

マイクロ波聴覚効果の数値解析

Numerical analysis of Microwave Hearing Effect

渡辺 佳明 田中 利幸 多氣 昌生
Yoshiaki Watanabe Toshiyuki Tanaka Masao Taki東京都立大学 工学部
Faculty of Engineering Tokyo Metropolitan University

1 はじめに

パルス変調マイクロ波によって引き起こされる生体効果としてマイクロ波聴覚効果が知られている。

これは約 200 MHz~6.5 GHz の周波数のパルス変調波が人体に照射された時にポンポン、プープー、ピチピチといった音が知覚される現象で、その音は頭の中や頭の後ろから直に聞こえているように感じられる。

音が聞こえる原因はマイクロ波の吸収による生体組織の熱膨張であると考えられている [1]。つまり熱膨張により生じた弾性波が蝸牛で音として知覚されるということで、いくつかの実験結果もこの説を支持している [2]。

またこれまでに頭部の球モデルにマイクロ波の作る加熱を仮定した熱応力の計算がなされているが [1][3]、これらの計算は頭部の球による単純化だけでなく加熱の分布についても単純化しており、実際の頭部組織に発生する応力と異なる可能性がある。

そこで本報告では頭蓋骨などの組織の形状や不均一による影響を詳しく調べるために 915 MHz の平面波のパルス変調マイクロ波を照射した時の単純な球モデルと解剖学的モデルの熱応力の解析を行う。

2 計算手法

組織の熱応力を解析するためには温度上昇の原因である吸収電力を求める必要がある。本報告では連続波による吸収電力を FDTD 法により計算した。吸収電力を W とすると、熱の時定数は弾性波の進行に比べ十分長いので熱伝導が無視できるのでパルス波による温度上昇 T は

$$T = \frac{W}{\rho c} t \quad (0 \leq t \leq t_0) \quad (1)$$

$$T = \frac{W}{\rho c} t_0 \quad (t > t_0) \quad (2)$$

で与えられる。ここで ρ は密度、 c は比熱、 t_0 はパルス幅である。温度上昇による熱応力はラメの定数 λ 、 μ 、熱膨張係数 α を用いて

$$-\alpha(3\lambda + 2\mu)T \quad (3)$$

と表せる。この熱応力を弾性体の FDTD 法に導入し弾性波の解析を行う。

3 計算モデル

球モデルは、すべて脳で構成されている半径 7 cm の球と、その外側の 5 mm が頭蓋骨の層になっているものを用いた。モデルに用いた諸定数を表 1 に示す。

4 結果と考察

図 1 に数値解析により得られた球の中心での平均応力の波形を示す。また図 2 に文献 [1][3] の結果を示す。

図 1 と図 2 の波形は大きく異なっている事が分かる。だが、その大きさについては大体の一致がみられ文献 [1][3] での計算が妥当であることが示された。また、骨ありと骨なしモデルでの差はあまりなく、球モデルでは骨の影響が少ないことが分かる。

解剖学的モデルについては現在、計算を行っているところである。

表 1. モデルで用いた諸定数 [1,4,5]

	脳	頭蓋骨
密度 [kg/m ³]	1050	1700
比熱 [J/kg °C]	3860	1600
ラメの定数 λ [Pa]	2.240×10^9	6.923×10^9
μ [Pa]	1.052×10^9	4.615×10^9
熱膨張係数 [1/°C]	4.1×10^{-5}	1.06×10^{-5}
比誘電率	45.7	16.6
導電率 [S/m]	0.772	0.244

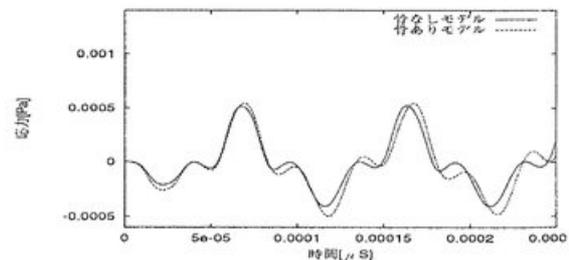


図 1. 数値解析による応力波形

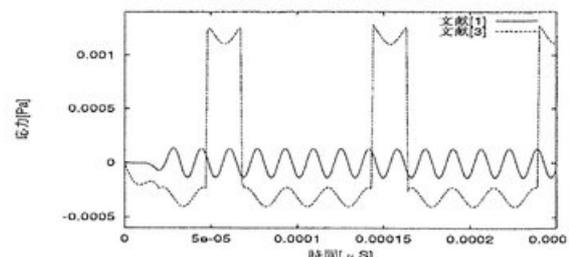


図 2. 文献 [1][3] の応力波形

参考文献

- [1] J.C.Lin, *IEEE Trans. MTT.*, vol. 25, no. 7, pp. 605-613, Jul. 1977.
- [2] C.K.Chouet *et al.*, *J. Microwave Power*, vol. 10, pp. 361-367, 1975.
- [3] 柴田 他, 電子通信学会論文誌, vol. J69-B, no. 10, pp. 1144-1146, Oct. 1986.
- [4] <http://www.fcc.gov/fcc-bin/dielec.sh>
- [5] V.K.Goel *et al.*, *ASME Journal of Biomechanical Engineering*, vol. 116, pp. 377-383, Nov. 1994.