

# 呼吸調節系の換気量と肺胞気炭酸ガス濃度に関する非線形数学モデルによる同定

○高原 健爾 梅垣 育裕 若松 秀俊

福井大学 工学部

Nonlinear Adaptive Parameter Identification of Respiratory System on Ventilation and Alveolar CO<sub>2</sub>-Concentration.

K. Takahara, Y. Umegaki and H. Wakamatsu

Department of Electrical and Electronics Engineering,  
Faculty of Engineering, Fukui University

## 1 はじめに

医師が患者の状態を観察しながら与えるべき換気量を決定している従来の方法に代って、患者の個体差や経時変化に対応して望ましい特性を得るために、肺胞気炭酸ガス濃度を指標とした適応制御方式による人工呼吸法が提案されている。しかしながら、パラメータ同定に時間を要する場合があります、十分な制御を行うことができないことがある。本研究では入出力をそれぞれ換気量、肺胞気炭酸ガス濃度とし、呼吸器系の特性を把握するための数学モデルとして線形を含む非線形のモデルを仮定して、上記の制御に備えたパラメータの同定を行う。また、種々のモデルに対する推定パラメータの挙動を検討することにより、適応制御に好都合なパラメータの初期値を選ぶ。

## 2 換気量および肺胞気炭酸ガス濃度の測定

換気量および肺胞気炭酸ガス濃度の測定を改造した小動物用人工呼吸器を用いて、Fig.1 に従って行った。被験動物のラットには気管切開によらず、特別に開発した換気用マスクを装着して、換気頻度が一定の下で種々の換気量の場合に測定を行った。また、測定の間隔は一回換気時間の整数倍に選んだ。

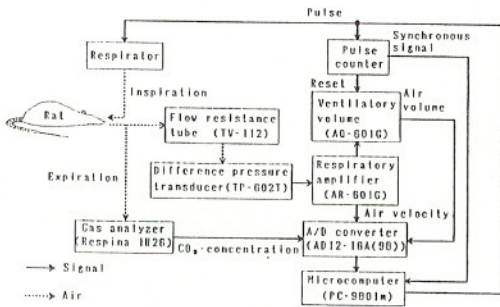


Fig.1 Measurement of ventilation rate and alveolar CO<sub>2</sub>-concentration.

## 3 呼吸器系の同定

与えられた数学モデルのパラメータを同定するために、Fig.2 のような直並列型の適応同定システムを構成した。同定は (1)式のような線形自己回帰移

動平均モデルを含む非線形自己回帰移動平均モデル (N-ARMA) について行った。

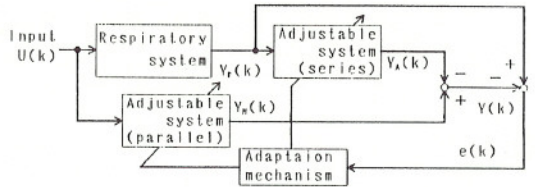


Fig.2 An outline of parameter identification.

$$Y(k) = -Y_A(k) + Y_M(k)$$

$$\begin{aligned} &= \sum_{c=1}^n \left\{ \sum_{i_1=1}^{q_c} \sum_{i_2=1}^{q_c} \dots \sum_{i_c=1}^{q_c} a_{i_1 i_2 \dots i_c} \dots \right. \\ &\quad \left. Y_P(k-i_1) Y_P(k-i_2) \dots Y_P(k-i_c) \right\} \\ &+ \sum_{c=1}^m \left\{ \sum_{i_1=d}^{r_c+d} \sum_{i_2=1}^{r_c+d} \dots \sum_{i_c=1}^{r_c+d} b_{i_1 i_2 \dots i_c} \dots \right. \\ &\quad \left. U(k-i_1) U(k-i_2) \dots U(k-i_c) \right\} \quad (1) \end{aligned}$$

ただし、U(k)、Y<sub>P</sub>(k)、d、q<sub>c</sub>、r<sub>c</sub> はそれぞれ換気量、肺胞気炭酸ガス濃度、むだ時間および入出力の記憶長を示す。n=m=1 のとき上式は線形系を表わす。

## 4 おわりに

本研究により、呼吸器系を制御するために適当と思われる数学モデルおよびそのパラメータを得ることができた。これらを用いてより良い人工呼吸制御を行うことが可能であると考えられる。

最後に本研究で用いたラット用マスクの開発にご協力くださった Kid's Dental Clinicの久保一郎博士に深謝の意を表します。

## 参考文献

- (1) I.D.ランダウ, 富塚誠義: 適応制御システムの理論と実際. オーム社, 東京(1981).
- (2) 若松秀俊: 非線形自己回帰移動平均モデルを用いた適応アルゴリズムによるパラメータ同定. 電気学会全国大会論文集, 1904-1905 (1986).
- (3) H.Wakamatsu: Control of respiratory system using Volterra series. Biomed. Meas. Inform. Control, Vol.2, 25-35 (1988).