

体表面心臓電位図の情報論的解析*

(非均質媒体の効果の解析)

7N-6

仲村 洋之, 小林 侖史†

埼玉工大・工学部

田中 博‡

東京医科歯科大学・難治研

1 目的

3次元ヒト胴体モデルを作製し、境界要素法により体内の各組織の抵抗率不均質性が体表面電位に与える影響を明らかにした。加えて、心電流源に対する情報構造を明らかにするためにKL変換による体表面心臓電位図の解析を行った。

2 方法

3次元ヒト胴体モデルは、間質組織、肺、心筋層の計3種類の不均質容積導体より構成した。各組織の境界面上での分割数はそれぞれ210,132,62点とし、合計404点とした。各抵抗率の標準値はRushらの実測値を用いた。心電源は心中隔心筋層内に、左右、体軸および背腹方向の計3種類の心双極子を設定した。まず、各組織の標準値を用いて基準となる体表面電位を求めた。次に、肺および間質組織の抵抗率を血液に相当する値から、骨に相当する値まで変化した。さらに、KL変換による特徴抽出を行い、非均質の効果を定量的に明らかにした。

3 結果

各組織の標準抵抗率を用いたシミュレーションの結果は以下に示す特徴があらわれた。背腹方向の心双極子では、胸壁面および背面に同心円状の等電

位線が現れた。側面のマップでは0電位線が前傾して体型や不均質媒体の影響が含まれて可能性が見られた。左右方向の心双極子では正負のピークが前胸壁面の肺部分に見られた。側面のマップでは正負のピークが前胸壁へ移動していた。体軸方向の心双極子では、やはり、正負のピークが前胸壁方向へ移動していた(図1)。

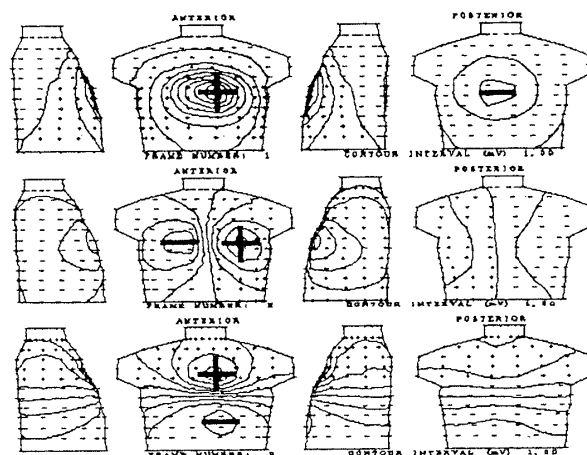


図1 標準抵抗率を用いた場合の体表面心臓電位図(各抵抗率は、心筋層: $408 \Omega \text{ cm}$, 肺: $2100 \Omega \text{ cm}$, 間質組織: $463 \Omega \text{ cm}$. 心電源は図上段より、背腹方向の双極子、左右方向の双極子、体軸方向の双極子)

KL変換による解析より、固有ベクトル、固有値、スコアには以下の特徴が含まれることが明らかになった(心電源は背腹方向の双極子)。

平均パターン : 前胸壁面が正、心臓付近にピークがある。背面は負、心臓付近にピークがある。側面は0等電位線が前胸壁頭部側から背面腹部へかけて斜めに位置している。前後双極子の明確なパター

*Informational Analysis of Body Surface Potential Mapping - An Analysis on Conductivity Inhomogeneous Effects

†H. Nakamura, H. Kobayashi, Dep. of Electronic Engineering, Saitama Institute of Technology

‡H. Tanaka, Medical Research Institute, Tokyo Medical and Dental University

ンとなる。

第一固有ベクトル：平均のマップと同様のパターン、正負となる。固有値より95%の寄与となる。

第二固有ベクトル：胸壁面心臓部分と背面中央部分が正、胸壁面両肺部分が負の4重極子状のパターンとなる。ただし、肺により左右の極が胸壁方向へ移動して見える。これは、側面のマップからも読み取れる。寄与率は6%である。

第三固有ベクトル：固有値が、1未満であり理論的には無意味と考えられるが、胸壁両肺部分が正、心臓部分、および、両側部分が負の4重極子状のマップとなる(図2)。

スコア：スコアは、最も変化の大きいのは第一固有ベクトルに対する変化である。しかも、間質組織の変化により大きく影響を受けている。間質組織および肺の抵抗率が增加するとともに増加する傾向を示している。つまり、体表面電位の大局的变化は間質組織の抵抗率により決定されることを現している。1つの間質組織の抵抗値の中でも変化するのは肺の抵抗率の変化による。この変化も間質組織の抵抗率により異なり、間質組織の抵抗率がより大きくなると肺による変化も大きくなり明確に現れることとなる。つまり、肺の抵抗の変化が一定でも間質組織の抵抗率が異なると、結果として現れる体表面電位図には大きな相違が生じることが理解できる。

第三固有ベクトルに対するスコアは1つの間質組織に対して上に凸の変化になる。ピークの値は、間質組織=162Ωの場合、肺162Ω、間質組織463Ωの場合408Ω、間質組織1225Ωの場合、1225Ω、間質組織2500Ωの場合、1225から2500Ωとなる。つまり、間質組織と肺の抵抗率が一致した場合に最大値を示す(図3)。

4 まとめ

順方向数値シミュレーションにより不均質媒体の効果を明らかにした。生体組織の不均質を考慮する場合にはピークの状況のみの検討でなくパターンとして考慮する必要があることが判明した。KL変換より、第一固有ベクトルは、固有値より95%の高い寄与率となった。また、各固有ベクトルに対す

る得点の解析より、体表面心臓電位図の大局的变化は間質組織の抵抗率により決定されることが明らかになった。

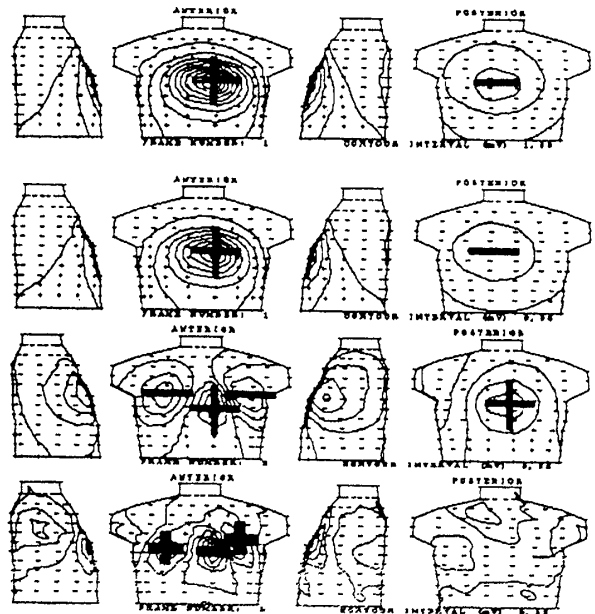
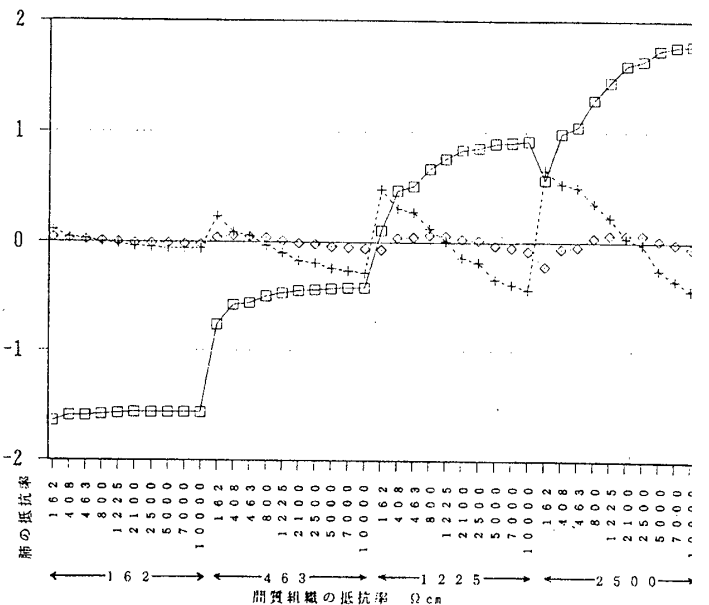


図2. 特徴ベクトルのマップ表示

(上段より、平均、第一固有ベクトル、第二固有ベクトル、第三固有ベクトルのそれぞれのマップ。心電源は背腹方向の双極子)



□ for 1st eigenvector + for 2nd eigenvector < for 3rd eigenvector

図3. 各層の抵抗率を変化した場合のスコア

(肺の抵抗率: 162~10000Ωcm, 間質組織の抵抗率: 162~2500Ωcm)