

ソフトウェアを用いた簡便な信号音の制作と評価

藤井 厚紀 平田 仁 田内 雅規

要旨 視覚障害歩行者の道路横断を支援する音響信号機等、保健福祉領域における音響信号や音声情報の使用が盛んになってきている。最近、このような目的に有効で安価な音響測定用ソフトウェア (SpectraFoo) が登場し、従来の音制作に膨大な労力と時間を要した問題を解決できる可能性が見えてきた。本研究ではこのソフトウェアを用いて、音響信号の制作を行い、その音量、周波数、位相及びそれらの時間経過に伴う調節の自在性等の機能を評価した。その結果、このソフトウェアによって簡便に複雑な音響信号を制作でき、また、生成された音の質は他のツールで生成されたそれよりも高いことが確認され、新しい音響信号制作ツールとして十分期待できると考えられた。

キーワード：音響信号、福祉工学、情報、音響信号機、ソフトウェア

1. 緒言

音を介する情報はわれわれの日常生活に欠かせない要素のひとつである。音の種類には音声や音響信号音、楽器音と様々あり、これらは単に情報伝達のためだけでなく方向定位や注意喚起など我々にとって非常に重要な役割を持っている¹⁾。このような音が持つ機能性を向上させることは広範囲な分野で望まれており、音の構成要素である音量 (音圧) や音程 (周波数)、音色 (音圧・周波数の時間変化) に様々な工夫を施す試みがなされている²⁾。

音声や音響信号は高齢者や障害者を対象とした保健福祉分野においても利用されている。それらの中でも、視覚障害歩行者を対象とする音響信号機 (Audible Traffic Signals; ATS) や建物や入り口の所在を示す誘導鈴などは視覚障害者の生活上必須であり、非常に重要な役割を担っていると云えるであろう。

ATSはわが国では「カッコー」や「ピヨ」といった擬音の信号音を吹鳴させ、歩行者用信号灯の青 (渡れ) の状態を知らせることで視覚障害歩行者の横断を支援する。しかしながら、現行のATSでは視覚障害歩行者の横断歩道からの逸脱などの様々な問題点があり³⁾、視覚障害者利用者のナビゲーションを支援するようなATSの改善が強く望まれている。そのために、横断歩道の両端に設置したスピーカか

らそれぞれの音響信号が独立に聞こえるように時間差をつけて吹鳴させる「鳴き交わし方式」のATSが開発されたが、それでも横断歩道からの逸脱の問題は完全に解決されていない⁴⁾。そのためわれわれはATSの信号音に着目し、正確なナビゲーションを促進する要素 (注意喚起性や音源定位能、耐騒音性など) について満足できる音を模索している。しかし、それには波形生成、音量調整、周波数調整および混合 (ミキシング) などといった複雑なプロセスを伴うため、困難が大きく、高度な技術と膨大な時間を要するなどの問題があった。

このような状況の中、最近の著しく発達したソフトウェア技術により、従来の問題を解決できる可能性のあるソフトウェア (SpectraFoo) が開発された。SpectraFooはAnalyzerとSignal Generatorからなる複合ソフトウェアである。Signal Generator部では希望の音量や周波数とその時間変化に関するパラメータを入力することで任意の音響信号を容易に生成することが可能であるとされている^{5,6)}。本ソフトウェアで簡便に複雑な音響信号を制作でき、かつそれが音響的に制作意図が忠実に反映されている事が明らかにできれば、今後の信号音制作に非常に期待が持てると思われる。

本研究では、本ソフトウェアが持つ機能の確認と評価を行うことを目的とし、Signal Generatorによ

り各種の音響信号を制作し、Analyzerによって解析を行った結果、簡便かつ高品質な音響信号の生成が確認されたので報告する。

2. 実験方法

1) システム構成

信号音の制作・解析のためにハードウェアはMacintosh PowerBook G3 300 (MacOS Ver.9.2.2)を用いた。また、ソフトウェアはSpectraFoo Complete (MetricHalo社、以下：SpectraFoo)を用いた。

2) 信号音の制作

信号音の制作にはSpectraFoo Signal Generator (以下：Signal Generator)を用いた。Signal Generatorは、音響測定のための信号源生成を目的としたツールである。Signal Generatorのコントロールウィンドウ内で1つの音の制作に必要な音圧レベル、周波数、位相などのパラメータを任意に設定できる。また、信号の持続時間 (Duration) や信号の発生前後の遅延 (Delay) を設けることも可能である。持続時間の間で音圧レベルと周波数を線形あるいは対数的に変化させることもできる。更に音は最大9つ生成することが可能であり、これらをミキシングすることができる。音の再生はデジタル的に行うため、サンプリングレートと量子化のためのビット数を設定する必要がある。本研究ではそれぞれ44.1kHz、16bitに設定し、CDで再生される音質と同等にした。なお、音の再生にはTannoy社製のスピーカ (型名：CPA 5、周波数特性：80Hz～22kHz)を用いた。本研究で作成された信号音は全てSignal Generator付属の再生機能によって耳で確認した後、音響解析を行った。

3) 信号音の解析

信号音の解析にはSpectraFoo Analyzer (以下：Analyzer)を用いた。Analyzerには波形を観測するためのOscilloscope、音圧レベルを測定するためのLevelmeter、周波数スペクトルを測定するためのSpectragraph、信号の位相差を見るためのPhaseTorchなどのモジュールが備わっている。ソフトウェアのすべてのモジュールはPCのCPUに極力負荷がかからないよう設計されており、これによって信号音の実時間解析を可能としている。Spectragraphでは高速フーリエ変換 (FFT) により

スペクトルを最高84回/sec求めることができる。本研究ではFFTの窓関数に「ハニング窓」を用いて、FFT実行時に生ずる高調波成分の歪をできるだけ排除した。各モジュールには軸幅の変更や、画面上におけるピーク値の保持機能 (PeakHold) などのオプションが備わっており、本研究では、これらのモジュールを解析の目的に応じて使い分けた。

3. 結果と考察

1) 単純な信号音の制作と解析

Signal GeneratorとAnalyzerの機能性を確認するために、音圧レベルが0dB、周波数が2349Hz、位相0度、持続時間が210msecである純音 (これを基準音とする) と、基準音の周波数を21kHzに変えた純音をSignal Generatorにより制作した。

両信号音についてスペクトル解析した結果を図1に示す。利用したモジュールはSpectragraphであり、横軸は周波数[Hz]、縦軸は音圧レベル[dB]を示している。結果から、スペクトルは基本周波数を中心として末広がりに表示されていることが確認できるがこれはFFT処理時に生じた高調波成分 (サイドローブ) であると考えられる。この部分を省くと両信号音の周波数成分がよく検出できていることが分かる。基準音について、スペクトルのピーク値の測定誤差はおおよそ0.04%程度と生成、解析ともに高精度であることが確認できた。

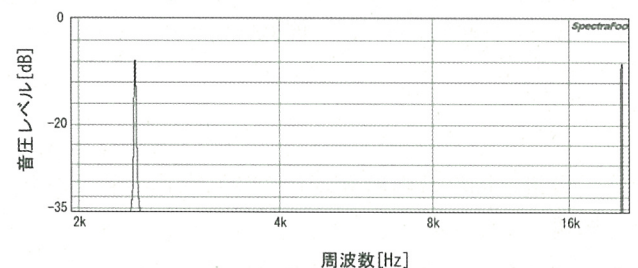


図1 純音の周波数スペクトル解析結果

横軸は周波数[Hz]、縦軸は音圧レベル[dB]を示しており、左側のピークが2349Hz、右側のピークが21kHzの場合の周波数成分である。

以上から、音の生成と解析がソフトウェア的に問題なく実現できていることが確認できたが、21kHzの純音については可聴範囲外であり、再生に用いたスピーカの周波数特性の上限に近いことから、再生してもこの音を聴くことはできなかった。

次に基準音の位相を0度から30度、70度と変化させて生成した。それぞれの信号音について位相解析を行った結果を図2に示す。位相の解析にはPhaseTorchを用いた。図は極座標形式で中心から周辺に向けては信号音の周波数を示しており、角度は2チャンネル間の信号音の位相差を示している。今回はチャンネル1に基準音（位相0度）を入力し、チャンネル2では位相をそれぞれ変化させた信号音を入力した。得られた結果から、それぞれ角度を測定したところ、誤差の平均はおよそ4.1%であった。これらのことから信号音の位相についても意図どおりに忠実に生成されていることが確認できた。

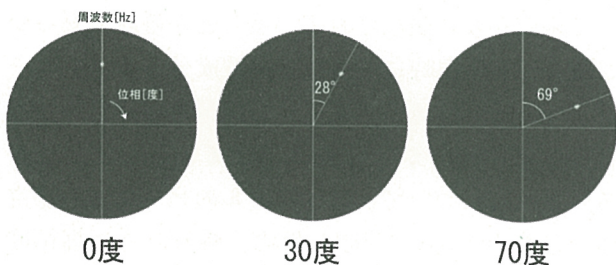


図2 位相が異なる純音の位相解析結果

図は極座標形式で中心から周辺は信号音の周波数を示しており、角度は2チャンネル間の信号音の位相差を示している。

2) 音量と周波数の時間変化を伴った信号音の制作と解析

Signal Generatorは信号音に音圧レベルと周波数の時間変化を施すことができる。この機能を確認するため、ATSの音響信号に用いられている「ピヨ」音（以下：現行音）⁹⁾の仕様に基づいて制作した。現行音は持続時間210msecの間で音圧レベルが0dBから-16dB、周波数が2349Hzから1362Hzへ線形に変化するものである。つまり、純音である基準音に対してその音量、周波数に時間変化をつけ加えると現行「ピヨ」音の擬音の音響信号となる。

制作された音響信号は再生して確認した後、Spectragraphを用いて解析した。図3にその結果を示す。図の横軸は周波数[Hz]、縦軸は音圧レベル[dB]を示している。また、PeakHoldプロットすることで周波数と音圧レベルの時間変化を見た。図中の矢印の範囲は音の持続時間（210ms）を表す。結果から、立ち上がり立ち下がり時に勾配を形成しているのが見られるが、これは先ほど述べたようにFFTによって生じたサイドローブであると考えられる。この部分を省いたピーク値の変化を見るとほぼ線形であることが分かる。このことは音量、周波数についての時間変化が実現できていることを示している。以上から、ATSの音響信号がSignal Generatorによって正確に制作できることが分かった。

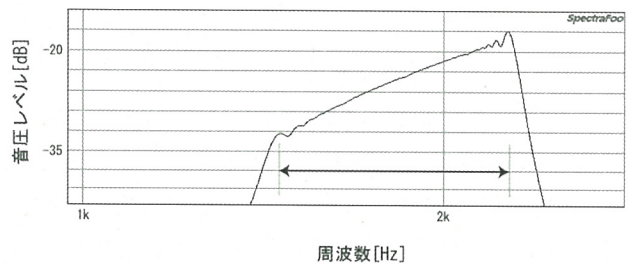


図3 音量と周波数の時間変化を伴った信号音のスペクトル解析結果

横軸は周波数[Hz]、縦軸は音圧レベル[dB]を示している。図中の矢印の範囲は音の持続時間（210ms）を表す。

3) いくつかの周波数成分がミキシングされた信号音の制作と解析

本ソフトウェアのSignal Generatorが持つ重要な機能の一つにミキシングがある。この機能について確認するため、先行研究で制作された新しい「ピヨ」音（以下：新音）⁹⁾をSignal Generatorで新たに制作した。新音は現行音を基準としてそれよりも1オクターブ高い音（周波数では2倍）、2オクターブ高い音（周波数では4倍）、半オクターブ低い音（周波数では $1/\sqrt{2}$ ）、1オクターブ低い音（周波数では $1/2$ ）で構成され、それらは現行音の $1/3$ の音量でミキシングされた音である。このような複雑な音を従来ではMotu社製のDigital Performerを用いて制作を行っていた。しかし、Digital Performerには波形生成の機能はなく、原音を別に用意してミキシングを行っ

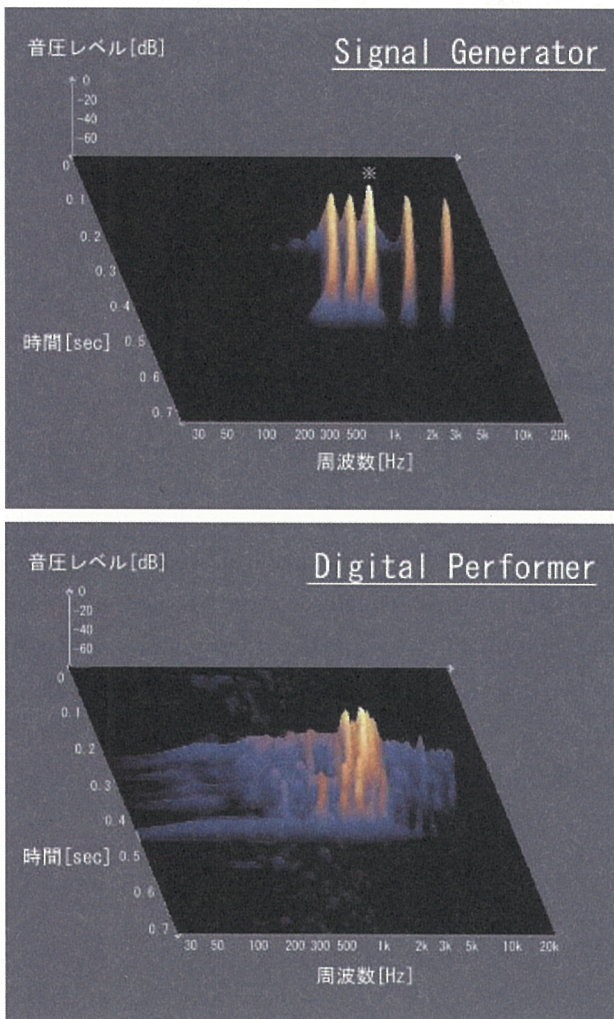


図4 周波数成分がミキシングされた信号音のスペクトル解析結果

横軸は周波数[Hz]、縦軸は時間[msec]、Z軸は音圧レベル[dB]を示してある。図中上段がSignal Generatorで制作された音、下段がDigital Performerで制作された音である。音圧レベルの値は高さで示しており、黄色に近づくほど値が大きいことを示す。

ている。Signal Generatorでは1回の手順のみで全てが実現できる。そこで、Signal Generatorで制作された新音がどの程度の品質(S/N比など)を持っているかを調べるため、Digital Performerで制作された新音と比較評価を行った。

比較はソフトウェア(DIGITAL Mephisto、Excula社)を用いてスペクトログラムを立体表示した。図4にその結果を示す。横軸は周波数[Hz]、縦軸は時間[msec]、Z軸は音圧レベル[dB]を示す。結果をみると、Signal Generatorで制作された新音は図中の

※印で示したスペクトル成分を基準として両側に付加された周波数成分が明瞭に確認できる。一方、Digital Performerで制作された新音ではこれらの成分をはっきり確認することができない。また、後者においては付加された周波数帯以外においても成分が見受けられる。これは、制作プロセスにおけるデジタルノイズ(量子化雑音)によるものであると考えられる。

これらのことからSignal Generatorによって簡便に複雑な音響信号を制作でき、生成された音の質はDigital Performerで制作されたそれよりも極めて高いことが分かった。

謝辞

本研究で使用したソフトウェアに関してご助言を頂いた岡田淳二氏に深く感謝の意を表します。

文献

- 1) 城戸健一編(1990)基礎音響工学, コロナ社.
- 2) 伊福部達著(1997)音の福祉工学, コロナ社.
- 3) 田内雅規, 澤井元, 高戸仁郎, 増田勝義, 吉浦敬, 竹内浩平(1997)「鳴き交わし方式」音響式信号機のナビゲーション機能の評価, 第23回感覚代行シンポジウム発表論文集, 51-56.
- 4) 甲斐琢磨, 高見涼太郎, 鈴木伸一, 田内雅規(2000)視覚障害者における鳴き交わし式音響信号機利用時の道路横断と歩行解析, 第26回感覚代行シンポジウム発表論文集, 147-154.
- 5) Metric Halo Laboratories(1998)SpectraFoo Operations Guide.
- 6) Metric Halo Laboratories(1998)SpectraFoo Radical 3 Release Notes.
- 7) 社団法人新交通管理システム協会(2002)交通信号付加装置A1 2形インタフェース規格.
- 8) 平田仁, 荒谷望美, 田内雅規(2003)音響信号機の音源定位性向上を目的に作成した新音と現行信号音の比較, 第12回視覚障害リハビリテーション研究発表大会論文集, 95-98.

Evaluation of audio signals created by a PC software feasible for simple signal generation

ATSUNORI FUJII, JIN HIRATA, MASAKI TAUCHI

*Department of Welfare System and Health Science, Okayama Prefectural University,
111 Kuboki, Soja-shi, Okayama 719-1197, JAPAN*

Key words : sound signal, assistive technology, information, Audible Traffic Signals, software

Summary

The use of acoustic signal and speech sound is growing in the health and welfare field such as audible traffic signals (ATS) for people with vision impairments. Recently, an inexpensive PC software (SpectraFoo) for sound creation is becoming increasingly popular. This high-resolution and multi-tone, sweepable software is likely to solve the existing problems of presently available audio sound creation methods that is time-consuming and complex in procedure. In order to evaluate the functions of SpectraFoo, we created some sound signals and analyzed them in terms of pitch, phase and time course respectively. As a result, it was found that this software is highly useful to create complicated audio signals more easily and precisely than those obtained before.