



超音波研究につき思い出すことども

青柳 健次*

今日は日曜日（昭和55年9月21日）、例によって朝日の日曜版を楽しみながら見ておられますと「超音波は大丈夫？」という見出しで26歳の主婦からの質問が載せられていました。その要点は開業医の所へ行ったところ超音波診断装置で診断され妊娠2カ月と言われたが、この時の超音波照射が胎児に悪い影響を与えるのではないかということでした。この質問に対する中野産婦人科医院の院長中井剛先生のお答は次のようでありました。すなわち「今日この超音波診断装置は身体のあらゆる部分に適用されているが、私達および外国の学者の動物実験をやった結果少しも悪い影響がない。」ということで、私自身も非常に心強く思った次第です。と申しますのは10年程前私が日本超音波医学会の会長をやっておりました時に、和歌山医大で超音波の胎児に及ぼす影響についてのパネルディスカッションがありました。当時は前述のような動物実験のデータはありませんので甲論乙駁で座長の足高義雄教授（産科婦人科専攻）も裁定に苦心しておられたので私は「チェンナーの吾が子に種痘を試みた例」をあげ、どうしても超音波を使う以外に方法のない場合は結果のみを必要以上に危惧することなく超音波を使用すべきである。そうしないと学問の発展はないと主張して大方の賛成を得たことを思い出します。これは蛇足ではありますが家内と一緒にロンドンのハイドパークに遊んだ折チェンナーが子供に種痘をしている銅像を見出し当時を思い出し誠に感深いものがありました。チェンナー勇気のお蔭で私共の顔にはあばたの跡方もなく医学研究がどれ程貴いものであるかを実証して余りありと感じた次第です。そのようなわけで超音波の医学における応用はこの4～5年来目覚ましいもの

があり着々とその成果を挙げております。

この55年6月京都府会館で第36回日本超音波医学会が3～4～5日に亘り盛大に開催されましたがその件数は468件に及び5つの会場はどこも満員の成況でありました。また中国の代表団が同国の超音波医学の現状を説明したのも非常に意義深いものがありました。超音波の医学面への応用は心臓の弁膜の運動の直接観測、脳の中央線の位置測定（自動車事故の時等必要）、先に述べました産科に於ける胎状奇胎、胎児死亡、子宮外妊娠、発育異常、前置胎盤の早期発見等その有効、確実性は目を見張らせるものがあります。私の直接体験として特に印象の深かったのは私の娘のお産の際、超音波心音計によって胎内における吾が孫の元気な心音を聞いた時であります。ザッザッと聞えてくる心音は実に鮮明に孫の生命の躍動を私に知らせてくれ、私は本当に神に感謝したい気持ちになりました。この超音波ドップラー効果を用いた超音波心音計は私達友人であった里村君が世界で最初に作ったものでありまして、里村君の功績を今更ながら思い出した次第です。ただ残念なことは里村君はこの装置を完成して間もなくも膜下出血のため40代の若さで手塩にかけた超音波心音計の今日における普及ぶりも見ず逝去されたことでもあります。

さて超音波がこのように医学に応用されるようになったのは実は超音波に全く素人のお医者さんの直観から始まったものであります。無線に於いてアマチュアが短波の実用化に大いに貢献があったように、素人のとらわれない発想は思いもよらぬ大発見をもたらすものよい例であります。

それは今より30年程以前、終戦直後のことでもあります。当時世の中は全く混乱状態でありましたが当時海軍の探信儀を使用して魚群を発見

* 青柳健次 (Kenji AOYAGI), 大阪大学名誉教授, 工学博士, 電気通信工学

することに長崎の一青年が成功したという新聞を当時の順天堂大学の田中憲二教授（外科）が見られ、魚群の位置が超音波によって判るなら癌の深さもこの超音波探信儀の原理によって測ることができるのではないかということを考えてつかれたのですが、同教授は早速東京工大の実吉純一教授（超音波専門）に相談されたのであります。これがきっかけとなって今日の日本の超音波医学はこれ程の発達を来たしたわけでありす。

私も超音波の研究を昭和7年頃より始めておりましたので勢いこの研究のグループへ参加してお手伝いをするようになったわけでありす。誠に幸運と言わざるを得ません。

さて超音波が開発使用されるようになったのはこれも例にもれば戦争の結果であります。第一次大戦で独乙の潜水艦が大西洋をあばれ廻り聯合軍を非常に苦しめたわけですがその時戦時研究員として出て来ましたのが磁気理論で有名な College de France の Paul Langevin であります。彼は J. Curie および P. Curie 兄弟によって発見せられた電気石（Tourmaline）等の圧電気現象を利用して超音波探信儀を完成し大いに聯合軍に寄与したのであります。圧電気は piezo electricity と申しますが piezo とはギリシャ語の $\pi\acute{\epsilon}\rho\omega = \text{to press}$ から来ており、例えばマッチ箱（ $2 \times 4 \times 1 \text{ cm}^3$ ）位の大きさの水晶板に60kgの私が乗ったとしますと実に270 volt の電圧が出るのであります。この逆現象を使用して水晶に270 volt の電圧をかけてやりますと60kgに相当した歪力が出るわけでありす。これは熱膨張と同じでありまして、水晶の中に非常に大きな歪力が生ずるわけでありすから、空気と異なり非常に硬い水という媒質に音波を放射するにはインピーダンスがうまく整合して非常に能率がよいわけでありす。このことについて思い出すのは私の失敗であります。私は超音波を出すためにデュラルミンの円筒の末端にコイルを捲き、動電式にして円筒を駆動したところその共振時には空中に強い超音波を出し、アルミニウムの硬貨が宙に浮く程でしたが、水中では全々だめでありまして、動電式の線輪による駆動力はとうてい piezo の歪

力とは比較にならぬ程小さいから水中に超音波を放射することはできません。このことは恩師の抜山平一先生にすぐ指摘されたことを思い出します。

本年（昭和55年）工学部が創立されてから51年目、半世紀すぎたわけでありす。私が阪大に就任しましたのは昭和6年でありす。明昭和56年は満50年目に当るわけでちょうど半世紀になります。このたび阪大工学部50周年誌が発行されるそうですが、かつて私は25周年の際に通信工学科の25周年誌を書かしてもらいました。懐しい思い出で一杯であります。昭和6年当時の阪大の電気工学科は誠に貧弱なものでして電気工学の実験装置等殆んど見るべきものはありませんでした。そのような関係で私は昭和7年当時いわゆる弱電工学では一番充実していた東北大学に内地留学生として弱電の研究に派遣されたわけでありす。私は無線の研究をやる予定でしたが指導教官である抜山平一先生が磁歪振動子の研究をやってはどうかということで磁歪振動子による超音波音源の研究を始めたのです。

当時東北大学では雄山平三郎講師が前述の水晶振動子による超音波の研究をしておられ、私はこれを見学することにより非常によい勉強となりました。雄山さんは後阪大の音響科学研究所の教授所長になられ超音波の研究には数々の功績を残されました。

この時代の探信儀は Langevin の発明した水晶片をモザイク状にして直径70cm位の2枚の鋼鉄円板の間に貼りつけたものでありまして、その接着剤にはグリースに松やにを混ぜたお粗末なものでありまして、戦艦陸奥が一発大砲を撃てば一度に壊れてしまいそうで、私が海軍技術研究所でひそかに見せてもらった時は非常に心細く思った次第であります。私共は当時このようなものの代りとなる磁歪振動子を研究しておったわけでありす。因に上記の探信儀は Langevin の特許になっておりました。〔P. Langevin, Procède et appareil démission et de réception des ondes elastiques du quartz. Franz Pat., Nr. 505703 (1918)〕

昭和18年頃海軍技術研究所を訪れた時当時の

久山多美男大佐が秘密だがと見せてくださったのは駆逐艦の沈没したのを探知したときの写像でしたがマストまではっきり写っていました。これが後日魚群探知機の発達之源になっているわけであります。話はそれでしたが前述の如く私は水晶振動子でなく磁歪振動子の研究を東北大学の通信研究所で始めたわけであります。基本的な研究として磁歪振動子の運動インピーダンスの測定を20 Kc のブリッジを組んでやっておったわけですが、1 Kc 用の測定器を使って試験をやっているのではなかなかバランスがとれません。それを抜山先生が見られ、一点でもよいから数値でデータを出せと言われてました。その後研究が進むにつれて実験はうまく行くようになり昭和9年にはNA型磁歪振動子（Nは抜山、Aは青柳の頭文字）の発明となりこれは第二次大戦中 Langevin type に代って兵器に採用され大々的に製作されるようになり大戦中活躍したのであります。

戦後私の耳に日本の潜水艦伊号58号がこの探信儀を使用して、サイパンより東京襲撃に原爆を積んで東京に向けた米重巡インディアナポリスをサイパン沖で撃沈して東京を原爆の被害より救ったと言う事が入りお蔭で自分の研究が東京を原爆より救ったかと大いに喜しく思った次第ですが、詳細を知りたくて伊号58号の当時の艦長橋本以行大佐が川重に戦後おられることを知り御手紙を出して実情を伺ったところ、橋本以行著：伊号58号帰投せり、鱒書房(昭和30年)を送って下さいました。それにインディアナポリス撃沈した時の様子が詳しく書かれてありましたが、私共の考案した探信儀はインディアナポリスを水中でロケーションするのに使われたのではなく、撃沈後潜航退避するとき大いに使用された由です。実際の撃沈は夜間浮上して潜望鏡により目標を定め撃沈された由でがっかりしたわけではありますが、インディアナポリスがもしそのまま東京へ進行して原爆を使用したならば日本はどんなことになったかと思うと冷汗が出る感じであります。橋本さんのこの功績は余り世に知らされておりませんが、日本の大恩人と言う事ができましよう。因に橋本さんは私共の尊敬する電気磁気学の大家元東大教授後藤以

紀さんの御実弟であることも誠に奇縁と言わざるを得ません。10年程前広島へ行った折原爆資料館でインディアナポリスの航跡の図を発見し改めて感銘を深くした次第です。

さて話は少し横にそれましたが、前述の運動インピーダンスの値を一点でもよいから取れと言われた抜山先生の言葉であります。そのような研究精神は阪大に帰ってから2～3年してからそれがガリレイの科学方法論に一致していることを発見し、非常に感銘を深くしたのであります。と申しますのは阪大に帰ってからも相変わらず超音波の研究をやっておったのであります。ある日、巴陵宣祐医博(元京大講師)の論文「現代の生命観」を読んでいる中に、次の言葉を発見したからであります。すなわち氏曰く「ガリレイは学術研究の上に新しい方法と新しい考え方をもたらしたのであったが、彼の新しい方法というのは実験と数学的分析とによって物事を観るという方法であった。彼は科学とは測定なりということをはじめたのであって、彼自身の言葉で言えば、測定し得るものは之を測定し、測定し得ざるものはこれを測定し得るようにする、というのが彼の学問探究方法の特徴であった……」(毎日新聞昭和12年7月3日号)と論述しているのであります。

ガリレイは近代科学方法論の祖と言われ、彼の方法論は **Metodo Compositivo, Metodo Resolutivo** (総合と分析)と言われ有名であります。私には上記の巴陵博士の言葉が非常にピッタリと来るのであります。ともあれ、抜山先生の科学的方法論はガリレイのそれと全く同じであることを発見し、一層先生の偉大さを見直したわけであります。それ以後私はこの言葉を大きく紙に書き各研究室の壁に貼り、学生ならびに研究生の心の糧としたのであります。効果は靦面でありまして、小生の指導した卒業生の提出した学位論文の末尾の謝辞に先生の教えにより研究に行き詰った折、いつも研究室の壁に貼ってあったガリレイの言葉を思い出しては壁を突き破って行きましたというのが数多くありました。なおガリレイの方法論の中の終りの測定し得ざるものは之を測定し得る如くせよと言う言葉が科学の発展には一段と上の指導精神

でありまして、この精神により八木アンテナ、トランジスター等々が生れたのであります。このことを京都の立石電機株式会社で講演をしたところ非常に喜んで下さいまして次のように英訳して研究室の壁に貼って頂きました。

Methodology for Science of Galiles Galilei: — Measure what it can and make measurable what it can not.

これを見るイタリアの見学者は非常に喜ぶそうです。

ガリレイの科学に対する指導精神は以上の如くであります。磁歪現象研究の大家本多光太郎先生の指導精神もまた非常に实际的で有効でありますので次にそれを紹介しておきましょう。先生は磁気の研究では長岡半太郎先生と共に世界の第一人者でしたが、磁気現象の理論の手掛りとして鉄の単結晶の磁歪の研究を盛にやっておられました。その結果の一例は鉄の単結晶の(110)の方向の磁歪は磁界の強さに従って始めは正の方向にのびますがある磁界の強さに達しますと逆に縮み始めるのことであります。先生はこの現象は鉄の内部に相反する因子が存在し、一方が他方の作用を抑制しており一方が飽和に達した点から今まで抑制せられていた因子が優勢となって反対の現象が現われるのである。これは他の物理現象に於ても共通なことであるからこの点を注意して研究せよということでした。誠に味のある指導精神で私はこの指導精神を上記ガリレイの指導精神と共に学生に教え常に注意を促しておりました。

当時(昭和8年頃)東北大学の金属材料研究所に増本量教授がおられ磁歪材料の研究を盛にやっておられ鉄コバルト合金が非常に磁歪が大きい等の研究を盛に発表しておられました。戦争が始ってから日本にニッケルが次第に減って来て遂にNA型の磁歪材料にこと欠く懼れが出て来ました。その時増本教授はNiの全く不要で磁歪効果は在来の材料と全々変らぬ鉄とアルミニウムの合金を発明されたのであります。私はこれを見て学問的基礎研究が如何に大切であるか、また科学は無から有を生ぜしめる力があることを身に染みて知らされた次第です。私共はこれをアルフェロと呼んでおりましたが、

アルフェロのお蔭で戦争中磁歪材料にことを欠かさず戦後もこれが魚群探知機に大いに使用されたのであります。

さて抜山先生が磁歪振動の研究を始められたのは日本に水晶が不足であるからでありました。そこで磁歪の研究は金研が世界一の伝統があるのに目をつけられたわけです。先生は常に論語の一以貫之(いつもってこれをおこなう)ことが凡ての生活の根源であると言われておりました。すなわちあれもやりこれもやるということは邪道であって必ず失敗する。一つのことをやり遂げるにも非常に労力があるのにあれこれやるということは、自分では非常に活躍しているつもりでも、他の専門家から見れば幼児に類することをやっていることになる。十分注意して自分で一つの専門を身につけ、これに徐々に枝葉を咲かせて行くべきであると諭されました。先生は金研の伝統を大切にされたわけです。その意味で無線工学の講座をもった私は無線の研究もやりましたが未だに超音波の研究をやっておるわけでありました。そのお蔭で先日(昭和55年6月3~4~5日)日本超音波医学会が京都で行われた際元会長の意味で招待されると共に若い会員の方々とも討論する機会を得ました。前述のように468件の研究発表が行われ5会場が満員の盛況でありました。

終戦直後阪大産業科学研究所の加藤金正教授と共に超音波研究の前途につき悲観的見通しをしておったわけではありますが、結果は超音波探信儀が魚群探知機、超音波医学を生み、人類の生活に直接貢献するようになったことは私には誠に喜びに耐えない所であります。私は本年すでに73歳、智力、体力ともに衰えておりますが、恩師抜山先生の一以貫之の精神で、幸にも魚群探知機の専門メーカー古野電気株式会社に席をおかして頂いていますので、佐藤一斎の名言

幼にして学べば壯にして為すことあり
壯にして学べば老いて衰えず
老いて学べば死して朽ちず

を体し死しても朽ちないよう超音波の研究をつづけて行きたいと思って居ります。

(昭和55年9月25日記)