

B-71

ラットの肺胞気炭酸ガス濃度の適応制御

○高原 健爾・梅垣 育裕・若松 秀俊 (福井大学 工学部)

1 はじめに

従来の人工呼吸は医師が患者の状態を観察しながら行うのが普通であった。しかしながら、医学の発達とともに目的に応じた人工呼吸法が要求されるようになってきた。そのために患者の状態の個体差や経時変化等に対応しながら、医学的に望ましい特性を与えることのできるような人工呼吸制御が提案されている。1)本研究では、ラットを実験対象として、小動物用人工呼吸装置を用いて換気量を変えることによって、肺胞気炭酸ガス濃度の制御を行う。制御系は線形の数学モデルを基礎とした適応制御方式を用いて設計し、その性能を検討した。

2 適応制御系²⁾

制御対象であるラットの呼吸調節系の数学モデルを(1)式のような自己回帰移動平均モデルと仮定した。

$$Y(k) = a_1 Y(k-1) + a_2 Y(k-2) + \dots + a_n Y(k-n) + b_0 U(k-d) + b_1 U(k-d-1) + \dots + b_m U(k-d-m) \quad (1)$$

ここで、 $Y(k)$ は肺胞気炭酸ガス濃度、 $U(k)$ はサンプリングごとの総換気量であり、 n および m はそれぞれ自己回帰部分および移動平均部分の記憶長である。また、本研究ではむだ時間 d を考慮した。これは、換気量の影響は血液が体内を一巡してから、肺胞気炭酸ガス濃度に現れると考えられるからである。この数学モデルを用いて、Fig.1のように適応制御系を構成した。 n, m, d を種々に設定して、換気量を制御入力として肺胞気炭酸ガス濃度の制御を行った。

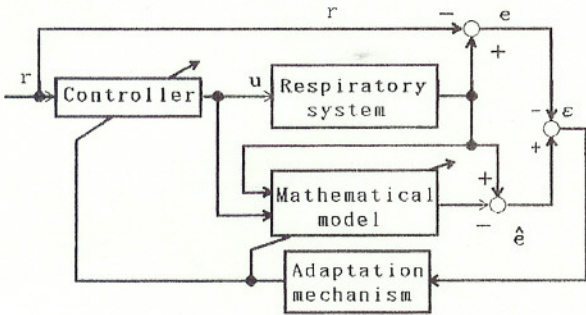


Fig.1 Block diagram of respiratory control system

3 実験方法

3.1 被験動物および実験装置

実験には、Sprague-Dawley系統の雌ラットに軽い麻酔を施して用いた。このラットは温度および12時間ごとに明暗が制御されている飼育室の中で飼われた、生後450日程度のものである。本研究では、気管切開によらず無侵襲で実験するために、ラット用の特別なマスクを製作し、それを装着した。気管切開などの侵襲的な方法では体内の代謝など内部状態に影響が現れると考えられ、なるべく内部状態を乱さないように上記のような方法を取った。マスクはラットの頭部に合せて製作したので死腔量は十分に小さい。

人工呼吸装置は、米国 (Harvard社) 製のシリンダ式のModel-683をコンピュータにより制御可能なように改造

したものを用いた。測定装置には、換気量を測定するために呼吸用アンプ(日本光電社製 AR-601G)および積分器(同社製 AQ-601G)を、肺胞気炭酸ガス濃度を測定するために呼吸ガスモニタ(日本電気三栄社製 レスピーナ 1H26)をそれぞれ用いた。

3.2 実験方法

実験は上記の被験動物および装置を用いてFig.2に従って行った。測定のサンプリング間隔は一回換気量の整数倍に選んだ。これは、呼吸が周期的であり、呼吸と同期してデータを取得するためである。なお、目標値の肺胞気炭酸ガス濃度はステップ状に与えた。

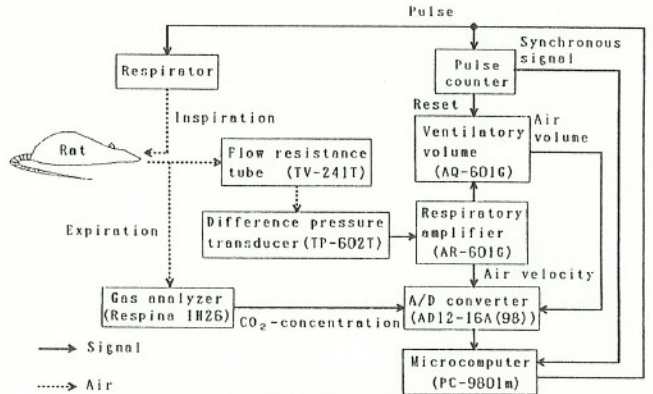


Fig.2 Block diagram of experiment

実験の結果については、積分二乗誤差を用いて検討し、その評価を行った。

4 おわりに

本研究では、仮に医学的に望ましい特性を考えて線形適応制御を行い、その性能の検討を行った。その結果は十分に満足なものではなかった。その理由のひとつとして、先に行った同定の結果³⁾⁴⁾から、ラットの呼吸調節系は非線形特性をもっており、さらにその数学モデルのパラメータは一定ではないことが考えられる。また、適応制御系では換気量の正確な測定が不可欠であるが、これは非常に困難なことも関連していると思われる。したがって、今後は呼吸調節系の非線形性を考慮した人工呼吸制御を行う予定である。

参考文献

- 1) H.Wakmatsu: Control of respiratory system using Volterra serie. Biomed. Meas. Inform. Control, Vol.2, 25-35 (1988).
- 2) 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).
- 3) 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 (1986).
- 4) 高原健爾, 梅垣育裕, 若松秀俊: 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. 医用電子と生体工学. Vol.28, Suppl. 212 (1990).