

音韻・韻律情報を用いた両耳融合聴に関する実験 —左右耳の非対称性と両情報の処理に対する選択的妨害—*

◎松井和貴, 網野加苗, 荒井隆行 (上智大・理工),
△道又爾 (上智大・総合人間科), △鎌田浩史 (和光大・現代人間)

1 はじめに

Broca [1]によって大脳左半球に Broca 野の存在が発見されて以来, 音声情報処理における左右半球の非対称性について今日まで数多くの研究が行なわれてきた。その中でも, Broadbent [2]が発案し, Kimura [3]が神経学的解釈を加えた両耳分離聴課題は非対称性の研究を大きく発展させた。両耳分離聴課題は, 左右耳に長さや強さの類似した異なる刺激を同時に提示し, 聞こえた音声を答えさせる課題である。言語処理の左半球優位性ならびに, 右耳と左半球, 左耳と右半球という対側性の聴覚経路の結びつきにより, 言語課題における右耳(左半球)優位性が観測されることが明らかにになっている [4]。

一方, Zattore ら [5]などの研究によって音声信号内の抑揚に関する課題を課した際には右半球の優位性が確認されている。また, こうした左右耳の非対称性は, 音声を片耳のみに提示したときにも観測される場合もあることが確認されている [6,7]。

また, 音声信号処理における大脳半球の非対称性について, Poeppel [8,9]が, AST 仮説 (Asymmetric Sampling in Time hypothesis)を提唱している。具体的には, 左半球の聴覚野では短い時定数で, 右半球の聴覚野では長い時定数で処理を行う神経細胞の割合が多いため, この差により左右半球の非対称性が生じると述べている。

これらの先行研究に基づき, 荒井ら [10]は左右の耳に提示された情報を統合して判断する課題として, 音声の音韻情報と韻律情報を分離し, 両耳に割り振って提示する両耳融合聴課題を行った。韻律刺激を右耳に, 音韻刺激を左耳に提示したほうが, 逆に提示した時

と比較して反応時間が短くなることが期待されたが, 実験の後半において予想と逆の傾向が見られ, その結果全体の平均反応時間において提示条件に対する主効果は確認されなかった。そこで, 本研究では両耳融合聴課題を行うにあたって情報を分離した刺激が, 正しく任意の情報を抑圧されているかの確認(実験 I)ならびに, 各情報を判断する課題の妥当性を確認する実験(実験 II)を行った。

2 実験 I

2.1 音声サンプル

刺激には「これは○○○?」というイントネーションが上昇する疑問文と「これは○○○。」というイントネーションが上昇しない平叙文の2種類の音声を用いて実験を行った。○○○には3モーラの有意味語および無意味語を挿入した。

先行研究 [10]では, 「これは○○○ですか」という音声を用いていたが, その場合, 音韻情報と韻律情報を判断するタイミングが異なる(「○○○」で音韻情報を, 「ですか」で韻律情報を判断する)ため, 「ですか」を排除した文を用いた。

有意味語の選択にあたっては,

- アクセントは全て平板型
- 各モーラの母音が同じ単語の組
- ペア間の単語親密度 [11]の差が 0.5 以内という基準で選択した。また, 無意味語についても, 各モーラの母音が同じになるようにランダムに作成した。

実験で使用した有意味語ならびに無意味語を Table 1 に示す。

* Speech perception experiment using binaural integration of phonemic and prosodic information: Binaural asymmetry and selective interruption to the processing of the both types of the information, by MATSUI, Kazuki, AMINO, Kanae, ARAI, Takayuki, MICHIMATA, Chikashi (Sophia University) and KAMATA, Hirofumi (Wako University).

Table 1 実験で使用した 3 モーラ語

有意味語(括弧内は単語親密度)	
トケイ(5.8)	モケイ(5.8)
タバコ(6.0)	タラコ(6.4)
ユビワ(6.2)	クジラ(6.4)
無意味語	
モギン	ホギン
コグメ	コブメ
ウカヨ	ウカゾ
メラザ	テカダ

練習用に 2 組 4 語(タタミ・カタミ, サカナ・ハカマ), 本実験用に 7 組 14 語, の計 18 語について上昇調・下降調の文章計 36 文を, 日本語母語話者で音声学の訓練を受けた 44 歳の男性 1 名に発話してもらい, 防音室にて録音を行った。録音に際してはメトロノームを用いて発話速度が約 5 モーラ/秒になるように統制した。

2.2 刺激音

録音した音声サンプルを基に, 音声の音韻情報を抑圧し, 韻律情報を残した刺激(以後, 韻律刺激と呼ぶ)と韻律情報を抑圧し, 音韻情報を残した刺激(以後, 音韻刺激と呼ぶ)を作成した。韻律刺激は, 線形予測分析により LPC 残差を求め, そのピークにインパルス列を立て, Low Pass Filter を通すことにより作成した。一連の処理には音声分析ソフトウェア Praat [12] の Hum 音声を用いた。また, 音韻刺激は, 原音声から線形予測分析を用いてスペクトル包絡をフレーム毎に求め, 白色雑音を畳み込むことにより作成した。

どちらの刺激についても, 片方のチャンネルのみに提示して Praat を用いて音圧を正規化し, 提示しない方のチャンネルには交叉聴取(cross-hearing)を防ぐために刺激と比較して-30dB の音圧の白色雑音を提示した。

2.3 実験手順

実験は, 日本語を母語とし, 関東地方在住の 19 歳から 23 歳までの右利きの 22 名(男性 12 名, 女性 10 名)に参加してもらった。事前のアンケートにより参加者が健聴であることならびに右利きであることを確認した。利き手の調査には, Edinburgh Handedness Inventory [13]を用いた。

実験は全て防音室内において PC(APPLE POWERBOOK G4) とヘッドホン(STAX SRM-313)を用いて行った。参加者には韻律情報判断に関する課題(以後, 韻律課題)と音韻情報判断に関する課題(以後, 音韻課題)の 2 種の課題を課した。

まず, 韻律課題では, 韻律刺激ないし音韻刺激がヘッドホンから提示され, 参加者には提示された刺激が上昇調か下降調かを判断してもらった。上昇・下降の判断は, テンキー上で横 1 列に並んだ 4 つのキーのうち, 外側の 2 つまたは内側の 2 つを両手の中指か人差し指で押すことで回答してもらった。上昇・下降と人差し指・中指の組み合わせは参加者間でカウンタバランスを取った。実験の前に練習試行として 16 試行を課し, 施行毎に正解・不正解のフィードバックを与え, 処理音や課題に慣れてもらうと共に, 参加者に快適な音量に調整してもらった。その後, 本実験を 112 試行を行った。

次に, 音韻課題の内容としては, 韻律刺激ないし音韻刺激がヘッドホンから提示され, 刺激音の再生が終わった時点で PC 画面上に単語をカタカナで表示した。画面に表示する単語は, ヘッドホンから提示された刺激単語と同じか, あるいは Table 1 に示された同一単語ペアのもう片方の単語とした。参加者には刺激音の単語と画面に表示された単語が一致しているかしていないかを回答してもらった。回答方法は, 韻律課題と同様にテンキーを用いた。音韻課題においても実験の前に練習試行として 16 試行を課し, その後, 本実験を 224 試行を行った。

2.4 仮説

各課題において韻律刺激・音韻刺激の両方を提示するが, 韻律刺激は音韻情報が抑圧されているため, 音韻課題を答えることが出来ず, 音韻刺激では韻律情報が抑圧されているため, 韻律課題を答えることが出来ないと考えられる。しかし, いずれの課題においても強制二択であったため, 正解率は 50 %に収束すると考えられる。一方, 韻律課題において韻律刺激を提示した場合および音韻課題において音韻刺激を提示した場合は, 知覚に影響はなく正解率は 100 %に近い数値が得られると考えられる。

Table 2 韻律課題・刺激別正答率

	左耳	右耳
韻律刺激[%]	98.57	93.57
音韻刺激[%]	51.97	52.14

Table 3 音韻課題・刺激別正答率

	左耳	右耳
韻律刺激[%]	48.62	51.42
音韻刺激[%]	88.64	88.80

2.5 結果

韻律課題の刺激別正答率ならびに音韻課題の正答率を、Table 2・Table 3 に示した。

Table 2 より、韻律課題において音韻刺激ではチャンスレベルの 50 %に収束し、韻律刺激では 100 %に近い正答率が得られた。

また Table 3 より、音韻課題の正答率についても、韻律刺激ではチャンスレベルの 50 %に収束し、音韻刺激では 100 %に近い正答率が得られた。

上記の結果により、実験で用いた刺激において音韻刺激は韻律情報が抑圧されているが音韻情報は保持され、韻律刺激は音韻情報が抑圧されているが韻律情報は保持されていることが確認できた。

3 実験 II

3.1 刺激音

実験 II では、実験 I で録音した「これは○○○」という原音声の音声サンプルならびに、同じ音声の「これは」部分を除去した 3 モーラの単語のみの原音声を用いた。音声は Praat を用いて音圧を正規化したものを片耳のみに提示し、提示しない方のチャンネルには交叉聴取(cross-hearing)を防ぐために刺激と比較して-30dB の音圧の白色雑音を提示した。

3.2 実験参加者

実験は、日本語を母語とし関東地方に在住する 18 歳から 53 歳までの右利きの参加者 24 名(男性 9 名, 女性 15 名)によって行なわれた。事前の聴力検査ならびにアンケートにより参加者が健聴であることならびに右利きであることを確認した。利き手の調査には、Edinburgh Handedness Inventory [13]を用いた。

3.3 実験手順

実験は全て防音室内において PC(APPLE POWERBOOK G4)とヘッドホン(STAX SRM-313)を用いて行なわれた。参加者には実験 I と同様に、韻律課題と音韻課題の 2 種の課題を課した。実験の手順は実験 I と同様であり、「これは○○○」という音声と「○○○」のみの音声のそれぞれについて、韻律課題 56 試行と音韻課題 112 試行ずつを課し、課題の正解率ならびに反応時間を測定した。なお、いずれの課題も反応時間の測定は、刺激音の再生が終了した時点から開始した。

3.4 仮説

韻律課題においては、韻律情報処理は右半球が優位であるため、右半球と結びつきの強い左耳に刺激を提示したほうが右耳に提示したときよりも反応時間は短くなる。逆に音韻課題においては、音韻情報処理は左半球が優位であるため、左半球と結びつきの強い右耳に刺激を提示したほうが左耳に提示したときよりも反応時間は短くなると考えられる。

3.5 結果

3.5.1 「これは○○○」

「これは○○○」刺激を用いたときの各課題の平均反応時間を Table 4 に示す。各課題とも仮説と逆の傾向が確認されたが、課題 2 条件×耳 2 条件の繰り返し分散分析を行った結果、課題と耳の交互作用は有意ではなかった($F(1,23)=0.091$, $MSE=1109.624$, $p=.164$)。よって、「これは○○○」という刺激を用いた際の各課題の左右耳の非対称性は確認できなかった。

3.5.2 3 モーラのみの刺激

3 モーラ単語のみの刺激を用いたときの各課題の平均反応時間を Table 5 に示す。音韻課題では仮説通りの傾向が見られたが、韻律課題では仮説と逆の傾向が見られた。課題 2 条件×耳 2 条件の繰り返し分散分析を行った結果、課題と耳の交互作用は有意ではなかった($F(1,23)=2.069$, $MSE=53.242$, $p=.765$)。よって、3 モーラのみの刺激を用いた際の各課題の左右耳の非対称性は確認できなかった。

Table 4 「これは〇〇〇」平均反応時間

	左耳[ms]	右耳[ms]
韻律課題	511.25	503.45
音韻課題	682.94	688.75

Table 5 3 モーラ刺激平均反応時間

	左耳[ms]	右耳[ms]
韻律課題	512.67	509.08
音韻課題	429.15	428.54

4 考察

結果より、実験Ⅱにおいて、課題の妥当性を確認することができなかった。この原因としては、課題の難易度が低かったため劣位半球においても優位半球と同等の速度で処理を行うことが出来たか、あるいは今回の実験デザインでは右耳と右半球のような同側性の結びつきが抑圧されず、どちらの耳に刺激を提示しても優位半球で処理が行われてしまったなどの理由が考えられる。

また、音韻課題において参加者は音声を聞くと同時に画面に表示された単語も確認する必要があるため、聴覚に加えて視覚の処理も必要となる。そこで、音韻課題においても視覚的処理による影響についても検討する必要がある。

5 おわりに

本研究では、両耳からの情報を融合して課題に答える両耳融合聴課題を行うにあたって、各刺激の妥当性ならびに各課題の妥当性について2種の実験から検討を行った。その結果、実験Ⅰより音韻刺激・韻律刺激とも任意の情報のみを残し、不要な情報が抑圧されていることが確認できた。一方、課題の妥当性に関する実験Ⅱにおいては、「これは〇〇〇」と「〇〇〇」のみの2種類の刺激を用いて課題を行ったが、音韻課題・韻律課題とも左右耳で有意差は確認されなかった。

したがって、両耳融合聴課題を行うにあたっては課題のデザインなどについて再考し、改良を行ったうえで実験を行う必要があるといえる。

謝辞

本研究は文部科学省私立大学学術研究高度

化推進事業上智大学オープン・リサーチ・センター「人間情報科学プロジェクト」の支援を受けて行われた。

参考文献

- [1] Broca, P., "Bulletin de la Société de Anthropologie," Masson, 1861.
- [2] Broadbent, D., "The role of auditory localization in attention and memory span," *Journal of Experimental Psychology*, 47, 191-196, 1954.
- [3] Kimura, D., "Functional asymmetry of the brain in dichotic listening," *Cortex*, 3, 163-168, 1967.
- [4] 今富摂子 他監訳, 音声知覚の基礎, 海文堂, 2003.
- [5] Zattore, R.J. et al., "Lateralization of phonetic and pitch discrimination in speech processing," *Science*, 256, 846-849, 1992.
- [6] Geffen, G., & Quinn, K., "Hemispheric specialization and ear advantages in processing speech," *Psychological Bulletin*, 96 (2), 273-291, 1984.
- [7] Rastatter, M., & Gallaher, A., "Reaction-times of normal subjects to monaurally presented verbal and tonal stimuli," *Neuropsychologia*, 20(4), 465-473, 1982.
- [8] Poeppel, D., "Pure word deafness and bilateral processing of the speech code," *Cognitive Science*, 25, 679-693, 2001.
- [9] Poeppel, D., "The analysis of speech in different temporal integration window: Cerebral lateralization as 'asymmetric sampling in time'," *Speech Communication*, 41, 245-255, 2003.
- [10] 荒井隆行 他, "音声の音韻情報と韻律情報を用いた両耳融合聴に関する実験", 音講論(春), 579-582, 2009.
- [11] 天野成昭, 近藤公久, 日本語の語彙特性, 三省堂, 1999.
- [12] Boersma, P. & Weenink, D., "Praat: doing phonetics by computer (Version 5.0.42) [Computer program]," from <http://www.praat.org/>, 2008.
- [13] Oldfield, R.C., "The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory," *Neuropsychologia*, 9, 97-113, 1971.