

## 母音のFFTスペクトルを用いた体運動の構造解析システム

——体の緊張弛緩の波が発声に及ぼす影響——

川崎医療短期大学 一般教養

國末 浩・湯浅泰生

(平成6年9月30日受理)

A System for Human Body Movement Analysis  
Based on FFT Spectrum of Vowels:  
The Effect of Bodily Tidal Waves on Utterance

Hiroshi KUNISUE and Yasuo YUASA

*Division of General Education*

*Kawasaki College of Allied Health Professions*

*Kurashiki, 701-01, Japan*

*(Received on September 30, 1994)*

### 概 要

体運動の構造を解析するための手段の一つとして、母音のFFTスペクトルを利用するシステムを開発した。発声された母音をマイクロコンピュータにPCM録音し、そのデータの連続した一部分を抽出し、CRTに波形を表示した。波形の表示データを用いてFFT(高速フーリエ変換)の演算を行い、得られたスペクトルをCRTの同じ画面に表示した。必要に応じて画面はハードコピーで記録した。得られたFFTスペクトルを時系列表示するようにした。この結果を利用して、母音の発声に連動した体運動の周期的な特徴をとらえることが可能となれば、体運動の構造がより客観的に記述されるようになるであろう。時系列表示の一例として、各母音FFTスペクトルを日時系列で示した。

### Abstract

We have developed a system to analyze the mechanism of bodily tidal waves by FFT (Fast Fourier Transform) spectrum of vowels. We recorded vowel sounds by PCM mode onto a microcomputer and displayed some wave shapes on CRT screen. Using the wave data, we carried out the calculation of FFT and displayed the resultant FFT spectrum on the same CRT screen. Some FFT spectra of each vowel were displayed in time-series draw on CRT screen. The CRT screen was copied in case of need.

Because vowel sounds are liked to tidal wave in human body, if the use of the above results makes it possible to catch vowel's periodic feature, the mechanism of human body movement will be described more objectively. As an example of display

in time-series draw, we showed each vowels' FFT spectra in day-series draw.

## 1 緒 言

著者らは有意動作の中に現れる無為動作に着目して、体運動の構造<sup>1)</sup>を解明する研究<sup>2)~4)</sup>を続けている。今回は発声という有意動作の中に現れる無為動作に着目した。人間が言語音を発する場合に、音声器官として肺、気管、喉頭と咽頭、鼻孔と口腔があり、調音器官として喉、鼻、歯、唇、舌がある。肺は胸郭に付着しており、胸郭の底にある横隔膜を上下させて息を吸ったり吐いたりしている。息を吐く時は、横隔膜が上がって、肋骨が下がり、空気は大部分肺から押し出されて気管に入る。発音には普通、その流出肺気（呼気）を用い、声帯の緊張度を変えたり、声門の形と大きさを調節して色々な音源としている。喉頭を通して上がってきた呼気は咽頭、口腔、鼻腔を共鳴室にして音声を作り出している。咽頭の上にある口蓋垂や舌の後部を調節して、呼気を鼻腔へのみ抜けさせたり、鼻腔と口腔の両方へ抜けさせたり、口腔のみに抜けさせたりしている。鼻腔へのみ抜けると鼻音が出る。

口腔にある舌は能動的な調音器官であって、比較的自由に位置と形を変えることができるので、口腔の共鳴室の形を決めて、母音にそれぞれ固有の音色を与えている。母音とは肺からの呼気の流れを大きく妨害するものがなく調音されたものをいう。<sup>5)</sup>

野口<sup>6)</sup>によると、人間は周期的に、その運動状況に緊張傾向が濃く現れる時と、弛緩傾向が濃く現れるときがある。この現象を彼は「体の波」と定義し、緊張傾向の濃いときを高潮、弛緩傾向の濃いときを低潮とよんだ。ちなみに、女性の性周期において排卵の始まりは高潮の極みで起こり、生理の始まりは低潮の極みで起こるといわれている。同じような失敗でも、低潮時には「もう駄目だ」と思い、高潮時には「何くそ」と思うように、心の動きもその影響を受ける。又体勢にも関連があり、高低潮時には表1のような体癖現象<sup>6)</sup>が濃く現れるといわれている。ここで1種・2種を上下型、3種・4種を左右型、5種・6種を前後型、7種・8種を捻れ型、9種・10種を開閉型11・12種を過敏愚鈍型の体癖とよんでいる。

表1 体癖現象の分類

高潮時に濃く現れる現象	体癖	低潮時に濃く現れる現象	体癖
首の前屈傾向	1種	首の前屈傾向	2種
左右偏り	3種	左右偏り	4種
腰の前屈傾向	5種	腰の前屈傾向	6種
捻れ傾向	7種	捻れ傾向	8種
恥骨の突出がひどくなる	9種	腸骨が広がる	10種
筋肉の硬直が激しくなる	11種	筋肉の弛緩が激しくなる	12種

このように人間の体に緊張傾向と弛緩傾向が周期的に現れ、しかもそれが心の動きにまで影響を及ぼしているとすれば、音声器官として役割の大きい肺、横隔膜、声帯も表1で示したよ



うな体勢に現れる高低潮の周期的な動きと連動していると考えても妥当であろう。特に母音（あ、い、う、え、お）は口腔と舌で調音される発声しやすい音であり、意識されない体の波による変化が現れる可能性があるのではないかという理由からその発声に着目した。有意動作で体勢を決めて発声した音声を記録し、FFT（高速フーリエ変換）スペクトルを時系列表示し、その変動を分析して、体の波に対応する特徴を抽出することを目的としたシステムを開発した。

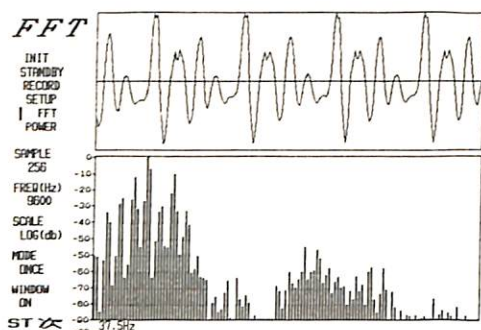
## 2 音声の取り込みとFFT及びデーターの記録

音声取り込み、FFT、データーの記録という一連の処理には富士通製マイクロコンピュータ FM-TOWNS を用いた。動作プログラムは BASIC で作成した。音声はマイクロフォンを用いて FM-TOWNS の MIC 端子から PCMREC 命令でメモリーに PCM 録音した。録音したデーターの一部分を連続サンプリングして表示データーとし CRT 画面に波形として描いた。この描かれた波形に FFT 演算を施し、FFT スペクトルを CRT の別の領域に対数表示か線型比率表示のいずれかで表示できるようにした。録音のサンプリング周波数と連続サンプリングデーターの個数で FFT スペクトルの基本周波数が定まる。例えば、前者が 9600Hz で後者が 256 個の場合、基本周波数は 37.5Hz となる。スペクトルは基本周波数を 1 として 0 倍振動から 128 倍振動まで表示した。0 倍振動は直流の成分を表している。CRT 画面をハードコピーし、変換データーは印字するとともにフロッピーディスクに保存して後の解析に用いることにした。表示データー数や表示スケール等は表 2 に示した数値や機能の何れか一つが選択できるようにし、解析に必要な測定環境が設定できるようにした。示表示スケールでは最大成分値を LOG 表示で 100db, LINEAR 表示で 1 となるように規格化した。

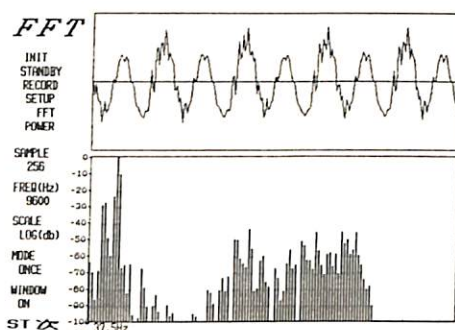
表 2 システムで選択可能な数値等

表示データー数	SAMPL	128, 256, 512, 1024
サンプリング周波数	FREQ (Hz)	4800, 9600, 19200
表示スケール	SCALE	LOG (db) , LINEAR
実行モード	MODE	AUTO, ONCE
ハミング窓	WINDOW	ON, OFF

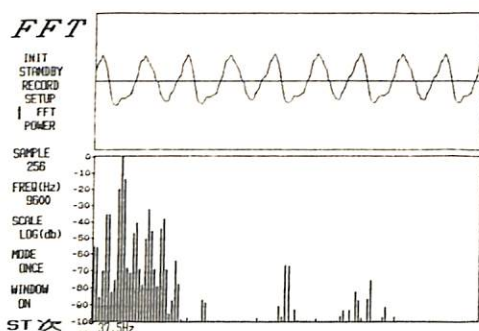
サンプリング周波数 9600Hz, 表示データー数 256 個, 表示スケール LOG, 実行モード ONCE, ハミング窓 ON に設定し、立姿体勢で発声した「あ」、「い」、「う」、「え」、「お」それぞれの表示結果を図 1 に示した。立姿体勢は下腹部に力もしくは気を集める緊張動作となるようにし、発声は始め「あ」から順に「お」まで行った。測定した日の時刻は午後 5 時から 7 時の間であった。一音のデーター記録までに要する時間はデーターの並べ変えに要する時間を含めて約 3 分であった。



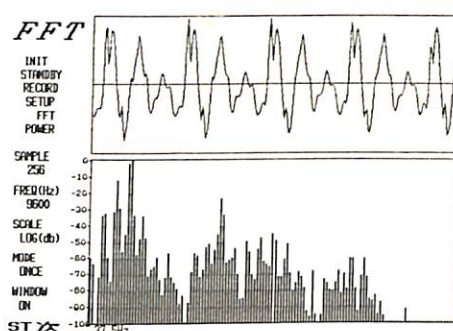
A) 「あ」の波形とFFTスペクトル



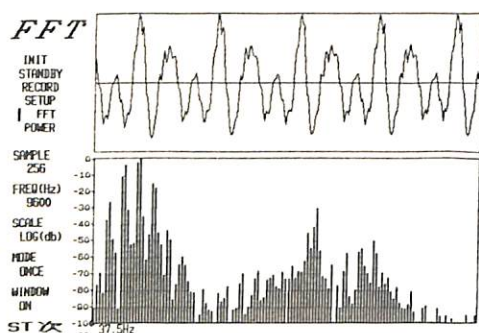
B) 「い」の波形とFFTスペクトル



C) 「う」の波形とFFTスペクトル



D) 「え」の波形とFFTスペクトル



E) 「お」の波形とFFTスペクトル

図1 各母音の波形とFFTスペクトル  
 SAMPL 256, FREQ (Hz) 9600, SCALE LOG  
 (db), MODE ONCE, WINDOW ON に設定し  
 て測定した。

### 3 解析システムの一例

デシベル単位のデータを時系列表示するために X 軸を倍振動数, Z 軸を振幅スペクトルとして  $Z = f(X, Y)$  の 3 次元関数グラフとして表現した。ディスプレイ上で 3 次元のグラフを描くことはできないので, ある平面を決めて, その面に投影されたグラフの波形を時系列表示するようにした。図 2 の原理図にしたがって投影される面は  $\theta$  と  $\phi$  の値を変えることで, 解析に適する平面が選べるようにした。

デシベル単位のデータで 60 デシベルを表す振幅スペクトルは最大値の 100 分の 1 となり, 波



形の形成に大きく影響する成分とは考えられないので、60デシベル未満の成分の日時系列変化を無視した。60デシベル未満の成分をすべて60デシベルとして均一化した。Y軸を日にとり、60デシベル以上を現す成分の日時系列を山脈形に表示したものが図3である。測定データのない日はX軸に平行な直線で示されている。

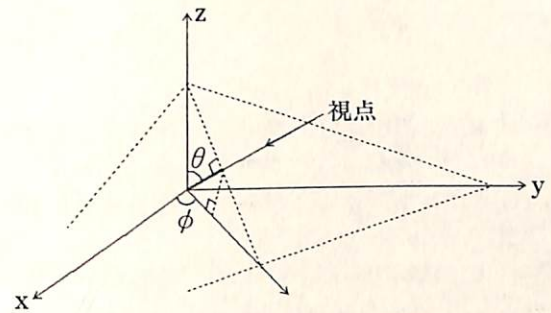


図2 投影平面決定の原理

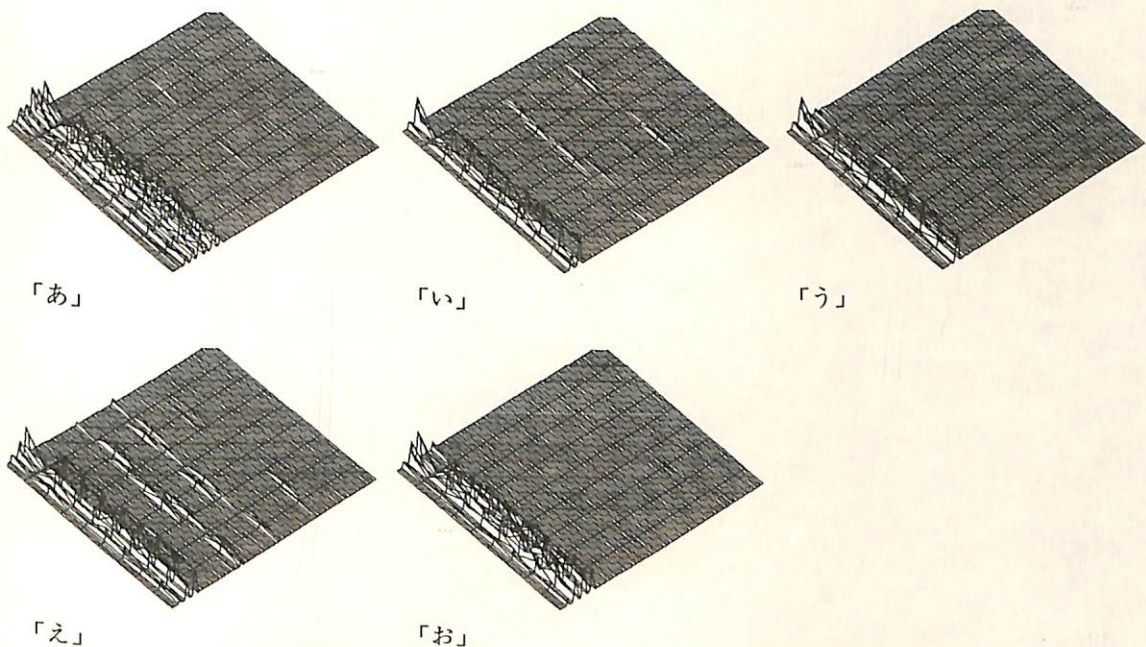


図3 各母音の日時系列表示

( $\theta = 40^\circ$ ,  $\phi = 50^\circ$ で定まる平面への投影で、Y軸を日、X軸を) (倍振動にとり、Z軸に60デシベル以上の振幅スペクトルを表している。)

#### 4 結 語

今回報告した解析システムは、体運動を解析するための一つの方法として先に報告した体量配分計による方法<sup>2)~4)</sup>等と同様に、有為動作の中に現れる無為動作を抽出し解析して体癖を推定する方法の一手段でもある。今後、このシステムにより得られたFFTスペクトルと体量配分計に現れる配分パターンとの相関関係を求めて体癖をより客観的にとらえる方法を検討したい。また、女性の性周期による体の変化とFFTスペクトルの時系列変化に現れる特徴を関連づける研究をして、性周期による体の波についても解明したい。

## 参 考 論 文

- 1) 野口晴哉:「体運動の構造 1, 2」, 株式会社全生 (1974)
- 2) 國末浩, 高田和郎, 吉井致:「体量配分と運動焦点の解析 (その 1)」, 川崎医学会誌一般教養篇 No. 11, p43~p53 (1985)
- 3) 國末浩, 高田和郎, 吉井致:「体量配分と運動焦点の解析 (その 2)」, 川崎医学会誌一般教養篇 No. 12, p29~p39 (1986)
- 4) 國末浩, 高田和郎, 吉井致:「体量配分と運動焦点の解析 (その 3)」, 川崎医学会誌一般教養篇 No. 13, p69~p80 (1987)
- 5) 丸谷満男, 高尾典史, 石馬祖俊:「言語の科学」, 晃洋書房 (1994)
- 6) 野口晴哉:「体癖 上」, 株式会社全生 (1974)