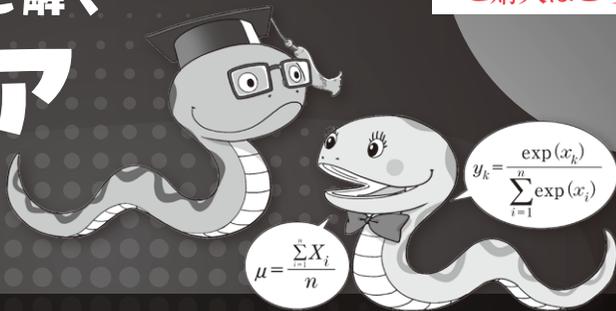


# エンジニア 数学

ご購入はこちら



## 第3回 音の信号処理 (3) ... リアルタイムで音の高さを変えられるリング・バッファ

川村 新

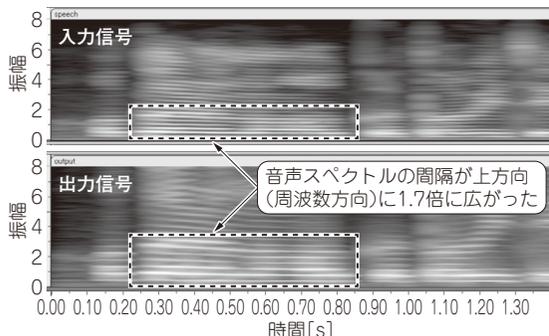


図1 リング・バッファへの入力信号と出力信号(再生時間を変えずに音の高さを変えた)

本連載では、よく使用される技術や、専門外だとあまりふれない技術の数学を、対応するプログラムとともに解説していきます。(編集部)

### ● リング・バッファとは? ...再生時間を変えずリアルタイムで音の高さを変えられる

音声を2倍速で早回し再生すると、声は2倍の高さ(高い声)になり、再生時間は半分になります。逆に、音声を1/2倍速でスロー再生すると、声は1/2倍の高さ(低い声)になり、再生時間は2倍になります。このように再生速度を変えると、声の高さと再生時間の両方が変化します。ところが、リング・バッファと呼ばれるしくみを使えば、再生時間を変えずに早回し再生やスロー再生のような声を作ることができます(図1)。リング・バッファによる声の高さの変更は、実現が簡単で、かつリアルタイム処理に適した技術です。

### ● 原理の数式

声帯振動を伴う音声(有声音と呼ぶ)は、30ms程度の短時間で観測すると、ほぼ周期信号とみなすことができます[図2(a)]。

図2(b)は2倍速の早回し再生を2回繰り返して、音声の長さをそろえています。このとき、声の高さ(周波数)は2倍になります。図2(c)では、1/2倍速のスロー再生で原音声を半分だけ再生しています。このとき、声の高さは1/2倍になります。この処理を実現する簡単な方法がリング・バッファです。時刻 $n$ の入力信号を $x(n)$ 、出力信号を $y(n)$ として、 $x(n)$ を長さ $N$ のバッファに順番に格納します。バッファは音声の値を記憶しておく箱です。図3に $N=8$ のバッファを示します。バッファを表す配列を $B$ とし、 $B[k]$ をこの配列の $k$ 番目の要素とします。バッファが満杯になれば、順次上書きします。式で書くと次式となります。

$$B[k] = x(n) \dots \dots \dots (1)$$

$$k = n \% N \dots \dots \dots (2)$$

ここで、「%」は割り算の余りを返すモジュロ演算です。バッファの最後尾と先頭がつながっているので、リング・バッファと呼ばれます(図3)。

### ▶ 正弦波で考えてみる

図3のリング・バッファにおいて、入力信号が周期8の正弦波[式(3)]である場合を考えてみましょう。

$$x(n) = \sin(2\pi n/8) \dots \dots \dots (3)$$

このとき、式(1)、(2)から、 $n \geq 8$ において、 $B[0]$ 、 $B[1]$ 、 $\dots$ 、 $B[7]$ に格納されている値は全く変化しません。そこで、リング・バッファに格納されている値を1つ飛ばしで出力してみます。出力信号を $y(n)$ とすれば、式(3)右辺の時刻 $n$ を $2n$ に変更して、

$$y(n) = \sin(2\pi(2n)/8) = \sin(2\pi n/4) \dots \dots \dots (4)$$

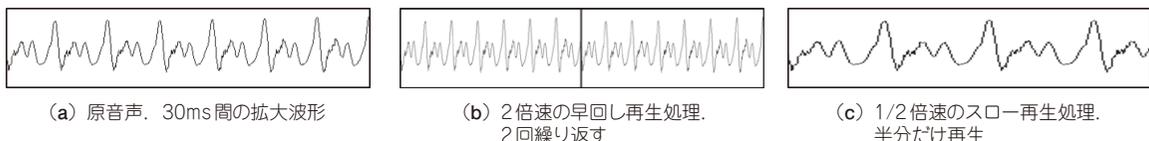


図2 音声の拡大波形と倍速処理の原理 [(a) → (b) → (c)]