

# 音と動きのゆらぎ周波数解析に関する研究

## Research on Fluctuation Frequencies Concerning with Sound and Movements

菅井桂子

Keiko SUGAI

指導教員 齋藤 兆古

法政大学大学院システムデザイン研究科システムデザイン専攻修士課程

In addition to the highest functional performance, a series of various modern machines should be equipped the more sophisticated human interface in order to use, handle or drive them. In such meaning, modern human engineering has to provide the easiness of machine handling in addition to take the user mental impression into account.

Sound and Visual information are one of the most impressive emotional signals to the human sensing ability. Hence, these two elements accompanying of the machine operation is of paramount importance in machine designing.

As a concrete example of analyzing methodology proposed here, this paper describes to the extraction and visualization of  $1/f$  frequency fluctuation from sound as well as movements is carried out to the evaluation of the conformability of Meguro River Park in Tokyo metropolitan area.

*Key words: 1/f Fluctuation, human interface, human sensing*

### 1. 背景・目的

現代の多くの機械は、単に高性能が要求されるだけでなくより洗練されたヒューマンインターフェイを備えなければならない。この意味で、これからの人間工学は取り扱い易さに加えて人間へ与える心理的・精神的な影響も考慮しなければならない。

音響は人間の感性へ訴える最も効果的な信号である。このことは近年、音楽療法が多くの医療施設で取り入れられるなど、音楽の効果的な作用が医学的に認められていることからわかる。音楽には様々な病気の改善効果や癒し効果があるとされている[1]。視覚もまた人間の感性を刺激する重要な感覚のひとつである。プラトンが視覚を聴覚とともに他の感覚より優れたものと位置づけてから、西洋ではこの見解が継承され、伝統的に聴覚と視覚に関わるもののみが芸術とみなされてきた[2]。このような背景から、音楽療法と心理学を結びつけ、様々なアートセラピーの手法なども提唱されている。これは、音や視覚情報がものづくりにおけるヒューマンインターフェイスを考える上で極めて重要な因子であることを意味する。

これまでに、人間の心理的・精神的な影響の中でも特に癒し効果に焦点を絞り、その評価法として  $1/f$  ゆらぎ周波数を用いた研究をおこなってきた。具体的には、音や動きに伴う  $1/f$  ゆらぎ周波数の抽出や可視化である。

本稿ではこれまでの研究に基づいた  $1/f$  ゆらぎ周波数特性解析の具体的な応用例として、目黒区環境整備事業の一環である回遊路の環境評価に関して述べる。

### 2. $1/f$ ゆらぎとは

「 $1/f$  ゆらぎ」は自然界に多く存在し[3]、例えば小川のせせらぎ、小鳥の囀り、爽やかなそよ風などの心安らぐリズムが相当する。さらに、心地良い音楽を聴いたり、快い感じを抱いたり、安静にしているときの脳波にも「 $1/f$  ゆらぎ」が存在する。

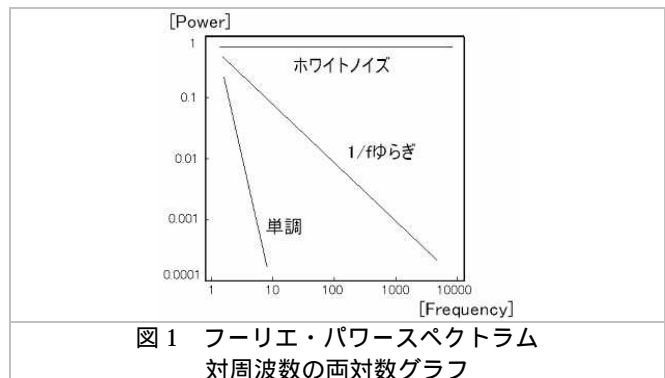


図1 フーリエ・パワースペクトラム  
対周波数の両対数グラフ

「 $1/f$  ゆらぎ」解析法として、信号へ離散フーリエ変換(Discrete Fourier Transform)を適用し、各周波数に対するパワースペクトラムを計算する。周波数の低下とともにパワースペクトラムが増加するような信号の中で、パワースペクトラムの振幅が周波数に対して反比例する信号が「 $1/f$  ゆらぎ」である。

視覚的に判りやすくするためによく行われる方法は、フーリエ・パワースペクトラム対周波数の両対数グラフを描き、描かれる線図の傾きによってゆらぎの種類を大別する方法である。図1にフーリエ・パワースペクトラムの例を示す。図1において、直線の傾きが0の場合は主にホワイトノイズである。また、直線の傾きが急になる程単調な信号である[4]。そして、ホワイトノイズと単調な信号の中間的な信号で傾きが約-1の場合を「 $1/f$  ゆらぎ」と呼び、人間が心地よいと感じる信号であるとされている。

### 3. 自然界の動きに於ける $1/f$ ゆらぎ周波数解析

#### 3.1 解析方法

まず、デジタルビデオカメラで目黒区回遊路における自然界の動きを撮影する。撮影結果を視覚情報として計

算機に取り込む。計算機に取り込まれた動画は静止画像を時系列に並べた一連のフレーム画像である。各フレーム画像は画素の集合であり、各画素は可視光の波長によってそれぞれ R (赤), G (緑), B (青) 成分の色情報を持つ。通常、各波長の分解能は 8 ビットであるから、RGB 成分はそれぞれ 0 から 255 までの 256 階調の画素値を取る。図 2 は動画の 1 フレーム画像例を示し、図 3 は図 2 の RGB 成分画像を示す。



図 2 動画の 1 フレーム画像例



図 3 図 2 の RGB 成分画像

動画を構成する全てのフレーム画像を RGB 成分画像へ分解し、各 RGB フレーム画像で同一画素位置の画素値を最初から最後のフレームの順に並べた画素値ベクトルへフーリエ変換を適用し、フーリエ係数の絶対値を計算してフーリエ・パワースペクトラムを得る。

フーリエ・パワースペクトラムの周波数特性を周波数に対する指数関数で近似し、近似精度の空間分布を得る。

次に、近似精度が一定以上の部分だけを取り出すフィルターを作成する。本稿では周波数に対する直線近似は最小自乗法で行った。このため、近似精度は誤差ノルムで評価した。フィルターの例を図 4 に示す。

最後に RGB 全ての色成分動画で 1/f ゆらぎを呈する画素のみを取り出して 1/f ゆらぎ周波数部分を抽出する。本稿では 1/f ゆらぎ周波数部分を黄色で示す。また、1/f ゆらぎ周波数部分の出現率として、全画素数に対する 1/f ゆらぎ周波数部分の画素の割合を計算する。



図 4 フィルター

### 3.2 結果

現在、目黒区では、目黒区基本構想・基本計画に定める「ともにつくる みどり豊かな 人間のまち」の実現に向けて、平成 27(2015)年度までを目標に「目黒区みどりの基本計画」を打ち立てている[5]。

この計画では以下の 5 つの基本的な考えをもとに、みどりの将来像をイメージしている。すなわち、1.みどりの拠点をつくる(まとまりのあるみどりを保全・創出・育成する)、2.みどりをつなぐ(区内のみどりのネットワーク化推進)、3.みどりをひろげる(地域の特性にあわせた緑化の推進)、4.みどりをつくる活動を後押しする(区民によるみどりの保全・創出・育成の支援)、5.みどりをつくる体制を整える(施策を推進する体制の充実や財源確保を図る)、の 5 方針である。

これらの基本方針の中でも特に「2.みどりをつなぐ」について、将来像実現のために挙げられた具体的な計画の 1 つが、みどりの散歩道の整備である。

#### (1)目黒川コース

目黒川コースは、日出橋から始まる 9 本の橋と目黒川舟入場や中目黒公園、目黒清掃工場周辺を含む延長 4000m のコースである。

縄文時代前期、目黒川一帯は今の大橋あたりまで海水が入り込む入り江のような地形だった。目黒川は一時期、都市化や下水処理の未発達により水質がひどく悪化した。下水道の普及や護岸改修によって再び生き物の姿が見られるようになった。現在でもボラやユリカモメなど海の生き物が上がってくることもある[6]。

目黒川周辺のコースは、川を囲むようにして樹木が植えられ虫や鳥の集まる場所であると同時に木々の枝葉が夏の強い日差しを遮り、全体的に周囲よりも比較的涼しいコースとなっていた。

撮影は、日出橋をはじめとする橋から眺める川の風景や木漏れ日の落ちる歩道の様子、生き物が特に多く見られた目黒川舟入場、中目黒公園を重点的に行った。図 5 は解析で得られた目黒川コースの 1/f ゆらぎ周波数マップである。青、緑、赤のバーはそれぞれ、全画素数に対する 1/f ゆらぎの割合をパーセンテージで示しており、青は水辺、緑は草木、赤は野鳥や昆虫などに拠る結果である。

#### (1.1)舟入場

昭和初期、付近に下請けの町工場が急速に増え、船で材料を運び込むための舟入場が設けられた。川底が浅かったことや車の発達による水上運輸の衰退から、実際には人糞やゴミ運搬のために使われた程度で終わってしまったが、今では親水施設として整備され、その名残を残している。

目黒区が行った平成 9 年度から 11 年度にかけての自然環境基礎調査では、71 種類の野鳥が観察されており、水辺ではカワウやキンクロハジロが増加傾向にあると挙げている。今回の調査でも、サギやカワウ、カモと遭遇し、その中でカワウとカモの撮影に成功した。このため、それらについて 1/f ゆらぎ周波数解析を行った。

図 5 は解析結果である。尚、丸に囲まれた数字は図 5 のマップ中のそれを示す。



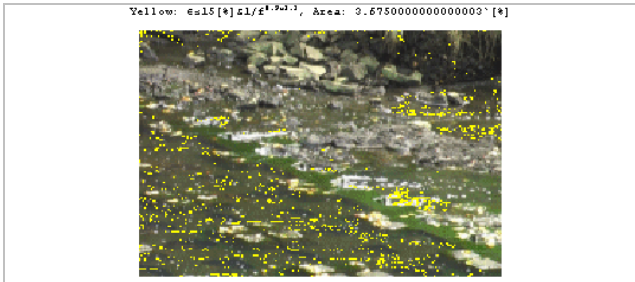


図 6a 船入場

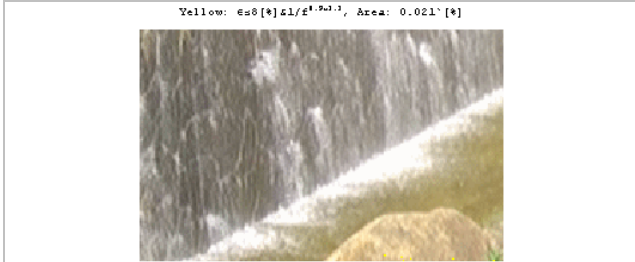


図 6b 親水施設の人口滝

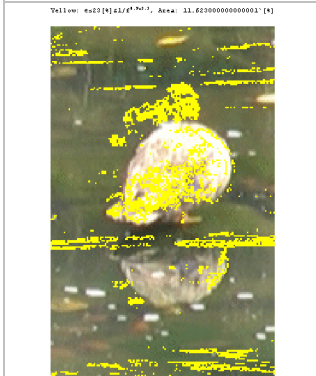


図 6c 船入場の  
野鳥 カモ

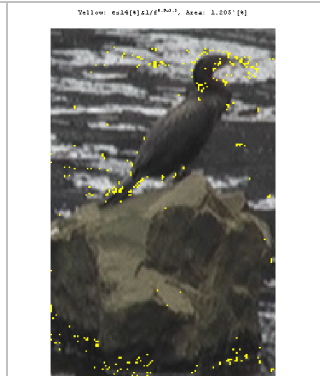


図 6d 船入場の  
野鳥 カワウ

舟入場の水面を写した図 6a では、緩やかに流れる川の水が岩などにあたって分岐する部分や、水面を漂う気泡に主に 1/f 揺らぎ周波数が確認できた。

同じ水面でも、図 6b のような流れの速い人口滝からはほとんど確認できなかった。一方、野鳥を写した図 6c と図 6d では、特に動きの多かった図 6c のカモに比較的高い割合で 1/f 揺らぎ周波数が現れた。画面手前と奥に現れた横線は、川を流れる落ち葉などが通った部分である。水面に映るカモの姿にも多少 1/f 揺らぎ周波数が出ている。動きの少なかったカワウを写した図 6d では、手前下の水が石にぶつかる部分やカワウの動きに 1/f 揺らぎ周波数が集中している。

### (1.2) なかめ公園橋周辺

中目黒公園の前にある比較的新しい橋で、周辺の歩道は緑に囲まれている。所々にベンチが設置されており休憩できるようになっている。撮影が 8 月であったため、蝉がけたたましく鳴いていた。木の間を飛ぶ雀などの小型の野鳥が見られた。真夏の日中であるにもかかわらず、ウォーキングやジョギングをする人の姿があった。全画素数に対する 1/f ゆらぎの割合は 0.932%と、1/f ゆらぎを示す黄色の画素は少なかった。1/f ゆらぎが現れた部分としては、風になびく枝葉の先端が多かった。

### (1.3) 中目黒公園

平成 14 年に区立公園としてオープンした中目黒公園は、スポーツグラウンドや「いきもの池」、「みんなの花

壇」、「花とみどりの学習館」などを有しており、区民のボランティア活動の拠点ともなっている場所である [7]。

園内は比較的背の低い植物が多く植っており、開けた空間になっていた。そのため川沿いの道で見られる生き物とは違う種類の野鳥や昆虫が見られた。主に見受けられたのはトンボや蝶、鳩である。

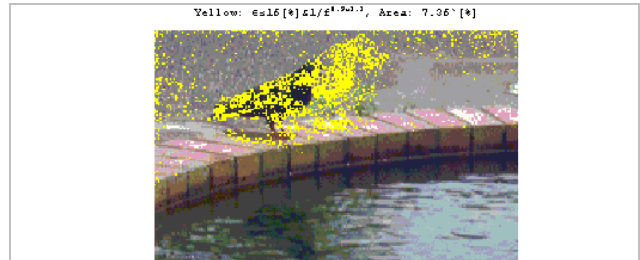


図 7a やすらぎの泉の鳩



図 7b やすらぎの泉付近 蝶

生き物でも、野鳥と昆虫では 1/f 揺らぎ周波数出現の差が大きかった。図 7a は鳩を写したものであるが、1/f 揺らぎ周波数を示す黄色の画素が多く密集しているのは鳩が動いた軌跡のみならず、背景のコンクリートにも現れており、太陽の反射光に反応したものと考えられる。

一方、図 7b の蝶では、動きが早いためか 1/f 揺らぎ周波数はほとんど現れなかった。蝶が動くことによって揺れた花弁にわずかに現れただけであった。

### (1.4) 新橋

新橋は目黒川コースの一番端にあたる橋である。車の通りが多い橋で、川の下流方向にはかつて江戸名所の一つとされた太鼓橋が見られる。太鼓橋は、大正 9 年秋の豪雨で流失するまでは、優美なアーチ状の橋であった。柱を使わず兩岸から石をくみ上げるようにして造られ、横から眺めると太鼓の胴によく似ていたため、その名がついた [6]。

図 8 では全画素数に対する 1/f ゆらぎの割合は 0.753%と、ほとんど 1/f ゆらぎ周波数を呈さない画像となったが、やはり風でゆれる木々の枝葉の先や、水面に映りこむ枝葉、皮の上を漂う泡などに 1/f 揺らぎ周波数が見受けられる。

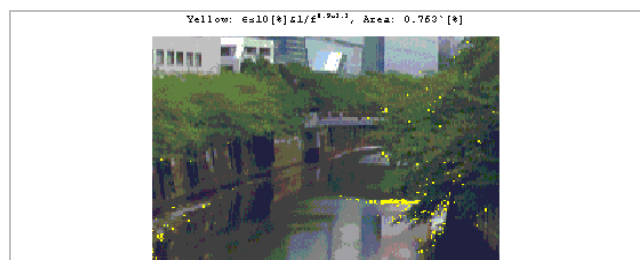


図 8 新橋から見る太鼓橋の風景

(2)西郷山・目黒川コース

西郷山・目黒川コースは、旧西郷邸の一部である西郷山公園や菅刈公園があり、旧朝倉邸や旧鎌倉街道の目切

坂など、緑地と歴史的名所を多く含む延長 3100m のコースである。図 9 は解析で得られた西郷山・目黒川コースの 1/f ゆらぎ周波数マップである。

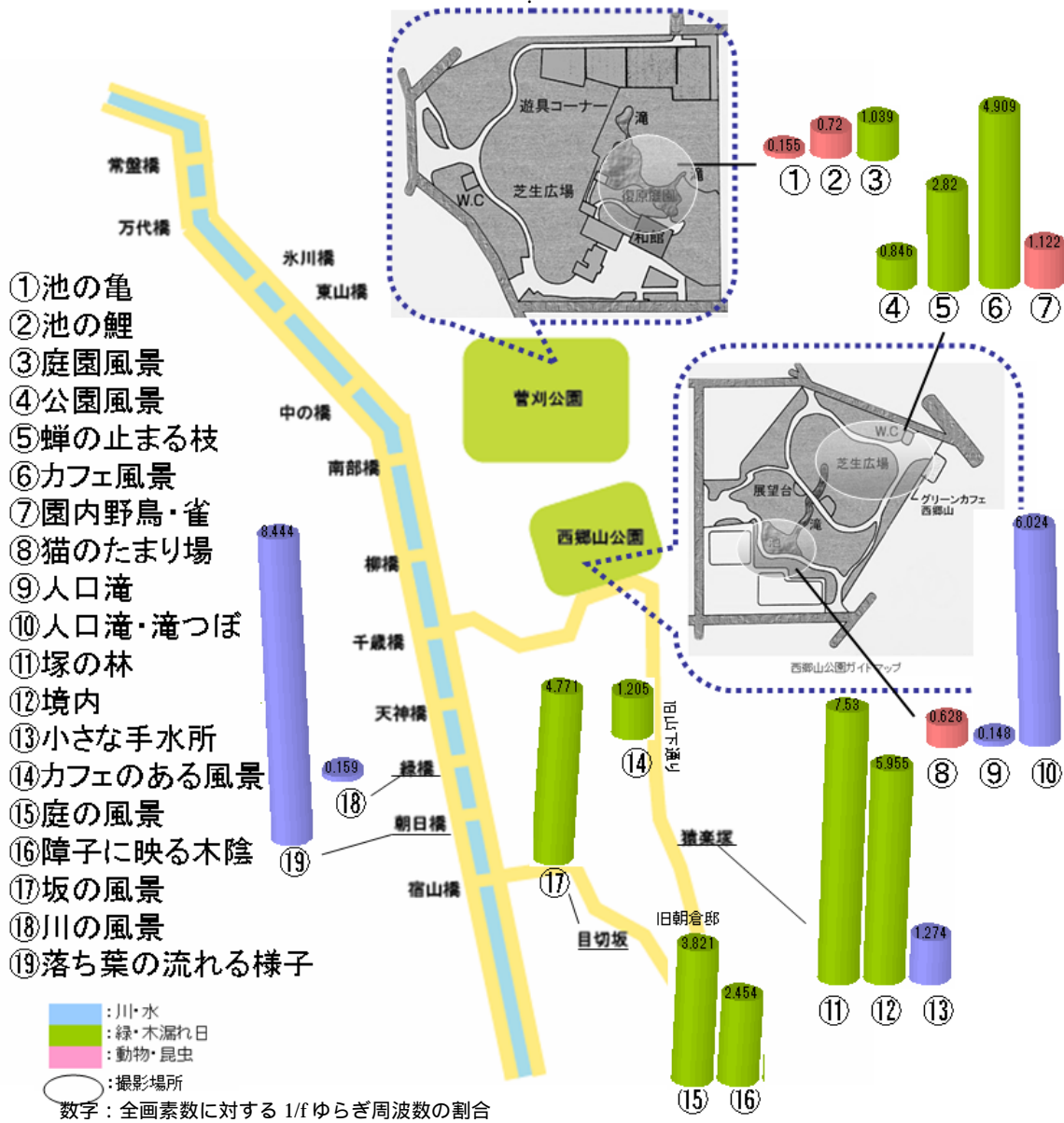


図 9 西郷山・目黒川コースの 1/f ゆらぎ周波数マップ

**(2.1)菅刈公園・西郷山公園**

江戸時代、この地には豊後の岡藩の屋敷があり、滝や池のある回遊式の大庭園として知られる名所であった。明治7年には西郷隆盛の弟である西郷従道がこの土地を購入し、洋館や和館を建造した。庭園も大改修が行われ「東都一の名園」と呼ばれるようになった。その後旧国鉄の職員住宅として使われていたが、平成九年の庭園調査でかつての名園の姿を一部復元した公園として整備された[8]。

菅刈公園での撮影は、復元庭園周辺で行った。池には鯉や亀が生息し、庭園には多くのトンボが舞っていた。

西郷山公園では、散歩をする人や読書をする人、日焼け目的で寝転がる人、遊びに来ている親子など、人の集まる憩いの場となっていた。芝生広場周辺は一面緑に囲まれており、蝶やトンボ、蝉、雀や鳩、鳥などの生き物も集まる場所であった。20mの落差のある滝があり、その周辺でも撮影を行った。

Yellow:  $\epsilon=42$  [°]  $\Delta 1/f^{\pm 0.3}$ , Area: 0.155° [°]



図 10a 池の亀

Yellow:  $\epsilon=18$  [°]  $\Delta 1/f^{\pm 0.3}$ , Area: 1.039° [°]



図 10b 庭園風景

図 10 は菅刈公園の 1/f 揺らぎ周波数解析結果である。なお、丸に囲まれた数字は図 9 のマップ上での結果とリンクするものとする。

図 10a は、池に生息する亀を撮影したものである。水面上に 1/f ゆらぎ周波数はほとんど現れず、亀が顔を出した部分にだけ呈した。

図 10b は和館から見た庭園の風景である。1/f 揺らぎ周波数は、全画素数に対する割合が少ないものの、一面の緑と池のある景観で、主に木々や草の葉の先に呈しており、画面全体にちりばめたように現れた。

図 11 は、西郷山公園の 1/f ゆらぎ周波数解析結果である。図 11a は西郷山公園のグリーンカフェから見た風景である。1/f ゆらぎ周波数は、手前の木々に加え、遠くの木や風に揺れるかさの部分にも集中的にみられる。

図 11b は滝を撮影したものである。1/f 揺らぎ周波数は、急激に流れる部分には現れなかったが、浮いた気泡に集中して現れている。

Yellow:  $\epsilon=14$  [°]  $\Delta 1/f^{\pm 0.3}$ , Area: 4.909° [°]



図 11a カフェ風景

Yellow:  $\epsilon=13$  [°]  $\Delta 1/f^{\pm 0.3}$ , Area: 6.024° [°]

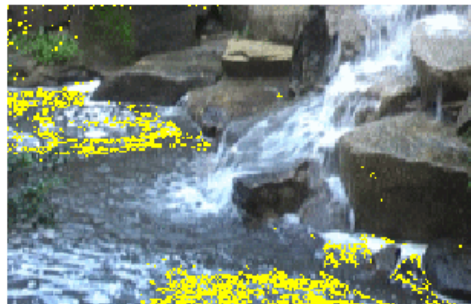


図 11b 滝つぼ

**(2.2)猿楽塚**

猿楽塚は古墳時代末期の円墳に由来し、『江戸名所図会』には「去我苦塚」として紹介されている[9]。標識には二基の円墳があり、そのうち高さ5メートルの大型の方を猿楽塚と呼んできたとある。図 12a は猿楽塚に生える樹木である。図 12b は境内の注連縄部分を撮影したものである。1/f ゆらぎ周波数は、風で揺れる紙垂の部分にまとまって現れていることがわかる。いずれも、全体的な結果からすると比較的高い割合で 1/f ゆらぎ周波数を呈している。

Yellow:  $\epsilon=10$  [°]  $\Delta 1/f^{\pm 0.3}$ , Area: 7.053° [°]

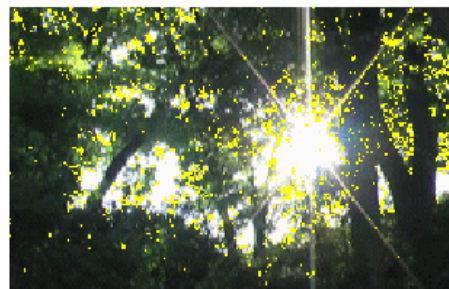


図 12a 塚の林

Yellow:  $\epsilon=17$  [°]  $\Delta 1/f^{\pm 0.3}$ , Area: 5.955° [°]



図 12b 境内

### (2.3)旧朝倉邸

大正 8 年に東京府議会議長や渋谷区議会議長を歴任した朝倉虎治郎によって建てられた個人の邸宅で、売却や譲渡の歴史を経て、昭和 39 年から経済企画庁の渋谷会議所として近年まで使用されてきた場所である[10]。

ここでは室内から見る庭の風景や室内の撮影を試みた。室内を撮影した映像の計算結果を図 13 に示す。

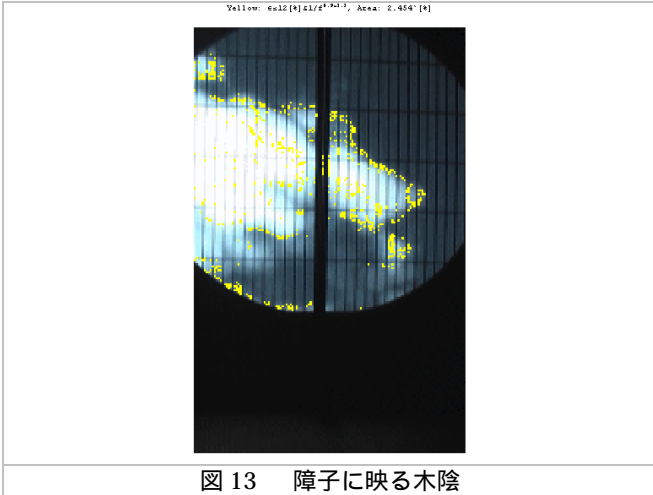


図 13 障子に映る木陰

1/f ゆらぎ周波数は、地面に移る木漏れ日と同様に木陰の輪郭線に沿って現れた。木漏れ日より影がはっきりしているためか、より明確に輪郭をなぞって現れたように思える。風に揺れる一面の植物を目視する場合、1/f ゆらぎ周波数は全体に拡散しているが、影などを通して見る場合植物のディテールが見えなくなる分、ある程度纏まった 1/f ゆらぎ周波数が現れやすくなると考えられる。光と影のコントラストのはっきりしている日本邸宅では、1/f ゆらぎ周波数がこのような分布をする場所が多いと考えられる。

### (2.4)目切り坂

旧鎌倉街道で、幕府のあった鎌倉まで続く道であったため、重要な交通路とされてきた道である。名前の由来には、斜めに設けた切り通しが、石臼の目切りに似ていたためという説や坂上で石臼の目を切る仕事をしている者がいたためという説もある[11]。実際は、樹木の続く細い坂道のわりに、比較的頻繁に車通りのある道であった。

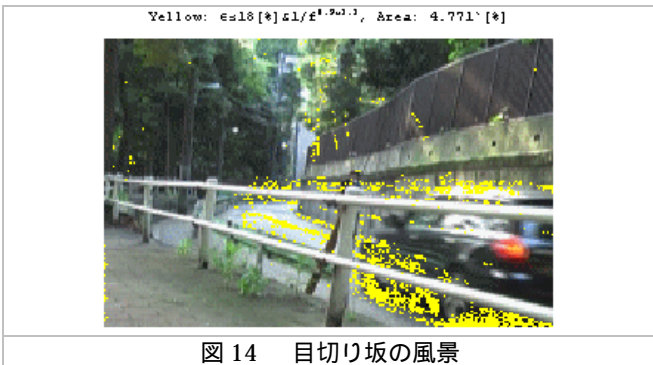


図 14 目切り坂の風景

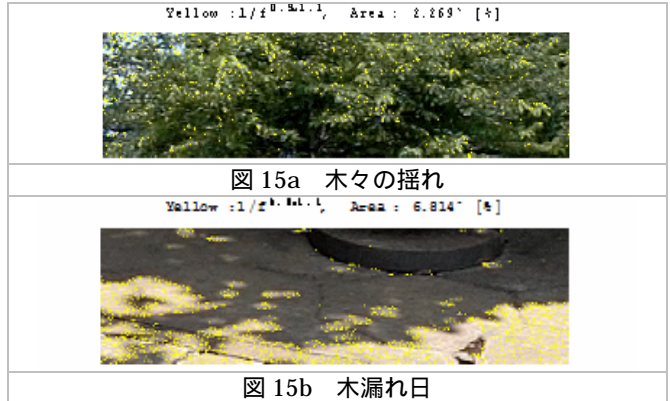
これまでと同様に 1/f ゆらぎ周波数は植物や木漏れ日にも現れたが、徐行する車に一番多く現れた。

## 4. ハイスピードカメラによる撮影

ここまでの撮影は 1 秒間に 30 フレームを撮影するビデオカメラで行った。ここでは 1 秒間に 1200 フレームを撮影するハイスピードビデオカメラを使用し[12]、人間の目の処理能力を超える動画を撮影した場合の 1/f ゆらぎ周波数解析結果を示す。

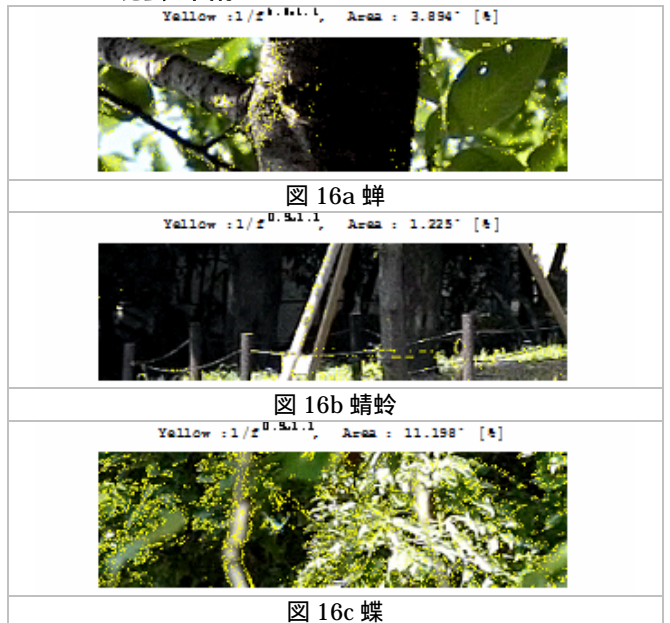
動画は 336 × 96 のフレーム画像であり、画像右上の Area は、全体の画素数に対する 1/f ゆらぎ周波数を呈する画素数の割合を示す。

### 4.1 風景画像



植物を撮影した画像では、風で揺れる枝葉の先に、木漏れ日を撮影した画像では、主に日光の当たる部分に 1/f ゆらぎ周波数が現れるなど、分布の仕方や全体の画素数に対する 1/f ゆらぎ周波数を呈する画素数の割合、共に通常スピードのカメラで撮影した映像の解析結果と顕著な差異はなかった。

### 4.2 昆虫の画像



通常スピードのカメラで撮影した場合の計算結果では、昆虫の部分に 1/f ゆらぎ周波数が全く現れなかったが、ハイスピードカメラによる画像では植物に比べると割合は低いものの、昆虫の動きに 1/f ゆらぎ周波数が現れた。

#### 4.3 水辺の画像

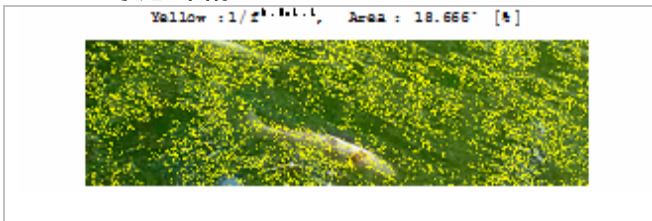


図 17a 鯉

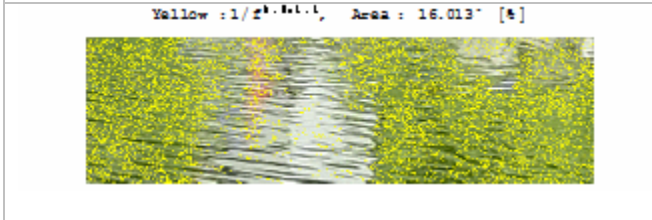


図 17b 水面

通常スピードのビデオカメラでは水の中を泳ぐ鯉や亀、水面を漂うものに対して  $1/f$  ゆらぎ周波数が現れていたが、ハイスピードビデオカメラでは  $1/f$  ゆらぎ周波数が水面に多く現れていた。また水面では、太陽光をより強く反射している部分には  $1/f$  ゆらぎ周波数が顕著に現れないことも判明した。

### 5. 自然界の環境音に伴う $1/f$ ゆらぎ周波数解析

#### 5.1 解析方法

音環境の解析方法は、録音した音データの信号を時間領域にフーリエ変換し、フーリエ係数の絶対値を計算してフーリエ・パワースペクトラムを得る。得られたフーリエ・パワースペクトラムから、スペクトラム対周波数の両対数グラフを描き、最小自乗近似により傾きを求めて、揺らぎの種類を大別する[13]。尚、フーリエ変換の精度を勘案し全サンプル数の  $1/4$  項まででゆらぎ周波数解析を行った。

#### 5.2 解析結果

野外で録音したデータの解析結果は大きく二分することができた。図 18 にその例を示す。図 18a のように、低周波領域から高周波領域まで傾きがほとんど無くホワイトノイズ状になるものと、図 5.18b のように中間周波数領域付近で急な傾きを示すものに分かれた。

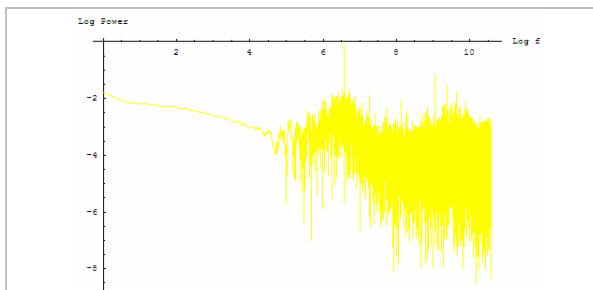


図 18a 野外解析結果

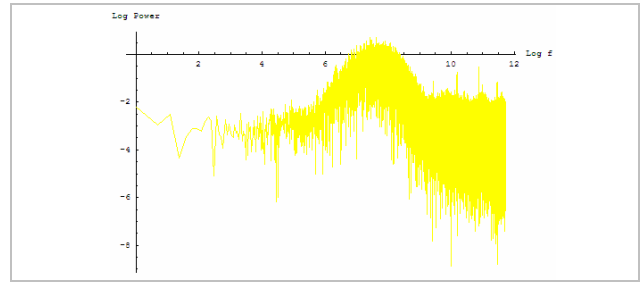


図 18b 野外解析結果

図 18a と図 18b はほぼ同一の場所で録音した音源である。両者の音データの違いを実際に聞き比べてみると、大きく違ったのは主に風の音であった。風の音が大きく入ると図 18b のように中間の周波数領域で  $-1.5$  に近い急な傾きを示すことが判明した。試みに急な傾きを示した部分のみの音を抽出し試聴すると、風がマイクに当たるような低い音であった。

また、小川や滝近くの音も図 18b に示すような結果となった。実際の結果の一部を図 19 に示す。音を試聴すると風や水の音は入っていないようであったが、再び急な傾きを示した部分のみの音を抽出した場合、風と水のくぐもったような音であった。

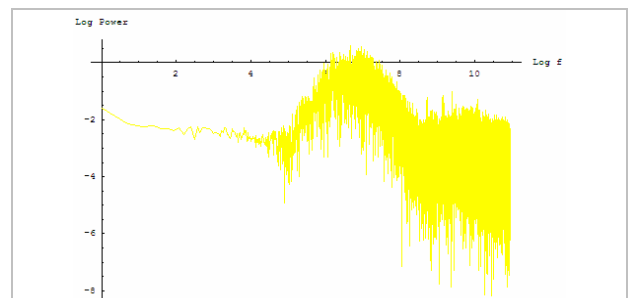


図 19a 滝付近

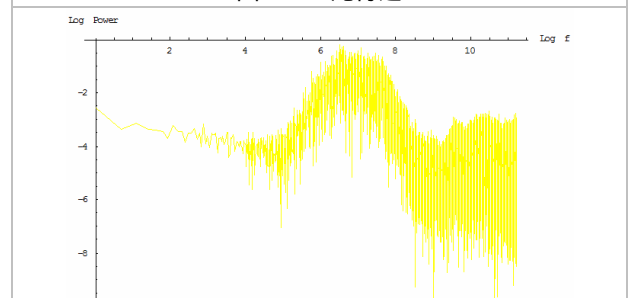


図 19b 小川

図 19 の結果を与えた場所は、西郷山公園内の木に囲まれた芝生公園や橋周辺などであり、蝉の鳴き声と車の音が主であり、比較的風の影響が出にくい場所であった。

風の影響が出にくいと考えられる場所は建物の室内などと考えられる。旧朝倉邸内で録音した音データの解析結果は図 20 のようになった。



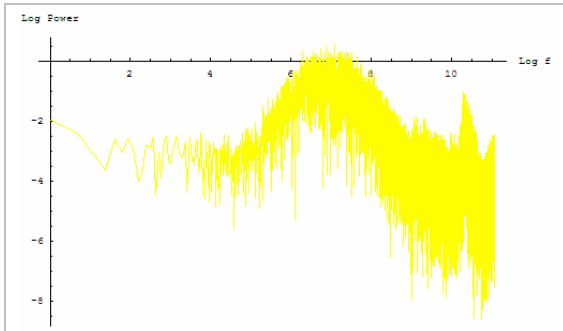


図 20a 玄関

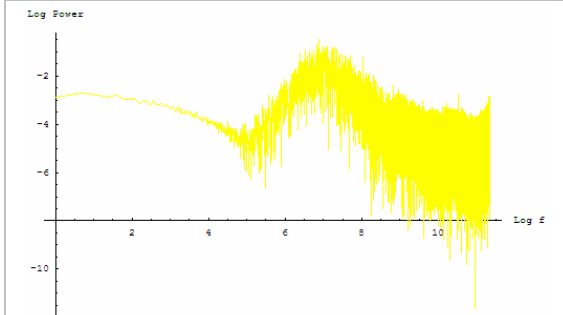


図 20b 会議室

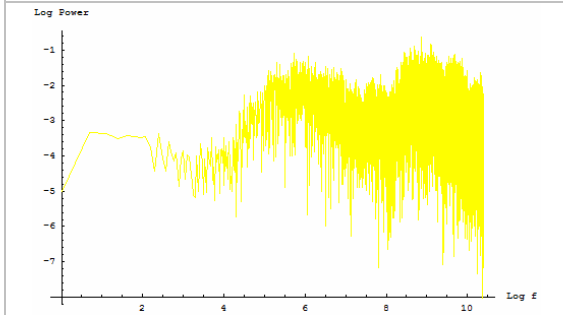


図 20c 階段

図 20a は玄関で録音した音データの解析結果である。データそのものを試聴すると、明らかに風の音が大きく入っていた。来館者用に開け放たれていたためと考えられる。

図 20b は会議室における音データの解析結果である。比較的他の部屋に比べて無音に近い静かな部屋であったが、解析結果では中間の周波数領域で-1.465 の傾きを示した。この部分を抽出した音を試聴すると、単純に風がマイクに当たるような音ではなく、空調の音のように静かな空気の流れが聞こえた。

図 20c に示す階段が軋む音を録音したデータの解析結果は中間周波数領域よりも、高周波数領域の方が急な傾きを示す結果となった。中間周波数の領域を抽出した音を試聴すると、風の音であった。高周波領域の音は、木が軋む時に出るような高い音であった。

目黒区の回遊路調査における聴覚情報の  $1/f$  ゆらぎ周波数解析結果は、音楽にともなう  $1/f$  ゆらぎ周波数の解析結果と類似しているものが見受けられた。自然界における環境音と音楽のゆらぎ周波数解析結果の比較を以下に示す。

図 21 が回遊路調査におけるゆらぎ周波数解析結果であり、図 22 が音楽にともなうゆらぎ周波数解析結果である。

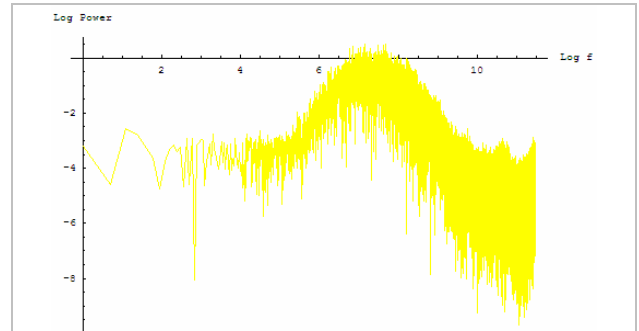


図 21a 滝付近

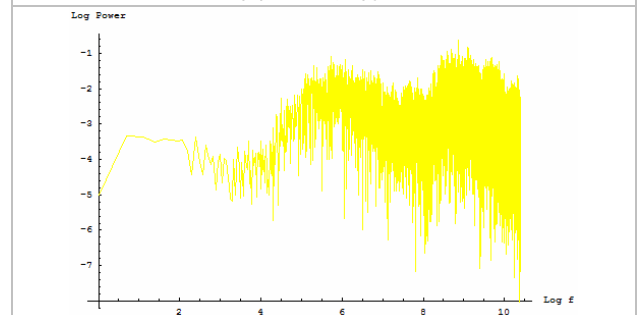


図 21b 階段

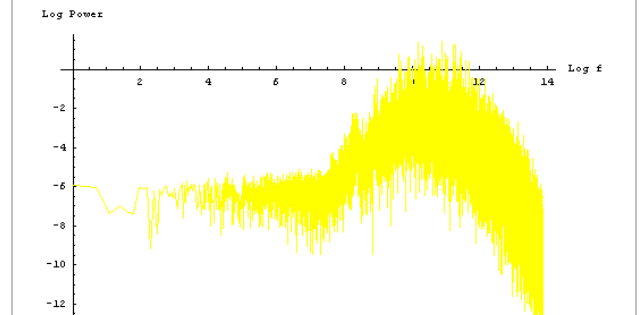


図 22a ピアノソナタ

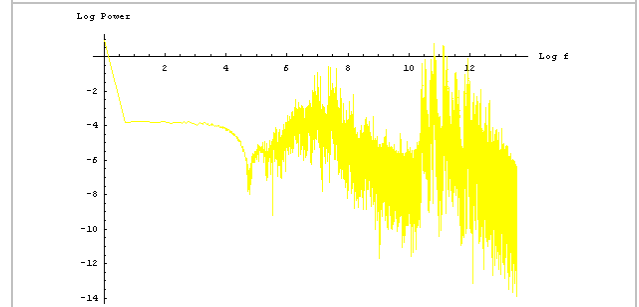


図 22b 篠笛

両者のもつ周波数領域の幅は異なるものの、図 21a と図 22a の比較は、全周波数領域を二分したときに低周波領域ではホワイトノイズ状、高周波領域で急な傾きを示すなど、傾きの呈し方が類似している。

また、図 22b は篠笛の演奏データを解析した結果であり、 $1/f$  ゆらぎ周波数を呈しているが、図 21b に示す階段で録音したデータの解析結果と比較すると、その特徴的な傾きの呈し方が類似していることがわかる。

このことから、音楽は自然の持つゆらぎ特性を体現する行為であるということが示唆される。

## 6 まとめ

「目黒区みどりの基本計画」において、将来像実現のために挙げられた計画の1つであるみどりの散歩道整備の一環として、視聴覚情報における1/f ゆらぎ周波数の観点から、回遊路の癒し効果の判定を行い、視覚情報1/f ゆらぎ周波マップをまとめた。

さらに、人間の目の処理能力を超える速さの世界における1/f ゆらぎ周波数解析も行い、通常のビデオカメラで撮影した場合の解析結果と比較した。通常のビデオカメラとハイスピードビデオカメラに拠るゆらぎ周波数解析の比較から、植物や、植物の陰を対象物とした場合、両者に大きな差異はないことが判明した。一方、昆虫や水面といった、一画素においての移り変わりや動きが早い対象物については、1/f ゆらぎ周波数抽出に大きく差異が現れた。昆虫を普通のビデオカメラで撮影した場合、ほとんど1/f ゆらぎ周波数を呈さない結果となったが、ハイスピードカメラで撮影した場合には1/f ゆらぎ周波数が現れた。また水面を撮影した場合も同様で、ハイスピードカメラによる撮影は顕著に水面から1/f ゆらぎ周波数を抽出した。水中を泳ぐものを対象とした場合に、水面のゆらぎ周波数が顕著なため、通常のビデオカメラによる撮影で十分であると考えられる。

以上の結果から、人間の目からの情報のみで1/f ゆらぎ周波数を感じようとした場合には、あまり感じ取れないゆらぎでも、人間の眼球に拠る視覚情報処理の限界を超える部分にしっかりと1/f ゆらぎ周波数を呈していることが判明した。

音環境における回遊路調査では、風や水の音が中間周波数領域に特徴を与えることが判明した。また、音楽におけるゆらぎの解析結果と類似点が見られ、音楽が自然の持つゆらぎ特性を体現する行為であるということが示唆された。

なお、此度の調査は夏のある限られた日程と時間でおこなったものであり、日光の強さや虫の声など他の季節よりも特徴の現れやすい環境であったといえる。日時や天候による違いなどで、結果が大きく変わる可能性も示唆されるため、継続的な本評価法の試行をおこなう必要がある。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、指導教授の齊藤兆古教授、ならびに白百合女子大学の堀井清之教授に多くのご指導、ご支援を賜りました。厚く御礼申し上げます。

また、第4章のハイスピードビデオカメラに拠る解析に関して法政大学工学部システムデザイン学科齊藤研究室4年生の相田絵理氏に、音データの解析に関して同じく法政大学工学部システムデザイン学科齊藤研究室4年生竹田祥氏に解析結果のデータを提供していただきました。両氏に深く感謝致します。

齊藤兆古研究室の皆様には公私にわたりご助言、ご支援を賜りました。ありがとうございました。

## 参考文献

- 1) 菅井桂子、齋藤兆古：サウンドデータにおける1/f ゆらぎ周波数の抽出、第51回自動制御連合講演会、(November . 2008) .
- 2) フリー百科事典『ウィキペディア(Wikipedia)』視覚：<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%A6%96%E8%A6%9A>
- 3) 菅井桂子、齋藤兆古、堀井清之：人間の動作に伴う1/f ゆらぎ周波数の抽出、第36回可視化情報シンポジウム、(July . 2008) .
- 4) 齊藤兆古、宮坂総、菅井桂子：1/f ゆらぎと複雑系に関する考察、第51回自動制御連合講演会、(November . 2008) .
- 5) 齊藤兆古、菅井桂子：東京都目黒区の1/f ゆらぎ周波数分布による環境評価、芸術工学誌、NO.53 Sep,2010,pp.11-14
- 6) 菅井桂子、齊藤兆古：1/f ゆらぎ周波数マップによる公園の環境評価、可視化情報学会全国講演会(鹿児島島2010)、(July . 2010)
- 7) 菅井桂子、齊藤兆古、堀井清之：1/f ゆらぎ周波数解析による環境評価の提案、第38回可視化情報シンポジウム、(July . 2010)
- 8) みどりの基本計画：<http://www.city.meguro.tokyo.jp/gyosei/keikaku/keikaku/koso/midori/download/index.html>
- 9) 佐々木松栄、山本和夫、宮崎敏子、長澤英男、立川弘：みどりの散歩道目黒川コース、緑の散歩道コースガイド、1993年
- 10) 中目黒公園：<http://www.city.meguro.tokyo.jp/shisetsu/shisetsu/koen/nakameguro/index.html>
- 11) 菅刈公園：<http://www.city.meguro.tokyo.jp/shisetsu/shisetsu/koen/sugekari/index.html>
- 12) 猿楽塚古墳：<http://www.ne.jp/asahi/hon/bando-1000/tam/tama/meg/m024/m024t.htm>
- 13) 渋谷区：重要文化財旧朝倉家住宅パンフレット
- 14) 目切坂：[http://www.city.meguro.tokyo.jp/gyosei/shokai\\_rekishi/konnamachi/michi/saka/hokubu/mekiri/index.html](http://www.city.meguro.tokyo.jp/gyosei/shokai_rekishi/konnamachi/michi/saka/hokubu/mekiri/index.html)
- 15) 相田絵理：目黒区回遊路に於ける1/f ゆらぎ癒し効果解析-風景・自然の動きに関する1/f ゆらぎ解析-、2009年度法政大学工学部システムデザイン学科卒業研究概要集
- 16) 竹田祥：目黒区回遊路に於ける音環境の周波数解析、2009年度法政大学工学部システムデザイン学科卒業研究概要集