

会話検測のフィルター特性について

1. はじめに

気象庁の会話検測におけるフィルターのアルゴリズムは、斉藤正徳：漸化式デジタル・フィルターの自動設計（物理探鉱、31, 240-263, 1978）に依っている。会話検測のシステムにデフォルトで搭載されているフィルターは、2Hz ハイパスフィルター、1Hz ハイパスフィルター、2-10Hz バンドパスフィルター、1-10Hz バンドパスフィルター、10Hz ローパスフィルター、5Hz ローパスフィルターである。それ以外に、加速度データを変位データに変換するフィルターも存在するが、ここでは、これについては述べない。

本稿では、会話検測時にフィルターを通した波形を検測するにあたり、現用のフィルターの特性を紹介する。

2. フィルター

漸化式デジタルフィルターは、離散化された入力データ x_t ($t=0,1,2,\dots$)、フィルターデータ（出力） y_t とし、 M 次のフィルターとすると、

$$y_t = \sum_{j=0}^{2M} a_j x_{t-j} - \sum_{j=1}^{2M} b_j y_{t-j}$$

を用いて、フィルター波形を計算する。

また、フィルターの周波数応答は

$$H(z) = g_0 \prod_{j=1}^M H_j(z)$$

$$H_j(z) = [1 + a_{1j}z + a_{2j}z^2] / [1 + b_{1j}z + b_{2j}z^2], \quad z = \exp(-i\omega)$$

なお、 g_0 は全体の倍率。

会話検測で使用しているフィルタの係数を以下に示す。

[2Hz ハイパスフィルター $M=2$]

$$\begin{aligned} a_{11} &= -2 & a_{21} &= 1 & b_{11} &= -1.867217 & b_{21} &= 0.882058 & a_{12} &= -1 & a_{22} &= 0 \\ b_{12} &= -0.881619 & b_{22} &= 0 & g_0 &= 0.881838 \end{aligned}$$

[1Hz ハイパスフィルター $M=2$]

$$\begin{aligned} a_{11} &= -2 & a_{21} &= 1 & b_{11} &= -1.935294 & b_{21} &= 0.939121 & a_{12} &= -1 & a_{22} &= 0 \\ b_{12} &= -0.939063 & b_{22} &= 0 & g_0 &= 0.939092 \end{aligned}$$

[2-10Hz バンドパスフィルター $M=2$]

$$\begin{aligned} a_{11} &= 0 & a_{21} &= -1 & b_{11} &= -1.159574 & b_{21} &= 0.474161 & a_{12} &= 0 & a_{22} &= -1 \\ b_{12} &= -1.859426 & b_{22} &= 0.872482 & g_0 &= 0.067173 \end{aligned}$$

[1-10Hz バンドパスフィルター $M=3$]

$$a_{11} = 0 \quad a_{21} = -1 \quad b_{11} = -1.112066 \quad b_{21} = 0.526914 \quad a_{12} = 0 \quad a_{22} = -1$$

b12=-1.951921 b22=0.954512 a13=0 a23=-1 b13=-1.422073
b23=0.451414 g0=0.025766

[10Hz ローパスフィルター M=2]

a11=2 a21=1 b11=-1.001176 b21=0.465143 a12=1 a22=0
b12=-0.394964 b22=0 g0=0.035090

[5Hz ローパスフィルター M=2]

a11=2 a21=1 b11=-1.546208 b21=0.676284 a12=1 a22=0
b12=-0.665403 b22=0 g0=0.005440

3. 検討

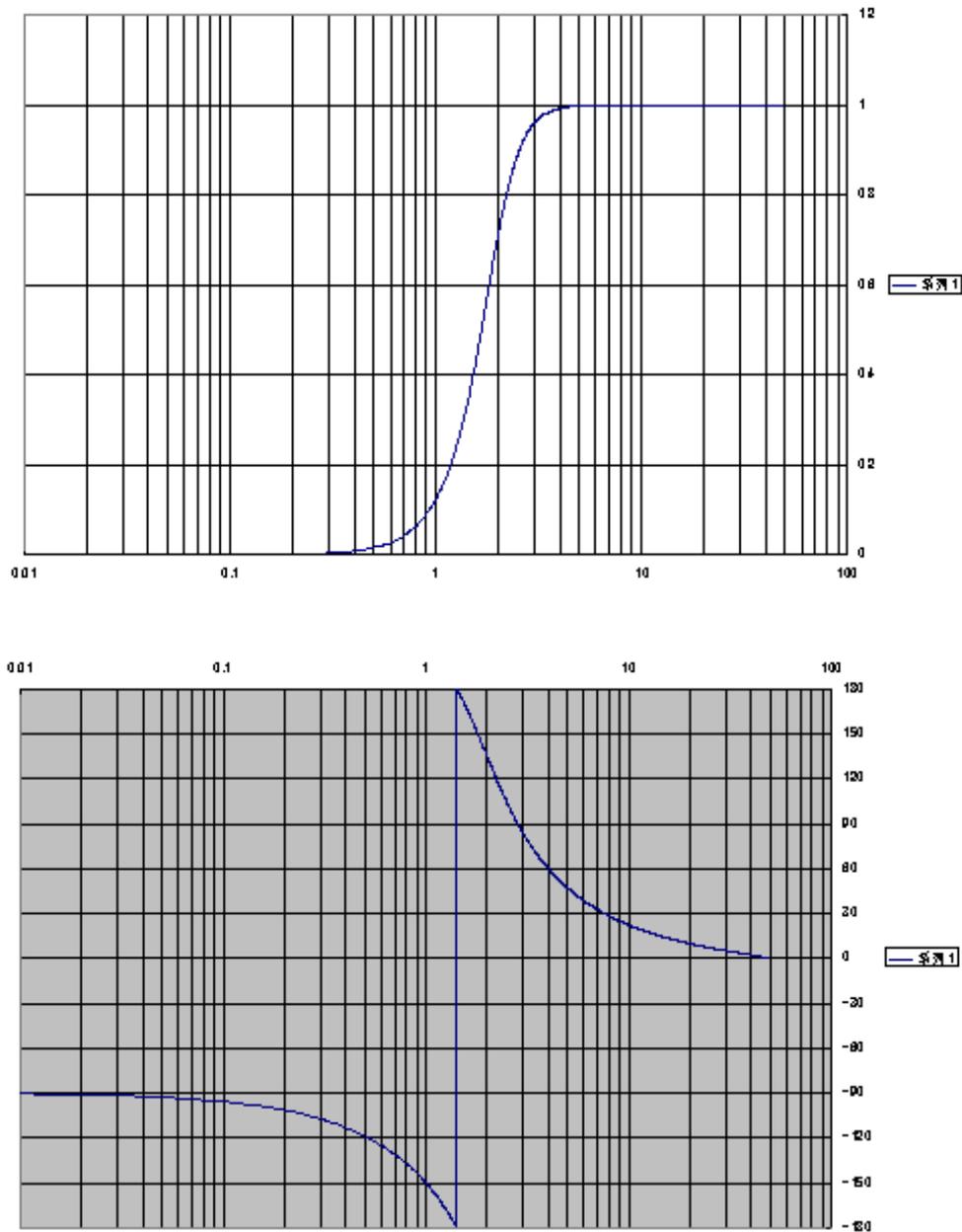
第1図に 2Hz のハイパスフィルターの振幅特性と位相特性を示す。横軸は、周波数 Hz で、縦軸は、入出力の倍率及び位相差である。遮断周波数 (2Hz) 付近で大きく位相がずれていくことが分かる。これらの位相特性は、無限に続く定常波の場合であり (周波数軸上で見たもの)、次に、パルス波の位相特性を時間軸上で見てみる。

第2図に三角パルス波の 2Hz ハイパスフィルターの位相のずれを示す。

また、第3図に波形例を示す。2Hz のサイン波のオリジナル波形、2Hz ハイパスフィルター、1Hz ハイパスフィルターの波形で、フィルター波形の後ろに、背後霊のごとく、灰色でオリジナル波形が表示されている。このように立ち上がり部分において、S/Nがよい波形では、フィルターによる位相差は顕著に見えないので、P波の検測には問題が生じないと思われる。一方、立ち上がりから数波あとの波形のを見ると、オリジナル波形と位相のずれを生じていることが分かる。同様なことはS波の検測時に位相のずれが発生すると考えられる。しかしながら、微小な地震で、シグナル自体が 10Hz 程度の周波数が卓越している地震をフィルターの対象とするならば、見かけ上は、大きなずれを生じないと考えられる。

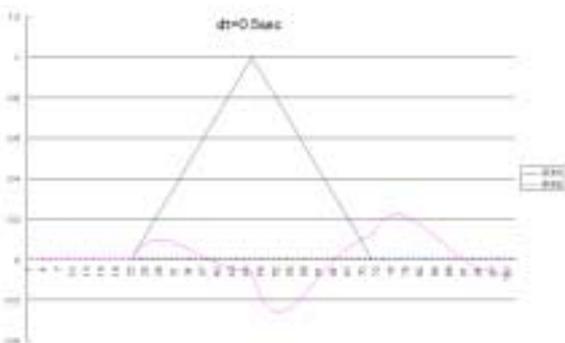
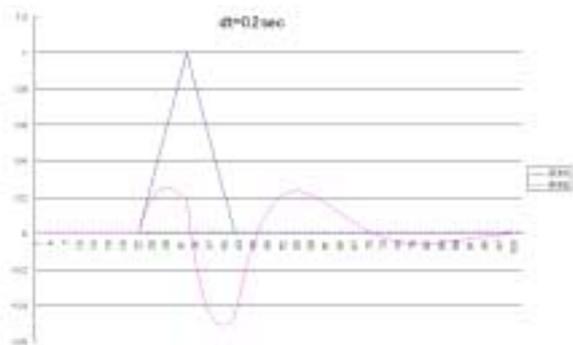
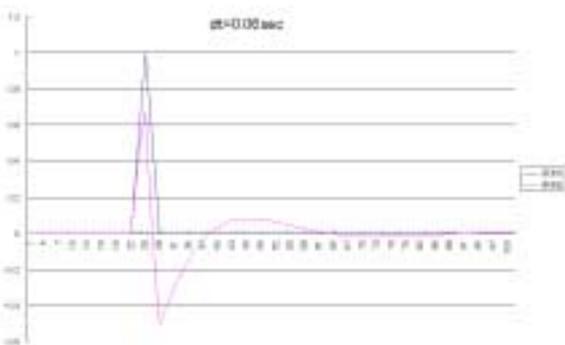
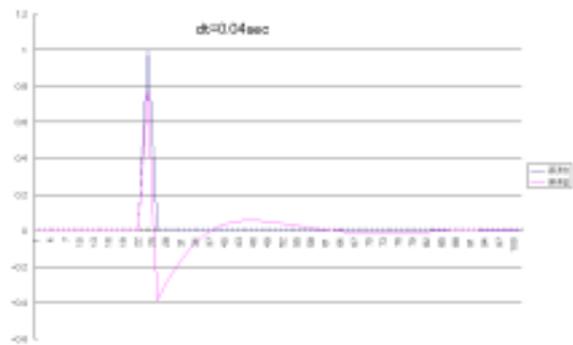
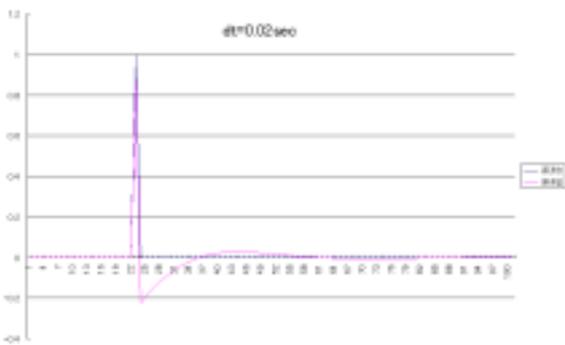
2 Hz ハイパスフィルターの周波数特性 (第 1 図)

振幅特性 (上) と位相特性 (下) を示す。横軸は周波数で、位相は $^{\circ}$ で示されている。遮断周波数 (2Hz) では、振幅がおおよそ 0.7 程度になるように設計されており、3Hz 付近で入力された波の振幅が 1、0.3Hz 付近で、0 になる。位相特性が、遮断周波数 2Hz で、位相が 180° ずれることが分かる。



パルス入力のフィルターによる位相のずれ (第2図)

パルス幅を 0.02 秒から 0.5 秒まで変えて、2Hz ハイパスフィルターによる位相のずれを見た。データは 100Hz サンプルングの三角波 (青色) で、フィルターを通した波 (ピンク色) が図に示されており、横軸は、全体で 1 秒 (100 個のデータ)、縦軸は、最大振幅が 1 になっている。パルス幅が長くなるほど、フィルターを通された波の最大振幅が小さくなって行くことが分かる。一方、パルスの立ち上がりの位置は、ずれているようには見えない。



第3図 非定常のサイン波の波形例

最下段の波形がフィルターを通されていない波形。上段から、2Hz、0.5Hz、1Hzのハイパスふりたーの例。立ち上がりにおいて、顕著な位相差を生じていないことが分かる。

