

A2-4 リラクゼーション効果を有するサウンド生成のための脳波特徴解析

福井大学 工学部 知能システム工学科 進化ロボット研究室

一井 亮介 (指導教員：前田 陽一郎，高橋泰岳)

1. 緒言

近年、多くの現代人が精神的疲労を感じているといわれ、癒しを求める要求が社会的にも高まっており、ストレス解消やリラクゼーション効果を与えるシステムの研究開発が盛んになっている。リラクゼーションシステムの研究例としては、伊藤らの個人の生体信号から癒しの映像・音楽を生成するシステムに関する研究 [1] などがある。これらの研究のほとんどは、単に癒し効果を計測したり、サウンドや映像をいくつか提示することによりリラクゼーション効果の高い方向に誘導するシステム [2] である。

一方、本研究室では、カオス理論を用いて人間がインタラクティブに目的のサウンド生成を行う研究を行ってきた。ここでは同期性や非同期性を制御できる大規模カオスを用いることによって、音高、音長、音量を決定してサウンドの生成を行うインタラクティブ・カオティック・アミューズメント・システム (ICAS) [3] を開発している。

本研究では、ICAS により生成されたサウンドを、人間にとってよりリラックスできる方向に、自動でチューニングするシステムの実現を目指している。そのための事前研究として、ここでは θ 波、 α 波、 β 波の周波数帯域におけるパワー含有率の変化から脳波特徴解析を行い、人間がリラックス状態である時の脳波の傾向を調べることににより、それをリラックスの指標とするための手法の構築を試みる。

2. 脳波について

脳波は、多くの神経細胞で発生する活動電位やシナプス電位の総和を頭皮の上から観察したものである。脳波の大きさは数十 μV 程度の非常に微弱なものである。人間の精神活動や意識状態の変化に伴い、脳波は異なるパターンを示す。様々な脳波を以下に列挙する。

- 覚醒時脳波
覚醒状態である意識集中やストレスを感じているときに表れる脳波であり、 β 波 [13 ~ 20Hz 未満] と呼ばれる。
- 安静時脳波
リラックス状態や安静閉眼状態で表れる脳波であり、 α 波 [8 ~ 13Hz 未満] と呼ばれる。
- 睡眠時脳波
入眠期では、 α 波の振幅、周波数、連続性が低下し、次いで徐波である θ 波 [5 ~ 8Hz 未満] が表れる。睡眠が深くなると、 δ 波 [0 ~ 5Hz 未満] が出現する。

3. リラクゼーション効果を計測するための脳波特徴解析手法

以下では、リラクゼーション (癒し) の度合いを検出するための指標を見出す手法について提案する。

3.1 脳波パワー含有率の導出

ここでは θ 波、 α 波、 β 波の各周波数帯 (1Hz 単位) のパワーを求め、これらの帯域の全帯域に中に含まれる割合 (パワー含有率) を求めることで、特徴解析を行うことを考える。

例えば、 $V_f [\mu V]$ を周波数 $f [Hz]$ における脳波のパワー、 P_α を α 波のパワーの平均とすると、 P_α は式 (1) によって求められる。ここで、 (F_{min}, F_{max}) は $i = \theta$ のとき (5, 7) [Hz]、 $i = \alpha$ のとき (8, 12) [Hz]、 $i = \beta$ のとき (13, 19) [Hz]、を用いた。また各周波数帯での平均パワーの総和を式 (2) により求める。 G_α はそれぞれ θ 波、 α 波、 β 波の全体に対する α 波パワーの比率であり、式 (3) によって求められる。 θ 波、 β 波の場合も同様に求めることができる。

$$P_i = \sum_{f=F_{min}}^{F_{max}} V_f / (F_{max} - F_{min}) \quad (1)$$

$$P_{sum} = P_\theta + P_\alpha + P_\beta \quad (2)$$

$$G_\alpha = P_\alpha / P_{sum} \quad (3)$$

3.2 3次元状態図による脳波特徴解析

次に、 θ 波、 α 波、 β 波のパワー含有率を X 、 Y 、 Z 軸に置き換え、図 1 のように 3 次元状態図でプロットする。これにより、被験者がリラックス状態に近づいたときパワー含有率の分布がどのように変化し、特徴的な傾向が見られるかどうかを検証する。また、プロット点の大きさ (面積) を α 波パワー P_α に比例して変化させることにより、パワー含有率の分布だけでなくパワーの大きさや変化等も考慮した傾向を調べる。

分布によるリラクゼーションの傾向については、図 1 より、3 次元状態図で表現するとより低い位置 (β 波が少ない) にあり、右側手前に分布 (θ 波、 α 波が多い) し、プロット点の大きい (α 波パワーが大きい) 状態図ほどリラクゼーションの傾向があると考えられる。これに対して、 β 波の占める割合が大きくなる意識集中、ストレス状態では分布が状態図の上部左側奥に集まるという傾向を示すと考えられる。

これらの関係よりリラックス度 R を式 (4) により定義して、この R が増加するほどリラックスの度合いが高まっているものと仮定する。式中の $k_i (i = 1, 2, 3)$ は各パワー含有率の重み係数であり、実験において定めた。 R の値が最大となるように各パラメータに値を代入して、その最大値が 1 となるように正規化を行った。

$$R = \frac{k_1 G_\theta + k_2 G_\alpha}{k_3 G_\beta} \times P_\alpha \quad (4)$$

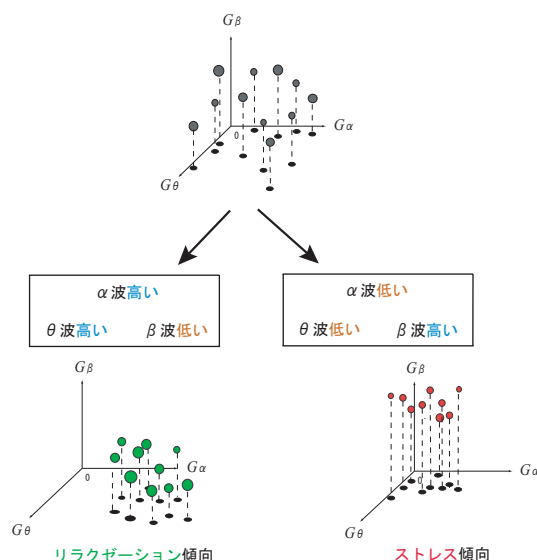


図 1 パワー含有率分布によるリラクゼーション傾向予測
(図中のプロット点の面積は P_α に比例)

3.3 実験方法

今回の実験は 20 代前半の男子学生 3 名 (本研究室学生) に協力してもらい、以下の手順で行った。

Step1: 事前準備

意識集中 (ストレス時) の実験は 2 桁の足し算問題を解いてもらった。閉眼時では読み上げた数値を暗算で計算してもらった。また音楽聴取 (リラクゼーション時) はヒーリングミュージックを被験者に聴いてもらった。

Step2: 脳波計のセッティング

前頭部、側頭部では額の緊張などによるノイズが混入しやすいため、本実験では後頭部 4 点の電極の測定データを解析対象とした。

Step3: 脳波測定条件

椅子に座った状態で開閉眼状態ともに意識集中時、音楽聴取時の計測を行う。これを 1 セットとして、10 分間の休憩を挟んで合計 2 セット行う。

Step4: 実験データ解析

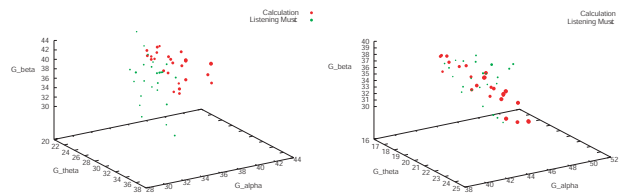
実験により得られた各状態の脳波データから、脳波特徴解析を行い、リラククス度を算出する。尚、実験では、 $k_1 = 0.5, k_2 = 1, k_3 = 1$ を用いた。

3.4 実験結果

開眼時と閉眼時のパワー含有率の比較を図 2、図 3 に、リラククス度 R の値を表 1 に表す。3 次元状態図では脳波データを音楽聴取時は緑、意識集中時は赤でそれぞれプロットしている。

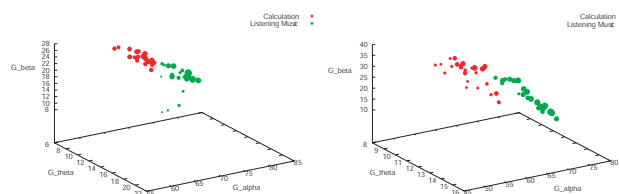
3.5 考察

開眼時ではパワー含有率分布にバラつきが多く、特徴的な傾向を掴むことが難しく、本研究で提案する脳波特徴解析には適していないことが確認できた。一方、閉眼時では被験者 3 名に、音楽聴取 (リラクゼーション時) の場合でパワー含有率分布傾向予測に似た分布をとることが確認できた。これを用いてリラククス度を計測することが可能であることもわかった。



(a) 被験者 B (b) 被験者 C

図 2 パワー含有率 (開眼時)



(a) 被験者 B (b) 被験者 C

図 3 パワー含有率 (閉眼時)

表 1 リラックス度 R (被験者 C)

開眼状態	意識集中時	音楽聴取時
リラククス度 R	11.4×10^{-4}	5.2×10^{-4}
閉眼状態	意識集中時	音楽聴取時
リラククス度 R	7.7×10^{-4}	20.7×10^{-4}

4. 結 言

本研究ではパワー含有率による解析法を用いて、ヒーリングミュージックを被験者に聞かせた時と計算問題に取り組んだ時のパワー含有率を調べた結果、閉眼状態において分離可能な特徴的な傾向を示した。この傾向を数値化したリラククス度 R の導出を行ない、各状態でのリラククス度合いを数値によって判断することができた。

今後は、ユーザのリラククス度の個人傾向分析を行ない、よりリラククス度が高くなるように ICAS のサウンドを自動的に変化させるリラクゼーション・サウンド生成システムの構築を行なっていく予定である。

参考文献

- [1] 伊藤英則, " 個人身体信号からの癒しの映像・音楽を生成するシステム," 人工知能学会誌, Vol.23, No.3, pp.334-341 (2008)
- [2] 長谷川貴之, 横山清子, " コンピュータと心拍情報との対話機能によるリラクゼーションバイオフィードバックシステム," 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.103, No.470, pp.35-38 (2003)
- [3] 前田陽一郎, 丹羽俊明, 山本昌幸, " 大域結合写像によるインタラクティブサウンドシステム及び音楽的要素の導入," 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.18, No.4, pp.507-518 (2006)