

Ⅲ 画像診断の最新動向

1. 超音波技術の進歩と臨床的有用性

——超音波技術の誕生から産科領域への臨床応用、そして、施行基準の標準化に向けて

増崎 英明 長崎大学医学部産婦人科

超音波技術の進歩： 開発から臨床への導入まで

タイタニック号は、1912年にイギリスからニューヨークに向けて出航した。出港して5日目に大西洋上で沈没し、1500名あまりの死者を出した。豪華客船の処女航海であり、英米の著名な実業家や富豪が乗船していた。乗船者の半数は生き残ったので、それらの証言が多く残され、何度か映画にもなった。当時、最大の巨大客船で不沈を標榜していたため、英国の威信は大いに傷ついた。

1. 超音波反射法の開発

タイタニック号は氷山との衝突で沈没した。そこで、氷山を目視ではなく、より精密な方法で探知する方策が一斉に研究され始めた。その過程で超音波が注目された。超音波は、空気中は減衰のため使えないが、水中では1500m/sという低速で伝播し、周波数が高いほど集束するという探知機としては理想的な性質を有している。ところが、高い周波数の超音波を作り出すことは容易ではなかった。結論から言えば、難問中の難問であった高周波の超音波発生は、ピエール・キュリーの弟子であった（そしてピエール亡き後、その妻マリー・キュリーの恋人に擬せられた）ランジュバンにより、水晶版に電圧をかけてピストン運動を誘発することで成功した。ランジュバンは、セーヌ川で水中の氷を検出して

みせたと言われている。タイタニック号沈没から2年後の1914年に第一次世界大戦が始まると、ドイツは戦闘機や戦車など新兵器の開発を進めたが、なかでも、潜水艦は無差別の輸送船攻撃で破壊的な戦果を挙げた。

こうして当初、航海の安全のために計画された超音波探知機は、急きょ、潜水艦探知機（ソナー）として再開発されることになった（図1）。第二次世界大戦では、空気中の索敵装置であるレーダーを加え、さすがのUボートも海中ではソナー、浮上すればレーダーにより探知され、その利用価値を失っていった。

2. 超音波ドプラ法の開発

上記は音の持つ“反射する”という性質を応用した成果であったが、第二次世界大戦では、もう1つの音の性質であるドプラ効果を応用した兵器も開発された。音の周波数は移動する物体に近づくとき高く、離れるとき低く変化する。この現象は、発見者であるウィーン大学の物理学者にちなんで“ドプラ効果”と呼ばれている。さて、わが国のゼロ戦は、他国の戦闘機を圧倒する性能を誇ったが、1943年に米国は戦闘機対応の砲弾開発に成功し、そのため日本機の撃墜される頻度は飛躍的に上昇した。米国軍は、ドプラ効果を探知する装置を信管に組み込んだのである。戦闘機が砲弾に近づくと、その周波数が微妙に変化する。その周波数の変化をとらえて爆発するので、命中率は飛躍的に増大した（図2）。

こうして第二次世界大戦における音響工学の進歩は、潜水艦探知機（ソナー）として適用された反射法、また、対戦闘機用砲弾として開発されたドプラ法にまで及び、後に、医用超音波装置として活躍する基礎がつくられた。すなわち、反射法は後の超音波断層法、ドプラ法は血流速度計測器へと発展する。

3. 超音波の臨床への導入

戦時中に開発された技術は、戦時中こそ門外不出だが、戦後は平和利用される。超音波についても、戦後は日本で魚群探知機としていち早く製品化された。その魚群探知機は、やがて海を渡り、欧米の医学研究者によって、そのままヒトの頭に応用されたと言われている。世界の科学者が最初に超音波検査の対象と考えたのは、いずれの国も脳腫瘍や頭蓋内出血の非侵襲的診断であった。しかし、骨は超音波が最も苦手な対象であり、魚群探知機で使用した2MHzという比較的低い周波数では細かい描出は困難だったはずである。現在、産科では5～7.5MHz、乳房検査には10MHz程度の高い周波数が使用されている。

子宮内にいる胎児は、その環境が潜水艦や魚類に類似しており、超音波の対象としてまさに理想的である。しかしながら、子宮内という聖域への挑戦がためられたのか、1960年代に至るまで検討されることはなかった。頭部以外に適用されてからの反射法の著しい発展と医学への幅広い応用については、いまさら