

自己回帰モデルの胃電図解析への応用

松浦 康之^{1,2} 横山 清子³ 高田 宗樹⁴ 嶋田 勝彦¹

¹名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科

²日本学術振興会特別研究員DC

³名古屋市立大学大学院芸術工学研究科

⁴岐阜医療科学大学保健科学部

あらまし 本研究では、胃電図のモデル化による消化器系の同定、胃腸活動や自律神経バランスの評価の可能性の検討を目的とする。ここでは、線形モデルの一つである自己回帰モデルを用いた。実験の被験者は、健康な若年女性 12 名である。座位時 10 分間、仰臥位 150 分間測定した。モデルの適合精度を評価するために、残差の標準偏差を時系列の標準偏差で正規化した。この指標により、胃電図は線形モデルで精度高く記述できることが確認できた。胃電図は、過去 10 秒程度のデータから予測でき、4~5 個の周波数成分が含まれると推測された。座位と仰臥位では時系列の構造がやや異なっていた。仰臥位時の胃電図は安定した規則変動であることが推測された。

Examination of Analysis of Electrogastrography using Auto-Regressive Model

Yasuyuki MATSUURA^{1,2} Kiyoko YOKOYAMA³ Hiroki TAKADA⁴ Katsuhiko SHIMADA¹

¹ Graduate school of Natural Sciences, Nagoya City University

² JSPS Research Fellow

³ Graduate school of Design and Architecture, Nagoya City University

⁴ Gifu University of Medical Science

Abstract The purpose of this study is to examine the possibility of identification of the gastric system and evaluating gastro intestinal motility or autonomic nervous balance by modeling the electrogastrography (EEG). Autoregressive model which is one of the linear model was examined. Participants of our experiment were 12 healthy young women. The EEGs were measured during sitting for 10 minutes and during supine for 150 minutes. To evaluate the accuracy of the model adaptation, the standard deviation of the model residuals normalized by the SD of the EEG time series was calculated. This parameter showed that the EEG was described by linear model with high accuracy. The EEG was described with backward 10 seconds data and the time series included 4 or 5 frequency components. The structure of the EEG during supine was different from the one during sitting. The EEG during supine showed the comparative regular variation.

1. はじめに

若年女性の便秘や、勤労世代のストレス性下痢など、胃腸活動の異常に伴う疾病が問題になっている。胃腸活動を無拘束・簡便に測定できるひとつの方法として経皮的胃電図がある。

胃運動に対する胃の電気活動は、胃体上部 3 分の 1 の大弯側付近のペースメーカから 1 分間に 3 回 (3.0 cycle per minute (cpm)) の割合で発生し、興奮が幽門側へ伝達されることが確認されて

いる[1]。この胃の電気活動を腹壁表面から記録したものを経皮的胃電図(electorogastrography, EGG)と呼んでいる[2-3]。胃の筋電信号は変化が非常に遅く、また胃の近くにある横隔膜の影響を受けて、従来の機器では計測が困難であった。しかし最近では計測技術の向上に伴い、胃電図の測定が比較的容易に行えるようになった[4]。

本研究では、胃電図のモデル化による消化器系の同定、胃腸活動や自律神経バランスの推定、評価の可能性の検討を目的とする。線形モデルの一つである自己回帰モデルに着目した。

2.方法

2・1 実験方法

被験者は、年齢 18～22 歳、身長 153～166 cm、体重 42～58kg の健康な若年女性 12 名を対象とした。被験者には事前に実験の説明を充分に行い、書面にて了承を得た。

測定は安静座位時を 10 分間、仰臥位時を 150 分間行った。胃電図は生体アンプ(MT11: NEC メディカル)で増幅し、データレコーダ (PC216Ax、ソニー・プレジジョンテクノロジー) に記録した。9 個の心電図用ディスプレイ電極 (Blue Sensor、Medicotest 社製) を使用し、図 1 に示すように貼付した。なお、貼付は日本光電製スキンプーにより皮膚抵抗を十分に低下させた後に行った。

2・2 解析方法

記録した胃電図は、1kHz でサンプリングした。さらに、ノイズ除去と低周波変動の抽出を目的として 1Hz で再サンプリングした。再サンプリングは、(1)式に基づき行った。

$$g(t) = \frac{\sum_{k=0}^{999} (g'((t-1) \times 100 + k))}{1000} \quad (t = 0, 1, \dots, N/1000) \quad (1)$$

ここで、 $g'(t)$ は測定した 1kHz サンプリングの胃電図、 $g(t)$ は 1Hz で再サンプリングした時系列であり、 N は測定時系列のデータ数である。以降の解析には、ch5 のデータのみを用いた。

胃電図を 10 分間隔で分割し、(2)式に示す自己回帰モデル (AR model) を適用した[5]。

$$g(t) = \sum_{k=1}^p a(k)g(t-k) + z(t) \quad (t = 0, 1, \dots, N) \quad (2)$$

ここで、 $a(k)$ は線形予測係数、 p は FPE 法により求めた最適次数である[5]。

モデルの適合性を定量化するために、残差 $z(t)$ の標準偏差を時系列 $g(t)$ の標準偏差で規格化した値を算出した。

3.結果・考察

図 2 は、一例の被験者の仰臥位測定開始 30 分後から 40 分後までの 10 分間の胃電図の例である。

図 3 は最適次数のヒストグラムを示す。最頻値は 17 次で、次数の平均値は 18.18 であった。胃電図の変動は、概略 17～18 秒前までの影響を受けていると考えられる。

図 4 は規格化した残差のヒストグラムを示す。平均値は 0.031 であった。従って、胃電図の変動は線形モデルで精度高く記述できると考えられる。

図5は係数の平均値の変動を示す。上段が座位、下段が仰臥位の係数の平均値である。変動は座位・仰臥位ともに1次の値が正の最大値を示し、2次の値が絶対値では2番目に大きい負の値を示している。次数が10次を超えると、0の近傍値となっている。従って、胃電図変動は、10秒前までの影響を受けるが、約10秒を超えると寄与が小さくなると考えられる。

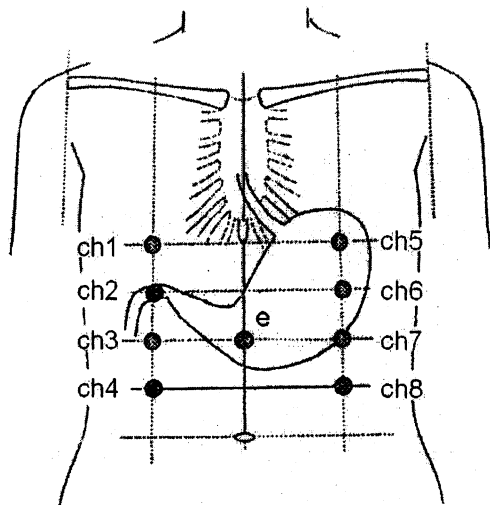


図1 胃電図電極貼付位置

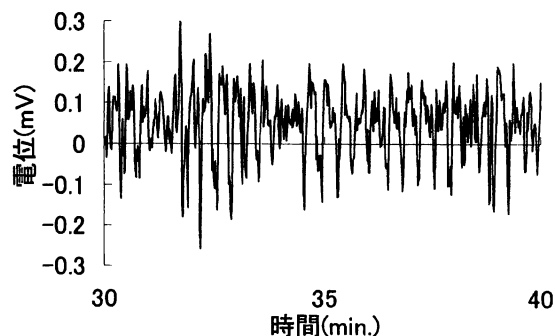


図2 胃電図の例
(サンプリング周波数 1Hz, ch5)

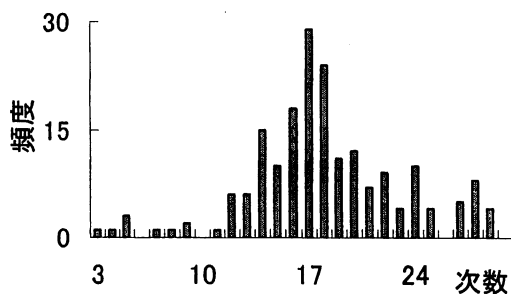


図3 最適次数のヒストグラム

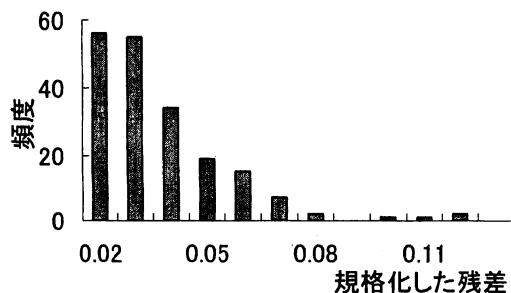


図4 規格化した残差のヒストグラム

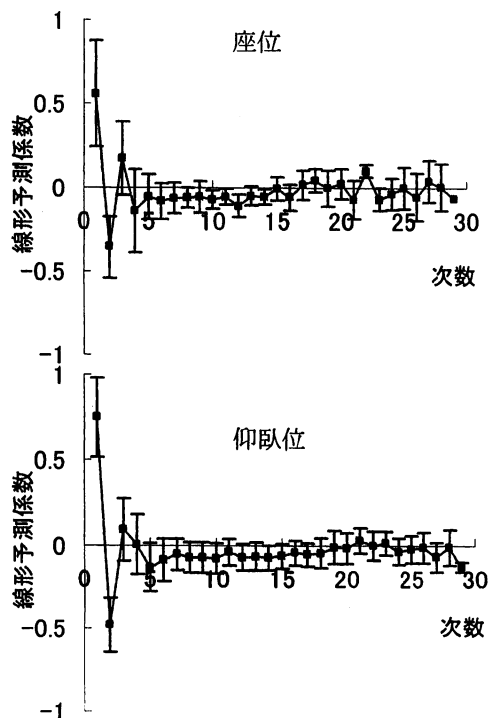


図5 線形予測係数の平均値の変動

線形予測係数の絶対値を各モデルで降順に並べ替えた。座位、仰臥位、座位と仰臥位の両方を対象として、絶対値の並び順毎に、係数値および次数の平均値を求めた。(3)～(5)式は係数の平均値が 0.1 以上のもののみ抽出して表したモデル式である。

$$\text{座位} \quad g(t)=0.267g(t-2)-0.132g(t-4)-0.1g(t-11)-0.128g(t-14) \quad (3)$$

$$\text{仰臥位} \quad g(t)=0.652g(t-1)-0.371g(t-2)-0.106g(t-8)-0.106g(t-10) \quad (4)$$

$$\text{総合} \quad g(t)=0.628g(t-1)-0.356g(t-2)-0.105g(t-8) \quad (5)$$

これらは、各状態における胃電図の平均的なモデル式と考えられる。仰臥位と比較し座位では高次のデータの影響を受けている結果となっている。しかし、仰臥位の方が係数の絶対値は大きく、直前のデータのみで予測でき、その寄与は大きいという結果であった。従って、仰臥位時のデータの方が規則的な変動を示しており、概略 10 秒前までのデータで予測でき、含まれる周波数成分は 4～5 個程度と考えられる。

4. まとめ

胃電図は、胃バリウム造影や内視鏡検査に比べて、簡便な検査方法であり、胃の消化活動や腸管運動の状態、自律神経活動バランスを無拘束・非観血的に把握する事が可能である。

胃電図時系列の自己回帰モデルによるモデル化を試みた。線形モデルで比較的精度高くモデル化することができた。座位も仰臥位も概略 10 数秒程度のデータで予測可能となる結果であった。座位と仰臥位では時系列の構造がやや異なるという結果であった。

今後、線形モデルを用いた、胃腸活動の推定・評価、自律神経活動バランスの評価などへの応用についてさらに詳細に検討する予定である。

参 考 文 献

1. Counturier D, Rose C, Paolaggi J, Debray C: Electrical activity of the normal human stomach, A comparative study of recordings obtained from serosal and mucosal side. Dig. Dis. Sci. 17:969-976, 1972.
2. Alvarez WC: The electrogastrogram and what it shows. J Am Med Assoc.78:1116-1119, 1922.
3. Van der Schee EJ, Grashuis JL: Running spectrum analysis as an aid in the representation and interpretation of electrogastrographic signals, Med Biol Eng & Comput. 25: 57-62, 1987.
4. 相模泰宏,本郷道夫:胃電図検査.日本自律神経学会編,自律神経機能検査第 3 版.文光堂,東京,2000,pp.301-305.
5. 赤池弘次,中川東一郎:ダイナミックシステムの統計的解析と制御.サイエンス社,東京,1972.