

# 超音波による動脈壁弾性特性測定装置の開発

金井 浩<sup>1,2)</sup>, 長谷川英之<sup>2,1)</sup>

1) 東北大学院・工, 2) 東北大学院・医工

Development of Ultrasonic Equipment for Measurement  
of Elasticity of Arterial Wall

Hiroshi Kanai<sup>1,2)</sup> and Hideyuki Hasegawa<sup>2,1)</sup>

1) Graduate School of Engineering, Tohoku University

2) Graduate School of Biomedical Engineering, Tohoku University

**Abstract:** Atherosclerotic change of the arterial wall leads to a significant change in its elasticity. For assessment of elasticity, measurement of arterial wall deformation (strain) is required. Although, correlation techniques are widely used for motion estimation, the displacement estimated by such conventional phase-sensitive methods are biased when the center frequency of the RF echo apparently varies. One of the reasons for the apparent change in the center frequency would be the interference of echoes from scatterers within the wall. In the present study, a method was introduced to reduce the influence of variation in the center frequencies of RF echoes. The improvement in the strain estimation by the proposed method was validated using a cylindrical phantom. The error of strain estimated by the proposed method was about 7%, significantly smaller than that (over 20%) obtained by the conventional phase-sensitive correlation method. The proposed method was implemented into a prototype system based on a commercial ultrasound diagnostic scanner.

## 1. 目的

近年、食生活の欧米化や高齢化社会の急速な進展に伴い、動脈硬化症に起因する心筋梗塞や脳梗塞などの循環器疾患の増加が問題となっている<sup>1-3)</sup>。これらの重篤な疾病は、動脈硬化性プラークの破綻により発症すると言われており、その易破裂性を診断することが重要である。血管内視鏡カテーテルを動脈内に直接挿入し病変部位を特定する観血的な診断法や、造影剤を使用した X 線 CT, MRI などの画像診断法は、いずれも患者に与える肉体的、精神的負担が大きいことから病変の経時的変化を反復的に診断する方法としては不向きである。それに対し、超音波断層法は非侵襲であり、反復診断に適しているが、やはり形状の診断が主である。

動脈硬化症による組織変性に伴い、動脈壁の弾性特性は変化する<sup>4-6)</sup>。また、プラークの易破裂性診断において壁の動態や機械的特性を把握することは重要である。従来、心拍による動脈径の変化を超音波により非侵襲計測し、弾性特性を評価する試みが主であった<sup>7-9)</sup>が、そのような場合、動脈を壁厚の均一な円筒管と仮定する必要があるが、動脈硬化性プラークが生じ、壁厚が不均一となった場合には適用できないという問題がある。本研究グループでは、このような問題を解決するため、超音波を用いて心周期内における動脈壁のミクロンオーダーの“厚み変化(ひずみ)”を高精度に計測することによって、動脈壁の局所弾性的特性を評価する手法を開発した<sup>10-13)</sup>。

この手法では、受信超音波の位相偏移および中心周波数に基づき動脈壁内の変位分布を推定し、

その変位分布に基づきひずみを算出している．変位を推定する際，推定の際に仮定した中心周波数と，実際の受信超音波の中心周波数が異なる場合には変位の推定誤差が生じる．本研究では，このような誤差を低減して動脈壁のひずみを高精度に計測する手法を開発し，市販のハイエンド超音波診断装置をベースとした試作機に実装した．

## 2. 方法

### 2.1. 従来の変位推定法

超音波診断装置の超音波プローブから送信された超音波パルスは，微小振動している動脈壁で反射されて超音波プローブに戻るまでに，伝搬距離による位相遅れが生じる．著者らが開発した位相差トラッキング法(従来法)では，深さ  $d$  からの反射波の直交検波信号  $z(d; n) = z_r(d; n) + jz_i(d; n)$  から，連続する 2 つのフレームにおいて送受信された超音波パルス間の位相差  $\Delta\theta_d(n)$  を複素相関関数により検出する<sup>10)</sup>．

$$e^{j\Delta\theta_d(n)} = \frac{\sum_{d \in R} z^*(d + x_d(n); n) \cdot z(d + x_d(n); n+1)}{\left| \sum_{d \in R} z^*(d + x_d(n); n) \cdot z(d + x_d(n); n+1) \right|} \quad (1)$$

ここで， $n$  はフレーム番号， $x_d(n)$  は深さ  $d$  の点の変位である．また，\*は複素共役を示す．(1)式により検出された位相差  $\Delta\theta_d(n)$  をもとに，2 つのフレーム(時間間隔  $T$ )間の動脈壁変位  $\Delta x_d(n)$  が次のように求められる．

$$\Delta x_d(n) = -\frac{c_0}{4\pi f_0} \Delta\theta_d(n) \quad (2)$$

ここで， $f_0$  は送信超音波の角周波数， $c_0$  は音速である．(2)式により得られたフレーム間変位  $\Delta x_d(n)$  を積算することにより変位  $x_d(n)$  が得られる．以上の処理を，各深さ  $d$  に適用することにより，超音波ビームに沿った変位分布  $\{x_d(n)\}$  が得られる．

### 2.2. 受信波の中心周波数変動の影響とその低減法

(2)式を用いる場合，通常は送信超音波と受信超音波の中心周波数は同じ(もしくはある周波数を)と仮定する．本来必要なのは受信超音波の中心周波数であるが，複数の散乱体が存在する場合には，散乱はお互いに干渉し中心周波数が変動する．これは，計測に用いる超音波はパルスであるため有限の帯域を持ち，干渉によって本来の中心周波数  $f_0$  付近にディップが生じると，見掛け上中心周波数が変化するためである．このような中心周波数の変化は，散乱体の間隔に依存するため，ランダムに発生すると考えられる．

(2)式から分かるように，受信波の中心周波数が  $f_0$  と異なる場合，生じる誤差は位相偏移  $\Delta\theta_d(n)$  の大きさ，つまり対象物変位の大きさに比例する．動脈壁の場合，心臓の拍動にともなう動脈壁のひずみは，位置変化の 10 分の 1 以下であるため，中心周波数の変化が僅かであっても，位置変化成分により発生する変位推定誤差は，本来推定したいひずみに対し無視できない大きさとなる．

このように，動脈壁の位置変化による変位成分とひずみによる変位成分を，位相偏移を用いて同時に推定すると推定誤差が大きくなることから，複素相関関数を用いて位相偏移を算出する前に，動脈壁の位置変化を相殺する．図 1(a)と図 1(b)はそれぞれ異なる 2 つのフレームにおいて，本稿で用いた模擬血管の後壁付近から反射してきた超音波 RF 信号を示したものである．図 1(a)

と 1(b)における壁の領域(関心領域)は第 1 フレームにおいて手動で設定する．関心領域内には，複数のサンプル点 $\{d_i\}$  ( $i = 1, 2, \dots$ )が存在する．関心領域内の最も内腔に近い点 $d_1$ の径方向の変位 $x_{d1}(n)$ を，著者らの従来法<sup>10)</sup>で算出する．第 $n_{k+1}$ フレームが， $x_{d1}(n_k)$ と $x_{d1}(n_{k+1})$ の差がサンプル点間隔 $\Delta X$ の整数 $m$ 倍(本稿では $m = 1$ )以上となるフレームの中で最小のフレームとなるよう順次関心フレーム $\{n_k\}$ を設定し，第 $n_{k+1}$ フレームにおけるRF信号を $-m\Delta X$ だけシフトすることにより，図 1(c)と 1(d)に示されるように $n_k$ と $n_{k+1}$ フレーム間の壁の位置変化に伴う位相変化を除去することができる．

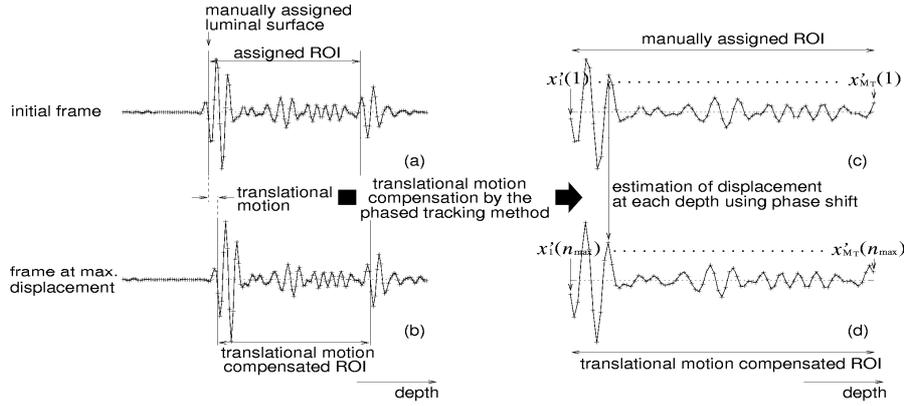


図 1: 壁の位置変化の相殺．(a) 内圧変化前の RF 信号．(b) 内圧変化後の RF 信号．(c) (a)の壁部位の信号．(d) 位置変化を相殺した(b)の壁部位の信号．

図 1(c) と 1(d)のように位置変化成分を相殺した後，関心領域内の各点 $\{d_i\}$ に関して， $n_k$ と $n_{k+1}$ フレーム間の RF 信号の位相偏移を算出することにより，その 2 フレーム間のひずみに寄与する変位 $\Delta x_{s,d}(n_k)$ が(3)式により得られる．

$$\Delta x_{s,d}(n) = -\frac{c_0}{4\pi f_0} \angle \gamma_{d,k} \quad (3)$$

$$\gamma_{d,k} = \sum_{d \in R} z^*(d + x_{d1}(n_k); n_k) \cdot z(d + x_{d1}(n_{k+1}); n_{k+1}) \quad (4)$$

しかし，(3)式においても(2)と同様，中心周波数 $f_0$ の情報が必要となるため，受信超音波信号の中心周波数が変動する場合にはその影響を受ける．そこで，(5)式で示される誤差補正関数 $\beta_{d,k}$ を導入する<sup>14)</sup>．

$$\beta_{d,k} = \frac{c_0}{4\pi f_0} \frac{|\angle(\gamma'_{d,k} \cdot \gamma_{d,k}^*)|}{\Delta X} \quad (5)$$

$$\gamma'_{d,k} = \sum_{d \in R} z^*(d + x_{d1}(n_k); n_k) \cdot z(d + x_{d1}(n_k); n_{k+1}) \quad (6)$$

誤差が補正された変位 $\Delta x_{s,d}(n_k)$ は(7)式で表される．

$$\Delta x_{s,d}(n_k) = \frac{1}{\beta_{d,k}} \frac{c_0}{4\pi f_0} \angle \gamma_{d,k} \quad (7)$$

(7)式で算出されたフレーム間変位 $\Delta x_{s,d}(n_k)$ をフレーム方向に積算することにより変位 $x_{s,d}(n_k)$ が得られる．変位 $x_{s,d}(n_k)$ が最大となるタイミングにおける深さ(=径)方向の変位勾配を推定する

ことで脈圧による壁の径方向ひずみ  $\varepsilon_{r,d}$  が得られる．計測したひずみ  $\varepsilon_{r,d}$  から，(11)に基づき弾性率を算出する．

### 2.3. 実験システム

散乱体(グラファイト粉末)を重量比 5%で混入させたシリコンゴムで作製された模擬血管を用いて評価実験を行った．図 2 に示す循環系を模擬した水槽実験系において，拍動流ポンプを用いて模擬血管内圧の変化を発生させた．

また，測定は提案法を実装したプロトタイプ装置(ハイエンド超音波診断装置 ALOKA 社製 SSD-6500)(図 3)の 10 MHz リニア型プローブを用いて行った．本装置では受信超音波 RF 信号を 40 MHz，16 bit で A/D 変換している．超音波ビーム数は 46，フレームレートは 286 Hz である．

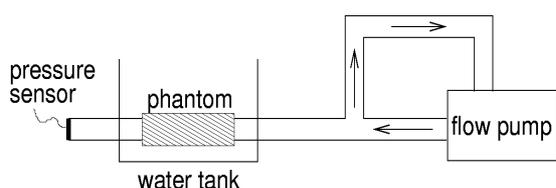


図 2: 実験システム( )．



図 3: 試作したプロトタイプ装置(ハイエンド超音波診断装置)( )．

### 3. 結果

硬さが均一なシリコンゴム管の計測を行った．管の内・外直径はそれぞれ 8 mm および 10 mm である．図 4(a) と 4(b)はそれぞれ，計測した超音波 RF 信号に従来法と提案手法を適用して変位分布を推定し，その空間微分からひずみ分布を算出した結果である．プロットは走査線 46 本分の平均値を，縦棒は標準偏差を示す．また，別途機械的試験により計測した模擬血管の弾性率 750 kPa および圧力センサにより計測した内圧変化をもとに算出したひずみ分布の理論値<sup>15)</sup>を図 4(a)と図 4(b)中に破線で示す．

図 4(a)において，従来法により算出したひずみ分布は，平均値は理論値と似たような傾向をとるものの，分散が非常に大きいことが分かる．それに対し，図 4(b)に示す提案手法による推定結果では，平均値が理論値と良く対応するとともに，分散も抑えられていることが分かる．以上の結果より，位置変化成分を相殺し，中心周波数変動の影響を低減することで，ひずみの計測精度を大幅に向上させることができることが示された．

### 4. 考察

上述のとおり，受信超音波 RF 信号を計測・解析することにより動脈壁の微小ひずみ(厚み変化)を推定する手法をこれまでに開発した．また，市販のハイエンド超音波診断装置をベースとした試作機に実装し，目標値であるひずみ計測精度 10%以下を達成した．しかし，本装置は高価で大型のハイエンド装置であるため，今後はポータブル装置の開発も進める．ハードウェアの性能から考えてポータブル装置では高周波成分まで含む超音波 RF 信号の計測は難しいため，RF 信号を

直交検波した信号を測定する方向で検討を行う。したがって、今後は直交検波信号を用いて同様の処理を行うための手法についても検討が必要である。また、構築したハイエンド装置を用いて健常者および動脈硬化症患者の頸動脈弾性特性の測定を行い、臨床データの蓄積を図る。

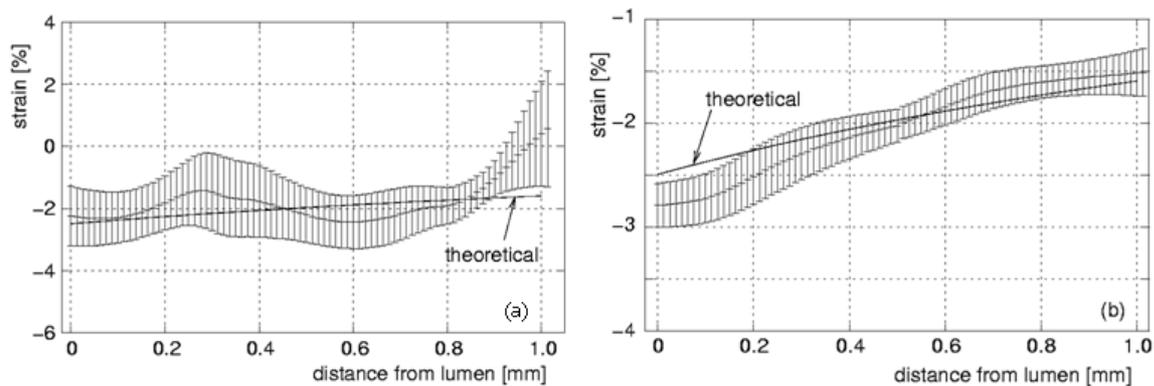


図 4: 模擬血管(シリコンゴム管)壁のひずみ分布計測結果。(a) 従来法。(b) 提案法。

## 参考文献

- 1) E. Falk, P. K. Shah, and V. Fuster: Coronary Plaque Disruption, *Circulation*, **92** (1995) 657.
- 2) M. J. Davies: Stability and Instability: Two Faces of Coronary Atherosclerosis, *Circulation*, **94** (1996) 2013.
- 3) J. Golledge, R. M. Greenhalgh, and A. H. Davies: The Symptomatic Carotid Plaque, *Stroke*, **31** (2000) 774.
- 4) R. T. Lee, A. J. Grodzinsky, E. H. Frank, R. D. Kamm, and F. J. Schoen: Structure-Dependent Dynamic Mechanical Behavior of Fibrous Caps From Human Atherosclerotic Plaques, *Circulation*, **83** (1991) 1764.
- 5) H. M. Loree, A. J. Grodzinsky, S. Y. Park, L. J. Gibson, and R. T. Lee: Static Circumferential Tangential Modulus of Human Atherosclerotic Tissue, *J. Biomech.*, **27** (1994) 195.
- 6) P. C. G. Simons, A. Algra, M. L. Bots, D. E. Grobbee, and Y. van der Graaf: Common Carotid Intima-Media Thickness and Arterial Stiffness, *Circulation*, **100** (1999) 951.
- 7) A. P. G. Hoeks, C. J. Ruissen, P. Hick, and R. S. Reneman: Transcutaneous Detection of Relative Changes in Artery Diameter, *Ultrasound Med. Biol.*, **11** (1985) 51.
- 8) T. Länne, H. Stale, H. Bengtsson, D. Gustafsson, D. Bergqvist, B. Sonesson, H. Lecerof, and P. Dahl: Noninvasive Measurement of Diameter Changes in the Distal Abdominal Aorta in Man, *Ultrasound Med. Biol.*, **18** (1992) 451.
- 9) P. J. Brands, A. P. G. Hoeks, M. C. M. Rutten, and R. S. Reneman: A Noninvasive Method to Estimate Arterial Impedance by Means of Assessment of Local Diameter Change and the Local Center-Line Blood Flow Velocity Using Ultrasound, *Ultrasound Med. Biol.*, **22** (1996) 895.
- 10) H. Kanai, M. Sato, Y. Koiwa, and N. Chubachi: Transcutaneous Measurement and Spectrum Analysis of Heart Wall Vibrations, *IEEE Trans. UFFC*, **43** (1996) 791.
- 11) 長谷川英之, 金井 浩, 中鉢憲賢, 小岩喜郎: 動脈壁厚変化の非侵襲的高精度計測による局所弾性特性の評価, *超音波医学*, **22** (1997) 851.
- 12) 長谷川英之, 金井 浩, 星宮 望, 小岩喜郎: 不均一な壁厚を有する管の局所壁弾性率の計測法, *超音波医学*, **28** (2001) J3.
- 13) H. Kanai, H. Hasegawa, M. Ichiki, F. Tezuka, and Y. Koiwa: Elasticity Imaging of Atheroma with Transcutaneous Ultrasound, *Circulation*, **107** (2003) 3018.
- 14) H. Hasegawa and H. Kanai: Reduction of Influence of Variation in Center Frequencies of RF Echoes on Estimation of Artery-Wall Strain, *IEEE Trans. UFFC*, **55** (2008) (in press).
- 15) S. P. Timoshenko and J. N. Goodier: *Theory of Elasticity*, 3rd ed., McGraw Hill, New York (1970).

## 投稿論文

- 1) 吉新寛樹, 長谷川英之, 金井 浩, 田中元直: 心筋ストレインレート空間分布の高時間分解能計測による収縮・弛緩の遷移過程の描出. *超音波医学*, **34**(4), 439-448 (2007).
- 2) Kosuke Ebina, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Investigation of Frequency Characteristics in Cutting of Soft Tissue Using Prototype Ultrasonic Knives. *Japanese Journal of Applied Physics*, **46**(7B), 4793-4800 (2007).
- 3) Yusaku Abe, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Accurate Estimation of Scattering Strength Distribution by Simultaneous Receiving of Ultrasonic Echoes with Multichannel Transducer Array. *Japanese Journal of Applied Physics*, **46**(7B), 4813-4819 (2007)
- 4) Kazuki Kudo, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Measurement of Angular Dependence of Ultrasonic Echo for Estimation of Surface Roughness. *Japanese Journal of Applied Physics*, **46**(7B), 4873-4880 (2007).
- 5) Takuya Kaneko, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Ultrasonic Measurement of Change in Elasticity due to Endothelium Dependent Relaxation Response by Accurate Detection of Artery-Wall Boundary. *Japanese Journal of Applied Physics*, **46**(7B), 4881-4888 (2007).
- 6) Hiroki Yoshiara, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai, and Motonao Tanaka: Ultrasonic Imaging of Propagation of Contraction and Relaxation in the Heart Walls at High Temporal Resolution. *Japanese Journal of Applied Physics*, **46**(7B), 4889-4896 (2007).
- 7) Teppei Onodera, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Measurement of Angular Dependence of Ultrasonic Scattering from Wire Phantom Mimicking Myocardial Fiber. *Japanese Journal of Applied Physics*, **46**(7B), 4897-4899 (2007).
- 8) Takanori Numata, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Basic Study on Detection of Outer Boundary of Arterial Wall Using Its Longitudinal Motion. *Japanese Journal of Applied Physics*, **46**(7B), 4900-4907 (2007).
- 9) Kentaro Tsuzuki, Hideyuki Hasegawa, Masataka Ichiki, Fumiaki Tezuka, and Hiroshi Kanai: Optimal Region-of-Interest Settings for Tissue Characterization Based on Ultrasonic Elasticity Imaging. *Ultrasound in Medicine and Biology*, **34**(4), 573-585, (2008).
- 10) Takaomi Kinugawa, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Automated Segmentation of Heart Wall Using Coherence Among Ultrasonic RF Echoes. *Japanese Journal of Applied Physics*, **47**(5), 4155-4164 (2008).
- 11) Kazuki Ikeshita, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Ultrasonic Measurement of Transient Change in the Stress-Strain Property of Radial Arterial Wall Caused by Endothelial-Dependent Vasodilation. *Japanese Journal of Applied Physics*, **47**(5) 4165-4169 (2008).
- 12) Kentaro Tsuzuki, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai, Masataka Ichiki, and Fumiaki Tezuka: Threshold Setting for Likelihood Function for Elasticity-Based Tissue Classification of Arterial Wall by Evaluating Variance in Measurement of Radial Strain. *Japanese Journal of Applied Physics*, **47**(5) 4180-4187 (2008).
- 13) Yoshitaka Odagiri, Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Ultrasonic Measurement of Strain

- Distribution Inside Object Cyclically Compressed by Dual Acoustic Radiation Force. *Japanese Journal of Applied Physics*, **47**(5) 4193-4199 (2008).
- 14) Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Reduction of Influence of Variation in Center Frequencies of RF Echoes on Estimation of Artery-Wall Strain. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, **55**(9) 1921-1934 (2008).
  - 15) Motonao Tanaka, Tsuguya Sakamoto, Shigeo Sugawara, Hiroyuki Nakajima, Yoshiaki Katahira, Shigeo Ohtsuki, and Hiroshi Kanai: Blood flow structure and dynamics, and ejection mechanism in the left ventricle: Analysis using echo-dynamography. *Journal of Cardiology*, **52**(2) 86-101 (2008).
  - 16) Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Simultaneous Imaging of Artery-Wall Strain and Blood Flow by High Frame Rate Acquisition of RF Signals. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, **55**(12) 2626-2639 (2008).
  - 17) Hideyuki Hasegawa, Michiko Matsuura, Hiroshi Sato, Teruko Yamamoto and Hiroshi Kanai: Imaging of Gaps in Digital Joints by Measurement of Ultrasound Transmission Using a Linear Array. *Ultrasound in Medicine and Biology*, **35**(3) 382-394 (2009).
  - 18) Hiroshi Kanai: Propagation of Vibration Caused by Electrical Excitation in the Normal Human Heart. *Ultrasound in Medicine and Biology*, **35**(6) 936-948 (2009).
  - 19) Nobutaka Saitoh, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Estimation of Scatterer Diameter Using Ultrasonic Backscattering Property for Assessment of Red Blood Cell Aggregation. *Japanese Journal of Applied Physics*, **48**(7) 07GJ08-1-07GJ08-5 (2009).
  - 20) Kazuki Ikeshita, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Flow-Mediated Change in Viscoelastic Property of Radial Arterial Wall Measured by 22MHz Ultrasound. *Japanese Journal of Applied Physics*, **48**(7) 07GJ10-1-07GJ10-5 (2009).
  - 21) 高橋 広樹, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波 RF 信号のコヒーレンスに基づく心臓壁領域同定. *超音波医学*, **36**(6) 679-681 (2009).
  - 22) Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Phase-Sensitive Lateral Motion Estimator for Measurement of Artery-Wall Displacement Phantom Study. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, **56**(11) 2450-2462 (2009).

## 総説、著書

- 1) 長谷川英之, 金井 浩, 市来 正隆, 手塚 文明: 超音波を用いた動脈硬化の定量法 -血管壁とプラークの硬さの評価-, *臨床病理*, **55**(4) 363-366 (2007).
- 2) 長谷川英之, 金井 浩, 市来 正隆, 手塚 文明: 血管壁弾性計測, *映像情報 Medical*, **39**(5) 441-444, 464-470 (2007).
- 3) 長谷川英之, 金井 浩: 動脈壁位置の心拍変動の影響を低減したひずみ推定法, *超音波 TECHNO*, **19**(4) 77-81 (2007).
- 4) 長谷川英之, 金井 浩: -動脈硬化をエコーで診る- 弾性イメージング, *心エコー*, **8**(10) 886-893 (2007).

- 5) 長谷川英之, 池下和樹, 市来 正隆, 手塚 文明, 金井 浩: 超音波血管壁弾性計測技術の現況 工学面からのアプローチ, *新医療*, 35(6) 140-143 (2008).
- 6) 金井 浩: 超音波技術のフロンティア 血管の病変を体外から診る, *パリティ*, 23(7) 37-41 (2008).
- 7) 長谷川英之, 金井 浩: 超音波による動脈壁の局所弾性特性の計測, *精密工学会誌*, 74(7) 679-682 (2008).
- 8) 都築健太郎, 長谷川英之, 金井 浩, 市来正隆, 手塚文明: 弾性率分布に基づく動脈壁組織分類の最適化 =超音波により計測された径方向ひずみの測定分散評価による最適化=, *超音波 TECHNO*, 20(5) 76-79 (2008).
- 9) 衣川尚臣, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波エコー間のコヒーレンスの評価に基づく心臓壁領域の自動同定, *超音波 TECHNO*, 21(1) 106-110 (2009).
- 10) 齋藤靖好, 長谷川英之, 金井 浩: 赤血球凝集度評価を目指した散乱特性計測 =正規化パワースペクトルによる散乱体サイズ推定=, *超音波 TECHNO*, 21(5) 106-110 (2009).
- 11) 金井 浩: 次世代研究者の育成, *超音波医学*, 37(2) 1-2 (2010).
- 12) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 内皮反応時の橈骨動脈壁粘弾性特性変化計測 =高周波超音波による動脈壁応力 - ひずみ特性計測と粘弾性係数推定=, *超音波 TECHNO*, 22(2) 84-85 (2010)

## 特 許

- 1)

## 学会発表

### 国内

- 1) 金井 浩: 心臓壁内の微小振動の伝搬の超音波計測と解析, 第 46 回日本生体医工学会大会(仙台), April 25-27, 2007.
- 2) 長谷川英之, 金井 浩: 動脈壁の位置変化の相殺と超音波中心周波数の推定によるひずみ計測精度向上, 第 46 回日本生体医工学会大会(仙台), April 25-27, 2007.
- 3) 衣川尚臣, 長谷川英之, 金井 浩: 心臓の壁領域の同定を目指した超音波 RF 信号の周波数解析, 第 46 回日本生体医工学会大会(仙台), April 25-27, 2007.
- 4) 長谷川英之, 金井 浩: 対象物の位置変化の相殺によるひずみ計測精度向上, 日本超音波医学会第 80 回学術集会(鹿児島), May 18-20, 2007.
- 5) 金井 浩: 心音振動の伝搬と電気的興奮伝道に伴う振動伝搬の可視化, 日本超音波医学会第 80 回学術集会(鹿児島), May 18-20, 2007.
- 6) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 内皮依存性弛緩反応による橈骨動脈壁弾性率変化の超音波計測, 電子情報通信学会 超音波研究会, 日本音響学会 アコースティックイメージング研究会, 日本超音波医学会 基礎技術研究会(千葉), June 19, 2007.
- 7) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 内皮依存性弛緩反応による橈骨動脈壁応力 - ひずみ特性変

- 化の超音波計測, 超音波エレクトロニクス研究会(仙台), June 21, 2007.
- 8) 小田切善孝, 長谷川英之, 金井 浩: 音響放射圧による対象物の周期的圧縮により生じた変位分布の超音波計測, 電子情報通信学会 応用音響研究会(仙台), August 9-10, 2007.
  - 9) Takaomi Kinugawa, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Evaluation of Coherence of Ultrasonic RF Echoes in Frequency Domain for Automated Identification of the Heart Wall, 平成 19 年度電気関係学会東北支部連合大会(弘前), August 23-24, 2007
  - 10) Kentaro Tsuzuki, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Evaluation of Variance in Measurement of Radial Strain for Tissue Classification of Arterial Wall Based on Elasticity, 平成 19 年度電気関係学会東北支部連合大会(弘前), August 23-24, 2007
  - 11) Nobutaka Saitoh, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Assessment of Level of Red Blood Cell Aggregation Using Ultrasonic Backscattering Property in Vein, 平成 19 年度電気関係学会東北支部連合大会(弘前), August 23-24, 2007
  - 12) Kazuki Ikeshita, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Ultrasonic Measurement of Transient Change in Hysteresis Property of Radial Arterial Wall due to Flow-Mediated Dilation, 平成 19 年度電気関係学会東北支部連合大会(弘前), August 23-24, 2007
  - 13) Yasunori Honjo, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Measurement of Two-dimensional Heart Motion for Assessment of Myocardial Regional Strain Rate, 平成 19 年度電気関係学会東北支部連合大会(弘前), August 23-24, 2007
  - 14) Yoshitaka Odagiri, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Strain Generation Inside Object Using Dual Acoustic Radiation Force for Evaluation of Acupuncture Therapy, 平成 19 年度電気関係学会東北支部連合大会(弘前), August 23-24, 2007
  - 15) Naoki Suzuki, Kousuke Ebina, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: An Investigation on Mechanism of Tissue Coagulation by Prototype Ultrasonic Surgical Knife, 平成 19 年度電気関係学会東北支部連合大会(弘前), August 23-24, 2007
  - 16) Teppei Onodera, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Measurement of Ultrasonic Scattering from Nylon Phantom Which Mimics Bundle of Myocardial Fibers, 平成 19 年度電気関係学会東北支部連合大会(弘前), August 23-24, 2007
  - 17) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 内皮依存性弛緩反応時における橈骨動脈壁応力 - ひずみ特性変化の超音波計測, 日本音響学会 2007 年秋季研究発表会(山梨), September 19-21, 2007.
  - 18) 衣川尚臣, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波エコーのコヒーレンスに基づく心臓壁領域の同定, 日本音響学会 2007 年秋季研究発表会(山梨), September 19-21, 2007.
  - 19) 長谷川英之, 金井 浩: 超音波 RF 信号の高フレームレート計測による動脈壁ひずみ・血流の同時計測, 日本音響学会 2007 年秋季研究発表会(山梨), September 19-21, 2007.
  - 20) 衣川尚臣, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波 RF 信号のコヒーレンスに基づく心臓壁領域の同定, 電子情報通信学会 超音波研究会(仙台), September 27-28, 2007.
  - 21) 長谷川英之, 金井 浩: 超音波 RF 信号の超高フレームレート収集による動脈壁のトラッキング, 電子情報通信学会 超音波研究会(仙台), September 27-28, 2007.
  - 22) 福井智宏, 長谷川英之, 金井 浩: 計算力学解析による内圧負荷時における血管壁の局所ひ

- ずみ分布に関する基礎研究, 第 34 回日本超音波医学会東北地方会(仙台), September 30, 2007.
- 23) 長谷川英之, 金井 浩: 超音波 RF 信号の高フレームレート計測と動脈壁の高精度トラッキング, 第 34 回日本超音波医学会東北地方会(仙台), September 30, 2007.
- 24) 衣川尚臣, 長谷川英之, 金井 浩: 心臓壁領域の自動同定を目指した超音波エコーの振幅二乗コヒーレンス関数への最適閾値設定, 第 34 回日本超音波医学会東北地方会(仙台), September 30, 2007.
- 25) 金井 浩, 西條芳文: 心音の横波振動伝搬と電氣的興奮伝導に伴う心振動のイメージング, 第 34 回日本超音波医学会東北地方会(仙台), September 30, 2007.
- 26) 齋藤靖好, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波 RF 信号の周波数スペクトルを用いた赤血球凝集の計測法に関する検討, 第 34 回日本超音波医学会東北地方会(仙台), September 30, 2007.
- 27) 衣川尚臣, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波 RF 信号のコヒーレンスへの最適閾値設定による心臓壁領域の自動同定, 第 54 回超音波エレクトロニクス研究会 54-2 (November 22, 2007, 仙台)
- 28) 鈴木直貴, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波メスによる発熱量推定のための軟組織の粘弾性特性の推定に関する基礎的検討, 第 41 回日本生体医工学会東北支部大会(秋田), December 1, 2007.
- 29) 齋藤靖好, 長谷川英之, 金井 浩: 赤血球凝集度評価を目指した超音波 RF 信号の周波数スペクトルによる散乱体半径推定, 第 41 回日本生体医工学会東北支部大会(秋田), December 1, 2007.
- 30) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 内皮依存性弛緩反応時の橈骨動脈壁粘弾性特性変化の超音波計測, 第 41 回日本生体医工学会東北支部大会(秋田), December 1, 2007.
- 31) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 心筋収縮拡張特性評価のための心臓壁変位の二次元推定に関する検討, 第 41 回日本生体医工学会東北支部大会(秋田), December 1, 2007.
- 32) 長谷川英之, 小田切善孝, 金井 浩: 超音波加振の鍼灸治療・評価への応用に関する研究, 東北大学大学院工学研究科第 3 回先端学術融合工学研究機構(CAST) 研究報告会(仙台), December 10, 2007.
- 33) 都築健太郎, 長谷川英之, 金井 浩, 市来正隆, 手塚文明: 超音波により計測された弾性率分布を用いた動脈壁組織分類の最適化の検討, 第 55 回超音波エレクトロニクス研究会(仙台), December 20, 2007.
- 34) 小田切善孝, 長谷川英之, 金井 浩: 双方向からの超音波加振によるひずみの空間分布計測, 第 55 回超音波エレクトロニクス研究会(仙台), December 20, 2007.
- 35) 小野寺鉄平, 長谷川英之, 金井 浩: 心筋線維の超音波散乱の角度依存性計測, 第 55 回超音波エレクトロニクス研究会(仙台), December 20, 2007.
- 36) 金井 浩: ヒト心臓壁の電氣的興奮と横波の伝搬の可視化, 電子情報通信学会超音波研究会(吹田), January 28-29, 2008.
- 37) 金井 浩: 超音波による動脈壁弾性特性測定装置の開発, 知的クラスター創成事業(第一期)研究中間発表会(仙台), February 9, 2008.
- 38) 小田切善孝, 長谷川英之, 金井 浩: 双方向からの超音波加振によって生じた対象物内変位分布のイメージング, 日本音響学会アコースティックイメージング研究会(東京), February 26,

2008.

- 39) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 局所的な心筋収縮拡張特性の高精度計測のための心臓壁変位の二次元推定, 平成 20 年東北地区若手研究者研究発表会(仙台), February 29, 2008
- 40) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 局所的な心筋ストレインレート推定を目指した心臓壁変位の二次元推定に関する検討, 日本音響学会 2008 年春季研究発表会(千葉), March 17-19, 2008.
- 41) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 内皮依存性弛緩反応による橈骨動脈壁粘弾性特性変化の超音波計測, 日本音響学会 2008 年春季研究発表会(千葉), March 17-19, 2008.
- 42) 齋藤靖好, 長谷川英之, 金井 浩: 高周波超音波 RF 信号の周波数スペクトルを用いた赤血球凝集度評価法に関する研究, 日本音響学会 2008 年春季研究発表会(千葉), March 17-19, 2008.
- 43) 鈴木直貴, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波メス使用時の軟組織の粘弾性特性の推定, 日本音響学会 2008 年春季研究発表会(千葉), March 17-19, 2008.
- 44) 長谷川英之, 金井 浩: 周波数コンパウンドと相関窓実効位置推定によるひずみ推定精度向上, 日本超音波医学会東北地方会第 35 回学術集会(仙台), March 23, 2008.
- 45) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 粘弾性値推定による橈骨動脈内皮依存性弛緩反応の評価, 日本超音波医学会東北地方会第 35 回学術集会(仙台), March 23, 2008.
- 46) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 局所的な心筋ストレインレート推定のための心臓壁変位の二次元推定に関する検討, 日本超音波医学会東北地方会第 35 回学術集会(仙台), March 23, 2008.
- 47) 衣川尚臣, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波 RF 信号のコヒーレンスに基づく心臓壁領域の自動同定, 日本超音波医学会東北地方会第 35 回学術集会(仙台), March 23, 2008.
- 48) 鈴木直貴, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波メス使用時の発熱量推定を目指した軟組織の粘弾性特性計測, 日本超音波医学会東北地方会第 35 回学術集会(仙台), March 23, 2008.
- 49) 齋藤靖好, 長谷川英之, 金井 浩: 高周波超音波 RF 信号の正規化パワースペクトルによる赤血球凝集度評価法, 日本超音波医学会東北地方会第 35 回学術集会(仙台), March 23, 2008.
- 50) 長谷川英之, 金井 浩: 血管壁の弾性計測, 日本超音波医学会第 81 回学術集会(神戸), May 23-25, 2008.
- 51) 鈴木直貴, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波メス使用時の軟組織の粘弾性特性推定に関する検討, 日本超音波医学会第 81 回学術集会(神戸), May 23-25, 2008.
- 52) 齋藤靖好, 長谷川英之, 金井 浩: 赤血球凝集度評価を目指した超音波 RF 信号の正規化パワースペクトルによる散乱体有効半径の推定, 日本超音波医学会第 81 回学術集会(神戸), May 23-25, 2008.
- 53) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 局所的な心筋ストレインレート推定を目指した心臓壁変位の 2 次元推定に関する検討, 日本超音波医学会第 81 回学術集会(神戸), May 23-25, 2008.
- 54) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 橈骨動脈壁の Flow-Mediated Dilatation による粘弾性特性の変化の高周波超音波による計測, 日本超音波医学会第 81 回学術集会(神戸), May 23-25, 2008.
- 55) 金井 浩: 超音波を利用した血管及び心臓の弾性特性の非侵襲計測, 第 1 回東北大学バイオ

フォーラム(東京), June 6, 2008

- 56) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 局所的な心筋収縮拡張特性計測のための心臓壁変位の 2 次元推定に関する検討, 日本音響学会アコースティックイメージング研究会, 日本超音波医学会基礎技術研究会(千葉), June 20, 2008.
- 57) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 血流依存性の橈骨動脈壁粘弾性特性変化の超音波計測, 日本音響学会アコースティックイメージング研究会, 日本超音波医学会基礎技術研究会(千葉), June 20, 2008.
- 58) 金井 浩: ウェルネス・センシンググループ研究成果報告, 平成 20 年度広域仙台地域知的クラスター創成事業(第 期)研究成果報告会(仙台), July 23, 2008.
- 59) 長谷川英之, 金井 浩: 超音波による動脈壁の変位計測に関する検討, 日本音響学会応用音響研究会(仙台), August 4-5, 2008.
- 60) 鈴木直貴, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波メスによる発熱量推定のための軟組織の粘弾性特性推定に関する検討, 日本音響学会応用音響研究会(仙台), August 4-5, 2008.
- 61) 長谷川英之, 金井 浩: 動脈壁の変位計測に関する検討, 日本音響学会アコースティックイメージング研究会, 日本超音波医学会基礎技術研究会(札幌), August 8, 2008.
- 62) 福井智宏, 長谷川英之, 金井 浩: ブロックマッチング法を用いた血管長軸方向速度推定に関する基礎研究, 平成 20 年度電気関係学会東北支部連合大会(郡山), August 21-22, 2008.
- 63) Takashi Konno, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Estimation of Surface Roughness Based on Angular Dependence of Ultrasonic Scattering, 平成 20 年度電気関係学会東北支部連合大会(郡山), August 21-22, 2008.
- 64) Junya Ohkohchi, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: A Study about the Probe Scanning for Three-Dimensional Measurements of the Heart, 平成 20 年度電気関係学会東北支部連合大会(郡山), August 21-22, 2008.
- 65) Tomotaka Sawada, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Modified Shape of Sound Field for Mesurement of Elastic Properties of Muscle Using Ultrasonic Acoustic Radiation Force, 平成 20 年度電気関係学会東北支部連合大会(郡山), August 21-22, 2008.
- 66) Nobutaka Saitoh, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Measurement of Ultrasonic Backscattering Property for Assessment of RBC Aggregation, 平成 20 年度電気関係学会東北支部連合大会(郡山), August 21-22, 2008.
- 67) Naoki Suzuki, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Viscoelasticity Estimation of Soft Tissue Using Prototype Ultrasonic Surgical Knife, 平成 20 年度電気関係学会東北支部連合大会(郡山), August 21-22, 2008.
- 68) Kazuki Ikeshita, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Flow-Mediated Change in Viscoelasticity of Intima-Media Region of Radial Arterial Wall, 平成 20 年度電気関係学会東北支部連合大会(郡山), August 21-22, 2008.
- 69) Yasunori Honjo, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Investigation on Speckle Tracking for Ultrasonic Measurement of 2-D Displacement of Heart Wall, 平成 20 年度電気関係学会東北支部連合大会(郡山), August 21-22, 2008.

- 70) 長谷川英之, 金井 浩: 動脈壁の長軸方向変位を考慮した径方向ひずみ計測, 日本音響学会 2008 年秋季研究発表会(福岡), September 10-12, 2008
- 71) 長谷川英之, 金井 浩: 動脈壁の血管長軸方向へのトラッキング, 日本超音波医学会東北地方会第 36 回学術集会(山形), September 21, 2008.
- 72) 鈴木直貴, 金井 浩: 超音波メスによる軟組織の粘弾性特性の推定, 日本超音波医学会東北地方会第 36 回学術集会(山形), September 21, 2008.
- 73) 齋藤靖好, 長谷川英之, 金井 浩: 赤血球凝集度評価を目指した散乱体サイズ変化による後方散乱特性変化の計測, 電子情報通信学会超音波研究会(仙台), September 25-26, 2008.
- 74) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 内皮依存性血管弛緩反応時の橈骨動脈壁粘弾性特性変化の再現性の評価 ” 第 57 回超音波エレクトロニクス研究会(仙台), October 23, 2008.
- 75) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波 RF 信号の高フレームレート収集による局所心筋の収縮拡張特性計測における時間・空間分解能の向上, 第 57 回超音波エレクトロニクス研究会(仙台), October 23, 2008.
- 76) 金井 浩: 超音波による動脈壁の弾性特性計測と組織性状診断, 第 11 回血管病態研究会(仙台), October 25, 2008. 【特別講演】
- 77) 長谷川英之, 金井 浩: 動脈壁の弾性特性の計測法, 日本超音波医学会関東甲信越地方会第 20 回学術集会, 日本超音波医学会基礎技術研究会(東京), October 25-26, 2008.
- 78) 長谷川英之, 金井 浩: 超音波加振の鍼灸治療・評価への応用に関する研究, 東北大学大学院工学研究科第 4 回先端学術融合工学研究機構(CAST) 研究報告会(仙台), December 1, 2008.
- 79) 長谷川英之, 金井 浩: 血流速度ベクトル計測を目指した超高速超音波イメージング, 日本音響学会アコースティックイメージング研究会, 日本超音波医学会基礎技術研究会(京都), December 12, 2008
- 80) 澤田丈考, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波音響放射圧を用いた筋肉の弾性特性評価のための音場の改良, 第 42 回日本生体医工学会東北支部大会(仙台), December 13, 2008.
- 81) 齋藤靖好, 長谷川英之, 金井 浩: 赤血球凝集度評価を目指した高周波超音波の後方散乱特性計測, 第 59 回超音波エレクトロニクス研究会(仙台), December 18, 2008.
- 82) 鈴木直貴, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波メスによる軟組織の粘弾性特性推定, 第 59 回超音波エレクトロニクス研究会(仙台), December 18, 2008.
- 83) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波による局所的な心筋収縮拡張特性計測における 2 次元相関窓長と探索領域の最適化, 第 59 回超音波エレクトロニクス研究会(仙台), December 18, 2008.
- 84) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 高周波超音波を用いた内皮依存性弛緩反応時の橈骨動脈壁粘弾性特性変化の非侵襲的計測, 第 59 回超音波エレクトロニクス研究会(仙台), December 18, 2008.
- 85) 金井 浩: ヒト心臓壁の電気的興奮と横波伝搬の超音波による可視化, 第 23 回グローバル COE ナノ医工学セミナー(仙台), December 25, 2008.
- 86) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 心筋の伸縮特性評価を目指した超音波による 2 次元変位推定の最適化, 平成 21 年東北地区若手研究者研究発表会(多賀城), February 26, 2009.

- 87) 金井 浩: 超音波マイクロスコープの開発と生体組織性状診断への応用に関する研究 Development of Ultrasonic Microscope and its Application to Tissue Characterization, 財団法人中谷電子計測技術振興財団 平成 20 年度中谷賞及び研究助成金贈呈式(東京), February 27, 2009.
- 88) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: Flow-Mediated Dilation による橈骨動脈壁粘弾性特性変化の非侵襲的計測, 日本超音波医学会東北地方会第 37 回学術集会(仙台), March 15, 2009.
- 89) 長谷川英之, 金井 浩: 超高速超音波イメージングによる血流の描出, 日本超音波医学会東北地方会第 37 回学術集会(仙台), March 15, 2009.
- 90) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 心臓壁 2 次元変位推定のための 2D speckle tracking における相関窓と探索領域の大きさの最適化, 日本超音波医学会東北地方会第 37 回学術集会(仙台), March 15, 2009.
- 91) 金井 浩: ヒト心臓壁での電氣的興奮伝搬の超音波による可視化, 日本超音波医学会東北地方会第 37 回学術集会(仙台), March 15, 2009.
- 92) 大河内惇也, 長谷川英之, 金井 浩: プローブ回転走査による心臓壁厚み変化速度の 3 次元高時間分解能計測, 日本音響学会 2009 年春季研究発表会(東京), March 17-19, 2009.
- 93) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 高周波超音波を用いた内皮依存性血管弛緩反応による橈骨動脈壁の粘弾性特性変化の計測, 日本音響学会 2009 年春季研究発表会(東京), March 17-19, 2009.
- 94) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 心臓壁 2 次元変位推定のための最適な 2 次元相関窓幅と探索領域の検討, 日本音響学会 2009 年春季研究発表会(東京), March 17-19, 2009.
- 95) 澤田丈考, 長谷川英之, 金井 浩: 音響放射圧を用いた生体軟組織加振時の音場の線状集束トランスジューサによる改良, 日本音響学会 2009 年春季研究発表会(東京), March 17-19, 2009.
- 96) 紺野峻史, 長谷川英之, 金井 浩: 表面粗さの高精度推定のための超音波の受信角度依存性の評価, 日本音響学会 2009 年春季研究発表会(東京), March 17-19, 2009.
- 97) 金井 浩: 生体超音波医工学, 東北大学大学院医工学研究科創立 1 周年記念シンポジウム, (仙台), March 26, 2009.
- 98) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 高周波超音波を用いた橈骨動脈壁粘弾性特性計測の高精度化のための検討 - 基礎実験による精度評価 -, 第 48 回日本生体医工学会大会(東京), April 23-25, 2009.
- 99) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波による心臓壁 2 次元変位推定のための 2 次元相関窓幅と探索領域の最適化, 第 48 回日本生体医工学会大会(東京), April 23-25, 2009.
- 100) 長谷川英之, 金井 浩: 超音波物理から見た血流計測法の課題, 日本超音波医学会第 82 回学術集会(東京), May 22-24, 2009.
- 101) 長谷川英之, 金井 浩: 血管壁弾性計測, 日本超音波医学会第 82 回学術集会(東京), May 22-24, 2009.
- 102) 長谷川英之, 金井 浩: 流速度ベクトル計測を目指した超高速超音波イメージング, 日本超音波医学会第 82 回学術集会(東京), May 22-24, 2009.

- 103) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 血流依存性の血管弛緩反応による橈骨動脈壁粘弾性特性変化の超音波計測, 日本超音波医学会第 82 回学術集会(東京), May 22-24, 2009.
- 104) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 心臓壁 2 次元変位推定のためのブロックマッチングにおける相関窓長と探索領域の最適化, 日本超音波医学会第 82 回学術集会(東京), May 22-24, 2009.
- 105) 金井 浩: ヒト心臓壁の電氣的興奮の伝搬の超音波による可視化, 日本超音波医学会第 82 回学術集会(東京), May 22-24, 2009.
- 106) 金井 浩: 超音波による動脈壁・心臓壁の弾性特性計測と組織性状診断を目指して” 第 28 回日本脳神経超音波学会総会(大阪), July 11-12, 2009. 【教育講演】
- 107) 長谷川英之, 金井 浩: 高速超音波心臓断層法に関する検討, 電子通信情報学会応用音響研究会, 日本音響学会聴覚研究会(仙台), August 3-4, 2009.
- 108) 長谷川英之, 金井 浩: 高速心臓断層法に関する検討, 日本超音波医学会基礎技術研究会(札幌), August 7, 2009.
- 109) 鈴木淳弘, 長谷川英之, 金井 浩: プローブ走査による線散乱体からの超音波受信特性に関する検討, 平成 21 年度電気関係学会東北支部連合大会(仙台), August 20-21, 2009.
- 110) 紺野峻史, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波受信角度依存性による高精度表面粗さ推定に関する検討, 平成 21 年度電気関係学会東北支部連合大会(仙台), August 20-21, 2009.
- 111) 高橋広樹, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波 RF 信号より抽出される複数の特徴量に基づく心臓壁領域の自動同定, 平成 21 年度電気関係学会東北支部連合大会(仙台), August 20-21, 2009.
- 112) 大河内惇也, 長谷川英之, 金井 浩: プローブ回転走査による心臓壁厚み変化速度の 3 次元高時間分解能計測, 平成 21 年度電気関係学会東北支部連合大会(仙台), August 20-21, 2009.
- 113) 澤田丈考, 長谷川英之, 金井 浩: 生体軟組織の弾性特性評価を目指した線状集束トランスジューサを用いた超音波加振によるひずみ計測, 平成 21 年度電気関係学会東北支部連合大会(仙台), August 20-21, 2009.
- 114) 中澤一宏, 長谷川英之, 金井 浩: トランスジューサによる対象物の粘弾性特性推定, 平成 21 年度電気関係学会東北支部連合大会(仙台), August 20-21, 2009.
- 115) 金井 浩: ヒト心臓壁内の電氣的興奮の伝搬の超音波によるイメージング” 日本音響学会アコースティックイメージング研究会(東京), September 3, 2009. 【招待講演】
- 116) 長谷川英之: 先端超音波技術を用いた血管状態測定, 第 8 回情報科学技術フォーラム, 先進予防型健康社会の実現を目指したセンサ技術とネットワーク技術第二部 健康度と血管情報, 講演(7) (September 4, 2009, 仙台)
- 117) 長谷川英之, 金井 浩: 心臓計測のための高速超音波イメージング, 日本超音波医学会東北地方会第 38 回学術集会(福島), September 6, 2009.
- 118) 澤田丈考, 長谷川英之, 金井 浩: 生体軟組織の弾性特性評価のための線状集束トランスジューサを用いた超音波加振によるひずみ計測, 日本超音波医学会東北地方会第 38 回学術集会(福島), September 6, 2009.
- 119) 高橋広樹, 長谷川英之, 金井 浩: 心臓の超音波断層像における壁領域の自動同定, 日本超音波医学会東北地方会第 38 回学術集会(福島), September 6, 2009.

- 120) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 時間分解能と空間分解能の向上を目指した心臓壁 2 次元変位計測法の検討, 日本超音波医学会東北地方会第 38 回学術集会(福島), September 6, 2009.
- 121) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 動脈壁境界の自動検出法を用いた橈骨動脈壁粘弾性特性の超音波計測, 日本超音波医学会東北地方会第 38 回学術集会(福島), September 6, 2009.
- 122) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 心筋収縮弛緩特性評価における時間分解能と空間分解能の向上を目指した心臓壁 2 次元変位計測法の検討, 日本音響学会 2009 年秋季研究発表会(郡山), September 15-17, 2009.
- 123) 福島 拓, 長谷川英之, 金井 浩: 赤血球凝集度評価を目指した超音波散乱波の周波数スペクトルによる散乱体サイズの推定法に関する検討, 第 12 回日本栓子検出と治療学会大会(大阪), October 9-10, 2009.
- 124) 澤田丈考, 長谷川英之, 金井 浩: 筋肉の弾性特性評価を目指した線状集束トランスジューサによる超音波加振, 第 61 回超音波エレクトロニクス研究会(仙台), October 15, 2009.
- 125) 鈴木淳弘, 長谷川英之, 金井 浩: 相互相関関数を用いた線散乱体の超音波送受信特性評価, 第 43 回日本生体医工学会東北支部大会(福島), November 21, 2009.
- 126) 高橋広樹, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波 RF 信号より抽出される特徴ベクトルのクラス分類を用いた心臓壁領域の自動同定, 第 43 回日本生体医工学会東北支部大会(福島), November 21, 2009.
- 127) 福島 拓, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波 RF 信号の周波数スペクトルを用いた赤血球凝集度評価に関する研究, 第 43 回日本生体医工学会東北支部大会(福島), November 21, 2009.
- 128) 中澤一宏, 長谷川英之, 金井 浩: 対象物の粘弾性推定を目指した伝搬媒質のパラメータ推定, 第 43 回日本生体医工学会東北支部大会(福島), November 21, 2009.
- 129) 大河内惇也, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波プローブ回転走査による心筋収縮弛緩特性の高時間分解能 3 次元計測, 第 62 回超音波エレクトロニクス研究会, 第 355 回音響工学研究会(仙台), November 26, 2009.
- 130) 池下和樹, 長谷川英之, 金井 浩: 動脈壁境界の自動検出による血流依存性血管弛緩反応時の橈骨動脈壁粘弾性特性変化の超音波計測の高精度化, 日本超音波医学会基礎技術研究会, 日本音響学会アコースティックイメージング研究会(仙台), December 11, 2009.
- 131) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 局所心筋の 2 次元収縮弛緩特性計測の超音波による高フレームレート計測, 日本超音波医学会基礎技術研究会, 日本音響学会アコースティックイメージング研究会(仙台), December 11, 2009.
- 132) 金井 浩: 超音波を利用した血管及び心臓の弾性特性の非侵襲計測, 熊本大学大学院自然科学研究科プロジェクトゼミナール(熊本), December 19, 2009. 【Plenary Lecture】
- 133) 高橋広樹, 長谷川英之, 金井 浩: 特徴空間における超音波 RF 信号のクラス分類による心臓の壁領域の自動同定, 電子情報通信学会超音波研究会資料(大阪), January 25-26, 2010.
- 134) 福島 拓, 長谷川英之, 金井 浩: 赤血球凝集度評価を目指した超音波散乱波の周波数スペクトルによる散乱体サイズ推定, 電子情報通信学会超音波研究会資料(大阪), January 25-26, 2010
- 135) 鈴木淳弘, 長谷川英之, 金井 浩: 超音波画像 3 次元構築を目指した相互相関関数による断

- 層像のフレーム間距離推定, 日本音響学会 2010 年春季研究発表会(東京), March 8-10, 2010.
- 136) 高橋広樹, 長谷川英之, 金井 浩: 二次元特徴空間上のクラス分類手法を用いた超音波 RF 信号における心臓壁領域の自動同定, 日本音響学会 2010 年春季研究発表会(東京), March 8-10, 2010.
- 137) 長谷川英之, 金井 浩: 超音波信号の位相偏移と位相変化率の同時推定による 2 次元変位推定, 日本音響学会 2010 年春季研究発表会(東京), March 8-10, 2010.
- 138) 長谷川英之, 金井 浩: 超音波信号の位相偏移・変化率の同時推定によるラテラル変位計測, 日本超音波医学会東北地方会第 39 回学術集会(仙台), March 14, 2010.
- 139) 本庄泰徳, 長谷川英之, 金井 浩: 局所心筋の 2 次元運動の高フレームレート計測, 日本超音波医学会東北地方会第 39 回学術集会(仙台), March 14, 2010.
- 140) 金井 浩: 心臓壁の瞬時心筋速度と厚み変化の計測, 日本超音波医学会東北地方会第 39 回学術集会(仙台), March 14, 2010.

#### 国際会議

- 1) Hideyuki Hasegawa, Kentaro Tsuzuki, Hiroshi Kanai, Masataka Ichiki, and Fumiaki Tezuka: Strain Imaging for Arterial Wall with Translational Motion Compensation and Center Frequency Estimation, The 29th International Symposium on Acoustical Imaging(Shonan), April 16-17, 2007.
- 2) Yoshitaka Odagiri, Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Displacement Distribution Inside Object Generated by Dual Acoustic Radiation Force for Evaluation of Acupuncture Therapy, The Japan-China Joint Conference on Acoustics 2007(JCA2007)(Sendai), June 4-6, 2007.
- 3) Teppei Onodera, Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Measurement of Ultrasonic Scattering from Nylon Phantom Mimicking Bundle of Myocardial Fibers, The Japan-China Joint Conference on Acoustics 2007(JCA2007)(Sendai), June 4-6, 2007.
- 4) Takaomi Kinugawa, Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Identification of Heart Wall Using Frequency Spectrum of Ultrasonic RF Echo, The Japan-China Joint Conference on Acoustics 2007(JCA2007) (Sendai), June 4-6, 2007.
- 5) Kentaro Tsuzuki, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai, Masataka Ichiki and Fumiaki Tezuka: Optimum Size of Region of Interest For Tissue Classification of Arterial Wall based on Transcutaneous Ultrasound, The Japan-China Joint Conference on Acoustics 2007(JCA2007) (Sendai), June 4-6, 2007.
- 6) Kazuki Ikeshita, Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Ultrasonic Measurement of Transient in Elasticity of the Radial Artery Caused by Endothelial-Dependent Vasodilator Response, The Japan-China Joint Conference on Acoustics 2007(JCA2007)(Sendai), June 4-6, 2007.
- 7) Hiroshi Kanai: Assessment of Myocardium by Vibration Measurement, The Second International Conference on the Development of Biomedical Engineering in Viet Nam and

the Second Young Vietnamese Scientists Meeting(Hanoi, Viet Nam), July 25-28, 2007 (invited).

- 8) Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Strain Imaging of Arterial Wall with Translational Motion Compensation and Error Correction, IEEE 2007 International Ultrasonics Symposium(New York, USA), October 28-31, 2007.
- 9) Hideyuki Hasegawa, Kazuki Kudo, and Hiroshi Kanai: Angular Dependence of Ultrasonic Echo from Surface with Minute Roughness, IEEE 2007 International Ultrasonics Symposium(New York, USA), October 28-31, 2007.
- 10) Hiroshi Kanai: Ultrasonic Imaging of Propagation of Electric Excitation in Human Heart, IEEE 2007 International Ultrasonics Symposium(New York, USA), October 28-31, 2007.
- 11) Kazuki Ikeshita, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Transient Change in the Hysteresis Property of the Arterial Wall Due to Flow-Mediated Dilation, IEEE 2007 International Ultrasonics Symposium(New York, USA), October 28-31, 2007.
- 12) Takaomi Kinugawa, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Identification of Heart Wall Based on Coherence of Ultrasonic RF Echoes Evaluated in Frequency Domain, IEEE 2007 International Ultrasonics Symposium(New York, USA), October 28-31, 2007.
- 13) Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Accurate Tracking of Arterial Wall at High Frame Rate, Symposium on Ultrasonic Electronics(Tsukuba), November 14-16,2007.
- 14) Teppei Onodera, Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Measurement of Angular Dependence of Ultrasonic Scattering from Nylon Phantom Which Mimics Bundle of Myocardial Fibers, Symposium on Ultrasonic Electronics(Tsukuba), November 14-16,2007.
- 15) Yoshitaka Odagiri, Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Ultrasonic Measurement of Displacement Distribution Inside Object Cyclically Compressed by Dual Acoustic Radiation Force, Symposium on Ultrasonic Electronics(Tsukuba), November 14-16,2007.
- 16) Kentaro Tsuzuki, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai, Masataka Ichiki and Fumiaki Tezuka: Optimization of Elasticity-Based Tissue Classification of Arterial Wall by Evaluating Variance in Measurement of Radial Strain, Symposium on Ultrasonic Electronics(Tsukuba), November 14-16,2007.
- 17) Kazuki Ikeshita†, Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Ultrasonic Measurement of Transient Change in Viscoelasticity of Radial Artery Wall Caused by Endothelial-Dependent Vasodilation, Symposium on Ultrasonic Electronics(Tsukuba), November 14-16,2007.
- 18) Takaomi Kinugawa†, Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Evaluation of Coherence Among Ultrasonic RF Echoes for Automated Identification of Heart Wall, Symposium on Ultrasonic Electronics(Tsukuba), November 14-16,2007.
- 19) Kazuki Ikeshita, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Ultrasonic Measurement of Transient Change in Viscoelastic Property of Radial Arterial Wall due to Flow- Mediated

- Dilation, 3rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), March 5-6, 2008.
- 20) Takaomi Kinugawa, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Automated Segmentation of Heart Wall Based on Coherence Among Ultrasonic RF Echoes, 3rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), March 5-6, 2008.
  - 21) Nobutaka Saitoh, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Ultrasonic Estimation of Scatterer Radius Using Frequency Spectrum in High Range for Assessment of Red Blood Cell Aggregation, 3rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), March 5-6, 2008.
  - 22) Naoki Suzuki, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Viscoelasticity Estimation of Soft Tissue Using Prototype Ultrasonic Surgical Knife, 3rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), March 5-6, 2008.
  - 23) Yasunori Honjo, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Ultrasonic Measurement of Two-Dimensional Displacement of HeartWall Motion for Accurate Assessment of Myocardial Regional Strain Rate, 3rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), March 5-6, 2008.
  - 24) Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Accurate Tracking of Arterial Wall by High-Frame Rate Acquisition of RF Echoes, 11th International Symposium on Advanced Biomedical Ultrasound(Sendai), March 7, 2008.
  - 25) Kazuki Ikeshita, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Flow-Mediated Change in Stress-Strain Hysteresis of Radial Arterial Wall Noninvasively Measured by 22-MHz Ultrasound, 11th International Symposium on Advanced Biomedical Ultrasound(Sendai), March 7, 2008.
  - 26) Yasunori Honjo, Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Ultrasonic Measurement of Two-Dimensional Displacement of Heart Motion for Estimation of Myocardial Regional Strain Rate, 11th International Symposium on Advanced Biomedical Ultrasound(Sendai), March 7, 2008.
  - 27) Hiroshi Kanai: Measurement of Vibration Propagation in the Myocardium, 11th International Symposium on Advanced Biomedical Ultrasound(Sendai), March 7, 2008.
  - 28) Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Ultrasonic Vascular Elastography for Tissue Characterization of Arterial Wall, 5th International Symposium of 2007 Tohoku University Global COE Program Global Nano-Biomedical Engineering Education and Research Network Centre(Matsushima), March 27-28, 2008.
  - 29) Yasunori Honjo, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Accurate Ultrasonic Measurement of Two-Dimensional Displacement of Heart Wall Motion for Estimation of Myocardial Regional Strain Rate, Acoustics'08 Paris(Paris, France), June 29 - July 4, 2008.
  - 30) Kazuki Ikeshita, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Flow-Mediated Change in Viscoelasticity of Radial Arterial Wall Measured by 22-MHz Ultrasound, Acoustics'08

Paris(Paris, France), June 29 - July 4, 2008.

- 31) Hideyuki Hasegawa, Yoshitaka Odagiri, Hiroshi Kanai: Ultrasonic Imaging of Displacements Inside Objects Induced by Continuously Applied Fluctuating Acoustic Radiation forces, Acoustics'08 Paris(Paris, France), June 29 - July 4, 2008.
- 32) Naoki Suzuki, Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Viscoelasticity Measurement of Soft Tissue for Estimation of Heat Generation by Application of Prototype Ultrasonic Surgical Knife, 7th International Symposium of 2007 Tohoku University Global COE Program(Tainan, Taiwan), October 16 - 17, 2008
- 33) Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Simultaneous imaging of artery-wall strain and blood flow realized by high frame rate acquisition of RF echoes, IEEE 2008 International Ultrasonics Symposium(Beijing, China), November 2-5, 2008.
- 34) Hiroshi Kanai, Junya Ohkohchi, and Hideyuki Hasegawa: Ultrasonic Imaging of 3-Dimensional Propagation of Electric Excitation and Vibrations in Human Heart, IEEE 2008 International Ultrasonics Symposium(Beijing, China), November 2-5, 2008 (invited).
- 35) Nobutaka Saitoh, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Assessment of Red Blood Cell Aggregation Using Normalized Power Spectrum of High Frequency Ultrasound, IEEE 2008 International Ultrasonics Symposium(Beijing, China), November 2-5, 2008.
- 36) Yasunori Honjo, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Accurate Ultrasonic Measurement of Myocardial Regional Strain Rate at High Temporal and Spatial Resolutions, IEEE 2008 International Ultrasonics Symposium(Beijing, China), November 2-5, 2008.
- 37) Kazuki Ikeshita, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Flow-Mediated Change in Viscoelasticity of Radial Artery Noninvasively Measured by 22-MHz Ultrasound, IEEE 2008 International Ultrasonics Symposium(Beijing, China), November 2-5, 2008.
- 38) Kazuki Ikeshita, Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Accuracy Evaluation for High-Frequency Ultrasonic Measurement of Viscoelasticity of Radial Arterial Wall by Basic Experiments, Symposium on Ultrasonic Electronics(Sendai), November 11-13, 2008.
- 39) Yasunori Honjo, Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Optimization of Window Size and Search Region in 2D Correlation Function for Assessment of Regional Myocardial Contraction and Relaxation, Symposium on Ultrasonic Electronics(Sendai), November 11-13, 2008.
- 40) Nobutaka Saitoh, Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Measurement of Scatterer-Size Dependent Frequency Characteristics of High Frequency Ultrasonic Echoes for Assessment of Red Blood Cell Aggregation, Symposium on Ultrasonic Electronics(Sendai), November 11-13, 2008.
- 41) Naoki Suzuki, Hideyuki Hasegawa and Hiroshi Kanai: Viscoelasticity Estimation of Soft Tissue for Estimation of Heat Generation in Application of Ultrasonic Surgical Knife, Symposium on Ultrasonic Electronics(Sendai), November 11-13, 2008.
- 42) Hideyuki Hasegawa, and Hiroshi Kanai: Strain Imaging of Arterial Wall with Reduction

of Effects of Variation in Center Frequency of Ultrasonic RF Echo, 8th International Symposium of 2007 Tohoku University Global COE Program(Suntec, Singapore), December 5 - 6, 2008.

- 43) Kazuki Ikeshita, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: High-Frequency Ultrasound-based Measurement of Transient Change in Viscoelastic Property of Radial Arterial Wall due to Flow-Mediated Dilation, 4rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), March 5-6, 2009.
- 44) Junya Ohkohchi, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Measurement of Three-Dimensional Strain Rate of Heart Wall at High Temporal Resolution by Rotational Probe Scanning, 4rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), March 5-6, 2009.
- 45) Takashi Konno, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Evaluation of Angular Dependency of Received Ultrasonic Echo for Estimation of Minute Surface Roughness, 4rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), March 5-6, 2009.
- 46) Nobutaka Saitoh, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Measurement of Backscattering Property of High Frequency Ultrasonic Echo for Assessment of Red Blood Cell Aggregation, 4rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), March 5-6, 2009.
- 47) Tomotaka Sawada, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Improvement of Ultrasonic Fields by Line Focus Transducers for Effective Actuation of Soft Tissues Using Acoustic Radiation Force, 4rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), March 5-6, 2009.
- 48) Naoki Suzuki, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Estimation of Soft Tissue Viscoelasticity for Estimation of Heat Generation in Coagulation Using Prototype Ultrasonic Surgical, 4rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), March 5-6, 2009.
- 49) Yasunori Honjo, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Optimization of Kernel Size and Search Region in Evaluation of 2D Cross-Correlation Function for Measurement of Regional Myocardial Displacement, 4rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), March 5-6, 2009.
- 50) Hiroshi Kanai: Ultrasonic Visualization of Propagation of vibration caused by electrical excitation in the normal human heart, 9th International Symposium of 2007 Tohoku University Global COE Program Global Nano-Biomedical Engineering Education and Research Network Centre(Sendai), March 27-28, 2009
- 51) Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Lateral Motion Estimator for Measurement of Artery-Wall Displacement, IEEE 2009 International Ultrasonics Symposium(Roma, Italy), September 20-23, 2009.

- 52) [Hiroshi Kanai](#): Anisotropy in Three-Dimensional Propagation of Electric Excitation in Human Heart, IEEE 2009 International Ultrasonics Symposium(Roma, Italy), September 20-23, 2009.
- 53) [Hiroshi Kanai](#): Propagation of Electric Excitation and Vibrations in the Human Heart, 10th International Symposium of 2007 Tohoku University Global COE Program Global Nano-Biomedical Engineering Education and Research Network Centre(Christchurch, New Zealand), April 16-17, 2009.
- 54) Hideyuki Hasegawa, [Hiroshi Kanai](#): High Frame Rate Ultrasonic Imaging of Artery-Wall Strain and Blood Flow, 10th International Symposium of 2007 Tohoku University Global COE Program Global Nano-Biomedical Engineering Education and Research Network Centre(Christchurch, New Zealand), April 16-17, 2009.
- 55) [Hiroshi Kanai](#), Hideyuki Hasegawa, Kazuki Ikeshita: In Vivo Measurements of Change in Viscoelasticity of Arterial Wall during The Flow-Mediated Dilation, ASME 2009 International Mechanical Engineering Congress & Exposition IMECE2009(Lake Buena Vista ,USA), November 13-19 (invited).
- 56) Hideyuki Hasegawa and [Hiroshi Kanai](#): Fast Ultrasonic Imaging of the Heart, Symposium on Ultrasonic Electronics(Kyoto), November 18-20, 2009.
- 57) Tomotaka Sawada, Hideyuki Hasegawa and [Hiroshi Kanai](#): Ultrasonic Fields Designed for Effective Actuation of Soft Tissue Using Line Focus Array Transducers, Symposium on Ultrasonic Electronics(Kyoto), November 18-20, 2009.
- 58) Yasunori Honjo, Hideyuki Hasegawa and [Hiroshi Kanai](#): Measurement of Two-dimensional Heart Wall Motion for Evaluation of Myocardial Contraction and Relaxation at High Temporal and Spatial Resolutions, Symposium on Ultrasonic Electronics(Kyoto), November 18-20, 2009.
- 59) Kazuki Ikeshita, Hideyuki Hasegawa and [Hiroshi Kanai](#): Transient Change in Viscoelasticity of Radial Artery due to Flow-Mediated Dilation Measured by Accurate Detection of Arterial Wall Boundaries, Symposium on Ultrasonic Electronics(Kyoto), November 18-20, 2009.
- 60) Hideyuki Hasegawa and [Hiroshi Kanai](#): Vascular Elasticity Imaging with Transcutaneous Ultrasound, 12th International Symposium on Advanced Biomedical Ultrasound(Sendai), February 23, 2010.
- 61) [Hiroshi Kanai](#): Imaging of Vibration Propagating on Heart Wall, 12th International Symposium on Advanced Biomedical Ultrasound(Sendai), February 23, 2010.
- 62) Hideyuki Hasegawa, [Hiroshi Kanai](#): Artery-Wall Elasticity Imaging with Ultrasound, 5rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), February 24-25, 2010.
- 63) Hiroki Takahashi, Hideyuki Hasegawa, [Hiroshi Kanai](#): Automated Identification of the Heart Wall Region on Echocardiogram Using Classification of RF Signals, 5rd

International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), February 24-25, 2010.

- 64) Atsuhiko Suzuki, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Estimation of the Distance between Two 2-D Ultrasonic Images by Evaluating Correlation of RF Echoes, 5rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), February 24-25, 2010.
- 65) Kazuhiro Nakazawa, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Modeling the Mechanical System of Object for Contactless Probing of Its Viscoelasticity, 5rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), February 24-25, 2010.
- 66) Akinlolu Ponnle, Hideyuki Hasegawa, Hiroshi Kanai: Multi Angle Receive Beamforming for Compound Imaging with Improved Frame Rate, 5rd International Symposium on Medical, Bio- and Nano-Electronics in Sendai(Sendai), February 24-25, 2010.
- 67) Hiroshi Kanai, Hideyuki Hasegawa, Kazuki Ikeshita: Evaluation of Transient Change in Viscoelasticity of Arterial Wall during Flow-Mediated Dilation, 12th International Symposium of 2007 Tohoku University Global COE Program Global Nano-Biomedical Engineering Education and Research Network Centre(Sendai), March 26-27, 2010