Jacobs (1992)でも、第二言語習得過程において、学習者が言語パターンをインプットし、内面化 (internalize) し、さらにどのようにインテイクされるのかを知るためには、神経生物学の立場からより明確なメカニズムを生み出すことができるだろうとしている。

脳科学の立場からは、脳機能の局在化において、言語を理解する箇所は70年代にすでにウェルニッケ野 (ブロードマンの22野) であることも推定されてきた。80年代90年代になって、PET や fMRI が利用できるようになり、無侵略的

大石晴美

に人の高次認知機能が脳のレベルで観察されるようになった。さらに、95年には光トポグラフィが日立製作所によって開発され、日常生活の環境下で簡易的に脳内の血流状態が測定できるようになり、人の認知機能や言語の諸機能のメカニズムを解明する可能性が広がってきた。

本研究においては、英語学習者の言語情報処理のメカニズムを、学習者のストラテジー分析に加え、光トポグラフィ装置を用い、学習者の言語活動を無侵略的に高次レベルで観測する。結果として得られた脳機能画像から、リスニングとリーディングの情報処理方法を分析し、認知的側面の裏付けとする。そうすることにより、実際に英語学習者がどのように情報処理を行っているかが客観的に分析することができ、学習者に対する適切な教授法も見つけだすことができるのではないかと。本研究の最後には、英語学習者が内面で円滑に情報処理していくための、教授法と学習法を提案したい。

2. リスニングとリーディングの処理過程

リスニングとリーディングの情報処理過程について、音声処理と文字処理とは共通しているのかどうかについて、長い間論議の対象になっている。両者とも情報入手という意味では共通していることは明らかであるが、言語情報がインプットされて、内面化(internalize)されるまでの過程では、言い換えるなら、comprehensible input (Krashen 1981, 1982, 1985)から intake (Corder, 1967)されるまで、言語情報はどのような経路をたどるのかについては、メタファー (Sato & Jacobs, 1992) レベルの解説で留まっている。これまで論じられている仮説、共通仮説、相違仮説、併用仮説を Danks (1980)を参照して、これらの技能間の情報処理過程を考察してみる。

まず、共通仮説とは、リーディングとリスニングの情報処理過程は同一であるという立場である。音声と文字の認識の違いは存在するが、その作業は、意味処理に入る前の段階にすぎない。意味処理の段階では、両方とも語や音声を認識して理解していくという共通した過程をたどる。Grabe (1991)では、文字や音声の情報

処理は、入力される情報と認知スキルとの相互作用によって処理されるとしている。つまり、音声や文字認識のボトムアップ処理と背景知識を利用したトップダウン処理との相互作用によって理解が促進するといった点においては共通している。すでに Goodman (1966)でも、音声入力と文字入力とは、処理過程は共通していて、知覚的に入力方法が異なるだけであると主張し、共通仮説を肯定している。Wanat (1971)でも、読み物と読み手を、話し手と聞き手にたとえて説明している。読み手の作業とは、文字を音声に変換し、文字情報を音声情報として取り入れて理解し、読み手は文章を音声化しながら読み、その音声を入手した時点から音声としての情報処理経路をたどるとしている。まとめてみると、この仮説を指示する立場からは、読み手も聞き手も、いったん何らかの方法で、入力情報を抽象的なコードに変換するが、入力媒体が音声と文字との違いはあるが、言語であることには変わりがなく、入手手段としての情報処理過程は同一であるということが出来る。

一方、相違仮説の立場からは、共通仮説の矛盾点を指摘している。もし、共通仮説にあるように、リスニングとリーディングの情報処理過程において、音声情報と文字情報が同一の経路をたどるのであれば、学習者がどちらから情報を入手しても理解度は一致しているということになるが、果たしてそうなのかという疑問を投げかけている。Bormuth (1972)では、確かにリスニングとリーディング能力では共通する要素はあるが、リスニング力をリーディングの時に発揮することはできず、同一の能力として評価することはできないとしている。Weaver & Kingston (1971)は、子供の第一言語習得の視点から、話ことばの意味を直接書き言葉に変換することは不可能である。意味とは、単語の理解レベル以上のものであり、文章と文章のつながり、そしてその中に含まれる文脈や読み手や聞き手の背景知識との作用から生み出され理解されるものである。このような意味の変換が行われることが、理解につながるということである。確かに、子供の言語習得は話し言葉から始まるので、話し言葉を理解する能力が書き言葉を理解する能力に関係してくることは明らかであるが、読むことだけに焦点をあてて訓練した者にとって書き言葉を理解するためにはリスニング能力は必要条件ではないとしている。結果として、リスニングとリーディングとはそれぞれの別々の情報処理過程をたどっていることになるという立場である。

これら二つの仮説に対して、Danks (1980)では、リスニングとリーディングの情報処理過程は、それぞれが完全に独立したプロセスであることでも、同一のプロセスをたどることでも明確には説明できないので、これらの中間的立場から説明した方がより説得力があるのではないかと主張している。なぜなら、現実の状況に目を向けてみると、何を聞き何を読むかに注目してみると大変多種多様であり、状況によってリスニング力とリーディング力の関係は変化するので、一概に、プロセスの相違を説明することはできない。たとえば、リスニングにおいては、喫茶店で友人同志会話をする場合もあるし、テレビやラジオのニュースを聞いたり、大学の講義を聞く場合もある。リーディングにおいては、楽しみのために小説、新聞記事、大学のテキストを読む場合などがある。こうした多様化された教材のみで、言語情報を処理するリスニング能力やリーディング能力を同一の能力として判断していいのだろうか。日常会話のリスニング力と大学のテキストを読む力と比較対照になるのだろうか。結果として言えることは、リスニング力とリーディング力は、それぞれの技能やそれぞれの作業が多様性に富んでいるので、情報処理過程を単純に同一なのか異なっているのかについては、絶対的な回答はないとしている。比較するためには、それぞれの状況に応じて判断していく方法しかない。リスニングとリーディングと教材が等しい内容のものであれば、かなり同一の部分があり、異なった内容の教材であれば、異なった情報処理過程をたどるのではないかと主張している。

3 . ブロードマンの脳機能での言語処理部位

ドイツの神経解剖学者ブロードマン (1909) は、ブロードマンの脳地図において、大脳皮質の表面を50カ所の領域に区分し、それぞれ番号をつけた。その地図では、言語野は、左半球に局在し、話しことばを産出するブロッカ野(44野45野)、音声言語を理解するウェルニッケ野(22野の後半)として推定されている。乾(1997)では、音韻のワーキングメモリは40野(縁上回)で、音声の認識が22野(ウェルニッケ野)連想記憶装置が39野(角回)で処理されているとしている。Frith and Frackowiak (1993)では、22野と42野は記憶とは独立した音韻処

理に関係していて、外部の聴覚の音韻刺激がないときでさえ、つまり、学習者の内言による活動によって行われることを示している。また、McGuigan (1970)でも、黙読中の音韻符号化 (phonological coding) について、被験者が黙読中に音声器官のEMG(筋電図)を採ったところ、ほとんどすべての研究で、安静時に比べて筋肉運動が増加したという結果を報告している。つまり、視覚から入ってきた文字情報でも学習者が読みながら脳内で音読をした場合、22野、42野が働くということになることが推測できる。

では、ことばは脳の中でどのように処理されているのであろうか。19世紀後半以降、神経科を含め多くの研究者や臨床家達が、大脳損傷患者のデータをもとに、言語と脳機能の研究が進めてきた。しかし、まだまだ言語と脳内機構は明確にされておらず、推測や仮説に留まっている。これまでの研究から得られる一般的なリスニングとリーディングにおける言語理解についての仮説は、大まかに説明すると次のようである。

リスニングの場合、話しことばの音は耳から入り、左半球の聴覚野(41野、42野)で処理された後、右利きのほとんどの人では左半球のウェルニッケ野(22野)に送られる。その後、縁上回(40野)や45野経由で40野に送られたりしてことばとして理解される。

リーディングの場合、左右視野から入った書きことばは後頭葉の視覚野(17野)から視覚連合野(18野、19野)に伝えられ、文字の視覚パターンを認識する。それが角回(39野)に伝えられると文字が音に変換されて意味をもちウェルニッケ野(22野)で理解される。側頭葉下部に伝えられると文字の意味は想起されるが音との結びつきはなされない。その後は、縁上回(40野)や45野経由で40野にたどりつきことばとして理解される(岩田, 1996; Paulesu, Frith, & Frackowiak, 1993; Howard et al, 1992)。

このように、脳内での情報の流れに注目してみると、言語情報は、聴覚、視覚それぞれの手段を通して脳内に入りウェルニッケ野にたどりついた後は同様の経路をだとして理解されることが考えられる。しかし、Price et. al (1992) が示すように、単語を記憶、理解しようとしなくてもウェルニッケ野が活動する場合も

大石晴美

ある。岩田（1996）では、これはウェルニッケ野が、言語理解だけではなく、語音認知の中枢であるからだとしている。Howard, D. et.al, (1992) では、脳内辞書が働く場合、英語と日本語の場合で活性化される位置が異なるとしているが、報告者によって一致は見られない。

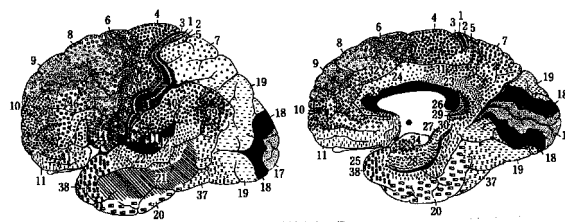


図1．ブロードマンの脳地図

4．光トポグラフィとは PET, fMRIと比較して

光トポグラフィとは、無侵略的に脳機能を調べる新しい方法である。被験者の脳の活動状態を、外部からの近赤外線レーザー光をあてるだけで、血液中の酸化ヘモグロビン (Hb-O₂) と還元ヘモグロビン (Hb) の濃度を測定し画像化できる。ヘモグロビンの濃度が変化すれば、近赤外光の吸収量も返還し、大脳皮質からの反射光と散乱光を局所的に検出できるので神経活動の時間的変化を間接的に観察できる。つまり、脳が活性化されている場合は、脳の局所に流れ込む動脈血が増加するので、酸化ヘモグロビンが増加すると考えられる。

これまでは、PETやfMRI等の方法で脳機能が、測定されてきた。PET や fMRI では被験者は巨大な測定装置の中に入り身体をしっかりと固定され、ほとんど身動きできない状態で課題を遂行しなければならなかった。しかも、放射線や磁気による遮蔽が必要なため、特殊な部屋でしか測定できなかった。こうした、身体的拘束は、被験者に対して、医療的には無侵略という状態に反して、身体的にも精神的にもストレスを強いることになってしまう。fMRI では、測定中の騒音も伴うので、言語活動のような注意と集中力を要求される課題には適していない。一方、光

トポグラフィは、プローブを頭皮に付着するだけで、日常の環境下において測定できるため、被験者に対する負担も少なく、使用中の騒音もないので、リスニングやリーディングにおいても集中して課題にとりくむことができる。データ分析についても、PET や fMRI では、還元ヘモグロビンの濃度変化のみ反映していると考えられているが、光トポグラフィでは、酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの濃度変化をそれぞれに測定し、合計も測定することができるという利点がある(小泉, 2001; 酒井, 2000)。

しかし、どの測定装置についても共通した問題点はある。酸化ヘモグロビンの量が脳の活性化に結びつくが、これが興奮性の神経活動なのか、抑制性の神経活動なのかを明らかにする方法がない。それに、本来なら最も研究者達が明らかにしたい、被験者の理解度を脳レベルで測定することができない。「言語理解」レベルでは測定できず、あくまで、言語運用レベルで、「意識」が集中し、酸化ヘモグロビンの量が増え、脳が働いたと考えることに留まってしまう。つまり、母語のように言語とその内容が容易に理解できてしまう時には、脳内の血流量は少なくなり、一方、難易度の高い英文を読んで、理解できない場合でも、意識を集中させて意欲的に取り組んでいけば血流量が多くなることになる。したがって、理解できていなくても、意識や注意の集中が行われることによって、脳の部位が活性化されて、一見して正しく働いているかのように観察されてしまう恐れがある。しかし一方では、Sato & Jacob (1992) での神経言語学の視点からは、学習者が、言語情報を処理してインプットからインテイクのプロセスを促進する時は、selective attention (選択的注意) が向けられ、脳内の視床網様核 (NRT: the nucleus reticularis thalami) が活性化される時であるとしていることを考えてみると、光トポグラフィで意識の集中度を測定することは、彼らの言う selective attention が測定できていると解釈することもできるのではないか。

こうした利点と問題点を考えると、光トポグラフィで、人間の言語情報処理過程を科学的に、無侵略的脳機能を観測できるものの、そのデータだけに頼って人間の言語処理過程を明確に分析することは、絶対的なものではないため、従来の認知的方法や知見とともに比較していくことにより、さらに信頼性のあるデータが得られる。

大石晴美

5．光トポグラフィ画像と脳機能マッピング

今回の被験者から得られた光トポグラフィ画像上で、課題遂行時に活性化される脳の部位をブロードマンの脳地図と照合すると次の様に示すことができる。

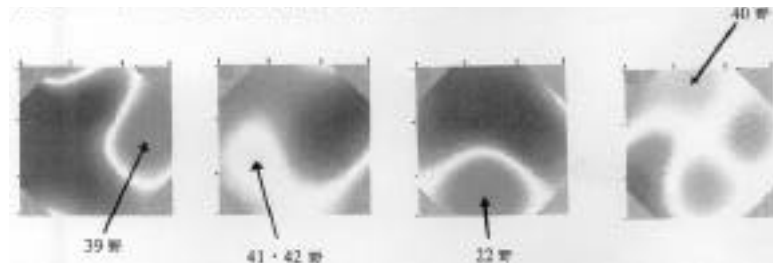


図2 光トポグラフィ画像上の脳機能図

6．本研究の利点と限界

本研究においては、これまで認知面からのみ焦点があてられていたリスニングとリーディングにおける言語情報処理過程を脳科学の立場からも視野を広めて観察したことに意義がある。アンケート式やプロトコール分析法などの学習者の主観的なデータに頼るだけでなく、客観的にも脳内の様子を光トポグラフィを使用して被験者の脳の血流量が観察することができた。

ただ、いくつかの限界としてあげられることは、光トポグラフィの測定装置を被験者の頭皮に装着する際に、脳内の言語処理に関わる部位、聴覚野、ウェルニッケ野、角回、縁上回の部位が、必ずしも外科的に特定でなく、おおよそ左耳の上あたりで、耳の穴と目尻を一辺とした正三角形の一つの頂点あたりを、ウェルニッケ野（22野）としたことである。

また、脳内の血流量といっても、それが必ずしも言語理解として解釈するには

危険性を伴う。なぜなら、脳内の血流量は、すでに理解している内容の課題を与えられた時には、ウェルニッケ野の酸化ヘモグロビンの増加は見られず、脳内は活性化されないという報告もある（酒井、2000）からである。つまり、血流量が見られるということは、「言語理解」ということではなく、「言語運用」に対する「意識の集中度」という解釈に留まってしまう。しかし、先にも述べたが、Sato & Jacobs (1992)の主張する Selective attention と関連性があるのではないかという立場を採る。

7. 実験方法

7.1. 被験者：英語の母語話者2人、日本人英語学習者5人

7.2. 教材：リスニングについては、「ダイアナ妃の交通事故」リーディングは「アメリカの大学でのカフェテリアにおける人種差別化について」

7.3. 実験手順：

- 1) 光トポグラフのプローブを装着する。
- 2) リスニングとリーディングの作業を休息を入れて3回ずつさせた。手順は次の通りである。休息 作業 休息 作業 休息 作業 休息、休息、作業とも30秒ずつあてた。
- 3) それぞれの作業の後、理解したこと、頭に浮かぶことをできるだけ多く記述してもらった。（1分）
- 4) 理解過程、理解方法、背景知識の有無などについてのアンケートを実施
- 5) 被験者のこれまでの英語学習経験や作業についての理解過程、理解方法の簡単なインタビューを実施

大石晴美

	聴覚野 (41.12 野)	ウェルニッケ野 (22 野)	角回 (39 野)	縁上回 (40 野)
被験者 1 Listening Reading	アメリカ人 6 . 4 5 . 2	6 . 4 8 . 3	0 . 1	6 . 4 2 1 . 5
被験者 2 Listening Reading	アメリカ人 3 . 5	5 . 0 1 0 . 5	0 . 5	5 . 0 1 5 . 0
被験者 3 Listening Reading	大学教員(英文) 0 . 1	1 5 . 0 3 . 3	0 . 1	1 8 . 4 0 . 5
被験者 4 Listening Reading	翻訳家	1 5 . 0 1 . 5	0 . 1 0 . 2	2 3 . 0 1 9 . 4
被験者 5 Listening Reading	大学教員 7 . 5	0 . 1 0 . 1	0 . 1 0 . 1	7 . 5 6 . 4
被験者 6 Listening Reading	大学院生(文系) 3 . 2 2 . 7	3 . 2 1 . 8	3 . 2 1 . 8	3 . 4 2 . 7
被験者 7 Listening Reading	大学院生(理系) 6 . 4 0 . 1	6 . 4 1 1 . 5	0 . 1	1 1 . 5

9 . リーディングとリスニングの情報処理過程についての考察

リスニングとリーディングの情報処理過程においては、それぞれの学習者によって多様性に富んでいると言える。どちらのモダリティ処理過程でも、語彙を認識して理解するという点で共通しているが、その理解過程の順序や理解に要する時間、背景知識の利用方法には多様性があることが推測される。

たとえば、被験者4、6のように、二つのモダリティが、言語情報入力後、共通の経路で情報を処理している学習者もいれば、そうでない被験者もいた。被験者8以外は、一度ウェルニッケ野が活性化された後は、縁上回にたどりついてワーキングメモリーに連結しているのではないかと推測できるという点では一致している。被験者7'については、インタビューから、リスニングとリーディングの内容を比較したところ、リスニングの方が背景知識を利用していたことから、英文を聞いた時点ですべての内容を推測して、トップダウン処理によって理解してしまったため、縁上回が活性化されなかったと解釈ができる。

ウェルニッケ野の活性化開始速度に焦点をあててみると、母語話者と、被験者7はリスニングの方が速く活性化されているが、その他の日本人学習者は、リーディングの方が速く活性化されている。特に被験者3と4については、はるかにリーディングの方が処理が速いと解釈できる。母語話者にとっては音声の方が速く処理され、日本人学習者にとっては、文字の方が速く処理されるという結論に達するのではないかと推測できる。特に、被験者3、4については、職業と関連し、日頃英文を読むことに重点を置いて英語運用をしていることが理由としてあげられる。

文字の音声化と音声の文字化を、リーディング時の聴覚野の働きと、リスニングの際の角回の働きにより推測すると、被験者1・6・7は、リーディングの際文字を音声化し、被験者4・5・6は、文字を音声化、内言化して処理していることが推測できる。ただ、角回が働くのは、文字情報が内言化された時働く箇所だとすれば、リスニングの時、音声を文字化してさらにそれを、被験者が内言化して音声として処理しているのではないかと推測もできる。

今回の課題について、被験者の背景知識に焦点をあててみると、リスニングの「ダイアナ妃の事故」については、全員おおまかな背景知識はあった。背景知識と理解度や速度を比べてみると、被験者7のように、短絡的に、「もうわかった」と安心して、意識の集中力が減退してしまう場合もあるし、被験者1・2・4のように、背景知識があるために「親しみがわいて」意欲的になったという場合もある。こうしてみると、学習者の背景知識の利用法は、学習者によって異なることが推測される。

10 . まとめ

本稿では、英語学習者がリスニングとリーディングの課題を遂行する過程で、それぞれの情報伝達経路で差異があるのかを分析してみた。その分析手法としては、認知的側面からは、被験者の学習ストラテジーと理解過程についてのアンケートを使い、脳科学的側面からは、光トポグラフィ装置（日立製作所）で脳の活性度を観察した後、両データを照合することにより、多面的な学習メカニズム解明にアプローチした。

結果としては、言語情報入力後の処理過程は、被験者によってかなり多様性（個別性）があるということが明確になった。従来、リスニングとリーディングにおける言語情報処理過程は、言語入力後同一であるという仮説と、それぞれ別の処理過程をたどるといふ仮説とに大きく分けられる。ただし、これまでの認知処理過程の立場からは、音声や文字を入力した後の処理は共通しているという立場が強い(Gale, 1990; Levelt, 1993)が、本研究においては、脳科学の立場から被験者の脳の活性過程を観察した結果、被験者によってかなり個別的なパターンを示していることが明らかになった。つまり、リスニングの時、音声を聞いているのにもかかわらず、すでに背景知識などから、トップダウン処理が働き理解できてしまう場合には、聴覚野が働かず、ウェルニッケ野のみ働いたり、ウェルニッケ野と聴覚野、角回が同時に働いたりしていた。また、リーディングの時、文字の音韻符号化のため、つまり、頭に入れる前に心の中で反芻するため聴覚野や角回が働いたであろうと推測される場合もみられた。

ただし、ここでの解釈には限界がある。それというのは、測定装置の特質上、理解度が必ずしも脳内のニューロネットワークレベルでの活性度と相関関係があるわけではなく、被験者の「意識の集中度」の測定に留まってしまうということである。すなわち、電気信号速度で伝達される脳内の情報処理速度と、血流の集中運動速度とは、一致するとは限らないと考えられるということである。したがって、今回の結果から得られた知見は、被験者の情報処理過程における、意識の集中経路

に個別性がみられたことが明らかになった点である。

本研究には上記のような方法論的限界はあるものの、ひとつの重要な示唆を含んでいると考えられる。それは、これまで、学習者の認知的側面から見た教授法が開発されてきたことに加えて、脳科学的側面から学習者の情報処理過程の個別性を確認することで、いわば、意識化できない理解プロセスの個別性を配慮した教授法または学習法を開発する可能性を切り開いたことである。たとえば、学習者が英語の授業を受ける前に、学習者診断を行うこと、これまでの能力別クラス編成のみならず、認知的にも、脳科学の面からも学習者のスタイルに応じて、適切な教授法が考案できるのではないか。本研究でリスニングとリーディングの情報処理の個別性が明らかになったことで、リスニングとリーディングのそれぞれ単独の指導が向いているのか、または複合した指導が向いているのか、さらには、どのレベルのどのタイプの脳内情報処理パターンをもった学習者にはこういった指導法が効果的なのかを特定することが可能になろう。ひいては、それぞれのタイプの学習者に適切な学習教材も検討できるのではないか。

最後に、本研究では、上述したように主観的な学習者の報告に加え、被験者を客観的に観察することができたと言える。今回、言語情報処理において個別性が明らかになったが、おそらく、今後被験者の数を増やし、リスニングとリーディングのレベル別に、結果を分析してみれば、言語情報処理過程モデルのパターン化ができるであろう。今後の課題として、そうした結果を英語教育に応用して新しい教授法のパラダイム転換を提案する可能性を広げたことで本研究の意義を主張することができるであろう。

参考文献

- Brodmann, K., (1909). *Vergleichende Lokaizationslehre der GroBhirnrinde*, p13, Barth, Leipzig.
- Bormuth, J, R, (1972). Review of Durrell listening-reading series. In O. K. Buros (Ed.), *The Seventh mental measurement yearbook*. Highland Park, N. J.: Gryphon Press.

大石晴美

- Canale, M. (1984). Consideration in the testing of reading and listening proficiency. *Foreign Language Annals* 17: 349-357.
- Carver, R. P. (1982). Optimal rate of reading prose. *Reading Research Quarterly*, 18, 56-88.
- Corder, S. P. (1967). The significance of learners' errors. *International Review of Applied Linguistics*, 5, 161-170.
- Danks, J. H. (1980). Comprehension in listening and reading: Same or different? Reading and Understanding. Ed. Joseph. Danks & Kathy Pezdek, Newark, DE: *International Reading Association*, 1-39.
- Gale, M., S. (1990). Convergence of listening and reading processing. *Reading Research Quarterly, Spring*, 115-130.
- Grabe, W. (1991). Current developments in second language reading research. *TESOL Quarterly* 25: 375-406.
- Goodman, K. S. (1966). A psycholinguistic view of reading comprehension. In G. B. Schick and M. M. May (Eds.), *The fifteenth yearbook of the National Reading Conference*. Milwaukee: National Reading Conference.
- Hausfeld, S. (1981). Speeded reading and listening comprehension for easy and difficult materials. *Journal of Educational Psychology*, 73, 312-319.
- Howard, D. et. al. (1992). The cortical localisation of the lexicons: Positron emission tomography evidence. *Brain*, 115, 1769-1782.
- 乾敏郎 (1997) 言語機能の脳内ネットワーク心理学評論 40. 287-299.
- 岩田誠 (1996) 脳とことば—言語の神経機構共立出版 .
- 小泉英明 (2001). 脳機能イメージングと言語 . *Computer Today* 5, 103.
- Krashen, S. (1981). *Second language acquisition and second language learning*. Oxford: Pergamon Press.
- Krashen, S. (1982). *Principles and practice in second language acquisition*. Oxford: Pergamon Press.
- Krashen, S. (1985). *The input hypothesis: Issues and Implications*. London: Longman.
- Levelt, W. J. M. (1993). The architecture of normal spoken language use. In G. Blanken, et. al. (eds.), *Linguistic Disorders and Pathologies: An International Handbook*. 1-15. Berlin: de Gruyter.
- McGuigan, F. J. (1970). Covert oral behavior during the silent performance of language tasks. *Psychological Bulletin* 74: 309-326.

- O'Malley, J. M., & Chamot, A. U. (1990). *Learning strategies in second language acquisition*. Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Paulesu, E., Frith, C. D., & Frackowiak, R. S. J. (1993). The neural correlates of the verbal component of working memory. *Natures*, 362, 342-345.
- Price, C., Wise, R., Ramsay, S., Friston, K., Howard, D., Patterson, K., & Frackowiak, R. (1992). Regional response differences within the human auditory cortex when listening to word. *Neurosciences Letters*, 146, 179-182.
- Randall, L. (1991). A comparison of second language listening and reading comprehension. *The Modern Language Journal*, 75, 198-203.
- Sato, E. Jacobs, B. (1992). From input to intake: Towards a brain-based perspective of selective attention. *Issues in Applied Linguistics*. Regents of the University of California.
- Stchit, T.G., Beck, L. J. Hauke, R. N., Kleiman, G. M., & James, J. H. (1974). *Auding and reading: A developmental model*. Alexandria, VA: Human Resources Research Organization.
- 酒井邦嘉 (2000) 光トボグラフィによる脳機能マッピング *Radioisotopes*, 49, 115, 67-68.
- Wanat, S. F. (1971). Linguistic structure in reading: Model from the research of Project Literacy. in F. B. Davix (Ed.), *The literature of research in reading with emphasis on models*. New Brunswick, N. J.: Rutgers- The State University.
- Weaver, W. W., & Kingston, A. J. (1971). Modeling the effects of oral language upon reading language. In F. B. Davis (Ed.), *The literature of research in reading with emphasis on models*. New Brunswick, N. J.: Rutgers. The State University.

大石晴美

資料

1. 被験者について

1.1. 被験者1 アメリカ人：大学院博士課程在学

(1) 脳内処理過程

音声 聴覚野・ウェルニッケ・縁上回（ほぼ同時に作動）

文字 角回 聴覚野 ウェルニッケ 縁上回

(2) トボ画像分析とアンケート結果考察

アンケートの結果で、「英文を文字化して聞きましたか」の回答は「どちらかというとは思わない」という回答であったことから、音声言語として入力され、瞬時に理解にたどりついていると推測できる。リーディング課題において、「文字を音声化しているか」に「どちらかというとは思わない」と回答しているが、実際には聴覚野が活性化されていることから、音声化され、それによって角回が活性化されて、いわゆる内言化されて、同時に聴覚野の機能も働いたのか、もしくは、他の雑音に集中していたのかもしれないと推測できる。

ウェルニッケ野が活性化する速度は、リスニングの方がリーディングより速いことと、アンケート結果で、「リスニングよりリーディングの方が理解の速度が速かった」の回答が「どちらかというとは思わない」と一致する。また、アンケートの結果の「リスニングの方がリーディングより背景知識に頼りがち」と回答しているように、リスニング課題の内容の方があらかじめ詳細な知識があり背景知識を活性化させていた可能性がある。一方、「リスニングよりリーディングの方が理解量が多かった」に「そう思う」と回答していることから、音声が消えてしまうリスニングではなく、視覚として残っているリーディングの情報が記憶の保持量が多いのではないかと推測できる。

1.2. 被験者2 アメリカ人：大学院博士課程在学、

(1) 脳内処理過程

音声 聴覚野・ウェルニッケ・縁上回（ほぼ同時に作動）

文字 角回 ウェルニッケ 縁上回

(2) トボ画像分析とアンケート結果考察

この被験者は、被験者1と活性化されている箇所の流れは共通しているし、リスニングよりリーディングの方の処理に時間がかかっていることも共通している。被験者1と同様に、読むことより

聞くことの方が短時間で処理されることが推測される。

アンケート結果より、「英文を文字化して聞きましたか」の回答は「どちらかというそうは思わない」に対して、「英文を音声化して読みましたか」の回答は「どちらかというそう思う」で、文字情報が角回を通っていることを裏付けしている。

1.3. 被験者3 大学英語教員（文学専門）

(1) 脳内処理過程：音声 聴覚野 ウェルニッケ野 縁上回

文字 角回 ウェルニッケ野 縁上回

(2) トポ画像分析とアンケート結果考察

リスニングにおいてもリーディングにおいても、上記の順で活性化が行われている。音声は文字化をされず、聴覚野で音声認識が行われ、ウェルニッケ野で理解され、文字は音声化されて角回に伝達されて、それぞれ縁上回で処理されワーキングメモリーと連結しているのではないかと推測できる。

アンケート結果で「英文を文字化して聞きましたか」に「そう思わない」、「英文を音声化して聞きましたか」に「どちらかというそうは思わない」と回答していることから、音声の文字化に比して、文字の音声化はいくらかなされていたのではないかと推測ができ、光トポグラフィで表された血流量の変化と一致する。

リスニングとリーディングにおけるウェルニッケの活性化の速度について比較してみると、リーディングの方が早く血流の変化が見られ、縁上回に伝わる速度ははるかに高い。このことから、リスニングよりリーディングの方が、言語処理が速いことから、リーディングからの方が理解も促進されているのではないかと推測する。アンケートでは、「リスニングよりリーディングの方が理解の速度が速かったですか」に「そうは思わない」としていることから、意識と結果とのずれがある可能性が見られる。

1.4. 被験者4 翻訳家

(1) 脳内処理過程：音声 角回 ウェルニッケ野 縁上回

文字 角回 ウェルニッケ野 縁上回

(2) トポ画像分析とアンケート結果考察

大石晴美

リスニングで、音声入力の時、聴覚野が活性化されないまま、角回が活性化されていることは、英語を聞く場合、意識を集中させて聞かなくても音声を認識できるためなのか、音声簡単に文字化されて、それが認識されているのではないかという解釈ができる。

被験者のアンケート結果から、「リスニングよりリーディングの方が理解しやすかった」、「リスニングよりリーディングの方が詳細な部分が理解できた」、「リスニングよりリーディングの方が理解量が多かった」に「そう思う」、リスニングよりリーディングの理解速度は速かった。」に「どちらかというと思う」と回答していることから、この被験者は、翻訳家という職業に従事し、日々、読むことに重点をおいているため、リスニングよりリーディングの方が理解速度も理解度も高いことが血流量の変化と一致する。

1.5. 被験者5 大学教員（教育学）帯米歴3ヶ月帯英歴1年4ヶ月

(1) 脳の情報処理過程：音声 角回・ウェルニッケ野 聴覚野・縁上回

文字 角回・ウェルニッケ野 縁上回

(2) トポ画像分析とアンケート結果考察

リスニングにおいて、初期の段階で聴覚野が活性化されず、角回・ウェルニッケ野が同時に活性化されていることから、聴覚野が働かせなくても英語を聞くことができ、語音認知としてウェルニッケ野に入る、その後、意識を集中させる機会があったため、聴覚野が働き、縁上回でワーキングメモリーに連結していると解釈できる。

アンケートでも「英文を音声化して読みましたか」に「どちらかというと思う」と回答し、「英文を文字化して聞きましたか」に「そう思わない」としていることから、リスニングの時には、それほど意識を集中しなくても音声を識別することができ、音声情報が自然に認識され、理解されていると解釈できるが、リーディングの場合、リスニングに比べ意識が高まり、音声化も行われていたと解釈できる。この理由としては、リスニングの内容が既に、背景知識として備わっており、つまり、これまでも何度聞いた内容であったことから、それほど意識を集中させなくても、英文を聞くことができたと解釈できる。途中、聴覚野に血流量が見られるのは、一時的に詳細な情報を理解しようと、意識を集中させたからではないかと推測できる。

1.6. 被験者6 大学院生（文系）

(1) 脳の情報処理過程：音声 聴覚野・角回・ウェルニッケ野 縁上回

文字 角回・ウェルニッケ野 聴覚野・縁上回

(2) トポ画像分析とアンケート結果考察

この被験者は、リスニングにおいてもリーディングにおいても、すべての言語処理に関わる脳機能が活性化されていることがわかる。アンケート結果の「英文を文字化して聞きましたか」と「英文を音声化して読みましたか」に「どちらかというと思う」と回答していることと一致する。

リスニングでは、聴覚野、角回、ウェルニッケ野が同時に血流量が見られた。これらが常に連動しているか、被験者の意識の集中度がそれぞれの部位で高かったのではないかと推測できる。リーディングにおいても、角回とウェルニッケ野は同時に血流量が見られた。リスニングと同様に連動しているのか、同時に意識を集中させていたかが推測される。0.2秒遅れて縁上回に血流量が見られたことから、理解の速度は同じように早かったのではないかと推測できる。ただ、ウェルニッケ野の活性化の速度を比較してみると、リーディングの方に速く血流量が見られる。アンケートでも「リスニングよりリーディングの方が理解の速度が速かったですか」に「どちらかというと思う」と回答していることと一致する。理解度に関しては、「リスニングよりリーディングの方が理解しやすかったですか」と「リスニングよりリーディングの方が理解量が多かったですか」に「どちらとも言えない」としていることから、理解度に関しては差がなかったと推測できる。

1.7. 被験者7大学院生（理系）

(1) 脳内の情報処理過程：音声 聴覚野 ウェルニッケ野

文字 角回・ウェルニッケ野 聴覚野・縁上回

(2) トポ画像分析とアンケート結果考察

リスニングにおいては、「内容についてあらかじめ背景知識があったのでそれが理解に役に立った」ということがインタビューから伺われた。縁上回が活性化されていないのは、詳細な情報には意識を集中させず、既知っている内容であったという確認に留まってしまったからではないかと推測される。「リスニングよりリーディングの方が理解しやすかったですか」に「そう思う」と回答していることから、新しい情報を処理するというより、既知っている内容の確認になったのではないかと推測される。

一方、リーディングにおいては「英文を音声化して読みましたか」と「英文を読みながら日本語に訳していましたか」に「どちらかというと思う」と回答していることから、言語処理において、聴覚野、ウェルニッケ野、角回、縁上回がすべて活性化されていたこととも一致する。また、ウェルニッケ野が活性化されるの、リーディングの方が所要時間がかかっている理由としても考えらる。

