OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	脈波と脳波の非線性解析並びに音楽刺激による両者の挙動の比較検討
Author(s)	胡, 毓瑜; 三好, 恵真子
Citation	大阪大学大学院人間科学研究科紀要. 2015, 41, p. 61-77
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/57220
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

脈波と脳波の非線性解析並びに音楽刺激による両者の挙動の比較検討

胡　　毓　瑜・三　好　恵真子

目　次

１．はじめに
２．脈波と脳波の原理並びに測定方法
３．脈波の脳波の解析方法と指標
４．非線形解析からみる音楽刺激の影響
５．考察と今後の課題

脈波と脳波の非線性解析並びに音楽刺激による両者の挙動の比較検討

胡　　毓　瑜・三　好　恵真子

1．はじめに

生理心理学の分野おいて、種々の生体信号（脳波，心電図，心拍間隔，血圧，呼吸，指尖容積脈波など）に関し、従来から様々な手法を用いて解析され、多くの知見が得られてきたが、その大半は、線形理論に基づく解析手法が主流であった。しかしながら、生体信号には非線形的性質が含まれており、これらはカオス（chaos）と呼ばれ、非線形的性質により変動することが知られている。カオスとは、システムの状態遷移規則が決定論的であるにも関わらず、システム自体の非線形性によって確率系と等価な複雑さを生み出す現象であり、ランダムネスのような非常に複雑な挙動を示す。規則に従っているのに対象が無秩序に見えるのは、その対象を構成する要素の一つ一つの動きが単純であっても、集合体として振る舞うと複雑になるからであり、こうした対象のことを「複雑系」と呼ぶ。人間も複雑系であり、その複雑系から産出される生体信号にカオス情報が存在する可能性が高いと判断された。近年、カオス理論の発展とともに、生体信号におけるカオス情報の存在が明らかになり（Abarbanel，1993）、それらの分析によって、人の生理・心理状態を推定する「カオス解析（chaos analysis）」の有効性が様々な実験により証明されつつある。

我々はこれまでの研究において、指尖容積脈波（以下「脈波」と記述する）から得られるカオスなどの情報を客観的に分析することにより、「人の心の状態を可視化する方法」を確立し、精神疾患病の診断への有効性も実証してきた（Hu et al., 2011; 胡＆三好，2013；三好ら，2014）。その測定上の特徴として、簡易な方法であり、無襲撃で、経済的であるという利点も兼ね備えている。他方、脳波は、1875 年にその存在が発見されて以来、1950 年代頃から「脳波計」が開発され、商品化していった。現在、臨床検査として、また医学，生理学，心理学，工学領域においても研究方法の中に取り入れられているが、やはりおおむね、線形理論に基づく解析方法が採用されている。しかし、脳波においても、非線形解析により、有用な知見を得られることは間違いない。

そこで本稿では、これらの手法を用いて、特に「音楽と心理の関係性」に着目し、音楽を聴いている過程及びその前後において、脈波と脳波から得られるカオスなどの種々の挙動を追跡してその刺激の影響を検討するとともに、両者の関係性も明らかにしてゆ

くことを目的とする。

音楽と心理や感情との関係は、心理学以外の分野を含めて様々な検討が試みられており、実践の内容も多岐にわたっている（浅野ら，2010)。こうした試みにおいて、音楽の与える影響を客観的に示す必要があり、さらに音楽療法などに発展させる場合には、その必然性が高まってくる。よって本研究では、音楽と心理の関係性を脈波と脳波から得られる客観的指標により分析評価し、将来的に応用展開に役立てる方法として確立してゆくことを目指していきたい。

2．脈波と脳波の原理並びに測定方法

2-1. 脈波の原理と測定方法

本研究で取り上げる脈波とは、「指先の毛細血管を流れるヘモグロビンの増減」である(Sumida, et al., 2000)（図 1)。心臓からの血流と同期であることから、指尖脈波の測定部位が指先となり、これは、複雑な脳波測定と比較すると、極めて簡便であると言える。

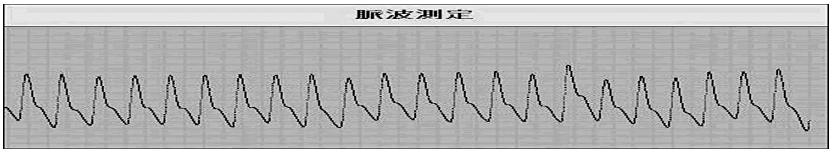

図 1　脈波の波

さらに脈波は、血圧や心臓の波動、呼吸など複数の各部位から発信される様々な信号の合成であり（図 2)、身体のみならず心的状態を鋭敏に反映する生体信号であることも明らかになってきた。

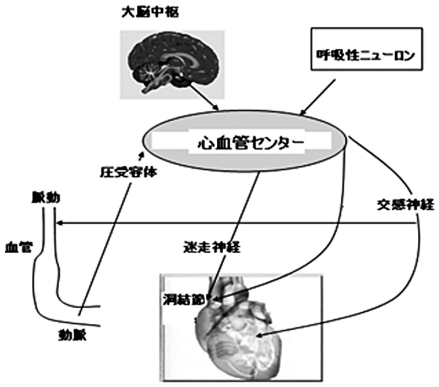

図 2　脈波に存在する様々な情報

脈波の測定システムは、脈波を読み取る赤外線センサーが付いたサック状のカフ（測定装置）とパソコン、また解析ソフトから構成されている（図 3）。赤外線センサー付カフを指先に装着し、指先の毛細血管を流れるヘモグロビンの増減をとらえ、この値がデジタル変換されてコンピュータに蓄積される。コンピュータ内には解析用の専用ソフトが入っており、上述の手順により、プログラムを作って、指尖脈波をデジタルデータとして保存し、非線形分析をすることができる。専用ソフトセンサーは、指の尖端のほか、耳たぶ、足先などでも測定が可能である。しかし心臓からの血流と同期が必要であることから、左手の指先の感度が高く、測定には適している。

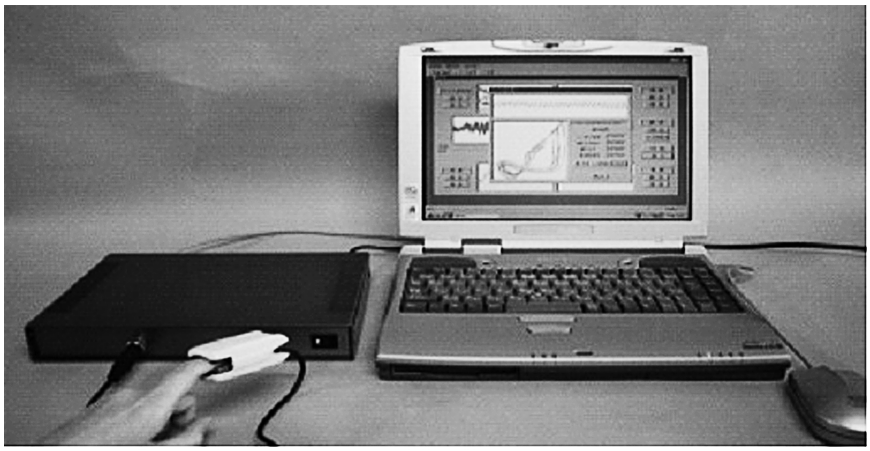

図 3　脈波測定システム

2-2. 脳波の原理と測定方法

脳は、その活動にともなって常に微弱な電波を出し続けており、その挙動は、頭の表皮上におけるわずかな電位差として現れる。よってこの電気活動を頭皮上あるいは他の部位に置いた電極で記録したものが「脳波」である。そしてこの脳波を測定し、記録する装置を脳波計（図 4）と呼ぶ。

図 4　脳波計

本研究では、電極を配置する方式は国際 10-20 法を採用し、頭皮を 10% もしくは 20% の等間隔で区切って、計 21 個の電極を配置する（図 5）

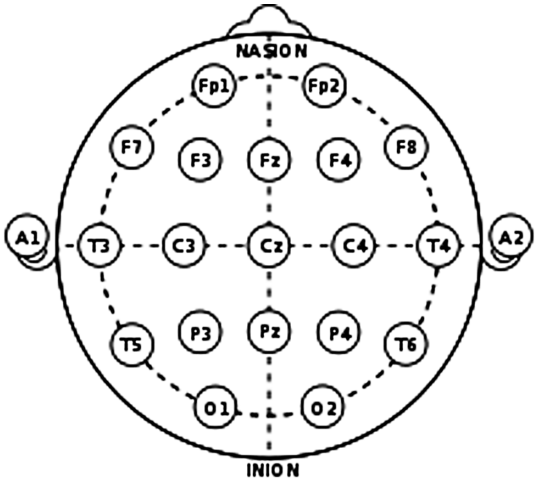

図 5　国際 10-20 法

測定時には、図 6 に示すような波が観測され、これらの波がデジタル変換・保存され、分析に供することができるようになっている。

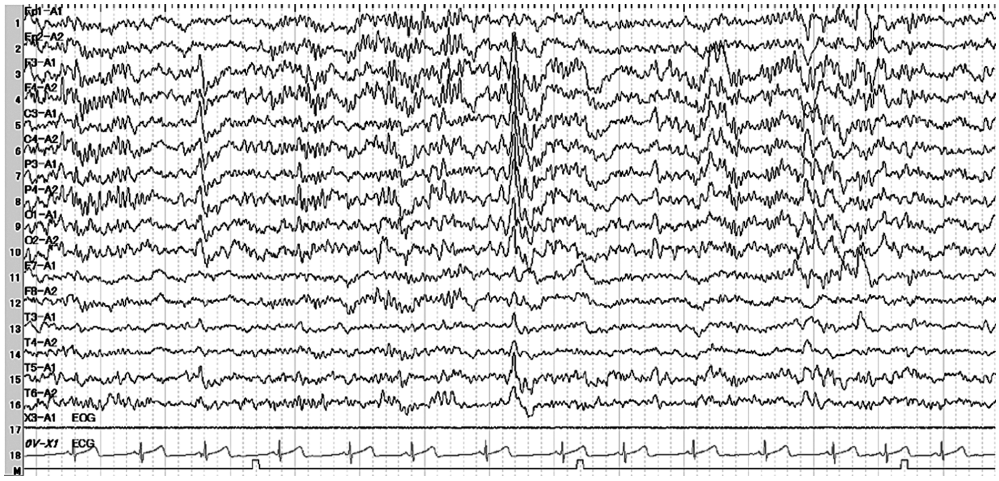

図 6　国際 10-20 法の脳波

3．脈波と脳波の解析方法と指標

3-1. カオス現象とアトラクター

カオス現象は、一見無秩序に見えるものの、実際にその背景に確固たる規則が存在す

る現象を指す。言い換えると、次に起こる現象が確率で決まるのではなく、ある一定のルールに従って決定論的に決まる現象なのである。規則に従っているのに対象が無秩序に見えるのは、その対象を構成する要素の一つ一つの動きは単純であっても、集合体として振る舞うと複雑になるからである。

カオス情報の存在を判断する方法はいくつかあるが、その代表的な手法はアトラクターを描く方法である。アトラクターは、ある力学系がそこに向かって時間的に発展をする集合のことであり、その力学系において、アトラクターに十分近い点から運動するとき、そのアトラクターに十分近いままであり続けるのである。

多変数から構成されている力学系の諸挙動も、実際に観測できるのは 1 変数のみの場合が多い。しかし、1 変数の観測データであったとしても、時間遅れプロット方法を用いて、カオス・アトラクターの再構成が可能であることが、ターケンス定理で証明されている。観測された一次元の時系列データを x(i),(ｉ =1,2,…, ｎ) とする。このデータを用いて、d 次元空間の中に軌跡を描くには、適当な時間遅れをとり、以下の（1）のベクトルの軌跡を作ればよい。

$$X(i)=[x(i),x(i+r),...,x(i+(d-1)r)] \quad (1)$$

このベクトル X(i) を、座標軸 x(i),x(i+r),x(i+2r),…,x(i+(d-1)r) に順次プロットしていくと (i=1,2,…,n) 、軌道（カオス・アトラクター）が得られるのである。すなわち 1 次元の時系列変化を d 次元の状態空間に埋め込むのであるが、ここで d を埋め込み次元と呼ぶ。この方法によってシステムのアトラクターが 1 つのデータから再現でき、視覚的に表示されることになる。

埋め込み法によって、脈波のアトラクターを描くことができるのであるが、図 7 の左図は脈波を時系列でグラフ化したもので、右図はこの二次元の波から、埋め込み法で描いたアトラクターになる。

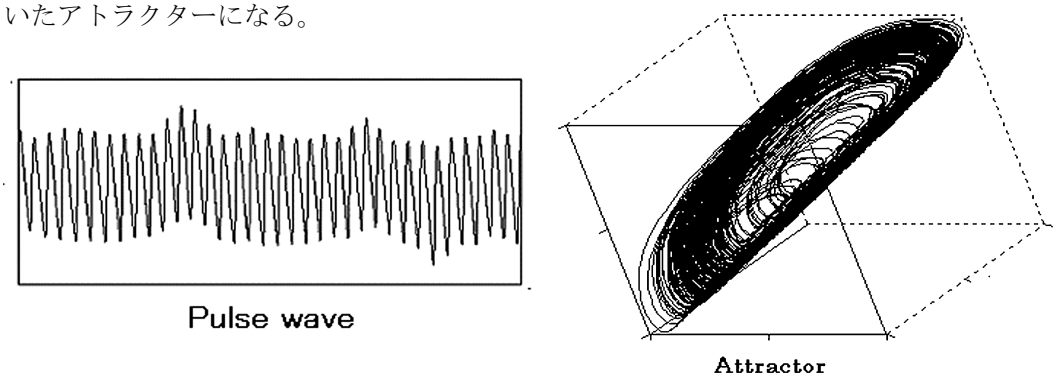

図 7　脈波からのアトラクター

時系列で見た波形は不規則に増減が繰り返されているように見えるが、アトラクターに変換すると、何らかのパターンで軌道が描かれることが分かり、さらに軌道は一定ではないもののほぼ同じ方向を向いている。このように指先に流れるヘモグロビンの増減

を時系列の波形で見ると、そこに規則性を見出すのは困難であるが、アトラクターで評価すると一定のパターンが存在する。このことは、脈波にカオス的な情報が存在する証拠にもなるのである。

3-2. 最大リアプノフ指数

3－1 で示したように、ある生体信号の中にカオス情報が存在していることが認識できても、アトラクターの構造はまだ不足しており、分析の際、さらに重要な情報を得るために、最大リアプノフ指数（The largest Lyapunov exponent ,LLE）の計算が必要になる。リアプノフ指数とは、近接した 2 点から出発した二つの軌道が、どのくらい離れていくかを測る尺度である。この軌道幅の時間的な変動を数値にしたものがリアプノフ指数であり、その最大値を最大リアプノフ指数と呼ぶ (Sano & Sawada, 1985)。最大リアプノフ指数は次のように定義される。

$$\mathrm{LLE} = \lim_{\varepsilon\to 0}\lim_{\mathrm{n}\to\infty}\frac{1}{t}\log\frac{|\delta X_\epsilon(t)|}{|\epsilon|} \tag{2}$$

$$\delta X_\epsilon(t) = X(t) - X_\epsilon(t) \tag{3}$$

$$\epsilon = \mathrm{X}(0) - X_\epsilon(0) \tag{4}$$

ここで、最大リアプノフ指数が大きいほど、アトラクターの変動幅は大きくなる。つまりゆらぎの幅が大きいと言える。逆に最大リアプノフ指数が小さいほどアトラクターの変動幅は小さくなり、ゆらぎの幅も小さいと考えられる。

リアプノフ指数の計算方法において、Sano と Sawata の手法は、時系列データのダイナミクスが未知な場合に、近似的にヤコビ行列の推定を行い、リアプノフ指数を計算する手法である。ヤコビ行列の推定方法を以下に示す。

アトラクター上の一点 x(i) に注目すると、その近傍にはいくつの点が存在している。この近傍点の集合を $x(k_j)$,(j=1,2,⋯,N) とすると近傍点の変位は

$$y_j \equiv \Delta x_j(i) = \mathrm{x}(k_j) - x(i) \tag{5}$$

となる。次に微少時間 m Δ t が経過した状況を考える。このとき変位は

$$z_j \equiv \Delta x_j(i+m) = x(\mathrm{k+m}) - x(i+m) \tag{6}$$

となる。ここで、近傍距離と微少経過時間が十分小さいと仮定すると。次のように線形近似が可能である。

$$z_j(i) = A_i y_j(i) \tag{7}$$

この A_i がヤコビ行列に相当する。A_i の推定には次式の行列方程式を用いる。

$$A_i V_i = C_i \tag{8}$$

$$(V_i)^{kl} = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} y_j(i)^k\, y_j(i)^l \tag{9}$$

$$(C_i)^{kl} = \frac{1}{N}\sum_{j=1}^{N} z_j(i)^k \, z_j(i)^l \tag{10}$$

ただし、$y_j(i)^k$、$z_j(i)^k$ はベクトル $y_j(i)$、$z_j(i)$ の第 k 成分を表す。実際の数値計算においては、各計算時間ステップで A_i を推定し、QR 分解等の方法によって、伸縮率を求める、上三角行列の対角成分（上三角行列の対角成分は上三角行列の固有値に等しい）の平均値を求めるという方法をとる。

3－3. 自律神経バランス

脈波からは、まず直接的に心拍の情報を得ることができる。これをスペクトル分析という特殊な方法で解析することにより、交感神経（計算式で LF と表記する）と副交感神経（計算式で HF と表記する）の活動を読み取ることができる。交感神経は心身の活動が高まっているときに活発に働き、副交感神経は疲労した心身を回復させるときに活発に働く。また両者の情報を用いることで、自律神経バランス（計算式で ANB を表示する）を算出できる。これは交感神経と副交感神経のどちらが優位なのかを示す指標である。

自律神経バランスは次のように定義される。

$$\mathrm{ANB} = 10 \times \frac{LF}{HF+LF} \tag{11}$$

ANB が 5 より大きい時、交感神経が優位であり、反対に 5 より小さい時、副交感神経が優位である。

4．非線形解析からみる音楽刺激の影響

4-1. 実験方法

本実験は、2 つのステップにより段階的に行った。第 1 ステップは、傾向を把握するための実験であり、2011 年 10 月に大阪大学の学生 6 名（男性 5 名、女性 1 名）を対象に、音楽鑑賞前，音楽鑑賞中及び音楽鑑賞後において脳波と脈波の測定を行った。ここでの選曲は、美空ひばりの「川の流れのように」であり、被験者はリラックスした状態でベッドに横たわり、実験中はずっと目を閉じていてもらった。実験の開始から最初の 5 分間は横たわってじっとしてもらい、続いてヘッドフォンから音楽が 5 分間流れ、さらに音楽が終わった後も引き続き 5 分間ベッドに横たわったままにしてもらった。このように、合計１５分の間、脳波と指尖脈波を被験者ごとに測定した。

第一ステップの実験では、脳波と脈波の両方を測定したが、脳波の測定は上述のようにかなり時間を要するため、実験対象者が少なく、根拠が不十分であることが問題になると考えられる。そこで、より統計的な意味づけを持つ結果を得るために、脈波の測定

の対象者を増やし、また第一ステップで生じた新たな問い（詳細は後述するが、被験者の音楽の有無に関連するのか）を確認できる方法に調整した上で、第二ステップの実験を実施した。2014 年 1 月に、20 代から 60 代までの 14 人（男性 9 名、女性 5 名）を被験者として脈波のみの測定を行った。脈波の測定装置と測定方式が第一ステップとほぼ同じであるが、3 分間でも十分に傾向がつかめるため、測定時間は各 3 分間に変更し、同様に行った。選曲は、２種類があり、一つはももいろクローバーＺの「Ｚ女戦争」、もう一つは被験者自身が選んだ特に好きな曲である。実験は、「Ｚ女戦争」を聴かせた時が、10 回、自身の好きな曲を聴かせた時が 12 回で、全部で 22 回行った。

4-2. 第一ステップ実験の結果及び考察

まず脳波の各部位の最大リアプノフ指数を計算し、この結果を分布図で表したものが図 8 である。

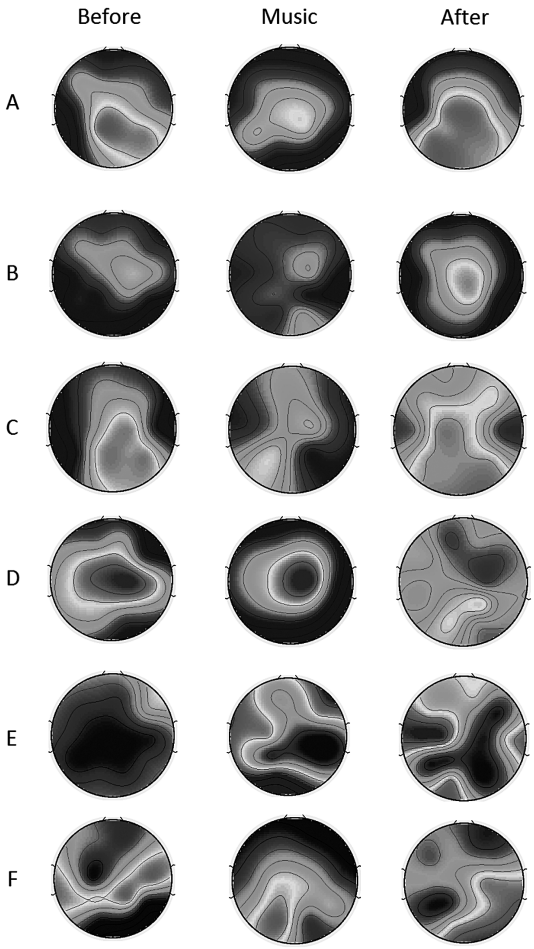

図８　各部位の脳波の最大リアプノフ指数

図から分かるように、被験者Ｅを除いた 5 人は音楽鑑賞中に脳波の最大リアプノフ指数が平準化している。特に音楽鑑賞前において、頭の中央の最大リアプノフ指数は高いものの、音楽鑑賞中は明らかに減少している。さらに、各実験対象の脳波の最大リアプノフ指数の平均値を計算した結果を図 9 に示したが、実験対象Ｅを除いた 5 人は、音楽鑑賞前より音楽鑑賞中の方が、最大リアプノフ指数が低くなっている。また、その後を回復し、音楽鑑賞前よりもっと高くなっている。

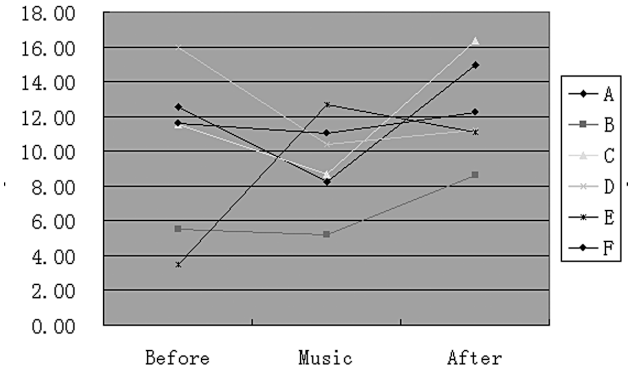

図 9　6 人の脳波の最大リアプノフ指数の平均値の挙動

他方、脈波から得た最大リアプノフ指数の挙動を図 10 に示した。

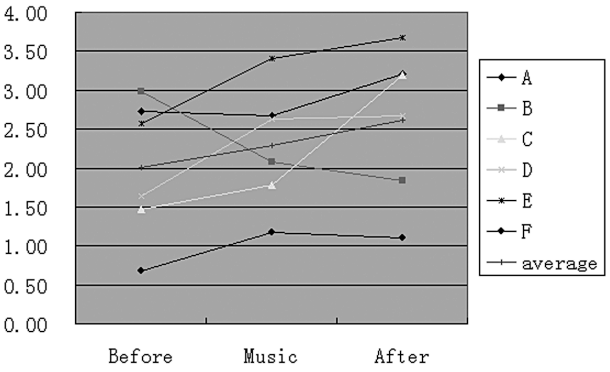

図 10　6 人の脈波の最大リアプノフ指数の挙動値

実験対象Ｅを除いた 5 人は、音楽鑑賞中に最大リアプノフ指数が高くなっている。さらに音楽鑑賞後にも上昇を続けている。しかし、数値から判断すると、脈波の変化は脳波ほど著しくはなく、変化は少ないといえなくもない。よって、脳波よりも安定性が高い脈波の場合、測定件数を多くして検討する必要があると判断し、4－3 に示す、第二ステップの実験を行った。

なお、脈波から得た自律神経バランスの挙動は図 11 に示したが、平衡状態にあり、あまり変化がないと考えられた。

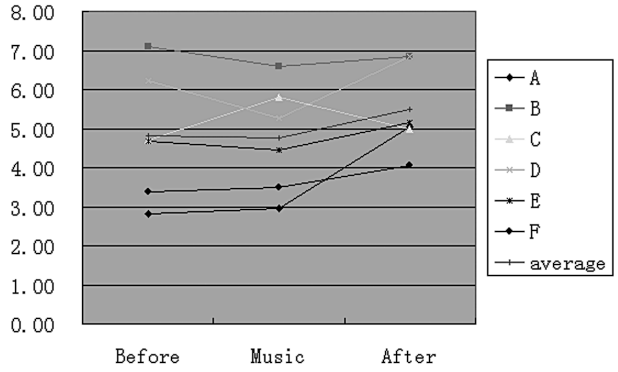

図 11　6 人の脈波の自律神経バランスの挙動

4-3. 第二ステップ実験の結果及び考察

第二ステップの実験は、測定件数を多くすることと、第一ステップで特異的な挙動を示した被験者の理由が、音楽の好き嫌いに関連するのではないかと推定し、その傾向が具体化できるかどうかを確かめるために実施した。

しかしながら、図 12 に示すように、全ての被験者に聴かせた第 1 曲目を聴いた場合と被験者の好きな曲である第 2 曲目の最大リアプノフ指数の間には、測定プロセスにおける挙動に差が認められなかった。よって全ての測定回数 22 回を区別なく分析する方法に切り替えて、検討してゆくこととした。

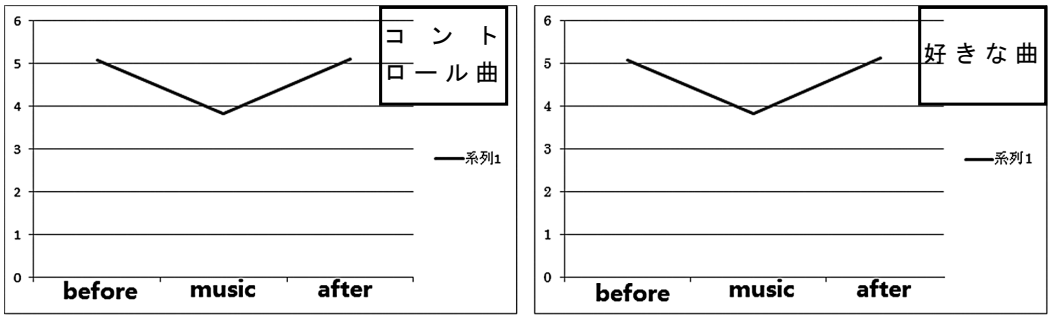

図 12　ある被験者の 1 曲目と二曲目を聴いている時の脈波の
最大リアプノフ指数

図 13 は、22 回の最大リアプノフ指数の平均値を示したものである。これより音楽鑑賞前より音楽鑑賞中の方が低くなっており、音楽鑑賞後は、著しく高くなっていることが分かる。

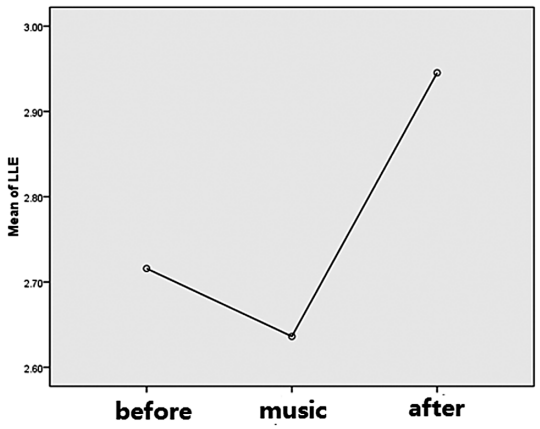

図 13　22 回の脈波の最大リアプノフ指数の平均値の挙動

図 11 において示したように、第一ステップの実験における脈波から得た自律神経バランスの挙動は平衡状態にあり、あまり変化がなかった。しかし、図 14 に示した 22 回の自律神経バランスの平均値は、音楽鑑賞前より音楽鑑賞中の方が低くなっていた。

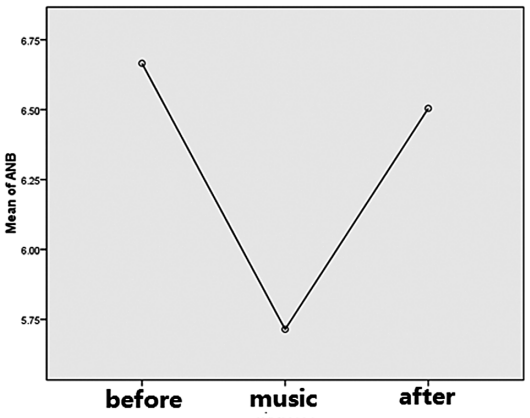

図 14　22 回の自律神経バランスの平均値の挙動

次に、交感神経と副交感神経の値の変化を見ると（図 15)、音楽鑑賞中は両方低くなっている。つまり、音楽鑑賞中に自律神経バランスが減少するのは、交感神経の減少の程度が交感神経の減少の程度より大きいことを意味している。

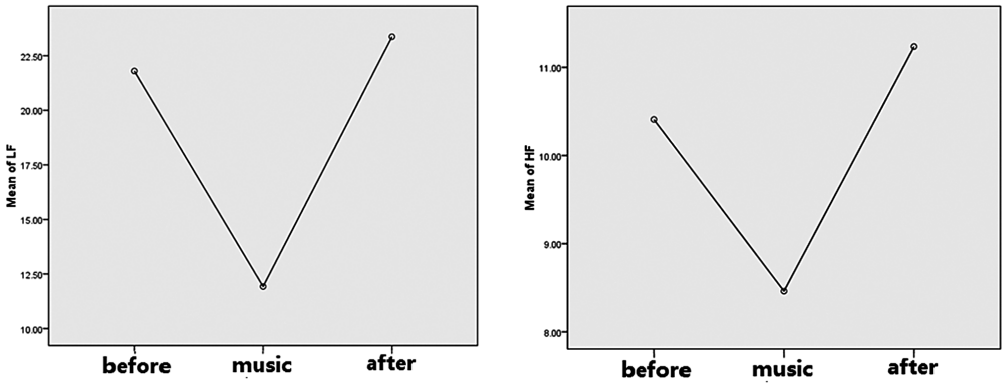

図 15　22 回の交感神経と副交感神経の平均値の挙動

さらに、全ての指標の変化について、T 検定を行い、その結果は表 1 に示した。音楽鑑賞前より音楽鑑賞中の方が、交感神経と自律神経バランスが有意に低くなっていることが統計的にも確認された（P<0.05）。

表 1　T 検定の結果

Paired Samples Test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
					95% Confidence Interval of the Difference				
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper			
Pair 1	LLEbefore - LLEin	.08000	1.07293	.22875	-.39571	.55571	.350	21	.730
Pair 2	LLEbefore - LLEafter	-.22818	.72191	.15391	-.54826	.09189	-1.483	21	.153
Pair 3	HFbefoer - HFin	1.94727	4.73579	1.00967	-.15246	4.04701	1.929	21	.067
Pair 4	HFbefoer - HFafter	-.82727	5.68815	1.21272	-3.34926	1.69471	-.682	21	.503
Pair 5	LFbefore - LFin	9.87409	11.87979	2.53278	4.60689	15.14130	3.899	21	.001
Pair 6	LFbefore - LFafter	-1.57227	12.03390	2.56564	-6.90781	3.76326	-.613	21	.547
Pair 7	ANBbefore - ANBin	.95182	1.49751	.31927	.28786	1.61578	2.981	21	.007
Pair 8	ANBbefore - ANBafter	.16182	1.53173	.32657	-.51731	.84095	.496	21	.625

5．考察と今後の課題

以上の結果を踏まえて、考察を深めてゆきたい。まず第二ステップの実験において、音楽鑑賞中に自律神経バランスの値が減少していたが、これは第一ステップの実験の結果と一致しなかった。この原因は、第一ステップにおいて、音楽を聴く前に 6 人の実験対象の自律神経バランスがほぼ 5 の近くにあり、安定な状態であったと考えられる。したがって、音楽の効果は自律神経バランスを減少させるという効果を持つのではなく、より集中させる働きがあると考えられる。一方、交感神経と副交感神経の変化は顕著であり、交感神経と副交感神経の両者が低い「安定状態」と、両方が高い「安定状態」とが存在し、これらの状態に何か違いがあるかどうかは、引き続き検討してゆくべき課題である。

本研究により、脈波の最大リアプノフ指数の挙動と脳波の最大リアプノフ指数の平均値の挙動が類似していることが見出された。器官は異なるものの、同じ最大リアプノフ指数を算出することで、何等かの関係性が生じている可能性も考えられる。他方、音楽鑑賞中に、脳波の各部位の最大リアプノフ指数が平準化していたが、この現象は、音楽鑑賞中の脈波の副交感神経の値の減少する傾向とも一致していた。この現象を起こす原因を特定することは難しく、また件数がまだ不十分であるため、誤差である可能性も否定できない。よって、これらを究明するために、医学や生理に関する専門な知識を深めるとともに、繰り返し実験を重ねてゆくことも重要であると考えられる。

また、第一ステップの実験の際、被験者Ｅの反応が他とは異なっており、Ｅが実験に用いた音楽が好きではないことに起因するのではないかと予測した。これを踏まえて第二ステップの実験を組み立てたのであるが、音楽の種類、あるいは被験者の音楽の好みにより、最大リアプノフ指数、交感神経、副交感神経などの指標の挙動について、差が生じないことが分かった。従って、第一ステップの実験におけるＥの各指標の挙動について、他の原因が存在していると考えられる。先行研究によれば、音楽における調性の知覚やリズムが、感情と結びついているという報告もあり、こうした条件を変化させての実験も引き続き重ねてゆく必要がある。

以上、「音楽と心理の関係性」を脈波と脳波により検討してきたが、音楽が人の感情に影響を及ぼす要因として、リズムやテンポなどの音楽的性質だけでなく、音楽の好みやパーソナリティなどの聴いている側の個人的な特徴や心理状態、取り巻く環境などの影響が考えられ、さらにそれが複雑に絡み合っているために、分析は容易ではない。しかしながら本研究で開発した脈波の測定は、簡易な方法であり、無襲撃で、経済的であるという利点も兼ね備えているため、より検体数を多くしたり、条件を多段階に変えて実験したりすることも、それほど困難ではないと考えられる。ただし、カオス理論を用いた心理分析の試み自体が極めて新しいものであり、その解析上の課題や生理的意味づけとの整合性など複数の課題が残されており、その応用利用に関しては、さらなる研究成果の蓄積が求められることは言うまでもなく、今後の研究の進展を期待してゆきたい。

参考文献

浅野雅子, 古根川円, 中島祥好, 蓮尾絵美（2010）「音楽心理学の動向について:音楽知覚, 音楽と感情, 音楽療法を中心に」『芸術工学研究』Vol.12, 83-95.

Fraser, A.M. and Swinney, H.L. (1986). Independent Coordinates for Strange Attractors from Mutual Information. Phys Rev Lett., 33, 1134–1140.

Hu, Y., Wang, W., Suzuki, T. and Oyama-Higa, M. (2011). Characteristic Extraction of Mental Disease Patients by Nonlinear Analysis of Plethysmograms. International Symposium on Computational Models for Life Sciences, AIP Conference Proceedings 1371, 92-101.

Imanishi, A. and Oyama-Higa, M. (2006). The Relation Between Observers' Psychophysiological Conditions and Human Errors During Monitoring Task. 2006 IEEE Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2035–2039.

胡毓瑜，三好恵真子 (2013)「脈波におけるカオス解析の技術開発と展望−中国における心理問題への対処法としての応用開発の可能性−」『大阪大学人間科学紀要』第 40 号, 27-46.

Liu, H.F., Dai, Z.H., Li, W.F., Gong, X. and Yu, Z.H. (2005). Noise Robust Estimates of the Largest Lyapunov Exponent. Physics Letters A., 341, 119–127.

McCraty, R., Barrios-Choplin B., Atkinson M. and Tomasino D. (1998). The Effects of Different Types of Music on Mood, Tension, and Mental Clarity. Alternative Therapies In Health And Medicine, 4(1), 75-84.

Miao, T., Oyama-Higa M., Sato S., Kojima J., Lin J. and Sato, R. (2011). Plethysmogram and EEG: Effects of Music and Voice Sound. International Symposium on Computational Models for Life Sciences, AIP Conference Proceedings 1371, 282-289.

三好恵真子，胡毓瑜，林娟，雄山真弓（2014）「人の心理状態を可視化する試みー脈波におけるカオス解析から判別する精神疾患患者の特徴と実践における新たな展望ー」, New Food Industry, Vol.56, in press.

Oyama-Higa, M. and Miao, T. (2006). Discovery and Application of New Index for Cognitive Psychology. 2006 IEEE Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2040–2044.

Oyama-Higa, M., Miao, T., Kaizu, S. and Kojima, J. (2012). Mental Health Self-check System Using "Lyspect". In preparation.

Oyama-Higa, M., Miao, T. and Mizuno-Matsumoto, Y. (2006). Analysis of Dementia in Aged Subjects Through Chaos Analysis of Fingertip Pulse Waves. 2006 IEEE Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2863–2867.

Schneck, D.J. and Berger, D.S. (2006). The Music Effect: Music Physiology and Clinical Applications (1st ed). London: Jessica Kingsley Publishers.

Unkefer, R. F. (1990). Music Therapy in the Treatment of Adults With Mental Disorders: Theoretical Bases and Clinical Interventions. New York: Schirmer Books.

Nonlinear Analysis of EEG and Pulse Waves & the Changes of Two Signals with Music Stimulation

Yuyu Hu and Emako Miyoshi

EEG (electroencephalograms) and pulse waves are important life signals. By the method from chaos analysis, we can calculate the largest Lyapunov exponents (LLE) of both scalp EEG and finger plethysmogram. We can also obtain the values of low frequency (LF) and high frequency (HF) components of heart rate variability, and then calculate the autonomic nerve balance (BNA). However, we have not known the relationship between the two life signals yet. On the other side, a tentative study is performed on the psychological effects of music based on the analysis of physiological indexes. So we use music stimulation experiments to understand the relationship between the two signals and the changes of two signals while people are listening to music.

The first time we measured simultaneously the scalp electroencephalograms (EEG) and fingertip pulse waves for six healthy subjects before, during and after listening to music. The second time we measured pulse waves only for fifteen healthy subjects. Comparing the data of the resting condition and the music-listening condition, we observed significant tendencies over all subjects. We realized that the values of LLE, LF, HF and BNA decrease while people are listening to music, and increase after that, so did the mean value taken over 14 EEG channels which were used for computation of LLE, whereas the distribution of the values tends to become average. Furthermore, it is notable that this averaging degree of LLE of scalp EEG generally accords with the decreasing rate of HF which reflects the activity of parasympathetic nerves.