

両耳分離聴と大脳機能差研究

石津 希代子
日本大学大学院総合社会情報研究科

Hemisphere Specialization in Dichotic Listening

ISHIZU Kiyoko
Nihon University, Graduate School of Social and Cultural Studies

Relationship between hemispheric asymmetry and higher brain function has been one of the most interesting topics in the field. Lateralization of brain function has been actively examined using various methods since the 1960s. This paper first, describes how to determine the laterality difference in brain function. Then, it narrows down its focus on tests of dichotic listening studies investigating the hemispheric asymmetry, outlining its historical change. Finally, it points out the practical problems of the dichotic listening method.

1. 脳の機能差研究

脳機能の研究は今も昔も、私たちの最大の研究課題ではなかろうか。大脳では、知覚・認知・注意・学習・記憶・概念形成・推論・判断・言語活動・創造・想像・計画といった様々な活動が営まれている。これらと大脳との関連を明らかにし、その機序や法則性を見出すことは、ヒトをよりよく理解することにつながる。それゆえ、脳機能と様々な活動、特に言語活動との関連を科学し、普遍的な理論を確立することは大きな関心事といえる。

大脳は、左右の大脳半球に分けられる。外側から大脳をみると、頭頂部から縦に中心溝、下前方から上後方に向かって外側溝が走っている。また後頭部には縦に頭頂後頭溝がある。大脳は、これらの溝によって、前頭葉・頭頂葉・側頭葉・後頭葉に大きく区分されている。右大脳半球と左大脳半球は、大脳の内側面で交連纖維によって結ばれている。その中でも最も大きな神経纖維の束は脳梁と呼ばれている。これら神経纖維によって左右の大脳半球が繋がっていることで、両側の大脳半球は相互に情報を連絡しあうことができ、共同して働いている。

大脳半球は外見上、ほぼ左右対称であるが、その機能には顕著な左右差が存在している。これは脳のラテラリティ (l laterality)、側性化 (lateralization) 等

といわれている。

左右の大脳機能差に関しては、1825年に Bouillaud によって、次いで 1936 年に Dax によって報告されていたという (Soringer & Deutsch, 1981 福井・河内監訳 1985)。しかし、大脳の機能差研究に著しい進展がみられたのは、1861 年、フランスの Broca の報告によるところが大きい。Broca は、言語理解が良好ながらも言語表出に困難をみせた症例を呈示し、この患者の剖検所見で、左大脳半球の前頭葉に損傷が認められたことを報告した。このことから、Broca は左大脳半球と言語機能に関係性があるということを主張した。

さらに、1874 年、ドイツの Wernicke は、Broca とは異なる失語症状を呈した症例を報告した。この患者は、発話は流暢にできるものの、無意味なことばを話し、聞いたことばを理解することができなかつた。剖検によって、左大脳半球の側頭葉に病変が確認され、Wernicke はこの部位の損傷によって、Broca とは異なるタイプの失語症状が引き起こされると考えた。

これらの報告をはじまりとし、様々な研究によって、左右の大脳機能差についての検討がされてきた。概して言語情報の処理は左大脳半球が、右大脳半球は非言語の情報処理に関して優位であることが示さ

れている（永江, 1999）。

2. 大脳機能差研究の方法

大脳の機能差を調べる方法には様々な手段がある（表1）。視覚分割呈示法・両耳分離聴検査法といった実験心理学的な方法や、脳波・事象関連電位などの電気生理学的方法、その他、神経画像診断法がある（永江, 1999）。

表1. 大脳の機能差研究の方法（永江, 1999）

実験心理学的方法

視覚分割呈示法、両耳分離聴検査法

触分割法、二重課題法、LEM法

電気生理学的方法

脳波、事象関連電位、磁気刺激法

画像診断

PET、MRI

2.1 視覚分割呈示法

ヒトの視覚情報は、右視野が左大脳半球に、左視野は右大脳半球に伝達される。視野分割呈示法（divided visual field presentation）では、まず視野中央の、ある1点を注視し、その後、左右どちらか一方の視野に（あるいは同時に）瞬間に刺激が呈示される。右視野および左視野のうちで、どちらが正しく反応できたか、またその反応時間を調べる。そして、それを基に両半球での刺激処理の違いを検討する（永江, 1999）。右（左）視野に刺激が呈示された際に、対側視野に刺激が呈示された場合よりも高い正反応率が得られたり、または反応潜時が短い結果となったりした場合は、左（右）大脳半球が優位であると考える。

この視野分割呈示法で左右の視野に呈示する視覚刺激には、様々な素材が用いられた。文字刺激を使用した場合は、左大脳半球優位（右視野優位）を示し（Kimura, 1966）、ランダムな図形（八田, 1975）や顔刺激といった非言語刺激の場合には、右大脳半球優位（左視野優位）の結果が得られたことが報告

されている。

2.2 両耳分離聴検査法

両耳分離聴検査（dichotic listening test）は、左右の耳に、同時に異なる聴覚刺激を呈示する検査である。

ここで、耳に呈示された音情報が、どのように伝達されるかをみてみる。まず音情報は、外耳から中耳を経て、内耳の蝸牛のコルチ器に伝えられる。コルチ器で受容された興奮は、ラセン神経節に投射され、蝸牛神経、上オリーブ核、下丘、内側膝状体と進み、大脳の聴覚野に情報が伝達される。この聴覚伝導路であるが、片耳から入力された情報は、全てが反対側へ投射するわけではない。聴覚伝導路は両側性であり、入力された音情報と同側の経路と、反対側の経路が存在する。なおかつ両方の伝導路間の連絡が多いことも特徴といえる。つまり、一側に呈示した音情報は、同側と反対側の経路を通り、左右の大脳半球の聴覚野に伝達されるのである。ただ、同側の伝導路よりも、反対側への投射が多いことも知られている。

このことを考え、両耳分離聴検査で、右（左）耳の成績が反対側の成績よりも良い場合は、左（右）大脳半球が優位に働いたものと解釈をする。

2.3 触分割法・二重課題法・LEM法

触分割法（dichhaptic presentation）は Witelson が開発した手法であり、両耳分離聴の手続きと同様に、左右の手に違う刺激を同時に呈示する方法である。まず対象者に、指で刺激をさわらせる。一定時間経過後、左右の手に呈示した2つの刺激を含む6つの刺激から、触った刺激を選択させ反応を得る。

触覚伝導路は、聴覚と同様に両側性の伝導路である。Witelson (1977) は、触知覚において、左右に異なる情報が同時に呈示されると、同側と対側の伝導路間で競合が生じ、対側性が同側性の伝導を抑制するとしている。これにより、左右の手に呈示された触覚情報は、それぞれ反対側の大脳に伝達されると考えられている。

二重課題法（dual-task method）は、異なる課題を同時に遂行させるものである。実施させる2つの課

題であるが、同じ半球で処理される課題と、左右の大脑で別々に処理される課題を行う。例えば、運動課題と言語課題を同時に課すというものがある

(例：右手でタッピングしながら復唱をする、左手でタッピングしながら復唱をする)。同じ大脑半球で処理される課題の場合、2つの課題間に干渉が生じ、課題の処理能力が低下すると考えられており、この方法を用いて大脑の機能差が検討されている。

LTM法 (Lateral Eye Movement) は、課題実施中の眼球運動の方向を観察し、脳の機能差を検討しようとする方法である。大脑半球のある部分が活性化すると、その興奮が周辺に伝わり副次反応が生じるという。LTM法は、副次反応のうちの「眼球運動」を捉える方法である。言語的な課題の場合 (左大脑半球が活性化)、右方向への眼球運動、空間性の課題の場合 (右大脑半球が活性化) は左方向への眼球運動が観察される (永江, 1999)。

2.4 電気生理学的方法、画像診断法

電気生理学的方法や神経画像診断を用いての大脑機能差の検討は、各種課題をしている際の、左右大脑の活動を比較し、脳の機能差を調べようとする方法になる。

脳波や事象関連電位を用いた場合、視覚刺激や聴覚刺激などを与え、左右の大脑半球からの電気的反応を比較する。PETは局所脳組織の血流量や代謝などを断層画像としてみることができる。MRIに関しては、特にfMRI (機能的磁気共鳴画像) は、脳の活動を脳血流動態として画像で確認することができる。PETやfMRIによって、課題実施中の脳活動が画像化され、これを左右の大脑機能差の検討に用いることができる。

3. Wada Test

てんかん発作をもつ患者において、抗てんかん薬による治療で発作がコントロールできない場合、外科治療 (てんかん発作の原因病巣を手術により切除する) が選択されることがある。この場合、切除部位が重要な脳機能に関与していないか、言語中枢がどちらの大脑半球にあり切除部位との位置関係はどうか等を、術前に確認することが非常に重要になる。

その方法の1つにWada Testがある。言語の優位大脑半球を決定する方法として、Wada Testは非常に信頼性の高い方法である。

Wada Testは1949年、和田により開発された言語優位半球を見極めるための検査法である。このテストは、大腿動脈から頸動脈までカテーテルを入れ、ここから麻酔薬を注入し、一過性の麻痺を生じさせる。麻酔薬が入っている間に、簡単な質問をし、対象者に言語機能が保たれているかどうかを確認する。このようにして言語中枢が、どちらの大脳半球にあるかを同定するのである。

言語優位半球に麻酔薬が入った場合は、失語症状や、対側に運動麻痺・知覚鈍麻・同名性半盲が生じる。非言語優位半球に注入された場合、対側に運動麻痺や知覚鈍麻・同名性半盲が同じく生じるが、失語症状はみられない。対象者に失語症状が生じるかどうかで、右半球が言語優位半球なのか、左半球が言語優位半球なのかを知ることができる (日本てんかん学会, 2006)。

4. 両耳分離聴と大脑の機能差研究

4.1 Kimura の実験

両耳分離聴は、カナダの心理学者 Kimura によって考案された手法である。Kimura (1961) は、2つの数字を対にし、3組の数字対を、左右の耳に同時に呈示した。対象者には聴取した数字を、口頭で答えるように求めた。この際、報告する数字の順序は問わなかった。対象とした分離脳患者 (てんかん発作の抑制、治療を目的に、左右大脑半球を連絡する脳梁を切断した患者) 120名は、Wada Testによって言語野が同定されており、両耳分離聴で得られた耳の優位側と言語野との関係が比較された。その結果、左大脑半球に言語野がある場合は右耳の正答率が高く、右大脑半球に言語野がある場合は左耳の正答率が高かったという。また Kimura は、数字刺激以外にも、モーツアルトやテレマンなどの協奏曲を用いて、両耳分離聴実験を行っている。その結果、健常成人で左耳優位であったことを報告している (Kimura, 1964)。

このような研究によって Kimura は、言語刺激の情報処理に優位であるのは、左大脑半球であると考

えた。

4.2 刺激音素材

両耳分離聴を用いた研究は、健常者や脳損傷患者を対象とし、多くの研究報告がある。刺激音の素材にも様々なものが用いられ、大脳の機能差が検討されている。

Kimura (1961a, b) は、両耳分離聴の刺激音に数字を用いており、実験の結果、右耳優位であったことを報告している。数字以外には、有意味語・無意味音節を用いた検討もあり、これにおいても右耳優位が報告されている (Curry, 1967)。その他、CV 音節や CVC 音節を使った検討もある (Shankweiler & Studdert-Kennedy, 1967; Studdert-Kennedy & Shankweiler, 1970)。ここでは言語音素材に有声破裂音 (b, d, g) と無声破裂音 (p, t, k)、後続母音に (a) を用いている。両耳分離聴の結果、破裂子音には右耳優位性が認められ、母音には認められなかつたということが報告されている。

このような言語性の刺激音素材だけでなく、両耳分離聴には非言語性の刺激を用いての検討も多数ある。音楽に関して、メロディやコードの処理には左耳優位、リズムは右耳優位という報告が多い。また環境音 (自然音・人工音) や情動を表す音声 (笑い声や叫び声など)、音声のイントネーションなどは左耳優位の傾向を示すという (永江, 1999)。

以上のように様々な刺激音を使った両耳分離聴研究をみると、言語処理には左大脳半球が関係していること、全体的かつ同時的な処理が必要なものに対しては、右大脳半球が関与しているということが伺える。

4.3 左右耳の成績の非対称性に関する仮説

両耳分離聴では、両耳間の成績に差がみられ、言語刺激の場合、言語優位半球と対側耳の成績が良くなる (一般には右耳優位)。これを説明する仮説として、Kimura (1961, 1967) と Kinsbourne (1970) が、それぞれ異なる説を挙げている。

Kimura (1961, 1967) は、内耳からの聴覚伝導路は構造的に対側への投射が強いということを前提として、反対側の耳からの情報入力は同側からの情報

よりも強く、同側の入力を抑制していると考えた。つまり、左耳の情報は大部分が右大脳半球へ、右耳からの情報の多くは左大脳半球に伝わるということである。これより Kimura は、言語優位半球に伝達された右耳からの言語情報は、そのまま直接処理されるのに対して、非言語優位半球に伝達された左耳からの言語情報は、脳梁を介して言語優位半球に送られて処理されるものと捉えた。この移動の際に、わずかではあるが時間差が生じるため、左右耳間の成績の差として現れていると考えた。

一方で、Kinsbourne (1970) は、大脳半球の活性化による注意バイアスの存在が左右耳の成績に影響していると考えた。この仮説は、言語刺激が呈示される状況下において、言語刺激に対する予期や構えがあることで、一側の大脳半球が活性化し、その結果として、対側に注意が向けられるというものである。言語刺激を用いた両耳分離聴の場合には、言語刺激が言語優位半球 (多くは左半球) を活性化させ、注意が対側耳 (右耳) 方向に向けられる。Kinsbourne は、これによって両耳分離聴の成績に差が生まれると考え、言語刺激では右耳優位となると説明した。

4.4 Kimura の実験手続きの問題

両耳分離聴は、大脳優位半球の機能差を明らかにする測定方法として利用されてきたものであるが、その実施方法には、検討すべき点がいくつかある。

当初、Kimura が実施した実験方法は、数字を刺激音として用い、連続した対刺激を答えさせるものであった。その際、呈示された順番は問わず、対象者には自由に報告させた。この実験手続きの場合、刺激音や応答方法、検査中の対象者の注意統制といった面で問題がある (Bryden, 1978)。

まず刺激音についてであるが、数字を刺激音として使用した場合、用いる数字の音節数が左右で異なることが問題となる。両耳分離聴を実施する場合、耳に呈示する刺激音は、左右で同じ条件下である必要がある。つまり同時に同音圧で呈示されることと、なおかつ持続時間や有意度が同じ刺激音であることが求められる。

次に、対象者の応答方法についてみてみる。Kimura は、3 組の刺激対を左右耳に呈示し、その内

容を自由に報告させた。この際、どちらの耳から報告をするかということが、左右耳の優位性の決定に影響を与える。たとえ両耳に呈示するのが 1 対の場合であったとしても、また口頭で報告するのではなく聞こえた刺激音を書き取る方法であったとしても、報告の順序が問題になる。これは一方の刺激音を報告している間に、覚えていたもう一方の内容が消失してしまうことによる。これによって、先に報告した耳の成績と、後から報告した耳の成績に差が生じることが考えられ、これが両耳分離聴の結果に影響する可能性がある。

また、対象者の注意の偏りが両耳分離聴の結果に影響を及ぼすことも考慮すべき点になる。Kimura の方法は、実験中の対象者の注意を統制する手続きはとられていない。そのため、対象者は、それぞれ自由に刺激音に注意を向けることができる。一方の刺激音に注意を向けて聴くことや、検査中に注意の方向を切り替えることもできる。このような条件下であると、対象がどちらの耳に注意を向けて聴いていたかということが、耳優位性の決め手になってしまふ。

4.5 両耳分離聴の実験方法

Kimura の実施方法の問題点を鑑みて、実験条件、手続きを統制した実験方法が提案された。左右に呈示する刺激音は複数対ではなく 1 対に、また音節数が同じものが刺激音として用いられた (Studdert-Kennedy & Shankweiler, 1970)。現在では CV 音節 (/ba/、/pa/、/da/、/ta/、/ga/、/ka/) を使って行われることが多い。

実施手続きとしては、報告の順序や注意方向を統制するため、focus attention method や dichotic monitoring などが提案されている。focus attention method は、実験ブロック毎に注意を向ける耳を指定し、注意を向けた方向の刺激音を報告するよう求める方法である (Bryden & Munhall, Allard, 1983; Hugdahl & Andersson, 1986)。

また dichotic monitoring は、あらかじめターゲットの音を決めておき、両耳に呈示された刺激音の中に、ターゲット音が聞こえたら、反応キーで応答する方法である。Geffen & Caudrey (1981) は、言語優位半

球が明らかになっているものを対象に、dichotic monitoring を行い、この方法が妥当性の高い方法であることを示している。

5. まとめ

今回、左右大脳半球の機能差を調べるための実験的方法について概観した。特に聴覚機能を利用した両耳分離聴を取り上げ、大脳の機能差と、その実施方法について確認した。両耳分離聴は、言語刺激を用いた条件では、右耳優位を示すことが多く、言語優位半球を同定するための実験手法として有用なことが示されていた。しかし、両耳分離聴は左右耳に呈示する刺激音や応答方法、また実験時の対象者の注意によって、検査成績が大きく影響を受ける。そのため、実施する場合は、できるかぎり厳密に統制した実験手続きを組む必要性があることが明らかとなった。

6. 引用文献

- Bryden, M. P. (1978). *Strategy effects in the assessment of hemispheric asymmetry*. London/New York: Academic Press.
- Bryden, M. P. (1982). *Laterality: Functional Asymmetry in the intact brain*. New York: Academic Press.
- Bryden, M. P., Munhall, K., & Allard, F. (1983). Attention biases and the right-ear effect in dichotic listening. *Brain and Language*, 18, 236-248.
- Curry, F. K. W. (1967). A comparison of left-handed and right-handed subjects on verbal and non-verbal dichotic listening tasks. *Cortex*, 3, 343-352.
- Geffen, G., & Caudrey, D. (1981). Reliability and validity of the dichotic monitoring test for language laterality. *Neuropsychologia*, 19, 413-423.
- 八田武志. (1975). ランダム図形認知における大脳半球機能の非対称性について. *心理学研究*, 46, 152-161.
- Hugdahl, K. & Andersson, L. (1986). The "forced-attention paradigm" in dichotic listening to CV-syllables: A comparison between adults and

- children. *Cortex*, 22, 417-432.
- Kimura, D. (1961a). Cerebral dominance and the perception of verbal stimuli. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 166-171.
- Kimura, D. (1961b). Some effects of temporal-lobe damage on auditory perception. *Canadian Journal of Psychology*, 15, 156-165.
- Kimura, D. (1964). Left-right differences in the perception of melodies. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 16, 1964, 355-358.
- Kimura, D. (1966). Dual functional asymmetry of the brain in visual perception. *Neuropsychologia*, 4, 275-285.
- Kimura, D. (1967). Functional asymmetry of the brain in dichotic listening. *Cortex*, 3, 163-175.
- Kinsbourne, M. (1970). The cerebral basis of asymmetries in attention. *Acta Psychologica*, 33, 193-201.
- 永江誠司. (1999). 脳と認知の心理学 ブレーン社
- 日本てんかん学会. (2006). てんかん学用語事典
Dictionary in Epileptology 日本てんかん学会
- Rizzolatti, G., Umiltà, C., & Berlucchi, G. (1971). Opposite superiorities of the right and left cerebral hemispheres in discriminative reaction time to physiognomical and alphabetical material. *Brain: A Journal of Neurology*, 94, 431-442.
- Shankweiler, D. & Studdert-Kennedy, M. (1967). Identification of consonants and vowels presented to left and right ears. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 19, 59-63.
- Springer, S. P. & Deutsch, G. (1981). *Left Brain, Right Brain*. San Francisco: W. H. Freeman & Company.
- (スプリンガー, S. P., ドイチュ, G. 福井園彦・河内十郎 (監訳) (1985). 左の脳・右の脳 医学書院)
- Studdert-Kennedy, M. & Shankweiler, D. (1970). Hemispheric Specialization for Speech Perception. *Journal of the Acoustical Society of America*, 48, 579-594.
- 和田淳. (1949). Sodium Amytal 頸動脈注射の臨床実験的観察. 医学と生物学, 14, 221-222.
- Witelson, S. F. (1974). Hemispheric specialization for linguistic and nonlinguistic tactual perception using a dichotomous stimulation technique. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior*, 10, 3-17.

(Received:May 31,2011)

(Issued in internet Edition:July 1,2011)