

純音刺激による脳波 Fp1 部位の反応に関する解析

主任研究者：小川郁（慶應義塾大学医学部耳鼻咽喉科）

分担研究者：満倉靖恵（慶應義塾大学理工学部）

神崎晶（慶應義塾大学医学部耳鼻咽喉科）

研究要旨

A 研究目的

本研究では脳波を用いて音の高さを認識する方法を提案し、その有効性を検証することを目的とした。とくに、大型脳波計測器を用いた音の有る無しに関する研究はこれまでも行われているが、本研究は簡易型脳波計測器を用いた装着に 1 分以内の装置に注目し、この脳波計測器を用いて音の高さを認識させる事を目的としている。

さらに、耳鳴りがある際の脳波を取得し、脳波のみを見ることで耳鳴りの有無を検出する方法を提案した。

B 研究方法

本実験では、健常者が様々な高さの単一周波数の音を聴いているときの脳波を計測する。はじめに、被験者は椅子に着席し、脳波計およびヘッドホンを装着する。1 回の脳波計測は 20 秒間行なう。計測開始時から 10 秒の間、音を聴いていない状態の被験者の脳波を計測する。音を聴いていない状態をここでは平常状態とする。計測開始時から 10 秒が経過した時点で 1 種類の音を発生し、音を聴いている状態の被験者の脳波を 10 秒間計測する。計測をしている間、被験者は閉眼状態となる。眼を閉じた状態で計測することで、瞬きにより眼の周囲の筋肉から生じる電気信号が脳波デ

ータに混入することを抑制できる。さらに、視覚情報の脳波への影響を防ぐことができる。

実験に用いる音の種類は 11 種類で、125, 250, 500, 800, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000Hz とする。これらの音は臨床現場のピッチマッチテストで実際に用いられている。被験者は 11 種類の音をランダムに聴取することを 2 回繰り返す。このとき、音の大きさは音量一定とする。

本実験では、脳波計として図 1 に示す簡易型脳波計を用いる。従来は脳波計測機器として大型脳波計が多く用いられてきた。大型脳波計では、複数の電極から脳波を取得できるため、詳細な脳波解析を行なうことができる。また脳波を計測するために被験者が脳波計測器を装着するまでに平均約 40 分を要し、さらには頭皮と電極の間にペーストやジェルを使用してノイズを押える事が必要である。しかしながら、大型脳波計は装着による被験者への負担が大きい点で問題である。また大型脳波計は形状がキャップ型であるため、装着時に被験者の頭部に締め付け感を与える。このような理由で、大型脳波計による計測は被験者にストレスを与える。そこで本研究では、大型脳波計を簡易化した簡易型脳波計を用いる。簡易型脳波計は、大型脳波計に比べて負担の小さな脳波計測を可能にする。簡易型脳波計は形状がバンド型で

あるため、装着しても頭部に締め付け感を与えない。また、1分程度で装着可能で、電解質としてジェルではなく、水を用いる。このため、簡易型脳波計は大型脳波計より被験者に与える負担が小さいと言える。したがって、簡易型脳波計は、臨床現場においても容易に使用していくことができる可能性がある。簡易型脳波計の仕様により、サンプリング周波数は1024Hzである。また、脳波計測部位は図2に示す国際10-20法においてFp1と定められている。この部位は脳の前頭葉に位置している。

被験者は10代から30代の男女30名である。全データから欠損データを取り除き、19名分のデータを解析に使用する。使用するデータの被験者の平均年齢は25.4歳である。



図1 簡易型脳波計

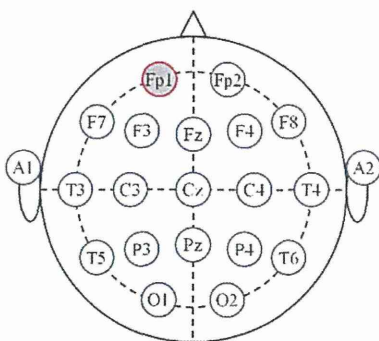


図2 国際10-20法

脳波解析

(音の推定について)

脳波の特徴量の取得

データの前処理としてフーリエ変換を用いる。

フーリエ変換は、信号に含まれている周波数成分を捉えるために用いられる手法である。本解析では、フーリエ変換を適用することで、脳波の時系列データから脳波の周波数成分である振幅スペクトル値を取得する。1回の計測で得られる20秒分の脳波データに対し、0.5秒ごとにハニング窓をかけ、フーリエ変換を適用する。これにより、0.5秒ごとに周波数成分が得られ、1回の計測から40のデータを取得できる。この変換のイメージを図3(b)に示す。平常状態の脳波を10秒間、音聴取時の脳波を10秒間計測したため、40のデータのうち、平常状態のデータが20、音聴取時のデータが20である。サンプリング周波数をFsとし、1つの窓内のサンプリング点の数をNsとすると、脳波の周波数成分の分割区間はこれらの比Fs/Nsで与えられることが知られている。このため、脳波の周波数の分割区間は2Hzとなる。本解析では、脳波として有効と言われている4-22Hzの脳波の振幅スペクトルデータに着目するため、この区間の周波数において2Hz刻みで得る10の周波数における振幅スペクトル値を扱う。すなわち、10次元のデータを扱うものとする。

ここで、平常状態の振幅スペクトル値の平均を脳波の周波数ごとに算出する。次に、音聴取時の脳波の振幅スペクトル値から平常時の平均スペクトルを差し引く。ここで得る値を特徴量とする。1回の脳波計測から得る特徴量の数は20である。1種類の音につき2回計測を行なうため、40の特徴量を取得する。取得した特徴量は識別器へ入力する。本研究ではサポートベクタマシン(SVM)を用いて結果を抽出した。

(脳波を用いた耳鳴り有無の検証実験について)

単一周波数の耳鳴音が聴こえている被験者の耳鳴り周波数の高低を脳波により推定可能か推定することを目指す。

まず、一般的に 4000Hz 以上は老人性難聴である場合が多いため、耳鳴音の高さが 4000Hz 未満と 4000Hz 以上の人の脳波を識別可能か検証する。しかしながら、仮に脳波に耳鳴音の高さの影響が表れるとしても、4000Hz を境に識別できるかは予め分からない。

そこで、次に、脳波が潜在的に分かれやすいような耳鳴音の周波数があるか調べる。そのような周波数がある場合、耳鳴音の高さがその周波数より高いか低いかの違いにより分類できるか調べた。

解析の流れ

(1) フーリエ変換後、被験者ごとに平均スペクトルの算出

(2) クラスタ分析

⇒脳波が潜在的に分かれやすい耳鳴音の高さがあるのか検証

⇒耳鳴音が 4000Hz 以下の患者と 8000Hz 以上の患者の脳波は潜在的に分かれやすいと判断

(3) ROC 曲線により脳波の各周波数の識別性能を評価

⇒脳波の各周波数成分に耳鳴音の高低による違いがあるのか検証

① 一般的に老人性難聴か否か判断する目安となる周波数があるのか

⇒耳鳴音が 2000Hz 以下の患者 6 名と 4000Hz 以上の患者 10 名の脳波の識別

② クラスタ分析の結果において分かれやすい可能性がある周波数を使用

⇒耳鳴音が 4000Hz 以下の患者 9 名と 8000Hz 以上の患者 7 名の脳波の識別

験者に共通して、RBF カーネルを用いた場合に識別率は最大となった。ただし、カーネル関数の最適パラメータは被験者ごとに異なる値であった。表 1 には、被験者において最も良好な識別率が得られたときの結果を記載している。この結果より、脳波データを用いて平均 24.5%の精度で聴いていた音の高さを識別できていることが分かる。次に、比較的識別率が良好であった被験者 18 の脳波データがどのように分類されたか調べる。表 2 は、実際に聞いていた音の周波数のクラス（正解クラス）ごとに、脳波データが判別されたクラス（判別クラス）のデータ数を記載している。まず、表の見方を説明する。たとえば、実際には 125Hz の音を聴いていたときの脳波で、クラス分類により 250Hz の音を聴いていたときの脳波であると判別されたデータ数は 3 である。また、表 2 の対角線上に位置する赤い数値は、正解クラスに判別されたデータ数を示している。

表 1 各被験者における最大識別率

被験者	識別率 [%]	被験者	識別率 [%]
No.1	24.1	No.11	24.5
No.2	28.2	No.12	23.9
No.3	21.8	No.13	25.2
No.4	27.0	No.14	22.3
No.5	28.4	No.15	22.7
No.6	21.8	No.16	25.5
No.7	26.6	No.17	34.1
No.8	27.7	No.18	30.2
No.9	23.0	No.19	18.2
No.10	22.3	平均	24.5

C 研究結果

(音の高さ推定結果)

SVM を用いて聴いている音の高さの違いにより脳波データを 11 クラスに分類した結果、全被

判別クラス 正解クラス	125 Hz	250 Hz	500 Hz	800 Hz	1000 Hz	1500 Hz	2000 Hz	3000 Hz	4000 Hz	6000 Hz	8000 Hz
125Hz	18	3	4	2	1	5	2	0	1	3	1
250Hz	4	9	2	1	1	4	2	7	2	3	5
500Hz	4	0	23	0	0	1	4	0	5	2	1
800Hz	2	0	2	16	4	4	0	3	1	4	4
1000Hz	5	0	2	3	20	3	2	0	1	3	1
1500Hz	6	2	2	3	2	11	0	1	2	6	5
2000Hz	6	6	1	5	3	2	8	3	2	3	1
3000Hz	3	8	2	2	0	0	4	9	6	5	1
4000Hz	6	2	3	3	0	3	4	6	7	3	3
6000Hz	2	1	3	5	4	4	1	1	2	14	3
8000Hz	2	0	1	7	1	3	2	1	6	2	15

(脳波による耳鳴りの有無推定結果)

- ① 耳鳴音の高さが4000Hz未満と4000Hz以上の人の脳波を識別可能か
- ② 脳波が潜在的にわかれやすいような耳鳴音の高さの境界はあるのか。ある場合、その周波数を境に耳鳴患者の脳波を識別できるのか検証する。

まず、①と②の場合において、被験者の脳波の周波数毎に平均スペクトルを算出した結果を以下に示す。

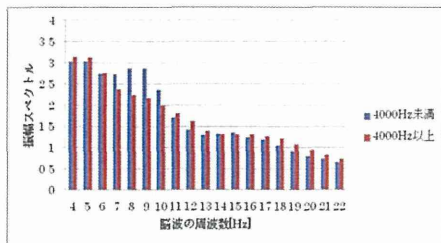


図2 平均スペクトル(4000Hz未満と4000Hz以上)

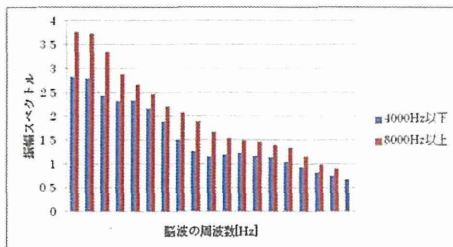


図3 平均スペクトル(4000Hz以下と8000Hz以上)

D 考察

(音の識別について)

表2より、被験者 No.18 の場合は500Hzの音聴取時の脳波データのうち正しく識別されたデー

タ数は23であり、比較的多い。これに対し、4000Hzの音聴取時の脳波を分類したときには誤識別が多く起きている。このため、誤識別が起こりやすいクラスと起こりにくいクラスがあると言える。また、1500Hzの音を聴いているときの脳波データに着目すると、比較的音の高さの近い2000Hzには一度も識別されていない。一方、音の高さが大きく異なる125Hzには6回識別されている。このため、音の高さの近さは誤識別の起こりやすさと無関係であることが示唆される。

(耳鳴りの有無について) 4000Hz未満と4000Hz以上の識別：

8-10、17Hzが他の周波数に比べて性能が高い。しかしながら、これらの周波数の成分が識別性能としては優れているとは言えず、脳波を正しいクラスに分類できる可能性は低い。

4000Hz以下と8000Hz以上の識別：

11-13Hzにおける成分がまずまずの識別性能を持つことが示された。これらの周波数を用いて、4000Hz以下と8000Hz以上のデータを判別できる可能性がある。

E 結論

本研究では、聴いている音の高さを脳波により識別することを目的とした。このため、実験では簡易型脳波計を用いて、健常者が様々な高さの音を聴いているときの脳波を計測した。解析では、被験者ごとに音の高さの違いにより脳波データを多クラス分類することを試みた。結果として、脳波により平均24.5%の精度で11種類の音の高さを識別できることが示された。この精度はパターン認識の分野においてはまずまずの数値である。このため、将来的には耳鳴患者の脳波を用いて耳鳴音の高さを推定できる可能性があると考えている。

今後は、まず識別率を向上することを目指す。

このためには、誤識別が起こりやすいクラスと起こりにくいクラスが存在する原因を調べる必要がある。識別率が向上すれば、実際に耳鳴患者の耳鳴がしているときの脳波を用い、耳鳴音の高さを推定することを目指す。

F 健康危険情報

特になし

G 研究発表

1. 論文発表

Yasuki Muto, Taiki Fuji, and Yasue Mitsukura, "Estimation of biological signal features indicating fiding comfort changes by trail variation", Journal of Signal Processing, Vol. 17, No. 4, pp. 143-146, Jul. 2013

Koichi Takahashi and Yasue Mitsukura, "Fast and accurate image plane tracking using 2D- and 3D-based alignment", Journal of Signal Processing, Vol. 17, No. 4, pp. 147-150, Jul. 2013

○Kiminobu Nishimura, Yasue Mitsukura, Yohei Tomita, and Akira Hara, "Construction of sound-quality-evaluating system using EEG and GMDH-type neural network", Journal of Signal Processing, Vol. 17, No. 4, pp. 151-154, Jul. 2013

藤大樹, 満倉靖恵, "非乱雑環境下における進化的計算とパーティクルフィルタを用いたモデルベース位置合わせ", 電気学会論文誌 C, Vol. 133, No. 4, pp. 722-729, 2013 年 4 月

鈴木聡, 満倉靖恵, "肌色検出と並列 NN による

微小な顔の検出", Journal of Information, International Information Institute, Vol. 16, No. 7, pp. 4853-4860, 2013 年 7 月

鈴木聡, 満倉靖恵, 高橋悟, "低解像度顔画像を対象とした顔モデルの構築", 電気学会論文誌 C, Vol. 133, No. 6, pp. 1837-1844, 2013 年 9 月

中西正樹, 奥川恭平, 高橋正樹, 満倉靖恵, "環境情報を考慮した電動車椅子制御のための眼電位を用いた随意性瞬目検出手法", 電気学会論文誌 C, Vol. 133, No. 10, pp. 1969-1975, 2013 年 10 月

2. 学会発表

Masaki Nakanishi and Yasue Mitsukura, "Analysis of visual evoked potentials modulated by periodic binary sequences", Proc. of Sixth International Conference on Information, pp. 275-278, Tokyo (Japan), May 2013

Kiminobu Nishimura and Yasue Mitsukura, "Music quality evaluation system using bio-signal processing", Proc. of 11th International Conference on Quality Control by Artificial Vision (QCAV2013), pp. 117-120, Fukuoka (Japan), May 2013

○Yohei Tomita and Yasue Mitsukura, "Simultaneous analysis of NIRS and EEG signals for BCI", Proc. of Human System Interaction Conference (HSI 2013), Gdansk (Poland), Jun. 2013 (The Best Paper Award)

○Masaki Nakanishi, Yijun Wang, Yu-Te Wang, Yasue Mitsukura, and Tzyy-Ping

Jung, "An approximation approach for rendering visual flickers in SSVEP-based BCI using monitor refresh rate", Proc. of 35th Annual International Conference of the IEEE EMBS (IEEE EMBC), pp. 2176-2179, Osaka (Japan), Jul. 2013

Koichi Takahashi and Yasue Mitsukura, "Head pose tracking system using a mobile device", Proc. of The 22nd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2013), pp. 461-462, Gyeongju (Korea), Aug. 2013

Tatsuhiko Kokui, Hironori Takimoto, Yasue Mitsukura, Mitsuyoshi Kishihara, and Kensuke Okubo, "Color image modification based on visual saliency for guiding visual attention", Proc. of The 22nd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2013), pp. 467-472, Gyeongju (Korea), Aug. 2013

Tomomi Nomura and Yasue Mitsukura, "EEG-based evaluation method for relaxing effect", Proc. of SICE Annual Conference 2013 (SICE 2013), pp. 2131-2135, Nagoya (Japan), Sep. 2013

Koichi Takahashi and Yasue Mitsukura, "Head pose tracking based on optimizing normalized cross-correlation", Proc. of SICE Annual Conference 2013 (SICE 2013), pp. 2513-2517, Nagoya (Japan), Sep. 2013

Riyo Ishida, Yasue Mitsukura, and Nozomu Hamada, "Multiple sound sources' tracking by mean shift algorithm for arbitrary microphone array configuration", Proc. of 2013 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA 2013), pp. 251-254, Nagoya (Japan), Oct. 2013

○Kento Yoshida, Yasue Mitsukura, and Nozomu Hamada, "The influence of unpleasant auditory stimuli on EEG spectra", Proc. of 2013 International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia (SISA 2013), pp. 290-293, Nagoya (Japan), Oct. 2013

○Kiminobu Nishimura and Yasue Mitsukura, "Sound quality indicating system using EEG and GMDH-type neural network", Proc. of Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC 2013), Kaohsiung (Taiwan), Oct. 2013

Masaki Nakanishi, Yijun Wang, Yu-Te Wang, Yasue Mitsukura, and Tzyy-Ping Jung, "Integrating interference frequency components elicited by monitor refresh rate to enhance frequency detection of SSVEPs", Proc. of 6th Annual International IEEE EMBS Conference on Neural Engineering (IEEE NER), pp. 1092-1095, San Diego (USA), Nov. 2013

Shinsuke Okita, Yasue Mitsukura, and Nozomu Hamada, "Lip reading system using novel Japanese visemes classification

and hierarchical weighted discrimination", Proc. of 2013 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS 2013), pp. 531-536, Okinawa (Japan), Nov. 2013

Ryotaro Nakamura, Yasue Mitsukura, and Nozomu Hamada, "Iterative PCA approach for blind restoration of single blurred image", Proc. of 2013 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS 2013), pp. 543-546, Okinawa (Japan), Nov. 2013

Ryotaro Nakamura, Yasue Mitsukura, and Nozomu Hamada, "Blind restoration of single-channel image using iterative PCA", Proc. of 2013 IEEE Conference on Systems, Process & Control (ICSPC 2013), Kuala Lumpur (Malaysia), Dec. 2013

Suguru Kanoga and Yasue Mitsukura, "Construction of interest prediction models for nursery school child using a single-channel electroencephalograph", Proc. of 2013 IEEE Conference on Systems, Process & Control (ICSPC 2013), Kuala Lumpur (Malaysia), Dec. 2013 (Certificate of Best Presenter)

Shinsuke Okita, Yasue Mitsukura, and Nozomu Hamada, "Augmented classification of Japanese visemes and hierarchical weighted discrimination for visual speech recognition", Proc. of 2013 IEEE Conference on Systems, Process &

Control (ICSPC 2013), Kuala Lumpur (Malaysia), Dec. 2013

Ai Kijima, Yasue Mitsukura, and Nozomu Hamada, "DOA estimation by 3-D microphone array in the presence of spatial aliasing", Proc. of 2013 IEEE Conference on Systems, Process & Control (ICSPC 2013), Kuala Lumpur (Malaysia), Dec. 2013

叶賀卓, 満倉靖恵, "等張性運動時の脳波と筋電の干渉性を用いた意図と行為の関係解析", 知覚情報研究会, pp. 1-6, PI-13-8, 東京, 2013年4月

武藤保貴, 満倉靖恵, "生体信号を用いた自転車乗り心地評価のための特徴推定", 知覚情報研究会, pp. 7-12, PI-13-9, 東京, 2013年4月

荻野幹人, 満倉靖恵, "スマートフォンを用いた脳波解析システムの構築", 知覚情報研究会, pp. 13-16, PI-13-10, 東京, 2013年4月

佐藤敬子, 満倉靖恵, "物理的特性に着目した画像と音楽の相互作用の分析", 第19回画像センシングシンポジウム (SSII2013), IS3-12, 横浜, 2013年6月

高橋巧一, 満倉靖恵, "モバイル機器による簡易頭部モデルを用いた頭部姿勢推定", 第19回画像センシングシンポジウム (SSII2013), IS3-13, 横浜, 2013年6月

有田里美, 滝本裕則, 山内仁, 金川明弘, 満倉靖恵, "複数勾配特徴に基づく画像リターゲットング", 第19回画像センシングシンポジウム (SSII2013), IS3-21, 横浜, 2013年6月

Kiminobu Nishimura, Yasue Mitsukura,
"Loudspeaker sound quality evaluation
using EEG and GMDH-type neural
network", 電気学会 電子・情報・システム部
門大会, pp. 726-730, 北見, 2013 年 9 月

Riyo Ishida, Yasue Mitsukura, Nozomu
Hamada, "Tracking of multiple sound
sources by using mean shift algorithm for
arbitrary microphone array configuration",
電気学会 電子・情報・システム部門大会, pp.
745-750, 北見, 2013 年 9 月

高橋巧一, 満倉靖恵, "簡易頭部モデルを用い
た粗密探索法に基づく頭部姿勢推定", 電気学
会 電子・情報・システム部門大会, pp. 751-754,
北見, 2013 年 9 月

叶賀卓, 満倉靖恵, "脳波と進化型 PLS 法を用
いた保育園児の興味・関心解析", 電気学会 電
子・情報・システム部門大会, pp. 938-943, 北
見, 2013 年 9 月

武藤保貴, 満倉靖恵, "生体信号を用いた自転
車の乗り心地予測モデルの構築", 電気学会
電子・情報・システム部門大会, pp. 1112-1117,
北見, 2013 年 9 月

叶賀卓, 満倉靖恵, "単極脳波計を用いた保育
園児の興味関心状態推定モデルの一考察", 第
23 回インテリジェント・システム・シンポジ
ウム (FAN2013), pp. 243-248, ST-13-076, 福
岡, 2013 年 9 月

○野村知美, 満倉靖恵, "脳波を用いたストレ
ス軽減効果の解析", 第 23 回インテリジェン

ト・システム・シンポジウム (FAN2013), pp.
249-252, ST-13-077, 福岡, 2013 年 9 月

中西正樹, 満倉靖恵, "周期的符号変調刺激に
より誘発された視覚誘発電位の解析", 第 56 回
自動制御連合講演会, pp. 524-527, 新潟, 2013
年 11 月

H 知的財産権の出願・登録状況

無難聴性耳鳴患者に対する安静時 fMRI 機能的結合による評価

代表研究者：小川 郁（慶應義塾大学医学部耳鼻咽喉科）

分担研究者：大石 直樹（慶應義塾大学医学部耳鼻咽喉科）

共同研究者：南 修司郎（東京医療センター）

共同研究者：渡部 高久（慶應義塾大学医学部耳鼻咽喉科）

研究要旨

これまで我々は耳鳴患者の安静時 fMRI 解析により、耳鳴患者では左右聴覚野間の機能的結合の相関が健聴者より弱くなっていることを明らかにしてきた。一方で、内側膝状体や下丘といったレベルでの聴覚伝導路の機能的結合に関する検討はこれまで行われていない。今回我々は、健聴コントロール及び耳鳴患者に対し安静時 fMRI 検査を行い、聴覚野、内側膝状体、下丘間での機能的結合を検討した。さらに難聴による影響を調査するため無難聴耳鳴、難聴性耳鳴に分け検討した。難聴性耳鳴患者では聴覚伝導路間の有意な機能的結合数が低下し、左右聴覚野間も弱い相関関係となっていた。無難聴性耳鳴では左右聴覚野間の機能的結合は維持されるが、内側膝状体や下丘を起点とした聴覚伝導路間の機能的結合が消失していた。これらの結果から、耳鳴の発症には難聴以外で聴覚伝導路内の機能的結合を阻害する病態が存在することが推測された。

研究目的

耳鳴の中枢性起源を示唆する所見は徐々に蓄積されてきている。特に脳磁図やPETなどを用いた脳機能画像によって、聴覚野を中心とする評価が行われてきているが、耳鳴の他覚的検査として臨床の場で十分に用いられるには至っていない。これまで我々は耳鳴患者の安静時 fMRI 解析により、耳鳴患者では、左右聴覚野間の機能的結合の相関が健聴者より弱くなっていることを明らかにしてきた。一方で、内側膝状体や下丘といったレベルでの聴覚伝導路の機能的結合に関する検討はこれまで行われていない。そこで今回我々は、健聴コントロール及び耳鳴患者に対し、安静時 fMRI 検査を行い、聴覚野 (AC)、内側膝状体 (MGB)、下丘 (IC) 間の機能的結合を検討した。

研究方法

慶應義塾大学病院耳鼻咽喉科外来を受診した慢性耳鳴患者で、当研究の同意が得られた成人症例 22 例を対象とした。このうち無難聴性耳鳴を純音聴力検査で全周波数において 35dB 以内のものとし、8 例(男性 5 人、女性 3 人、平均年齢 48 歳)であった。また耳鳴の無いコントロールとして、慶應義塾大学病院耳鼻咽喉科外来を受診し耳鳴症状の無い難聴患者で当研究の同意が得られた成人症例または健康な成人ボランティア計 18 例を対象とした。MRI 撮影は、1.5T の MRI (フィリップス社) を用いた。fMRI データの解析には、Matlab 上のソフトウェア Conn を用いた。FDR (False Discovery Rate) で p 値 0.05 以下を有意な機能的結合とした。

得られた有意な機能的結合それぞれの相関係数からフィッシャーの Z 変換した値 (β 値) を機能的結合値として用いた。本研究は、慶應義塾大学医学部倫理委員会の承認を得た。研究施行にあたって、当該患者からは十分なインフォームドコンセントを得た。

研究結果

健聴コントロール群では左右 IC 間、IC-MGB 間、左右 MGB 間、MGB-AC 間、左右 AC 間に有意な機能的結合を認めた。左右 BA41 間の β 値は 0.73、左右 BA42 間の β 値は 0.76 と強い相関であった。左右 IC 間の β 値は 0.15~0.17、左右 MGB 間は 0.07~0.09、IC-MGB 間は 0.06~0.10、MGB-AC 間は 0.06~0.11 と緩やかな相関であった。難聴性耳鳴群では左右 IC 間、左右 MGB 間、左右 AC 間に有意な機能的結合は認められたが、MGB-AC 間、IC-MGB 間の有意な機能的結合の数は減っていた。左右 BA41 間の β 値は 0.54、左右 BA42 間の β 値は 0.50 と健聴コントロールに比べて弱い相関関係であった。左右 IC 間の β 値は 0.16~0.19、左右 MGB 間の β 値は 0.09~0.11 と緩やかな相関関係であった。無難聴性耳鳴群では左右 AC 間の有意な機能的結合は認められたが、その他の左右 IC 間、左右 MGB 間、IC-MGB 間、MGB-AC 間では有意な機能的結合は認められなかった。左右 BA41 間の β 値は 0.74、左右 BA42 間の β 値は 0.63 であった。

考察

健聴コントロールでは IC と MGB と AC の間で有意な機能的結合を多数認めた。聴覚伝導路には解剖的結合や有効結合に加えて機能的結合もあることが示された。難聴性耳

鳴患者では聴覚伝導路間の有意な機能的結合数が低下し、左右 AC 間も弱い相関関係となっており、聴力障害による聴覚視床皮質発火リズム変調を示唆していると思われる。無難聴性耳鳴では左右 AC 間の機能的結合は維持されるが、IC や MGB を起点とした聴覚伝導路間の機能的結合が消失し、難聴以外で聴覚伝導路機能的結合を阻害する病態が存在し耳鳴の発症に関わっていることが推測された。

結論

無難聴性耳鳴では左右 AC 間の機能的結合は維持されるが、IC や MGB を起点とした聴覚伝導路間の機能的結合が無くなり、難聴以外で聴覚伝導路機能的結合を阻害する病態が存在し耳鳴の発症に関わっていることが推測された。

健康危険情報

特になし

研究発表

1. 論文発表
なし
2. 学会発表
・南 修司郎、大石直樹、渡部高久、小川 郁。無難聴性耳鳴と難聴性耳鳴の安静時 fMRI による聴覚路機能的結合の検討。第 24 回日本耳科学会学術講演 2014 年 10 月 新潟。

知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得
未定
2. 実用新案登録

未定

3. その他

なし

Ⅲ. 研究成果の刊行に関する一覧表

研究成果の刊行に関する一覧表

書籍

著者氏名	論文タイトル名	書籍全体の編集者名	書籍名	出版社名	出版地	出版年	ページ
なし							

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
Kei Takayama and Yasue Mitsukura	Tone Separation by Using EEG			p. 568-571	
高山 慧、 満倉 靖恵、 神崎 晶	脳波を用いた耳鳴音の高さ推定システム			p. 89-92	
神崎 晶	簡易脳波計を用いた耳鳴解析	Audiology Japan			
稲垣 洋三、 大石 直樹、 神崎 晶、 若林 聡子、 藤岡 正人、 渡部 高久、 渡邊 麗子、 和佐野 浩一郎、 山田 浩之、 小島 敬史、 新田 清一、 小川 郁	一側性音響刺激を用いたTRT単独療法の2年以上の長期効果	日本耳鼻咽喉科学会会報	117巻2号	p. 116-121	2014年2月
神崎 晶	【耳鼻咽喉科医が見落としてはいけない中枢疾患】I. 中枢疾患が引き起こす耳鼻科領域の症状 2. 聴覚機能異常と中枢疾患 (編集企画: 宇佐美真一)	ENTONI 全日本病院出版会	No. 166	p. 9-13	2014年4月
神崎 晶	聴覚に関する検査の読み方-ここがポイント-	ENTONI		p. 66-71	2014年7月

