

リズムのゆらぎと情報

吉田友敬[†] 中西智子^{††}

名古屋大学人間情報学研究科[†] 三重大学教育学部^{††}

要 旨

音楽において、リズムのゆらぎは、音楽の流れに乗ることや、音楽的感動にとって大切な要素である。このゆらぎの本質的な要因は何であるか、特にゆらぎのスペクトル解析に関しては、武者等の研究がある。その中で、メトロノーム等に合わせることなく、自由に拍打ちをする、Free Tapping において、 $1/f$ ゆらぎが見出されている。本研究では、この方向を発展させて、実際の楽曲に合わせて拍打ちをする実験を行った。その結果、新たに $1/f$ ゆらぎが見出され、人間的なゆらぎがリズムのノリに対して重要な意味を担っていることが推測される。また、いくつかの例において、リズムのゆらぎと引き込み同調の関連が示唆された。

Fluctuation in Music and Information

Tomoyoshi Yoshida[†], Satoko Nakanishi^{††}

Graduate School of Human Informatics, Nagoya University[†]
School of Education, Mie University^{††}

Abstract

Rhythmical fluctuations in music is important for running the music smoothly and moving our blood. Where do these fluctuations come from? Musha and his companies deal with this problem especially by means of spectrum analyzing. They showed $1/f$ fluctuations in the case of "Free Tapping". We improved the method; we examined the case that subjects are to tap with real musical works. As the result, we found some $1/f$ fluctuations in new conditions, which means fluctuations as the essence of human being are very important for us. Then, in some examples, the relation between rhythmical fluctuations and synchronizations in music is implied.

1 はじめに

情報という言葉聞いて普通に考えられるのは、コンピューターで扱うことの容易な、記号化され、符号化された情報のことが多い。しかし、情報という概念を広く捉えて考えたとき、上のように説明される意味の情報、自然や人間の活動に含まれる情報のうちのほんの一部である。私たちは、生活の中での判断や認識において、計算された論理的な根拠によるよりも、はるかに多くの部分を、直観的な感覚や感情の変化によっている。今後より人間的な情報を扱う場合、このような点が重要になってくる事が予想されるが、こうした割り切れない情報をどのように記述し、説明すれば良いのであろうか。本研究では、情報の詳細な計算技術を追求する代わりに、生命や人間に特有な情報の本質的な一面に焦点を合わせる。

私たちの意識にとって、心の動きや感情の変化は行動の動機づけとして意味の大きい要素であるが、これらは時間とともに変化する一種の時系列と考えられる。そこで、筆者らはこのような意識の変動を伴う現象の本質として、リズムの問題を考えた。その中でも、特にリズムのゆらぎには、示唆される事柄が多い。このゆらぎの意味を解明するために、拍打の実験を行った。

実験は、従来メトロノームなどに合わせてタッピングをすることが多かったが、テンポを誘導するきっかけとして実際の

楽曲を用いた。その結果、いくつかの興味深い特徴が見いだされたが、特にスペクトルの分析において、 $1/f$ ゆらぎが多く現われた。また、いくつかのデータにおいて、被験者同士、あるいは被験者と誘導リズムのタイミングがよく引き込みあつて同調することが見いだされ、 $1/f$ ゆらぎとの関連が推測される。

実験に使った曲は、日本の文化と西洋の文化を代表するものを選んだが、楽曲自体のリズムの特徴にある程度の違いがある他、被験者の音楽的素養、特に西洋音楽に対する訓練の有無が拍打ちデータにいくらかの差異をもたらした。

2 心の動き、感情の変化とゆらぎ・引き込み

私たちの感情は、ある種の昂揚と鎮静を繰り返すリズムが継続して成り立っていると言えるが、特に気分的に昂揚することは、人間の行動や判断、意志決定にとって、積極的で肯定的な結論を得るために必要な精神的環境であるように思われる。それは、新しい発見や発想の瞬間における意識の状態、また、芸術的な感動の気分、懸案の悩み事が解決して展望が開けてくる気持ちなどに典型的に現れる精神状態である。

この最後の例からも示唆されることであるが、このような人間の心の動きは、何かの精神的な緊張状態が盛り上がって行き、その頂点に達したところで心の緊

張状態から解放されると言う共通した変化が推測される。こうした精神作用は私たちの生活にとって普遍的に存在していると考えられるが、同様の考え方は音楽においてもやはり見いだされる。

音楽においてもフレーズのリズムを構成する本質的な作用は何かということについて、これを緊張と弛緩、あるいは期待とその実現とする考え方が広く存在する。

例えば、グレゴリオ聖歌の研究者によれば、リズムの本質は緊張と弛緩の部分にあたるアルシスとテーシスという基本的な要素から成ると考えられる。ここで、アルシスとは、精神的な緊張と共に音楽的にはだんだん音量が増して行き、速さは次第に速くなる部分であり、反対に、テーシスでは、心の弛緩と共に次第に静かになり、ゆっくりになって行く。[1] また、緊張の高まっていく部分では、意識の集中やリズムの同調が起こるのではないかということも考えられる。[4]

これらのリズム論は、もっぱら生き生きとした音楽演奏のためのイメージとして説明されることが多い。しかし、単なるイメージやメタファーとしてだけでなく、リズムの変化がもたらすこのゆらぎの秘密を解き明かせば、人間の心性の本質を理解する手がかりとなるのではないか。そうすれば、音楽だけでなく、人間の精神・意識に関わるさまざまな分野で、臨床的な応用が可能になるのではないかと思われる。

3 拍打ちの実験

3.1 目的

リズム・フレーズの本質として、テンポの微妙な変化やずれを考えるが、今回の実験では、リズムの流れが、音楽的な意味と失わないように、実際の楽曲に合わせてタイミングをとった場合のリズムのずれを調べた。特に、そのゆらぎの特徴と、引き込み同調の様子を調べることを目的とする。

3.2 方法

テンポを誘導する音声または音声と映像をきっかけに、一度に2名の被験者が拍打ちを行なった。テンポを誘導する刺激としては、日本の音楽と西洋の音楽（クラシック、ポピュラー）からそれぞれ選び、次の3曲を用いた。

1. 津久遠太鼓（三重千人太鼓ビデオ映像より）
2. モーツァルト、ピアノソナタ K.570 第2楽章（内田光子演奏のCD）
3. ABBA “Does your mother know”

楽曲における拍打ちのテンポは、あまりバラエティーに富ませるよりも、音楽のノリのよさを分析の対象とするため、できるだけ乗りやすいテンポの曲を選んだ。特にモーツァルトは、それに合わせて

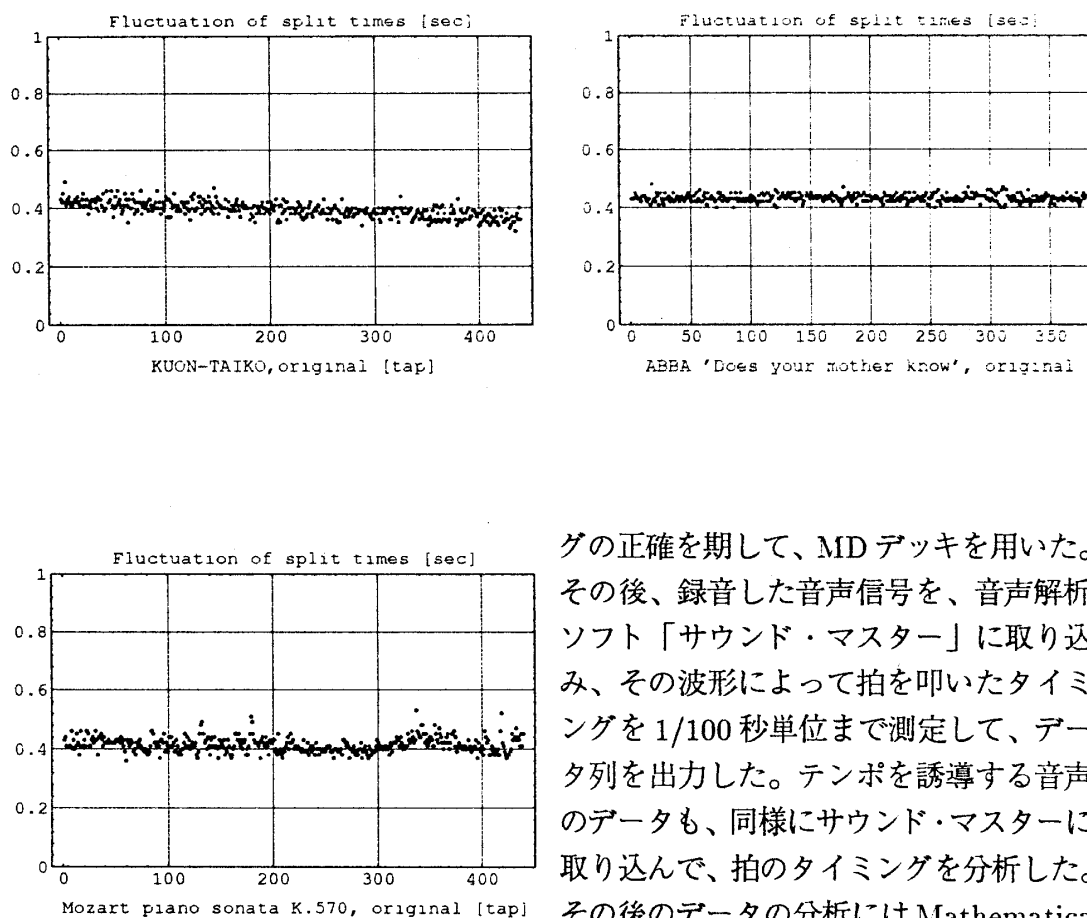


図 1: テンポを誘導する楽曲のリズムのゆらぎ

タイミングをとるのを困難にする rit. などが極力少ないものを選んである。また、いずれの曲も 3 分程度の長さで、1 回の録音で 400 拍程度のデータが得られた。

拍打ちは、小さいバチで叩いた音を、2 名の被験者の別にステレオの左右のチャンネルに録音した。録音には、タイミン

グの正確を期して、MD デッキを用いた。その後、録音した音声信号を、音声解析ソフト「サウンド・マスター」に取り込み、その波形によって拍を叩いたタイミングを 1/100 秒単位まで測定して、データ列を出力した。テンポを誘導する音声のデータも、同様にサウンド・マスターに取り込んで、拍のタイミングを分析した。その後のデータの分析には Mathematica を主に用いた。なお、実験は、三重大学教育学部の中西研究室で行なった。

3.3 結 果

結果の分析にあたっては、収録データのうち、初めの 20 拍と曲の最後の数拍を、乱れたデータを除外するために分析対象から除いた。また、本原稿作成の都合で、被験者のうち 2 名のデータのみを掲載している。

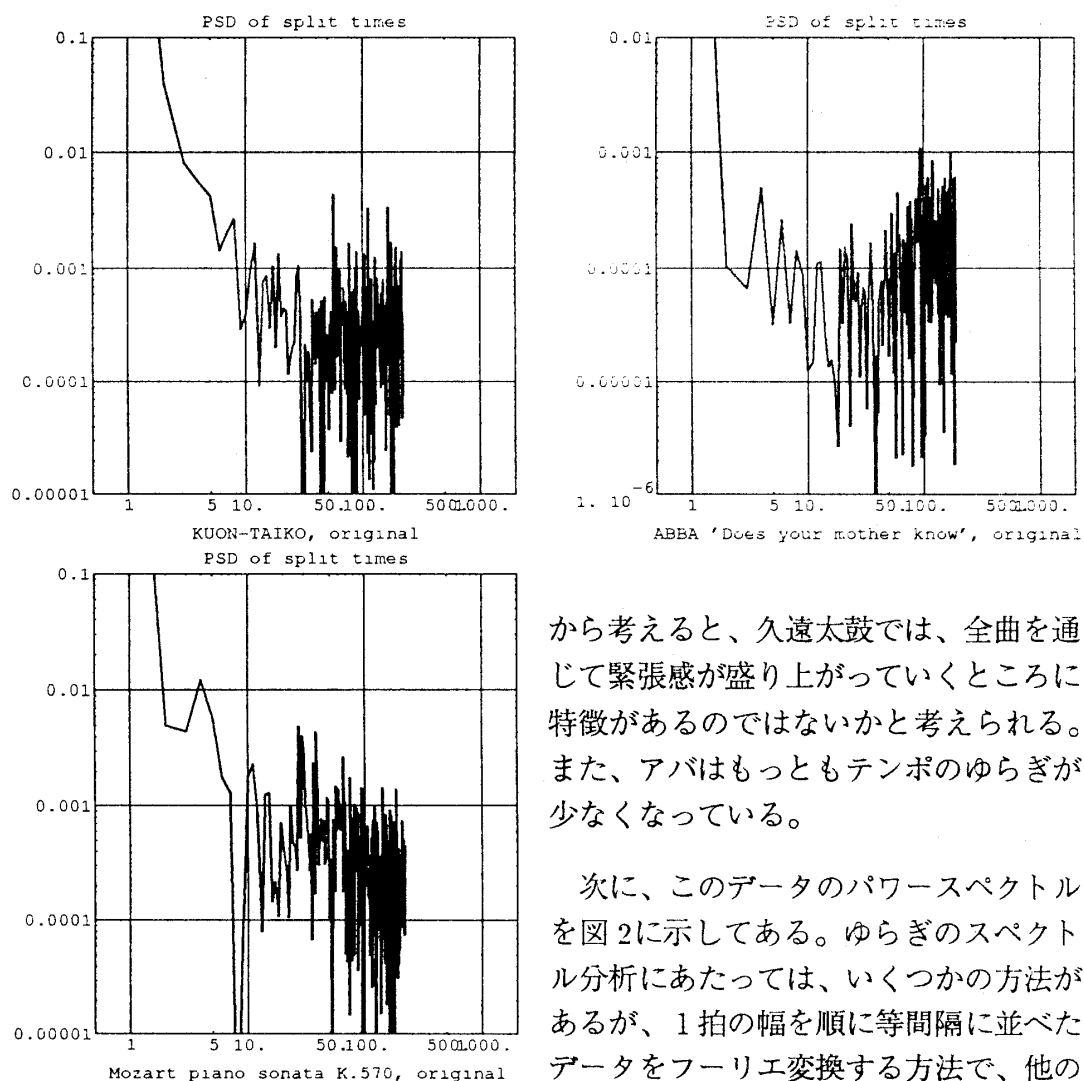


図 2: テンポを誘導する楽曲のリズムのゆらぎのパワースペクトル

テンポを誘導する楽曲データの分析

まず、被験者の拍打ちを誘導する元になる楽曲のデータ自体を分析しておく。1拍の長さを順にプロットしていくと図1ようになる。すぐにわかることは、久遠太鼓ではテンポが徐々に速くなっていくことである。これは、前述のリズム論

から考えると、久遠太鼓では、全曲を通じて緊張感が盛り上がっていくところに特徴があるのではないかと考えられる。また、アバはもっともテンポのゆらぎが少なくなっている。

次に、このデータのパワースペクトルを図2に示してある。ゆらぎのスペクトル分析にあたっては、いくつかの方法があるが、1拍の幅を順に等間隔に並べたデータをフーリエ変換する方法で、他のより複雑なやり方とほぼ変わらない結果が得られることが、わかっている。[3]

結果は、モーツァルトの場合がもっともよく $1/f$ ゆらぎを示した。久遠太鼓では、低周波域では $1/f$ となるものの、高周波域では逆に傾いた傾向を示している。また、アバにおいては、 $1/f$ の傾向はむしろ少ないと言え、他の2曲とは異なる傾向を示した。

音楽的な系列に普遍的に見い出される現象として $1/f$ ゆらぎが挙げられること

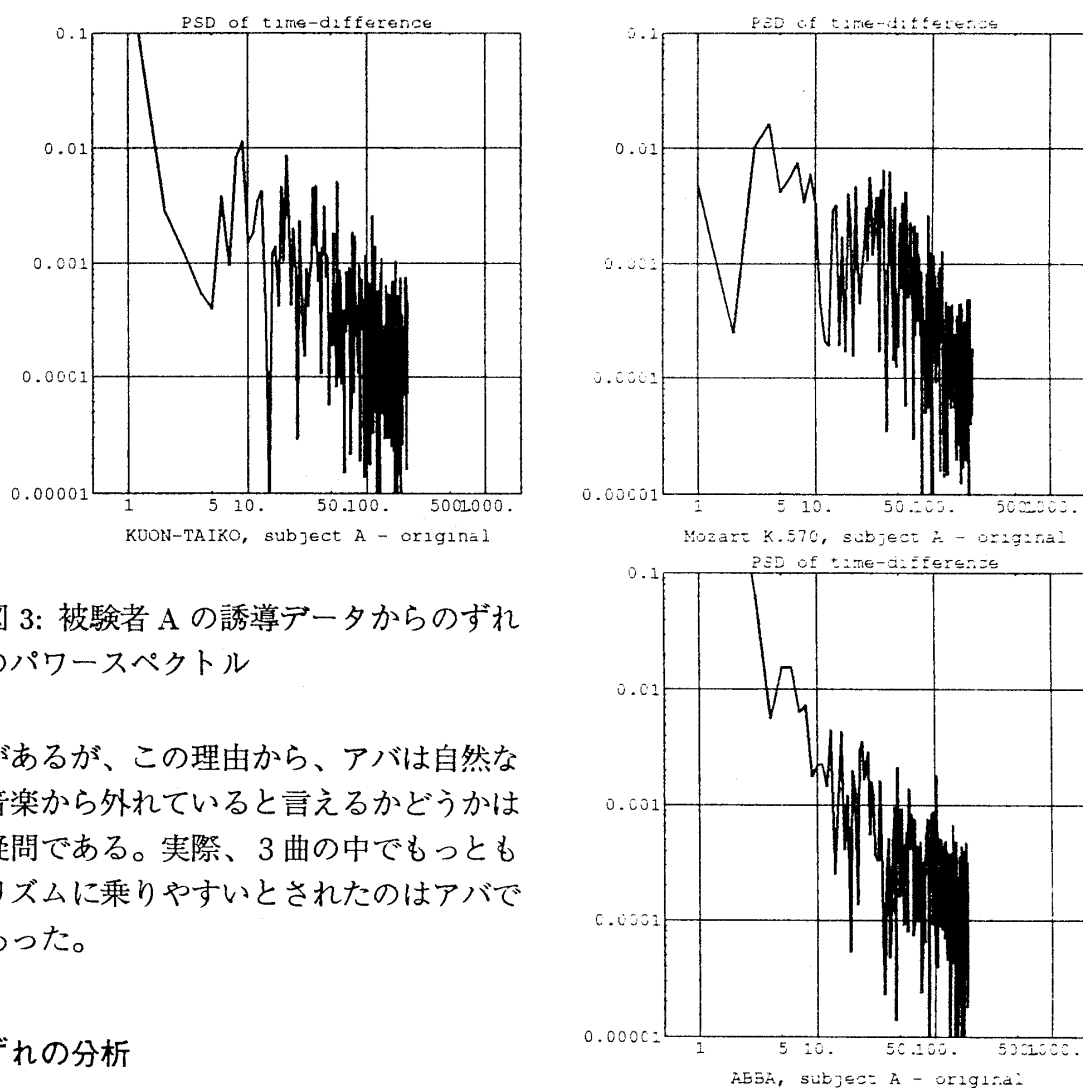


図 3: 被験者 A の誘導データからのずれのパワースペクトル

があるが、この理由から、アバは自然な音楽から外れていると言えるかどうかは疑問である。実際、3 曲の中でもっともリズムに乗りやすいとされたのはアバであった。

ずれの分析

被験者のとったタイミングとテンポを誘導する音声データのタイミングとのずれを分析した。クラシックピアノの訓練を受けている被験者 A と音楽的には初心者である被験者 B とでは、全般に被験者 A の方が早いタイミングでリズムをとっている。

このうち、被験者 A についてテンポを誘導するデータからのずれのパワースペクトルを示したのが図 3 である。いずれもかなり良く $1/f$ を示している。特に注

目されるのは、アバの場合に、元のデータは $1/f$ でないにもかかわらず、被験者のずれのデータはきれいな $1/f$ を示していることである。

引き込み同調の分析

被験者とテンポを誘導する音声データ、および被験者同士でのタイミングの同調の様子について統計的手法で有意性を検

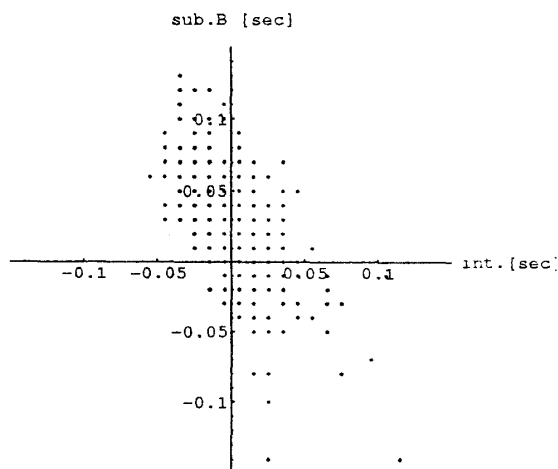


図 4: 被験者 B のずれと 1 拍の長さの相関

定した。[4] その結果、いくつかの例で有意に引き込み同調が起こっていると考えられるデータを示した。被験者 A は、モーツァルトとよく同調し、被験者 B は、久遠太鼓とよく同調した。また、モーツァルトとアバでは、被験者 A と B の間でも同調が見られた。これらの同調は、単に被験者のデータとテンポを誘導するデータが近いということではなく、リズムの流れの中で、引き込んだりばらついたりということを繰り返しているということが統計的な確率（この場合 95 %）で、証明されたということである。

また、どのようなところで引き込みが起こるのかということを知る手がかりとして、1 拍の長さ、および 1 拍の長さの変化量（拍の速さの変化）との関係を相関図として表したのが図 4 と図 5 である。これによると、1 拍の長さの短いところ（速いところ）では、タイミングをとるの

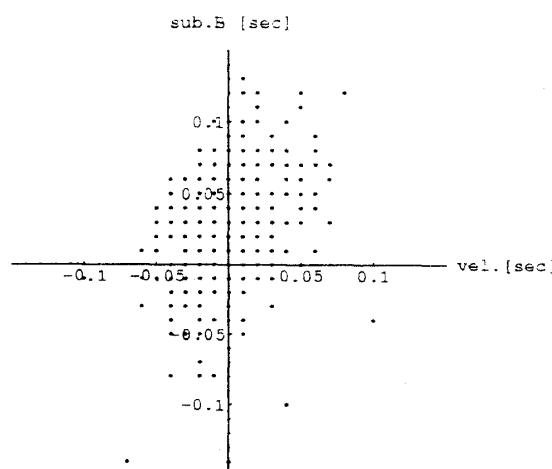


図 5: 被験者 B のずれと 1 拍の長さの変化の相関

が遅くなるが、次第に速くなるころでは、逆にタイミングをとるのが速くなっている。特に後者の場合、テンポの変化に対して、それを先取りしてタイミングをとっていると考えられる。

4 考 察

今回の実験から、顕著に現れたこととして、テンポを誘導する音声刺激のデータからのずれが $1/f$ ゆらぎを示したことが、まず挙げられる。武者等の研究において、メトロノームに合わせて拍打ちを行なった場合は、そのパワースペクトルはホワイトノイズになるか、あるいは、低周波域において $1/f$ とは逆の傾向を示した。[2] この事実は、メトロノームに合わせた場合のタイミングのずれは、正規分布を持つということと同じ、すなわち、

この場合のずれの本質は本来のタイミングからの誤差と考えることができる。このことを被験者の心理状態で考えるなら、メトロノームの音からのタイミングのずれを感じて、逐一それを修正しようという無意識の調整によるものではないと言える。

これに対し、今回の実験では、メトロノームに合わせた場合とは異なった結果が生じた。これは、被験者が、単なる誤差とその修正を拍打ちで繰り返したのではなく、音楽の流れに乗って、拍打ちを行ったということの帰結である。このことから、アバの元のデータが $1/f$ ゆらぎになっていないにもかかわらず、すべてのデータで、 $1/f$ が示されたことの意義は大きく、生理的な、あるいは人間的なリズムの特性が、音楽的なノリの中に常に存在することが推測されるのである。

3曲の実験の中では、ジャンル・文化によるリズムの相違点も認められた。特に久遠太鼓のテンポが次第に速くなっていくことは、日本人に特有のリズム感の一部を示唆している。逆に、西洋の文化的伝統の中では、リズムとは時計のように一定の速さでテンポを刻んでいくものという合理的な発想が影響していることも考えられる。

このような3曲に対して、被験者の音楽的訓練の有無も一定の影響を示した。ピアノの訓練のある被験者 A は被験者 B に比べてモーツァルトでは、より良いタイミングの一致を示したのに対して、久遠太鼓では、むしろ元のデータのタイミ

ングよりも先走ってしまう傾向があった。被験者 B の方は、逆に、モーツァルトで遅れる傾向を示した。

これからの課題としては、スペクトル解析がデータの大局的な特徴を示すのに対して、引き込み同調は、局所的に見い出される現象であるので、この両者の連関を調べ、リズムのゆらぎと音楽の構造や内容との関係を研究する必要がある。また、このリズムの変化が、生理的には心臓の鼓動や呼吸との関連を持つのではないかと考えている。

参考文献

- [1] 水嶋良雄『グレゴリオ聖歌』音楽之友社(1966)
- [2] T. Musha, K. Katsurai, and Y. Teramachi, Fluctuations of Human Tapping Intervals, IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. BME-32, No. 8 (1985), 578-582
- [3] T. Musha, $1/f$ Fluctuations of the Biological Rhythm, Computer Analysis of Cardiovascular Signals, M. Di Rienzo (Ed.) IOS Press (1995) Chapter 6, 81-94
- [4] 吉田友敬「音楽における引き込みとゆらぎ」, 信学技報 NLP94-96 (1995), 9-16