

仮想共鳴管形成による音響の音色変換

4M-5

澤田 秀之 橋本 周司

早稲田大学 理工学部

1. はじめに

これまで、音響の合成には様々な手法が提案され、実用化されてきた。FM音源はその代表的なものであるが、最近の計算機パワーの向上にともない、サンプリング法、グラニューラシネシス、物理モデルといった、ソフトウェアによるアルゴリズム的な合成法も実用化されている^{[2]-[3]}。これらの手法によって多種多様な音響が合成可能となっている一方で、合成のためのパラメータの扱いの煩雑さや、波形計算時間に起因するレスポンスの悪さなどの問題点も見られる。そこで、誰でもできるジェスチャーから音響情報を生成できれば、音響合成の際のパラメータ操作の煩雑さや楽器操作の技術的な問題などを回避して、感性豊かな音響の生成や楽音演奏が可能になると思われる^{[4],[5]}。

音響の生成においては、おもに基本周波数と包絡パラメータの構成が大きな意味を持っている^{[6],[7]}。人間の発声機構を例にとると、声帯振動による音源の生成と、声道内共鳴による包絡情報の付加という2つの働きによって音声が生産される。ここでは、包絡情報をデータグローブによって変化させることが可能な音色変換システムについて報告する。

2. システム構成

データグローブを用いた仮想共鳴管形成による音色変換システムの構成を、図1に示す。データグローブユニット、マイクロフォン、MIDI音源、エフェクタ、スピーカ、パーソナルコンピュータから構成され、実時間処理を実現している。マイクから取り込まれる音、あるいはMIDIによって生成される音響が、A/Dボードを通して10kHzで計算機に取り込まれる。一方、仮想共鳴管の形状は、両手形状によって決定される。つまりデータグローブによって両手指の第一、第二関節の曲げ角を計測することにより、共鳴管の入力端から出力端までの10点における断面積を与える。ここでは、手形状データの計測は100Hzでおこなっている。入力音響は仮想共鳴管内で共鳴演算を施され、D/A出力される。

スピーカへの出力前にはエフェクタを通しており、手形状によって残響、位相変調、遅延などの効果を加えることが可能である。仮想共鳴管形成とエフェクトパラメータ出力のモード切り替えは、特定のジェスチャーによっておこなう。あらかじめ、手

を握る、親指を立てるなどのジェスチャーを指定しておき、このジェスチャーが入力されたときにモードの切り替えがおこなわれる。

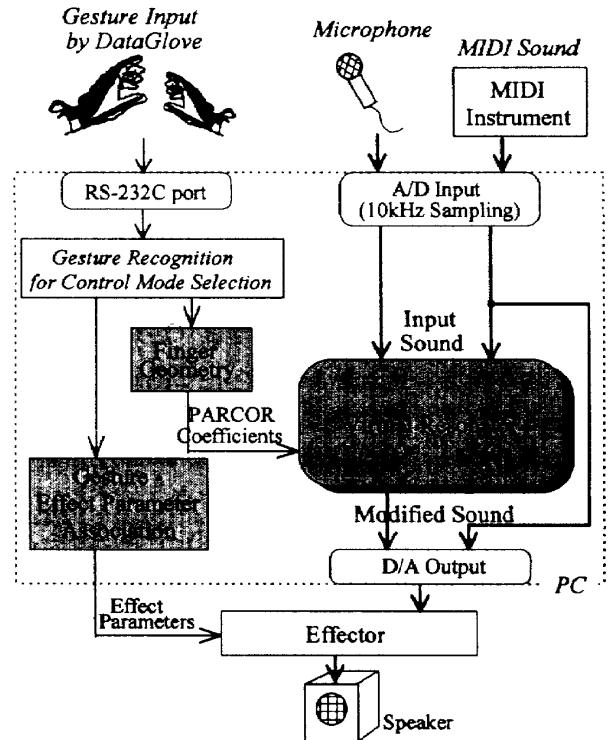


図1 ジェスチャーによる音色変換システム

3. 仮想共鳴管の構成と音色変換演算

仮想共鳴管は、10次のPARCOR合成フィルタによって実現されている。各関節の曲げ角は0~90[degree]で得られ、第一関節と第二関節の曲げ角の和を各指の曲げ角とする。これらから仮想共鳴管の断面積 S_n ($n=1\sim 10$)への変換をおこなっている。ここでは、完全に指が伸びた状態(0[degree])の断面積をa、完全に曲げた状態(180[degree])でbとし、その間は、曲げ角に応じて線形的に対応付けることによって求めている。断面積 S_n は、式(1)に従ってPARCOR係数 k_n に等価的に変換される。

$$k_n = \frac{S_{n-1} - S_n}{S_{n-1} + S_n} \quad (n=1, 2, \dots, 10) \quad (1)$$

PARCOR係数 k_n を用い、式(2),(3)の再帰計算によってPARCOR合成が実現される。

$$A_m(D) = A_{m+1}(D) + k_{m+1}B_m(D) \quad (2)$$

$$B_{m+1}(D) = D(B_m(D) - k_{m+1}A_m(D))$$

$$\begin{aligned} A_0(D) &= 1 \\ B_0(D) &= D^l \end{aligned} \quad (m=1, 2, \dots, 10) \quad (3)$$

ここで、 $A_m(D)$ 、 $B_m(D)$ はそれぞれ、前向きおよび後向き予測誤差演算子、 D は遅延演算子で、

$$D^i x_t = x_{t-i} \quad (4)$$

である。図2に仮想共鳴管に基づいた PARCOR 合成器の構成を示す。手形状の変化にともなう PARCOR 係数 k_n が 100Hz で更新されることにより、入力部から 10kHz で取り込まれる音響が共鳴作用を与えられて、スピーカーから実時間で出力される。100Hz という更新サイクルは人間の指の動作速度に比べると充分速いので、共鳴特性の変化は滑らかであるといつてよい。

入力には、楽器音、自然音、人間の音声など様々な音響を入力可能である。従来のアコースティック楽器では、その物理的な構造により生成される音の音色は決まる。つまり、生成される音響は楽器固有の音色を持っており、演奏者は呼気流や振動弦の長さを変化させることによってその基本周波数を作りだし、楽音演奏に用いる。本システムでは、共鳴管で共鳴させることによって作り出すことのできる共鳴効果を、仮想共鳴管の断面積をあらゆる簡単なハンドジェスチャーのみでダイナミカルに作り出すことが可能である。

本システムによって生成された音響出力の例を、図3に示す。入力には、人工声帯音を用いた。図3(b)に出力音の波形を、同図(c)に出力音の LPC ケプストラムによるスペクトル包絡を示す。(b),(c)中の出力1と2は、それぞれ図3(a)中の PARCOR 係数1と2により合成されたものである。

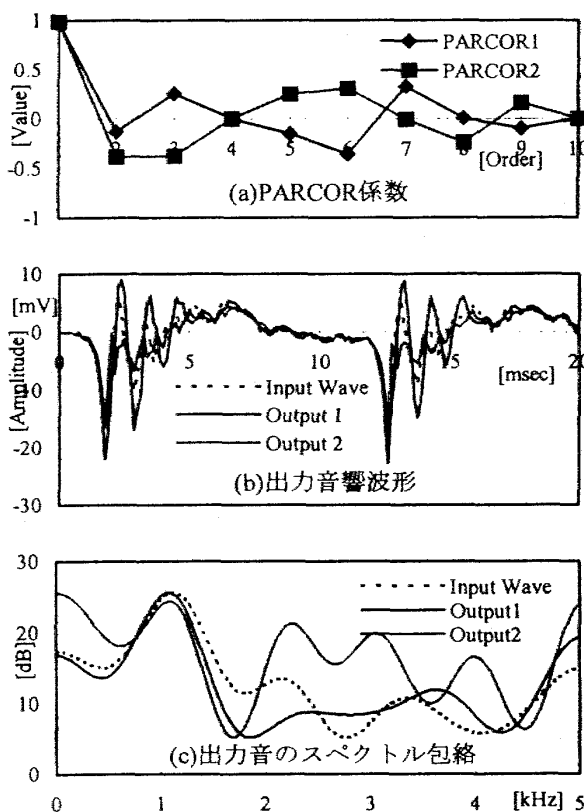


図3 PARCOR 係数と出力音響の例

6. むすび

計算機音楽、音響生成の分野においては、マン・マシンインタフェースを充実させることが非常に重要な課題となっている。ここではジェスチャーを用いた音響の音色変換システムについて報告した。音響合成に対する専門的な知識を必要とせず、共鳴管の形状を両手で指示するだけで音色の変換をおこなうことが出来ることが本システムの特徴である。

参考文献

[1] 大照完、橋本周司「仮想音楽空間」、電子情報通信学会編、オーム社、1995
 [2] J.O.Smith III, "Viewpoints on the History of Digital Synthesis", Proc. ICMC, pp.1-10, 1991
 [3] J.O.Smith III, "Physical Modeling Synthesis Update", Computer Music Journal, pp. 44-56, Summer, 1996
 [4] 澤田秀之、橋本周司「加速度センサを用いたジェスチャー認識と音楽制御への応用」、電子情報通信学会論文誌 A, Vol.J79-A, No.2, pp452-459, 1996
 [5] H.Morita, S.Hashimoto and S.Ohteru, "Computer Music System that Follows A Human Conductor", IEEE Computer, Vol.24, No.7, pp.45-53, 1991
 [6] J.L.Flanagan, "Speech Analysis Synthesis and Perception", Springer-Verlag, 1972
 [7] H.Sawada and S.Hashimoto "Adaptive Control of a Vocal Chord and Vocal Tract for Computerized Mechanical Singing Instruments", Proc. ICMC, pp.444-447, 1996

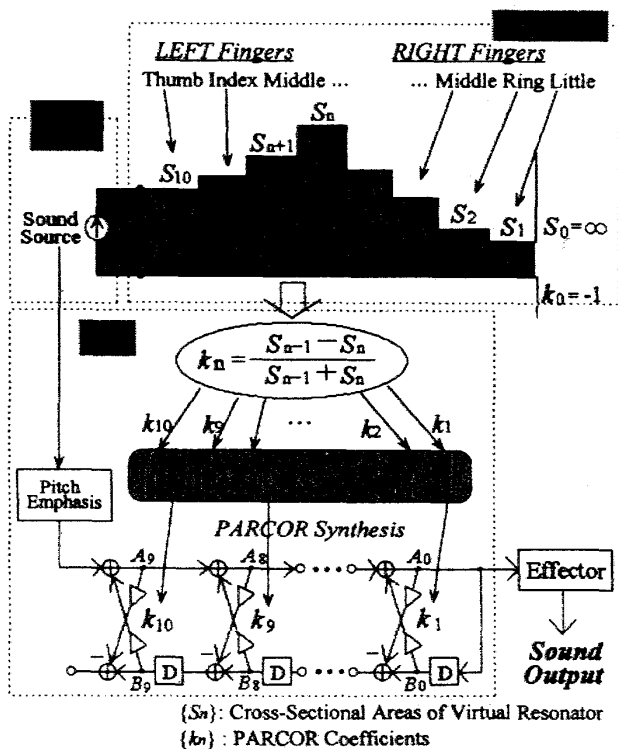


図2 仮想共鳴管と PARCOR 合成器