

心肺蘇生中の心電図解析に基づく抽出波形，およびリアルタイム表示

大屋 英稔（徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部），
萩野 剛二郎（電気通信大学システム工学科），
山口 芳裕，島崎 修次（杏林大学救急医学），
桐岡 茂，岡井 貴之（株式会社CAEソリューションズ）

Extracted Waves Based on Analysis of the Electrocardiogram during CPR. and Their Real-Time Display
Hidetoshi OYA (Institute of Technology and Science, The University of Tokushima)
Kojiro HAGINO (Dept. of Systems Engineering, The University of Electro-Communications)
Yoshihiro YAMAGUCHI, Shuji SHIMAZAKI (Dept. of Traumatology and Critical Care of Medicine, Kyorin University)
Shigeru KIRIOKA, Takayuki OKAI (CAE Solutions Co. Ltd.)

Abstract

In order to determine whether the electrocardiogram (ECG) waves need to be subjected to defibrillation, all cardiopulmonary resuscitations (CPR.) must be stopped. However, this stop contradicts “a continuous cardiac massage” which is an important concept provided by the American Heart Association (AHA)’s guideline. From this viewpoint, we are studying a system which estimates an original ECG wave except the effect of CPR. In this paper, we show extracted waves based on analysis of ECG signals during CPR. and their real-time display systems.

キーワード：心電図波形，心室細動，絶え間ない心臓マッサージ，除細動，リアルタイム表示
(Electrocardiogram, Ventricular Fibrillation, A Continuous Cradiac Massage, Defibrillation, Real-Time Display)

1. はじめに

わが国では，心臓の発作により突然倒れて亡くなる方が，1年間に約3万人もいるといわれており，交通事故や火災による死者数と比較しても非常に多い[†]．このような背景から，交通事故による死亡を防ぐためのシートベルトやエアバッグと同じように，突然の心肺停止患者を救うための Automated External Defibrillator (AED) の普及が進んでおり，近年，空港，駅，教育機関などに設置されている．

ところで，心肺蘇生法（cardiopulmonary resuscitation (CPR.)) の標準的なガイドラインを提供しているAHA（米国心臓学会）ガイドラインでは，「絶え間ない心臓マッサージ」を重要な基本コンセプトとしている．2005年のAHAガイドラインでは，5サイクル（約5分）ごとの心リズム，および心電図波形のチェックを定めているが，当然のことながら，この方法に従うと，この時間の周期で一定期間の心臓マッサージの中断を余儀なくされることになり，同ガイドラインの最も重要な基本コンセプトである「絶え間ない心臓マッサージ」を阻んでしまうという重大な内部矛盾に直面する．

そこで，筆者らは，平成17年度から，蘇生処置中の心電図波形を解析することにより，心臓本来の電気的活動から得られる心電図波形を推定し，除細動を適用すべき心電図波形の早期認知を可能とするシステム（早期認知システム）の開発を目的とした消防防災科学技術研究推進制度による研究課題に取り組んでいる⁽¹⁾．

本稿では，早期認知システムにおいて，心肺蘇生中の心電図波形を解析することによって得られる抽出波形，および臨床応用，実用化に向けてのリアルタイム表示について，これまでに得られた知見や研究成果を報告する．

2. 蘇生処置中の心電図解析に基づく抽出波形

心臓の電気的活動として得られる心電図波形は，医学的見知から大まかに次のように分類される⁽¹⁾．

- 正常洞調律（基本調律）
- 心室細動（VF）
- 心室頻拍（Ventricular Tachycardia:VT）
- 電気収縮解離（Pulseless Electrical Activity:PEA）

一方，CPR.において最も重要である心臓マッサージでは，胸骨の下半分[†]を1分間に100回のリズムで胸部が4~5[cm]程度沈むように圧迫するように推奨されている．

心臓マッサージ実施中の心電図波形には，心臓本来の電気的活動によって得られるもののみではなく，マッサージによる影響も含まれており，この影響は，心臓本来の電気的活動として得られる心電図波形よりも大きな波形として得られることが分かってきている．また，心臓マッサージは，マッサージ実施者によって，圧迫のリズム，圧迫の強度が異なるため，心電図波形に及ぼす影響も実施者によって異なる．さらに，同一の実施者であっても時間経過すると，疲労等によってリズムや圧迫の強度が変化するのが一般的である．そのため，圧迫のリズムや強度が変化しても心臓本来の電気的活動から得られる心電図波形を推定する

[†] 交通事故による死者数 5,155 人（平成 20 年度，警察庁調べ），火災による死者数 149 人（平成 19 年度，消防庁調べ）

[†] 剣上突起の2横指上，左右の乳頭を結ぶ線の中点（胸骨上であること）を圧迫の中心とするなどの方法がとられることが多い．

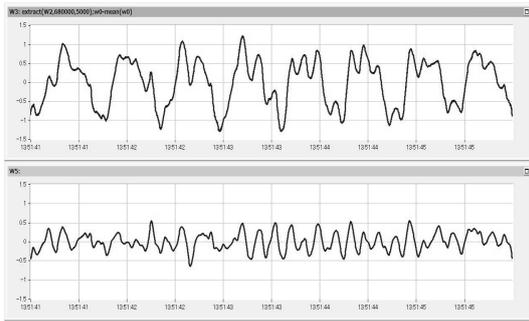


図 1 心肺蘇生中の心電図波形の処理結果の一例

ことが必要であり、筆者らは、次のような処理を行うことで、この目的を達成する波形認知アルゴリズムを開発した。

波形認知アルゴリズムの概要

- (1) 心肺蘇生処置中の心電図波形の近似波形生成
- (2) 近似波形を用いた特徴解析
- (3) 得られた特徴から心臓マッサージによる影響
- (4) 推定した心臓マッサージ成分を記録された心電図波形データから除去。

蘇生処置中の心電図波形を解析することによって得られた抽出波形の一例を図 1 に示す。図 1 は、心臓マッサージ間歇期に心室細動であると判断された心電図波形データの直前に記録された心臓マッサージ実施中の心電図波形であり、心室細動波形が心臓マッサージ波形に重畳しているものと考えられている。図中、上段が解析対象の心電図波形であり、下段が抽出波形である。

3. 早期認知システムの検証とリアルタイム表示

筆者らの開発している早期認知システムは、杏林大学高度救命救急センターにおいて、その有用性を検証している。実際には、次のような手順で検証作業を行っている。

- (1) 心臓マッサージ中に記録される心電図波形とその波形を解析することによって得られる抽出波形を表示・記録。
- (2) 5 サイクル (約 2 分) 毎の心臓マッサージ間歇期の心電図波形と (1) の抽出波形との異同を検証する。なお、杏林大学高度救命救急センターに設置されているシステムでは、図 2 のように心電図波形データ、動画データ、音声データが記録され、どのような処置が行われている際にどのような心電図波形データが記録されているかを直ちに確認できるようになっている。

ところで、臨床現場による医療現場で用いられている心電図波形モニターでは、 $25 \text{ [mm/sec]} \pm 5\%$ の掃引速度で心電図波形データが表示 (リアルタイム表示) されている。これまでに筆者らの開発した早期認知システムは、 5 [sec] の心電図波形を対象としており、処理時間は 1 [sec] 未満となっているが、医療現場の心電図モニターと同様に心電図波形を表示するには、解析時間を 100 [msec] 未満にする必要がある。そこで、解析を行う心電図波形の記録時間を短くし、

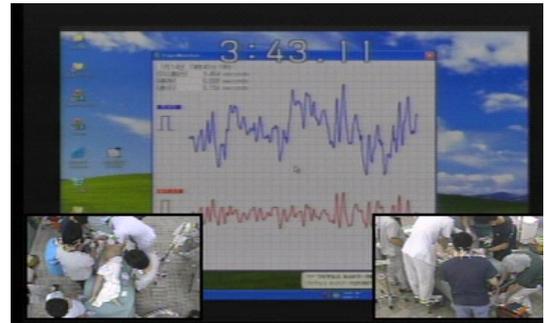


図 2 早期認知システムの医療現場での検証

検証用システムに記録される心電図波形データ 心電図波形リアルタイム表示シミュレータ

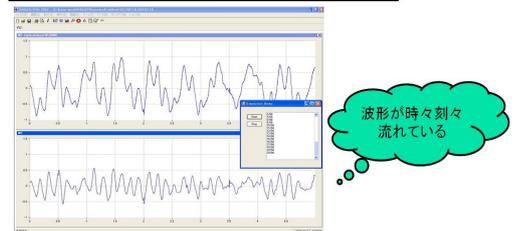


図 3 リアルタイムによる表示例

解析処理に用いている設計パラメータを調整することで医療現場の心電図波形モニターと同様の表示が可能となった[†]。また、医療現場に設置されているシステムとは別に、独立した心電図波形リアルタイム表示シミュレータを開発した (図 3)。開発したシミュレータは、医療現場で記録された心電図波形データを解析するために用いることができるのみでなく、現場の心電図モニターと同様の表示を行う際のパラメータを決定するためにも使用することができる。

4. むすび

本稿では、蘇生処置中の心電図波形を解析することによって、心臓本来の電氣的活動から得られる心電図波形を抽出するシステム、および心電図波形と抽出波形リアルタイム表示するシステムについて報告した。

今後は、提案するシステムの医療現場での臨床応用、および高精度化のためのカスタマイズなどを進めるとともに実用機の製作を進める予定である。

参考文献

- (1) 山口芳裕, 島崎修次, 萩野剛二郎, 大屋英稔, 桐岡茂, 岡井貴之: "心肺蘇生中の心電図解析に基づく抽出波形の早期認知システムの開発", 平成 19 年度消防防災科学技術研究推進制度研究課題報告書, 2008.
- (2) 山口芳裕, 島崎修次, 大屋英稔, 桐岡茂, 岡井貴之: "心肺蘇生中の心電図解析に基づく抽出波形の早期認知システムの開発", 平成 21 年度消防防災科学技術研究推進制度研究課題報告書, 2010.

[†] ただし、解析結果として得られる心電図波形データが、除細動を適用すべき波形か否かについては、処理結果を 5 [sec] 程度の波形に繋げ合わせて行うことに注意されたい。