

在宅高齢者の就寝中における心電図の 長期・無意識的計測と統計的解析 I

田中昌昭 太田 茂

川崎医療福祉大学 医療技術学部 医療情報学科

(平成6年10月19日受理)

Statistical Analysis and Long-Term Observations of Electrocardiograms in Bed for Isolated Aged Persons Without Subject's Awareness I

Masaaki TANAKA and Shigeru OHTA

*Department of Medical Informatics
Faculty of Medical Professions
Kawasaki University of Medical Welfare
Kurashiki, 701-01, Japan
(Accepted Oct. 19, 1994)*

Key words : electrocardiograms (ECG), without awareness, aged person

はじめに

21世紀初めには日本の人口の1/4を65歳以上の高齢者が占めるといふ超高齢化社会を目前に控え、在宅医療の充実などの社会的支援体制の整備が急務となっている。技術的な側面からは、例えばハイビジョン画像による遠隔診療など、マルチメディアと情報通信技術が大きな役割を担うものと期待されている。また、疾病を発生させないことを目標とする予防医学の立場からは、本人が健康であると思っているときからこそ検査等によって健康状態を監視することが重要であるが、医療機関から遠く離れた場所に住む老人や、老齢のため行動範囲が限定される老人にとって、定期的に医療機関で検査を受けることはままならないことが多い。そういったな

かで、心電図や血圧などのバイタルサインを在宅のまま計測して医療機関に通信回線を経由して伝送し、医師などの専門家による監視を行えば疾病の早期発見に大いに役立つものと考えられる。

最近、就寝中の無負荷心電図の無意識的計測方法が石島等によって開発され¹⁾²⁾³⁾⁴⁾、医療従事者の手を煩わすことなく在宅検査を実現する道が開けてきた。本研究は高齢者所帯に設置したコンピュータによって就寝中の心電図を計測し、統計的な解析を行うとともに医療機関へ伝送するシステムを構築しようというものである。

今回、石島等の計測方法を追試し、その有効性を確認した上で心電図データをコンピュータへ取り込むところまでシステム化したので、現時点までのレビューに加えて今後の研究計画を

本論文にて報告する。

計測方法

図1に石島等が考案した心電図の計測方法を示す。従来の心電図の計測方法では、バネ圧による圧着、吸盤による吸着、両面テープによる粘着などの機械的方法で電極を体表に固定し、さらに電極に接触する皮膚に導電性クリームを塗布して皮膚と電極間の接触抵抗を軽減させている。これらの計測方法は長い歴史があり優れた計測方法であるが、いずれも皮膚に好ましくない影響を与えるので長時間の装着は不可能である。仮に完全に無害な電極があったとしても、その先にはリード線がつながっているため行動の自由が制限されるか、若しくは測定系の一部または全部を体につけて行動しなければならない。

それに対して石島等の計測方法¹⁾は、被検者がベッドに横たわったとき、頸部および脚部のベッドとの接触部分に導電性の繊維で作られたシート状の電極を敷いておき、被検者の無意識下のうちに心電図を計測しようというものである。シート状電極の素材は表面にニッケルを蒸着させた木綿糸を織り込んだ導電性の布で、抵抗率は約 $10^{-3}\Omega\text{cm}$ である²⁾。この電極と被検者の皮膚との接触抵抗は体重による重力と発汗など被検者の皮膚表面の特性にのみ左右され、機械的圧力や化学的補助物質の助けを全く借りないため、両者の接触抵抗は数M Ω という大きな値となる。

電極から検知された心電信号はプリアンプで十分インピーダンスを下げた後、メインアンプで約60dB程度に増幅し、A/D変換を施してデジタルデータとしてコンピュータに取り込む。

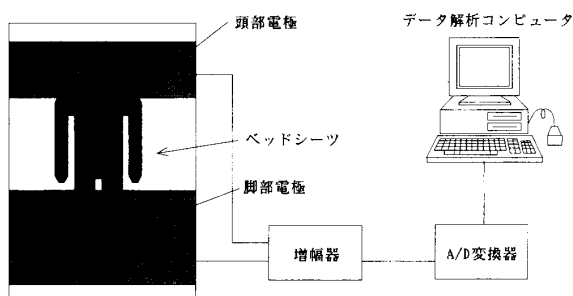


図1 心電図の計測

A/D変換ボードには分解能12bitの市販製品を用い、サンプリングタイムは2ms~4msで計測した。

データの取り込みを行うコンピュータには富士通製のパーソナルコンピュータFMR50(CPU i80386 16MHz)を使い、プログラム開発言語にはマイクロソフト社のCコンパイラMS-C Ver.6を利用した。図2に開発したプログラムの画面を示す。プログラムにはリアルタイムで心電図をモニターする機能に加えて磁気ディスクなどの外部記憶装置に記録する機能及び記録した心電図を再生して画面表示する機能が簡単な操作で行えるようにしてある。またサンプリングタイムの変更やグラフ表示の電圧や時間のスケールも計測中に変更できるようにしてある。これらの機能によってオシロスコープを用いなくても測定結果をモニタリングできる。

測定結果と考察

図3に計測した心電図を示す。測定の際、アンプ側のフィルタで0.5Hzのlow cut及び100Hzのhigh cutを行い、60Hzの商用周波数をハムフィルタで除去している。得られた心電図は石島等の報告通り²⁾、標準第II誘導類似の波形となっている。実験開始当初はかなりのノイズが混入しなかなかきれいな波形が得られなかったが、アースのとりかたを工夫することにより、現在では測定を開始してから数十秒以内に安定した波形が得られるようになった。

心電図は被検者の体動や四肢屈伸に伴う筋電図の混入がアーチファクトとして測定上の問題を引き起こすため、何らかの方法でこれらを除外する機構が必要になるが、今回作製したシステムではまだ考慮されていない。その機構としては、心電図に特徴的なR波をハード的またはソフト的にトリガーとして利用する方法や、典型的な波形パターンをあらかじめ登録しておいてパターンマッチングによって同定する方法が考えられる。またアーチファクトの他にも心電図の基線がドリフトするという現象が観測されたが、これは測定したデータの移動平均をとることにより解消できる見込みである。

コンピュータ側へのデータの取り込み過程で

■:ファイル ■:A/D変換 ■:設定 ■:ビュー ■:終了

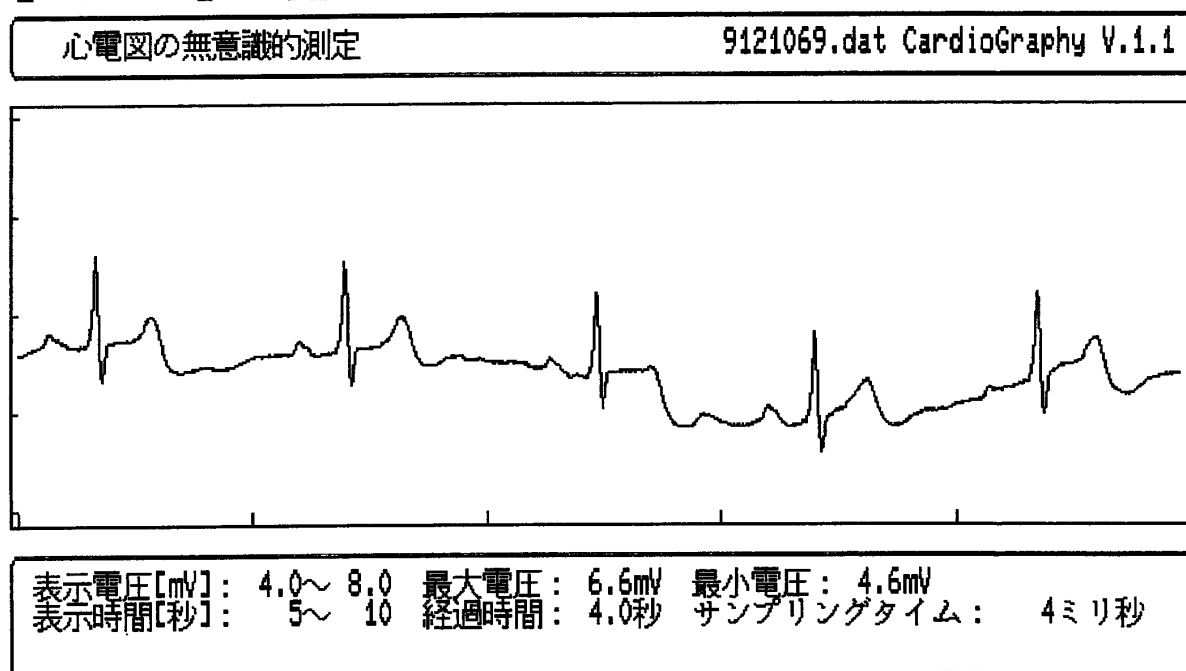


図2 心電図モニタープログラムの画面

コンピュータのディスプレイ上に写し出された測定中の心電図。
心電図には基線のドリフトが見られる。

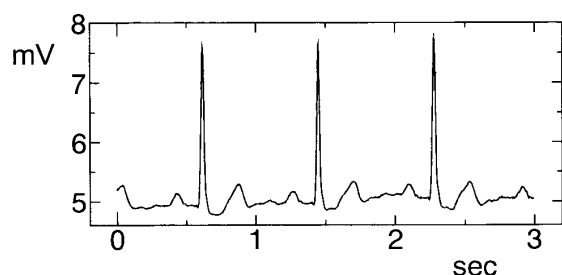


図3 計測した心電図

A/D変換のサンプルングタイムを2msにした場合、リアルタイムで心電図をグラフ表示するとCRU処理のタイムラグが発生して2msでのサンプルングができなかった。グラフ表示をしない場合は2msでも十分にサンプルングできたことから、これはMS-Cのグラフィックスライブラリが低速であることに起因するものと考えられる。プログラムのグラフィックス部分をアセンブラでコーディングすることによりこの問題は解決される。

今後の研究計画

今回のシステム開発によって心電図の無意識

的計測とコンピュータへの取り込みまでは完成された。これは研究の全体像のなかにあってほんの出発点に過ぎないが、技術的な面ではもっともクリティカルな部分を通り抜けたので随分と見通しが良くなった。今後の研究計画としては専用アンプの製作、大勢の被検者による心電図の計測、計測した心電図の解析方法の研究及びその解析プログラムの開発、収集データの保管技術や医療機関への伝送を行うための通信技術の開発などがある。

アンプについては、現在市販の汎用生体計測用増幅器を用いているが、図体も大きく配線も複雑なため、独居老人宅に設置するには適さない。そこで、これまでの経験を基に無意識的計測に適する小型軽量かつ人体に接触する部分には決して高電圧がかからぬよう配慮してある極めて安全性の高い専用計測装置の仕様をまとめ、開発の検討に入っている。

心電図の計測については現在のシステムで100人以上を目標に実験データを収集している。得られたデータは磁気ディスクに保管しており、以下で述べるデータ解析プログラムのテストケ

ースとして利用される。また心電図計測に併せて被検者の年齢・性別・身長・体重・嗜好・病歴等の属性を記入したチャートを作成しており、データ解析の指標発見の材料としての利用を考えている。

心電図データの解析については、R/S比やR-R波間隔など既存の指標に加えて、スペクトル解析や力学系の解析に用いられるリターンマップや時系列から位相空間のアトラクタを再構成する技法を適用して、心電図を特徴付ける新しい指標の発見に取り組む考えでいる。

最終的には開発したシステムを独居老人宅に設置して常時計測を実施するため、測定データは膨大なものとなる。概算でも2msのサンプリングタイムで1回につき10秒の測定を15分おきにすれば1晩8時間として320Kバイトになる。

これを1年間続ければ100Mバイトを超えることになる。そこでデータ圧縮技法などの研究も必要となろう。また、測定したデータは医師などの専門家が利用できるように被検者宅から行政機関等の監視センターへ通信回線経由でデータを送伝する。このための通信ソフトについても検討する必要がある。

本研究にあたっては財団法人福田記念医療技術振興財団からの助成を受けた。株式会社アドバネットには専用アンプの制作で技術的な協力を受けるとともに、A/D変換ボードの無償貸与という便宜を頂いて頂いた。また、東京女子医大の石島助教授には汎用生体計測用増幅器をお貸し頂いているばかりでなく、研究の随所にわたって適切なアドバイスを頂いた。この場を借りて謝辞を述べたい。

文 献

- 1) Ishijima M (1993) Monitoring of Electrocardiograms in Bed Without Utilizing Body Surface Electrodes. *IEEE transactions on biomedical engineering*, **40** (6), 593-594.
- 2) 石島正之, 戸川達男 (1993) 負荷/無負荷心電図の無意識的な計測. 電子情報通信学会技報, **06**, 53-57
- 3) 石島正之, 戸川達男 (1992) 意識せずに行える検査の可能性 — 在宅医療の一翼として —. 医科機械学, **62** (5), 247-249.
- 4) 石島正之 (1994) 在宅診療システムの技術展開. エル・エス・ティ学会, **6** (1), 906-911.