

令和 5 年 6 月 14 日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K12578

研究課題名（和文）ヒトの言語音聞き取りに関連する脳内情報処理機構の解明

研究課題名（英文）Auditory information processing related to listening to verbal sounds

研究代表者

田中 慶太（Tanaka, Keita）

東京電機大学・理工学部・教授

研究者番号：10366403

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

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する。しかし「聞き取り」を評価する聴覚検査は、未だ一般に普及しているとは言い難く、簡易で正確な他覚的な検査方法が求められている。そこで本研究の目的は、人の「聞き取り」の客観的な評価方法を確立することである。具体的には、音の周波数に感度の良い聴覚野の律動的脳反応（聴性定常応答）を利用して、聞き取り能力の聴覚検査法の確立を目指す。本研究では、聞き取り能力の検査法である両耳分離聴検査における自覚検査結果と脳磁図を利用した脳律動活動の計測（他覚的検査法）結果に線形関係があるのが定量評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在の聴力検査のように、ある特定の周波数（純音：500Hz, 1kHzなど）の音に対する聴力レベルだけでは、人の「聞こえ」を評価することはできない。そこで本研究のように、自覚検査と他覚的検査法である聴覚野の活動を計測を加え、評価することで、人の言語音に対する聞き取りを定量的評価することが可能であると考えられる。また本結果は、自覚的検査で評価できない、乳幼児の聴力検査の一助になりうることを示唆する。

研究成果の概要（英文）：There are people who have difficulty in hearing in daily life, even though normal hearing tests do not show any abnormality. However, auditory tests to evaluate "listening" are not yet widely used, and there is a need for a simple, accurate, and objective hearing tests. The purpose of this study is to establish an hearing tests for human listening. Specifically, we aim to establish an auditory test method for listening using the rhythmic brain response of the auditory cortex, which is sensitive to sound frequencies (auditory steady-state response). In this study, we quantitatively evaluated whether there is a linear relationship between the subjective test results of the dichotic listening test and the results of the measurement of rhythmic brain activity using magnetoencephalogram, which is a test method for listening.

研究分野：医用生体工学

キーワード：聴覚 聞き取り 脳磁図

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、一般的な純音聴力検査では正常であるが、他人が何を言っているか聞き取れない、いわゆる、聞き取り困難者の症例が報告されている(学童期の子供で2~3%, 男女比2:1)。聞き取り困難の原因が明確になっていないため、臨床及び教育現場での診断と対応に未だに少なからず混乱が見受けられる。こうした疾患に対しての介入方法も、統一した見解がないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究は、聞き取り困難の一要因として、脳の中樞神経系の何らかの機能低下や障害と推察している。つまり、脳において音声情報の処理に問題があるために、音声解釈がうまくいかないと考える。くわえて、聞き取り困難者は、周囲に騒音がある中で、雑音を排除して、必要な情報だけを抽出して聞き取るカクテルパーティ効果に障害が生じることも報告されている。この解明には、聞き取り時における音声情報処理を、時空間分解能に優れた脳活動計測機器を用いて明確にする必要がある。そこで、本研究は、健常者と聞き取り困難者による言語音の聞き取り時の脳活動(中枢神経活動)の明確化に脳磁図を使用する。脳磁図により得られる脳律動活動を指標とす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となると予想する。

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(脳律動活動)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)。さらに、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ことが可能である。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、実験参加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関連性が得られる。一方、聞き取り困難者は、両者に関連性がないと予想される。主観的指標と他覚的指標の結果の関連性を示し、「聞き取り」の定量的評価法を検討する。

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。

両耳分離聴検査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

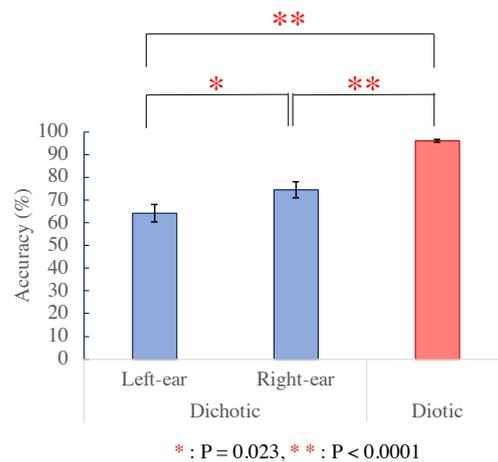


図1. 両耳分離聴タスクの正答率. Dichoticは両耳分離聴タスク. Dioticは両耳同音聴タスク.

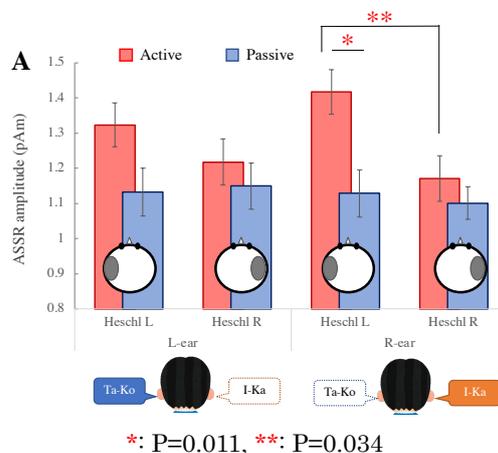


図2. 両耳分離聴タスク時の聴性定常応答の振幅の比較. Heschl Lは左聴覚野. Heschl Rは右聴覚野. L-earは左耳の音に対する応答. R-earは右耳に対する応答を示す.

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見るように指示し、回答を求めない。

行動実験の結果を図 1 に示す。この結果より、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 成分の聴性定常応答は、聴覚情報の認知処理（注意機能）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 ($p = 0.034$)。

図 3 に主観的指標（左右耳から入力された言語音を紙に書いて答える）の結果の右耳対左耳の比（Laterality, 右耳優位 REA, 左耳優位 LEA）と左右聴覚野の聴性定常応答の振幅との関連性を示す。この結果より、左聴覚野（Left AC, 青線）における聴性定常応答の振幅は、行動実験の結果の Laterality と有意な相関があることが分かる。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と脳律動活動により定量的に評価にできることを示唆する。さらに聞き取りにヒトの注意機能が関連していることを示唆する。

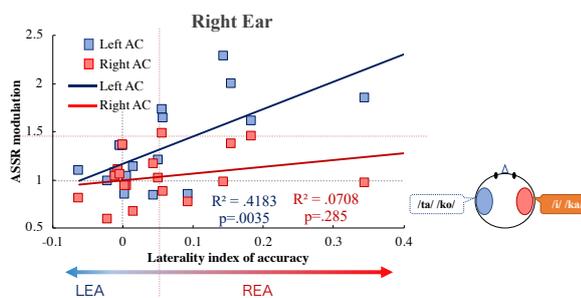


図 3. 聴性定常応答の振幅-周波数特性

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Pilyugina Nina, Tsukahara Akihiko, Tanaka Keita	4. 巻 142
2. 論文標題 Convolutional Neural Network for Octave Illusion Classification	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 543 ~ 549
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.142.543	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Tanaka Keita, Ross Bernhard, Kuriki Shinya, Harashima Tsuneo, Obuchi Chie, Okamoto Hidehiko	4. 巻 12
2. 論文標題 Neurophysiological Evaluation of Right-Ear Advantage During Dichotic Listening	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Psychology	6. 最初と最後の頁 696263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fpsyg.2021.696263	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する
1. 著者名 Pilyugina Nina, Tsukahara Akihiko, Tanaka Keita	4. 巻 21
2. 論文標題 Comparing Methods of Feature Extraction of Brain Activities for Octave Illusion Classification Using Machine Learning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 6407 ~
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/s21196407	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Anzai Yuki, Tsukahara Akihiko, Tanaka Keita, Uchikawa Yoshinori	4. 巻 140
2. 論文標題 Design and Trial Production of Stochastic Resonance Processor using FPGA	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 858 ~ 859
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.140.858	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tsukahara Akihiko, Anzai Yuki, Tanaka Keita, Uchikawa Yoshinori	4. 巻 140
2. 論文標題 A Design of EEGNet based Inference Processor for Pattern Recognition of EEG using FPGA	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 737 ~ 746
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejieiss.140.737	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Aizawa Yoshiki, Pilyugina Nina, Tsukahara Akihiko, Tanaka Keita	4. 巻 140
2. 論文標題 Neural Processing of Octave Illusion in Auditory Cortex Revealed by Frequency Tagging Method	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 762 ~ 768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejieiss.140.762	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tanaka Keita, Tsukahara Akihiko, Uchikawa Yoshinori, Hornberger Erik, Mizutani Shohei, Yokoyama Kazuhiro, Yamaguchi Takashi, Tsunematsu Shoji, Kato Takanori, Narasaki Katsuhiro	4. 巻 140
2. 論文標題 Superconducting Self-shield and Zero Boil-Off MEG Systems	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 856 ~ 857
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejieiss.140.856	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 柏戸昌也, 今井章, 高瀬弘樹, 塚原彰彦, 田中慶太
2. 発表標題 仮現運動に関連する脳活動の検討
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nao Asami, Keita Tanaka
2. 発表標題 Evaluation of Auditory Steady State Response in MEG During a Dichotic Listening Test
3. 学会等名 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅見 直生, 塚原 彰彦, 田中 慶太
2. 発表標題 両耳分離聴検査時の周波数タグ付けを用いた聴覚 情報処理の検討
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 戸堀賢太郎, 栗城眞也, 田中慶太
2. 発表標題 安静時fMRI 信号波形の機能的結合と領域内 BOLD信号に関する検討
3. 学会等名 第35回 日本生体磁気学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 戸堀賢太郎, 栗城眞也, 田中慶太
2. 発表標題 安静時fMRI信号波形の機能的結合度とBOLD信 号の関係に関する検討
3. 学会等名 第22回 日本ヒト脳機能マッピング学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 相沢圭輝, ピリュギナ ニーナ, 塚原彰彦, 田中慶太
2. 発表標題 周波数タグ付け法を用いたオクターブ錯聴と非錯聴の脳内活動
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuki Anzai, Akihiko Tsukahara, Keita Tanaka, Yoshinori Uchikawa
2. 発表標題 Stochastic Resonance Circuit using FPGA for Weak Signal Detection
3. 学会等名 42nd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安西優貴, 塚原彰彦, 田中慶太
2. 発表標題 FPGAによる脳磁図解析専用回路の設計・試作
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム 2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuki Anzai, Akihiko Tsukahara, Keita Tanaka
2. 発表標題 Design and Trial Production of MEG Analysis Processor using FPGA
3. 学会等名 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 K. Watanabe, A. Tsukahara, K. Tanaka
2. 発表標題 Brain asymmetry in dichotic listening task
3. 学会等名 BIOMAG2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 梅田 聡	4. 発行年 2021年
2. 出版社 遠見書房	5. 総ページ数 272
3. 書名 神経・生理心理学	

1. 著者名 リチャード・F・ライオン、根本 幾、田中 慶太	4. 発行年 2021年
2. 出版社 東京電機大学出版局	5. 総ページ数 688
3. 書名 ヒトの耳 機械の耳	

1. 著者名 加我君孝、小淵千絵、原島恒夫、田中慶太、坂本圭、小林優子	4. 発行年 2021年
2. 出版社 学苑社	5. 総ページ数 80
3. 書名 聴覚情報処理検査 (APT) マニュアル	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小淵 千絵 (Obuchi Chie) (30348099)	国際医療福祉大学・成田保健医療学部・教授 (32206)	
研究分担者	原島 恒夫 (Harashima Tsuneo) (70262219)	筑波大学・人間系・教授 (12102)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関