

21世紀の音楽療法への提言 (Ⅲ)

—痴呆性老人における音楽療法効果—

佐治順子、佐治量哉¹

宮城大学看護学部

キーワード

音楽療法、痴呆、評価、脳波、フラクタル次元

music therapy, senile dementia, assessment, electroencephalogram, fractal dimension

要 旨

これまで行ってきた痴呆性老人への音楽療法セッションの音楽療法効果を評価するために、被験者14名に対して音楽聴取時の脳波測定を行った。その結果、1) なじみのない曲では大脳皮質の活性度が弱く、また短時間フラクタル次元のゆらぎも大きいこと、2) なじみのある曲で、しかも演奏テンポが被験者の聴取リズムと適合している時には、大脳皮質の活性度が強く、脳波の短時間フラクタル次元のゆらぎも小さいこと、が分かった。このように音楽療法効果を促進するためには、患者の社会的背景を考慮した楽曲を用い、かつ適度なテンポとピッチで演奏する事が重要である事が脳波解析から確認する事ができた。また、脳波の短時間フラクタル解析が音楽療法効果を定量的に評価するのに有効である事が示唆された。

Concerning Music Therapy in the 21st Century (Ⅲ)

-A study of qualitative assessment on music therapy effect by fractal dimension analysis
through electroencephalogram-

Nobuko Saji, Ryoya Saji¹⁾

Miyagi University School of Nursing

Abstract

We provided some music to dementia patients and recorded their electroencephalogram signals (EEG) at the same time in order to assess the effect of music therapy practice. All fourteen patients have been attending our music therapy practice for about one year. The result showed that when they listened to unfamiliar music, their cerebral cortex did not revitalize at all and the fractal dimension for the EEG within short time fluctuated strongly. In contrast, when they listened to familiar music with a suitable tempo, their cerebral cortex revitalized actively and the fractal dimension for the EEG fluctuated less. In conclusion we confirmed through the EEG analysis that it is important to use familiar music for dementia patients, played at a familiar tempo for effective practice. We found that the short-time fractal dimension analysis though EEG is a useful method for qualitative assessment of music therapy.

1 筑波大学大学院博士課程工学研究科知能機能工学専攻
Graduate School of Advanced Engineering Systems, University of Tsukuba

1. はじめに

1998年9月より、宮城県富谷町老人保健施設「季館」において、月に2～3回の1セッション約50分の集団音楽療法を毎回2セッションずつ実施している。この音楽療法は、自由参加形式であるが1セッションにつきおよそ20～30人の患者が参加している。本年度の施設入居者の平均年齢は81.4才であるが、その92%が脳血管障害およびアルツハイマー病による老年期痴呆症であり¹⁾、これらの痴呆者は年々増加傾向にある。今後、これらの疾患に対する早期発見や治療はますます重要になってくるであろう。

近年、音楽療法がそのような疾患に対する一つの治療法として位置付けられ、音楽演奏に参加する事で“非可逆的”な痴呆の進行防止をしたり、“可逆的”な痴呆に対してはその早期改善を目的として実施されている。一般に、楽譜どおりの演奏テンポやピッチでは、痴呆度が進行している患者ほど参加する事が困難であるし、なじみのない楽曲を用いても療法効果は得られない²⁾。そのため、使用楽曲の選択や演奏には十分な知見と即興技術が必要とされる。筆者は、各セッションにおける患者の反応や、これまでに2回行った音楽療法アンケート調査(一部聞き取りを含む)結果から、参加者の音楽嗜好度をほぼ把握し、これらの調査結果を考慮した楽曲選曲を行うと共に、その日の患者の表情や精神状況を見ながら、適切な演奏テンポとピッチを判断し、即興演奏を行っている。

実際の音楽療法セッションにおいて、効果的な音楽療法に対する知見は殆ど経験的に得られるものであるが、これらの定量的な評価や客観的な評価基準の構築がまだ不十分である。本稿ではこれまでの音楽療法セッションで得られた効果的な音楽療法に対する知見を、脳波測定実験から定量的に評価する事を試みる。即ち、脳波の短時間フラクタル次元解析を用いた音楽療法効果評価の有効性³⁾、および効果的な音楽療法について言及する。

2. 研究方法

1. 対象

対象は1998年9月より音楽療法セッションに

参加している「季館」入居者14名(平均年齢±標準偏差; 77.7±6.0歳)である。14名の内訳は男性1名、女性13名である。このうちの13名(男性1名、女性12名)に対する改訂長谷川式簡易知能評価スケール(HDS-R)による心理検査結果は平均11.7点であった。内訳は0～5点が3名、6～10点が3名、11～16点が3名、17～30点が4名である⁴⁾。

2. 方法

呈示楽曲は以下の3曲とした;

楽曲a: 吉幾三「雪国」(CD)、

楽曲b: 宮城県民謡「斎太郎節」(CD)、

楽曲c: 宮城県民謡「斎太郎節」(音楽療法セッション時の録音声)。

被験者をベットに仰向けに寝かせ、頭部上方1メートルに設置したスピーカー2台により乱数によりランダムに決定した楽曲を流し、楽曲聴取時の脳波を国際10-20法に従って頭皮上19部位から単極導出し、脳波計EEG-4500(日本光電工業株式会社)に記録した。このとき安静閉眼状態を保つように教示した。被験者によっては安静閉眼状態を保つために、ベットサイドで看護婦の付き添いを認めた。この際脳波導出に影響が出ないように十分に注意をした。1楽曲聴取後しばらくの安静状態の後、同様に別の楽曲聴取時の脳波測定を行った。こうして、3楽曲(a, b, c)聴取時の脳波測定を行った。

次に、脳波分析は右前頭極部(Fp2)脳波に対して行った。ここで、各楽曲に対して全分析時間を楽曲聴取開始後2分間と設定した。5秒間エポックを0.2秒ずつずらしながら計576区間について(1)短時間スペクトル解析、(2)短時間フラクタル解析を行った。短時間スペクトル解析では“(1-a)平均周波数 μ : AR法を用いてパワースペクトル密度を1.0～30.0Hzの周波数帯域で求め、その周波数に関する一次モーメント”、短時間フラクタル解析では“(2-a)短時間フラクタル次元D: Higuchiの手法⁵⁾を用いて評価”、及び“(2-b)Dの標準偏差 σ_D ”を求めた。

3. 結 果

表1に14名の被験者に対して各楽曲聴取時脳波(Fp2)から求めた平均周波数 $\langle \mu \rangle = \mu / 576$ (576区間に対して算出した周波数に関する一次モーメント μ の平均値) を示す。 $\langle \mu \rangle$ は14名中10名(71.4%)が楽曲c聴取時に最大値をとった。

表1：Fp2脳波の平均周波数

ID	楽曲a	楽曲b	楽曲c
1	3.806	7.423	7.683
2	6.057	6.129	5.197
3	5.749	5.583	6.024
4	4.502	4.577	4.848
5	5.136	6.251	7.234
6	5.530	5.388	5.748
7	2.678	3.021	2.365
8	6.343	5.275	5.175
9	3.856	3.801	3.978
10	6.684	6.902	7.346
11	4.487	4.123	5.028
12	8.541	8.215	8.613
13	5.321	4.809	5.667
14	4.170	3.573	3.890
平均	5.204	5.362	5.628

表2にFp2脳波の短時間フラクタル次元平均値 $\langle D \rangle = D / 576$ を、表3にFp2脳波の短時間フラクタル次元ゆらぎ(標準偏差 σ_D の評価結果) をまとめた。ここで、比較のために2分間の安静時Fp2脳波に対しても同様の解析を行った。 $\langle D \rangle$ は9名(64.3%)が楽曲c聴取時に最大値をとった。14名全員の平均値は“楽曲a < 安静時 < 楽曲c < 楽曲b”であった。一元配置分散分析の結果(有意水準5%)、検定統計量: $F=0.230$ 、F分布の5%点: $F_{0.05}=2.783$ となり、 $F < F_{0.05}$ であることから帰無仮説“4水準のフラクタル次元平均値は等しく水準による効果は0である”が採択され、楽曲による違いは見出せなかった。一方で、 σ_D は10名(71.4%)が安静時に最小値をとった。14名全員の平均値は“安静時 < 楽曲c < 楽曲b < 楽曲a”であった。一元配置分散分析の結果(有意水準5%)、検定統計量: $F=4.869$ と与えられ、 $F > F_{0.05}$ であることから帰無仮説“4水準のフラクタル次元ゆらぎは等しく水準による効果は0である”は棄却され、フラクタル次元ゆらぎに楽曲依存性が見いだされた。

らぎは等しく水準による効果は0である”は棄却され、フラクタル次元ゆらぎに楽曲依存性が見いだされた。

表2：Fp2脳波の短時間フラクタル次元平均値

ID	安静時	楽曲a	楽曲b	楽曲c
1	1.805	1.642	1.796	1.846
2	1.744	1.781	1.773	1.744
3	1.779	1.770	1.788	1.794
4	1.720	1.731	1.734	1.735
5	1.745	1.709	1.774	1.799
6	1.766	1.710	1.732	1.767
7	1.490	1.497	1.580	1.466
8	1.694	1.724	1.662	1.595
9	1.613	1.615	1.612	1.639
10	1.825	1.796	1.814	1.837
11	1.670	1.629	1.671	1.715
12	1.885	1.875	1.869	1.886
13	1.733	1.764	1.746	1.774
14	1.668	1.690	1.658	1.682
平均	1.724	1.710	1.729	1.734

表3：Fp2脳波の短時間フラクタル次元ゆらぎ

ID	安静時	楽曲a	楽曲b	楽曲c
1	0.056	0.127	0.067	0.054
2	0.039	0.057	0.065	0.073
3	0.048	0.066	0.055	0.059
4	0.024	0.035	0.041	0.040
5	0.042	0.113	0.057	0.061
6	0.039	0.111	0.105	0.055
7	0.042	0.110	0.118	0.068
8	0.037	0.047	0.085	0.100
9	0.056	0.089	0.075	0.074
10	0.018	0.064	0.051	0.028
11	0.052	0.118	0.142	0.102
12	0.026	0.024	0.023	0.020
13	0.024	0.057	0.048	0.061
14	0.065	0.084	0.061	0.072
平均	0.041	0.079	0.071	0.062

次に、 $\langle \mu \rangle$ と $\langle D \rangle$ の両パラメータ間の相関について検討した。各楽曲に対して被験者14名の $\langle \mu \rangle$ と $\langle D \rangle$ のデータから $\langle \mu \rangle$ 対 $\langle D \rangle$ 2次元

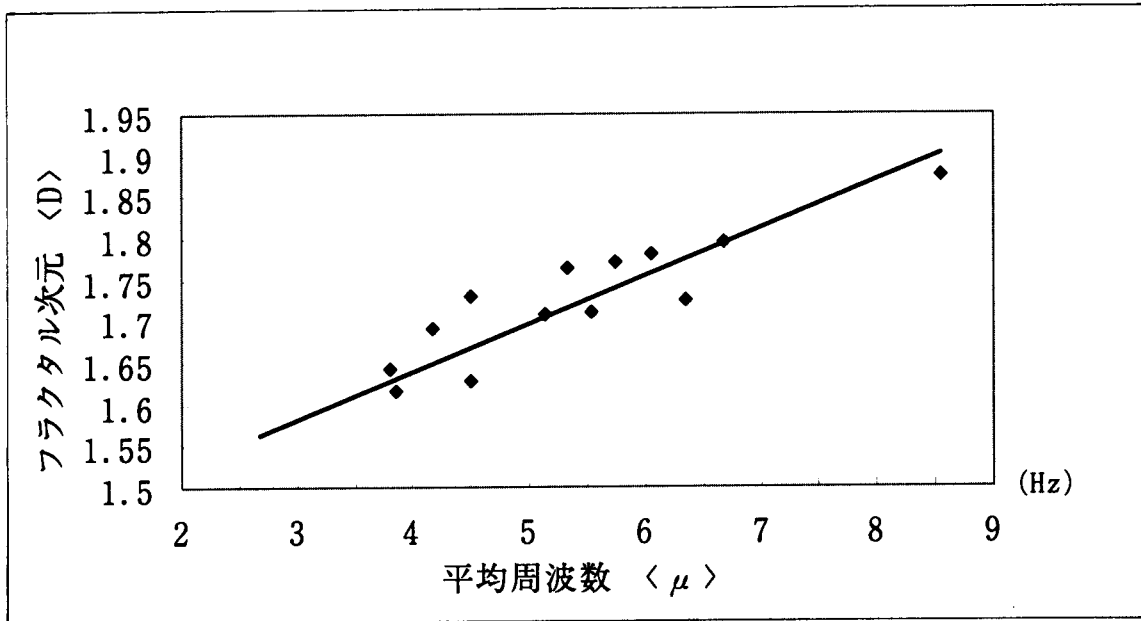


図1：楽曲a「雪国」聴取時脳波 (Fp2) の $\langle \mu \rangle$ 対 $\langle D \rangle$ 2次元位相図

<最小二乗直線 $\langle D \rangle = 0.058 \times \langle \mu \rangle + 1.409$ によってフィットされる>

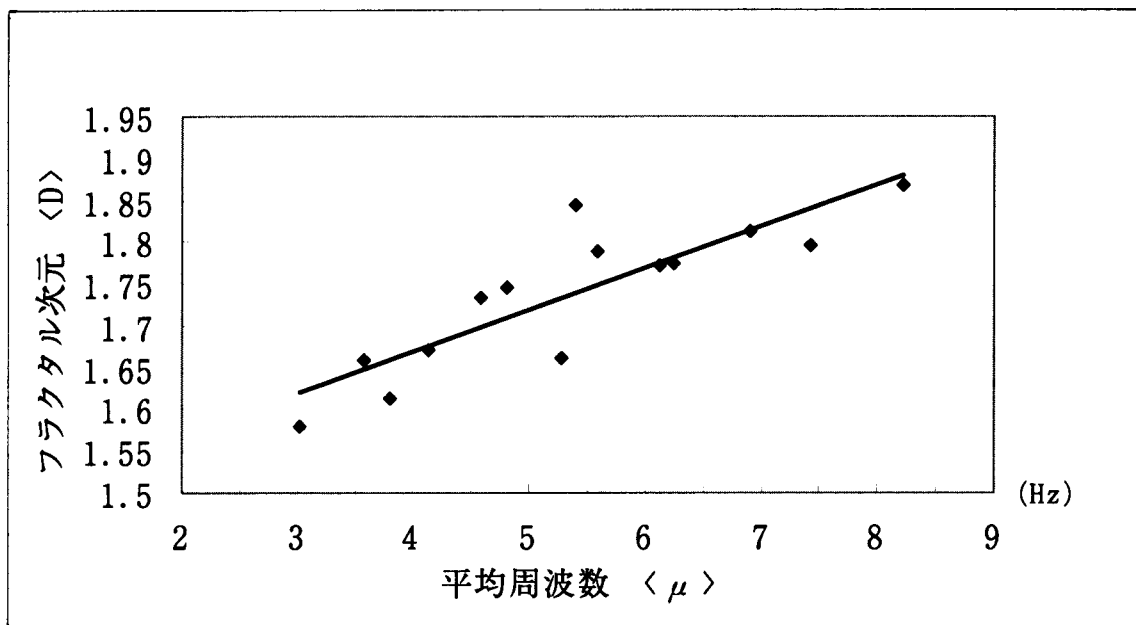


図2：楽曲b「斎太郎節 (CD)」聴取時脳波 (Fp2) の $\langle \mu \rangle$ 対 $\langle D \rangle$ 2次元位相図

<最小二乗直線 $\langle D \rangle = 0.050 \times \langle \mu \rangle + 1.471$ によってフィットされる>

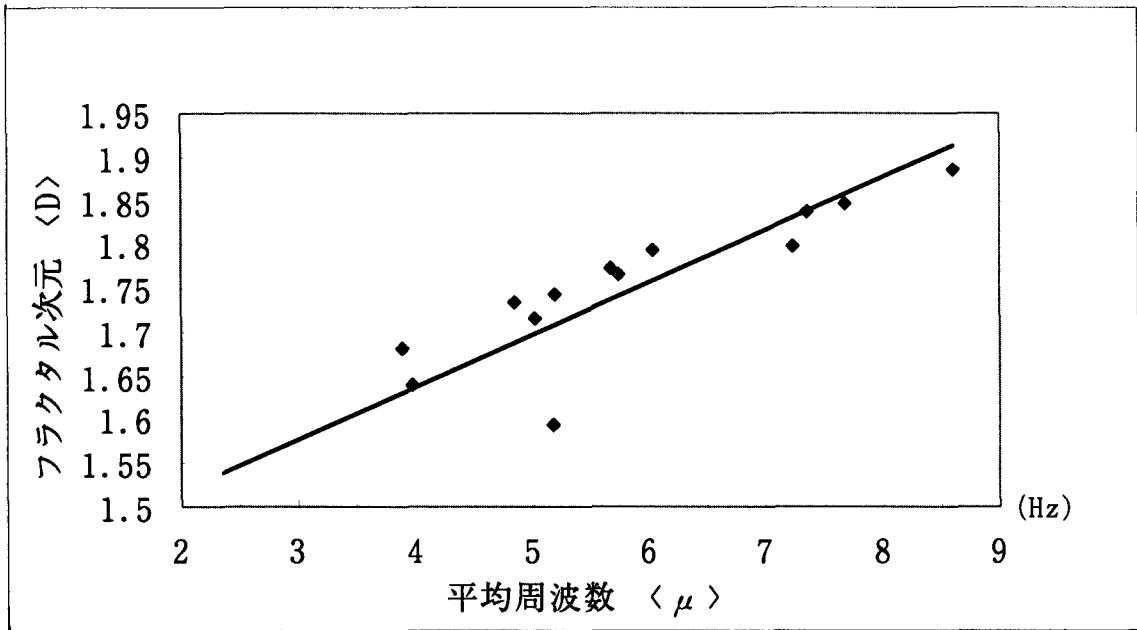


図3：楽曲c「斎太郎節（音楽療法）」聴取時脳波（Fp2）の $\langle \mu \rangle$ 対 $\langle D \rangle$ 2次元位相図

<最小二乗直線 $\langle D \rangle = 0.060 \times \langle \mu \rangle + 1.398$ によってフィットされる>

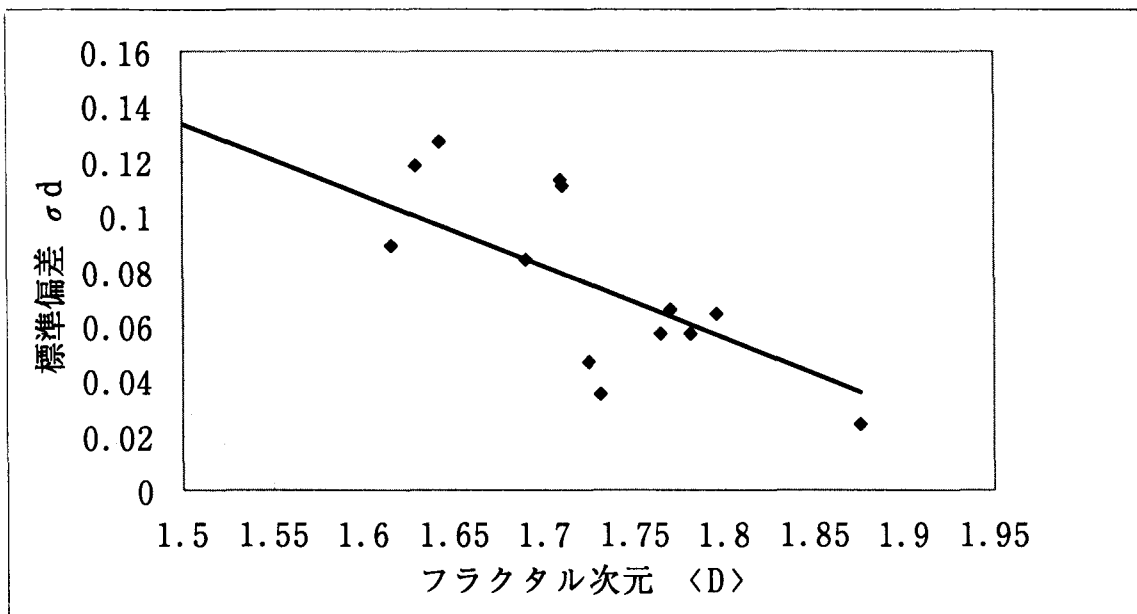


図4：楽曲a「雪国（CD）」聴取時脳波（Fp2）の $\langle D \rangle$ 対 σ_d 2次元位相図

<最小二乗直線 $\sigma_d = -0.261 \times \langle D \rangle + 0.524$ によってフィットされる>

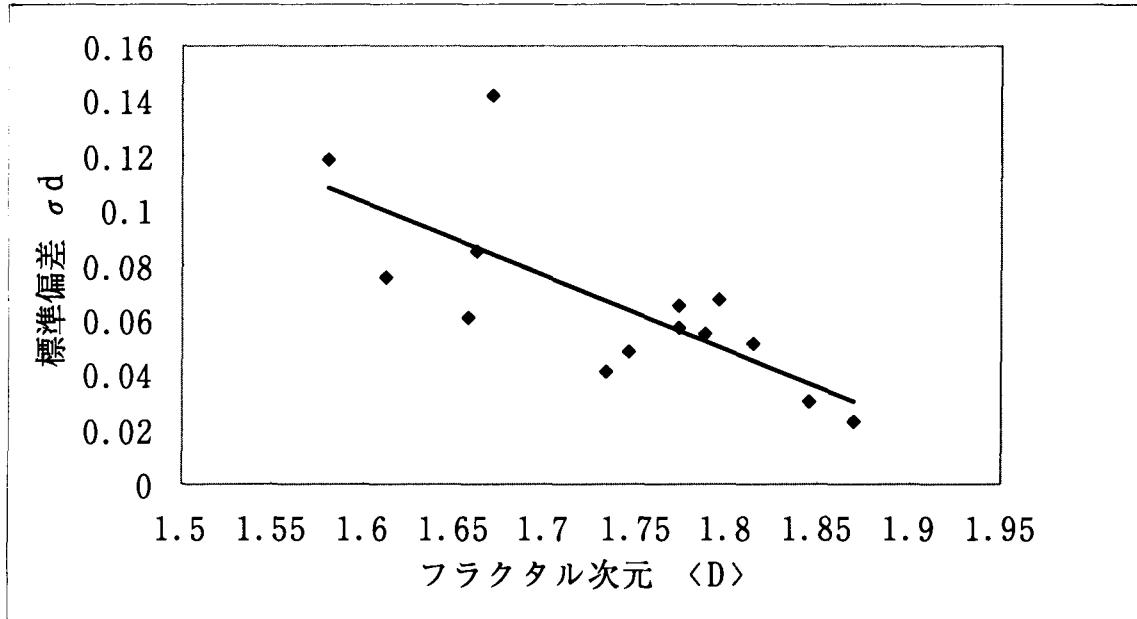


図5：楽曲b「斎太郎節 (CD)」聴取時脳波 (Fp2) の〈D〉対 σ_d -2次元位相図
 <最小二乗直線 $\sigma_d = -0.269 \times \langle D \rangle + 0.533$ によってフィットされる>

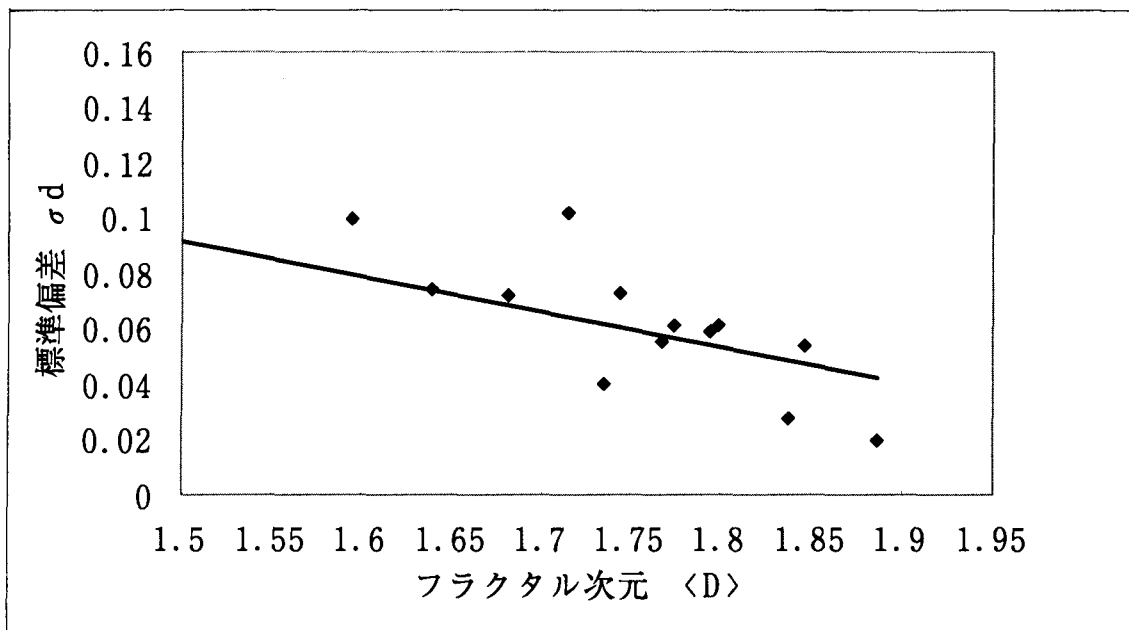


図6：楽曲c「斎太郎節 (音楽療法)」聴取時脳波 (Fp2) の〈D〉対 σ_d 2次元位相図
 <最小二乗直線 $\sigma_d = -0.128 \times \langle D \rangle + 0.284$ によってフィットされる>

位相図を作成した。楽曲 a (図 1)、b (図 2)、c (図 3) いずれの場合も $\langle \mu \rangle$ と $\langle D \rangle$ の両パラメータ間に強い正の相関が認められた (表 4)。また、 $\langle \mu \rangle$ と $\langle D \rangle$ に関して最小二乗直線 $\langle D \rangle = \alpha \times \langle \mu \rangle + \beta$ を求め、推定された α 、 β を表 4 にまとめた。同様に $\langle D \rangle$ と σ_D の両パラメータ間の相関について検討した。その結果、いずれの場合も負の相関が認められ、推定された α 、 β と共に表 5 に示す。図 4～6 に楽曲 a、b、c それぞれの $\langle D \rangle$ 対 σ_D 2 次元位相図を示す。

表 4：最小二乗パラメータ評価 ($\langle \mu \rangle$ 対 $\langle D \rangle$)

	楽曲a	楽曲b	楽曲c
相関係数	0.911	0.857	0.903
α	0.058	0.050	0.060
β	1.409	1.471	1.398

表 5：最小二乗パラメータ評価 ($\langle D \rangle$ 対 σ_D)

	楽曲a	楽曲b	楽曲c
相関係数	-0.728	-0.735	-0.614
α	-0.261	-0.269	-0.128
β	0.524	0.533	0.284

4. 考 察

1. 周波数徐化とフラクタル次元

老年期痴呆者脳波の特徴として基礎律動を形成する α 波の周波数低下、不規則化、広汎性の徐波 (θ 波、 δ 波) の増加⁹⁾などがあげられるが、これらは一般に $\langle \mu \rangle$ の減少で特徴付けることができる。本稿の短時間フラクタル解析結果 ($\langle \mu \rangle$ と $\langle D \rangle$ が強い正の相関、 $\langle D \rangle$ と σ_D が負の相関) を利用すれば、 $\langle D \rangle$ の減少や σ_D の増加といった指標で老年期痴呆者脳波の特徴を脳波のフラクタル性に基づいて定量的に評価することが可能となることが期待される。本稿の解析は前頭極部脳波に対してのみであったが多部位脳波に対して同様の解析を行い検討していくことで評価基準を確立していくことも可能であろう。この際には最小二乗パラメータ α 、

β が有用な指標となると考えている。すなわち、周波数の徐化が位相空間内における曲線として与えられることで、痴呆度の判定などが可能になると考えられる。また、脳波のフラクタル性が反映しているものは脳の質的な変化なのか、あるいは脳の充実度といった量的な変化なのか、これらの点について関連性を見出していくことも、今後の痴呆医療に対して有効な指針を与えるものであると考えられる。

2. 楽曲とその演奏テンポ、ピッチ

音楽療法における楽曲演奏テンポは筆者の経験によると、楽曲や痴呆度に依存するがおよそ M.M. = 50～70 程度が適当である²⁾。ここで、今回用いた楽曲について考察してみると、楽曲 a 「雪国」は、東北地方を歌った演歌であるがその演奏テンポは音楽療法を行うには大変にはやい (M.M. = 88)。楽曲 b 「斎太郎節 (CD版)」は宮城県民謡であり、音楽療法アンケートで最も好まれている楽曲である¹⁾が、CD演奏版である為その演奏テンポはやはりはや目である (M.M. = 82)。楽曲 c 「斎太郎節 (セッション時の録音)」は実際の音楽療法時の斎太郎節演奏 VTR から音声のみ抽出したものであるゆえ、患者にとっては参加しやすいテンポ (M.M. = 62) とピッチである。すなわち、楽曲 a は地域性はややあるといえるが嗜好度やテンポは合っていない曲、楽曲 b は地域性・嗜好度は十分あるがテンポが合っていない曲、そして楽曲 c は地域性・嗜好度・テンポなどすべてが合っている曲である。

このような観点から楽曲聴取時の脳波分析結果を考察してみると地域性・嗜好度・テンポなどすべてが合っている曲 (楽曲 c) に対しては脳波のフラクタル次元ゆらぎが小さかった。このため、脳波のフラクタル次元ゆらぎを用いた解析が有効な音楽療法を行う上でその評価基準として有用であろう。一方で、脳波の平均周波数は大脳皮質の活性度を表わしていると解釈でき、平均周波数と正の相関を示すフラクタル次元値による解析が大脳皮質の活性化を解釈する上で有効な指針となることが期待される。大脳皮質の活性化を促進することによって、痴呆度

の進行防止や痴呆症状の早期改善につながると考えているからである。このように、脳波のフラクタル解析が音楽療法効果を評価する上で有効であると考えられよう。

以上のことから、療法効果を促すためには楽曲選択・演奏時に以下の点に注意するべきである：

- 1) 知っている曲である事
- 2) テンポとピッチが合っている事

そして、これらの条件を満たす楽曲を

- 3) 反復演奏する事

によって脳の活性化を効果的に促す事が初めて可能であると考えられる。

実際に、このような手順に従って実行している音楽療法セッションを通して、失語症と診断されていた患者が数ヶ月の音楽療法セッション後には話し出すことや、鬱病で食欲不振の患者が、太鼓の特技が認められて意欲的になり、食事が進むようになった例を体験している。

5. まとめ

本稿では、経験的に得られていた効果的な音楽療法手法の有効性を脳波のフラクタル解析を用いた定量的評価によって確認することができた。

痴呆性老人に対する音楽療法では

- 1) 楽曲選択は、患者の社会的背景を考慮したものでなければならない
- 2) 即興演奏は、患者に適したテンポとピッチで行わなければならない
- 3) 療法効果は即効性ではないので、ある程度長い時間をかけた療法プログラムを作成することが必要である。

今後この手法を用いて、老年痴呆の診断、脳血管性痴呆とアルツハイマー型老年期痴呆症の鑑別など、より医療現場に近い視点での多くの研究を進めていくつもりである。

謝 辞

宮城県富谷町老人保健施設「季館」では、集団音楽療法セッションを行うにあたり、入居者・施設関係者等の方々に、深いご理解とご協力を頂いております。殊に今回の脳波実験を行うに当たりましては、宮城大学看護学部長澤治夫教授、季館館長飯澤二郎医師、千葉こまつ婦長に甚大なる御協力を頂きました。併せてここに、深く感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 佐治順子、猿橋麻里子、斉藤孝：痴呆性老人への音楽療法 — 選曲とテンポへの一考察 —、第20回バイオミュージック学会学術大会抄録（1999）pp. 33
- 2) 佐治順子、佐治量哉：楽曲構造とリラクゼーション効果—脳波のフラクタル解析を通して—、日本音楽学会第50回全国大会研究発表（東京、1999年11月）
- 3) 佐治順子、佐治量哉：音楽聴取時の脳波と音楽嗜好との関係（I）、日本バイオミュージック学会誌17（1999）pp. 226-232
- 4) HDS-Rに関しては、宮城県富谷町老人保健施設「季館」飯澤二郎医師からの資料提供に基づく。1名は検査不能。
- 5) T. Higuchi: Approach to an irregular time series on the basis of the fractal theory, *Physica D* 31（1988）pp. 277-283
- 6) E. Niedermeyer and F. Lopes da Silva: *Electroencephalography*, Chap. 19, pp. 349-359, Williams & Wilkins, 1999