

01.

福岡学会は超音波医学の発展に寄与したか？

平田 経雄

第43回日本超音波医学会（日超医）研究発表会（福岡学会）は、1983年12月14日から16日までの3日間福岡サンパレスで開催された。発足後約20年を経た日超医の言わば青春期にあった当時の状況を振り返ることにより、日超医及び超音波医学がこれから目指すべき方向を知る何らかのヒントが得られるのではないかと考える。

福岡学会の開催経緯と運営状況

予定されていた発表会主宰者のやむない事情の辞退で突然の指名を受けたため、準備期間が非常に短かった。

玄海灘の寒風吹き荒ぶ博多湾沿岸の公施設を急遽借用し、発表会場3とフォワイエでの機器展示126コマを含めた全ての企画を同施設内で行うことにした。その結果短い動線で効率の良いコンパクトな設営が、コンベンション業のない時代の自主運営を容易にし、安い施設使用料と相まって経費削減に役立ったので、寄付金等に一切頼らない参加費及び機器展示料のみでの開催を可能にした。

福岡学会当時の日超医及び超音波医学の概況

当時の概況は、開催1週前の新聞に掲載された会長挨拶で知ることが出来るので、以下にその記事を引用する。

『(前文省略) 本学会は、昭和37年5月に発足

し、第1回研究発表会が東京で行われて以来、工学と医学の両分野での地道な努力の結果、今や6,000名を超える大学会となりました。研究発表数においても、昭和39年12月、永山徳郎九大教授が福岡市民会館で主宰された第6回の発表演題数が42題であったのに対し、今回は実に10倍の404題の多きを数え、学会出席者数の予想人員も、併設展示会関係者を含めると、おそらく2,500人に達するものと思われます。注目すべき点は、このような着実な発展が本邦独自の技術による装置の急速な進歩と、多方面にわたる臨床医学者のたゆまざる研鑽によるところが大であり、外国技術の導入によるいわばブームの現象ではないところにあります。

今回発表される演題の内容を見ますと、基礎・装置関係38題、頭部・眼部・頸部など8題、甲状腺8題、乳腺10題、胸腔5題、心臓・循環器119題、腹部144題、泌尿器科領域32題、産婦人科領域40題となっており、超音波診断の適応領域のほとんど全てに及んでいます。本学会では、口演は1人1題に制限されていることを思えば、この演題数がいかに大変なものかということがわかります。

発表希望の最も多い腹部関係、特に上腹部の肝臓・胆嚢胆道系、脾における超音波診断の有用性はもはや確固たるものになった印象がありますが、この診断法の特徴は、リアルタイムで示される莫大な量の情報からいかに正確な情報のみを抽出し得るか否か、その能力一つによって診断の確度が大きく左右されることでしょう。したがって、

今まで主としてハード面の急速な発展によって現在の評価が得られたのに対し、今後はこの診断法の正しい普及のため、卒前・卒後教育の充実などいわばソフト面の対応を急がねばならない時期に来たと考えられます。この点については、本学会の企画委員会、診断基準委員会、教育委員会などで種々の努力をしていますが、会員諸氏におかれましても、日常の診療や地域医療の場で身をもって指導的役割を担っていただきたいものと期待するものであります。

また、本検査法は、無害・非侵襲性・経済性などによりスクリーニング法としての適性を有しており、集団検診や保健行政への導入も始まっています。前回の研究発表会でも、シンポジウム「超音波による集団検診」として討議され、多大の成果をあげましたが、もはや議論から実行の段階にさしかかったと思われ、行政と医療が一緒になってよりよい保健活動へ、共に努力すべき時になったと思います。

心臓・循環器関係も119題の多くの発表が予定されていますが、昭和37年永山教授が本邦で最初にUCGの研究成果を発表して以来、循環器生理検査としてなくてはならない存在に定着していることはご承知のとおりです。現在のトピックスは、ドプラ断層を最先端とする超音波ドプラを利用した循環動態の解析であり、UCG、断層心エコー図とともに複合超音波循環器診断の時代に突入した感があります。発表に際しリアルタイム像と音声使用の希望が多いところから、本研究発表会では高輝度大画面のビデオプロジェクターの新しい機種を、学会発表用としては本邦で初めて導入することになりました。もし予想通りの良い結果が出るようであれば、今後各領域での学術発表に急速に普及するものと思われまます。(後文省略)

特別企画は特別講演2とシンポジウム1のみであった。

福岡学会は超音波医学の発展に寄与したか？

現在の会員数は14,000名を超えているものの、正会員の減少と準会員の増加傾向がある。正会員減少と会員構成比の変化は日本医学学会に加盟する日超医にとって存在意義に拘ることであり、何らかの対策を取る必要がある。

福岡学会当時は「医学者と工学者が春と秋に集まり情報を交換し、超音波機器の開発に役立つヒントがないかを探る会」の意味合いが強く、速報的一般口演が中心であった。同年春の東京学会もシンポジウム2と一般口演320で、現状のポストを含む一般演題数と比べて遜色なかった。昨今の学術集会の企画では、学会内外への啓蒙や学会認定制度におけるレベル維持の役割にも配慮する必要がある、多彩なプログラム編成が求められている。しかしながら1990年半ばに企画委員会が日超医の学会としてのアイデンティティーを討議した際に、『工学も医学も夫々に領域別専門学会が存在する中で「工学と医学が共にdevelopmental research(開発的研究)を模索し情報交換や成果発表をする場」としての位置付け』が確認されている。従って一般演題にこそ日超医の存在意義があると思うので、より一層尊重されて然るべきである。

その観点からみた福岡学会を代表する一般口演は、ドプラ断層であった。この画期的新技術は前年夏に英国ブライトンのWFUMBで世界に先駆け発表されたが、装置の製品化については慎重論も多く、その臨床的な有用性についての意見を筆者にも求められていた。翌年春の東京学会の基礎領域1題・臨床応用1題で本会デビューがなされていたが、福岡学会では4施設から一挙に10題もの出題があった。発表では世界最高性能プロジェクターでのビデオ上映が行われ、放送局に紹介して当日夕刻の全国ニュースでも報道をさせたので、一躍脚光を浴びて注目される結果となった。「福岡学会がドプラ断層の発展と普及を加速させ

た」と言えよう。

シンポジウム「超音波画像は癌にどこまで切り込めるか」は「真に有用か否かに切り込む」ことを目指して企画され、脳・乳癌・肝癌・膵癌・前立腺癌・卵巣悪性腫瘍について夫々の第一人者が発表し、討論が行われた。当時未だ評価が定まっ

ていなかった肝癌治療における超音波検査の役割につき、「長所・短所を厳密に評価して術中適用も含めた位置付け」が明示されたことは、同治療の以後の発展に寄与するところが大きかったように思う。

02.

日本超音波医学会五十周年に想う

—第68回日本超音波医学学術集会を開催して—

大石 元

(奈良県健康づくりセンター)

日本超音波医学会が50周年を迎えたことをお祝い申し上げますとともに、私自身も僅かな期間ではありますが本会の運営に関与させていただきましたことを光栄に思っております。

私が超音波診断に携わるようになったのは1975年からで、この頃すでに隆盛を迎えていた電子走査リアルタイムリニアスキャンに加えて、奈良医大附属病院ではまだ接触複合走査装置（contact compound scan）も併用しておりました。後者の装置は静止画の画質という点では優れておりましたが満足できる画像を得るのに大層苦勞した記憶があります。超音波を用いて生体が観察されるようになって60有余年経過しましたが、超音波診断法の開発、進歩、発展に貢献してこられた先駆者の先生方には心より敬服いたしております。

さて、私は平成8年11月20-22日に第68回研究発表会を奈良市において開催させていただきました。カラードブラ法の精度が向上し鮮明なBモード像に加えて瞬時にして血流情報が得られるようになり、また、静脈投与経肺性超音波造影剤 Levovist® の第3相臨床試験が終了し、細径プローブが普及し冠動脈、胆管、尿管など細い管腔内からのスキャンが可能となった頃であります。このような現状を鑑み、キャッチフレーズを“Dreams Come True in Ultrasound”とし、「新しい手法の臨床応用の進歩と将来展望」「新しい手法の導入によるUS診断法の画像診断体系における新たな位置づけ」などを主な主題として取り上げました。ご参加いただいた諸先生方には、紅葉につつまれた奈良公園の中を千余頭の鹿がゆうゆうと遊ぶ風観、老樹枝を交え芝生のはりつめた広大な奈良公園内の天平の昔を物語る東大寺、興福寺、朱塗りの春日大社なども満喫いただけたものと思っ

ております。研究発表のほうも、予想したとおり、特別講演、シンポジウム、一般演題において最先端の進歩と将来展望が示され存分に満足いたしました。翌年の平成9年7月京都で開催された SMIT (Society for Minimally Invasive Therapy, 現在の Society for Innovation and Technology) で、私のパワードブラ法に関する発表に続いて、Dr.Macedoniaが超音波三次元ボリュームデータの衛星を用いた伝送に関して発表されました。小型超音波装置を担いで戦場（ボスニア）を駆け回り、負傷者をスキャンしたボリュームデータを衛星を経由して米国の陸軍病院へ伝送、同様の装置で他方向から仮想スキャンし、適切にIVRUSなどを施行できる最適なスキャン方向を野戦病院へ返送、指示とおりに現地で手技が行えるという内容であり、驚かされ、また、とどまることのないUS診断法の進歩と進歩の予測に身の震える思いがいたしました。あれから15年、今、肝造影超音波への Sonazoid® の認可とハーモニック法や振幅変調法などの造影法、リアルタイムエラストグラフィ、3D/4D、などの新しい手法が開発され、15-18MHzなどの高周波プローブや3D/4Dプローブ、他画像参照機能、新たな画像処理技術の導入など、ハード面、ソフト面ともに大きく進歩してまいりました。15年前には想像もできなかった画像を目にしている昨今ですが、同様の想いに駆られている先生方も多いことと思っております。US診断法にはさらに想像できない進歩が到来し、多岐にわたる領域において診断・治療に直結する新たな情報が提供してくれることでしょう。

日本超音波医学会のますますの発展を祈願しております。

03.

循環器超音波医学に対する
日本の貢献

菅原 基晃

(東京女子医科大学名誉教授)

循環器超音波医学の観点から私見を述べます。

超音波技術の新しい転回があるたびに、循環器超音波医学は大きな発展をしてきた。これまでの重要な転回点には、必ず日本の超音波技術が重要な役割を果たしてきた。

第一の転回点は、血流からドブラ信号が得られるということを発見したことであろう。この発見は、1960年¹⁾と早かったが、超音波ドブラ法による血流速度測定が信頼性のある定量的な方法として臨床に普及するには、その後約30年の歳月と他の超音波技術の併行した展開を待たねばならなかった。血行力学 (Hemodynamics) あるいは心力学 (Cardiac mechanics) にとって、血流量あるいは血流速度の測定は必須あったが、1980年代までは、カテーテル先端型圧力計とカフ型電磁流量計による血流量測定の組み合わせ、あるいはカテーテル先端型圧力/電磁流速計による同時測定が、血行力学あるいは心力学のゴールドスタンダードであった。超音波による血流速度測定は定性的なもので定量的な測定とはみなされていなかった。

第二の展開点は、超音波断層法の開発であろう。断層像の出現は、1965年²⁾と早かったが、その後のリアルタイム電子スキャンからドブラと組み合わせ合わせた複合システムに至るには1980年代まで待たねばならなかった³⁾。

第三のそして最も大きな転回点は、カラードブラの発明であろう⁴⁾。カラードブラの出現により、超音波診断法は名人芸的な技術から一挙にどこの病院でも見られる日常的な診断法として広く普及

することになる。超音波診断法の急速な普及に伴いドブラ法による流速測定も改良され、1990年代には、ドブラ法は信頼性の高い定量的な測定法とみなされるようになり、侵襲的な電磁流量計に代わり血流計測のゴールド・スタンダードとなってきた。

循環器超音波医学の発展において、日本は技術的に重要な役割を果たしただけでなく、臨床医学的にも重要な役割を果たしている。1980年代後半までは、心機能の解析は、圧-容積曲線とEmaxに基づく心力学が主流であった。この心力学は、丸ごとの心臓 (whole heart) の収縮機能に関しては非常に強固な枠組みを持っていた。しかし、カテーテルにより測定した圧データに基づくため、検査は非侵襲的というわけにはいかなかった。超音波による検査は非侵襲的という利点はあったが、圧データが得られなかったため、超音波による心機能解析は圧-容積曲線に基づく心力学ほど強固な枠組みをつくることがなかなかできなかった。

一方、圧-容積曲線に基づく心力学の対象は収縮期の心機能が主で、拡張期の心機能の指標は、左室の拡張末期圧と拡張末期容積 (これらは今でも重要な指標であるが) および等容弛緩期の左室圧降下の時定数であった。前者は静的な左室の弾性定数で決まり、後者は容積一定の状態での弛緩の速さであり、どちらも心筋がある速さで動的に伸展しているときの性質ではない。心筋をある速さで伸展させようとすると、心筋の弾性定数と伸展の長さできまる静的な力の他に、伸展の速さに

応じたいわば粘性力に相当する力が必要である。圧-容積曲線に基づく心力学では、この力は全く考慮されていない。

これに対して、僧房弁口を通過する血流の速度は、左室心筋の拡張期の伸展速度を代表するパラメータである。この速度波形は、急速流入期のE波と心房収縮期のA波から成り立っているが、心筋の伸展速度が傷害されるとE波が低下し、代償的にA波が増大するので、E/Aの比率をみてみると心室の拡張期の機能と病態がわかるという発見は、極めて重要であった⁵⁾。

E/Aという指標の普及とともに、拡張期心機能の重要性が認識されるようになり、拡張期心不全という概念も定着するようになった。この段階で、超音波による心機能解析は、圧-容積曲線に基づく心力学の枠を越えて展開されるようになった。

圧-容積曲線に基づく心力学は、丸ごとの心臓を対象にしており、心室壁局所の機能を臨床的には取り扱わなかった。超音波エコー法を応用すれば、局所の心機能解析を臨床的に行うことも可能であることを最初に示したのも日本である⁶⁻⁸⁾。その後、2000年代になると、心室壁局所のひずみ (strain) やひずみ速度 (strain rate) を超音波で測定する方法が発達し、心室壁局所の機能の解析が日常的に行われるようになってきた。

しかし、超音波による局所心機能の解析には弱点がある。局所の心機能解析法を、強固な枠組みで構築しようとする、ひずみあるいはひずみ速度の他に応力 (stress) が必要であるが、現在のところ応力を実測する方法はなく、圧データから計算するしかない。しかし、圧データが得られないというのは、超音波の泣き所である。

超音波では圧情報が全く得られないというわけではなく、血圧波形と拍動による動脈直径変化波形の相似性を利用すると、エコートラッキング法により、動脈圧の変化波形が得られることを、最初に実用機を作って示したのも日本である。この方法は、wave intensityという心機能指標や動脈のスティッフネス・パラメータの測定に応用されている^{9,10)}。

文献

- 1) Satomura S, Kaneko J. Ultrasonic blood rheograph. Proc 3rd Int Conf on Medical Electronics 1960;254-8.
- 2) 田中元直, 岡捨己, 海老名敏明, ほか. 心臓の超音波断層写真法 (第三報) 凹面探触子法に関する考察, 特に近距離音場を中心として. 第7回日超医論文集 1965;59-60.
- 3) 松尾裕英, 井上通敏, 北畠顕, ほか. リアルタイム心腔内局所血流速度計測のための総合超音波システムの開発 - 扇形電子走査型超音波心臓断層法とパルス変調ドプラ法の複合化 -. 第34回日超医論文集 1978;7-8.
- 4) Namekawa K, Kasai C, Koyano A. Imaging of blood flow using autocorrelation. Ultrasound Med Biol 1982;8(suppl):138.
- 5) Kitabatake A, Inoue M, Asao M, et al. Transmittal blood flow reflecting diastolic behavior of the left ventricle in health and disease: A study by pulsed Doppler technique. Jpn Circ J 1982;46:92-102.
- 6) Nakano K, Sugawara M, Kato T, et al. Regional work of the human left ventricle calculated by wall stress and natural logarithm of reciprocal of wall thickness. J Am Coll Cardiol 1988;12:1442-8.
- 7) Nakano K, Sugawara M, Ishihara K, et al. Myocardial stiffness derived from end-systolic wall stress and logarithm of reciprocal of wall thickness: Contractility index independent of ventricular size. Circulation 1990;82:1352-61.
- 8) Yanagida R, Sugawara M, Kawai A, et al. Regional differences in myocardial work of the left ventricle in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy: Implications for the surgical technique used for left ventriculoplasty. J Thorac Cardiovasc Surg 2001;122:600-7.
- 9) Niki K, Sugawara M, Chang D, et al. A new noninvasive measurement system for wave intensity: evaluation of carotid arterial wave intensity and reproducibility. Heart Vessels 2002;17:12-21.
- 10) Sugawara M, Niki K, Ohte N, et al. Clinical usefulness of wave intensity analysis. Medical & biological engineering & computing 2009;47(2):197-206.

04.

私を愛し続けた超音波

別府慎太郎

(大阪船員保険病院)

昭和47年に阪大第一内科に入局して以来40年、所属は替わっていったものの、間断なく超音波にたずさわっている。その間、先天性心疾患を始め弁膜症、虚血性心疾患と全ての心臓病の診断に超音波法が利用出来ることが分かってきた。幾多の論文を著したが、当初の論文は全て「日超音波講演論文集」なる学会抄録である。裏表2頁のB4サイズの原稿用紙に図表をアレンジし、残りのマス目を数えて字数がオーバーしないように文章を練り、マスに一文字一文字手書きで本文を書き、アレンジした大きさに焼き増した超音波画像をのり付けし、まるで印刷屋のような仕事をして投稿したのは、遠い昔の良き思い出である。当時はそれだけ時間も手間も掛けて仕上げたので、だからと言う訳でもないが、投稿後に返却される原稿は、何か宝物のように思えて、今でも大切に保管している。

当時はMモードが主体で、断層法は探触子をガイドアームに付け、心拍同期装置を作動させて行っていた。面倒ではあったが、これで心臓の形と動きは把握出来たので、臨床的にも大変有用であったが、ただ一つ、血流情報はなかった。(カラードプラ法は言うに及ばず、パルスドプラ法もなく、連続波ドプラはビーム方向が確定できず、実用的でなかった。) その内、1975年(昭和50年)にMayo Clinicからコントラストエコーの総説的論文が出た。弁膜症の逆流血流が分かる、先天性心疾患の短絡が分かると言う大変衝撃的なもので、アメリカでの学会出席の帰路にMayoにより、その手法を聞いたが、「液」を入れれば出る

よという素っ気ない返事で、それ以上は教えてもらえなかった。心臓に近い所から注入すれば良いと考え、心カテ時に重いMモード専用のエコー装置を運び入れ、カテーテルから「液」を入れてみても、ほんの数条の線状エコーが記録されたのみであった。国立循環器病センターに移籍して、なお超音波造影法のエコー源がなんであるかにこだわり、検査技師であった増田君と幾つかの実験を繰り返し、ようやくエコー源は「気泡」だと実証し、1978年に本学会で発表した。それまで造影されなかったのは、カテーテルの基本通り、空気を入れられないようにと注意深く行っていたからである。エコー源が「気泡」と分かってからは、手技は大変簡単になり、冠動脈造影時にコントラストエコー法を行い、心筋灌流の画像化に利用されるようになった。しかし、心筋灌流評価をはじめ左心系の造影には左心カテーテル操作は不可避で、用途は制限されていた。その内、肺毛細血管を通過するような微小気泡の超音波造影剤ができたというニュースが飛び込んできた。米国のベンチャーが人アルブミンを利用して商品化するという事を知り、開発元のMBI社にサンプル提供の依頼手紙を何度も出したが、素気なく断られた。その後シオノギ製薬が「アルブネックス」を、シェーリング社が「Levovist®」を導入することになり、いずれの治験にも参加でき、またドイツのフランクフルトでのLevovist®世界戦略会議にも招待された。各国の心エコー研究者は口を揃えてその輝ける未来を強調する中、小生は「心腔造影」とか「ドプラ信号増強」だけでは大きな発展はないと発言

したが、誰もがこの小国の研究者の発言を無視した。しかし、この二つの造影剤は我が国において大きな期待を持って市販されるようになった。皆がこれで心筋灌流が分かるかも知れないと密かに思っていたからである。しかし心筋は造影されず、右房やさらには左房から注入すれば良いという論文も出たが、本質からは外れていた。

1992年、第一製薬研究所のS氏から末梢静脈投与で心筋が造影されるという新規造影剤を評価して欲しいとの連絡があった。引き受けたものの、もちろん信用しなかった。しかし、S氏と共に来訪したノルウエーの研究者Quayさんが示すデモテープでは心筋が白く染まっていた。不思議なことに心腔はエコーフリーの状態であった。Quay氏持参のバイアル内の液体を何度検鏡しても気泡のかけらもなかったが、実験犬に注入すると通常のエコー設定で心筋が見事に染まった。Quay氏は「fluorocarbon」「boiling temperature」「phase shift」などと耳慣れない言葉を発していたが、兎に角、見事な画像であった。毎週のように注入量や撮像条件を変えて実験を繰り返し、その年のAHA（米国循環器学会）でその成果を発表した。空気ではない、難溶性のガス体を気泡として用いるという革新的な方法の夜明けであった。その後欧米から競ってフルオロカーボン系の造影剤が開発され、日本の製薬会社も提携開発に参加した。確かに極少量の投与量で左心系が造影されたが、後発品では心筋造影は得られず、左心腔造影のみでは厚生省を動かすには程遠く、諦めムードが強くなっていった。しかし、米国のPorter先生が、超音波を連続ではなく間歇的に照射すると心筋造影が得られると発表して以降、事情は大きく変わり、心筋虚血の診断法として幾多の論文が排出されるようになる。さらには、Wei先生が提唱した送信間隔を順次変えて得られる心筋造影輝度変化は、「輝度回復曲線」として一世を風靡した。フルオロカーボン系の造影剤がリアルタイムの心筋造影像を描出するにはさらに「低音圧」「ハーモニック」など超音波装置側の開発を待つ必要が

あった。現在我が国で市販されている「Sonazoid®」もこの流れを汲む造影剤である。こと循環器領域に限れば、コントラストエコーの最大の目標は心筋灌流評価である。これを達成するには、微小気泡の要素と装置側の要素がかみ合う必要があるが、それが欠けた「アルブネックス」「Levovist®」、 「オプティゾン」の時には、十分な臨床的成果も得られなかったし、それ故市場性も低いままであった。今や両方の要素が揃い羽ばたける時であるが、製薬会社が二の足を踏んでいるのは残念なことである。

さて、40年もの間、超音波医学に携わっていると、本学会の各種委員会のお役を賜り、多くの講習会、研究会や学会に関係した。委員会活動で記憶に残るのは、専門医に対する考え方を現理事長の千田彰一先生と議論し、診療領域毎に専門医試験内容を案配したことや、社会に対しての超音波医学の宣伝と学会会員が専門医を目指してくれることを願って、学会HPに専門医を個々に紹介する「あなたの町の専門医」を企画したりした。また従来学会抄録集では1論文が裏表2頁のスペースをとり、抄録集が分厚くなっていたのを1頁にして抄録集をスリムな体裁に整えたことも記憶に残る。

研究会として記憶に残るのは平成10年（1998年）に関西地方会を主催した時で、ハンズオンを日本で初めて取り入れたことか。それまでは機器展示ブース毎に超音波画像を示すことはあったが、多人数を対象に実際の操作の仕方を提示するという考えで、展示場の中央にスペースを作り、装置メーカーが自社の装置を交互にそこへ運んで実技講習を行うことを企画した。これは大変好評で、その後もこの方式は多くの学会・講習会で取り入れられている。また大阪成人病センターの田中幸子先生が年次集会を主催された時には、我が国で開発され発展してきた超音波ドプラ50周年目に当たったのでドプラを中心とした超音波医学の年表の掲示を提言した。往年の名機と言われる旧型装置も並べたので、観客の興味を引いたと思う。

平成20年（2008年）には第81回学術集会を神戸で主催させて頂いた。他の学会とは異なり、「超音波医学会」は超音波装置メーカー抜きの発展はあり得ないと思ってきた。それまでメーカーは「黒衣」的存在であったが、この学術集会では、学会の実行委員をお願いし、会長招宴に各メーカーの方をご招待した。多分初めてのことでないだろうか。もっとメーカーは、特に日本のメーカーは、

自分たちの研究に誇りを持つべきであるし、それを支えるのも学会としての仕事の一つかと思うのである。

日本超音波医学会が創立50周年を迎えるのは、何よりも慶賀である。これから先の新たな50年も、今までの50年と同じような大きな飛翔の半世紀であることを願ってやまない。