

骨の音響刺激電磁応答の測定

Measurements of acoustically stimulated electromagnetic response from bone

農工大院工¹, 日本シグマックス (株)² ○内藤駿¹, 大野奈津美¹, 生嶋健司¹, 新実信夫²

Tokyo Univ. of Agri.&Tech.¹, Nippon Sigmax Co. Ltd.²,

○Shun Naito, Natsumi Ohno, Kenji Ikushima and Nobuo Niimi

E-mail: 50012644022@st.tuat.ac.jp

骨組織は主に無機ミネラルのハイドロキシアパタイトとコラーゲン結晶から構成され、コラーゲン繊維の配向性により外側の皮質骨と内側の海綿骨に分類される。骨粗鬆症をはじめとする骨の健康状態を知るために、通常、 μ CT や超音波測定による骨塩密度 (BMD) の測定が重要な指標の一つとなっている。一方でコラーゲン結晶の密度や配向性も骨の健康状態を知るためのパラメータとなるはずだが、非侵襲に評価する方法はまだ確立されていない。そこで我々は骨のコラーゲン結晶の圧電性[1]に着目し、超音波刺激により誘起される電磁応答 (Acoustically Stimulated Electro-Magnetic (ASEM) response) を測定してきた[2,3]。本研究の目的は、これまでのパルス法に加えて、より高感度な測定方法 (振幅変調された超音波照射による周波数分解測定) を用いて、ラット大腿骨における ASEM 応答と骨質との関連性を明らかにすることである。

ASEM 応答測定における重要な点は、振動子ノイズと微弱な ASEM 信号を分離することである。これまで報告してきたパルス法では、振動子と対象物間の距離を適度に設けることによって目的信号を時間領域で分離する (Fig.1) 一方、振幅変調された超音波を用いる方法では、目的信号を周波数領域で分離する (Fig.2)。連続波の位相干渉性を利用する周波数分解測定では、有効的な信号積分時間が長いため、パルス法に比べて S/N 比が大幅に改善する。ここで、搬送波周波数は 10MHz、変調周波数は 1-50kHz を用いた。振動子と対象物間の距離が変調波周波数における音波波長の $n/4$ (n : 奇数) のとき、振動子ノイズと ASEM 信号の位相差が 90 度となり、その結果、ロックイン検出により振動子ノイズと目的信号はそれぞれ実部、虚部に分離される。 (Fig.2)

これまでのパルス法を用いた研究により、膝関節部分に近い骨幹部分の皮質骨において ASEM 信号強度が最大になることが見出されている (Fig.3) [3]。この傾向は、右足、左足、および他の個体においても観測されている μ CT を用いた分析では、ASEM 信号強度と BMD に逆相関が見出されており、骨質との関連性を示唆している。本講演では、新たに開発した上記振幅変調法を加えて、発生電磁場の異方性、スペクトル、イメージング結果を分析し、骨質との関連性を議論する。

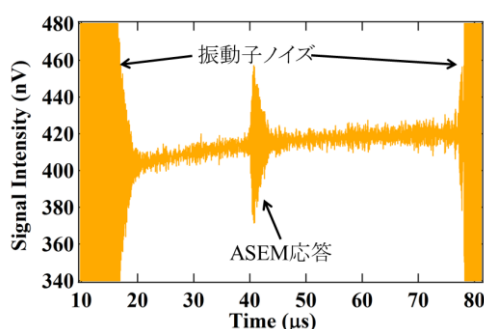


Fig.1 Typical Example of pulsed ASEM signals.



Fig.3 ASEM imaging of a rat femur.

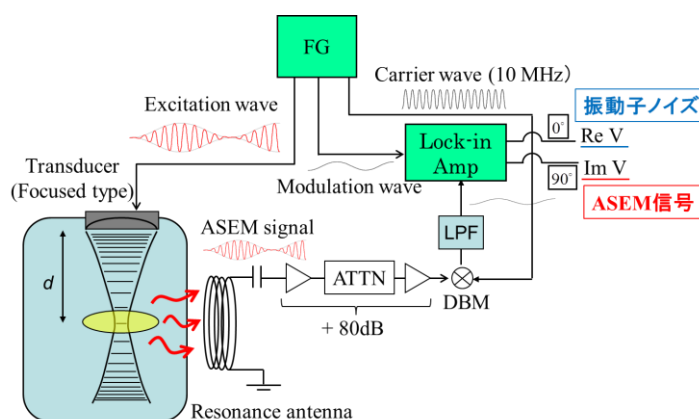


Fig.2 Schematics of the amplitude-modulation method.