

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*

○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

Broadbent (1954) [1] が類似した音声（数字音声）を刺激音として両耳に同時に提示する両耳分離聴課題を最初に行ってから，Kimura (1961) [2] による神経科学的な解釈も加わり，両耳分離聴について今までに多くの研究が行われてきた [3]．両耳に提示される刺激は，音声信号のインテンシティや持続時間の点でほぼ揃っており，また提示するタイミングも同時である場合，言語処理に対する左半球優位性の結果，右耳優位性が観測される [3,4]

一方，Zatorre らにより音声信号に含まれる抑揚情報については，右半球優位であることが報告された [5,6]．また，Poeppl らは，音声信号に対する大脳半球処理の非対称性について，AST (Asymmetric Sampling in Time) 仮説を提唱している [7,8]．そこでは，左半球聴覚野では短い時定数 (20-40 ms) の積分処理が行われ，一方，右半球では長い時定数 (150-250 ms) の積分処理が行われると述べている．

NIRS (near infrared spectroscopy) を用いた研究 [9,10] では，抑揚情報が対比される条件と，音韻情報が対比される条件とで左右差を検討している．右利きの実験参加者に対する実験の結果，音韻対比条件では左聴覚野周辺が，抑揚対比条件では右聴覚野周辺がより強く活動すると報告している．

ところで，以上のような両耳間での側性化をもとに，中枢性聴覚処理障害 (central auditory processing disorders, CAPD) の検査のための次のような評価法が提案されている [11] :

- dichotic listening tests (両耳分離聴検査)
- monaural low-redundancy speech tests
- temporal patterning tests

- binaural interaction tests (両耳交互聴検査)

その中でも両耳交互聴は，例えば 200 ms ごとに交互に両耳に提示される音声情報を統合する必要がある課題である (rapidly alternating speech perception, RASP [12])．このような両耳交互聴同様，本研究では左右の耳に提示された音声情報を統合しながら判断する課題として，音声の音韻情報と韻律情報を両耳に割り振って提示する両耳融合聴課題を行った．

2 実験

2.1 音声サンプル

原音声として，「これは，○○○ですか？」という疑問文と「これは，○○○ですか。」という平叙文を用いた．イントネーションが前者は上昇していることから上昇調，後者は下降していることから下降調と呼ぶ．○○○には，表 1 に示す 3 モーラ語を挿入した．単語の選択にあたっては，

- アクセントはすべて平板型
- 母音が同じ単語のペア
- ペア同士の単語親密度 [13] の差が 0.5 以内

という基準を用いた．練習課題として，さらに 3 組の単語 (マンガ・ハンガ，タタミ・カタミ，ハカマ・サカナ) を用意した．

実験課題用に 9 組 18 語，練習課題用に 3 組 6 語，合わせて 24 語について，上昇調，下降調の文に挿入した 48 文を，日本語母語話者 1 名 (アナウンサーの訓練を受けた 22 歳の女性) に発話してもらい防音室内で録音した．録音に際しては，発話速度を揃えるため，メトロノームで 5 モーラ/秒になるように統制した．

* Speech perception experiment using binaural integration of phonemic and prosodic information, by ARAI, Takayuki, MICHIMATA, Chikashi (Sophia University) and KAMATA, Hirofumi (Wako University).

Table 1 実験で使用した 3 モーラ語の組
(括弧内は単語親密度)

トケイ (5.8)	モケイ (5.8)
カセキ (5.7)	ザセキ (5.8)
キリン (6.0)	ミリン (6.3)
ウナギ (5.8)	ウサギ (5.5)
タラコ (6.4)	タバコ (6.0)
カカシ (5.8)	カラシ (5.3)
ヤナギ (5.9)	ハヤシ (6.1)
ユビワ (6.2)	クジラ (5.8)
ハマキ (5.3)	サナギ (5.3)

2.2 刺激音

録音された音声サンプル（標準化周波数 16 kHz, 量子化 16 ビット）に対し、韻律情報を抑圧した音声信号（以後、音韻刺激と呼ぶ）と、音韻情報を抑圧した音声信号（以後、韻律刺激と呼ぶ）を作成した。音韻刺激については、線形予測分析に基づくスペクトル包絡をフレームごとに求め、白色雑音で駆動することで得られる雑音駆動音声を用いた（線形予測分析の次数は 20 次を使用）。一方、韻律刺激については、Praat [14] の Hum 音声（有声区間に対し声門パルスを推定し、その位置にパルスを立てたパルス列による音源信号を作成後、それを周波数特性が変化しない声道フィルタに通すことで中性母音のフォルマント構造を持たせたもの）を用いた。なお、それぞれの刺激音について、実効値が揃うように振幅を正規化した。

それぞれの単語について上昇調と下降調の 2 文があり、それぞれの文について音韻刺激と韻律刺激を作成した。そして最終的には、音韻刺激を左チャンネル、韻律刺激を右チャンネルに配置したステレオの〈音韻・韻律〉刺激と、韻律刺激を左チャンネル、音韻刺激を右チャンネルに配置したステレオの〈韻律・音韻〉刺激という 2 種の提示条件の刺激を用意した。

2.3 実験参加者

実験には、東京方言を話す海外移住歴の少ない日本語母語話者で、正常な聴力を有し右利きの 19 名（男性 13 名、女性 6 名）に参加してもらった（20~22 歳、平均 21.4 歳）。このうち、2 名（男性 1 名、女性 1 名）は実験

方法を理解していないと判断されたことから、最終的な結果のデータから外した。利き手の調査には、Edinburgh Handedness Inventory を用いた。

2.4 手続き

実験は防音室内で PC とヘッドフォンを用いて行った。実験全体は前半と後半の 2 部構成に分かれ、それぞれにおいて参加者に練習課題 48 問、実験課題 144 問を行ってもらった。1 問につきヘッドフォンからステレオ刺激が提示されるが、その間は PC 画面中央に表示される「+」の記号に注目させた。そして、刺激音の再生が終わった時点で PC 画面に単語の組のうちどちらかをカタカナで表示した。実験参加者には、聞こえた文が上昇調か下降調かの判断と、刺激音中の単語が PC 画面の語と一致しているかを判断してもらった。

ただし、前半（あるいは後半）では上昇調（あるいは下降調）のときだけ回答してもらうように教示した。そして、回答しない場合は 2 秒後に自動的に次の問題に移るように設定した。前半・後半と上昇調・下降調の組み合わせは、参加者に渡ってカウンタバランスを取った。

また、一致・不一致の判断結果は、テンキーのボタンを押してもらうことで回答するよう教示した。その際、テンキー上で横一列に並んだ 4 つのキーに左から左手の中指、左手の人差し指、右手の人差し指、右手の中指を配置してボタンを押してもらった。ボタンの押し方としては、一致（あるいは不一致）と判断された場合に両中指を同時に押す、不一致（あるいは一致）と判断された場合に両人差し指を同時に押すという具合で、一致・不一致と中指・人差し指の組み合わせは、参加者に渡ってカウンタバランスを取った。

練習課題では、正誤のフィードバックを参加者に与え、また同時に刺激音と実験手順に慣れてもらった。実験課題では、正答率のほか、反応時間を測定した。実験参加者には、正確に、かつ出来るだけ速く回答することを意識するよう教示した。なお、反応時間の測定は、単語を示す文字が画面上に表示された時点から開始した。

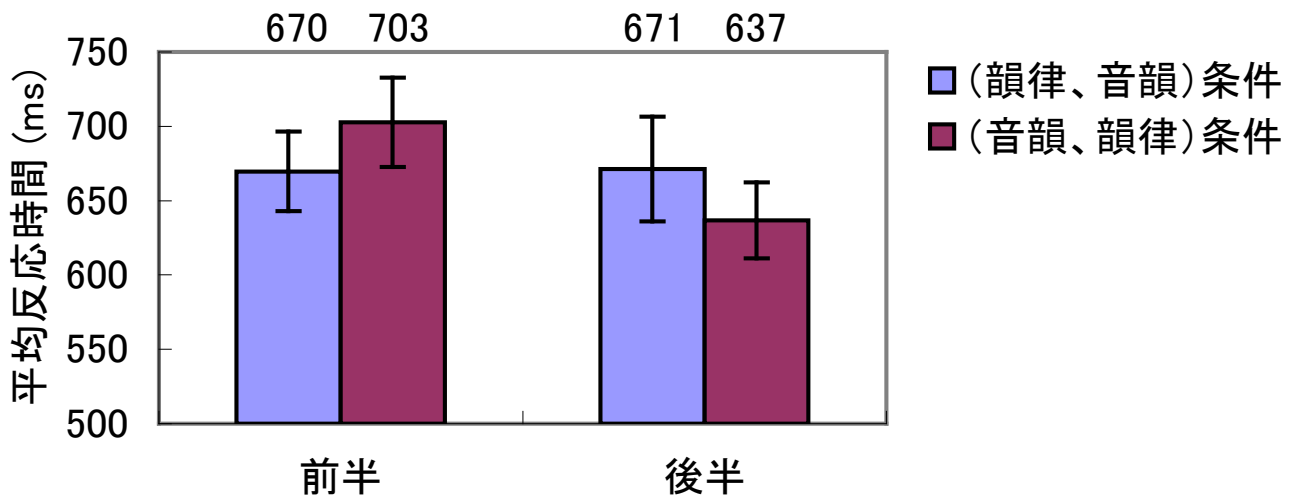


Fig. 1 前半・後半における平均反応時間

2.5 結果・考察

正答率は極めて高かったため、反応時間のみを分析の対象とした。全体の平均正答率は、<音韻・韻律>刺激に対して 670 ms, <韻律・音韻>刺激に対しても 670 ms であり、提示条件に対する主効果は認められなかった。しかし、Fig. 1 に示す前半・後半と提示条件の間で交互作用が認められた ($F(1,17)=16.2$, $MSE=19416.9$, $p<.001$)。Fig. 1 を見ると分かるように、<韻律・音韻>刺激に対しては反応時間が前半・後半でほとんど変化しないのに対して、<音韻・韻律>刺激に対しては反応時間が前半よりも後半で短くなることが示された。

3 おわりに

両耳間の側性化に基づき、両耳からの情報を融合することではじめて回答することができるような両耳融合聴の課題をデザインし、実験を行った。実験では左チャンネルに音韻刺激を、右チャンネルに韻律刺激を配置する<音韻・韻律>刺激のほうが、その逆の<韻律・音韻>刺激よりも反応時間が短くなることが期待された。しかし、実際の実験結果では、実験の前半に予想と同じ傾向が観測されたものの、後半では予想とは逆の傾向が現れていた。より詳しくみると、<韻律・音韻>刺激については反応時間に関し実験の前半と

後半で大きな差はなかったが、<音韻・韻律>刺激については、実験の前半よりも後半で反応時間が短くなっていた。これは、実験に慣れるにしたがって優位でない耳に提示された情報を効率よく処理することができるようになったとも解釈される。しかし、刺激文の中において、音韻情報の違いが存在する位置（単語が挿入されている位置）と、韻律情報の違いが存在する位置（文末）とが時間軸上で異なるタイミングに存在しているため、両耳に与えられる情報を融合するストラテジーを聴取者が獲得するにしたがって成績がよくなったとも解釈できる。いずれにしても、その詳細はさらなる実験によって確かめる必要がある。

謝辞

本研究にあたり、上智大学理工学部荒井研究室の卒業生である桑原恵子さん、奥田拓馬さんに感謝します。また、愛媛大学の立入哉先生にも貴重なご助言をいただきました。ありがとうございました。

内容の一部は日本学術振興会の科学研究費補助金(18530762)、及び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「人間情報科学研究プロジェクト」の助成を得た。

参考文献

- [1] Broadbent, D., "The role of auditory localization in attention and memory span," *Journal of Experimental Psychology*, 47, 191-196, 1954.
- [2] Kimura, D., "Functional asymmetry of the brain in dichotic listening," *Cortex*, 3, 163-168, 1967.
- [3] Ivry, R. B. and Robertson, L. C., *The Two Sides of Perception*, Cambridge, MIT Press, 1997.
- [4] 今富・荒井・菅原監訳, 音声知覚の基礎, 海文堂, 2003.
- [5] Johnsrude, I. S., Zatorre, R. J., Milner, B. A. and Alan, C., "Left-hemisphere specialization for the processing of acoustic transients," *Neuroreport*, 8, 1761-1765, 1997.
- [6] Zatorre, R. J. and Pascal, B., "Spectral and temporal processing in human auditory cortex," *Cerebral Cortex*, 11, 946-953, 2001.
- [7] Poeppel, D., "Pure word deafness and bilateral processing of the speech code," *Cognitive Science*, 25, 679-693, 2001.
- [8] Poeppel D., "The analysis of speech in different temporal integration window: Cerebral lateralization as 'asymmetric sampling in time,'" *Speech Communication*, 41, 245-255, 2003.
- [9] 古屋泉, 森浩一, "左右聴覚野の音声言語処理における機能分化: 多チャンネル近赤外分光法 (NIRS) による検討," *脳と神経*, 55, 226-231, 2003.
- [10] 皆川康代, 森浩一, "言語認知研究における NIRS 機能検査," *臨床神経医学*, 33, 741-747, 2004.
- [11] Bellis, T. J. and Ferre, J. M., "Multidimensional approach to the differential diagnosis of central auditory processing disorders in children," *J. Am. Acad. Audiol.*, 10, 319-328, 1999.
- [12] Willeford, J. A. and Bilger J. M., "Auditory perception in children with learning disabilities," In Katz J., ed., *Handbook of Clinical Audiology*, 2nd Ed., Baltimore, Williams and Wilkins, 410-425, 1978.
- [13] 天野成昭, 近藤公久, 日本語の語彙特性, 三省堂, 1999.
- [14] Boersma, P., "Praat, a system for doing phonetics by computer," *Glott International*, 5:9/10, 341-345, 2001.