

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：32612

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2013

課題番号：24650087

研究課題名(和文)脳波による耳鳴り音の周波数特定とマスキング音声の生成

研究課題名(英文)Detection of tinnitus sound frequency using the EEG and generation of masking sound for tinnitus

研究代表者

満倉 靖恵 (Mitsukura, Yasue)

慶應義塾大学・理工学部・准教授

研究者番号：60314845

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：耳鳴りの音を外部から推定することは困難である。耳鳴り患者は医師にその音を"キーン"，"ジイジイ"と鳴る，などの表現で伝えるが，医師にその音は判らない。これまではピッチマッチ法装置を用いて音の推定を行って来たが，ピッチマッチ法は病院のみで扱える特殊機械であり，音が日によって変化する耳鳴りを正確に知る方法としては相応しくなかった。そこで本研究課題では，簡易に計測できる脳波計を用いてスマートフォン上で取得した脳波を用いて耳鳴り音の特定を行うことを第一の目的とした。また，耳鳴り音として聞こえている周波数の逆位相を持つ音を出すことで，耳鳴りを軽減することができるかどうか，検証する事を第二の目的とした。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to recognize the frequency of tinnitus sounds objectively by electroencephalogram (EEG). In order to diagnose disorder causing tinnitus, it's necessary to know what type of the frequency that a person with tinnitus hears is. However, there are no effective methods to recognize the tinnitus sounds objectively. Therefore, we aim to recognize the frequency of tinnitus tone by using EEG. As the first stage of this research, we investigate whether there are differences among EEG when subjects listen to various pure tones. If the differences exist, we test whether the EEG data can be classified according to the frequencies of sounds. As a result, we found two possibilities. One possibility is that EEG changes differently when subjects listen to various pure tones. The other one is that EEG can be classified according to sound frequencies.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：センシングデバイス・システム 簡易計測

1. 研究開始当初の背景

耳鳴りの音を外部から推定することはとても困難である。耳鳴りを持つ患者は医師に"キーン"と鳴っている"ジイジイ"と鳴っているなどの表現をするが、医師にはその音は判らない。これまではピッチマッチ法と呼ばれる装置を用いて音の推定を行って来たが、ピッチマッチ法は病院のみで扱える機械であり、音が日によって変化する耳鳴りを正確に知る方法としては相応しくなかった。耳鳴り音を正確に知る事は、治療に大きな貢献をもたらすが、現在耳鳴りとして聞こえている音を正確に知る方法は確立されていなかった。

2. 研究の目的

本研究課題では、申請者らが長年研究し、確立した簡易型脳波計測装置(特許)を用いてスマートフォンを用いた耳鳴り音の特定を行うことを第一の目的とした。また、耳鳴り音として聞こえている周波数の逆位相を持つ音を出すことで、耳鳴りを軽減することができるかどうか、検証する事を第二の目的とした。

3. 研究の方法

まず、耳鳴りがある人とない人の脳波に差があるかどうかについて、実際に臨床現場で健常者と耳鳴り患者の脳波を取得し、その脳波を解析する。患者の耳鳴りの状態についてはアスキングを行い、その状態も取得する。健常者20名、耳鳴り患者10名の脳波を取得し、それぞれの脳波を解析した。また、健常者において、嫌な音の影響が脳波に現れるか予備実験を行い、予め(自分が)嫌と感じる音に対する脳波に通常時とは異なった脳波が出ている事を確認した。

3.1 耳鳴り音の特定

人間が知覚できる 20Hz-20KHz の音を脳波で表現し、あらかじめ周波数ごとの脳波を取得しておき、データベースを作成した。これらのデータベースはこれまでの研究で約 50 人分の 10 回分(500 サンプル)の平均を取得し、その平均を用いて“ある音に対する脳波”のマッチングを行った。また同時に、研究協力者である慶應病院耳鼻咽喉科の神崎晶講師の協力を仰ぎ、耳鳴り患者がいつでもどこでも簡単に耳鳴りの際の脳波を記録できるように指導していただき、データを収集した。得られたデータをパターンマッチングすることで、どの周波数の音が聞こえているのが特定するシステムを開発した。

3.2

得られた耳鳴り音の周波数を特定し、特定された周波数近傍で振幅・位相を可変とした様々な時間周波数成分をもつ音を生成し、マスキング効果を期待した。

4. 研究成果

まずはじめに、健常者と耳鳴り患者の脳波に違いがあるかどうかについて、健常者および耳鳴り患者の脳波計測を行う。健常者は、脳波計測時に耳鳴り音が聞こえていない人とし、耳鳴り患者は、脳波計測時に耳鳴り音が聞こえている人とする。脳波計測実験の被験者は、健常者が 10 名、耳鳴り患者が 15 名である。被験者は椅子に着席して脳波計を装着する。計測時に被験者は閉眼状態となる。眼を閉じることにより、瞬きにより生じる筋肉の電気信号が脳波データに混入することを抑制する。また、視覚的な情報が脳波に反映されることを防ぐことができる。1 回の脳波計測時間は 30 秒である。計測は、30 秒程度の休息を挟み、1 名につき 2 回行う。脳波計には簡易型脳波計を用いる。簡易型脳波計では、Fp1 の部位と左耳朶に電極を付け、単極誘導法により脳波を取得する。左耳朶の電位を基準電位とし、左耳朶と左前頭葉の電極間の電位差を脳波データとして得る。取得した脳波データにフィルタ処理を施し、ノイズを除去する。本解析では、4-23Hz のバンドパスフィルタの適用後、健常者と耳鳴り患者の脳波を比較する。比較のため、全健常者と全耳鳴り患者の脳波データの平均および標準偏差を算出する。また、詳細な比較を行うため、被験者ごとに平均および標準偏差を算出する。ただし、一部のデータを除外したため、各被験者のデータ数が 1 回分である場合と 2 回分である場合がある。データ数の違いに関わらず、1 人から計測したデータの全サンプリング点から平均および標準偏差を算出するものとする。算出した平均および標準偏差を用い、健常者と耳鳴り患者の脳波の違いがあるか検証した。この結果を図 1 に示す。図 1 より、耳鳴り患者の脳波は健常者と比べ、10Hz 付近に特徴がある事が判った。(健常者はデータ数 600、耳鳴り患者はデータ数 570。)

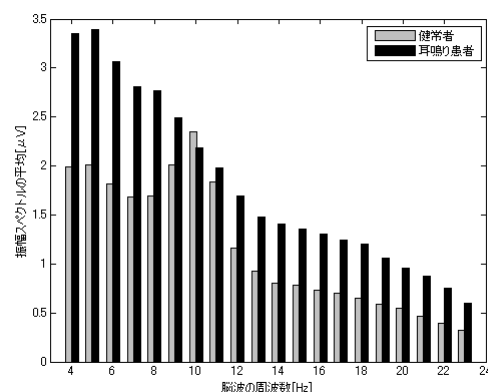


図 1 健常者と耳鳴り患者の脳波の違い

次に、音の高さの違いによる脳波の違いを検出するために実験を行った。用いた音は人間

の可聴範囲である 20-20kHz からランダムに選択し、一日に 4 回、音の大きさを 50 デシベルとして一定に保って実験を行った。また、得られた脳波を周波数ごとに分類できるかどうかの識別問題に帰着させることで、サポートベクタマシンによる認識率を出した。この結果を表 1 に示す。最高で 93.3% の識別結果を得ることが可能であった。これらの結果から、聞こえている音を脳波で識別することができる可能性を見出した。

表 1 脳波による周波数の認識

周波数[Hz]	識別率[%]
125	70.5
250	65.7
500	64.3
800	58.7
1000	93.3
1500	58.7
2000	65.8
3000	59.2
4000	61.8
6000	62.0
8000	70.5

表 1 より、周波数の違いにより脳波が変化することを確認した。そこで、聞こえている音（ここでは健常者は通常の音、耳鳴り患者は耳鳴りの音）を特定するために、上記の周波数において認識率の低い周辺を分解能高く分割し、20 から 20kHz の周波数においてランダムに音を再生することでその音の認識が正しく行えるかどうかを認識率として産出した。その結果、平均 70 パーセント前後ではあるが、比較的良好な結果を得ることができた。

これらの実験を元に、耳鳴りの音を推定する実験を行った。実験の概要を図 2 示す。

現段階では耳鳴り患者 10 名程度のデータのための検証となっているが、今後はさらに多くの被験者からデータを取得し、より正確な周波数の特定を行う予定である。

まとめ

本研究成果によって、聞こえる音の種類によって脳波に違いがある事を確認した。また、耳鳴り患者と健常者の脳波に違いがある事を確認した。全被験者において、耳鳴り患者と健常者において特に 10Hz に違いがある事を確認した。さらに、耳鳴りとして聞こえている音を推定する事ができる事が判った。

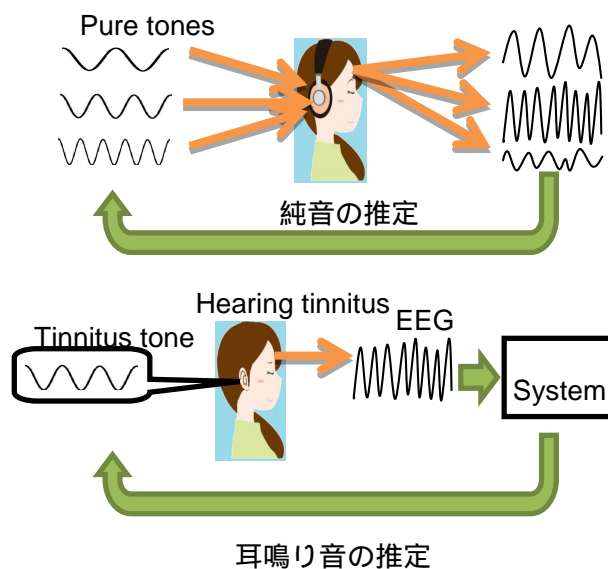


図 2 耳鳴り音推定システムの概念図

5. 主な発表論文等

〔学会発表〕(計 9 件)

1. 高山慧, 満倉靖恵, "音が脳波に及ぼす影響の検証", HCG シンポジウム 2012, pp. 298-301, 熊本, 2012 年 12 月
2. 高山慧, 満倉靖恵, "音声の周波数特性と脳波の相関関係取得に関する考察", 電気学会電子・情報・システム部門大会, pp. 1027-1030, 弘前, 2012 年 9 月
3. Kei Takayama and Yasue Mitsukura, "Tone separation by using EEG", Proc. of 2013 International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'13), pp. 568-571, Hawaii (USA), Mar. 2013
4. 野村知美, 満倉靖恵, "脳波を用いたリラックス効果の解析", 電気学会 情報処理・次世代産業システム合同研究会, pp. 25-29, IP-13-18/IIS-13-59, 徳島, 2013 年 3 月
5. 高山慧, 満倉靖恵, 神崎晶, 大石直樹, 稲垣洋三, 若林聡子, 山田浩之, 小島敬史, 小川郁, 脳波を用いた耳鳴りの解析, 第 114 回日本耳鼻咽喉科学会総会・学術講演会, ロイトン札幌, 北海道, 2013 年 5 月 15 日
6. 山田浩之, 神崎晶, 満倉靖恵, 高山慧, 小島敬史, 稲垣洋三, 若林聡子, 大石直樹, 新田清一, 小川郁, 新しい検査を用いた体性耳鳴りの症例報告, 第 114 回日本耳鼻咽喉科学会総会・学術講演会, ロイトン札幌, 北海道, 2013 年 5 月 15 日
7. Suguru Kanouga and Yasue Mitsukura, "Analysis of relationship between intention and behavior using EEG-EMG coherence during isotonic exercise", Proc. of 2013 International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'13), pp. 604-607, Hawaii

(USA), Mar. 2013

8.Kei Takayama, Yasue Mitsukura, Tone separation by using EEG,

Proc. of 2013 International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing, America, 2013年3月7日 .

9.S. Kanzaki, K. Takayama, Y. Mitsukura, N. Oishi, H. Yamada, Y. Inagaki, S. Wakabayashi, T. Kojima, K. Ogawa,

Development of Simple Objective Measurement for Tinnitus: Can EEG Recorded from Fp1 Electrode Be Used to Accurately Diagnose Tinnitus?, Tinnitus research institute 2014, New Zealand, 2014年3月11日 .

6 . 研究組織

(1)研究代表者

満倉靖恵 (MITSUKURA YASUE)

慶應義塾大学・理工学部・准教授

研究者番号：60314845

(2)研究分担者

神崎 晶 (KANZAKI SHO)

慶應義塾大学・医学部・講師

研究者番号：50286556

浜田望 (HAMADA NOZOMU)

慶應義塾大学・理工学部・名誉教授

研究者番号：80051902

(3)連携研究者

該当なし