W16　ウェーブレットパケットを用いた不整脈診断法の検討

奥正次郎＊　牧野秀夫＊＊　渡辺弘＊＊＊　石井郁夫＊　中静真＊＊　千吉良和明＊
＊新潟大学大学院自然科学研究科　＊＊新潟大学工学部情報工学科　＊＊＊新潟大学医学部第2外科

1．はじめに

従来、植込み型除細動器には確率密度関数(Probability Density Function：PDF)を用いた細動検出法が用いられている。この方法はアルゴリズム的に低消費電力のチップで動作可能なため広く使われている反面、細動と頻脈の識別において信頼性の低下が指摘されている[1]。しかし近年デバイス技術が進歩し、FFTやデジタルフィルタの構成も容易になったため植込み型装置内の細動検出部分への応用も可能となった。そこで、本研究では周波数解析の1つとしてウェーブレットパケットを用いた不整脈の識別を行うことを目標に、最適周波数帯域について検討した。

2．方法

2－1解析方法

2種類の信号の識別を行う際、判別分析法においてマハラノビス距離を用いる方法が提案されている[2]。この方法はまず2つの信号の差異が最も大きくなるように最適なベクトルを求め、次にベクトル上に射影された信号の間の距離を求める。この距離をマハラノビス距離とする。ここで、マハラノビス距離とは、座標軸に展開された展開係数の平均の間の距離を分散で割ったものである。この距離が大きいほど2種類の信号の差異が明らかとなり、2種類の信号を識別できることになる。

一方、最適ベクトルを求めるためには複雑な演算が必要となる。そこで、基底関数を求める方法としてウェーブレットパケットを用いる。ウェーブレットパケットはフィルタバンクを拡張し時間・周波数平面を任意のパターンに分割することができるフィルタである。ウェーブレットパケットにより得られる基底関数系はそれぞれ直交するために直交基底関数系が得られる。

次にすべての基底関数に対しそれぞれのマハラノビス距離を求め、それが最大となる基底を検索する。その結果、求めた基底関数が最適周波数帯域を表すことになる。また、求めた基底関数を元にウェーブレットパケット分割木を構成し最適周波数帯域のフィルタを得ることができる。

最後に求めた基底関数に信号を射影して得られた信号のヒストグラムを用い、2つのヒストグラムの境界をしきい値として識別する。

2－2実験方法

ネンブタール麻酔下の雑種成犬を開胸し、左前下行枝を徐々に結紮し不整脈を発生させる。次に大静脈よりバイポーラカテーテル電極を右心室に挿入、デジタルレコーダー（TEAC DR-M2a）を用いて心腔内心電図と第2誘導心電図を記録する（サンプリング周波数1 kHz）。

記録した心電図をもとに識別プログラムをWS上で実行する。ここでは洞調律と細動，洞調律と頻脈，頻脈と細動の3通りについて最適周波数帯域を求める。図1、2に洞調律、細動の波形をそれぞれ示す。心電図の1サンプルの長さは約0.5秒（512データ）で、100サンプルずつ用いる。

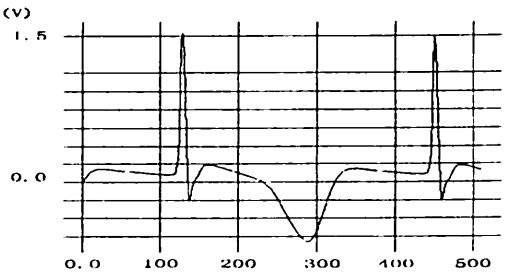


図1洞調律波形（1サンプル）

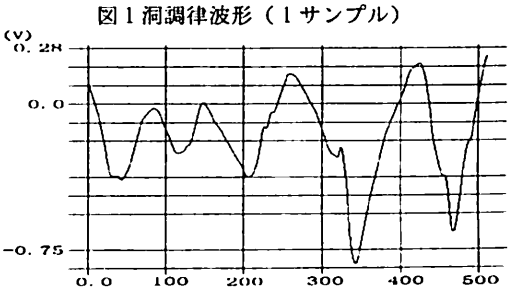


図2心室細動波形（1サンプル）

3．結果

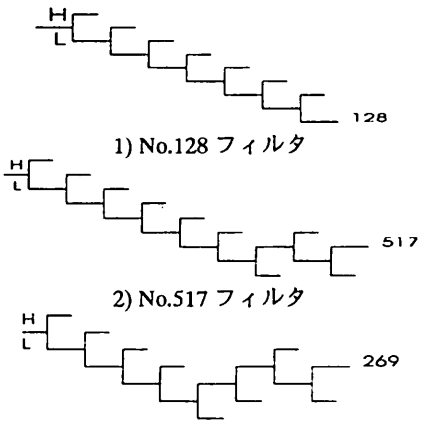
洞調律と細動識別において、それぞれの信号におけるマハラノビス距離が最大となるベクトルを検索した。その結果得られた最適フィルタを図3-1で示す（No.128フィルタ）。細動と洞調律の識別に最適な周波数帯域はローパスフィルタであり、最適周波数帯域は 0～3.4Hz であった。同様に頻脈と洞調律では図3-2で示すNo.517フィルタであり、最適周波数帯域は 9.7～11.7Hz であった。頻脈と細動では図3-3で示すNo.269フィルタであり、最適周波数は50.7～54.6Hz であった。最適と判断したベクトルに信号を射影した。洞調律および細動の結果を図 4, 図5に示す。

4．考察

心電図の不整脈診断における周波数解析に必要な周波数帯域を求めた。最適な周波数帯域が求まったことで、その周波数帯域だけを選択的に分析するハードウェアの設計を考えることができる。現在のところヒストグラムの分布において重なる部分があり、識別のためのしきい値を決定するにはいたらなかった。

具体的な識別のためのフィルタは、数タップのディジタルフィルタの縦続接続で構成できるために消費電力の面からも有利になると考えられる。

また、得られた最適周波数が 60Hz 以下にあることから、サンプリング周波数はより低く設定できるが、ペースメーカスパイク等の識別も考慮して 1kHz のサンプリング周波数を用いた。



1) No.128 フィルタ

2) No.517 フィルタ

3) No.269 フィルタ

図3 最適フィルタ

5．まとめ

マハラノビス距離を利用したウェーブレットパケットを用いて、洞調律と頻脈，洞調律と細動，頻脈と細動の3通りの信号の最適周波数帯域を決定した。今後の課題としては、より多くの症例でフィルタの出力を検討することと、長期の時間的変化に対応することがあげられる。

参考文献

[1] D. S. Khoury and B. L. Wilkoff, "Tachycardia Recognition Algorithms for Implantable Systems, "*IEEE Engineering in Medicine and Biology* vol. 9 no. 2, June 1990.

[2] 千吉良和明,中静真,菊池久和,石井郁夫,牧野秀夫, "時間・周波数平面における信号識別のためのウェーブレットパケット" 信学技報 DSP 95－65 1996

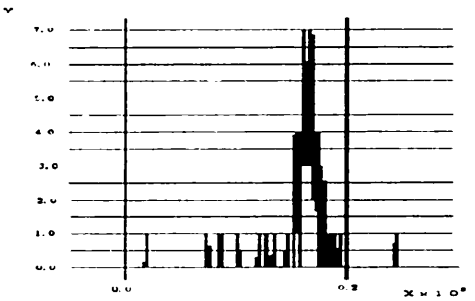


図4 洞調律のヒストグラム

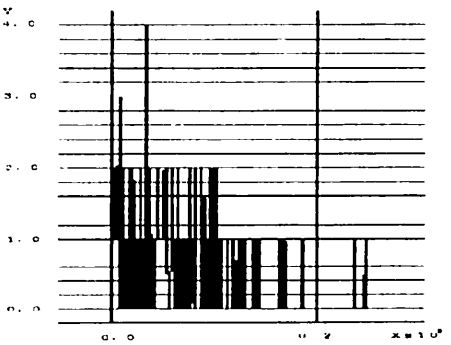


図5 細動のヒストグラム