

耳鳴りとリラクゼーションに対するゼントーンの有効性

背景

耳鳴り患者の大多数は聴覚障害を患っている。1. 末梢性の聴覚障害があると、再組織化や身体的変化が連鎖して起こり、中枢聴覚伝導路の神経活動を活発化させる。2更に、ストレスは耳鳴りの深刻な増悪因子である。3ストレスは、抑制障害、4-6あるいは否定的感情反応によって起こる、大脳辺縁系の反応により身体症状として現れる。ストレスのせいで、良性ではあるが煩わしい聴覚知覚に慣れるのが難しい。耳鳴りの音をマスキングしたり、その音と混合させたりするために、あるいは耳鳴りによる苦痛を和らげるために、音信号を使用するという事は、数十年にわたって臨床的に研究されてきた。耳鳴りの様々なタイプの多くが、抹消刺激の減少と、大脳辺縁系の活動の活発化（ストレス）に関係があるという証拠に基づいて、昨今では、耳鳴りに関する知識を身につけてもらうようなカウンセリングと、音刺激が確認できずに探してしまう大脳に、その刺激（ノイズ、音楽または増幅）を与える療法を併用するのが一般的な処方である。このような方法は、特定の患者には効果的であるものの、普遍的に効果があるわけではない。ストレス減少やリラックスさせる効果を持ち合わせていない可能性がある、入力される音響刺激が日々限られた時間しか用いられていない、あるいは聴覚障害を補う外部からの刺激音を増幅しない、というのが、不十分と考えられる点である。

設定に音楽を使用して気分を変える、刺激を与える、リラックスさせるという方法は、新しいことではない。特定の基準や好みが確立してきているため、音楽は多くの身体的、精神的な病気の療法にますます積極的に取り入れられている。たとえば、ゆっくりした速度、低い音、繰り返し具合、感情的要素が少ないといった楽音的要素は、覚醒効果よりも沈静効果がある。11, 12注意して聞こうとすると、覚醒する傾向にあり、聞き流すようにすると、気持ちや和む傾向にある。更に、聞き慣れた音楽は、過去の記憶やネガティブな感情13を呼び起こし、気が散ってしまうことから、事前に録音された音楽は、ストレスの抑制を制限する可能性がある。注意して聞こうとすると、気持ちが乱れ、聞き流すようにするとよりリラックスすることができ、認識機能が増す傾向にある。このことから、無意識にリラックスする、あるいは耳鳴り患者が抱えているであろうストレスを軽減するために音楽を使用する際は、集中を妨げるようではない、と言える。

音楽の持つ利点や規則を組み入れながらも、音楽が持ち合わせる制限を避けることができるのが、フラクタル音の使用である。フラクタル音は、ハーモニック（倍音）を使用するものの、予測できない音の組み合わせである。先に奏でた出力音に基づいてアルゴリズムが何度も適用されるという、回帰的な音処理の仕方である。14, 15.（風鈴の音のような）その音は心地よいが、音楽と違って聞き手が記憶にとどめるようなものではない。Kuk, et al, 2008¹⁶ は、フラクタル音（ゼン）とリラクゼーションの関係を

レポートした。耳鳴り患者にフラクタル音を使用すべきかどうか、立証するのは当然のことと言える。この実験は、フラクタル音、特にワイデックスの補聴器に備わっているゼンのオプションが耳鳴り患者に与える効果を調べるため、カリフォルニア大学サンフランシスコ校において実施された。(患者の好みに合わせて)微調整されたフラクタル音は耳鳴り患者にリラックス効果、更に耳鳴りのわずらわしさの軽減効果があるだろうと仮説を立てた。この実験の結果は 2010 JAAA に詳細が掲載され、このワイデックスプレスで要約、論じられている。

実験条件

年齢34歳～72歳、軽度～中度の聴覚障害者で、主な症状として耳鳴りを挙げた14名の被験者にWidex mind440を試用してもらい、リラクゼーションと耳鳴りのわずらわしさという観点から音信号を評価してもらった。実験前に補聴器を使用していたのは4名だけだった。被験者は6ヶ月間補聴器を装用し、耳鳴り障害と反応表 (tinnitus handicap and reaction scales) に回答。データは、初回訪問時、1週間後、1か月後、3か月後、6か月後に収集された。Wilcoxon matched-pairs signed-rank、カイニ乗検定、そして分散分析などを含むノンパラメトリック統計を用いて分析。主観的な耳鳴りの重症度は、標準化された結果判定法である耳鳴り障害指標 (Tinnitus Handicap Inventory: THI)¹⁸と Tinnitus Reaction Questionnaire (TRQ)¹⁹により評価された。被験者の多くは、THIスコアがUCSF耳鳴りクリニックの平均よりも高く、またその後のカウンセリング期間中もTHI値が変わらなかったという、難しい耳鳴りのケースであった。すべての被験者は、調査開始前に、施設内倫理委員会の承認を得たインフォームド・コンセントに署名した。

実験に使用された補聴器は、増幅、フラクタル音、ブロードバンドノイズを選択して設定することが可能。これらを組み合わせて使用することも、それぞれ単体で使用することもできた(合計7種の選択肢)。フラクタルスタイルは5種類の中から選択。4種のスタイル(グリーン、アクア(水)、コーラル(サンゴ)、ラベンダー)は音楽(フラクタル)で、残るひとつはブロードバンドノイズを含む。フラクタルスタイルは、長調/単調の組み合わせや、速度、音の高さの組み合わせがそれぞれ異なる。表1は、4種のフラクタル音の違いを示している。フラクタル音が装用者の好みにぴったりと合うよう、それぞれのスタイルは更に強さ、音の高さ、速度を臨床医と装用者が相談して調整することができた。

FRACTAL STYLES	DEFAULT PITCH				TONALITY		DYNAMIC RANGE		DEFAULT TEMPO		
	Low	Medium Low	Medium High	High & Reverberant	Major	Minor	Restricted	Broad	Slow	Medium	Fast
Aqua	■				■		■		■		
Coral			■			■		■	■		
Lavender			■		■			■			■
Green				■	■		■			■	

表1 . mind440に搭載された4種類のフラクタル音(ゼントーン)の音響的特徴

初回訪問時は、マスターのみが有効になるよう設定された(増幅のみ、フラクタル音やノイズはなし)。被験者は補聴器を試用し始めてから最低1週間が経った後に、2度目の訪問。その際、補聴器にはリスニングプログラム(フラクタル音またはノイズの内、3つのプログラム)が追加設定された。補聴器が接続されている状態で、被験者は初期設定の状態のフラクタルスタイルを試聴し、それぞれの信号の、リラックスを感じる度合いを評価した。最も高い評価がなされたスタイルを、よりリラックスできるよう、速度や音の高さを更に微調整した。その後、被験者は実験室内でさまざまな刺激音を聞きながら、微調整されたフラクタルプログラムを再評価した。それぞれのリスニングプログラムにおけるフラクタル音、

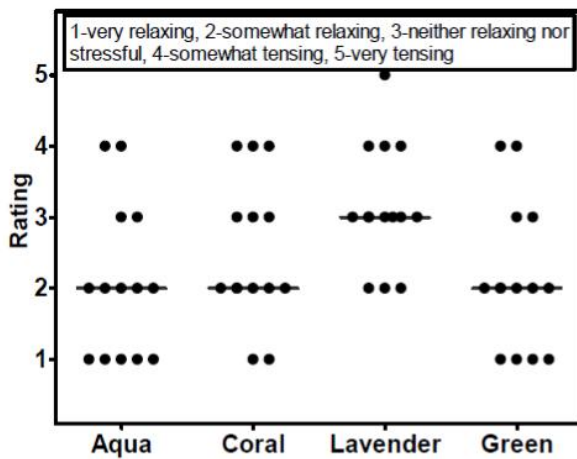
且つ又ノイズのゲインやレベルは、被験者に聞こえるけれども、快適な聴き取り、あるいは言語の明瞭感を損ねるほどの大きさにならないよう、小さな音に設定された。

結果

研究結果は、リラクゼーション効果、フラクタル音の好み、耳鳴りのわずらわしさ、耳鳴り障害そしてその受け止め方という観点から以下要約する。

リラクセス具合

フラクタル音を導入した際に、被験者には、1-とてもリラックスする、から5-とても緊張する、の5段階で評価をしてもらった。図表1はその結果を表している。ラベンダーはほぼ普通、その他の3つのフラクタルプログラムは少しリラックスすると評価された。ラベンダーは、明らかに他の3つのフラクタルプログラムに比べて評価が低く ($p < 0.05$)、4種の内3つのフラクタル信号は明らかに普通よりも、よりリラックスすると評価された ($p < 0.05$)。比較として、耳鳴り症状のない少数の被験者 (N=6) にも同様に、リラクセス具合に関して、フラクタル設定の評価をしてもらった。この被験者たちも同様に、グリーン (N=4) とアクア (水) (N=2) のフラクタル設定が最もリラックスできるとし、フラクタル設定に関し、耳鳴りのあるグループとないグループで違いは見られなかった ($p > 0.05$)。



図表1: 4種のフラクタル設定(初期設定)のリラクセス具合の評価。小さな値ほど、被験者がよりリラックスできると評価。

水平線はその平均。

横軸: アクア(水)、コーラル(サンゴ)、ラベンダー、グリーン

縦軸: 評価

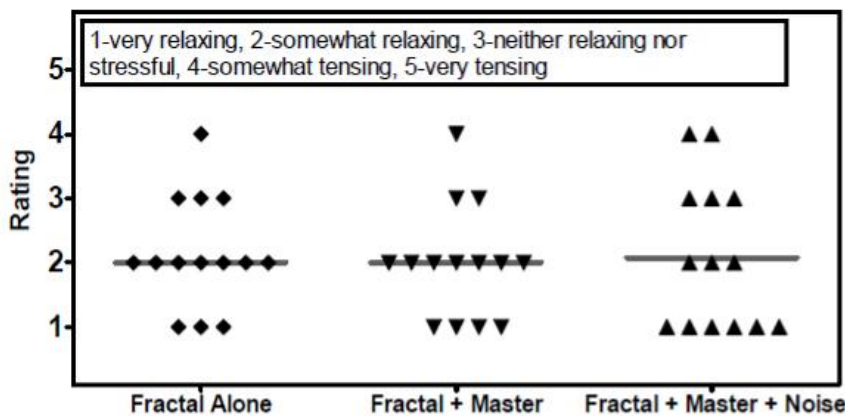
1-とてもリラックスする

2-少しリラックスする

3-普通(どちらともいえない)

4-少し緊張する

5-とても緊張する



図表2: 好みに合わせて設定した3条件のリラクセス具合の評価。小さな値ほど、被験者がよりリラックスできると評価。水平線はその平均。

横軸: フラクタルのみ、フラクタル+マスター、フラクタル+マスター+ノイズ

縦軸: 評価

1-とてもリラックスする

2-少しリラックスする

3-普通(どちらともいえない)

4-少し緊張する

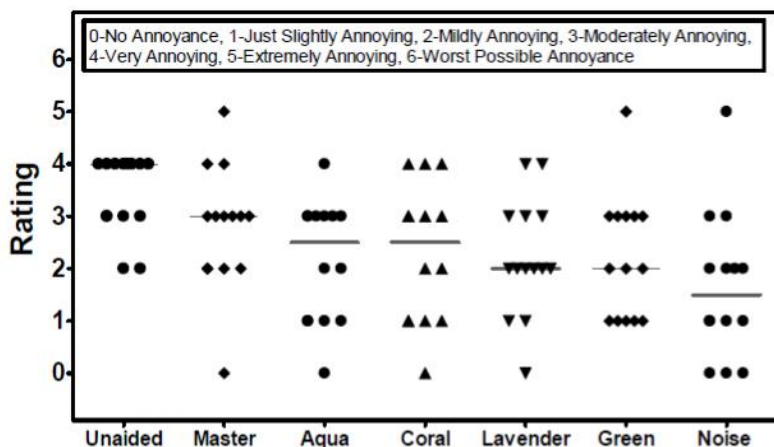
5-とても緊張する

図表2は、フラクタルのみ、フラクタル+マスター、フラクタル+マスター+ノイズに設定した時の、それぞれのリラクセス具合の評価の比較である。フラクタルプログラムは、被験者の好みに調整したものの。この3つの条件の間に、明白な違いは見られなかった。しかし、この3つの音響プログラムいずれも、明らかによりリラックスできると評価された。

耳鳴りの煩わしさ度合い (Tinnitus Annoyance Scale)

被験者は、7種のプログラム(フラクタル設定4種、ノイズのみ、マスターのみ、補聴器非装用)におい

て、耳鳴りの煩わしさを7段階（0が全然不快ではない、6が非常に不快である）で評価した。実験上、煩わしさは、「不安、いら立ち、欲求不満、怒り、不機嫌といった、ネガティブな情緒反応」と定義された。この評価は、実験室でそれぞれの設定を試聴した際に評価してもらったものであり、6ヶ月間実際に装着した結果ではない。



図表 3：実験室で試聴した際の耳鳴りのわずらわしさ度合い。最も煩わしかった場合が図の上部、最も煩わしくなかった場合が図の下部。水平線はその平均。
 横軸：補聴器非装着、マスター、アクア（水）、コーラル（サンゴ）、ラベンダー、グリーン、ノイズ
 縦軸：評価
 0-全然不快ではない
 1-ほんの少し不快である
 2-少し不快である
 3-どちらかというとき不快である
 4-とても不快である
 5-きわめて不快である
 6-最悪の不快さである

図表 3 は、7種の音響状態（補聴器非装着、マスター、アクア（水）、コーラル（サンゴ）、ラベンダー、グリーン、ノイズのみ）それぞれの評価の違いを表したものである。補聴器非装着が、平均値において最も煩わしいと評価され、ノイズのみが最も煩わしくないと評価された。4つのフラクタル設定は似たような煩わしさと評価された。補聴器非装着の状態は、4種のフラクタルプログラムやノイズのみのプログラムよりも明らかにより煩わしいと評価された ($p < 0.05$) が、マスターと変わりはない ($p > 0.05$)。ノイズのみをフラクタルプログラムと比較してみると、あまり違いはみられなかった ($p > 0.05$)。補聴器装用の経験が事前にあったかどうかは、それぞれの音響条件の煩わしさ度合いの判断に影響しなかった ($p > 0.05$)。

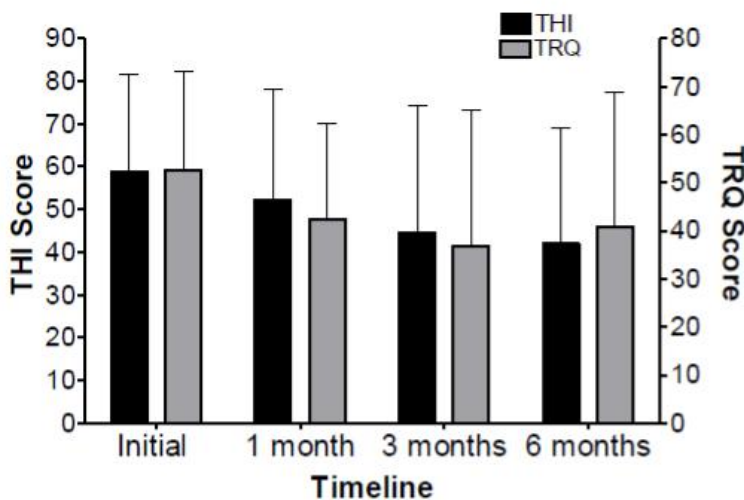
4種のフラクタル設定間では、煩わしさの明らかな違いはみられなかったが、被験者は特定の設定を好んだ。14名の被験者の内7名はグリーンを好み、5名はアクア（水）、ラベンダーとコーラル（サンゴ）はそれぞれ1名の被験者に好まれた。

被験者の好みに合わせて個別調整をした際の耳鳴りの煩わしさ度合い

被験者は好みのフラクタルプログラムを選択し、速度、音の高さを研究室と野外実験の両方の場で微調整した。被験者は平均して初期設定よりもゆっくりした速度に、そして、速度ほどの差ではないが、音の高さも低めの設定をする傾向にあった。

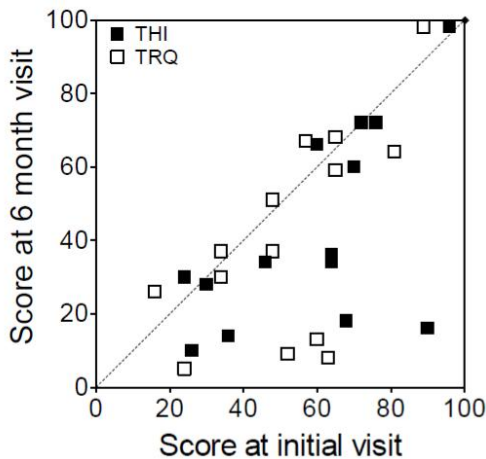
ゆっくりした速度にするということは、ゆっくりしたビートはよりリラックスできると文献が示唆するところと一致する。音の高さの選択は、個人の好み、あるいは聴力図にも左右されるようだが、二つに分かれて分布した。

耳鳴り障害指標（Tinnitus Handicap Inventory）と Tinnitus Reaction Questionnaire のスコアは、4回の訪問時（初回、1カ月後、3カ月後、6カ月後）に収集した。図表4は、次第にTHIならびにTRQのスコアが改善されていったことを反映している。THIの平均スコアは、6カ月後には58.7から42.0に減少（改善）した。TRQの値も6カ月後には52.6から40.9に減少（改善）した。



図表4：訪問時ごとのTHIとTRQの平均スコア。黒はTHIの値、グレーはTRQの値。
 縦軸（左）：THIのスコア
 縦軸（右）：TRQのスコア
 横軸（時間の経過）：初回訪問時、1カ月後、3カ月後、6カ月後

しかし、すべての被験者が飛躍的に改善したわけではない。耳鳴りの対処の仕方に対してさまざまな反応があることから、我々は更に個々の反応を調査した。その結果が図表5の散布図である。それぞれの四角は、一人の被験者の結果を示している。黒い四角がTHIの結果、白い四角がTRQの結果である。斜線の下にある四角は、時間の経過と共に改善していることを示している。THIで20ポイントの変化が見られるのは臨床的に見て大きな変化である。これを基準に判断すると、14名の内、6名は、この研究の間に臨床的に大きな改善が得られたということになる。TRQは40%の変化は、臨床的に大きな変化だという説に従うと、7名の被験者に、研究機関中明らかな改善が得られたということになる。



図表5：被験者それぞれのTHIとTRQの値。横軸が初回訪問時、縦軸が最終訪問時。それぞれの四角は個々の被験者の結果を示している。黒い四角がTHIの結果、白い四角がTRQの結果である。

論考：

耳鳴りに補聴器が効果的であるということは数々の研究で裏付けられている。20-22この研究の主な目的は、補聴器から送信されるフラクタル音によって耳鳴り患者が効果を得られるか調査するというものだった。フラクタル設定の好みは様々であるということが分かった。最も好まれたフラクタルプログラムはゆっくり～中程度の速度で、ダイナミックレンジが狭いものだった。耳鳴りのない聴覚障害者にも同様の方法でフラクタルトーンのリラックス具合を調査してみたところ、同様の結果が確認された。したがって、フラクタル設定は、耳鳴り患者に特有の好みの傾向があるわけではない。好まれるフラクタル設定の音の特徴にかかわらず、ほとんどの被験者が、フラクタル設定はリラックスできると感じた。

重要なのは、多くの音響信号の中から患者自身が選択をするということである。選ばれるだろうと予測

したものが実際に好まれた（つまり、ほとんどの被験者がよりゆっくりした速度を選んだ）ものの、耳鳴り患者が揃って特定のひとつを好んだわけではない。この事実から、個々の患者に選択肢を与えると
いう利点が浮き彫りになる。実験室においては、7名の被験者がノイズだけの設定がもっとも耳鳴りの
煩わしさが少ないと評価した（更に、ノイズのみは平均値においても最も耳鳴りの煩わしさが低かった）
ものの、6ヶ月の試用期間中ノイズのみを選択したのは2名だけ、また好きな設定としてノイズのみを挙
げた人は誰もいなかった。更に、補聴器を装用したことがある4名の被験者すべてが、ノイズのみが実
験室においても最も耳鳴りの煩わしさが少ないと選択したが、試用期間中それを使ったのは1名のみ
だった。すなわち、ノイズはマスキング効果があるため（耳鳴りの煩わしさが軽減し）、時間が限られ
た実験室の条件下では、耳鳴りの煩わしさが最も軽減した可能性があるが、実生活においてこの音響信
号は好ましい、あるいは利用できるかと判断されなかった。ノイズをフラクタル+マスターの設定に加え
たプログラムを、被験者が選択する傾向にあったのは興味深い点である。

同様に、ラベンダーは最もリラックスしないと評価されたが、グリーンとノイズのみのプログラムと同
様、耳鳴りの煩わしさが最も低かった。これもまたラベンダーが最もマスキングをすることと関連があ
る可能性があるが（速度が速いため、次の音までの時間が短いから）、短期間であれ長期間であれ、被
験者はこの速い速度にリラックスは見出だせず、したがって6ヶ月の試用期間中に選択して聞くことが
なかった。

3名の被験者（15%）のみが速い速度を好み、11名（60%）が遅い速度を好んだ。これは、一般的な
音楽で、よりゆっくりした速度のものの方がよりリラックスでき、好まれるという文献とも一致する。
したがって、フラクタル音楽は通常の音楽と比べて親しみやすさという点で異なるものの、同様の好み
が当てはまる。音の高さは、速度ほど重要ではなく（むしろ個人の好みにより影響される）、最も好ま
れたグリーンの設定では、反響を加えた高い音が好まれ、次に好まれたアクア（水）では、初期設定の
一番低い音が好まれた。人気の高かったこの2種のフラクタル設定で共通する特徴は、上記以外には調
性である。グリーン、アクア（水）の両方とも長調である。ラベンダーは最も人気が高かったフラクタ
ル設定で、同様に長調であるが、速度が速いという点が他の要因を勝る大きな要因となって好まれな
かったのかもしれない。

被験者は、実験前、実験中そして6ヶ月の試用期間終了時に、フラクタル音やノイズがプログラムオプ
ションになった（実験終了時から市販されるようになった）補聴器を評価した。14名の被験者の内13
名は、補聴器を使用していない時と比較して、少なくともひとつの増幅プログラムの際（フラクタル音
やノイズの有無を問わず）に、耳鳴りが軽減したと回答した。更に、9名は、増幅だけの時に比べて、
フラクタル音だけを聞いている状態の時の方が、耳鳴りが軽減されると回答した。野外実験期間中、あ
るいは実験後のTHI やTRQ のスコアは、半数の被験者で明らかに軽減された。ほとんどが、増幅のみ
で耳鳴りの煩わしさが軽減した。最終訪問時に、増幅に加えて何らかの追加音があると、全般的な満足
度は増すかと聞いたところ、14名のうち11名（78%）が、満足度が増すと回答した。しかし、6ヶ月間
の研究期間に収集した記録データが示す通り、長い期間使用していく内に、被験者は増幅のみ（マスタ
ープログラム）を全使用時間の60%の割合で選択使用するようになり、増幅にフラクタル且つ又ノイズ
を加えたものは30%、フラクタルのみは10%となった。このことから、耳鳴りの煩わしさを最小限に
するという事は重要であるものの、よりよく聞こえることが最低限重要だとみなされたと推測される。
この実験に先立って補聴器を装用していたのは14名のうち4名のみだったということらを考慮すると、こ
れは興味深い結果である。

フラクタル音を含んだプログラムそれぞれについて聞いてみたところ、リラックスする、あるいは少し
リラックスすると回答したのが70%、変わらないと回答したのが20%で、わずか10%の人が少し緊張す

ると感じた。フラクタルのみとフラクタル+マスター+ノイズ、フラクタル+マスターでは、ほぼ同じような分布となった。しかし、繰り返しになるが、被験者は特定のプログラムや特定のフラクタルの特徴に明らかな考えや好みを持っていた。大多数(86%)の被験者が、フラクタル信号を聞いているとリラックスしやすかったとしている。

結論

これらの実験結果は、最近発表されたもの²³と十分一致しており、補聴器から音刺激、特にフラクタル音を流すという方法は、耳鳴りを患う人に、増幅だけでなく安らぎを与えることができるということを示している。しかし、耳鳴り治療は、適切なカウンセリングと共に行われる必要があるということを確認することが重要である。

日本語訳：ワイデックス(株)