

青森県の環境音を用いた感性情報処理に関する研究

内 山 晴 夫*

Several Considerations on the Sensibility Information Processing using an Environmental Sound in Aomori Prefecture

Haruo UCHIYAMA*

Abstract

The spectrum fluctuation of environmental sounds Aomori Prefecture is analyzed. The author confirms the established theory between the physical quantities sensibility (the pleasantness and the unpleasantness) and fluctuation. Right or wrong of the established theory is discussed from the standpoint of the sensibility information processing.

Key words: environmental sound, comfortable sound, $1/f$ fluctuation, sensibility information processing

1. はじめに

「感性」とは何であろうか？その答の一つは「言葉で表現するのは難しいが、何かわれわれの心に訴えるようなもの」¹⁾ではないであろうか？感性を扱う情報としては、例えば、画像などから受けるイメージ情報、表情などから受ける身体情報、デザインなどから受ける造形情報などが挙げられる。こららは、測定器を使って定量評価することはできない。しかし、環境音などから受ける音響情報なら、「ゆらぎ」を測定することにより、数値化して評価できる。

「ゆらぎ」とは、音のエネルギーが一定ではなく、大きくなったり小さくなったり、あるいは強くなったり弱くなったりする揺れのことである。この「ゆらぎ」は周波数スペクトルに現れ、快音とか不快音とかという表現で我々の感性に訴える。従って、快音・不快音という言葉で表す感性を、「スペクトルのゆらぎ」という物理量

で表現できることになる。

本研究ノートは、青森県の環境音を題材に「スペクトルのゆらぎ」を測定し、快・不快という感性と「ゆらぎ」という物理量との間で定説となっていることの検証を、感性情報処理の立場から試みたものである。

2. 分析に用いた環境音の種類とその分析方法

2.1 分析に用いた青森県の環境音

表1は、本研究で用いた環境音である。音には、自然界の音と人口的な音の2種類がある。風鈴は風が吹くと揺れて鳴る。鳴らすのは自然の風のときと人口の風のときがあるが、風鈴そのものは人工的に作られたものなので、人口の音に分類している。表中には、例えばピアノの音やペットの鳴き声、交通騒音など、特に青森県特有とは言えない音も含まれている。しかしながら、身近な環境音なので分析の対象に含めた。

平成15年12月19日受理

* システム情報工学科・教授

表1 収録音の種類

音源の種類	場所	収録したもの	収録時間
自然の音	種差海岸	波浪	45 秒
	奥入瀬溪流	阿修羅の流れ	30 秒
		銚子大滝	30 秒
	蕪嶋	うみねこ	15 秒
	屋根	カラス	20 秒
		雨音	30 秒
人工の音	道路	自動車による交通騒音	15 秒
		自動車のクラクション	3.4 秒
		救急車のサイレン	15 秒
	学校	ピアノ	30 秒
		メトロノーム	15 秒
	軒先	南部風鈴	20 秒

表2 ゆらぎの判定基準

ゆらぎ	傾き	傾きの範囲
$1/f^0$ ゆらぎ	0	0.6～-0.5
$1/f$ ゆらぎ	-1	-0.6～-1.5
$1/f^2$ ゆらぎ	-2	-1.6～-2.5
その他	傾きが上記に当てはまらないか混合しているもの	

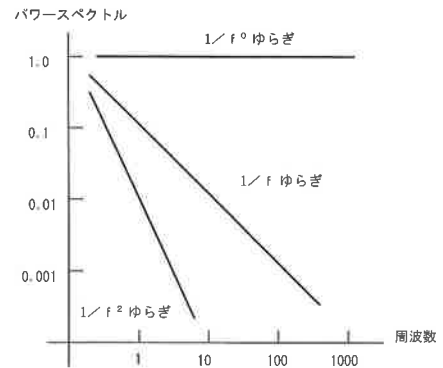


図1 スペクトルとゆらぎの関係

2.2 分析方法

音の収録はMD Recorder (Panasonic SJ-MR220) を用いてデジタル録音する。この録音機のモノラル仕様は量子化レベル16ビット、標準化周波数44.1 kHzである。

収録した音は、音声処理ソフトウェア「音声工房 Pro」(NTTアドバンステクノロジー)を用いてパワースペクトルを分析する。スペクトル分析は、分析対象の音によって多少異なるが、まず、短時間(例えば10秒)の時系列データから得られるスペクトルを求める。つぎにそれより長い時間(例えば30秒)のデータを平均して得られるスペクトルを求める。スペクトルの値をほぼ1 kHzごとに読み取り、両対数グラフにプロットする。プロットしたデータに当てはまる直線の傾き(以後ゆらぎと呼ぶ)を最小二乗法によって算出する。

快音・不快音の判定は、表2のように定めた基準を参照して行う。このような基準を設けた理由はつぎの通りである。

音に限らず、快・不快という感性和「ゆらぎ」との間には、大きく3種類に分類されるとする

のが定説である²⁾。音を例にとると、音のスペクトルを両対数目盛りで表示したとき、そのスペクトルの傾きが「ゆらぎ」である。図1に示すように、1つ目は、周波数に依存しないで水平な一定レベルを保持するときで、「 $1/f^0$ ゆらぎ」である。このような音は、刺激が強く脳が疲れてしまう。2つ目は、45度の傾きを持つ「 $1/f$ ゆらぎ」である。この音は、不規則さと規則正しさが調和した状態で、心や身体に安らぎを与える音である。3つ目は、さらに鋭角な角度を示す「 $1/f^2$ ゆらぎ」である。この音は非常にゆっくりと変化するので眠くなってしまうような音である。このように、「 $1/f$ ゆらぎ」は人に快感を与え、「 $1/f^0$ ゆらぎ」や「 $1/f^2$ ゆらぎ」は不快感を与える音と言える。ちなみに、人の心拍や呼吸などが「 $1/f$ ゆらぎ」になっている。「 $1/f$ ゆらぎ」で人は快適になれると言われ理由は、このような身体のリズムが関係しているからであるという説もある³⁾。

3. 分析結果と考察

図2～図13に収録音の波形データ、平均スペクトルそして「ゆらぎ」を示す。表3～表14は、短時間データから求めた「ゆらぎ」と比較的長い時間のデータを平均したものから求めた平均の「ゆらぎ」をまとめたものである。全帯域にわたって一つの「ゆらぎ」で代表させるには難があると思われるものは、二つの「ゆらぎ」に分割して表わしている。

・種差海岸における波浪（図2）

岩にぶつかり砕けていく波音である。1 kHz～6 kHzの範囲が傾き-1の典型的な $1/f$ ゆらぎとなっている。

・奥入瀬溪流（図3）

阿修羅の流れでの収録音である。1 kHz～4 kHzの範囲に $1/f$ ゆらぎが認められる。

・銚子大滝（図4）

水の音には快適感を与えるものが多いが、滝の音は刺激の強い音のため不快感というよりは恐怖感を与える。1 kHz～6 kHzの範囲がほぼフラットなスペクトルとなっているためであろうか？

・うみねこの鳴き声（図5）

蕪嶋に生息しているうみねこの鳴き声を収録した。群れを成して鳴き騒ぐいでいる様子が録音波形からうかがえる。6 kHz以下では、データの収録時間の違いにより、快音だったり不快音だったりしている。7 kHz以上では、いずれの場合も傾き-2の不快音の範疇にある。このような事情が、うみねこの鳴き声を快音ととらえたり不快音ととらえたりする要因かもしれない。低周波成分のゆらぎがほぼ $1/f$ に分類されることから、ここでは快音とした。

・カラスの鳴き声（図6）

住宅地で収録したカラスの鳴き声である。代表的な不快音、 $1/f^2$ ゆらぎとなっている。

・雨音（図7）

屋根を打つ雨音を分析した。波の音と同様に

典型的な $1/f$ ゆらぎの快音である。

・車道の騒音（図8）

八戸市内の交差点におけるざわめきである。予想通り $1/f^2$ ゆらぎの不快音である。

・自動車のクラクション（図9）

クラクションには音量を増すために共鳴器が組み込まれている。その倍音が線状スペクトルとして分布している様子が認められる。これらは広帯域に、しかもほぼ同じレベルの $1/f^0$ ゆらぎで分布し、不快な警笛音としての役割を果たしている。例示していないが、目覚まし時計のベルの音も $1/f^0$ ゆらぎを示し、不快音となっていた。

・救急車のサイレン（図10）

可聴周波数のほぼ全域にわたって $1/f^2$ ゆらぎを実現している。このことが周囲に不安を撒き散らし、目立つ存在となっている要因であろう。

・ピアノ曲（図11）

大学のピアノでベートーベン作曲の“エリーゼのために”を演奏したときの分析結果である。弦をハンマーで叩くので、高調波成分が線スペクトルとなって現れている。この外のショパンやバッハの曲についても同様の結果が得られ、特にバッハの“G線上のマリア”は全域にわたって $1/f$ ゆらぎの快音特性を示した。

・メトロノーム（図12）

メトロノームの音は単調で規則正しい音である。機械音であるため $1/f^2$ ゆらぎが主であるが、不快というよりは眠くなるような音である。

・南部風鈴（図13）

涼を呼ぶ風鈴の音は耳に快い。このことは、全域にわたる $1/f$ ゆらぎからも納得させられる。

以上、12種の自然音や人工音をスペクトル分析した。表15は「ゆらぎ」を使って、 $1/f$ は快音に、 $1/f^0$ や $1/f^2$ は不快音に分類したもので



図 2.1 種差海岸における波浪の収録音波形

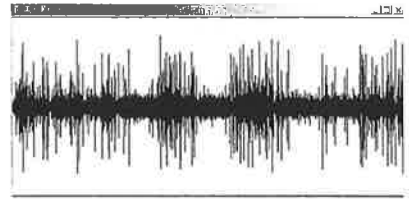


図 3.1 奥入瀬溪流の収録音波形

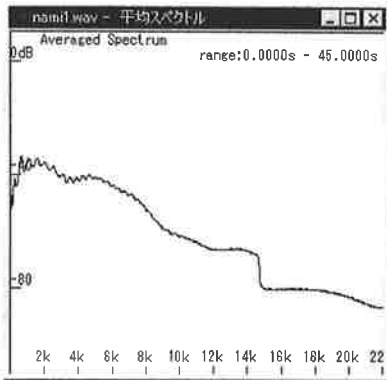


図 2.2 種差海岸における波浪のスペクトル分布

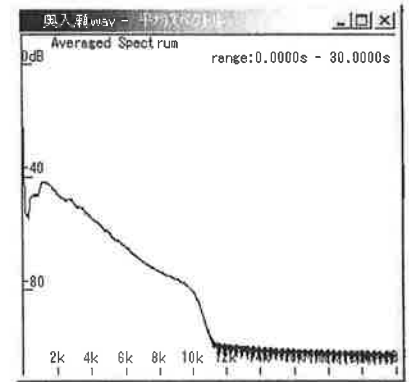


図 3.2 奥入瀬溪流のスペクトル分布

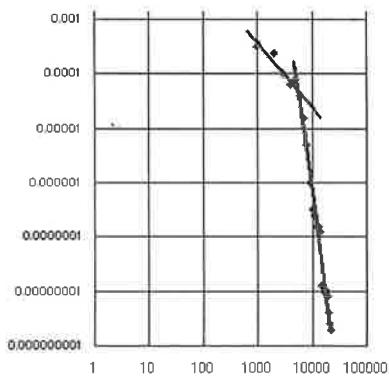


図 2.3 種差海岸における波浪のゆらぎ

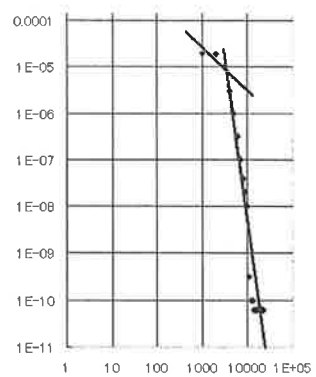


図 3.3 奥入瀬溪流のゆらぎ

表 3 種差海岸における波浪のゆらぎ

		傾き	ゆらぎ
10 秒	1000～ 6000 Hz	-0.81	1/f ゆらぎ
	7000～22000 Hz	-7.15	その他
30 秒	1000～ 6000 Hz	-0.87	1/f ゆらぎ
	7000～22000 Hz	-7.11	その他
平均 (45 秒)	1000～ 6000 Hz	-1.15	1/f ゆらぎ
	7000～22000 Hz	-7.52	その他

表 4 奥入瀬溪流のゆらぎ

		傾き	ゆらぎ
10 秒	1000～ 3000 Hz	-1.3	1/f ゆらぎ
	4000～22000 Hz	-7.6	その他
20 秒	1000～ 7000 Hz	-1.23	1/f ゆらぎ
	8000～22000 Hz	-10.56	その他
平均 (30 秒)	1000～ 4000 Hz	-1.19	1/f ゆらぎ
	5000～22000 Hz	-7.35	その他

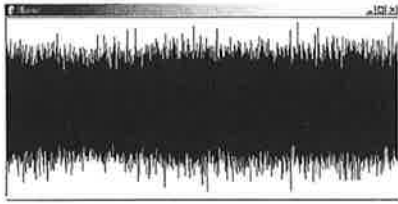


図 4.1 銚子大滝の収録音波形



図 5.1 うみねこの収録音波形

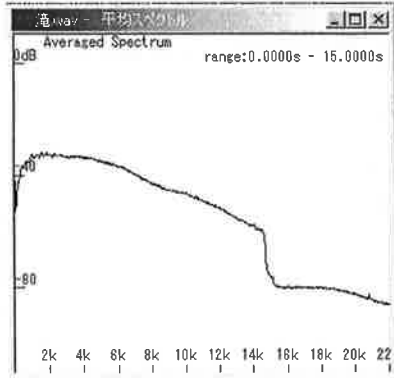


図 4.2 銚子大滝のスペクトル分布

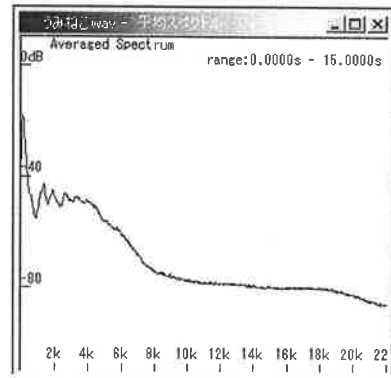


図 5.2 うみねこのスペクトル分布

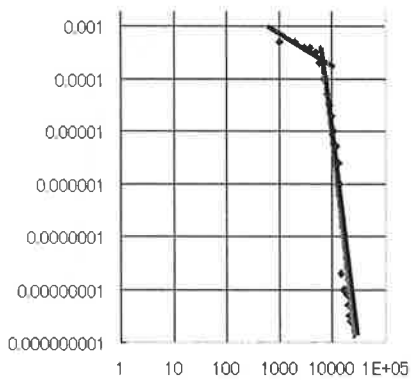


図 4.3 銚子大滝のゆらぎ

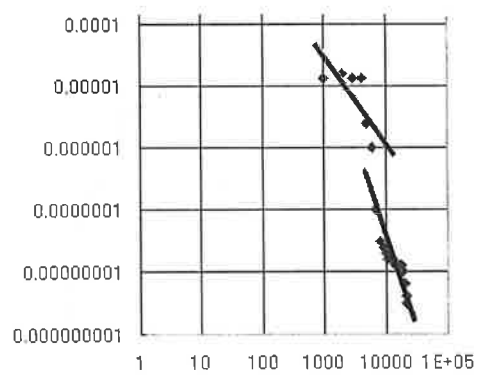


図 5.3 うみねこのゆらぎ

表 5 銚子大滝のゆらぎ

		傾き	ゆらぎ
5 秒	1000～ 6000 Hz	0.1	$1/f^0$ ゆらぎ
	7000～22000 Hz	-10.2	その他
10 秒	1000～ 6000 Hz	-0.16	$1/f^0$ ゆらぎ
	7000～22000 Hz	-10.79	その他
平均 (15 秒)	1000～ 6000 Hz	-0.43	$1/f^0$ ゆらぎ
	7000～22000 Hz	-10.84	その他

表 6 うみねこのゆらぎ

		傾き	ゆらぎ
5 秒	1000～ 5000 Hz	-0.67	$1/f$ ゆらぎ
	6000～22000 Hz	-3.09	その他
10 秒	1000～ 5000 Hz	-2.08	$1/f^2$ ゆらぎ
	6000～22000 Hz	-1.69	$1/f^2$ ゆらぎ
平均 (15 秒)	1000～ 6000 Hz	-1.22	$1/f$ ゆらぎ
	7000～22000 Hz	-2.05	$1/f^2$ ゆらぎ

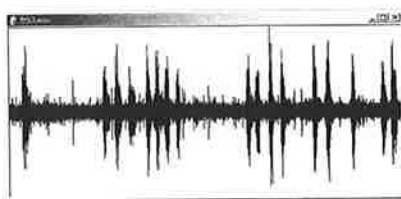


図 6.1 カラスの収録音波形



図 7.1 雨音の収録音波形

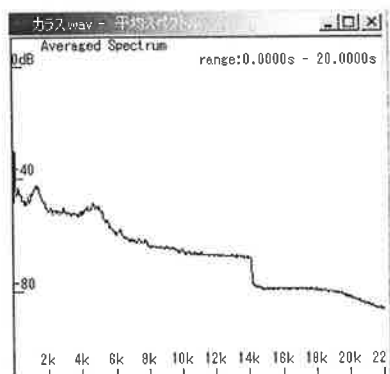


図 6.2 カラスのスペクトル分布

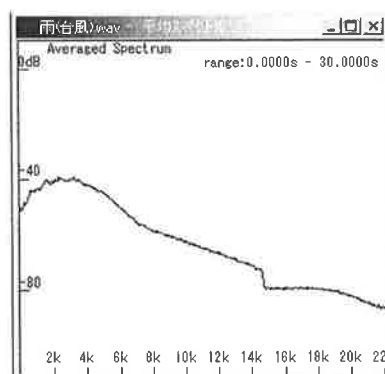


図 7.2 雨音のスペクトル分布

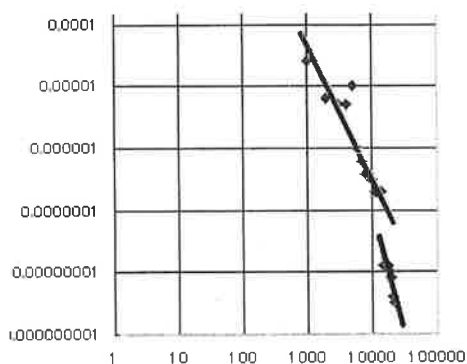


図 6.3 カラスのゆらぎ

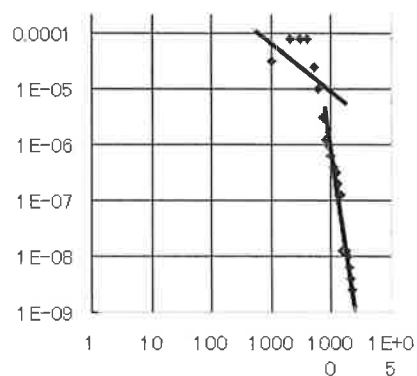


図 7.3 雨音のゆらぎ

表 7 カラスのゆらぎ

		傾き	ゆらぎ
7 秒	1000～ 8000 Hz	-2.02	$1/f^2$ ゆらぎ
	9000～22000 Hz	-6.02	その他
14 秒	1000～ 8000 Hz	-2.33	$1/f^2$ ゆらぎ
	9000～22000 Hz	-5.77	その他
平均 (20 秒)	1000～14000 Hz	-1.95	$1/f^2$ ゆらぎ
	15000～22000 Hz	-3.61	その他

表 8 雨音のゆらぎ

		傾き	ゆらぎ
10 秒	1000～ 7000 Hz	-1.08	$1/f$ ゆらぎ
	8000～22000 Hz	-6.03	その他
20 秒	1000～ 7000 Hz	-1	$1/f$ ゆらぎ
	8000～22000 Hz	-6.81	その他
平均 (30 秒)	1000～ 7000 Hz	-1.01	$1/f$ ゆらぎ
	8000～22000 Hz	-6.64	その他

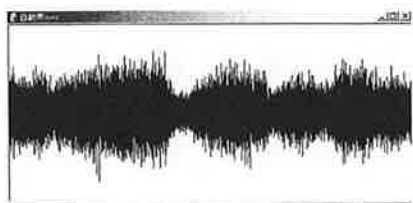


図 8.1 自動車による交通騒音の収録音波形

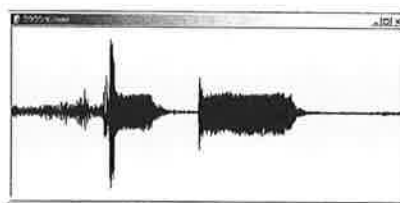


図 9.1 自動車のクラクションの収録音波形

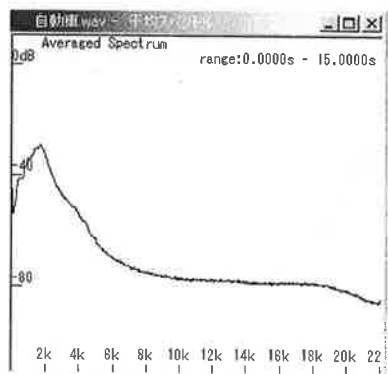


図 8.2 自動車による交通騒音のスペクトル分布

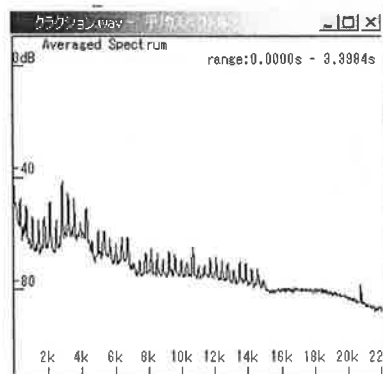


図 9.2 自動車のクラクションのスペクトル分布

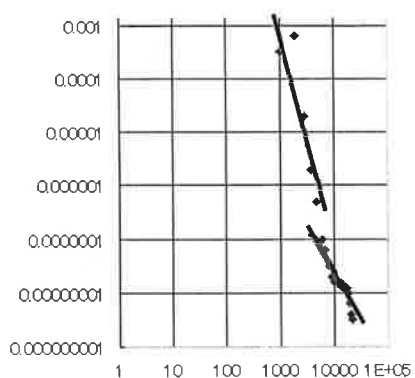


図 8.3 自動車による交通騒音のゆらぎ

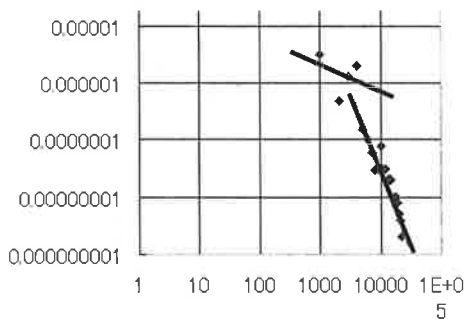


図 9.3 自動車のクラクションのゆらぎ

表 9 自動車による交通騒音のゆらぎ

		傾き	ゆらぎ
5 秒	1000～ 5000 Hz	-3.31	その他
	6000～22000 Hz	-2.18	$1/f^2$ ゆらぎ
10 秒	1000～ 5000 Hz	-3.08	その他
	6000～22000 Hz	-2.05	$1/f^2$ ゆらぎ
平均 (15 秒)	1000～ 5000 Hz	-4.3	その他
	6000～22000 Hz	-1.96	$1/f^2$ ゆらぎ

表 10 自動車のクラクションのゆらぎ

		傾き	ゆらぎ
1.5 秒	1000～ 4000 Hz	-0.49	$1/f^0$ ゆらぎ
	5000～22000 Hz	-0.49	$1/f^0$ ゆらぎ
平均 (3.4 秒)	1000～ 4000 Hz	-0.33	$1/f^0$ ゆらぎ
	5000～22000 Hz	-2.19	$1/f^2$ ゆらぎ



図 10.1 救急車のサイレンの収録音波形

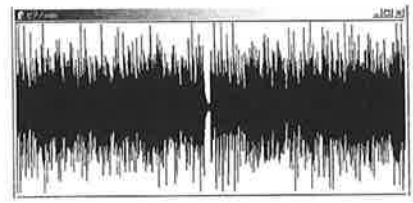


図 11.1 ピアノ曲の収録音波形

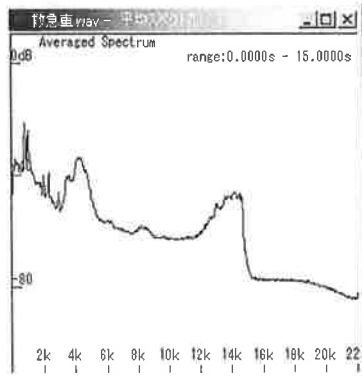


図 10.2 救急車のスペクトル分布

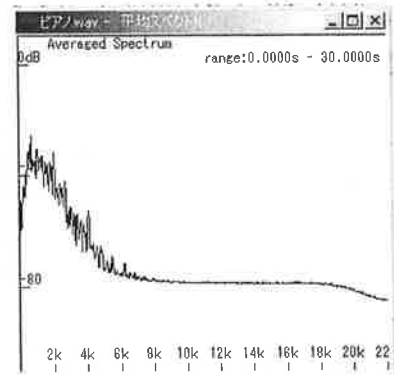


図 11.2 ピアノ曲のスペクトル分布

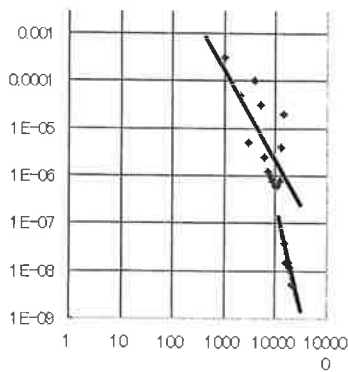


図 10.3 救急車のゆらぎ

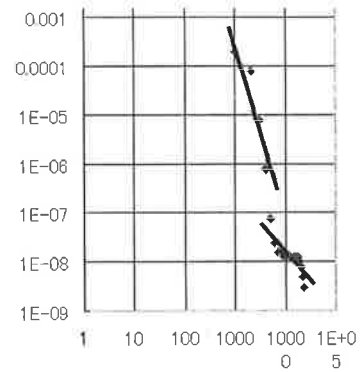


図 11.3 ピアノ曲のゆらぎ

表 11 救急車のゆらぎ

		傾き	ゆらぎ
5 秒	1000～14000 Hz	-2.11	$1/f^2$ ゆらぎ
	15000～22000 Hz	-12.27	その他
10 秒	1000～14000 Hz	-2.33	$1/f^2$ ゆらぎ
	15000～22000 Hz	-17.89	その他
平均 (15 秒)	1000～14000 Hz	-1.99	$1/f^2$ ゆらぎ
	15000～22000 Hz	-4.75	その他

表 12 ピアノ曲のゆらぎ

		傾き	ゆらぎ
10 秒	1000～ 7000 Hz	-4.82	その他
	8000～22000 Hz	-1.31	$1/f$ ゆらぎ
20 秒	1000～ 5000 Hz	-5.34	その他
	6000～22000 Hz	-1.25	$1/f$ ゆらぎ
平均 (30 秒)	1000～ 4000 Hz	-3.83	その他
	5000～22000 Hz	-1.17	$1/f$ ゆらぎ

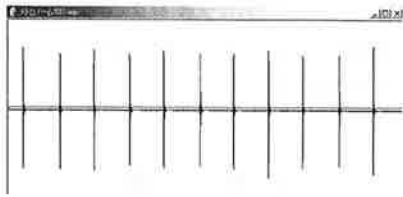


図 12.1 メトロノームの収録音波形

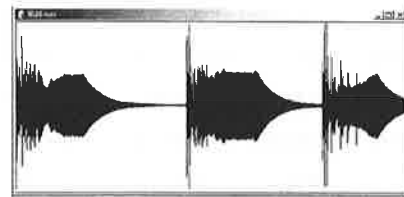


図 13.1 南部風鈴の収録音波形

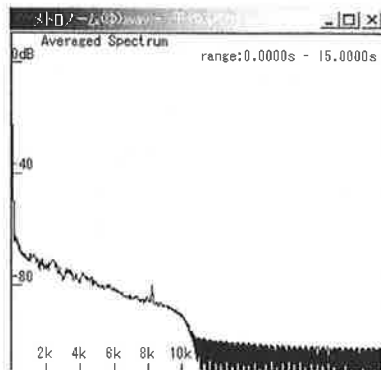


図 12.2 メトロノームのスペクトル分布

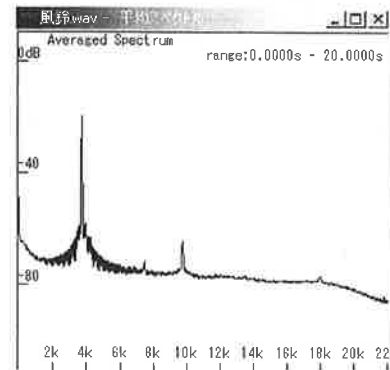


図 13.2 南部風鈴のスペクトル分布

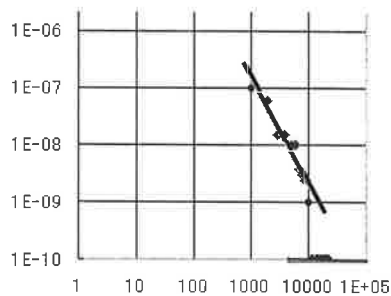


図 12.3 メトロノームのゆらぎ

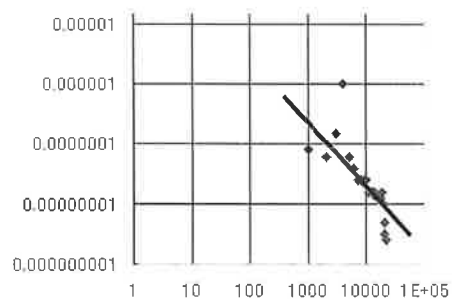


図 13.3 南部風鈴のゆらぎ

表 13 メトロノームのゆらぎ

		傾き	ゆらぎ
5 秒	1000～11000 Hz	-2.42	$1/f^2$ ゆらぎ
	12000～22000 Hz	-0.38	$1/f^0$ ゆらぎ
10 秒	1000～10000 Hz	-2.37	$1/f^2$ ゆらぎ
	11000～22000 Hz	-0.19	$1/f^0$ ゆらぎ
平均	1000～10000 Hz	-1.87	$1/f^2$ ゆらぎ
(15 秒)	11000～22000 Hz	-1.00E-12	$1/f^0$ ゆらぎ

表 14 南部風鈴のゆらぎ

		傾き	ゆらぎ
7 秒	1000～22000 Hz	-1.04	$1/f$ ゆらぎ
14 秒	1000～22000 Hz	-1.44	$1/f$ ゆらぎ
平均 (20 秒)	1000～22000 Hz	-1.23	$1/f$ ゆらぎ

表 15.1 「ゆらぎ」を使って判定した快音

音源の種類	場所	収録したもの	ゆらぎ
自然の音	種差海岸	波浪	$1/f$ ゆらぎ
	奥入瀬溪流	阿修羅の流れ	$1/f$ ゆらぎ
	燕鳴	うみねこ	$1/f$ ゆらぎ
	屋根	雨音	$1/f$ ゆらぎ
人工の音	学校	ピアノ	$1/f$ ゆらぎ
	軒先	南部風鈴	$1/f$ ゆらぎ

表 15.2 「ゆらぎ」を使って判定した不快音

音源の種類	場所	収録したもの	ゆらぎ
自然の音	奥入瀬溪流	銚子大滝	$1/f^0$ ゆらぎ
	屋根	カラス	$1/f^2$ ゆらぎ
人工の音	道路	自動車による交通騒音	$1/f^2$ ゆらぎ
		自動車のクラクション	$1/f^0$ ゆらぎ
			$1/f^2$ ゆらぎ
		救急車のサイレン	$1/f^2$ ゆらぎ
	学校	メトロノーム	$1/f^0$ ゆらぎ $1/f^2$ ゆらぎ

ある。感性には主観がつきものであるが、われわれが通常感じる、快・不快の感性とよく一致していると言える。

4. 結 論

以上、青森県の環境音を題材に、快・不快という感性と「ゆらぎ」という物理量との関係を情報処理し、両者の間で定説となっていることを検証した。今回の分析では、ソフトの関係で1,000 Hz以下の低域における「ゆらぎ」分析が欠落している。今後はこの領域を含めた分析を継続する予定である。なお、環境音の収録および分析に当たり、本学平成14年度システム情報工学科卒業生大里昌代嬢の協力をいただいた。深く感謝する。

参考文献

- 1) 一松他, 感性と情報処理, 共立出版, 1993.
- 2) 武者利光, ゆらぎの世界, 講談社, 1980.
- 3) 辻三郎, 感性の科学, サイエンス社, 1997.