



図 2 実験の様子

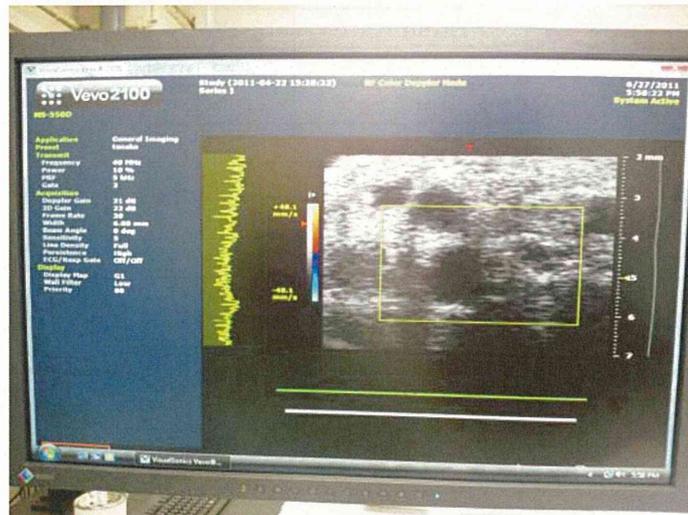
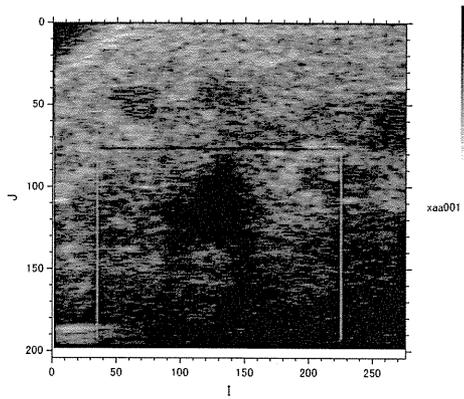
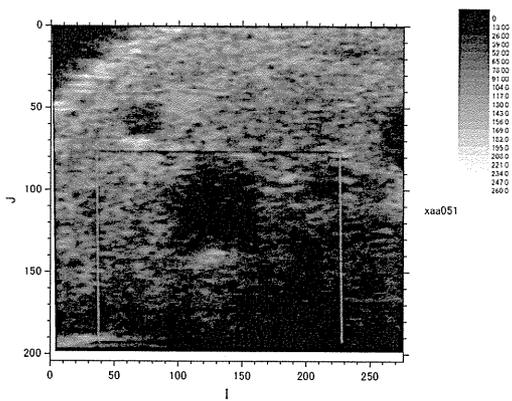


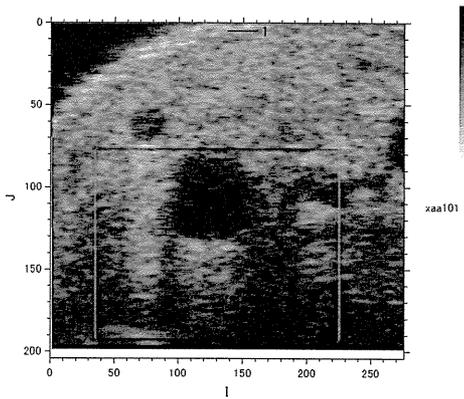
図 3 Bモード画像



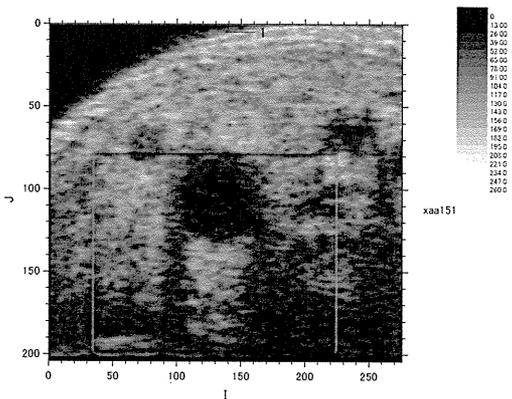
(a)  $k = 1$



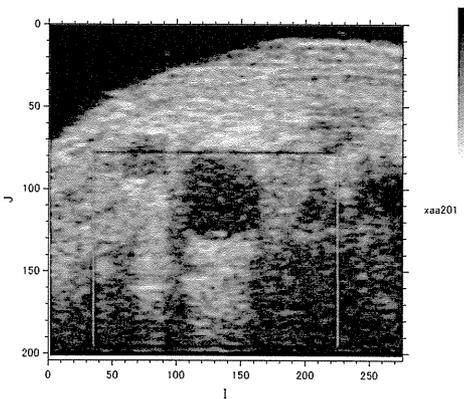
(b)  $k = 51$



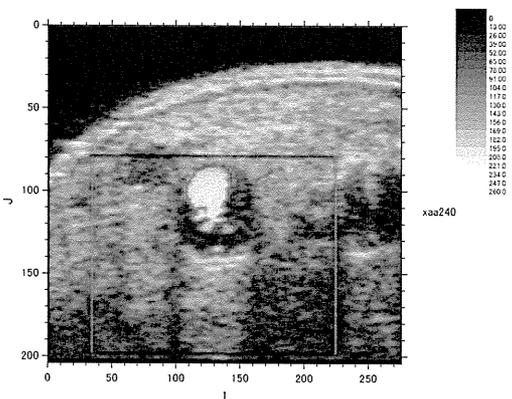
(c)  $k = 101$



(d)  $k = 151$

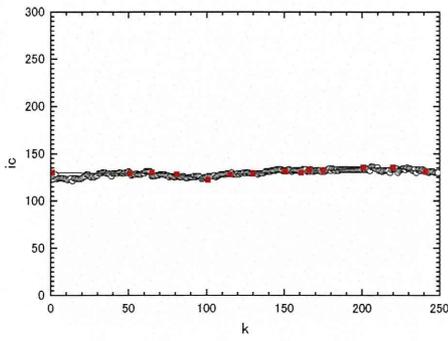


(e)  $k = 201$

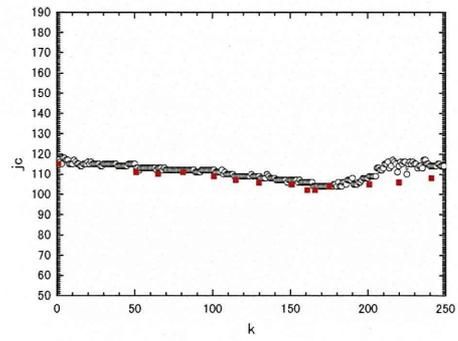


(f)  $k = 240$

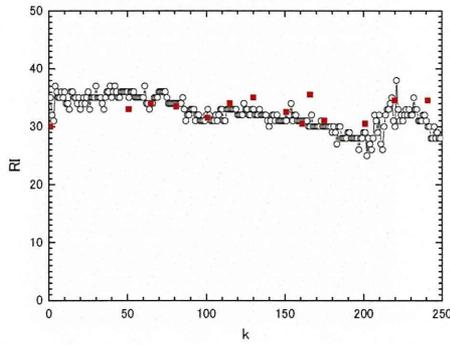
図4 キャプチャ画像



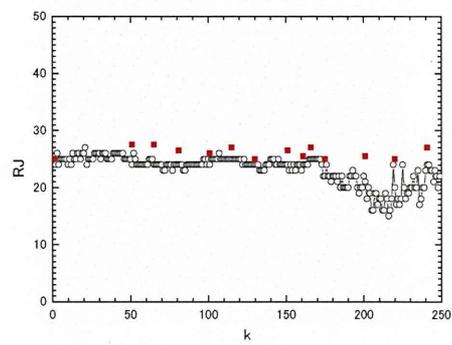
(a) ic



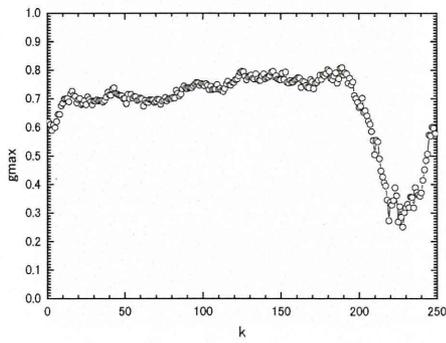
(b) jc



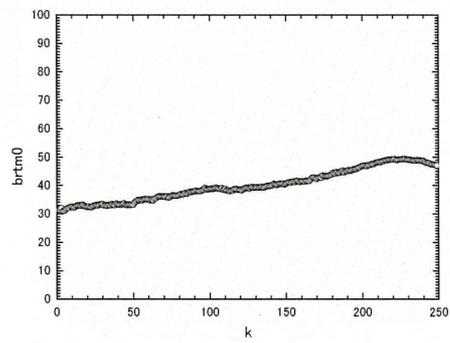
(c) RI



(d) RJ



(e) gmax



(f) britm0

図 5 パターンマッチングによる血管断面データの抽出結果

(IR = 30 , JR = 25 , nbmode = 50 , gmax = 0.65450)

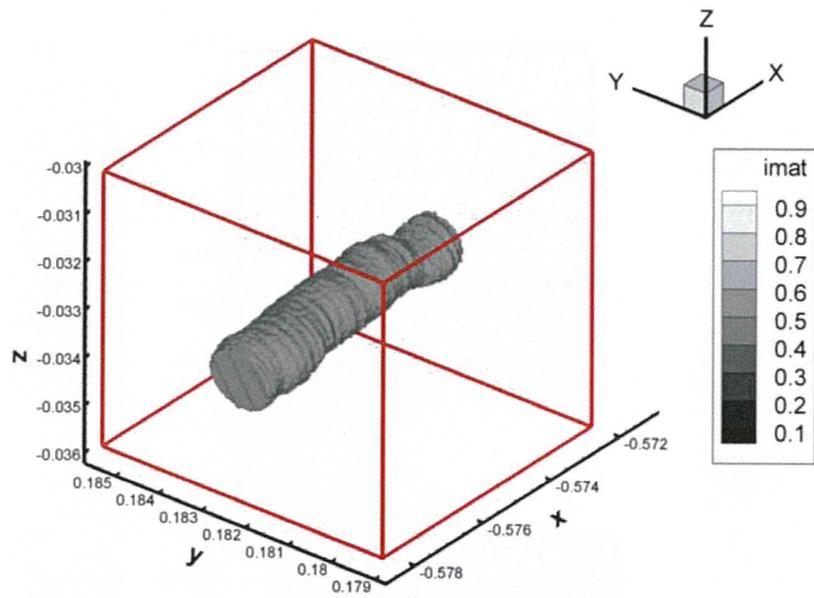


図 6 抽出された血管領域

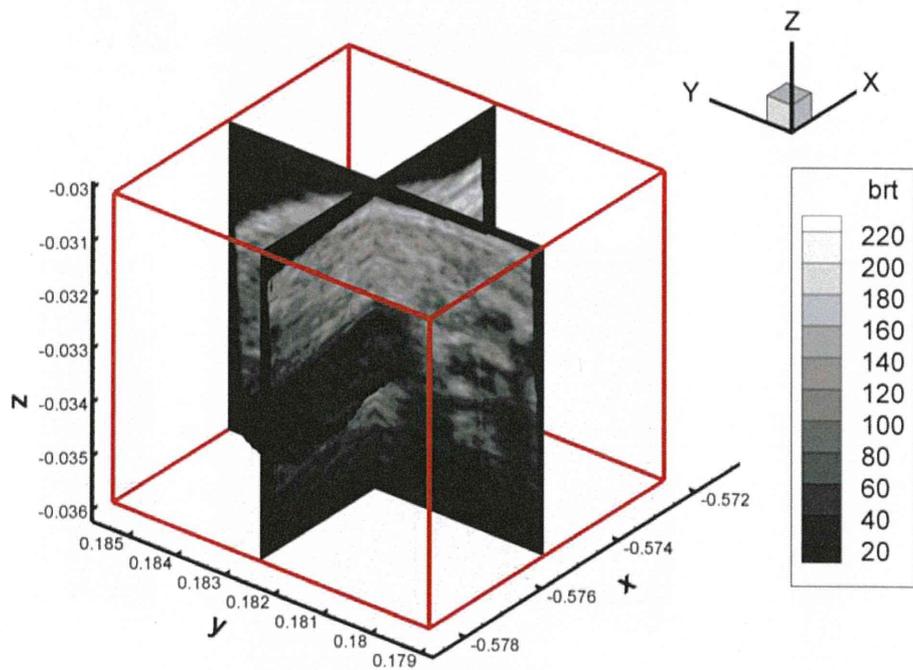


図 7 抽出された血管領域と再構成された B モード画像

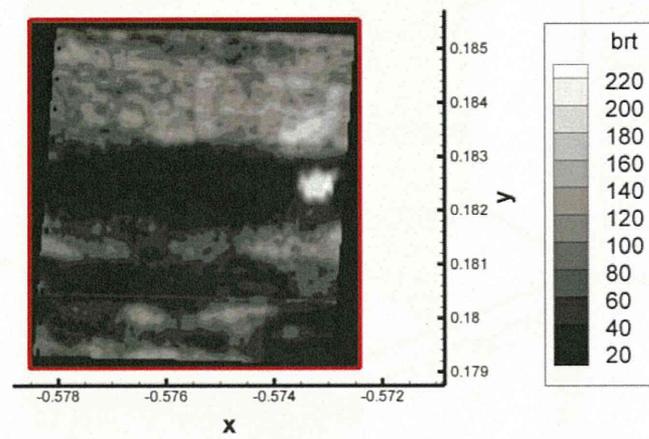
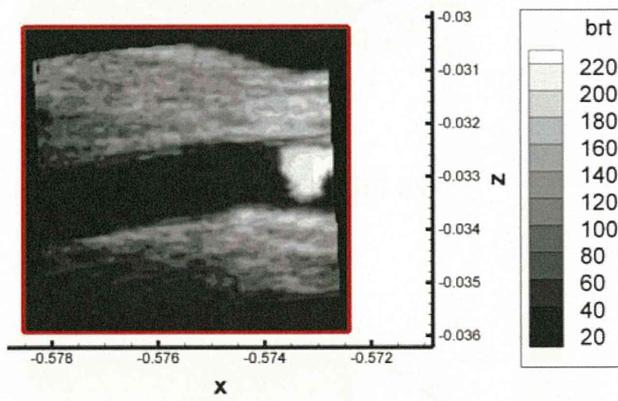
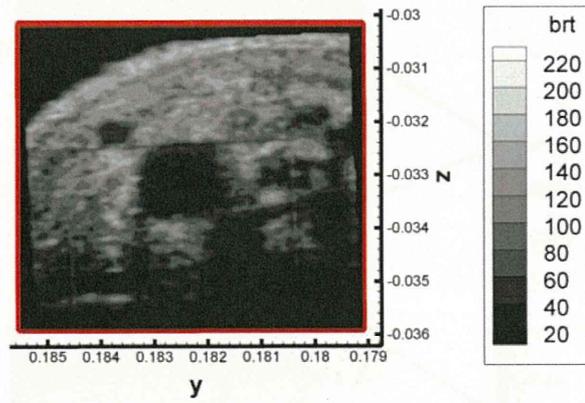
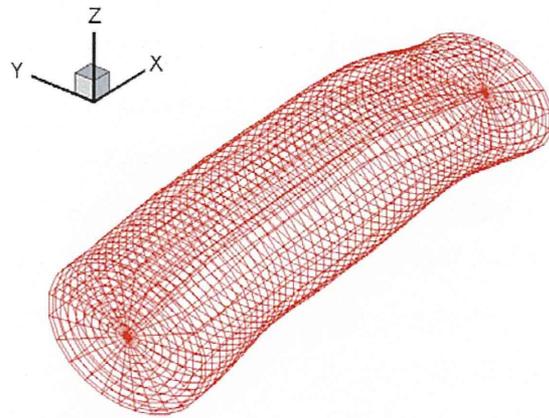
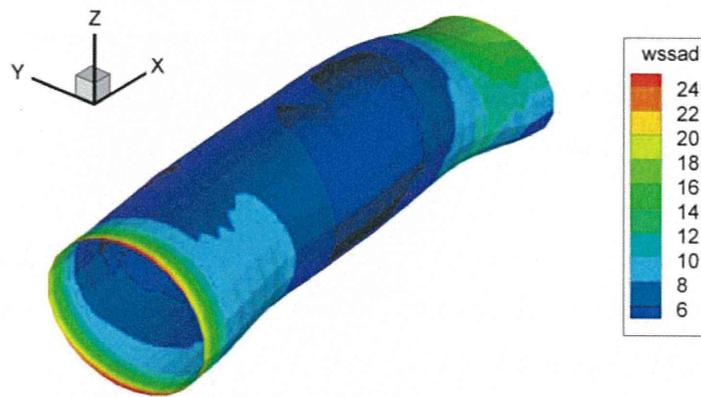


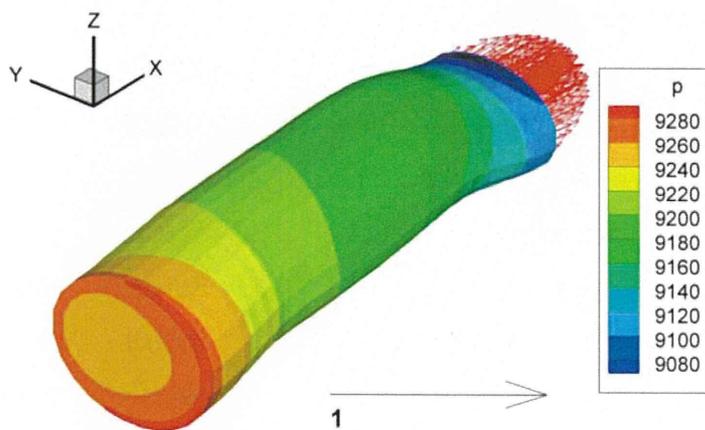
図 8 再構成された X, Y, Z 断面の B モード画像



(a) 計算格子



(b) 壁せん断応力分布



(c) 圧力分布と速度ベクトル

図9 流体・構造連成解析結果の例

#### D. 結論

小動物用超音波計測連成血流解析システムをヒト指動脈の血流解析に応用し、針刺激時の血行動態を解明することを目的として検討を行った。本年度は、血流解析において重要な課題である三次元血管形状を高精度に再構築する手法の確立を目的として検討を行った結果、超音波計測に基づくヒト葉指動脈の血管形状の再構築と血流動態の再現を行った。

#### 研究協力者

白井 敦 東北大学流体科学研究所

船本健一 東北大学流体科学研究所

#### 参考文献

1. Suo J, Ferrara DE, Sorescu D, Guldborg RE, Taylor WR, Giddens DP, Hemodynamic Shear Stresses in Mouse Aortas, *Implications for Atherogenesis, Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, Vol. 27, No. 2, 2007, pp. 346-351.
2. Hao LIU et al., Blood Flow Simulation in Cardiovascular System, *Ann. MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY* Vol. 20 No. 6 November 2002
3. Funamoto K. et al., Fundamental Study of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation of Real Blood Flow in the Aorta, *Ann. Biomed. Eng.*, Vol. 33, 2005, pp. 415-428

4. Funamoto K. et al., Numerical Experiment of Transient and Steady Characteristics of Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation in Three-Dimensional Blood Flow Analysis, *Ann. Biomed. Eng.*, Vol. 37, 2008, pp. 34-49
5. 船本健一ほか6名, 日本超音波医学会第82回学術集会プログラム・講演抄録集(2009), p. 309
6. 曾根周作ほか6名, 日本超音波医学会第84回学術集会プログラム・講演抄録集(2011), p. 32
7. 田中裕志ほか4名, 日本機械学会第21回バイオフィロンティア講演会(2010), 小動物用超音波計測融合シミュレーションシステムの開発(検証実験), 10巻72号 pp. 111-112
8. VisualSonic VEVO 2100 Imaging System Operator Manual
9. Platinum Faro Arm Operator Manual

#### E. 研究発表

1. 論文発表  
なし
2. 学会発表
  1. Shusaku Sone, Takaumi Kato, Kenichi Funamoto, Toshiyuki Hayase, Masafumi Ogasawara, Takao Jibiki, Hiroshi Hashimoto, Koji Miyama, Comparison between Ultrasonic-Measurement-Integrated Simulation and Ordinary Simulation

with Measured Upstream Velocity  
Condition, Eighth International  
Conference on Flow-Dynamics, 2011,  
456-457.

**F. 知的所有権の取得状況**

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし

## 自律神経パラメータ計測による統合医療の科学的評価

分担研究者 山家智之 東北大学加齢医学研究所 教授

吉澤 誠 東北大学サイバーサイエンスセンター

田中 明 福島大学

片平美明 東北厚生年金病院循環器センター

秋野能久 宮城社会保険病院循環器科

宗像正徳 東北労災病院勤労者予防医療センター

八木哲夫 仙台市立病院循環器科

柴田宗一 宮城県立循環器呼吸器病センター

### 研究要旨

2011年3月11日、東日本震災の被災地では心血管イベントが多発し、改めて自律神経機能診断による心血管系機能、凝固機能診断の重要性が指摘される結果となった。高血圧や心不全患者では自律神経機能の障害が観測されており、自律神経機能の定量診断は重要になる。東北大学は、心拍数だけでなく、動脈系、心収縮力の血圧反射機能の感受性を定量的に診断することができる全く新しい血圧反射機能測定装置を発明し、特許申請を行っている(特願 2006-271105)。新しく発明された診断装置では、血圧の変動と、動脈の弾性を計測することで、回帰直線から血管の血圧反射の反応性を定量的に診断することができる方法論により動脈血圧反射機能の感受性の定量診断を具現化した。更にインピーダンス法により心拍出量を計測することで、心収縮性の血圧反射機能の定量診断も具現化している。倫理委員会を経た臨床試験において高血圧を持つ症例においては、心臓の血圧反射機能と動脈の血圧反射の感受性が共に低下している傾向が観測されており、高血圧の病態を形成する一部になっている可能性が考えられた。自律神経機能の改善のために、自律訓練法などの応用も提案されており、急性効果の確認のために血圧反射機能の比較を行ったところ、自律訓練法の訓練中にむしろ交感神経の賦活化が観測される興味深い結果も得られている。今後、統合医療の定量評価を目指して、本態性高血圧だけでなく、脳神経性の疾患、自律神経機能疾患、糖尿病などに伴う自律神経障害、循環器疾患等の精密な診断と治療に幅広い応用が期待できる将来性は大きく期待できる。現在、東日本震災で最も地震、津波、火災の被害が大きかった気仙沼地区などにおいて、被災地におけるストレス、自律神経機能障害の臨床試験に着手を開始しており、臨床的な有効性の確認が期待される。

## 1. 緒言

2011年3月11日の東日本大震災は、地震に津波、火災、福島原発のメルトダウンが加わったので、人類の歴史上最大の複合震災の様相を呈した。



図1 東日本大震災の津波被災地

この震災は、被災地の生命、財産、健康を大幅に阻害したのみならず、被災者に多大な物理的、心理的ストレスをもたらした。



図2 被災地の津波避難所

被害を大きく拡大させ、ストレスを増大させたもっとも大きな要因の一つに、反原発運動家の風評被害がある。

全国で学生運動が華やかだった時代、原水爆実験禁止条約の時代には、隆盛を誇った左翼の運動家は、世界的にみても、どこでも、ほぼ一本調子の衰退曲線を描き、組織体として衰亡の一途であったが、東日本震災の原発事故を受け、大きく運動を盛り返した。反原発運動は、国民に不幸があると運動が拡大すると言う皮肉な側面があると言える。逆に言えば、原発に事故がない限り、本来は消滅していくはずの運動であった。

問題は、被災地の人々のストレスである。反原発の運動家は、福島の不幸な事故を糧にして、吸血鬼のように蘇ると同時に、ただちに原発の風評被害をまき散らし始めた。



図3 払底する物資

インターネットでは流言飛語が飛び交い、関東大震災の時には、朝鮮人が暴動を起こすという流言飛語によって不幸な事件が多発したという歴史があるが、このようなデマが、反原発運動家によって現代に蘇った

ともいえる。反原発運動家のまき散らした様々な流言飛語が、震災被災地に多大なストレスをもたらし、心血管イベントの多発を介して、せつかく津波に被害を生き延びたはずの多くの国民の命を奪った。反原発運動家の風評被害で家族は崩壊し、一家は離散し、産業は崩壊した。

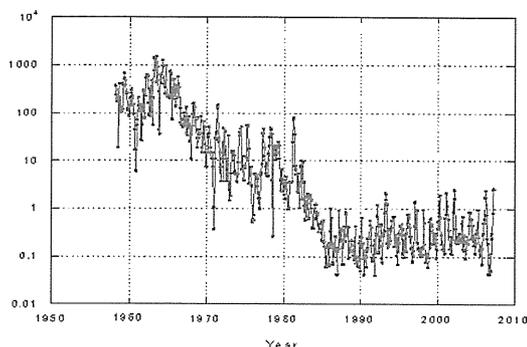


図4 日本の大気圏内プルトニウム降下量

現実には、日本では、世界中の50年代～60年代の太平洋などにおける大気圏内核実験を受けて、現在の千倍から一万倍に及ぶ大気圏内のプルトニウム降下を受けていた。従って、現在の日本人の40～50代の人口では出生直後から幼年期に現在のしい千倍に及ぶ核物質を被曝しているが、先天奇形の発生率も、発がん率も増加がみられていない。チェルノブイリの事故でも日本では大気圏内核物質降下量は一過性の増加を見せている。一時チェルノブイリで膀胱がんが増える可能性が指摘されたが、現在は統計的に完全に否定されている。

したがって、反原発運動家が、過剰に放射能被曝を宣伝することは、福島県民にとって、健康被害と風評被害をもたらす以

外に益はなかったことになる。

同時に、反原発運動家による流言飛語は、被災地への物資輸送を止めた。原発の周辺では日用品や食料だけでなく、薬剤の輸送も止められたので、薬の不足により医学的な有害事象が多発することにもなった。

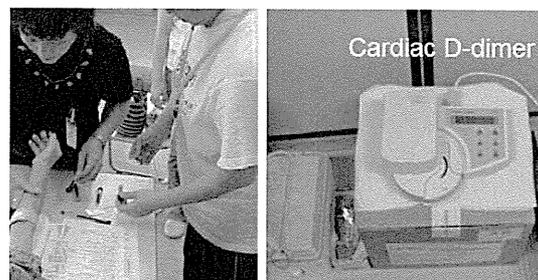


図5 被災地支援のための静脈血栓測定

これら反原発運動家の災厄がもたらす死傷者、困窮者、経済破綻者の数は、東日本震災の地帯から全国に離散しているので経済規模の把握は困難である。震災前の東北地方の人口は1千万近くであり、この1千万規模の日本人に加えて北関東、東京の人口が反原発運動家により有形無形の多大な被害を受けた人口であるという推定を行うこともできる。

原子力発電所はなくなっても日本の生活には影響はないかもしれない。リスクを考えれば、これ以上の原子力発電所の新しい建設は、事実上、不可能であろうし、止めなくてはならないが、日本人に最大の不幸をもたらしたのは反原発運動家であるという、明確な事実は、歴史に記録しておくなくてはならない。

これまで、そしてこれからも、反原発

運動家の流言飛語は、被災地に多大なストレスをもたらしている。

被災者の人命を救助するためにも精密なストレス負荷の測定は必須である。

## 2. ストレス機能測定

人体はストレスを受けると有形無形の影響により自律神経機能、心血管機能、線溶系、凝固系の機能が大きく影響を受ける。交感神経が優位になり、心拍数増大、末梢血管抵抗の増加は、血圧の上昇から脳卒中、解離性大動脈瘤の破裂などの致死的な心血管イベントに直結する。凝固系の亢進は深部静脈血栓症をもたらす、肺梗塞などの病態に直結すると同時に、心房細動からの血栓塞栓症も増加させる。

すなわち、反原発運動家がデマを流せば、流すほど、日本人は、風評被害で、どんどん死んでいく状態になるともいえる

うつ血性心不全の症例には自律神経機能の障害が認められることが知られており、心拍変動は、心不全の病態を反映する最も重要なパラメータの一つである。従って重症度の定量的な診断のために、循環動態のゆらぎについての的確に診断をしていけば、医学的に精密なフォローアップや、リハビリテーションを施行できることになる。心拍変動や、循環動態のゆらぎのパラメータについてはいくつかの方法論について報告が行われているが、周期性のゆらぎ成分については、呼吸性周期のゆらぎ成分と、より低周波のゆらぎ成分として0.1 Hz 前後のゆらぎ成分の存在が重要である。この1

0秒前後の周期のゆらぎ成分は、血圧反射機能の発振によって発生するという仮説が提唱されている。

血圧反射機能は、生体の恒常性を維持する最も重要な制御機構であり、本態性高血圧患者の一部においては、この血圧反射制御の感受性が障害され、血圧が上昇しても自律神経を介した制御機構が働かず、血圧が上昇したまま維持されることが知られている(1-6)。特に若年性の高血圧では、この自律神経制御機構の破綻が、本態性高血圧症の病態において、極めて重要な役割を担っていることが報告されている(7-10)。

これまで、心臓の血圧反射機能の感受性については、血圧を変化させる薬剤などを投与することによる血圧変動に対する反応性の心拍数の変化を計測し、血圧の変動量に対する心拍数の変動量から最小二乗法を用いた回帰直線の傾きを計算することにより、診断を行が行われてきた(1-10)。しかしながら、心拍数の変動を観測するだけでは、心臓を支配する自律神経に関する反応性を診断することができるが、動脈系の血管抵抗を支配する自律神経の反応性に関しては診断することはできない。

生理学の教科書にもあるように、例えば、交感神経の緊張時には、心臓交感神経の反応で、心拍数は増加するが、血管系に関しては抵抗血管の拡張などにより、血流量を増加させる方向へ働く(11)。更に、血管の反応性も臓器ごと、部位ごとに異なる。このように、自律神経系に関しては、地域性の反応があることが知られており、人体の臓

器ごと、領域ごとに異なる反応を呈することも多く、心臓の反応だけで、全体を診断することは必ずしも正しくない。神経変性疾患や糖尿病などで自律神経障害をきたす場合には、自律神経障害の程度は、部所により様々な度合いを示すので、心臓と血管の自律神経障害は独立に診断する必要がある。更に動脈硬化などにより血管弾性が変化すれば、動脈系の反応性も低下するので、これも、心臓とは独立に診断しなければならない。しかしながら、これまでに、動脈系の血圧反射機能を診断する方法論に関しては、その方法論自体、報告されておらず、メドラインで国際医学文献を渉猟しても検索できず、特許庁の特許検索、アメリカ・ヨーロッパの特許検索においてもこのような方法論の特許は過去に申請されていない。また、心臓の血圧反射には、心拍変動だけでなく、心臓の収縮性についても自律神経機能の支配が報告されているが、心臓の収縮性についての血圧反射特性については、過去に報告は行われていない。

つまり現在まで行われてきた心拍数だけを計測する血圧反射機能の診断法では、洞結節を支配する自律神経機能は診断できるが、血管支配の自律神経、心収縮力を支配する自律神経は診断することができない。そこで、東北大学加齢医学研究所及び関連病院群、サイバーサイエンスセンター、大学院医学系研究科、フクダ電子、福島大学などの研究チームは、新しく動脈系の血圧反射機能を発明し、特許の申請を行い、開発を進めている。

## 2-1. 血圧反射機能診断装置の概略

動脈系を支配する自律神経の反応は、必ずしも全く心臓の自律神経反応と完全に同じ方向に反応するわけではなく、様々な外乱や病態の変化に応じて、様々な対応を行ってホメオスタシスを維持している(12-14)。そこで、血圧反射機能における心臓の反応性だけではなく、動脈の反応性を計測する装置を発明した(15)。

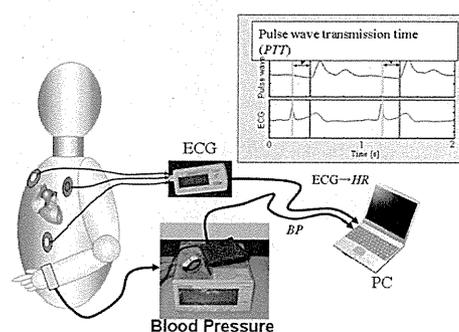


図6 動脈の血圧反射性機能診断装置

発明の代表的な実現の形態においては、心電図、あるいは心音図、及び、各動脈の脈波などによる脈波伝播速度の計測を行い、動脈の弾性を診断し、血圧の変動に対する動脈弾性の変動の反応を計測し、その回帰直線から血管の血圧反射機能を定量的に診断するシステムである。この代表例では、心電図と脈波のみの極めて安価で簡便な計測で、血管の血圧反射機能の診断を具体化している。

すなわち、心電図のR波の発生、あるいは、心音図のⅡ音の発生により、心臓の収縮開始時点を規定する。心臓収縮の開始時点は、心電図、心音図のほか、超音波によ

る心臓断層法、ドプラ法による血流計測なども応用できるが、これらの方法論にのみ限定されることはない。更に、上腕、手首、指先、大腿部、あるいは足首などで計測された脈波の立ち上がり時点から、脈波が心臓から到達した時点を実測する。脈波の波形における立ち上がり時点の決定法は、最小脈波からの立ち上がり点による計測、波形の一次微分や二次微分による計測などが考えられるが、これらの方法論にのみ限定されることはない。また、脈波の計測部位は体外から非侵襲的に計測できるところならどこでも可能であり、更に超音波による血管断層から計測される方法や、ドプラによる動脈波の計測を用いてもよく、MRIの血流波形や、CTによる断層像を用いても良いが、これらの方法論に限定されることはない。これらの方法論により、脈波伝播時間の連続計測を行い、血圧の変動に対する反応性の脈波伝播時間の変動を実測する。これと同時に、血圧の変動に対する心拍の変化を、計測することにより、血管の血圧反射機能と同時に、心拍の血圧反射機能も計測することができる原理になる。更に、インピーダンス法により一回拍出量をモニターすれば、心拍変動だけでなく、心収縮性の血圧反射機能定量診断も行うことができる。

さて、脈波伝播速度を使って血圧反射機能を診断することは可能だろうか？

臨床試験に入る前に動物実験によりこの問題について研究を行った。

健康な山羊を使って実験を行った。すな

わち、血圧を薬剤性に突然上昇させると、反射性に心拍数は低下し、脈波伝播時間は延長する。ところが、薬理学的に自律神経を遮断すると、この血圧反射による反応は消失することが判明した。すなわち、心拍数、脈波伝播時間に現れる血圧反射機能は、明らかに自律神経系によって制御されていることがわかる。自律神経を介した血圧反射機能は心拍、及び脈波伝播時間に発現しているため、これを計測すれば、自律神経系の定量診断が具現化する可能性が示唆されたことになる。これらの結果から、心拍、脈波伝播時間から、心臓と、動脈の血圧反射機能を同時に診断することができることが判明したので、臨床への展開を試みた。

本研究におけるデータ計測においては、健康ボランティア並びに血圧の高いボランティアなどに対し、倫理委員会認可後インフォームドコンセント採取の後、計測を行った。対象に心電図モニターを行い、及び橈骨動脈に置いた脈圧センサで、脈波の計測を試みた。心電図計測、脈波計測は、比較的簡単に具現化できる汎用性の高いシステムである

このシステムに、インピーダンス法による心拍出量計測を加えれば、心収縮性の血圧反射機能も計算することができる。

さて、体表からの脈波計測により、本当に、対象の動脈に伝播される脈動を実測することができるのであろうか？

これを評価するためには、対象となる動脈自身の脈動をリアルタイム計測して観測する必要がある。そこで超音波診断法を用



## 2-2、結果

成人男子の計測データの一例を図7に提示する。右上段の時系列データは、再サンプリング後の時系列曲線であり、座位と仰臥位における心拍、血圧、脈波伝播時間の時系列を提示している。統計処理により座位と臥位の平均値心拍変動 RR50, CVRR などが自動計算されると同時に、スペクトル解析によるゆらぎの解析が行われ、交感神経機能、副交感神経機能のバランスの診断が具現化しており、心拍変動のスペクトル解析、血圧変動のスペクトル解析を行うことが出来るが、脈波伝播時間のスペクトル解析は新しい方法論であり、世界に過去の報告がないので、動脈系を支配する自律神経機能を診断する新しい方法論として今後の症例の蓄積による研究の進展が待たれる。脈波伝播時間のスペクトル解析により血管運動性の自律神経機能の診断が具現化する可能性があるものと期待される。二つの時系列信号の間の相互相関関数が計算され、遅れ時間の決定から血圧反射機能の感受性が計算できる。

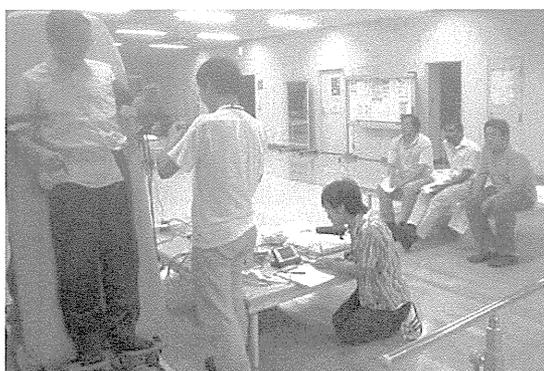


図8 東北大学病院臨床試験

本発明における血圧反射感受性計測システムにおいては、心臓の血圧反射機能だけでなく、動脈の血圧反射機能も計測できる点に最大の特徴がある。相互相関関数による遅れ時間の設定の後、血圧の上昇に対する、脈波伝播時間の変動を求め、血管の血圧反射機能における感受性の評価を行う。

血圧反射機構のメカニズムを考察すれば、血圧が増加すると、反射的に血圧を低下させるために血管が緩み、血管の弾性が柔らかなる方向へ向かうので、脈波伝播時間は増加する方向へ向かう理論である。そこで相互相関関数の計算結果から反射機能の遅れ時間を計算し、血圧変動に対する血管の弾性の反射性の反応を計算したところ、図に提示するように、時系列にゆらぎが存在するためにばらつきは認めるものの、血圧が増加すると脈波伝播時間は増加する傾向を明らかに認め、有意の正相関が観測されているのがわかる。倫理委員会の審査を経て本研究において計測した症例においては、安定した計測が可能な例では、ほぼ全ての症例で正相関が観測される傾向を認めた。従って、血圧変動と、脈波伝播時間変動の、最小二乗による回帰直線の傾きから、動脈系の血圧反射機能が計算できる原理になる。動脈血圧反射機能の感受性を示す傾きの計算に当たっては、周波数フィルターを用いて相互相関から計算される周波数帯域をバンドパスフィルターで選択して解析に供した。図7に結果の一例を提示する。

方法論の確立ののちシュルツの「自律訓練法」に関して実験を試みた。

被験者は13例の健康成人男子であり、インフォームドコンセントを書面で採取。20分間の安静の後、シュルツのプロトコルに則り、自律訓練法を試みた。症例は全て自律訓練法の経験のない初回検査である。血行動態の時系列曲線に有意な変動は観測されなかったが、初回のためか、自律訓練法の試行中に LF/HF の増大傾向を認め、交感神経の賦活する傾向がある可能性を認め、また、脈波伝播時間に診る動脈の血圧反射機能に関しては、自律訓練法の試行中は安静時に比較して感受性が増加し、訓練後に低下する傾向を認めている。

このように、自律訓練法には、血圧反射機能を介した自律神経機能に対する効果があるのかもしれない。

### 2-3、考察

言うまでもなく、本態性高血圧症の発症において、血圧反射機能は最も重要な循環動態制御機構の一つであり、これまでに膨大な様々な方向性からの研究が行われてきている。生理学の教科書には、血圧の上昇に対する血圧反射を介した心拍数の減少が、ホメオスタシスの概念を説明する代表例として取り上げられている。

これらの研究は全て血圧制御における心拍の関与を提示したデータであり、血圧反射制御系における血管の要因の関与について報告した論文はほとんどなく、また、血管の弾性に血圧反射制御の感受性を計測する方法論の診断機器は、過去の特許文献を検索しても、日本、米国、EU特許には、

ひとつもない。

最近、本邦で開発され普及しつつある腕と足首の脈波計測による脈波伝播速度の簡便な計測装置は、臨床最前線における血管弾性の簡便な計測を具現化した。動脈硬化などで障害される血管弾性のパラメータとして急速に普及している(19-22)。この方法論を応用すれば、世界で初めて、生体の血圧反射制御機構の血管反応性に注目した血圧反射感受性が計測できる原理となるので、新しい知的財産として特許を申請した(15)。

本システムにより、心拍変動のパラメータや、心拍変動、血圧変動のスペクトル解析による自律神経機能評価だけでなく、脈波伝播時間のスペクトル解析も行うことが出来る。動脈系のゆらぎ解析は過去に報告がなく、地域性反応がある自律神経系における新しい機能診断として将来性が注目される。

この新しいシステムは、心拍に現れる心臓血圧反射機能だけでなく、動脈の血圧反射機能感受性も計測することができるので、新しい方法論として、脳神経系に疾患を持つ患者や、自律神経疾患を持つ患者、糖尿病の自律神経機能障害、循環器疾患の患者や、高血圧患者などにおける適切なフォローアップなどへ幅広い応用が期待される。すなわち、脳神経系の機能障害や自律神経機能障害では、心臓だけでなく血管系の精密な自律神経機能を行うことでより精密な診断と治療が具現化することが期待できる。

心臓の血圧反射を診断する方法論についてはこれまで様々なアプローチが試みられ

てきたが、血管系の血圧反射機能を診断する方法論は、現在、世界中に一つも存在しない。心臓だけでなく動脈系の自律神経機能を精密に定量的に診断することで、より正確な自律神経機能の診断が具現化するものと大きく期待される。

### 3-1. 被災地の診療のための電子診療鞆

地震、津波、火災、および原発事故の複合震災に襲われた現地では、壊滅した病院診療所の支援策として遠隔医療が強く求められる結果になった。



図9 自律神経機能診断を行うことができる被災地における電子診療鞆

遠隔医療診断には、救命救急に関わる高度医療から、2次医療、1次医療、更には予防医療の分野にまで展開が構想される。緊急時や、救命救急が必要な病態においては一刻も早い高次医療機関への搬送が望まれるが、高次医療資源には国内では経済的にも限りがあり、緊急ではない、予防医療などの現場においても医療情報の伝送など、先進ITによる高精度の医療が望まれている。

血圧反射機能は、生体の恒常性を維持する最も重要な制御機構であり、本態性高血圧患者の一部においては、この血圧反射制

御の感受性が障害され、血圧が上昇しても自律神経を介した制御機構が働かず、血圧が上昇したまま維持されることが知られている(1・6)。特に若年性の高血圧では、この自律神経制御機構の破綻が、本態性高血圧症の病態において、極めて重要な役割を担っていることが報告されている(7・10)。

これまで、心臓の血圧反射機能の感受性については、血圧を変化させる薬剤などを投与することによる血圧変動に対する反応性の心拍数の変化を計測し、血圧の変動量に対する心拍数の変動量から最小二乗法を用いた回帰直線の傾きを計算することにより、診断が行われてきた(1・10)。しかしながら、心拍数の変動を観測するだけでは、心臓を支配する自律神経に関する反応性を診断することができるが、動脈系の血管抵抗を支配する自律神経の反応性に関しては診断することはできない。生理学の教科書にもあるように、例えば、交感神経の緊張時には、心臓交感神経の反応で、心拍数は増加するが、血管系に関しては抵抗血管の拡張などにより、血流量を増加させる方向へ働く(11)。更に、血管の反応性も臓器ごと、部位ごとに異なる。このように、自律神経系に関しては、地域性の反応があることが知られており、人体の臓器ごと、領域ごとに異なる反応を呈することも多く、心臓の反応だけで、全体を診断することは必ずしも正しくない。神経変性疾患や糖尿病などで自律神経障害をきたす場合には、自律神経障害の程度は、部所により様々な度合いを示すので、心臓と血管の自律神経障害は

独立に診断する必要がある。更に動脈硬化などにより血管弾性が変化すれば、動脈系の反応性も低下するので、これも、心臓とは独立に診断しなければならない。

しかしながら、これまでに、動脈系の血圧反射機能を診断する方法論に関しては、その方法論自体、報告されておらず、メドラインで国際医学文献を渉猟しても検索できず、特許庁の特許検索、アメリカ・ヨーロッパの特許検索においてもこのような方法論の特許は過去に申請されていない。そこで、東北大学加齢医学研究所及び関連病院、情報シナジーセンター、フクダ電子、福島大学などの研究チームは、新しく動脈系の血圧反射機能を発明し、特許の申請を行い研究開発を進めている。

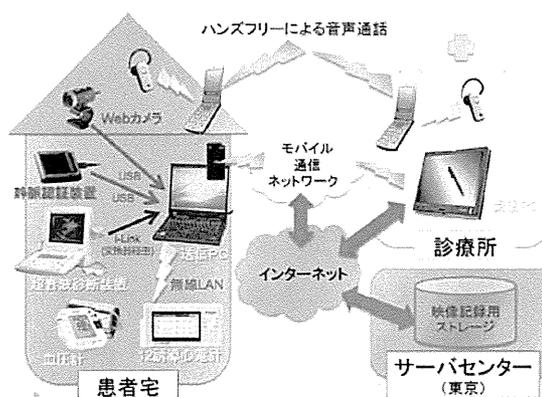


図10 電子診療靴による医療支援

例えば、心不全の症例では自律神経機能の障害が認められることが知られており、心拍変動は、心不全の病態を反映する最も重要なパラメータの一つになっている。従って、心臓血管病のフォローにおいて、重

症度の定量的な診断のために、循環動態のゆらぎについての確に診断をしていけば、医学的に精密な管理の具現化が期待できることになる。心拍変動や、循環動態のゆらぎのパラメータについてはいくつかの方法論について報告が行われているが、周期性のゆらぎ成分については、呼吸性周期のゆらぎ成分と、より低周波のゆらぎ成分として0.1 Hz 前後のゆらぎ成分の存在が重要である。この10秒前後の周期のゆらぎ成分は、血圧反射機能の発振によって発生するという仮説が提唱されている。血圧反射機能は、生体の恒常性を維持する最も重要な制御機構であり、本態性高血圧患者の一部においては、この血圧反射制御の感受性が障害され、血圧が上昇しても自律神経を介した制御機構が働かず、血圧が上昇したまま維持されることが知られている(1-6)。特に若年性の高血圧では、この自律神経制御機構の破綻が、本態性高血圧症の病態において、極めて重要な役割を担っていることが報告されている(7-10)。また、自律神経系に関しては、地域性の反応があることが知られており、人体の臓器ごと、領域ごとに異なる反応を呈することも多く、心臓の反応だけで、全体を診断することは必ずしも正しくない。神経変性疾患や糖尿病などで自律神経障害をきたす場合には、自律神経障害の程度は、部所により様々な度合いを示すので、心臓と血管の自律神経障害は独立に診断する必要がある。更に動脈硬化などにより血管弾性が変化すれば、動脈系の反応性も低下するので、これも、心臓と