

脳低温療法における脳温管理の自動化システム

若松秀俊 檜木智彦 若槻琢也

東京医科歯科大学大学院 保健衛生学研究科

Automatic Control System of Hypothermic Brain Temperature

Hidetoshi Wakamatsu Tomohiko Utsuki Takuya Wakatsuki

Graduate School of Health Sciences, Tokyo Medical and Dental University

1. 緒言

生体情報の扱いはその計測に関する物理化学的機序の解明とセンサの進化によって長足の進歩をとげた。生体の制御機構の解析による生物機能の解明と応用についても同様である。ところで生体の機能に外部から「力」を加えて、積極的にその状態を移動し改善することは、生体が内部に制御系をもつ閉じたシステムであることから従来のシステム制御理論でそのまま扱うには種々困難がある。したがって、システム制御工学的概念が医学での「治療とよばれる本質的操作」に共通点を見い出せながらも、これまで本格的に手がつけられなかった課題であった。本稿では、脳低温療法における脳温管理の自動化がどのようにして可能か、そこにシステム制御理論がどのように関与できるかを具体的に論じる。

2. 生体機能の制御

脳の温度制御に限らず、生体機能の制御では前提となる特性の記述が困難である。その理由に個体差に起因する特性の違いがあり、さらにこれが示す非線形性と時間変化特性がある。この場合に、短期間で小さく変動する現象に限定し、上記特性を基本的に考慮しなくとも差し支えない状況を想定しても、生体内部の状態変化と外部環境変化は考慮すべき重要な要素である。この問題を解決するために、内外の環境変化を特性変化の中に組み込み、パラメータの変動とみなす方法が提案されている。その具体例に、代謝量の変動が特性への継続的変化とみなして、換気量を入力とする人工呼吸制御法がある¹⁾。この方法では、観測困難な変動分が見かけ上の特性変化をもたらすと考え、結果的に時間変化系として扱うので、この変化に影響を受けない制御系の設計が必要である。このための制御の方法が例えば、適応制御であり、ファジィ制御である。

3. 脳温制御システムの構造

熱特性をよく表現し、水管流や熱源で循環や代謝を模擬できる含水ゲル状の組織からなる人形を用いて表面冷水冷却による脳温制御を行う。そのための制御系は、生体の平均的特性に合致した制御器 I (最適制御器、ファジィ制御器) により無理のない特性変化の制御を実現し、偏差に応じて制御器 II (適応制御器、ファジィ制御器) を働かせる方法である^{2,3)}。このシステム構成が

脳温制御に効果的であることを実験的に確認する。

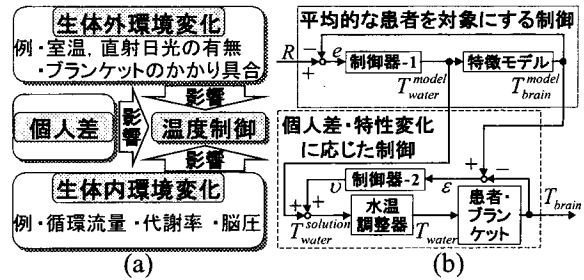


図 1 (a) 制御系に影響する取り扱い困難な要素 (b) 制御系の基本構造。

Fig.1 (a) Various influential factors on the control system (b) basic structure of the control system with two controllers.

4. 脳温制御システムの性能

熱慣性の大きなシステムが十分な精度で制御可能であることが実験結果から確認できる。

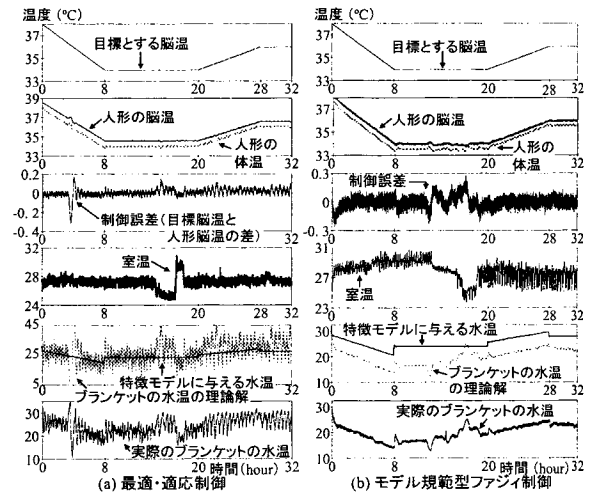


図 2 (a) 適応制御と (b) ファジィ制御による環境変化と脳温制御結果。

Fig.2 Control of brain temperature under various environmental conditions by (a) adaptive and (b) fuzzy control systems.

文献 1) Wakamatsu, et al.: Adaptive control of respiration to deal with differences in individual characteristics. Jap. J. Clinic. Physiol. 34(3), 135-143 (2004). 2) Wakamatsu, et al.: Automatic optimal-adaptive air-cooling system for brain hypothermia treatment. J. Artif. Life Robotics. 8(2), 209-221 (2005). 3) 若槻, 檜木, 若松: 脳低温療法のためのファジィ制御による脳温管理. 日本臨床生理学会誌, 35(5), 269-275 (2005).

オーガナイズドセッション