

21世紀の音楽療法への提言(Ⅱ)

—自己回帰モデル解析を通じた楽曲と音楽嗜好との関係について—

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、パワースペクトル、 $1/f$ ゆらぎ、高速フーリエ変換、自己回帰モデル

music therapy, power spectrum, $1/f$ fluctuation, fast fourier transform, autoregressive model

要 旨

来るべき21世紀の音楽療法を行うにあたって、音楽が人体に与える心理的・生理的効果の相互関係を明らかにすることが必要不可欠である。なぜならば音楽が与えた心理的・行動的变化を客観的に把握出来る資料が少ないために、現在の音楽療法は、ほとんどが音楽療法士の評価に依存しているからである。そこには各人各様の音楽嗜好が介在しており、このことが現在の音楽療法での評価をみる上での大きな問題点となっている。それ故に楽曲の数理的構造と音楽嗜好との関係を明らかにすること、そして心理的・生理的効果を定性的に捉えることが求められている。

本稿は、前者の楽曲と音楽嗜好との関連性についての研究である。1998年秋に実施した「音楽意識調査」をもとに、対象を現代の多様な音楽に接している若者にしほり、彼等が好む楽曲を、自己回帰 (autoregressive: AR) モデルを用いてスペクトル解析をした。その結果、若者に最も受け入れられている楽曲は、一曲中に他のジャンルでみられるいくつかの周波数空間における特徴を内包していることが判った。これは、現代の音楽嗜好を解く新たな手がかりである。

Concerning Music Therapy in the 21st Century (II)

—A Study of the Mathematical Structure of Music by the Autoregressive Model—

Nobuko Saji, Ryoya Saji¹⁾

Miyagi University School of Nursing

Abstract

This study concerns the relationship between the musical structure and musical taste. From a questionnaire that was distributed in the autumn of 1998, the musical preferences of Japanese young people were determined and several of the musical pieces which appeared on the questionnaire were selected for analysis. The selections were chosen so as to provide a range of preferences. The power spectrums of these pieces were analyzed by the autoregressive model and the resulting mathematical structure of the power spectrums were compared to the stated musical preferences. The results indicated that there is a positive relationship between musical preference and power spectrum. This information will be a new key to considering musical taste and its effect on 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

はじめに

20世紀後半にめまぐるしく発展した科学技術と情報化社会の中で、人間らしい時間を取り戻すために心身のリラクゼーションが求められ、その最良の道の一つとして、「21世紀に期待される音楽療法」が位置づけられている。

これまでに、高速フーリエ変換(fast fourier transform : FFT) 法を用いたスペクトル解析や¹⁾、心理的・生理的効果に関する研究があるが²⁾、クラシック音楽だけに限られている。しかし多種多様な音楽が溢れる現代社会における音楽嗜好を捉える上で、クラシック音楽も含めた広いジャンルの楽曲構造を解析し、その特徴と音楽嗜好との関係を明らかにする必要がある。

前稿の「21世紀の音楽療法への提言（Ⅰ）—音楽の数理構造を通して—」では³⁾、音楽そのものに内在する数理構造を、FFT法を用いて1/f ゆらぎ理論的見地から考察した。本稿では、1998年秋に実施した音楽の意識調査をもとに（資料1）、対象を若者に絞り、前稿で加えなかった現代音楽を含めた広いジャンルから選出した11曲について、AR法⁴⁾を用いてスペクトル解析をする。今回AR法を用いるのは、周波数空間における定性的解釈が、FFT法よりもはるかに容易であるためである（資料2）。意識調査と楽曲構造の解析結果を踏まえて、現代若者の音楽嗜好と楽曲の周波数空間の関係について考察し、今後の音楽療法に対する提言を行う。

1. 対象と方法

1) 対 象

現代人の音楽への関心度、嗜好傾向、音楽環境などを把握するために、1998年10月から12月までの期間、児童から高齢者までの不特定多数の男女に、音楽意識調査を実施した⁵⁾。その集計によると、現在好まれている楽曲のジャンルは、多種多様であり、それは特に年齢層によって大きく異なるが、現代の若者は殆どのジャンルの音楽に関わりを持ちながら、現代の新音楽への嗜好性が特に高いことが明らかになった（図1）。何故若者がポップスやダンス・ロック音楽を含むニュー・ミュージックを好むのか。本研究では、対象を若者に絞って考察をする。

2) 方 法

① 楽曲選曲

音楽の意識調査の設問中、「好きなジャンルは何ですか」「好きな歌手、演奏家（グループ）、曲名は何ですか」の回答を集計すると、現代若者の嗜好楽曲は、下記の通り(1)～(10)のジャンルに分けられ、さらに音楽的特性を考慮すると⁶⁾ 表1のように5つにグループ化することができる。

続くスペクトル解析の楽曲として、表1の5グループの全てからそれぞれ音楽的特性の異なる楽曲を2～3曲ずつ選曲した。（資料3）。

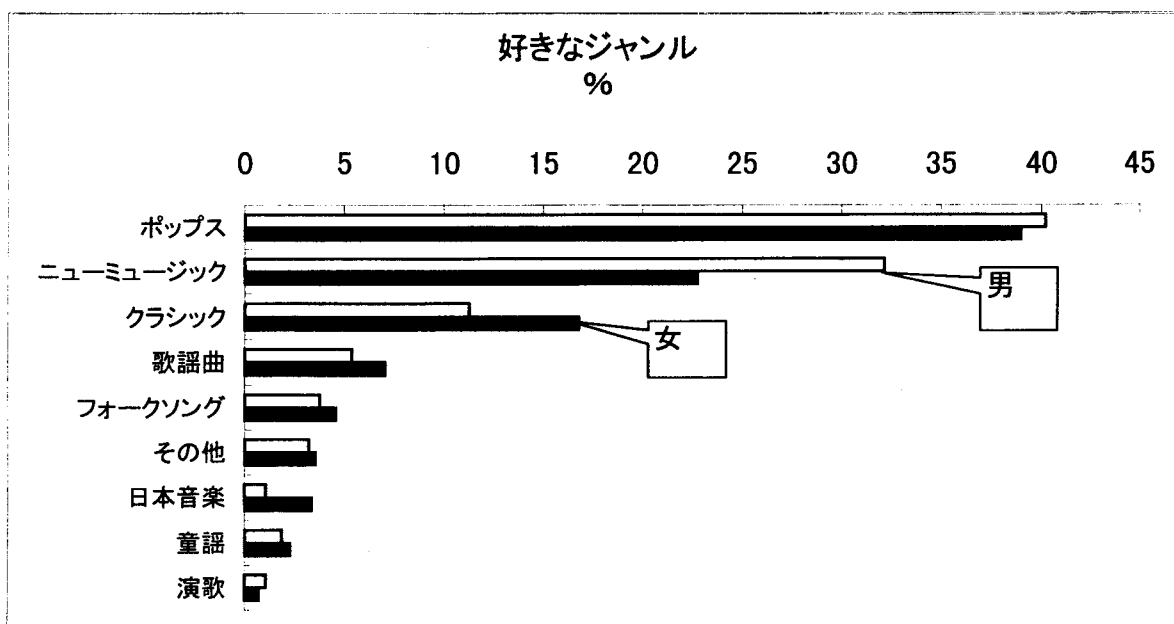


図1 好きなジャンル

表 1. 楽曲ジャンル

グループ	ジャンル数	ジャンル名
Ⅰ. クラシック音楽	(1)	クラシック音楽
	(2)	イージー音楽・民族音楽・自然音・オカリナ音楽
Ⅱ. 日本音楽	(3)	民謡・童謡
	(4)	演歌・アニメソング
Ⅲ. 現代音楽 1	(5)	ジャズ音楽
	(6)	ヒップホップ・ダンス・ユーロー・ロック音楽
Ⅳ. 現代音楽 2	(7)	フォークソング・歌謡
	(8)	映画音楽
	(9)	ポップス
Ⅴ. 現代音楽 3	(10)	電子音楽・現代クラシック音楽

② 意識調査

音楽の嗜好傾向を捉えるために、音楽の意識調査の設問中、前述の「好きなジャンルは何ですか」(図1)の他に、「どんな時に音楽を聞きたいですか」「どんな状態で音楽を聴きますか」を加えて集計した。

③ AR法スペクトル解析

スペクトルを求める前に線形予測モデルへの当てはめを行い、得られたシステムパラメータを利用してスペクトルを求める手法として、ARモデル、移動平均 (moving average: MA) モデル、自己回帰移動平均 (autoregressive-moving average: ARMA) モデルがある。ARモデルでは山 (ピーク) の検出が、またMAモデルでは谷の検出が一般に得意である。ARMAモデルでは共に検出可能であるが、そのアルゴリズムの複雑さという点からより簡易的に利用できるARやMAモデルが用いられことが多い。楽曲の周波数空間における特徴は、スペクトルの谷よりもむしろ山、すなわち「楽曲の持つ周期性やその連続性の度合い」を考察することによって明らかになる。それ故、本稿では、ピークの検出の優位さという点から、ハウスホルダー (Householder) 変換を利用した最小二乗法によるARモデルを用いて楽曲のシステム同定をし、システムパラメータ (AR係数、分散) からスペクトルを求め、周波数空間における楽曲の特徴の抽出を行う。

即ち、ある時系列 $x(s)$ ($s=1\cdots N$) に対する m 次のARモデルは

$$x'(s) = \sum_{j=1}^m a(j)x(s-j) + e(s) \quad (1)$$

で定義される。但し、 $m+1 \leq s \leq N$ 。すなわち、 s 時点における x の値を、統計学的に意味のある過去の p 時点までを用いて線形予測を行うものである。ここで、 $a(j)$ はAR係数、 $e(s)$ は誤差項である。ARモデルではシステムパラメータとしてAR係数、分散をもつのでこれらを求めればよい。その1つの解法としてハウスホルダー変換を利用した最小二乗法がある。本法を用いて分散は

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (x'_n - \sum_{j=1}^m a_j x_{n,j})^2 \quad (2)$$

また、AR係数は

$$\begin{pmatrix} s_{1,1} & \cdots & s_{1,j} \\ & & \vdots \\ & & s_{j,j} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ \vdots \\ a_j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_{1,m+1} \\ \vdots \\ s_{j,m+1} \end{pmatrix} \quad (3)$$

の関係式で与えられる。こうして求めたシステムパラメータからパワースペクトルは

$$p(f) = \frac{\sigma^2}{|1 - \sum_{j=1}^m a(j)e^{-2\pi i j f}|^2} \quad (4)$$

と求められる。

2. 結果

1) 楽曲分析 Ⅰ

楽曲 a ~ k のAR法解析結果は、図2~12の通りである⁷⁾。図中において、縦軸は規格化した対数スケールのパワースペクトルを、横軸は対数スケールの周波数を表す。

1. クラシック音楽—楽曲 a, b

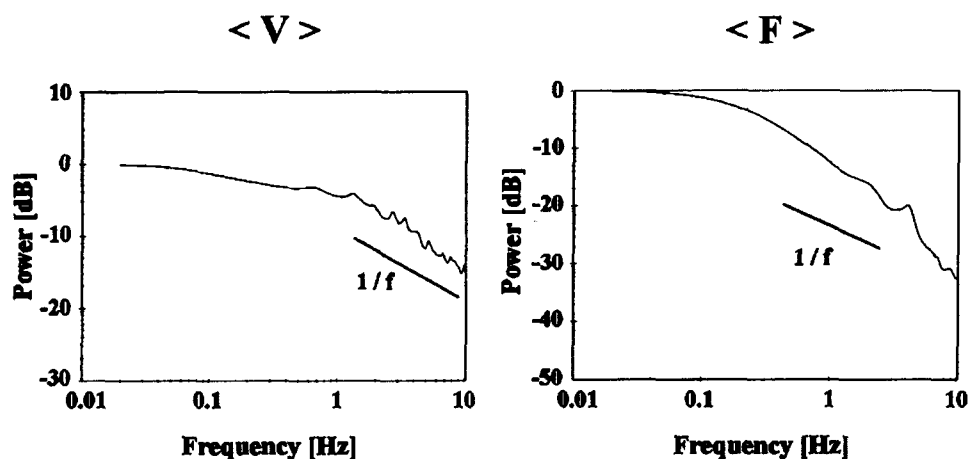


図2：楽曲 a：「ピアノソナタ K.331 変ロ長調より I 楽章」のパワースペクトル

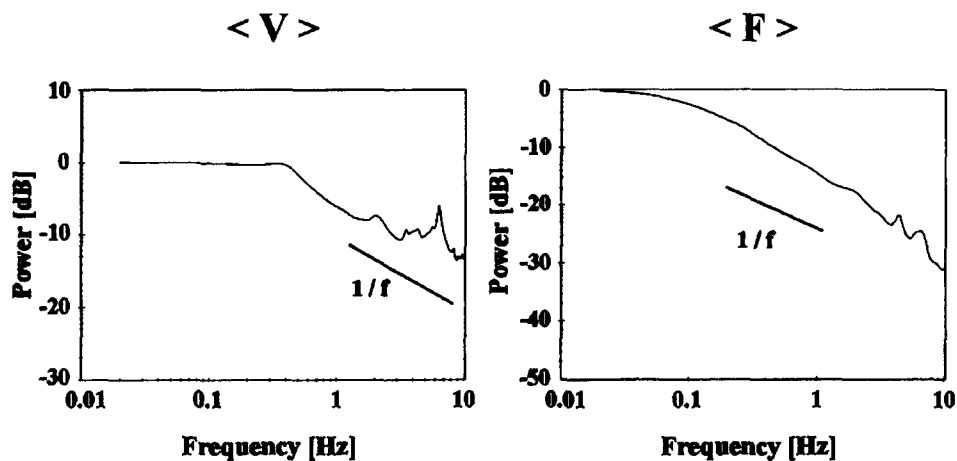


図3：楽曲 b：「Fl. と Cemb. のためのソナタ 短調 BWV103より Andante」のパワースペクトル

V、F 共に明確な楽曲構造は見られず、そのスペクトルの形状は $1/f$ ゆらぎ的傾向を示す。

II. 日本音楽—楽曲 c, d

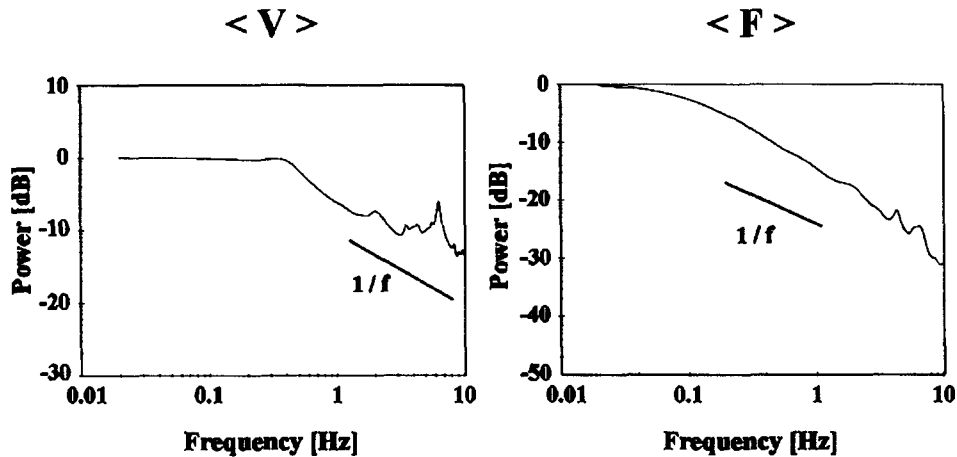


図4：楽曲c：「船頭さん」のパワースペクトル

Fスペクトルが基本周波数、約0.57Hzをもち、その高調波が現れている。特に第4、8、12高調波のピークが大きいのは楽曲が4/4拍子である影響と考えられる。Vスペクトルにも規則性が見られるがその連続性（度合い）はFスペクトルに比べると弱い。またスペクトルの形状は共に $1/f$ 的にゆらいでいる。

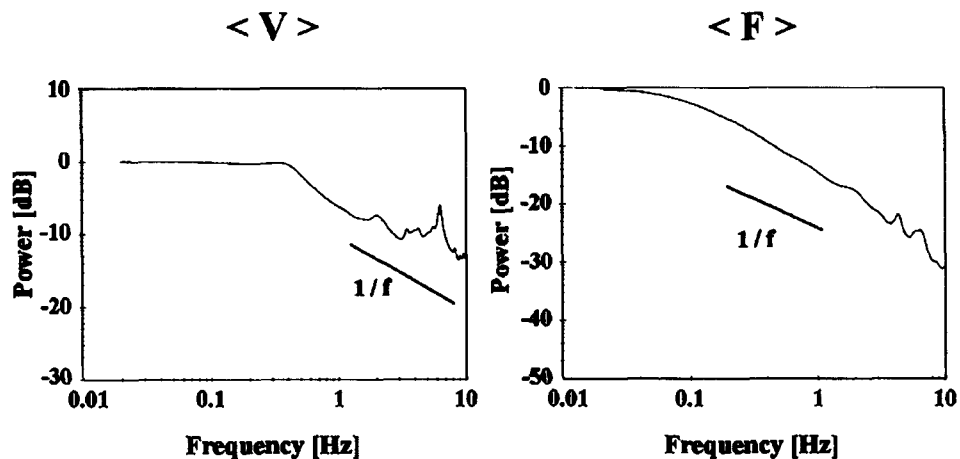


図5：楽曲d「蕎太郎節」のパワースペクトル

Fスペクトルの基本周波数が、約0.68Hzであり、またその第2、4、8、12高調波の影響が顕著である。楽曲cと異なり第2高調波のピークが大きいのは、楽曲が2/4拍子であるためであると思われる。V、F共に $1/f$ 的にゆらいでいる。

Ⅲ．現代音楽 1（ダンス・ロック音楽）—楽曲 e, d

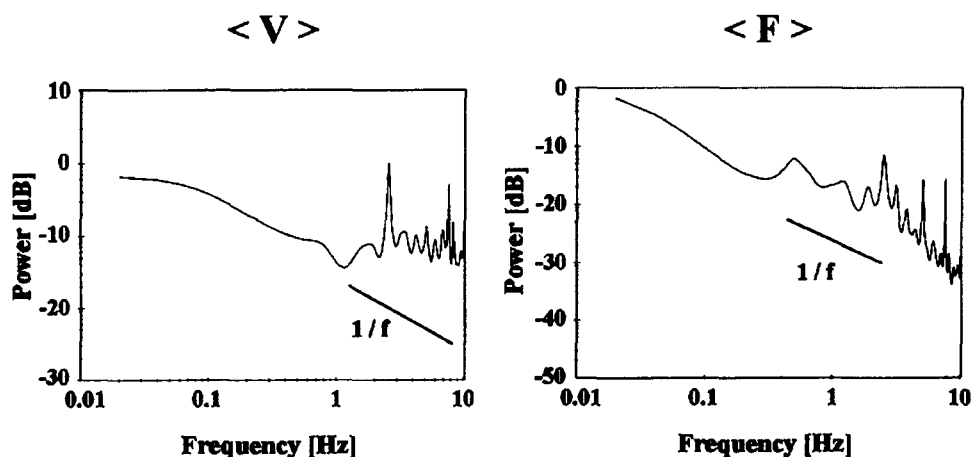


図 6：楽曲 e「SECRET AGENT」のパワースペクトル

鋭いピークがV、F両スペクトルに見られ、その基本周波数は共に約2.55Hzである。すなわちV、Fが同期していることを意味し、このことによって一層その規則性が強調される。特にVスペクトルのピークが鋭いことからその連続性は非常に強い。これは、楽曲の広範囲にわたってその影響があることを意味する。Vスペクトルの形状は現代音楽によく見られる $1/f$ 的な傾向である。

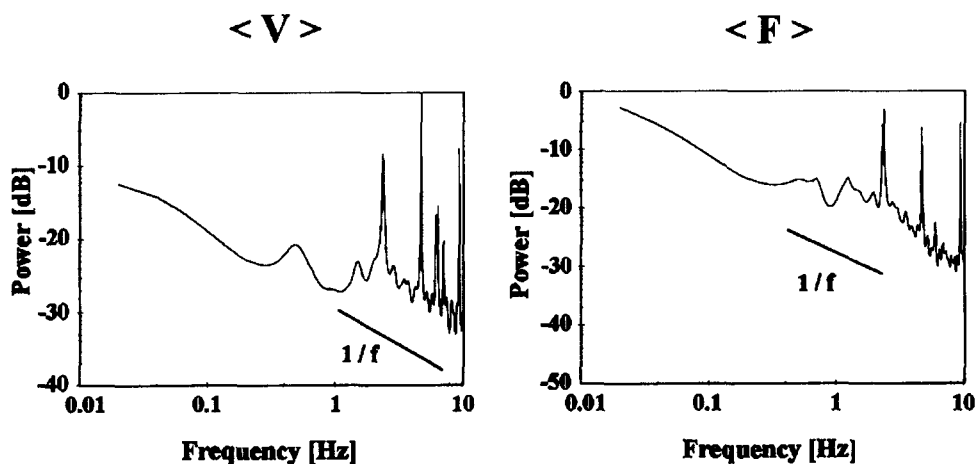


図 7：楽曲 f「Hot Love & Emotion」のパワースペクトル

V、Fスペクトル共に鋭いピークを示すが、Vに関しては約4.75Hzに、Fに関しては2.38Hzに基本周波数を持つ。ここで、Vの基本周波数はFのそれに比べ2倍となっている。すなわち、V、Fの共振効果によって楽曲のもつ規則性が強調されている。また、楽曲 e の場合と同様にその連続性は大変に強いことから、楽曲全体にわたる規則正しいリズムが存在する。

Ⅳ．現代音楽2（ポップス音楽）—楽曲 g, h, i

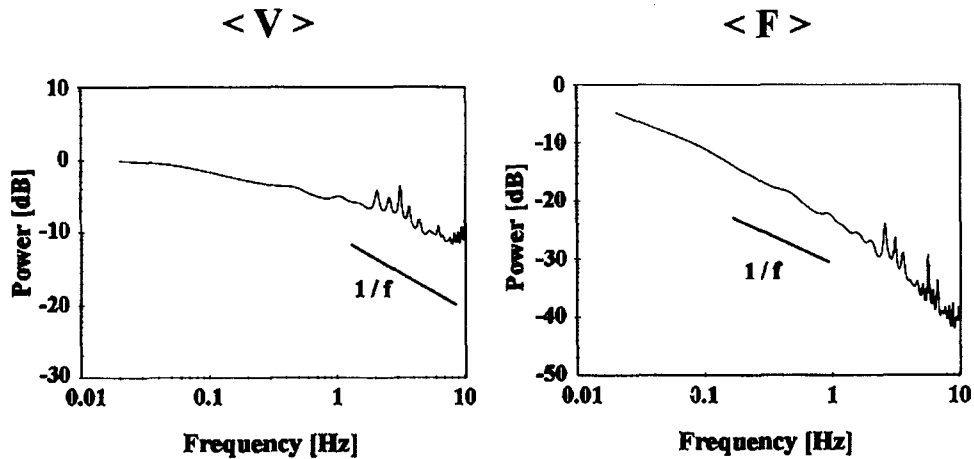


図8：楽曲 g 「Forever Love」のパワースペクトル

そのV、F両スペクトルに多少のピークが見られるが、日本の音楽で見られたような楽曲全体に渡るはっきりとした規則性は見られない。また、Fスペクトルは $1/f$ 的にゆらいでいるが、Vスペクトルはむしろ $1/f^0$ 的な要素も合わせ持っている。

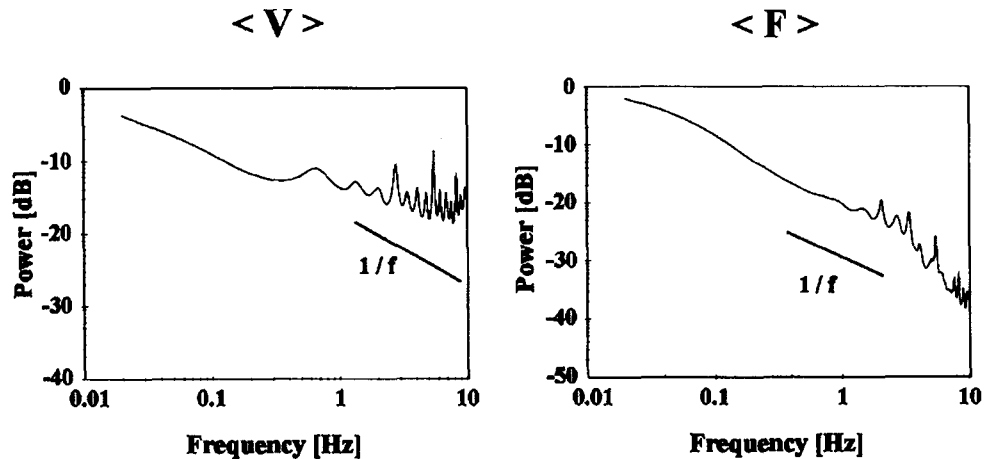


図9：楽曲 h 「Can you celebrate?」のパワースペクトル

楽曲 g と似た傾向を示すが、Vスペクトルの規則性とその $1/f^0$ 的な要素は若干強い。

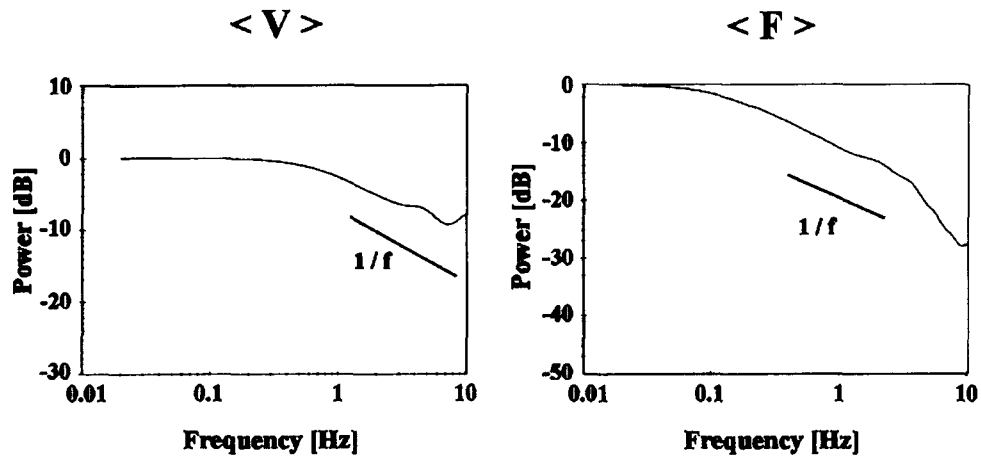


図10：楽曲 i 「長い間」のパワースペクトル

V、F スペクトル共になめらかで、その形状に $1/f$ 的傾向が見られる。即ち突出した楽曲構造を持たないことから、むしろクラシック音楽的要素をもつ。

V. 現代音楽 3 — 楽曲 j, k

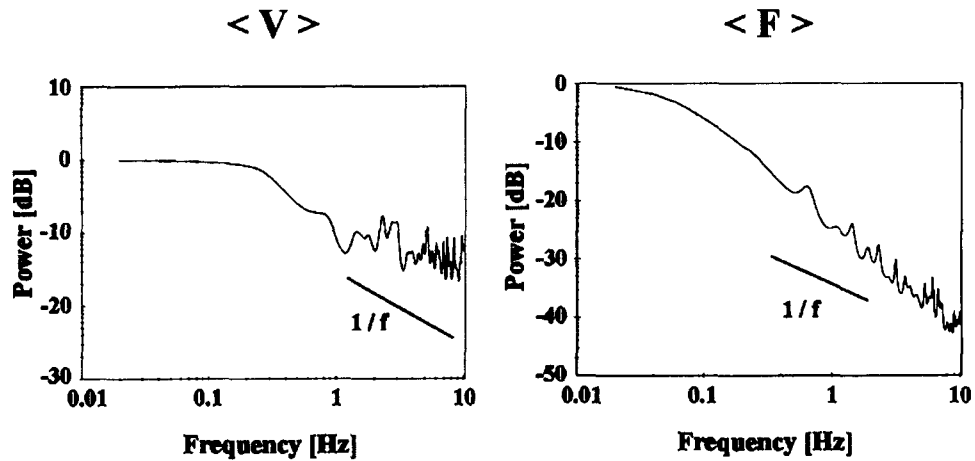


図11：楽曲 j 「テクスチュアズ」のパワースペクトル

V、F スペクトル共にクラシック音楽、現代音楽 2 で見られた特徴を見ることができる。

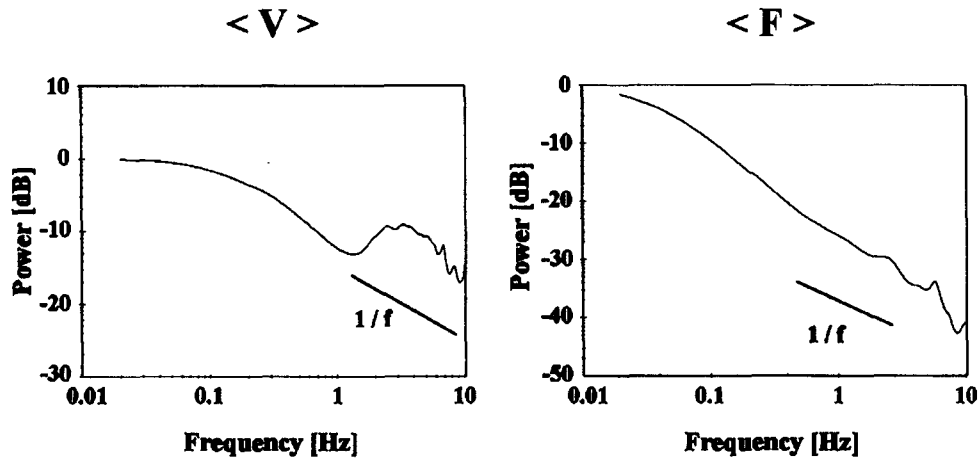


図12：楽曲k「Out of the Depths」のパワースペクトル

Vスペクトルは楽曲の特徴性、すなわち、断続的に現れる無音部分の影響により1～2 Hz付近の成分が相対的に少ない。一方で、Fスペクトルはなめらかで $1/f$ 的である。

2) 楽曲分析Ⅱ

現代音楽2—楽曲g, h, iは、前述のパワースペクトル(図8, 9, 10)からも明らかなように、様々なジャンルの音楽性を合わせ持つことがうかがえる。ここではさらに詳しくその音楽構造について、楽曲gの「X-Japan」のVスペクトルを用いて解析する。

図8に示した楽曲gのパワースペクトルは、楽曲平均にわたるものであるが、一曲をより詳細に分析してみると、この楽曲は4分20秒付近を境に大きく変化し、間奏部分に入る。それぞれスペクトルをみると、その形状は間奏前部と間奏部分とで著しく異なる。

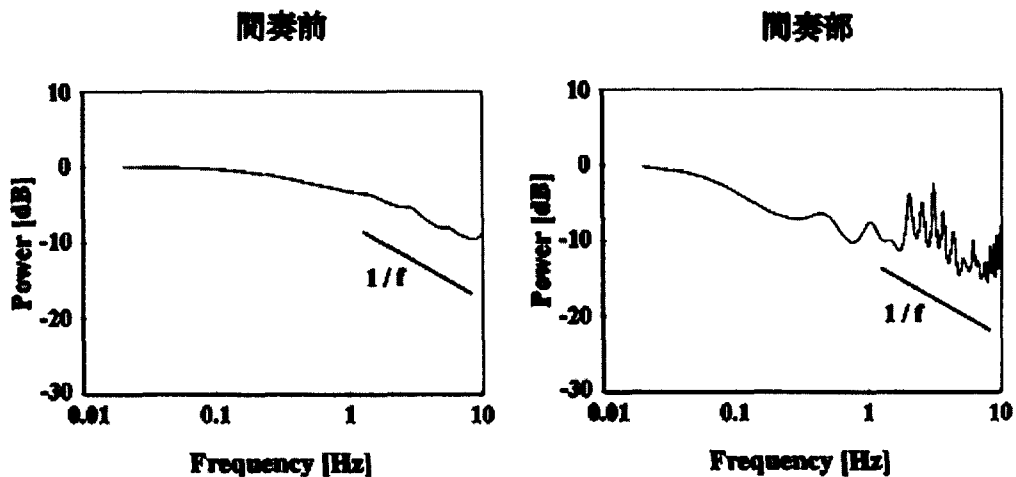


図13：楽曲g「X-Japan」の間奏前と間奏部分のVスペクトル

楽曲の間奏前部ではそのスペクトルは非常になめらかで、クラシック音楽や楽曲iに見られたスペクトルの形状を示すが、楽曲の間奏部ではむしろ日本音楽に見られたような明白な規則性をもつ。

3) 集計結果

する集計結果は、次の通りである。

「どんな時に音楽を聴きたいですか」（図14）、「どんな状態で音楽を聴きますか」（図15）の問いに対

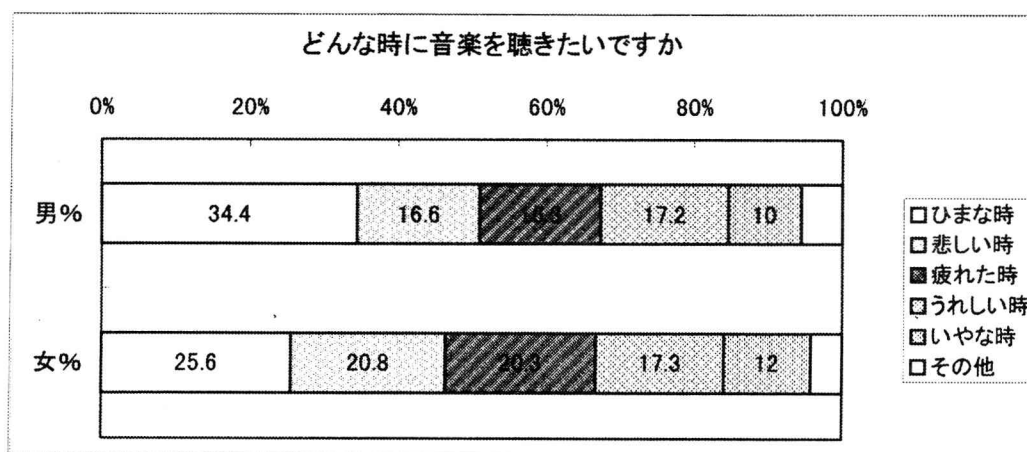


図14 どんな時に音楽を聴きたいですか

悲しい時・疲れた時・うれしい時・いやな時が男女を通して10～20%であるが暇な時に聴くが男女を通して約30%である。つまり若者は音楽を、じっくり耳を傾けて聴くというよりも、癒しやストレス解消のために、または手ごろな暇つぶしに聴いている。

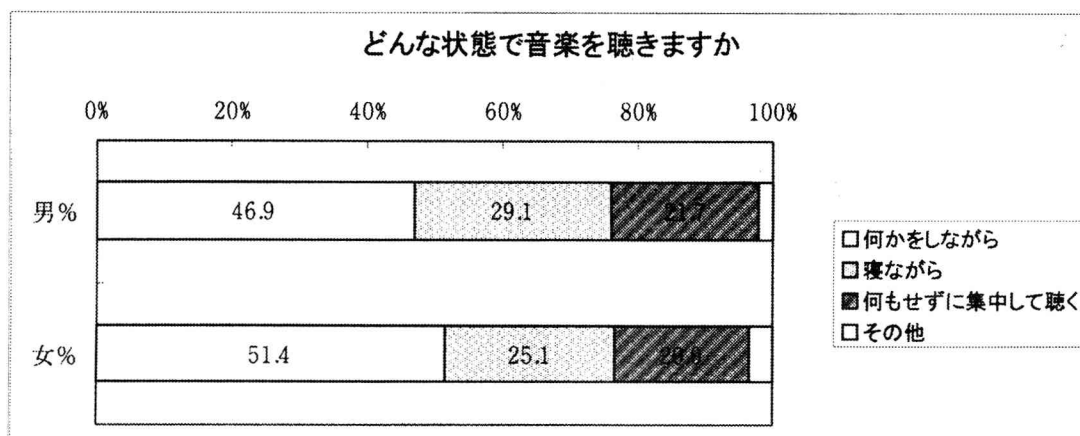


図15 どんな状態で音楽を聴きますか

何かをしながらまたは寝ながら聴くが、男女を通じて全体で約76%、何もせずに集中して聴くが男女を通じて約21%である。殆どの若者にとって、音楽は、何かをする時に、邪魔にならない程度のバックグラウンドミュージックとして聴いている。

3. 考 察

全11曲の楽曲スペクトル解析をみると、表1で分類した5つのグループに、それぞれに特有の傾向がある。すなわちⅠ．クラシック音楽には、楽曲全体に及ぶ明確な周期性がなく、 $1/f$ 的にゆらいでいる。Ⅱ．日本音楽では、Fスペクトルに明確な周期性が見られ、その周期は早過ぎもせず、遅すぎもしない手拍子や反復する踊りにちょうどよい速さのリズムとなっている。Ⅲ．現代の若者に好まれる楽曲の一つである現代音楽1(ダンス・ロック音楽)には、V、Fの両スペクトルに明瞭な周期性とその連続性が見られ、楽曲全体にわたってその効果が強調されている。またその周期は、日本音楽の時に比べ大変に速く、楽曲のリズミカルさが理解され、V、Fの同期または整数倍周期での共振効果により、一層これらの周期的な楽曲構造が強調されるため、現代の若者

に厚い支持がある(図1)。Ⅳ．現代音楽2(ポップス音楽)は、様々な音楽性をもった楽曲があるばかりでなく、一曲の中に多様な音楽性を内在する楽曲が数多く存在する。つまりこれらは、周期性を持ちながら、かつ多様であるため、現代の若者が、音楽を何かをしながら聴き、暇つぶしのために聴く音楽として、充分満たされる楽曲である(図1、14、15)。Ⅴ．現代音楽3も、同様に様々な音楽構造を合わせ持ったものと言えるが、その特徴は現代音楽2のものに比べると、予測のつかない不規則性をもつため、一般に余り好まれない。

以上の楽曲のもつ周期性を、スペクトルの $1/f$ ゆらぎ性質と楽曲ジャンル、若者の音楽嗜好との関係で考察すると、次のようになる(表2)。

表2 楽曲の周期性

周 期 性 (テンポ)	$1/f$ ゆらぎ	楽曲ジャンル	若者の音楽嗜好
非常に強い (速い)	$1/f^0$ 的傾向	Ⅲ．現代音楽 ジャズ音楽・ヒップホップ・ダンス・ユーロー・ ロック音楽	◎
やや強い (中庸～ ゆっくり)	時折 $1/f$	Ⅱ．民謡・演歌・アニメソング Ⅳ．現代音楽2 フォークソング・歌謡曲・映画音楽	×
	$1/f \sim 1/f^0$ 的	Ⅳ．現代音楽2 ポップス	○
やや弱い (中庸～ ゆっくり)	主に $1/f$	Ⅰ．19世紀までのクラシック音楽 イージー音楽・民族音楽 Ⅱ．童謡	○または△ △
弱い (突然に 変化する)	$1/f^2$ 的傾向	Ⅴ．現代音楽3 現代クラシック音楽・電子音楽	△または×

(若者の音楽嗜好：大好き◎・好き○・なんともいえない△・嫌い×)

結 び

現代の若者に関しては、主としてビートが連続的かつ規則的に効いた周期の速いダンス音楽を、また一曲中に様々な音楽性を持ちあわせたポップス音楽を好む傾向がみてとれる。音楽意識調査の結果も踏まえれば、これらの若者が嗜好する音楽には、彼らが何かをしながら聞くのに、また暇な時に聞くのに十分な楽しめる要素を持っているためであることが、明らかとなった。

つまり現代の若者は、音楽を受動的に聴くだけよりも、共に参加できる能動的な音楽を好むため、クラシック音楽や日本音楽よりも、周期性の強いダンス音楽やポップス音楽の方を好むといえる。

しかし神経生理学的見地からみても、そのような音楽を長時間大音量で聞き続けることや、 $1/f^0$ 的な騒音のあふれる現代の若者社会の中で生きていくことは、聴神経や心身に過大な負担をかけるばかりでなく、そ

の発達にも多大な弊害を及ぼすことは言うまでもない。それゆえ、今後どのような音楽構造をもった楽曲が、人間の脳や心に働きかけ、影響を及ぼしていくかについて、脳科学的な側面からも研究していくことが必要である。これはまた、来るべき21世紀の臨床音楽療法においてのみならず、健常者も含めた全ての人々が生涯健康で明るい生活を送るための指針としても、急務の課題である。

謝 辞

本稿で用いた音楽意識調査の集計に際して、中塚晴夫氏(宮城大学看護学部教授)と佐々木裕子氏(大崎栄養士会)から、多大な御指導と御協力をいただきましたことに、心から感謝いたします。

文 献

1) FFT法については、佐治順子「21世紀の音楽療法への提言(Ⅰ)―音楽の数理的構造を通して―」宮城大学看護学部紀要第1巻第1号、1998. pp. 34-39の第2章、および本稿資料2参照。

これまでの主な研究に、渡辺茂夫「1/f ゆらぎの新しい展開」音楽療法研究年報、1994がある。

2) これまでの主な研究に、谷口高士「音楽と感情―音楽の感情価と聴取者の感情的反応に関する認知心理学的研究―」、北大路書房、1998/Nagata, k.: Comprehensive Medicine based on Bio-psycho-socio-existential Medicine Comp. Med. 1:15-32, 1995がある。

3) 佐治順子「21世紀の音楽療法への提言(Ⅰ)―音楽の数理的構造を通して―」宮城大学看護学部紀要第1巻第1号、1998. pp. 34-39

4) G. A. Gargner, *Statistical Spectral Analysis: A Nonprobabilistic Theory, Chap. IX, Prentice Hall* Englewood Cliffs, 1988.

5) 今回用いた音楽の意識調査は、1998年10月～12月にかけて、宮城県と関東地区の大学生より回答を得た475枚に基づく。集計設問は、5項目(内2項目は自由回答)である(資料1で*印)。

6) IからVのグループの音楽的特性は、次の通りである。

Iは、1/f ゆらぎを内在する音楽であるが、(1)のクラシック音楽の方が(2)の自然音を取り入れた音楽よりも、心地よい規則性を内在している。IIは、一定の規則性のある音楽であるが、(3)の民謡や童謡の方が(4)の演歌・アニメソングよりも、規則性が穏かである。IIIは、規則性が旋律以上に強調されており、終曲までハイテンポで続けられる。IVは、規則性はあるが弱く、メロデックな旋律の方がより前面に出ている。Vは、電子音や種々の楽音を取り入れた音楽で規則性がなく、予期せぬ変化や衝撃の効果をもつ。

7) 楽曲jについては曲調が大きく変化するので、はじめから3分50秒間に限定し、また楽曲kについてははじめの2分50秒間について解析をした。

資料1. 音楽の意識調査

音楽の意識調査アンケート

これは音楽療法活動の一端で、広く音楽意識の実態を把握する為の研究資料とさせていただきます。プライバシーはかたく御守り致しますので、どうぞよろしくご協力をお願い致します。

下記の項目に○印を、または[] 内にご記入願います。(複数回答もOKです)

1. 性別: 男 ・ 女
2. 年代: 10代 ・ 20代 ・ 30代 ・ 40代 ・ 50代 ・
60代 ・ 70代 ・ 80代 ・ 90代
3. ご職業: 学生・公務員・医師・サービス業・農業・建設業・その他 []
4. 趣味は何ですか: []
5. よく読む新聞・雑誌は何ですか?
新聞: []
雑誌: 週刊誌・文芸誌・音楽誌・専門誌・その他 []
6. よく見るテレビ番組・よく聞くラジオ番組は何ですか?

テレビ、ラジオ番組：ドラマ・ニュース・コメディ・歌番組・政治経済番組・スポーツ番組・
トーク番組・その他 []

7. 音楽がお好きですか？： 大好き ・ 好き ・ ふつう ・ 嫌い ・ 大嫌い

大好き～ふつうと答えた方にお聞きします。

*①好きな曲種（ジャンル）は何ですか？（複数回答もOKです）

ポップス ・ クラシック ・ ロック ・ ジャズ ・ 演歌

歌謡曲 ・ 民謡 ・ 童謡 ・ 長唄 ・ 箏曲 ・ フォークソング ・ 雅楽

その他 []

②音楽に接する頻度は？

毎日（ 時間）・週1回（ 時間）・週3～4回（ 時間）・月1回・年数回

③どんな場所で音楽を聴きますか？

自宅・学校 ・ 職場・車中・歩行中・飲食店・喫茶店・デパート・カラオケ店

その他 []

④カラオケやコンサート等に行かれますか？： はい、いいえ

行かれる方は：カラオケ・ライブ・クラシックコンサート・その他（ ）

⑤ その頻度は？：よく行く ・ たまに行く ・ めったに行かない ・ 行ったことがない

*⑥好きな歌手・演奏家 ・ 演奏家グループがありましたら、お書き下さい。

[]

*⑦好きな曲名がありましたら、お書き下さい。

[]

8. 学校教育の「音楽」授業以外で、音楽活動または個人的に音楽の勉強をしたことが ありますか？

：ある ・ ない

①あると答えた方は、それは何ですか？

合唱 ・ 吹奏楽 ・ 声楽 ・ ピアノ ・ その他 []

② またいつ頃ですか： [才頃]、 期間：[約 年間]

* 9. どんな時に音楽を聴きたいですか？（複数回答もOKです）

疲れた時・うれしい時・悲しい時・ひまな時・いやな時・その他 []

*10. どんな状態で音楽を聴きますか？（複数回答もOKです）

何かをしながら・何もせずに集中して聴く・寝ながら ・その他 []

11. もし可能であるのなら、1日どのくらい音楽にふれていたいですか？

（なしでよい）・（ 分）・（ 時間 ）

12. ヘッドフォンステレオ（ウォークマン等）をお持ちですか？： はい ・ いいえ

はいと答えた方は、一日どのくらい使用しますか？（ 分）・（ 時間）

13. 今までに一番思い出に残っている音楽は、何ですか（曲目をお書き下さい）

[]

14. 御出身地、または幼少時代に過ごした場所はどこですか。

[]

県 市

15. 音楽療法について何かご意見、御感想がありましたら、お書き願います。

[]

ご協力ありがとうございました。御記入後は、音楽療法アンケートボックスに御入れ下さい。

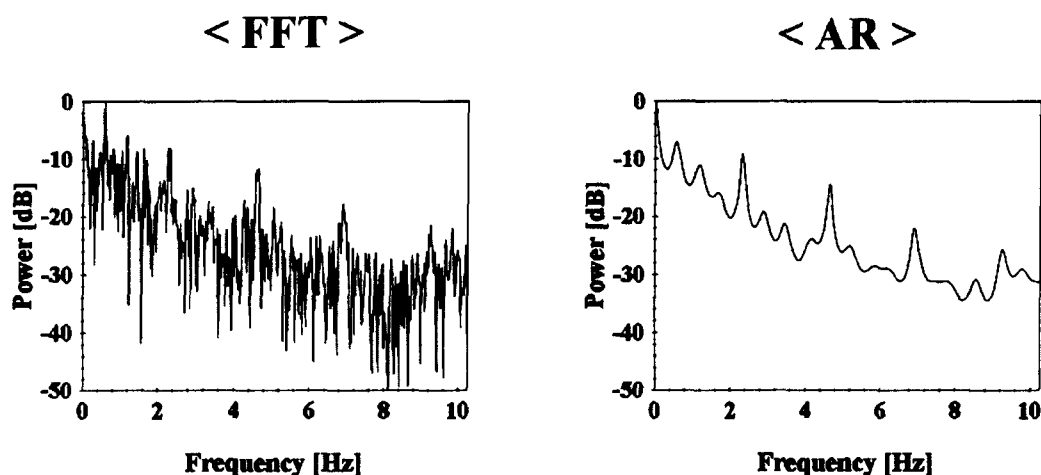
資料2. FFT法とAR法の比較

スペクトル解析は、通常、その演算時間の早さ、手 いわゆるFFT法を用いることが多い。しかしながら、軽さの面で時系列データから直接スペクトルを求める、FFT法では、そのピークが多すぎてそのうちのどれが

意味のあるものなのかを特定するのが難しいこと、また対数スケールで見ると、周波数の低い成分が誇張されて表現されるなどの問題点がある。

例えば、河村光陽作曲「船頭さん」（資料3のc）のはじめの50秒間における周波数ゆらぎ（Fスペクトル）の解析をFFT法とAR法を用いて行い、その結果を資料2－図に示す。尚、図中において、縦軸は規格化した対数スケールのパワースペクトルを横軸は周波数を表す。AR法のスペクトル図から、第1のピークが0.57Hz付近（基本周波数）に現れ、以降1.17、1.66、

2.31、2.89、3.46、4.16、4.63Hz、…と現れている。これは、基本周波数の2、3、4、5、6、7、8倍、…となっていることより、楽曲の規則性、及び非線形性に伴う高調波の影響を明確に見て取れる。一方で、FFT法のスペクトル図からは、そのスペクトルの変動が大きく、またピークの数が大変に多い。そのため、基本周波数に起因するピーク、第4、8、12高調波は明確に理解できるが、それ以外の高調波に関してはAR法に比べるとその理解が難しい。



資料2－図 楽曲c：「船頭さん」のFFT法とAR法によるFスペクトル

このように、AR法ではそのスペクトルがFFT法に比べて非常になめらかであるので、周波数空間における定性的解釈が容易となる。

資料3 スペクトル解析に用いた楽曲11曲（a～k）

I. クラシック音楽

- a. W. A. Mozart：「ピアノソナタK. 331 変ロ長調」よりI楽章
CD（POC-2624），演奏（アンドラシュ・シフ）
- b. J. S. Bach：「Fl. とCemb. のためのソナタ ロ短調」BWV 103よりAndante楽章
CD（POCA-2016）演奏：Fl（O. ニコレ）Cemb.（K. リヒター）Va. da gamb.（J. フィンク）

II. 日本音楽

- c. 河村光陽：「船頭さん」CD（COCF-13472），笛演奏：中川善雄
- d. 「斎太郎節」CD（CDCG-10440），唄：熊谷一夫 他

III. 現代音楽1.（ダンス・ロック音楽）

- e. Captain Jack：「SECRET AGENT」CD（CDL

-4951）

- f. Virginelle：「Hot Love & Emotion」CD（AV CD-11389）

IV. 現代音楽2（ポップス音楽；主にバラード調のもの）

- g. X-Japan：「Forever Love」CD（POCH-1674）
- h. 安室奈美恵：「Can you celebrate？」CD（AV DD-20167）
- i. Kiroro：「長い間」CD（VIDL-30161）

V. 現代音楽3（現代クラシック音楽・電子音楽）

- j. 武満徹：「テクスチュアズ」CD（VICC-23014）
演奏：若杉弘指揮 読売日本交響楽団
- k. Terry Oldfield：「Out of the Depths」（Ocean BlueシリーズNr. 1より）CD（OCD-16001）