

公益社団法人日本超音波医学会
第18回特別学会賞受賞者



菅原 基晃 (1941-)

菅原 基晃 先生の受賞を讃えて

この度、菅原基晃先生が日本超音波医学会の第18回特別学会賞を受賞されました。私の恩師である菅原先生がこの様な名誉ある賞を受けられましたことは、私にとっても大変誇らしいことであります。

菅原基晃先生は、1963年に東京大学工学部航空学科を卒業され、1968年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了、工学博士を取得されました。同年直ちに東京大学工学部助手に採用され、1973-74年には英国ケンブリッジ大学に留学され医用流体力学について研鑽なさいました。帰国後1975年には東京女子医科大学附属日本心臓血圧研究所助教授に招聘され、1993年東京女子医科大学附属日本心臓血圧研究所基礎循環器科教授にご昇任になっておられます。

私が最初に菅原先生にお目にかかったのは定かではありませんが、1980年代も終わり頃でしょうか。心エコーによる非観血的心機能評価に興味を持って臨床研究の真似事を始めていた私は、おそらくは心エコー関係の小規模の研究会であったと思うのですが、そこで初めて菅原先生のご講演を拝聴いたしました。ご講演の内容は、本学会の理事長を2度にわ

たって務められた千田彰一先生（当時大阪大学）との共同研究で、上行大動脈血流をパルスドプラ法で捉え、大動脈弁開放直後の最大血流加速度 $\max. dU/dt$ (U: 血流速) から左室収縮機能指標 $\max. dP/dt$ (P: 血圧) を左室にカテーテルを入れずに非観血的に推定するというものであったと記憶しております。すなわち、 $\max. dP/dt = \rho c \max. dU/dt$ (ρ : 血液密度, c : 脈波伝搬速度) で与えられることをお教えいただいたわけです。この等式の背景には脈波における運動量保存則があるわけですが、そのようなことには全く理解が及ばず、物理の話をされる先生だなどの印象でした。ただ、研究会終了後の懇親会で、これからの心機能学は、左室壁運動を力学的に解析することから左室内あるいは上行大動脈の血流解析に向かうに違いない、と言われたのを明瞭に覚えております。

さて、私が菅原基晃先生を勝手に師匠と仰ぐようになったのは、私が米国留学から戻り2度目の出会いを経てからでした。2度目の出会いのお話をするために、少し私自身のことに触れざるを得ません。当時私は、心エコードプラ法による左室拡張機能指

標の臨床的意義を、カテ先マノメーターを用いて求めた観血的指標である左室 $\max. -dP/dt$ や左室弛緩時定数 τ との対比で検討しておりました。そのころ学会で「良好な左室収縮能は左室弛緩を促進する」、すなわち *elastic recoil* という概念を学びました。そして収縮能に依存する左室弛緩と内因性の左室弛緩（筋小胞体の Ca^{2+} reuptake に依存する）の関係をどのように理解したら良いのだろうかと思い悩んでいました。この疑問を多少なりとも解決することを目的の一つにして、米国 Wake Forest 大学で慢性覚醒心不全犬を用いた心臓力学の研究に従事することになりました。来る日も来る日も、心機能の変化を1心拍ごとの圧-容積関係（P-V loop）の変化として見続け、心臓力学の概要が分かった気になっておりましたが、論文を書く段になって *elastic recoil* の理解ができていないことを改めて知ることになりました。 Ca^{2+} sensitizer であるピモベンダン、トロポニン C の Ca^{2+} に対する親和性を上昇させることにより、強力な強心作用を発揮しますが、そうすると拡張期にはトロポニン C から Ca^{2+} が離れにくくなり、左室弛緩は悪化するのではないかと理論的には予想されます。しかし心不全犬を用いた実験では、ピモベンダンによって左室弛緩は著明に促進されます。このとき収縮能が亢進することによる弛緩能の改善、すなわち実態のよく見えない *elastic recoil* という言葉を使って論文の考察を書かざるを得ませんでした。結果として何ら *elastic recoil* の理解が深まることなく帰国いたしました。ただ左室で収縮末期に起こる事象が左室弛緩を規定するとの強い思いから、M-モードカラードプラ法を用いて拡張早期の左室流入血流を左室収縮能との関係で検討していたところ、本来血流が見られないはずの等容弛緩期に心基部から心尖部方向に向かう血流が存在することに気が付きました。おそらく1990年代終わり頃の心エコー図学会であったと思うのですが、この血流の意義について偶然に菅原先生に相談させていただく機会に恵まれました。その際「君それはカラー M モードだけでなくカラードプラ断層像でも必ず見えるよ」とのご示唆をいただきました。断層像の画角を狭くし、視野深度を浅くし、音線を間引くことで毎秒48フレームの断層像が得られ、カラードプラ断層像上でこの等容弛緩期心尖部方向血流が明瞭に視認できました。このときが菅原先生との2度目の出会いでした。左室収縮末期容積が小さく、心尖部に壁運動異常の無い左室においてのみこ

の血流が見られたことから、この血流の存在に *elastic recoil* の関与を考えましたが、*elastic recoil* をどうしても定量的に捉えることができません。このとき菅原先生から収縮後期大動脈血流が持つ慣性力の定量と左室弛緩の関係をお教えいただき、*elastic recoil* は視点を変えればこの慣性力として定量できることが分かりました。左室における1心周期を慣れ親しんだ容積-圧平面における P-V loop としてではなく、圧（P）- dP/dt 平面における phase loop として描記すると、*elastic recoil* による左室弛緩と内因性の左室弛緩とを分離できることを目の当たりにしました。この phase loop 上で視認できる慣性力の概念は、菅原先生が導き出された正しく循環力学上の大きな発見であります。私はその重要性を臨床例において検証させていただきました。若輩の私が申し上げるのもおこがましいことではありますが、研究は優れた先人との出会いによって進歩することをつくづく実感いたしました。菅原先生は、数学・物理学の基本さえ十分に理解できない私を、循環力学の世界へ導いて下さいました。菅原基晃先生との出会いがあつてこそその研究の進展であつたと、心より感謝しております。

菅原基晃先生のもう一つの大きいご業績は、*wave intensity* の概念による大動脈血流の循環力学的な理解であると思います。左室と大動脈は、脈波の理論を介して収縮期を通じて干渉し合います。菅原先生のご友人である Imperial College of London の Kim Parker 教授らによって提唱された *wave intensity* ($= dU/dt \cdot dP/dt$) の基本概念を臨床応用できるレベルに高められ、ヒト頸動脈においてエコートラッキング法とカラードプラ法を駆使して非観血的に *wave intensity* を計測する装置をアロカ株式会社（当時）との共同研究で開発されました。*wave intensity* の理論により、左室が収縮早期に上行大動脈に前進圧縮波としてエネルギーを伝搬し、収縮後期には左室が上行大動脈に前進膨張波を出して、血液を左室方向へ引き戻し大動脈弁を閉めることがよく理解できます。

収縮後期大動脈血流が持つ慣性力の定量、*wave intensity* の応用を含む循環力学の大筋は、私も書かせていただいた教科書「イメージで理解する心エコー・ドプラ・循環力学」(菅原基晃, 仁木清美, 大手信之共著, 文光堂 2011 年) として出版されました。

また、菅原先生は、我が国で行われた研究の成果を海外に向けて発信することにも熱意を持っておら

れ, Sugawara M, Kajiya F, Kitabatake A, Matsuo H (eds). Blood Flow in the Heart and Large Vessels. Springer, 1989 という英文単行本も出版されました。この本は、当時の我が国の血流研究の実力を示したもので、現在では、Springer ebooks シリーズに収められ、インターネットから download で入手できます (有料)。

しかし、これらは菅原先生の研究業績・教育業績の一部にしか過ぎません。最も重要なことは、心臓力学・循環力学に精通しない多くの心臓臨床医に対して適切でかつ親身なご助言を与え続けていただい

たことにあると思います。加えて、今や循環器病学の世界的な雑誌に成長した Heart and Vessels 創刊の中心的な役割を菅原先生が果たされたことを申し添えさせていただきます。

菅原基晃先生におかれましては、今後も健康にご留意いただき、迷える臨床家を末永くご指導いただきたいと存じます。改めて菅原基晃門下の一人でありますことを荣誉に存じます。

(名古屋市立大学大学院医学研究科 心臓・腎高血圧内科学教授 大手 信之)

2016 JSUM Prize Winner Motoaki SUGAWARA, Ph.D, EJSUM (1941 -)

It is our great pleasure to write here to congratulate Dr. Motoaki Sugawara for his being awarded eighteenth Prize of Japan Society of Ultrasonics in Medicine.

He graduated from the School of Engineering, The University of Tokyo in 1963 and received Doctor of Engineering from the Graduate School Engineering, The University of Tokyo in 1968. His main concern at the school was aeronautics. He applied his knowledge of aeronautics and fluid dynamics on biomechanics, especially in the field of cardiac mechanics and hemodynamics and carried out most of his investigations at the Tokyo Women's Medical University.

One of his major scholarly achievements was concerning the relationship between the inertia force of late systolic aortic flow and left ventricular function at the phase from end-systole to early diastole. Another was a clinical implication of the concept of wave

intensity, which defines the interaction of the left ventricle and the aorta during systole.

Most important his accomplishment other than research works, he has educated many cardiologists about how they should think cardiac behavior from the viewpoints of cardiac mechanics and fluid dynamics.

In addition, it is also important to remember that he was a key person who launched the world-widely established journal in the cardiovascular physiology and diseases, Heart and Vessels (Springer).

We would like to express our sincere congratulation to him for being awarded the 2016 JUSM prize.

(Nobuyuki OHTE, M.D., Ph.D., FJSUM, SJSUM; Professor and Chairman, Department of Cardio-Renal Medicine and Hypertension, Nagoya City University Graduate School of Medical Sciences)

参考文献

- 1) Senda S, Sugawara M, Matsumoto Y, et al. A noninvasive method of measuring Max (dP/dt) of the left ventricle by Doppler echocardiography. J Biomech Eng. 1992;114:15-9.
- 2) Sugawara M, Uchida K, Kondoh Y, et al. Aortic blood momentum—the more the better for the ejecting heart in vivo? Cardiovasc Res. 1997;33:433-46.
- 3) Ohte N, Narita H, Akita S, et al. The mechanism of emergence and clinical significance of apically directed intraventricular flow during isovolumic relaxation. J Am Soc Echocardiogr. 2002;15:715-22.
- 4) Yoshida T, Ohte N, Narita H, et al. Lack of inertia force of late systolic aortic flow is a cause of left ventricular isolated diastolic dysfunction in patients with coronary artery disease. J Am Coll Cardiol. 2006;48:983-91.

- 5) 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.
- 6) Ohte N, Narita H, Sugawara M, et al. Clinical usefulness of carotid arterial wave intensity in assessing left ventricular systolic and early diastolic performance. *Heart Vessels*. 2003;18:107–11.
- 7) Niki K, Sugawara M, Chang D, et al. Effects of sublingual nitroglycerin on working conditions of the heart and arterial system: analysis using wave intensity. *J Med Ultrason*. 2005;32:145–52.
- 8) Sugawara M, Niki K, Ohte N, et al. Clinical usefulness of wave intensity analysis. *Med Biol Eng Comput*. 2009;47:197–206.
- 9) Tanaka M, Sugawara M, Ogasawara Y, et al. Intermittent, moderate-intensity aerobic exercise for only eight weeks reduces arterial stiffness: evaluation by measurement of stiffness parameter and pressure-strain elastic modulus by use of ultrasonic echo tracking. *J Med Ultrason*. 2013;40:119–24.
- 10) Tanaka M, Sugawara M, Ogasawara Y, et al. Noninvasive evaluation of left ventricular force-frequency relationships by measuring carotid arterial wave intensity during exercise stress. *J Med Ultrason*. 2015;42:65–70.