パルス圧縮法を用いた音響誘起電磁応答の高速測定

High-speed measurements of acoustically stimulated electromagnetic response using a pulse-compression method

農工大院 [1] ○(M1) 伊藤 和馬 [1], (M1) 皆藤 信人 [1], 新実 信夫 [1], 生嶋 健司 [1]

Tokyo Univ. of A&T [1], °Kazuma Ito[1], Nobuto Kaitoh[1], Nobuo Niimi[1], Kenji Ikushima[1]

E-mail: s210539u@st.go.tuat.ac.jp

超音波技術は医療や工業分野など幅広い検査・診断に応用されているが、エコー法を始めとする通常の超音波計測では対象物の力学的特性を評価し、その電気・磁気的特性をプローブしていない。我々は、物質の電気・磁気機械結合を通して、超音波により誘起される電磁応答（音響誘起電磁（ASEM）応答）を測定する手法を開発してきた[1-4]。強磁性体に超音波を印加する場合、磁気機械結合により磁気分極が超音波変調され、それに伴い周辺には交流磁場が発生する。この超音波誘起する交流磁場を検出することにより、磁気イメージングや磁気ヒステリシス測定が可能となっている[2, 3]。一方、誘電体に超音波を印加する場合、電気機械結合（圧電効果）を通して電気分極が超音波変調され、周辺には交流電場が発生する。この原理を利用することにより、骨、腱、大動脈壁などの繊維状生体組織においても圧電分極が確認されている[1,4]。ASEM 法は、工業検査から医療診断応用の可能性を有しているが、その信号振幅は通常の超音波エコーよりも３桁以上小さいため、信号検出には 1 s 以上の積算時間を必要とする。特に、過渡現象の観測や画像化には大きな障害となる。本研究の目的は、パルス圧縮技術を用いて、ASEM 応答の測定時間を大幅に短縮することである。パルス圧縮技術とは、変調した連続波を送信することにより、時間当たりの送信エネルギーを増加させる（つまり、測定時間当たりの SN 比を改善する）手法である。本研究では、符号化（M 系列）した連続超音波を照射し、送信波形との相関を取ることにより、パルス実験と同等の ASEM 時間波形を取得することを試みた（Fig. 1）。パルス圧縮により得られたアキレス腱（ウシ）からの ASEM 信号（圧電分極）波形を Fig.2 に示す。想定通りの信号波形に復元され、従来のパルス測定と比較して、測定時間は 1/1000 に短縮された。

[1] K. Ikushima *et al.*, Appl. Phys. Lett. 89, 194103 (2006). [2] H. Yamada *et al.*, Rev. Sci. Instrum. 84, 044903 (2013). [3] Y. Suzuki *et al.*, IEEE T-UFFC, 67.4, 825-831 (2019). [4] K. Ikushima *et al.*, Phys. Rev. Let. 123, 238101 (2019).

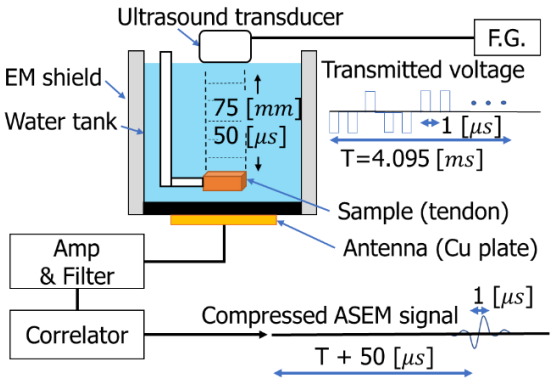

Fig. 1. Schematics of setup.

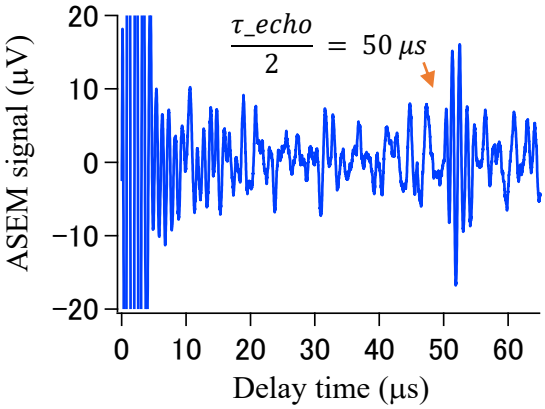

Fig. 2. Time trace of a compressed ASEM signal from a tendon.