

令和元年6月25日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01376

研究課題名(和文) 脳律動性活動による聴覚情報処理過程の検討と聴覚機能の他覚的検査法への応用

研究課題名(英文) Examination of auditory information processing process using brain rhythmic activity and application to objective audiometry of auditory function

研究代表者

田中 慶太 (TANAKA, Keita)

東京電機大学・理工学部・准教授

研究者番号：10366403

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：聴力を評価する聴覚検査には、成人の選別聴力検査(自覚的)が広く普及しているが、一方で他覚的検査方法は、未だに一般に普及しているとは言い難く、簡易で正確な検査方法が求められている。本研究では簡易に計測できる律動的聴覚野の脳反応(聴性定常応答)を利用して、正確で安全な聴覚検査システムへの展開を目指した。研究の成果として、この聴性定常応答を利用することで、言語音に対する「聞き取り」の聴覚情報処理を明確にした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで、聴覚検査には、自覚的な方法が用いられていたため、補聴器や人工内耳の周波数調整時においてその正確さに欠ける点が問題であった。聴覚野の反応である聴性定常応答を用いることで他覚的な検査をヒトの精神的な状態に依存すること無く検査することが可能である、また自覚的検査を適用できない乳幼児の他覚的な聴覚検査法への一助になりうることを示唆する。

研究成果の概要(英文)：The hearing test is widely used for the selective hearing test for adults, while the objective test method is still not commonly used, and a simple and accurate test method It has been demanded.

In this study, we aimed to develop an accurate and safe auditory inspection system by using brain responses (Auditory steady-state responses) in auditory cortex that can be easily measured. As a result of study, we used this auditory steady-state response to clarify auditory information processing of "listening" for speech sounds.

研究分野：医用生体工学

キーワード：聴覚検査 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

聴力を評価する聴覚検査には、成人の選別聴力検査(自覚的)が広く普及しているが、一方で新生児聴覚スクリーニング検査に代表される他覚的検査方法は、未だに一般に普及しているとは言いがたく、簡易で正確な検査方法が求められている。本研究では簡易に計測できる律動的聴覚野の脳反応(聴性定常応答)を利用して、正確で安全な聴覚検査システムへの展開を目指す。

聴性定常応答は、その律動性により周波数解析が可能であり、その周波数特性を利用し聴力レベルを判定する。この聴性定常応答を利用することで、聴覚スクリーニング検査に限らず、言語音に対する「聞き取り」の聴覚情報処理が明らかになることが期待される。

### 2. 研究の目的

本研究は、正確で簡便な他覚的な聴覚検査の普及を目指して、聴性定常応答を指標とした聴覚検査の精度向上とその有用性を検討する。具体的には、聴性定常応答における、提示音の周波数に依存した振幅特性を明確にする。さらに、「聞き取り」検査の一種である両耳分離聴刺激における、聴覚野の情報処理を視覚化することを目的として、以下の内容に取り組む。

- (1) 健常者における聴性定常応答の周波数特性を明確にし、その特徴を捉える。
- (2) 言語音に対する「聞き取り」の聴覚情報処理の検討する。
- (3) 簡便な聴覚検査法を目指して諸技術を検討し提案する。

### 3. 研究の方法

- (1) 健常者における聴性定常応答の聴覚周波数特性(440Hz~8kHz)を明らかにする基礎的研究。

脳磁図を用いて、短時間呈示(1秒)として、振幅変調音のキャリア周波数、音圧を変化させた時の聴性定常応答の振幅の特性を検討した。しかし聴性定常応答の1kHzまでの周波数特性しか検討していない。そこで1kHz以上8kHz以下の特性の詳細な検討を行う。

- (2) 聴性定常応答を高振幅で誘起する刺激法と計測信号のSN比の向上の信号処理技術の開発。

聴性定常応答の振幅は、個人差による影響が大きかった(聴覚反応が小さい被験者がいる)。そのため申請者らは、統計手法を用いて、それに対応してきた。更なる正確な診断を実現するため、聴性定常応答を高振幅で誘起する手法を検索する。そこで刺激条件(刺激音の種類(チャープ音など)、刺激音の呈示方法など)を変え、繰り返し実験する。そして高振幅を誘起しやすい条件を特定する。

- (3) 言語音に対する「聞き取り」の聴覚情報処理の検討。

聞き取りの困難さの検査法である両耳分離聴検査時における脳磁図を計測した(未発表)。両耳分離聴検査とは、両耳に異なる検査語(言語音(単音節や単語)、数字など)を呈示して、検査者は両耳から聞こえた検査語を再生する自覚的及び行動学的検査方法である。ここでは、他覚的に調べるため、呈示した言語音を左右異なる周波数で振幅変調し、両耳に呈示することで、左右の変調周波数に応じた聴性定常応答を誘発させて、左右どちらからの耳から呈示された検査音に対する脳活動を調べるのが可能となる。聞き取りが正常な被験者は、一般に聴覚情報処理は交叉性優位が知られており、それに対応した脳活動が観測されると予想する。

### 4. 研究成果

- (1) 本研究では、等ラウドネス曲線を基準に、聴覚提示音である振幅変調音の搬送波周波数を変化させた時の聴性定常応答の振幅-周波数特性を図1に示す。この結果より、聴性定常応答は音圧レベルに応じた振幅-周波数特性を示した。この結果から聴性定常応答の振幅は、等ラウドネス曲線とほぼ一致しており、聴覚機能を反映していることが示唆される。

- (2) 聴性定常応答の振幅がより大きくなるために、提示音として最適チャープ音を用いて検討した。最適チャープ音とは、クリック音はすべての周波数を持っているため、蝸牛内基底膜の有毛細胞の全体を振るわせることが、可能であるが、実際の基底膜の振動は、鼓膜側の高音部分と蝸牛頂点の低音部分で時間差が生じる。そこでこの波動の伝達速度を考慮して周波数を変化させた音を作成し、提示音として用いた。その結果、聴性定常応答の振幅は、振幅変調音に比べて、平均で約50%増加した。さらにこのチャープ音をスイープさせることにより、広帯域な周波数帯域の検査が可能となり、比

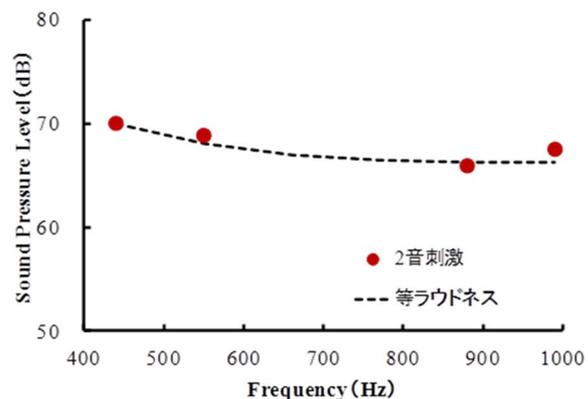


図1. 聴性定常応答の振幅-周波数特性

較的様々周波数を含んだ音の「聞こえ」の検査に繋がると期待される。

- (3) 本研究では、聞き取り検査の一種である両耳分離聴検査を用いた。両耳分離聴検査では、左右の耳に同時に異なる刺激音(数字, 有意味語, 言語音など)を提示する。このタスクでは、行動実験により右耳優位が報告されており、右耳優位性と言語能力との関連も報告されている。一方で、右耳優位と神経生理学的な報告は少ない。そこで本研究では、両耳分離聴検査を用いて、左右に異なる二音節の言語音を同時に呈示したときの脳反応を脳磁図により計測し、その関連を明確にすることである。具体的には、聴性定常応答(を用いて両耳に言語音を呈示することにより同側・対側反応を弁別し、両耳分離聴タスクに対する聴覚情報処理の様式を視覚化する。

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 条件と 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呈示した。

行動実験の結果、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。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との関連を示唆する。また右耳優位のグループにおいて、右耳に対する ASSR の振幅が有意に大きかった( $p < 0.05$ )。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 成分の聴性定常応答により明確にできることを示唆する。

## 5. 主な発表論文等

### [雑誌論文](計 5 件)

塚原彰彦, 山田雅之, 田中慶太, 内川義則, スピーチイメージに関連した脳波周波数成分とその識別に関する検討, 電気学会論文誌 C, 査読あり, 139-5, 2019, 588-595

田中慶太, 非侵襲生体信号の処理と解析-VI fMRI による計測と解析方法, システム制御情報学会誌, 査読あり, 62-2, 2018, 521-526.

K. Tanaka, H. Kurasaki, S. Kuriki: A neural representation of octave illusion in the human cortex revealed with functional magnetic resonance imaging, *Hear. Res.*, 査読あり, 359, 2018, 85-90  
Y. Zhang, B. Cheng, T. K. Koerner, R. S. Schlauch, K. Tanaka, M. Kawakatsu, I. Nemoto, T. Imada: Perceptual Temporal Asymmetry Associated with Distinct ON and OFF Responses to Time-Varying Sounds with Rising versus Falling Intensity: A Magnetoencephalography Study, *Brain Sciences*, 査読あり, 6-3, 2016, 27

田中慶太, 安田誠一郎, 栗城眞也, 内川義則: 視覚刺激による快 - 不快情動が体性感覚野に及ぼす影響の検討, 電気学会論文誌 C, 査読あり, 136-9, 2016, 1298-1304

### [学会発表](計 22 件)

相沢圭輝, 田中慶太, オクターブ錯聴の定常応答による刺激呈示音の検討, 第 58 回日本生体医工学会大会, 沖縄コンベンションセンター, 沖縄県, 宜野湾市, 2019 年 6 月 6 日~8 日  
飯島健太, 田中慶太, 下田大世, 情動による脳磁界聴性定常応答の変調, 第 58 回日本生体医工学会大会, 沖縄コンベンションセンター, 沖縄県, 宜野湾市, 2019 年 6 月 6 日~8 日  
浅見直生, 田中慶太, 両耳分離聴検査時の聴性定常応答の検討, 第 58 回日本生体医工学会大会, 沖縄コンベンションセンター, 沖縄県, 宜野湾市, 2019 年 6 月 6 日~8 日

E. Hornberger, Y. Zhang, S. Tsunematsu, K. Yokoyama, K. Narasaki, M. Shinohara, K. Tanaka, Y. Uchikawa, Y. Matsubara, T. Kato, Superconducting Self-shielded Zero Boil-Off MEG System for Real-Time Analysis, 21th International Conference on Biomagnetism (Biomag2018), Philadelphia, USA, 2018 年 8 月 26 日~30 日(国際学会)

田中慶太, 高橋悠太, 栗城眞也, 原島恒夫, 小淵千絵, 岡本秀彦, 言語音の両耳呈示時における右耳優位性, 第 57 回日本生体医工学会大会, 札幌コンベンションセンター, 北海道, 札幌市, 2018 年 6 月 19 日~21 日

K. Tanaka, Y. Takahashi, S. Kuriki, Frequency tagging to track auditory neural processing during dichotic listening task, World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering 2018 (WC2018), Prague, Czech Republic, 2018 年 6 月 3 日~8 日(国際学会)

田中慶太, 両耳分離聴タスクにおける聴覚情報処理の検討, 第 47 回日本臨床神経生理学会学術大会, 神奈川県, 横浜市, 2017 年 11 月 29 日~12 月 1 日

小林実樹哉, 田中慶太, 情動が聴覚野の律動性活動に及ぼす影響, 平成 29 年電気学会 C 部門大会, 香川県, 高松市, 2017 年 9 月 6 日~9 月 9 日

高橋悠太, 田中慶太, 原島恒夫, 小淵千絵, 言語音による両耳分離聴タスク時における聴覚情報処理, 平成 29 年電気学会 C 部門大会, 香川県, 高松市, 2017 年 9 月 6 日~9 月 9 日

正慶宗一郎, 倉崎大樹, 田中慶太, 栗城眞也, 周波数タグ付けによるオクターブ錯聴時の聴覚情報処理, 平成 29 年電気学会 C 部門大会, 香川県, 高松市, 2017 年 9 月 6 日~9 月 9 日  
加藤優一, 栗城眞也, 田中慶太, 安静時 fMRI による脳の機能的結合の検討, 平成 29 年電気学会 C 部門大会, 香川県, 高松市, 2017 年 9 月 6 日~9 月 9 日

K. Tanaka, Modulation of auditory steady-state responses related to auditory function, BMEiCON2016 Laung Prabang, LAOS, 2016 年 12 月 7 日~9 日(招待講演)(国際学会)

S. Shokei, H. Kurasaki, K. Tanaka, S. Kuriki, Auditory steady-state response modulated by stimuli inducing octave illusion, 20th International Conference on Biomagnetism (BIOMAG2016), Seoul, Korea, 2016 年 10 月 1 日~6 日

K. Tanaka, M. Kobayashi, S. Yasuda, K. Yunokuchi, S. Kuriki, Y. Uchikawa, Positive and Negative emotions affect the somatosensory cortex, 20th International Conference on Biomagnetism (BIOMAG2016), Seoul, Korea, 2016 年 10 月 1 日~6 日

倉崎大樹, 沼尾亮祐, 根本幾, 田中慶太, 栗城眞也, オクターブ錯聴により誘起された脳活動の検討, 生体医工学シンポジウム 2016, 北海道, 旭川市, 2016 年 9 月 17 日~18 日

加藤優一, 沼尾亮祐, 田中慶太, 栗城眞也, 音階錯聴現象における刺激速度に依存する脳活動の変化, 平成 28 年度電気学会 電子・情報・システム部門大会, 兵庫県, 神戸市, 2016 年 8 月 31 日~9 月 3 日

正慶宗一郎, 倉崎大樹, 田中慶太, 栗城眞也, MEG によるオクターブ錯聴刺激次の聴性定常応答の検討, 平成 28 年度電気学会 電子・情報・システム部門大会, 兵庫県, 神戸市, 2016 年 8 月 31 日~9 月 3 日

加藤優一, 沼尾亮祐, 田中慶太, 栗城眞也, fMRI を用いたオクターブ錯聴に関連する活動部位の検討, 第 31 回日本生体磁気学会大会, 石川県, 金沢市, 2016 年 6 月 9 日~10 日

倉崎大樹, 沼尾亮祐, 根本幾, 田中慶太, 栗城眞也, fMRI を用いた左右耳への刺激音による聴性誘発反応の解析, 第 31 回日本生体磁気学会大会, 石川県, 金沢市, 2016 年 6 月 9 日~10 日

元木雄基, 栗城眞也, 田中慶太, 内川義則, fMRI を用いた左右耳への刺激音による聴性誘発反応の解析, 第 31 回日本生体磁気学会大会, 石川県, 金沢市, 2016 年 6 月 9 日~10 日

⑳ 倉崎大樹, 沼尾亮祐, 根本幾, 田中慶太, 栗城眞也, オクターブ錯聴における錯聴・非/不完全錯聴の fMRI による検討, 第 55 回日本生体医工学会大会, 富山県, 富山市, 2016 年 4 月 26 日~28 日

㉑ 高橋悠太, 中世古悠介, 田中慶太, 栗城眞也, 原島恒夫, 小淵千絵, 左右耳に入力された言語音の聴覚情報処理, 第 55 回日本生体医工学会大会, 富山県, 富山市, 2016 年 4 月 26 日~28 日

〔図書〕(計 2 件)

田中慶太他, 東京電機大学出版, 医用工学の基礎, 240 ページ, 2019

田中慶太他 北大路書房, 生理心理学と精神生理学 第 1 巻 基礎, 320 ページ, 2017

〔その他〕

ホームページ等

<https://ra-data.dendai.ac.jp/tduhp/KgApp?kyoinId=ymdegeobggy>

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名: 原島 恒夫

ローマ字氏名: HARASHIMA, Tsuneo

所属研究機関名: 筑波大学

部局名: 人間系

職名: 教授

研究者番号(8桁): 70262219

研究分担者氏名: 小淵 千絵

ローマ字氏名: OBUCHI, Chie

所属研究機関名: 国際医療福祉大学

部局名: 保健医療学部

職名：准教授

研究者番号（8桁）：30348099

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。