

キーワード：非破壊検査、超音波、欠陥、探傷

概要

超音波探査映像装置は、超音波を物体内に伝播させ、物体内からの反射波を計測することにより、物体の表面下に存在する欠陥の形状、寸法および位置を非破壊で調べることができる装置です。また、表層を伝播する表面波が励起できる場合には、その音速を計測することにより、表層の密度や剛性に関する情報を得ることも可能です。ここでは、探傷への利用例に限定し、測定例を交えて測定原理と本装置の性能について解説します。

超音波探傷法

図1に超音波探査映像装置（日立建機HSAM210）の外観図を示します。装置の主要部は、水槽、超音波トランスデューサー、三軸スキャナーからなります。

図2に装置主要部の模式図を示します。測定対象物を水槽内に入れ、液体（通常は水）を満たします。トランスデューサーから放射された超音波は、液体を介して試料に入射します。超音波の伝播経路内に欠陥や接合面などの音響的な不連続面がある場合には、これによる反射が起こります。この反射波を前述のトランスデューサーで受信します。反射波が現れるまでの時間は、不連続面の表面からの深さを反映し、反射波の強度と位相は、不連続面を構成す

る2つの物質の物性差（密度と音速の積の差）を反映します。さらに、トランスデューサーをx-y平面内で走査することにより、これら諸量の面内分布を知ることができます。

なお、液体中で測定を行う手法を水浸法と呼びます。この液体はカップラントと呼ばれ、トランスデューサーから試料に効率的に超音波を送るため、また、試料表面の凹凸の影響を軽減させる目的で用いられます。本装置では、基本的に水浸法しか利用できませんので、試料は液中に浸しても支障のないものである必要があります。加えて、水槽の寸法（約350mm×350mm×60mm）より小さくなくてはなりません。

分解能および観察可能な深さ

分解能ならびに観察可能な深さは、ともに、トランスデューサーの性能に強く依存します。表1に、当研究所が有するトランスデューサーの性能一覧を示します。また、図3に、超音波が収束する様子を表す模式図を示します。ここで、表1に挙げた焦点距離 f 、ビーム径 D_w は、図3aに示した各寸法に対応します。x-y面内での分解能はビーム径 D_w 程度となります。なお、表1の数値はすべて水中での値であり、材料内では若干異なる値になりますので、あくまで目安として参照して下さい。

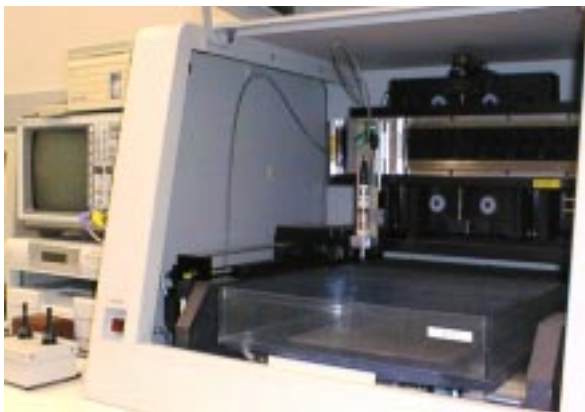


図1 超音波探査映像装置外観

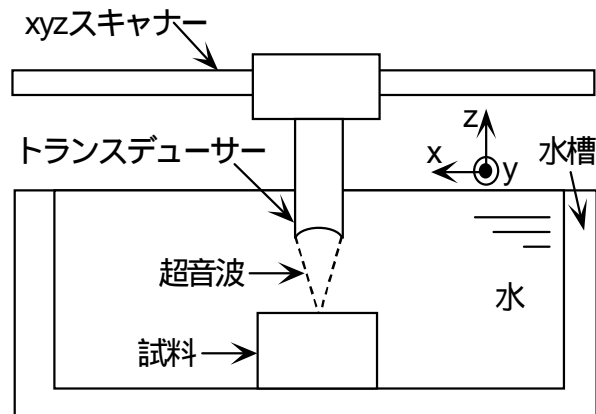


図2 超音波探査映像装置の模式図

表1に示したとおり、超音波の周波数が高いほど分解能は高くなるとともに、焦点距離は短くなります。したがって、高分解能測定ができるのはごく表層に限られます。なお、図3bに示すように、試料内部に焦点を下げると、境界面で両媒質の音速の差異に起因した屈折が起こるため、焦点距離が実質的に短くなることから ($f > f'$)、観察できる深さは水中での焦点距離より小さくなります。屈折の程度はおおむね両媒質の音速比で生じ、例えば水（縦波音速約1500m/s）から鉄鋼（同約6000m/s）に入射する場合、焦点距離は水中でのその1/4になります。また、伝播にともなう超音波の減衰は周波数が高いほど大きいため、減衰が強く現れる材料（例えば鋳物や軟質プラスチックなど）では、一般に、高周波の超音波を用いた測定は困難です。

表1 所有トランスデューサーのスペック

周波数 (MHz)	焦点距離 (水中) f (mm)	ビーム径 Δw (μm)
10	25	560
25	10	130
50	12	80
100	1.7	6
200	1.2	6

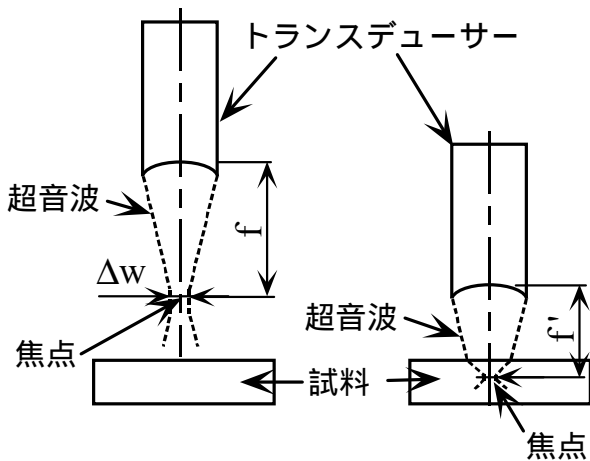


図3a 水中焦点

図3b 試料内焦点

測定例

図4aに、ある種のセラミックスの表面に超音波焦点を合わせたときの超音波像を示します。像内の各部位における輝度は、その部位の反射エコーの強度に比例しています。図によると、視野の中心付近から下方に向けて伸びるクラックが認められます。目視による観察結果もこれと同様でした。

図4bに、同一視野のまま焦点を試料内部に下げた時の超音波像を示します。表面焦点あるいは光学的な観察結果とは異なり、視野の上方に伸びるラインが認められます。これは表面下に存在するクラックである可能性が高いと考えられます。

このように、超音波探査映像装置では、光学的には観察することができない不透明な材料に対しても、非破壊で内部を観察することができ、トラブル解析や品質向上を図るツールとして威力を発揮します。

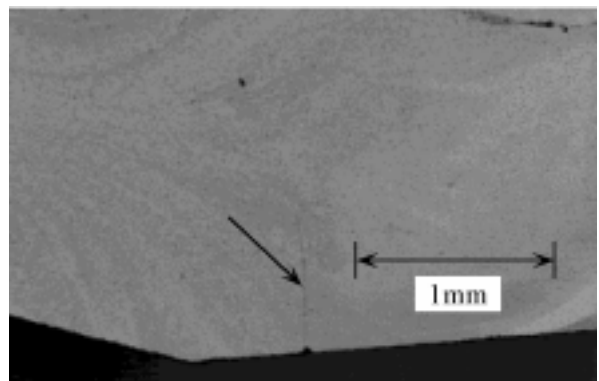


図4a セラミックス表面像 f=100MHz

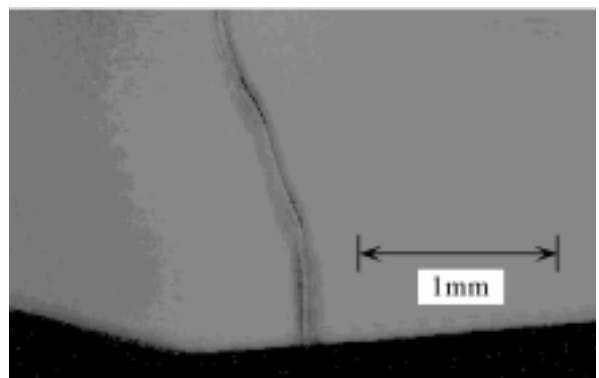


図4b 内部焦点像 f=100MHz