

H29 ADSP 課題 4 報告書

クラス	番号	
基本取組時間		時間
自主課題取組時間		時間

1. 目的

- 1-1. 学習同定法の手計算を行い，収束の過程を確認する．
- 1-2. BOP アルゴリズムを利用し，その収束特性の評価を行う．

2. 課題と結果

2-1. 学習同定法（NLMS アルゴリズム）の手計算

適応フィルタの係数が未知の係数に近づいていく様を確認する．計算に用いた条件は以下の通りである．なお，ステップゲインは $\alpha = 1.0$ ，時刻は k と表す．

未知系係数ベクトル： $w_N = (3 \ 3)^T$ ，推定系係数ベクトルの初期値： $h_N(k-1) = (0 \ 0)^T$ ．

入力信号系列が $x(k) = 1$ ， $x(k-1) = 1$ ， $x(k-2) = 2$ であることから，

ここでは入力ベクトルを $x_N(k-1) = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ ， $x_N(k) = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$ とおく．

<1 回目のフィルタ更新>

$$d(k-1) = w_N \cdot x_N(k-1) = (3 \ 3) \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} = 9, \quad y(k-1) = h_N(k-1) \cdot x_N(k-1) = (0 \ 0) \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} = 0$$

$$e(k-1) = d(k-1) - y(k-1) = 9 - 0 = 9$$

$$h_N(k) = h_N(k-1) + \frac{\alpha}{\|x_N(k-1)\|^2} \cdot x_N(k-1)e(k-1) = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix} + \frac{1}{\sqrt{5}^2} \cdot 9 \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{9}{5} \\ \frac{18}{5} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.8 \\ 3.6 \end{pmatrix}$$

<2 回目のフィルタ更新>

$$d(k) = w_N \cdot x_N(k) = (3 \ 3) \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = 6, \quad y(k) = h_N(k) \cdot x_N(k) = (1.8 \ 3.6) \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = 5.4$$

$$e(k) = d(k) - y(k) = 6 - 5.4 = 0.6$$

$$h_N(k+1) = h_N(k) + \frac{\alpha}{\|x_N(k)\|^2} \cdot x_N(k)e(k) = \begin{pmatrix} 1.8 \\ 3.6 \end{pmatrix} + \frac{1}{\sqrt{2}^2} \cdot 0.6 \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2.1 \\ 3.9 \end{pmatrix}$$

$$\|w_N - h_N(k)\| = \sqrt{(3 - 1.8)^2 + (3 - 3.6)^2} = 1.3416$$

$$\|w_N - h_N(k+1)\| = \sqrt{(3 - 2.1)^2 + (3 - 3.9)^2} = 1.2728$$

よって，

$$\|w_N - h_N(k)\| > \|w_N - h_N(k+1)\|$$

であり，係数の更新によって適応フィルタの係数が未知係数 w_N に近づいていることがわかる．

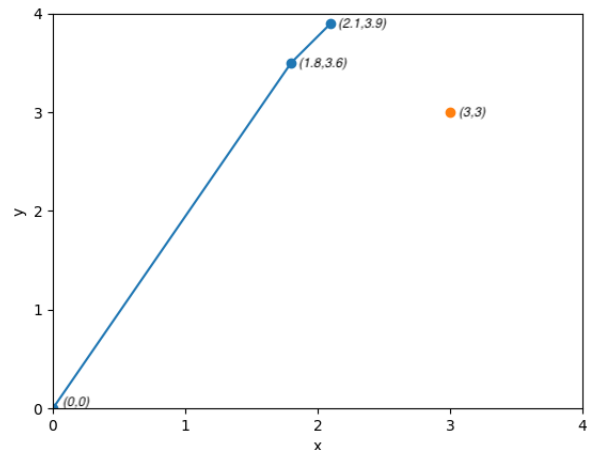


Fig.1. NLMS アルゴリズムの収束の様子

2-2. BOP アルゴリズムと収束特性の評価

BOP アルゴリズムを利用し、以下の条件でエコーキャンセラを仮定したシミュレーションを行なった。BOP アルゴリズムのブロック長は $r = 1, 2, 5, 10, 20$ とした。ブロック長 $r = 1$ の場合は学習同定法と等価である。

- 1) 雑音（外乱）はないものとする。
- 2) ステップゲインは $\alpha = 1$ とする。
- 3) 未知，推定システムともに $N = 20$ とする。

- 4) 入力信号は白色信号及び有色信号（白色信号を $F(z) = \frac{1}{1-0.95z^{-1}}$ の LPF に通した信号）を利用する。

未知システムを Fig.2 に示す。

入力信号および BOP アルゴリズムのブロック長を変えた時の収束特性を Fig.3, Fig.4 に示す。

また，収束特性の評価には以下の NEE を利用した。

$$NEE = \frac{\|W_N - h_N(k)\|^2}{\|W_N\|^2} \text{ [dB]}$$

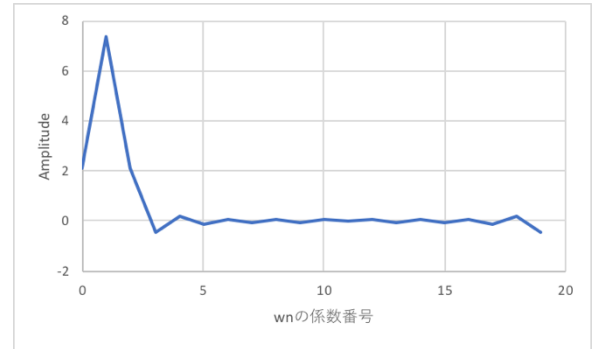


Fig.2. 未知システムのインパルス応答

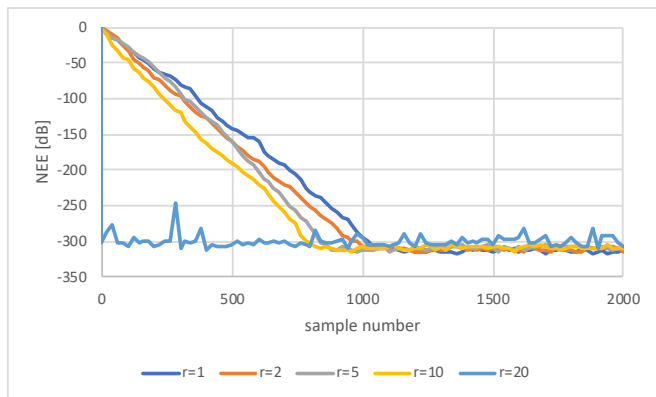


Fig.3. 白色信号の収束特性

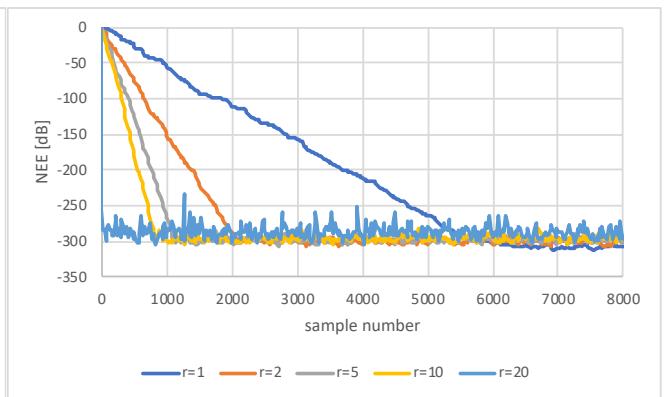


Fig.4. 有色信号の収束特性

3. 考察

- ・白色信号と有色信号の収束速度を比較すると， r が小さい場合は有色信号より白色信号の方が収束までの更新回数が少なく収束が速いとわかる。これは白色信号は入力ベクトル \mathbf{x}_n 間の相関が小さいが，有色信号は入力ベクトル \mathbf{x}_n 間に相関があるため \mathbf{w}_n に収束するまでに時間がかかると考えられる。
- ・Fig.3 と Fig.4 より，ブロック長 r を大きくすると有色信号入力時の収束速度が白色信号入力時の収束速度に近づくことがわかる。
- ・結果より，ブロック長 r を大きく取るほど収束までの更新回数は少なくなることがわかる。特に入力信号が有色信号の時は収束速度の差が顕著である。
- ・ブロック長を大きくするほど収束するまでの更新回数が少なくなる一方で演算量は多くなるため，利用する状況に合わせて最適なブロック長を設定すると良いと言える。しかし，ブロック長が小さい方が計算が複雑でないため，コンピュータ上で実行する速度を考えるとブロック長をなるべく小さくした方が良いと思われる。