

課題番号	Q20L-01
課題名 (和文)	言語音の聞き取りの聴覚情報処理機構に関する基礎的研究
課題名 (英文)	A basic study on mechanism of auditory information processing of listening to speech sounds
研究代表者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 理工学部 電子工学系 教授 氏名 田中 慶太
共同研究者	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名
	所属 (学部、学科・学系・系列、職位) 氏名

研究成果の概要 (和文)

通常の聴力検査では異常が認められないにも関わらず、日常生活における「聞き取り」困難を有する人達が存在している。そこで本研究の目的は、聴覚野の活動を脳磁図による律動的脳反応（聴性定常応答）を指標として、聞き取りの機構の解明を目指す。本研究による言語音の聞き取り機構を解明することで、発達障害との関連性を含め、近年の情報機器端末との普及の弊害についての考察の一助になる。

研究成果の概要 (英文)

There are people who have difficulty in "listening" in their daily lives, even though normal hearing tests do not show any abnormality. Therefore, the purpose of this study is to elucidate the mechanism of listening comprehension by using magnetoencephalography as an indicator of auditory steady-state response to activity in the auditory cortex. The clarification of the mechanism of speech sound listening by this research will help to consider the adverse effects of the recent spread of information devices and terminals, including their relevance to developmental disorders.

1. 研究開始当初の背景

通常の聴力検査では異常が認められないにも関わらず、日常生活における「聞き取り」困難を有する人達が存在し、最近では、聞き取りと発達障害との関連も示唆されている。聞き取り欠損に関する機構として、情報が蝸牛などの末梢から上行して、左右の聴覚野（中枢）に至る聴覚情報処理システムのうち、大きく分けて末梢と中枢の機能の異常や低下が示唆される。ただ聴力検査で異常が認められないため、多くは中枢レベルでの機能低下が大きな要因であると考えられる。そこで本研究の目的は、ヒトの「聞き取り」の機構を中枢（大脳皮質）レベルで解明することである。具体的には、聴覚野の活動を脳磁図による律動的脳反応（聴性定常応答）を指標として、聞き取りの機構の解明を目指す。本研究による言語音の聞き取り機構を解明することで、発達障害との関連性を含め、近年の情報機器端末との普及の弊害についての考察の一助になると予想される。

2. 研究の目的

本研究の目的は、聴覚機能を解明するのに適した脳磁図、さらに脳律動活動を用いることで聞き取りの聴覚情報処理を定量的に評価することであり、これにより聞き取りの聴覚情報処理の解明や、聞き取り困難者の原因の解明の一指標になると考えられる。

3. 研究の方法

言語音の情報処理過程において、両耳から同時に入力された情報が、どのように処理されるか複雑である。本研究は、聞き取りの主観的指標に加えて客観的指標として、他覚的指標（脳律動活動の結果）を用いる。聴覚誘発応答は、一般的に過渡応答と定常応答に分類される。その出現は刺激間隔に依存しており、刺激間隔が十分に長ければ過渡応答、短いと定常応答が現れる。なお振幅変調を受けた音のように繰り返される刺激により、その変調周波数と同じ周波数で聴性定常応答

が誘発される（聴性定常応答の周波数選択性）。加えて、この刺激音に注意を向けることで、振幅が増大することが報告されている。これまで聴覚反応の指標として過渡応答(N100)が広く使用されているが、両耳に対して同時に刺激呈示した場合、脳応答が、どちらの耳からの音声で刺激された応答か、分別することは容易ではない。

そこで本研究では、脳磁図における聴性定常応答の周波数選択性を利用し、言語音を左右で異なる変調周波数で変調することで、両耳に同時に呈示した言語音に対する応答が、左耳からまたは右耳の音に対する応答であることを分類する方法（周波数タグ付け法）を用いる。この手法により、左右半球において、右耳対左耳の脳応答の比を調べるのが可能である。この脳応答の比と、主観的評価（左右耳から入力された言語音を紙に書いて答える）の結果を比較する。聴性定常応答は、被験者の注意により振幅が変化する。そのため、両耳から異なる音声を同時に入力した時の脳内の音声情報処理に注意機構が関係しているのであれば、健常者の結果は、脳反応と主観的評価の対応が得られる。一方、聞き取り困難者は、両者に対応がないと予想される。

4. 研究成果

実験参加者は、健常成人 18 名（全員右利き）であり、聴覚正常であることを確認している。なお脳磁図計測前に被験者全員にインフォームド・コンセントを得ており、実験は、東京電機大学ヒト生命倫理委員会の承認を得ている。

両耳分離聴タスクで呈示する刺激音は、呈示時間は 330-503ms の 48 種類の二音節の言語音（「アカ」、「イヌ」など）をそれぞれ 35Hz と 45Hz に振幅変調したものを使用した。振幅変調の変調度は 1.0 とし呈示音圧は 90dB とした。実験参加者ごとに呈示の順番はランダムとし、また変調周波数と言語音の組み合わせによる影響を考慮した。実験は、Active と Passive 条件で実験を行った。Active 条件では、実験中に左右から知覚した言語

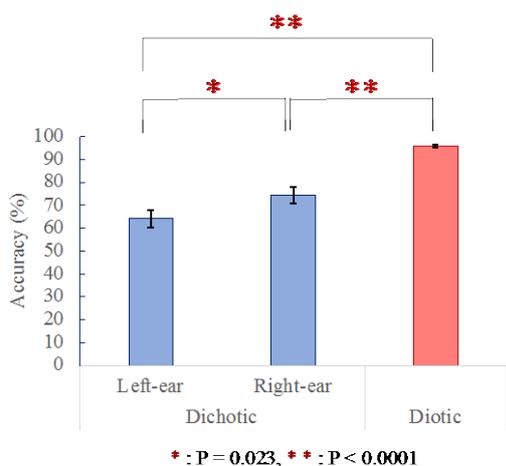


図 1. 両耳分離聴タスクの正答率. Dichotic は両耳分離聴タスク. Diotic は両耳同音聴タスク.

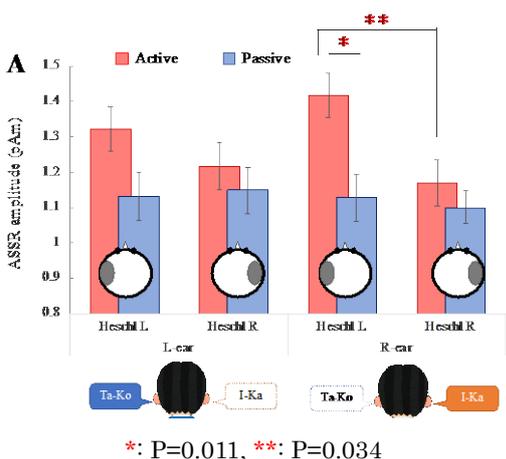


図 2. 両耳分離聴タスク時の聴性定常応答の振幅の比較. Heschl L は左聴覚野. Heschl R は右聴覚野. L-ear は左耳の音に対する応答. R-ear は右耳に対する応答を示す.

音を無音区間で記入するように指示し各耳の正答率を求めた. Passive 条件では, 実験中に無音で字幕なしの映像を呈示した.

行動実験の結果, 図 1 に示すように左耳に比べて右耳の正答率が有意に高く, 先行研究と同様に右耳優位が示された. 図 2 に両耳分離聴タスク時の聴性定常応答の振幅の結果を示す. 図 2 より脳磁図による聴性定常応答の振幅は, Passive 条件に比べて Active 条件で統計的に有意に大きかった ($p < 0.05$). このことから 40Hz 成分の ASSR は,

聴覚情報の認知処理との関連を示唆する. また左聴覚野において, 右耳に対する聴性定常応答の振幅が左聴覚野に比べて有意に大きかった ($p = 0.034$). これらの結果より両耳分離聴における右耳優位に対する神経生理学的な関連を 40Hz 成分の ASSR により明確にできることを示唆する.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、共同研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① Nina Pilyugina, 塚原彰彦, 田中慶太, Convolutional neural network for octave illusion classification, 電気学会論文誌 C, 142-5, pp.543-549(2022) 査読あり
- ② N Pilyugina, A Tsukahara, K Tanaka: Comparing methods of feature extraction of brain activities for octave illusion classification using machine learning, Sensors, 21(19), 6407 (2021) 査読あり
Doi: <https://doi.org/10.3390/s21196407>
- ③ K. Tanaka, B. Ross, S. Kuriki, T. Harashima, C. Obuchi, H. Okamoto: Neurophysiological evaluation of right-ear advantage during dichotic listening, Front. Psychol., 12 696263. 査読あり
Doi: [10.3389/fpsyg.2021.696263](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.696263) (2021)
- ④ 相沢圭輝, Nina Pilyugina, 塚原彰彦, 田中慶太: 周波数タグ付けを用いたオクターブ錯聴における聴覚情報処理, 電気学会論文誌 C, 140-7, pp.762-768 (2020) 査読あり
[図書] (計 3 件)
- ① 担当執筆 「第 15 章 画像研究」第 10 巻 神経・生理心理学 (公認心理師の基礎と実践), 遠見書房, 2021 年 3 月刊行 総 7 ページ
- ② 翻訳 「ヒトの耳 機械の耳 —聴覚のモデル化から機械学習まで」東京電機大学出版, 2021 年 2 月刊行 総 688 ページ
- ③ 担当執筆 「聴覚情報処理検査 (APT) マニュアル, 学苑社, 2021 年 1 月刊行 総 76 ページ

