順天堂医学 36 (2)
P. 176~188 (1990)

超音波医学**

Biomedical ultrasound

和賀井 敏 夫*

TOSHIO WAGAI, M. D.

本日ここに退職記念講演の機会を与えられましたことは私にとり非常な光栄であり、順天堂医学会および関係者に厚くお礼申し上げます。

演題の超音波医学は、私が昭和25年順天堂医科大学外科に研究生として入局以来、外科学の勉学と同時に超音波の医学的応用の研究に着手して以来、本年度で超音波医学研究満40年になる訳であります。この間、超音波医学は国内は勿論世界的にも医学領域に新分野を確立するにいたったのであります。

ここで特に申し上げたいことは、この超音波医学の研究特に現在世界的にも臨床医学に大きな貢献をなしている超音波診断法は、世界的に見ても順天堂で始められ順天堂で育てられてきたと言っても過言ではないという歴史的事実であります。また本学の研究施設である超音波医学研究センターは、基礎および臨床研究部を備えたもので、その後の世界における超音波医学研究所の文字通りの創始となったものであります。

しかもこれらの全く先例のない新しい学問領域の開拓が、大学当局のご配慮の下で多くの順天堂大学の同窓生の皆様の力により、講座の枠を越えた団結と協力により成就されたものでありまして、この機会にこれら大学当局と順天堂大学の同窓生の皆様にお礼を申し上げると同時に、心からなる敬意を表する次第であります。

またこの超音波医学研究40年の長きに汎り、超音波医学研究を通じ、親身なご指導を賜りました故有山 登先生・福田 保先生・田中憲二先生・山川邦夫先生・柿原辰雄先生等の恩師の先生方、また若くして亡くなられた研究仲間の先生方に心からなる感謝と共に、この記念講演を捧げるものであります。

索引用語：超音波，超音波診断，超音波治療，超音波断層装置，超音波映像法

Key words : ultrasound, ultrasonic wave, ultrasonic diagnosis, ultrasonic therapy, ultrasono-tomographic instrument, ultrasonic imaging technique

超音波医学とは

この超音波医学とは、医用超音波，Bio-medical

Ultrasound 等として、超音波関係者にとっては普通の言葉になっているが、比較的新しい学問なだけに、現在、十分認識されていない傾向もあるので、順天堂大学における研究の歴史と共に簡単に説明する。

超音波医学とは、一口にいうと表-1に示すように、超音波という弾生波、すなわち音波を医学的に利用しようという学問研究である。この超音波の利用は同じ音でも普通の可聴音とはかなり違った、

* 順天堂大学名誉教授，前順天堂大学医学部超音波医学研究センター教授

E.P. of Juntendo University, ex-prof. of Medical Ultrasonics Reserch Center, Juntendo University School of Medicine, Tokyo, Japan

** 第252回順天堂医学会学術集会〔Mar. 28, 1990 開催〕

〔May 21, 1990 原稿受領〕

表1- 超音波医学

—医用超音波技術, Bio-medical Ultrasound—	
超音波の通信情報の応用	超音波計測, 超音波探傷器, 魚群探知器, 測深機, 軍事的海洋利用など
超音波の診断的利用 (超音波診断法)	
強力超音波応用	工業的応用, 超音波加工機, 超音波溶接機, 超音波洗浄機など
	超音波の治療的利用 (超音波治療法)

非常に広範な利用が行われるようになってきた。このような状況下において、米国を代表する音響物理学者の Heuter 教授等は、20世紀の新技術として Electronics・Nucleonics に続く第3の New Wave として、超音波応用技術を総合して Sonics という概念を提唱している程である。超音波の医学応用はこれらの広範な超音波応用の一部であり、一般的応用同様超音波探傷器・魚群探知器や、軍事利用として現在最も重要視されている海中超音波探知などの超音波の通信情報の利用、この技術の臨床的応用が超音波診断といわれるものである。一方、強力超音波エネルギーの特異的作用を応用する強力超音波応用、この臨床的応用が超音波治療と呼ばれるものであり、超音波医学はこの診断治療両面での応用を含むものである。

今回は紙数の関係上、超音波医学の内超音波の診断的応用について、特に順天堂大学における研究の歴史について紹介する。

超音波の診断的利用

まず超音波診断に用いられる超音波画像の実例を供覧する。図-1は Octoson という装置で、8個の大型凹面振動子からなるパルス反射法の原理による典型的水浸機械式コンパウンド走査超音波断層診断装置の例である。図-2はこの装置でわれわれの研究室で描写された上腹部の5mm 間隔の連続スライス状横断像であり、約2分で30~50枚の連続的腹部臓器の横断面像が、造影剤無しで

図-1 全自動水浸機械複合走査式超音波断層診断装置の例

図-2 上腹部の5mm 間隔の連続超音波横断断層像

図-3 母体および胎児の超音波縦断断層像

映像化されているのが分かる。この像は約20年前のものであるが、超音波画像がこのような解剖学的に容易に理解されるようになったことが、超音波診断法の実用化を促したという意味で画期的な

図-4 リニア走査方式
電子スキャン超音波断層診断装置の例

図-5 胆石のリアルタイム超音波断層像の例

図-6 超小型電子スキャン超音波断層装置の例

図-7 水浸機械リニア走査式超音波断層診断装置の例

図-8 乳癌の超音波断層写真の例

ものであった。このように超音波を用いることにより、生体の任意の部位の任意の方向、任意の間隔での連続的断面像が短時間に全自動的に描写でき、しかも生体に無害で造影剤も不要であるという临床上の多くの利点を持っている。このような写真は最近では CT や NMR の普及により日常見慣れた像となっているが、これらの超音波断層像は CT が実用化される以前に既にこのような画像が得られており、しかもコンピュータも用いず、無侵襲検査法という利点を持って臨床に登場したのであった。この装置は肝・胆・脾・腎・卵巣子宮等の腹部臓器の診断に威力を発揮し、世界的にも超音波診断の評価を高めるのに大きな貢献をしたのであった。図-3は妊娠38週の胎児の縦断像の一例で、胎児の各部および子宮内構造が明瞭に描写されている。このように超音波画像診断は、

表-2 超音波映像法の原理

- ◎生体構造の形態映像化
- ◎生体の動態, 機能映像化
- I. 超音波断層法 (スライス状断面映像)
  - 1) パルス反射法 (エコー法)
    - Bモード, Cモード表示
    - 低速, 高速走査法 (リアルタイム断層法)
  - 2) 透過法
    - 超音波CT (音速・吸収)
- II. 超音波透過映像法
  - 超音波ホログラフィ
  - 超音波カメラ
  - 超音波顕微鏡 等
- III. 超音波ドプラ映像法
  - 血流映像

表-3 超音波断層法の臨床応用

心臓循環器疾患診断
産科(胎児)領域診断
腫瘍診断
乳腺, 甲状腺, 唾液腺, 眼球眼窩, 肝, 胆, 脾, 脾,
腎, 副腎, 後腹膜腔, 膀胱, 前立腺, 睪丸, 子宮,
卵巣, 肺, 縦隔, 胸腔, 脳, 骨, 胃, 腸, 軟部組織

表-4 超音波断層法の応用技術

超音波(誘導下)穿刺法
生検, 造影法, 吸引, 治療的利用
体腔内超音波断層法
経直腸, 経食道, 経尿道的利用
内視鏡的応用
術中利用
集団検診(スクリーニング)的利用

その特徴からその後産科領域で目覚ましい発展を遂げたことはご存じの通りである。当時は手動接触走査法断層診断装置の全盛時代で, 本研究センターにおいても各種の試作装置の開発に努めた。

以上の例は約10数年前の比較的最近の例であるが, この10年来各種機構の高速走査によるリアルタイム超音波断層法が急速に進歩し, 以上の装置に取って代わり, 心臓・腹部の検査を中心として

超音波診断法の主流の座を占めるにいたった。図-4は最も普通の電子スキャン装置の1例で, 図-5はこの装置による胆石像である。最近では図-6のような超小型の装置まで見られるようになり, 文字通り電気聴診器と云われたこともあった。図-7は乳腺・甲状腺など体表検査用の断層装置で, 図-8はこの装置による乳癌の像であり, 診断精度の向上と共に広く利用されるようになってきた。このようにリアルタイム断層装置を初めとする超音波診断装置が今日の急激な発展をみたのは, 日本の科学技術の勝利であり, 現在日本で生産される装置の半数は世界に輸出されている状況である。しかし, この電子スキャン装置も10数年前われわれが試作した当時は, 画質も悪く今日の如く臨床に使用できるようになるうとは考えられなかったのであった。

表-2は超音波映像法の原理で, 反射法・透過法・ドプラ法といった, 多くの手法が使用されており, これが超音波映像診断法の大きな特徴にもなっている。表-3は超音波診断法の適応で, 心臓循環器疾患診断・産科領域の診断・癌の診断を柱として各科領域の臨床面で広く利用されている。超音波診断法は装置が, 小型である・扱いが易しい・生体に無害である等の利点により, 今日の広い普及が見られるようになったのであるが, 然し一方では, この利点があるまま見様・見真似で使用出来ることによる乱用や, 誤診に連なる弊害も見られるようになってきたことは誠に寒心に絶えないところである。表-4は超音波診断法の応用技術で, これらの多くは超音波ならではの応用であると同時に臨床的ニーズにも合致し, 超音波診断法の適応拡大に貢献してきた。

ここで超音波診断法の応用技術の中で超音波の集団検診的利用, 特にわれわれが20数年来開発を試みてきた乳癌の超音波集検について簡単に紹介する。超音波診断法の各種のメリットの延長線上に集団検診的利用が浮かんでくるのは当然であり, 私共は乳癌集検への利用を昭和40年代後半より研究を始めたのであるが, 多くの困難に遭遇し実用化までに長年月を要することになった。その後

図-9 全自動超音波断層診断装置を搭載した乳癌集団検診車

多くの試作研究を進めた結果、全自動式の集検用装置の開発に成功した。この装置では乳房の1 mmより任意の間隔の100枚以上の断面像が自動的に短時間にビデオに記録できる特徴があり、集団検診に適していることが判明した。さらにこれらの大量の画像の情報処理法としての Sequential rapid viewing display 法を開発し、この結果を用い、1 昨年同友会イジカンとの共同で図-9 のようにこの装置を搭載した超音波利用乳癌集検車を初めて開発した。この装置は現在乳癌集検に良好な成績を上げ、最近このシステムが日本中に普及しつつある。

表-5 超音波治療法研究の歴史

第1期 (1920～1940)

- 1927 Wood & Loomis 超音波の生物作用研究
 1930～1940 雄山, 笠原, 笹川, 中原などの基礎生物学的研究
 1939 R. Pohlman 超音波治療法発表

第2期 (1950～1970)

- 超音波治療：有賀, 岡, 実吉など
 強力集束超音波応用：吉岡, 井出, 和賀井, 竹内, 長谷川など
 超音波人工腎臓：和賀井, 市川など
 金属ホーン結合型振動子応用：森, 井出, 和賀井, 大内など
 癌細胞組織破壊：岡, 和賀井, 三枝など
 水中微細気泡群の応用：橋本, 岡田など
 白内障治療, 歯科的応用など

第3期 (現代)

- Interventional Ultrasonography
 癌超音波温熱療法, 組織破砕吸引法, 結石破砕法 その他

超音波の治療的利用

表-5に示すように超音波の生物学的作用の研究の歴史は、診断的応用より遥かに古く超音波という物理現象が発見された1920年頃より始められた。この超音波の生物学的研究を含む広義の治療的応用研究の歴史は3つの時期に大別される。第1期は1920～1940年頃までの時期で、主として超音波の生物学的作用の基礎研究が活発に行われ、この結果臨床的には所謂超音波治療法が登場した。第2期は第2次大戦後の20年間で、この時期には強力超音波工学技術の医学的応用が、集束超音波による生体深部限局破壊・癌組織破壊・結石破壊・超音波人工腎臓等の研究として順天堂大学を中心に行われたのである。これらの研究結果が最近、超音波組織破砕吸引装置や超音波結石破壊装置として臨床にも利用されるようになり、ここに超音波の診断的および治療的応用が相俟って超音波医学という新しい学問領域が形成されるにいたったのである。

学術研究の長期展望と独創的・創造的研究

日本学術会議の前期の第13期に『日本の学術研究動向』と題する膨大な報告書が発表された。この報告書は世界的にも非常に注目されている。それは世界各国に各種の科学アカデミーの組織はあるが、日本学術会議のように第1部から第7部まで、すなわち人文社会科学から自然科学まで全ての学術分野を網羅した組織はなく、したがってこの報告書は、このような意味で全学術分野を網羅した学術白書として非常に貴重なものとされている。

日本学術会議はご承知の如く、従来の選挙制による会員選出に伴う弊害やその政治的偏向が世の指弾を浴び、前期の第13期より大改革が行われた。すなわち表-6に示すように、新生日本学術会議の会員は人文社会系・自然科学系の全ての学術分野を網羅する、約1,000余の日本学術会議登録の学協会から会員候補が内閣総理大臣に推薦され、

表-6 日本学術会議

日本学術会議法(最終改正昭和58年11月28日法律第65号)
 日本学術会議会員: 学術研究団体による推薦に基づき、内閣総理大臣任命
 日本学術会議: 内閣総理大臣直轄の政府機関
 日本学術会議の任務
 内閣総理大臣に対する答申・勧告・要望・声明・見解(審議機関)、日本学術会議予算の執行(実地機関)
 日本学術会議の組織等
 日本学術会議会員: 210人
 総会—運営審議会: 附置委員会
 部会(7部会)
 人文社会部門
 (第1部)文学・哲学・教育学等 (第2部)法律学・政治学 (第3部)経済学・商学・経営学
 自然科学部門
 (第4部)理学 (第5部)工学 (第6部)農学 (第7部)医学・歯学・薬学
 各種委員会
 常置委員会(第1～第6), 臨時(特別)委員会, 研究連絡委員会(180委員会, 委員 2,370人)—附置委員会

表-7 医用画像(画像診断)

X線画像—X線 CT, digital radiography
 核医学画像—シンチグラフィ,
 エミッション CT (シングルフォトン CT, ポジトロン CT)
 核磁気共鳴画像(NMR)
 超音波画像—超音波断層画像, 超音波透過画像,
 超音波ドプラ画像

表-8 第20回 日本医学会総会
(昭和54年4月 於東京)

シンポジウム 課題: 映像診断

司会 梅垣 洋一郎, 和賀井 敏夫

演 題 演 者

- 1 医用映像技術の進歩 尾上 守夫(東京大学生産技術研究所)
- 2 CT, ポジトロンカメラの進歩 館野 之男(放射線医学総合研究所臨床研究部)
- 3 コンピュータ断層撮影の診断 田坂 昭(東京大学医学部放射線科)
- 4 核医学の進歩 飯尾 正宏(東京都養育院附属病院核医学部)
- 5 超音波技術の進歩 奥島 基良(東京工業大学精密工学研究所)
- 6 超音波映像診断の進歩 和賀井敏夫(順天堂大学医学部超音波研究施設)
- 7 細胞病理組織像診断 馬場 謙介(独協医科大学第一病理)

最終的には内閣総理大臣による210名の会員の任命となり、日本学術会議は内閣総理大臣直轄の政府機関となったのである。このことは私は間接的ながら先生方の所属する学会の推薦により昨年から第14期会員に就任している次第である。日本学術会議には総会・連合部会・各種常置特別委員会・研究連絡委員会等200近い会議や委員会がある。私は新設の新医療技術開発学研連委員長と、法令により定められている6つの常置委員会の中、第3常置委員会の委員等に任命されており、文部省科学研究費の科目細目の見直し新設、国際会議の共同主催や代表派遣の審査、新医療技術開発総合研究センター構想の取りまとめ等を行っている。

この中第3常置委員会の任務は、日本の学術研究の動向分析と将来展望であり、今期の第3常置委員会は上述の報告書の現状分析を受けて、『日本の学術研究環境—課題と展望—』という課題の下に、より具体的な提言と科学者の明確な意思目標を反映する学術研究の長期展望を行うこと、特に創造的・独創的研究の育成を中心に勧告・提言等の作成作業を各部より選出された委員と共に勢力的に進めている。また、この前期の報告書では、戦後の臨床医学の領域で創造的研究といえるものは、超音波医学をおいて他にないと報告されており、その高い評価に驚くと共に、これも順天堂大学の関係者の団結の成果と思っている。

一方、学術研究の長期展望ということは、現在の科学技術の急速な進歩の時代にあっては非常に難しいことでもある。科学技術庁では5年毎に科学技術の未来予測を行っているが、科学的手法の正確さをもってしても予測は仲々困難のようである。一般に未来予測は正確な科学的手法をもってしても25年先が限度とされている。然し現代の科学技術の急激な進歩の時代では25年先の予測展望はとても不可能ということで、今期の第3常置委員会では一応10年後に焦点を当て、目的意識を持った長期展望を行うこととした。然し私は、この10年後の的確な予測展望も極めて難しいものと実感している。

実例として表-7は皆様ご承知の医用画像・

画像診断である。特に注目すべきは、X線 CT や NMRCT に見られるコンピュータ利用による画像の再構築法の目覚ましい進歩である。ここで NMR すなわち Nuclear Magnetic Resonance ; 核磁気共鳴法であるが、最近では一般的に MRI などと呼ばれているが、原理はあくまでも NMR である。これはアメリカで NMR という名を用いたところ、核を使うと思われ易いという公害反対市民運動のリーダーのラウル・ネーダー等の反対により、MR Imaging ; MRI 等の呼び名が使われるようになったのである。英国の物理学者の一部では、MRI という表現は誤りであるという意見すらあり、かかる認識は教育上からも必要なことと思う。

ここで皆様ご存じのように、表-8は10年前の昭和54年日本医学会第20回記念総会で、この画像診断が初めてシンポジウムの課題に取り上げられた時の内容である。私もこのシンポジウムの司会と演者を兼ねたのであるが、なにしろ当時は私自身画像診断という言葉には全く馴染みがなく、画像診断の用語の定義を巡って大議論となった。すなわち画像をブラウン管に表示する、コンピュータ利用による再構築画像とする、運動を示す動的画像とする、映像診断が適当ではないか等々、結局定義が決まらないまま、映像診断という題になった次第で、これが近々10年前のこととは信じられないのである。発表内容を今読み直して見ると、CT はやっと第2世代を迎えた頃で、脳の診断には有効であるが腹部診断には適さない、また超音波については私の報告であるが、当時リアルタイムの電子スキャン装置がやっと実用化した頃だったので、現在超音波診断の主流をなしている電子スキャンについては僅かしか触れていないという状況で、勿論、NMR の話題は全く見られなかった。これらのことから見ても、画像診断という言葉は初め、10年前に画像診断の今日の発展を予見し得た人は果たして何人いたであろうか。これは現在の急激な進歩を示す科学技術の長期展望が、如何に難しいかを物語る1例とも言えよう。

順天堂大学における超音波診断研究の歴史

次に独創的と評価されている、順天堂大学における超音波診断研究の創世紀の歴史を簡単に紹介する。図-10は研究開始期の1951年（昭和26年）の写真で、金属用超音波探傷器を医学用に改造した装置を用いて、水槽中の脳標本は探傷中のものである。図-11は1952年（昭和27年）のわれわれの超音波診断研究に関する最初の報告で、手作り手書きのガリ版刷りのものであった。最近超音波診断法が世界的にも普及し、研究の真の創始者は誰かということがノーベル賞候補者の推薦も兼ねて熱心に詮議されるようになってきた。しかしこの報告を私共の最初の発表だといっても、外国人には勿論分らないし、何故英語で発表しなかったのかと今にしていわれるが、当時は英語の論文を書くどころか、その日の生活を続けるだけで精一杯の状況だったのである。この報告書ではブラウン管を映すカメラが無く、トレーシングペーパーを使って、手書きでブラウン管の波形を写したものであった。図-12はその後超音波の走査により、対象の断面像を描写するために昭和27年に作った最初の実験装置である。木製の枠は当時の茶崖に住んでおられた有山先生が引っ越された跡を研究室として使ったことがあり、この木枠は有山先生が捨てていかれたコタツ槽である。上部の探触子を動かす運台は、邦文タイプライターの壊れたものを秋葉原のジャンク屋で買ってきたものである。この装置を使い手動による走査法の実験を始め、超音波で対象物を走査し反射波を合成することにより対象物の断面像を描写出来ることを初めて発見した。次いでこれらの基礎実験に基づいて、昭和29年図-13のような電動式の超音波断層法装置を初めて試作した。現在の装置から見れば極めて幼稚なものであった。しかも当時、今日でも最も難しい対象である超音波による脳の断面像描写に何の疑いもなく挑戦したのであった。私を始めとする研究仲間が実験モデルとなり、水槽の横の開口部に頭を挿入し、ゴム膜を被せその上からゴムバンドで縛り、水が漏れないようにした。しかしきつく縛る

図-10 最初期の超音波診断実験

図-12 最初の手動走査法による超音波断面画像描写用装置

超音波に依る頭蓋内解剖学的異常
検出について (第一報)

順天堂医科大学外科教室 (主任教授 田中 憲二)

宮島 玄史
和賀井 敏夫
保 浦 正敏

日本無線研究部 内田 六郎

8.1. 緒言

近年の脳外科の進歩に伴い、脳腫瘍は現在正しく診断し正しく手術されることによって非常に多くのものが根治し、軽快し、手術そのものの危険等も、他の内臓外科手術の比小に於いて著しく高いとはいえない状態に到つたのである。然し、この状態に到つことは、他の一般腫瘍を取扱ふ場合と同様に早期に不変的な診断を下すことである。現今の脳腫瘍診断法としては神経学的診断法と根本基礎として超音波診断法と脳造影法、脳血管造影法、脳CT等種々の手段が用いられている。ここで脳造影法とは頭蓋内中脳部を占めている脳室をX線により描寫する方法である。

脳室は第1図(a)(b)に示す様に前後角を有する空の側脳室と中央に3脳室があり、更に第四脳室は蜘蛛膜下腔に連絡し、脳脊髄液を循環させている。脳室系は左右は対称的であり、形態は大体同一であるが多少の個人差がある。この脳室の形は、脳腫瘍、脳出血等が生じ、ある程度大きくなると通常変形が生じる。(c)は前頭部腫瘍のために側脳室の前方に変形が見られ、(d)では腫瘍のために脳室が全体的に偏位し形も変つてゐる。(e)は脳水腫の際の脳室拡張が見られる。以上の如く、脳室の形より脳腫瘍等の存在を推定し、診断の補助に用ゐられる。この際、脳室係をX線により陰影として寫すためには、造影物質として空気又は造影油を脳室内の脳脊髄液と置きかへることが必要となり、この実施方法としては、脳室穿刺により直接脳室内に空気又は造影油を入れる。

図-11 順天堂大学の超音波診断研究報告第1報

図-13 電動式超音波断面装置の1号機

図-14 最初の頭部超音波断面画像描写実施写真

図-15 最初の頭部水平超音波断層像

図-16 M. de Vlieger の試作装置

図-17 Macow の試作装置

と非常に痛く、それでも水漏れを完全に防ぐことは不可能で、脱気水を追加しながら画像を何とか撮り終えた時は、床が水浸しになるという状態であった。これではとても患者さんに使える代物ではなく、次に図-14に示すような方法を開発した。患者さんを仰臥位として後頭部から水槽に浸し、超音波の走査は水面に平行して行った。患者さんの耳に水が入らないように、耳を絆創膏で塞いである状況が見られる。図-15はこの方法で描写した脳の水平断面像で、1955年（昭和30年）ボストンの国際音響学会で世界最初の報告となったもので、Ultrasono-tomograohy；超音波断層法と命名した。しかし勿論臨床的には全く効果を挙げ得なかった。

極めて面白いことに、図-16はそれから約15年後にオランダのエラスマス大学の M. de Vlieger 教授が発表した装置で、頭と水槽のパッキングに自転車のタイヤのチューブを利用した位が進歩で、結果は同じく失敗に帰した。図-17も、その頃カナダの Macow 教授が発表したもので、結果はやはり失敗であった。これらの例からも人間の考えることは洋の東西を問わず似たようなものと感じ、同時にこれらの学者から、戦後の貧しい日本ですでに、15年以上も前に同様な研究が行われていたということに驚嘆されたのであった。当時は独創的研究などという言葉すら考える余裕もなかったのが本音である。

後日談として、昭和62年日本超音波医学会創立25周年記念大会が、本学産婦人科竹内久彌教授を会長として開催された時に、日本の超音波診断研究の歴史の展示が行われた。創世期の装置の出品の大部分は順天堂大学のものであったが、特に先程紹介した最初の走査診断装置（図-13）が、この記念大会に招待した現在の世界超音波医学連合の最高幹部の目に止まり、これこそ現存する世界最古の超音波断層診断装置であるとの折紙が付けられた。同時に翌昭和63年、ワシントンで開催される第5回世界超音波医学連合大会で超音波診断に関する歴史シンポジウムを計画中であり、同時に歴史的装置の展示も行い、大会終了後その展示品

をスミソニアン博物館で永久保存する予定であるので、是非順天堂大学の装置を展示して欲しいとの要請が会長の Thompson 教授から伝えられた。この件に関し同年10月渡米の折、スミソニアン博物館に寄り具体的な相談をしたが、その後輸送の費用・機種を選定等の問題の解決に手間どり実現を見なかった。その後本学医史学研究室の酒井シヅ先生のご尽力により、国立科学博物館での保存の話が進んでいるので、大学当局のご配慮をお願いする次第である。

これら昭和25年から30年までの文字通りの創生期の研究成果が、思いもかけず昭和31年入局5年目の駆け出しが、ボストンで開催された第2回国際音響学会会長からの滞在費負担の招待により国際舞台で発表する機会に恵まれた。当時は無給の医局員で渡航費は全く無く、貨物船の船医としてスリリングな渡米をしたのであった(詳細は拙著『超音波診断法事始』日本プランニングセンター発行 参照)。この初めての国際会議出席・発表を通じ世界の研究創始者とも近付きになり、同時に日本の順天堂大学の超音波研究が世界的に知られるきっかけともなったのである。

その後の創造的研究

図-18は昭和31年米国より帰国後試作した第2世代の断層装置で、ゴツい移動脚の上部にミーリングマシンのスライス板を乗せ、これにより走査器の移動を行った。またその後世界的にも有名になった水囊式による水浸法の最初の試みともなった。断層像の表示部には像を直接見えるようにするためにレーダー用の大型残光性ブラウン管を流用した。図-19はこの装置による世界最初の乳癌の超音波断層像であるが、とても実際の診断に使えとは思われなかった。しかし乳房の断層画像がレーダー用ブラウン管に現れた時は跳び上がる程喜んだものであった。前に示した図-9・図-10は昭和40年頃の試作装置と乳癌の断層像で、ここに至るまで最初の試作から10年の研究を要したのであった。この昭和40年頃から乳癌の超音波診断法

図-18 超音波断層診断装置の2号機

図-19 乳癌の超音波断層像

図-20 水浸機械複合走査法による首の完全横断断層像

の実用化の見通しがつき始めたのであった。一方、昭和35年にはその後超音波断層法の主流となった接触走査装置の世界最初の試作も行った。

図-21 首の超音波横断断層描写実施写真

図-24 大水槽を用いた生体横断断層像描写用走査器

図-22 前腕の超音波横断断層像

図-25 両大腿部の横断断層像

図-23 猫を用いた腹部横断像描写実験

図-26 試作走査型超音波透過映像装置

また昭和30年代後半には、その後の超音波診断研究の歴史上、いわゆる独創的研究と考えられるものが世界的にも見られるようになったので、その1例を紹介する。図-20は超音波を勉強した者なら誰でも知っている歴史的超音波画像である。これは1960年(昭和35年)今から30年前、コロラド大学の物理のダグラス・ハウリーが開発した、いわゆる水浸機械式複合走査法を用いた世界最初の頸部の完全横断断面像であり、ソマスコープと命名された。この発表は1962年(昭和37年)のイリノイ大学における世界からこの領域の研究者25名を招待して、1週間合宿態勢で行われたシンポジウムの席上初めて映画を使って報告された。私始め出席者全員超音波の能力の素晴らしさに、興奮驚嘆したのであった。これはCTが発表される10数年まえのことである。私はこのシンポジウムに出席後、彼の招きによりコロラド大学を訪問し、その装置の巨大さに驚嘆し、日米の力の差を痛感したのであった。図-21は前に示した頸部の横断像描写の実験で、水槽の中に研究員がモデルとなって座り、後頸部を床屋用の装置で固定し、走査はリニア走査とサーキュラ走査の典型的コンパウンド走査法を初めて採用したのであった。振動子の直線運動は自転車チェーンを使って行われ、ガラガラと物凄い音を立て、また、走査器が水中を潜水艦の如く、波をけたてて頸の回りを円形走査しながら廻るのを見て、唯々驚くだけだった。臨床にはとても使える代物ではないと思い彼に聞いたところ、この研究の目的は超音波の生体構造の映像化の能力の究明にあるとのこと、しかもこの研究はアメリカ海軍の研究費で行われていることを聞き、膨大なアメリカの軍事費の一端が理解されたと同時に、アメリカの真理探求の精神に感心したのであった。

私もほぼ同じ頃同様の研究を進めており、セクタ走査とサーキュラ走査のコンパウンド走査を採用した。図-22はこの装置による前腕の横断像の一例で、コロラド大学より進んでいたのである。しかし何といっても最終目的は腹部の横断像の描写であり、図-23の如き動物実験を行い、腹部内臓

の断層像らしき構造は得られたが実用には程遠いものであった。図-24はこのイリノイ大学のシンポジウムから帰国後、全身の横断像の描写を目指し文部省機関研究費により大型の装置を試作した。このような大型の水槽に脱気温水を満たすだけでも大変な困難に遭遇した。本装置による各種基礎実験の後、図-25は立位での両大腿部の横断像であるが、腹部については失敗に帰したのであった。それでも諦めずその後この大型水槽を用い、図-26のような走査型透過映像法装置を開発した。この試作装置により、手足の超音波透過像で腱の像の描写には成功したが、目的とする腹部の超音波透過像の描写については図-26のように、私もモデルとなり実験を重ねたが、のぼせるだけで失敗に帰した。その後も各種の装置の試作を続けたが失敗の連続であった。

超音波診断の今日の隆盛を見ると、独創的・創造的研究とは逆説的ないい方かもしれないが、失敗の連続が必須条件かとも思われるのである。私は臨床医学における独創的研究の必要性については疑問に思っている。と言うのは基礎医学は別として、臨床医学の目的から考えると、臨床医学の研究はあらゆる分野の研究の総合的応用の学問領域だと思っているからである。しかし、この総合応用の仕方に当たっての独創性は勿論重要なことはいうまでも無いことである。

超音波診断研究の創始者

以上紹介したように、超音波診断法は多くの先駆者の努力の積み重ねにより今日の成功が見られたのである。表-9は文献的に見た超音波診断研究の世界的パイオニアの表である。近年超音波診断法の世界的普及と同時に、誰が真のパイオニアかということがノーベル賞候補者の問題も含め熱心に詮議されるようになってきた。この表に示すように、超音波診断の研究は1950年(昭和25年)頃より欧州・アメリカ・日本でほぼ同時に独立して着手された比較的新しい研究分野である。文献的には、オーストリアの Karl Dussik による透過

表-9 文献的に見た超音波診断研究の世界的パイオニア

Foundation of Diagnostic Ultrasound & Ultrasonic Tissue Imaging	
1942-'49	K. T. Dussik (Austria) Hyperphonographie
1950-'55	J. J. Wild & J. M. Reid (U. S. A.) Two-dimensional Echoscope
1950	H. T. Ballantine, R. H. Bolt, T. F. Hueter & D. Ludwig (U. S. A.) Ultrasonic Ventriculography
1952-'55	Y. Kikuchi, K. Tanaka, T. Wagai & R. Uchida (Japan) Ultrasono-tomography
1952	W. Güttner (Germany)
1957-'62	D. H. Howry (U. S. A.) Somascope
1958	I. Donald & T. G. Brown (U. K.) Automatic Contact Scope

表-10 超音波診断法の将来

超音波による組織性状診断：組織の音響特性量の生体内定量的無侵襲計測と病理組織学の相関
(Tissue Characterization)

超音波の伝搬特性：音速，減衰，散乱など
減 衰—散乱，吸収(粘性，緩和現象)透過法，反射法(送受信波のパワースペクトルの変化)
音 速—透過法，反射法
反 射 と 散 乱—反射係数，散乱係数(周波数特性との関係)
非線形特性量—波形歪，高調波発生，振幅依存性減衰
B/A 音速の音圧依存性
温度依存性—無侵襲生体深部温度計測

法の原理を用いて脳の透過像を描写した Hyperphonogram の報告が最初とされている。実は彼はこの論文1編だけで研究を止めアメリカに移住したが，この論文1編のお陰で『Father of Diagnostic Ultrasound』『超音波診断の父』とも呼ばれている。私は彼に1956年(昭和31年)ボストンで会ったが，その時彼はすでに超音波診断は全く見込みがないと断念していた。3年前に亡くなられた。次のMITのBolt教授のグループも，透過法を用いた脳の透過像の報告を行ったが，Dussik同様この1編の論文のみで研究を放棄したのであった。次はミネソタ大学のJ. Wildで，彼は1950

年から数年間の間に10数編の素晴らしい反射法による論文を発表し，今日の超音波診断の基礎を築いたのであった。しかし，不思議なことに1950年後半に至り突如として研究を放棄し，学会活動からも消息を断った。彼とは30年来の付き合いだが，この謎は解けず，彼自身も言っているように，ボスも無く弟子もいない，いわゆる1匹狼であった。最近彼はまた生きた化石の如く学会等に現れ，順天堂大学も訪れた。彼は現在のところノーベル賞の第1候補と目されている。次は順天堂大学グループであり，これらのパイオニアの中で今日まで40年間研究を続け，今日の超音波診断法の発展に最も大きい貢献をなしたということが，世界的にも高く評価されている。これは初めにも述べたように，順天堂大学は勿論，日本全体が極めて貧しい状況下で，このような研究を続行することが出来たのは，一に掛かって順天堂大学の同窓生の方々の団結と，大学当局の暖かい配慮によるものと思っている。

おわりに

本文では超音波医学特に超音波診断法研究の創世期の頃のことを中心に紹介させて頂いた。ここではすでに述べたように，超音波診断法は世界的に見ても順天堂で生まれ，順天堂で多くの同窓生の方々の努力により育てられ，今日の隆盛を見るに至ったという事実を改めて強調したい。この例から見ても最近の科学技術の目覚ましい進歩の時代にあっても，最後は人の和・協力が極めて大切であることを痛感させられる。

最後に超音波診断学は表-10に示すように，われわれの開発した乳癌の集団検診法や画像の増強法を初めとする，超音波医学の新しい第2世代の研究時代を迎えるに当たって，伝統ある順天堂大学におけるこの領域の研究の，益々の発展を祈念する次第である。

なお，上記論文に関する詳細な学術文献は，和賀井敏夫著『超音波診断法事始』日本プランニングセンター・東京・昭和61年に記載してあるので，ご参考にされたい。