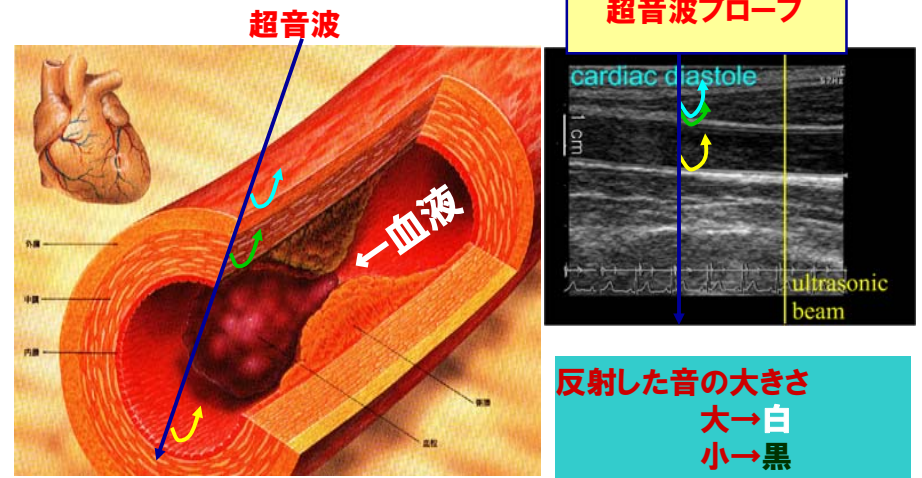


超音波で 何がどこまでわかるか

東北大学 大学院 工学研究科・電子工学専攻教授
金井 浩

超音波で体の中を 切らずに見る仕組み



「ニュートン」より

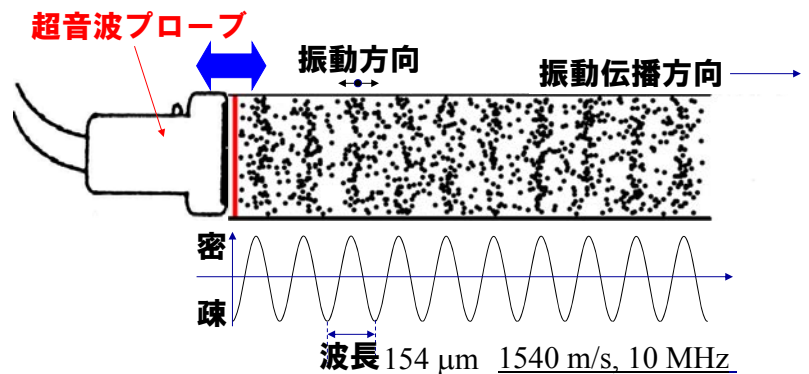
利用する超音波は、縦波



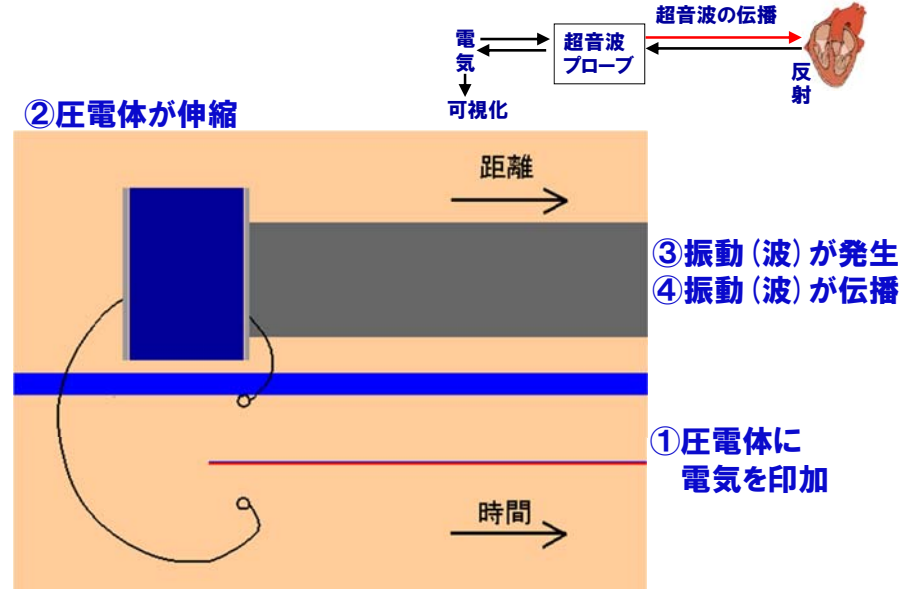
横波：液体中では伝播しない



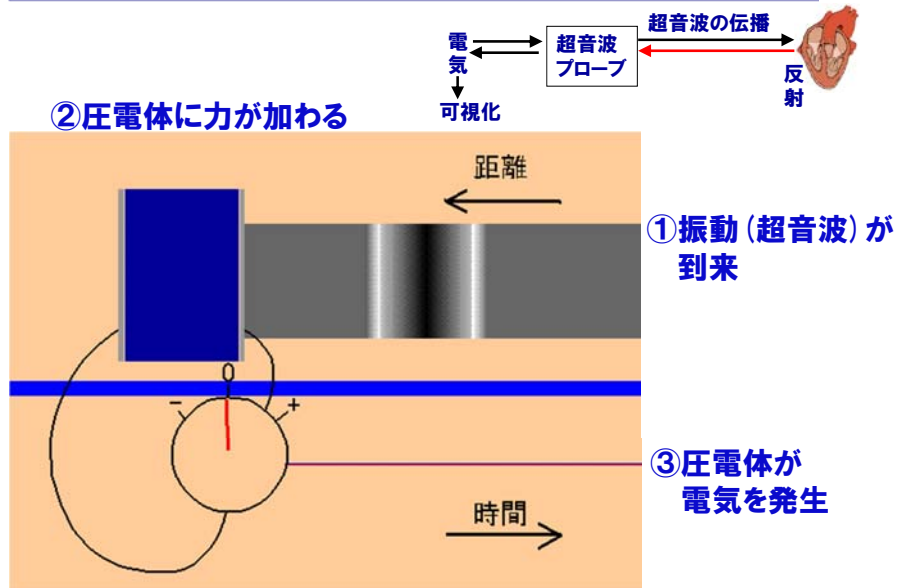
縦波：振動伝播方向と振動方向が一致



電気を振動に変える“圧電体”（模型）→スピーカの役割



同じ“圧電体”で、振動を電気に変える(模型)→マイクの役割

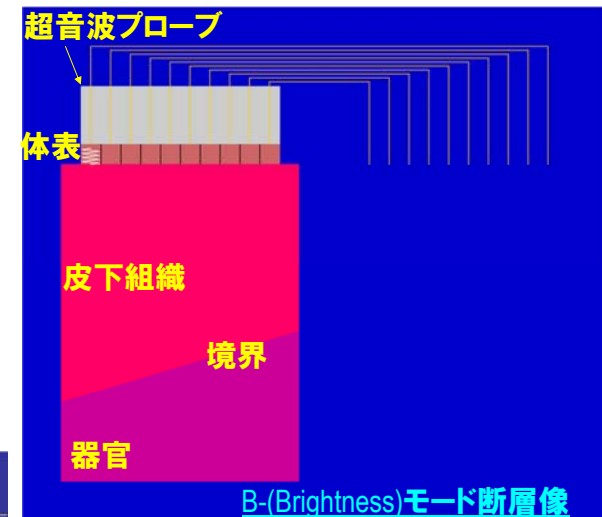


7

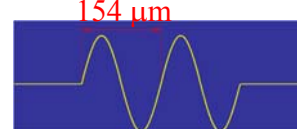
体内部の断層像の測定と可視化



“超音波”診断装置



周波数: 数~10 MHz



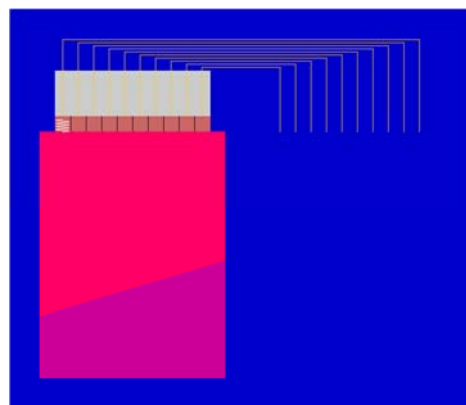
例) 10 MHz, 1540 m/s

体を傷つけずに体内の断層像を計測可能

10

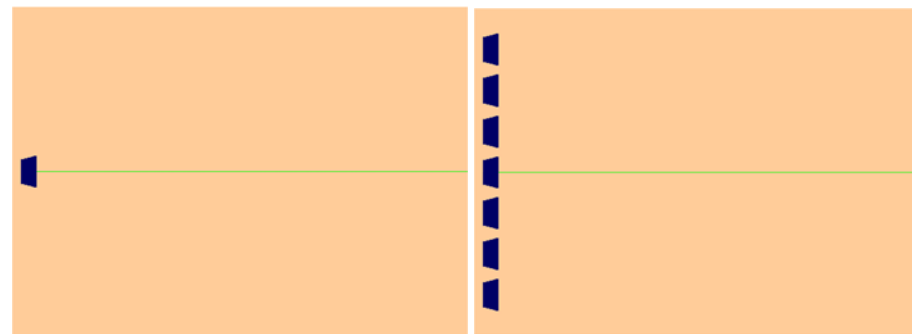
ある部分に波を発生させると、同心円状に波面が広がるのではなかったのか？

超音波ビーム形成とは？



11

1つの音源(スピーカ)から出た音の波面は丸く広がる



多くの音源(スピーカ)から同時に音を出した時

12

診断用超音波探触子(超音波プローブ)



超音波プローブ 圧電体

遅延線 (電気を遅らせて伝える)

多くの音源を有する
(振動子1個の幅≒100ミクロン)

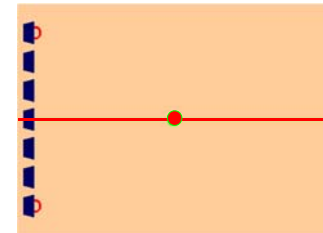
13

東北大学大学院 工学医工学研究科 金井・長谷川研究室

超音波伝播の様子 (シミュレーション)

複数の音源 (圧電体) を、各々遅延時間を設けて駆動

超音波強度が赤線に沿って増大
→超音波ビーム形成



超音波プローブ表面

も深

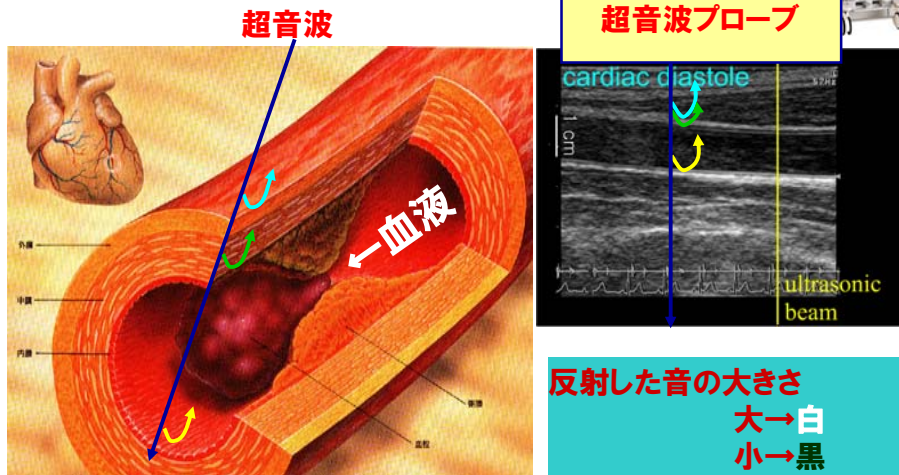
横方向距離

14

東北大学大学院 工学医工学研究科 金井・長谷川研究室

超音波は体のあらゆる個所で反射する

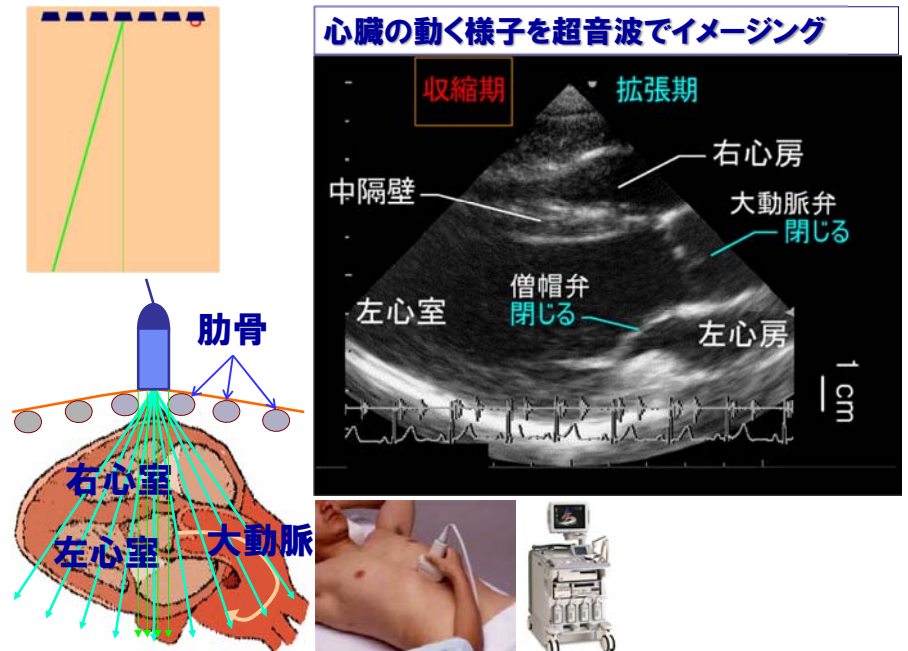
例えば、血管では、



15

東北大学大学院 工学医工学研究科 金井・長谷川研究室

心臓の動く様子を超音波でイメージング

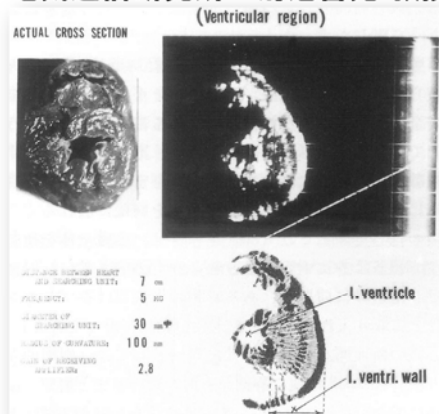


20

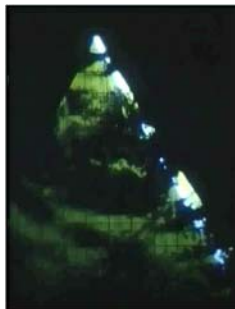
東北大学大学院 工学医工学研究科 金井・長谷川研究室



1962年 世界初の心臓断層像
 抗酸菌病研究所（加齢医学研究所）
 田中元直 教授
 電気通信研究所 菊池喜充 教授



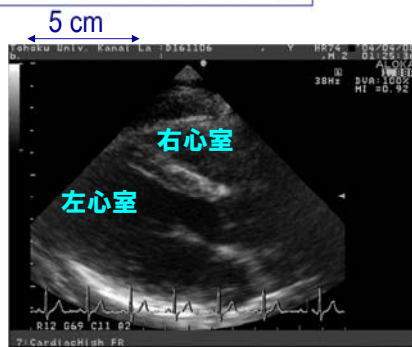
東北大学大学院 工学 医工学研究科 金井・長谷川研究室



GE: B-Flow Processing <http://www.gemedicalsystems.com/index.html>

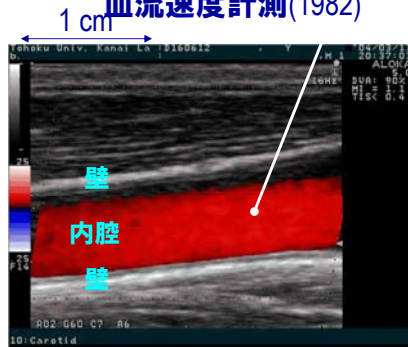
東北大学大学院 工学 医工学研究科 金井・長谷川研究室

医用超音波診断の現状



ヒト心臓の断層像

ドップラー効果による
 血流速度計測(1982)



ヒト頸動脈の断層像

形状・肉眼で確認できる(低周波・大振幅)動き・血流を観察可能で非常に有用。

しかし、まだ有効利用されていない情報があるのでは？

例えば、心筋の収縮機能・拡張特性、動脈壁の組織性状？

東北大学大学院 工学 医工学研究科 金井・長谷川研究室

日本の医療機器生産総額 1兆7000億円(平成19年度)

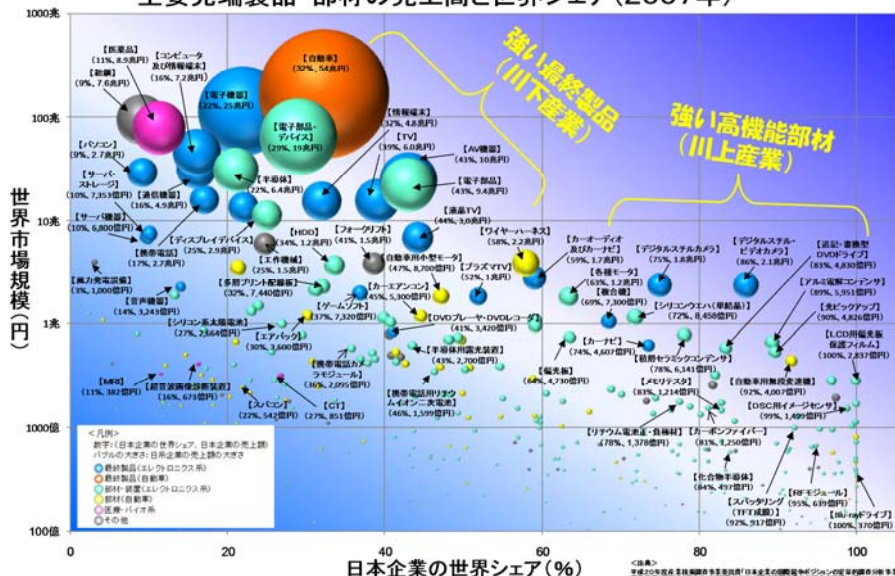
順位	小分類	生産金額		対前年増減比	構成割合	順位	小分類	生産金額		対前年増減比	構成割合
		19年	19年					19年	19年		
		百万円	%	%			百万円	%	%		
	総数	1,684,465	-0.2	100							
1	全身用X線CT装置	122,500	-1.8	7.3	21	滅菌済み注射筒	18,200	-18.2	1.1		
2	汎用超音波画像診断装置	101,788	5.4	6	22	視覚機能検査用機器	17,126	19.8	1		
3	透析器	88,119	3	5.2	23	専用臨床化学分析装置	16,535	12.4	1		
4	採血・輸血用器具	81,677	13.8	4.9	24	歯科用ユニット	15,532	3.5	0.9		
5	医用写真フィルム	81,284	20.8	4.8	25	血球計数装置	14,984	-16.8	0.9		
6	電子内視鏡	73,373	35.9	4.4	26	視力矯正用累進多焦点眼鏡レンズ	14,975	-2.7	0.9		
7	歯科用金銀パラジウム合金	44,110	18.3	2.6	27	家庭用電気治療器	13,393	-8.1	0.8		
8	臨床化学自動分析装置	41,197	50.7	2.5	28	家庭用磁気治療器	13,345	-12.4	0.8		
9	家庭用マッサージ器	31,884	-47	1.9	29	永久磁石式磁気共鳴画像診断装置	12,521	-11.6	0.7		
10	人工関節、人工骨及び関連用品	30,605	20	1.8	30	耳穴型補聴器	11,609	-14.7	0.7		
11	滅菌済み血管用チューブ及びカテーテル	29,120	5.4	1.7	31	画像診断用イメージャ	11,430	-15.6	0.7		
12	コンピュータドラジオグラフ	28,278	-13.1	1.7	32	血液浄化器	10,958	-3.7	0.7		
13	X線透視撮影装置	27,996	-4.1	1.7	33	眼撮影装置	10,869	22.2	0.7		
14	超電導式磁気共鳴画像診断装置	21,445	-8.6	1.3	34	滅菌済み穿刺針	10,840	-3.7	0.6		
15	医薬品注入器	20,918	-2.4	1.2	35	歯科充填用材料	10,837	12.7	0.6		
16	人工腎臓装置	20,367	2.9	1.2	36	滅菌器及び消毒器	10,820	-35.2	0.6		
17	内視鏡用医用電気機器	20,200	18.3	1.2	37	滅菌済み注射針	10,737	-29.1	0.6		
18	ハードコンタクトレンズ	19,561	-12.1	1.2	38	内視鏡用非能動処置器具	10,700	49.4	0.6		
19	輸液用器具	19,377	-7.8	1.2	39	酸素供給装置	10,620	-14.8	0.6		
20	視力矯正用単焦点眼鏡レンズ	19,232	-50.5	1.1	40	心電計及び関連機器	10,020	-3.7	0.6		

厚生労働省HP: <http://www.mhlw.go.jp/topics/yakuji/2007/nenpo/39.html>

東北大学大学院 工学 医工学研究科 金井・長谷川研究室

日本企業の国際競争におけるポジション

主要先端製品・部材の売上高と世界シェア(2007年)

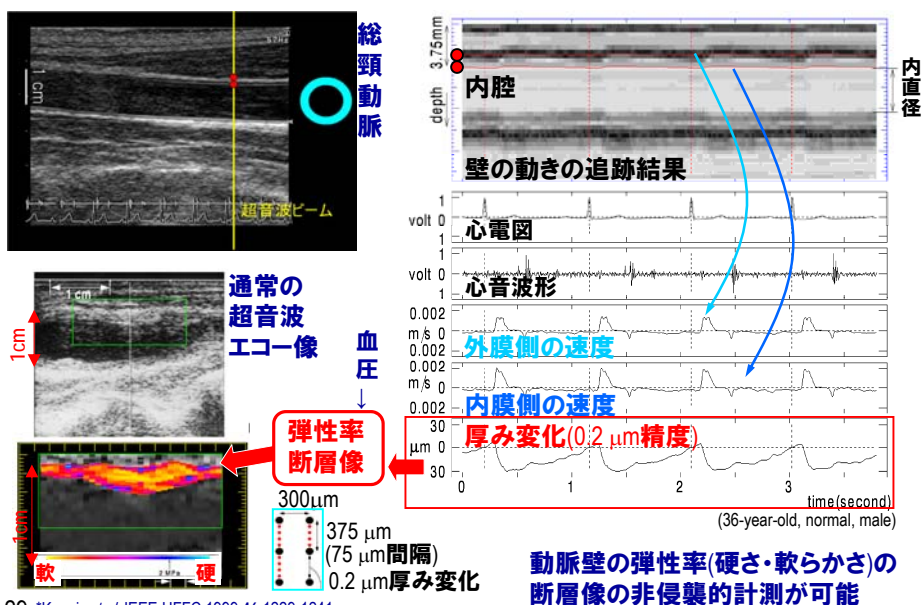


動脈硬化症の新しい診断のため

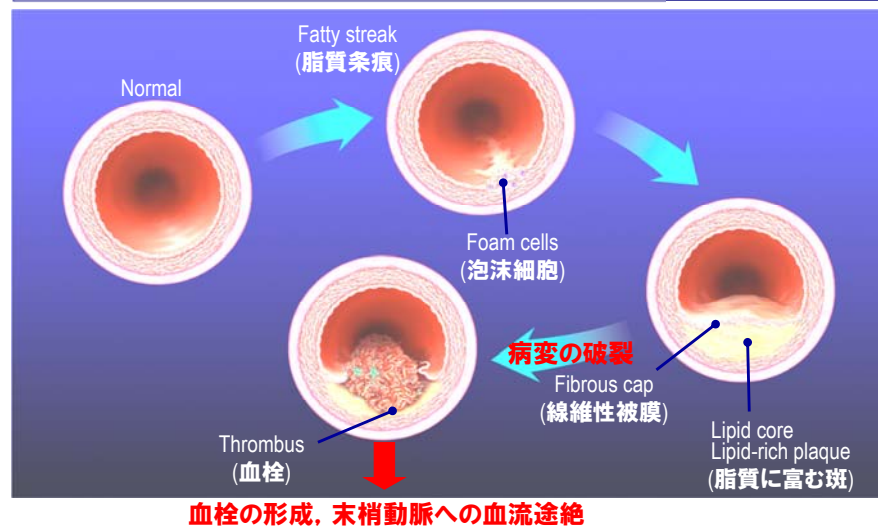


東北大学大学院 工学医工学研究科 金井・長谷川研究室

血管壁厚み変化の超音波計測 → 弾性率算出*



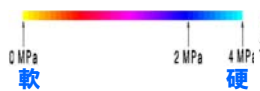
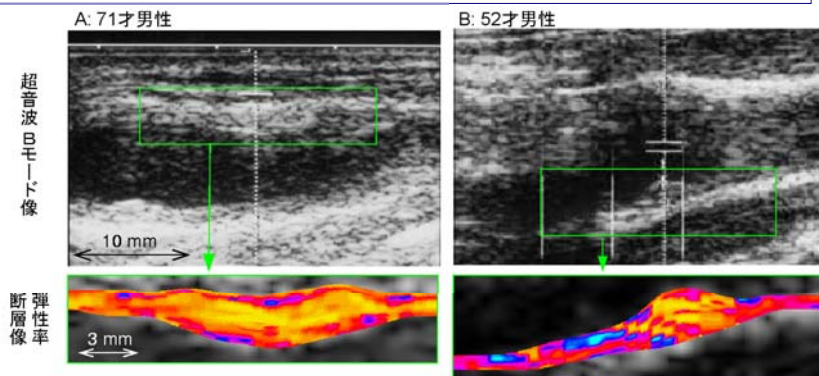
粥状動脈硬化病変(Atherosclerotic Plaques)の生成



重篤な循環器系疾患(急性心筋梗塞・急性脳梗塞)の発症→予後が悪い

東北大学大学院 工学医工学研究科 金井・長谷川研究室

弾性に関する組織同定“電子的染色”



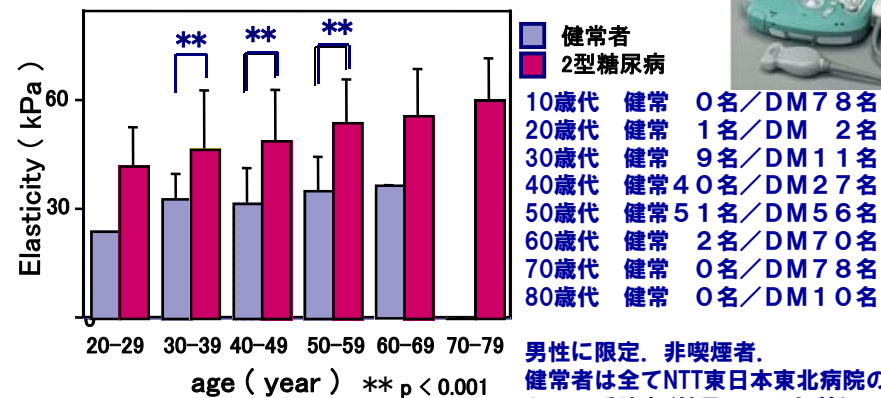
動脈壁病変の内部構造を反映した分類結果

31 *Hasegawa, Kanai, et al. J. Med. Ultrasonics, 2004;31:81-90.
*Kanai, Hasegawa, Ichiki, Tezuka, Koiwa. Circulation. 2003;107:3018-3021.

東北大学大学院 工学医工学研究科 金井・長谷川研究室

血管健康度の指標の算出(東北大 糖尿病内科)

健常者と2型糖尿病 年代別血管弾性特性平均値



男性に限定。非喫煙者。
健常者は全てNTT東日本東北病院の
ドック受診者(社員のため年齢偏る)。

現在は倍以上の健常者のデータあり。



32

東北大学大学院 工学医工学研究科 金井・長谷川研究室

心臓壁心筋の 新しい診断に向けて



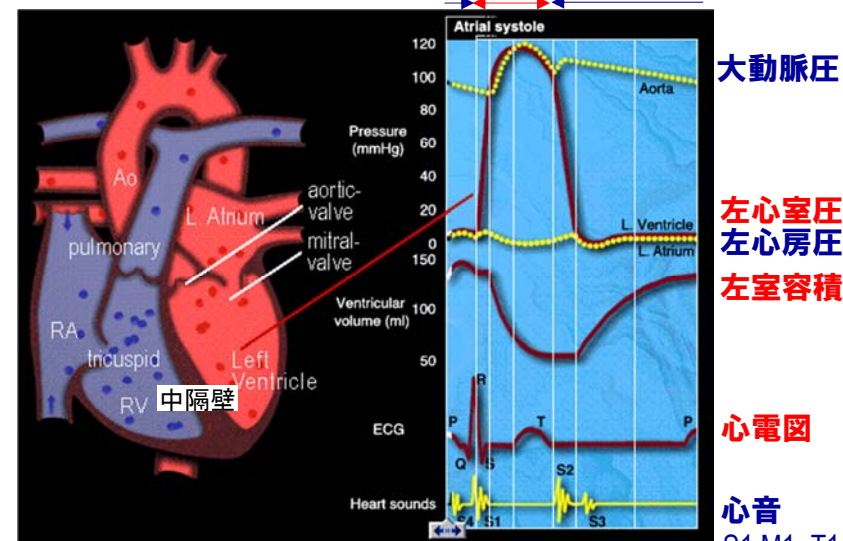
33

東北大学大学院 工学医工学研究科 金井・長谷川研究室

心臓弁開閉で振動が発生・伝搬

心音"lub-dub sequence"

収縮期 拡張期



心臓壁を伝搬する振動の伝搬速度から、壁の弾性・粘性特性を推定する

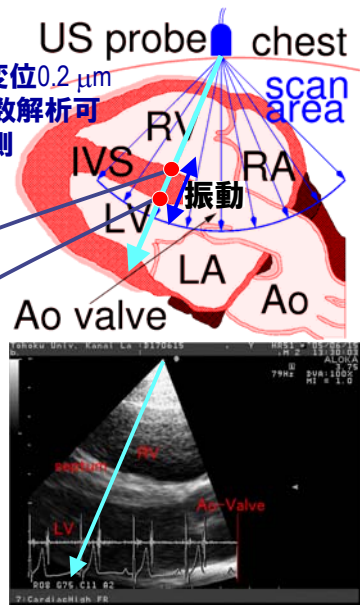
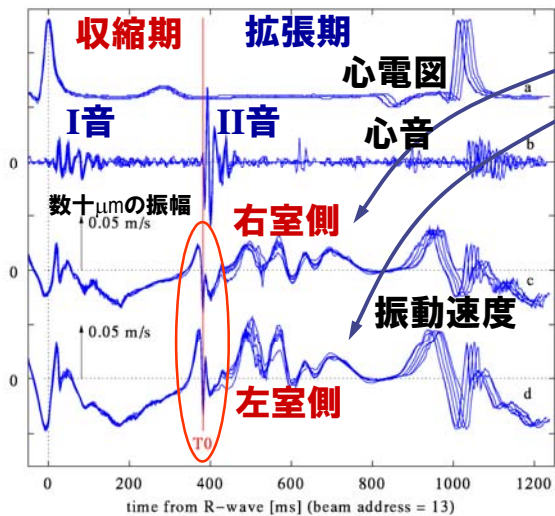
34 Andromeda Medical Science the Cardiac Cycleより

東北大学大学院 工学医工学研究科 金井・長谷川研究室

位相差トラッキング法による心臓壁振動の計測

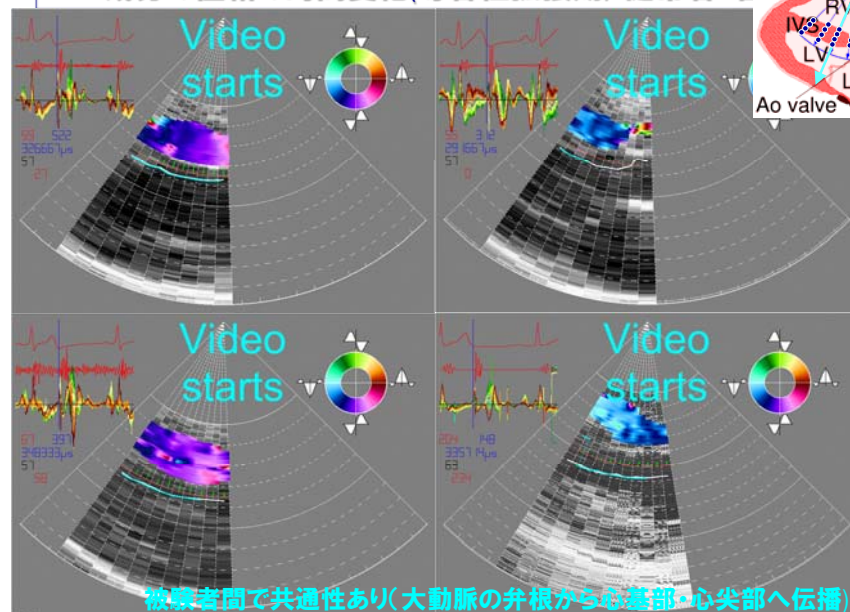
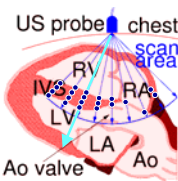
US probe chest
 波形計測精度
 速度0.1 mm/s, 変位0.2 μm
 100Hzまで周波数解析可
 数千点同時計測

6拍分を重ね表示



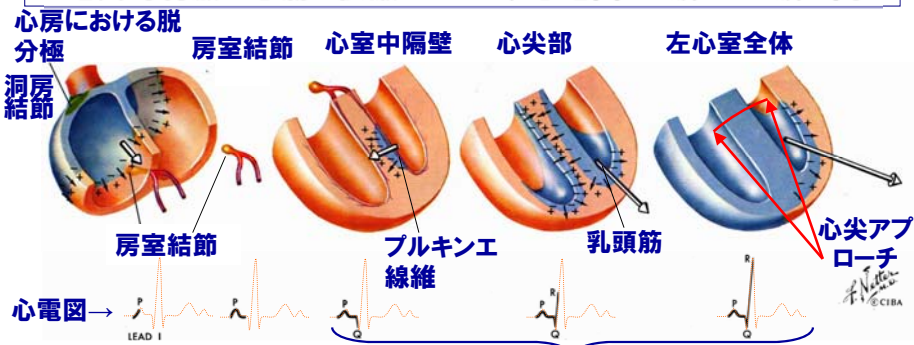
大動脈弁閉鎖のタイミングに
 パルス状振動が中隔壁を伝播

60Hz成分の位相の時間変化(等容性拡張期, 健常者4名)



被験者間で共通性あり(大動脈の弁根から心基部・心尖部へ伝播)

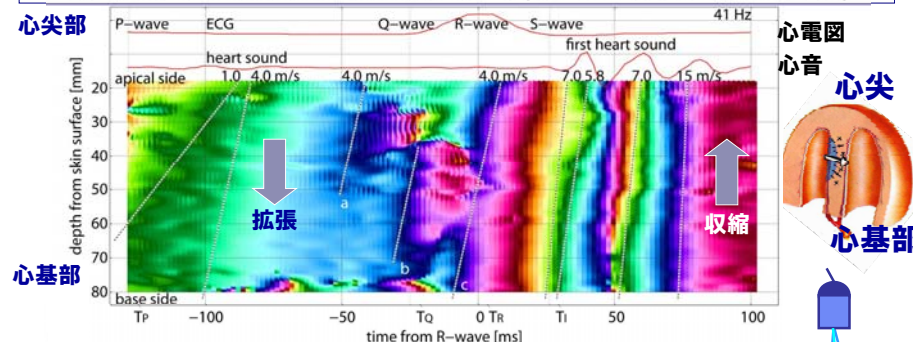
電氣的刺激が心筋を伝搬するのは, 心電図のP波からR波の間



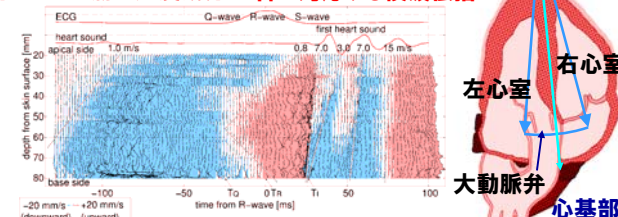
心電図のQ波の時刻に,
 興奮したプルキンエ線維が接する心筋から, 心筋全体に興奮が伝搬
 (伝搬速度1 m/s)



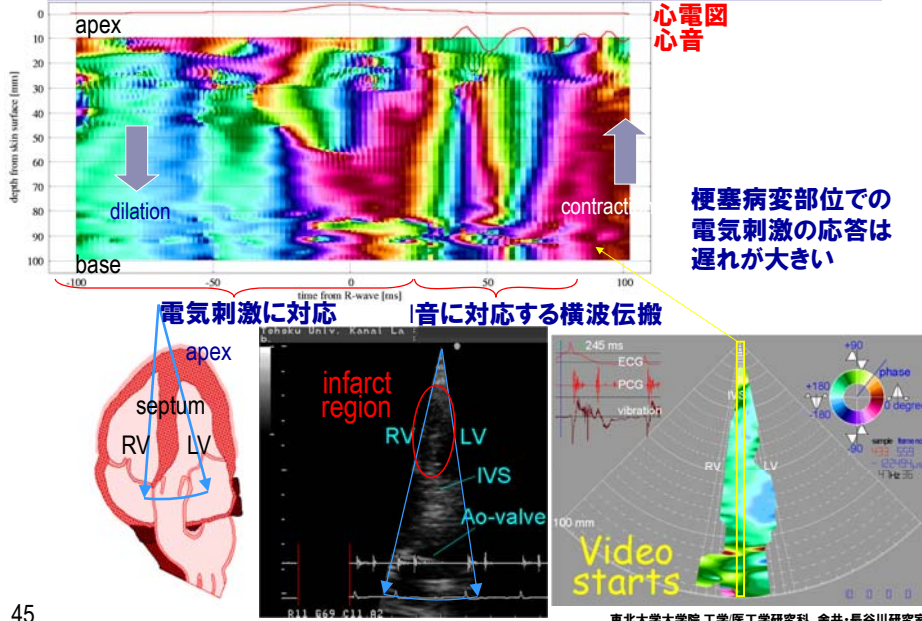
振動速度の41Hz成分の位相の分布(健常, R波周囲, 2ms間隔)



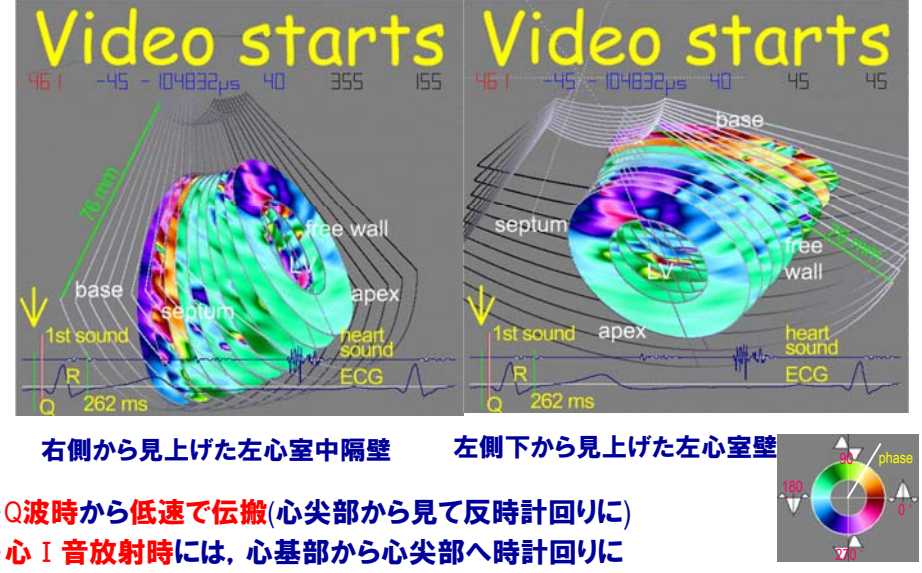
電気刺激に対応する 心筋の速度成分 I音に対応する横波伝播



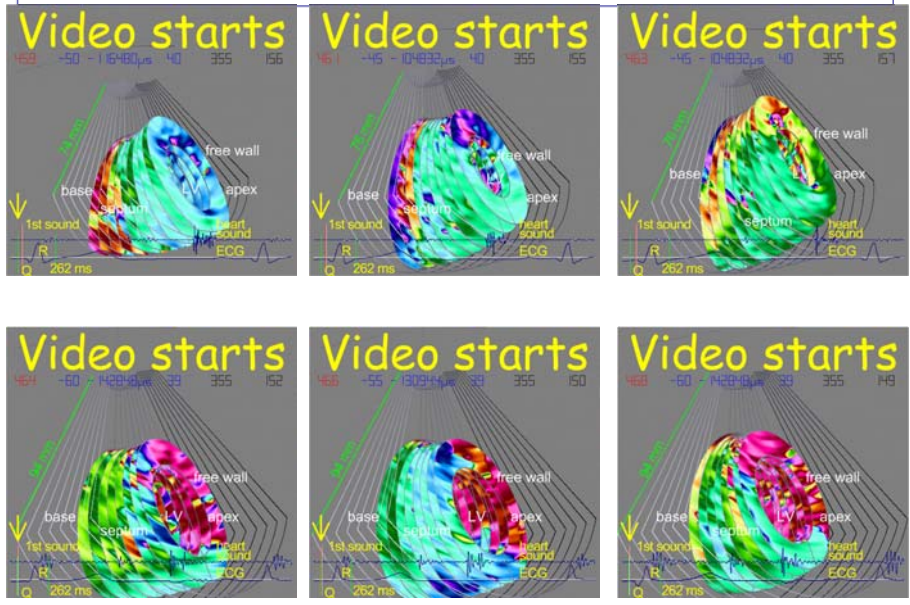
陳旧性心筋梗塞患者(47Hz位相分布 R波周囲, 2ms間隔) (No.280,433)



R波周囲での壁振動速度の40Hz成分の位相の3D表示(健常者A)



壁振動波形の40Hz成分の位相の3D表示(上:健常者B,下:健常者C,3回ずつ)

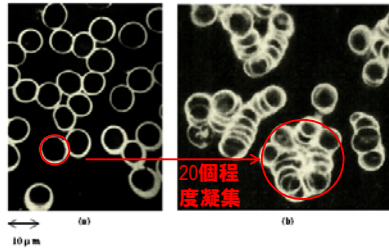


静脈血の
固まり易さの
診断に向けて



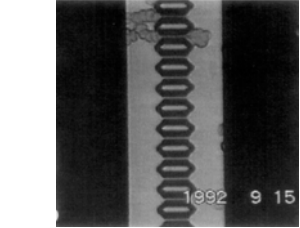
“赤血球凝集度”の非侵襲的評価は、今後重要な課題

血栓症、動脈硬化、高コレステロール血症、高脂血症、糖尿病、悪性疾患、肥満など広範囲な疾患を引き起こす要因^{*1}



赤血球の顕微鏡像²
(a) 正常な赤血球 (b) 赤血球凝集

MC-FAN法(MicroChannel array Flow Analyzer)
毛細血管モデルを流れる血液の様子を観測する.....侵襲的



MC-FAN法による血液流動性の様子³

超音波による“赤血球凝集度”の非侵襲かつ定量的な評価法の実現を目指す

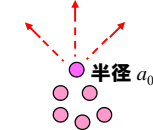
^{*1} Paeng DG, et al.; Ultrasound in Medical & Biology, 2004;30:45-55.

^{*2} 氏家京子 訳: 沈黙の血栓, 中央アート出版, (2000)

^{*3} Kikuchi Y, et al.; Microvascular Res., 1994;47:126-139.

赤血球<<波長 → 散乱波の周波数特性により凝集サイズを推定

対象物が波長より十分小さい場合 $a \ll \lambda$

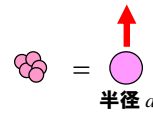


レイリー散乱:

$$\text{power} \propto f^4$$

凝集

凝集後の対象物が波長程度の大きさ $a \approx \lambda$



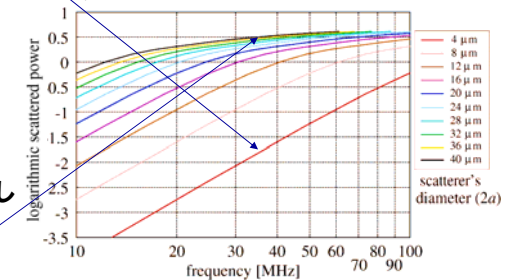
反射: 周波数依存性なし

$$\text{power} \propto f^0$$

理論式による散乱パワー

$$\frac{Q(ka)}{\pi a^2} = 4 \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(2n+1)}{(ka)^2} \sin^2[\delta'_n(ka)]^*$$

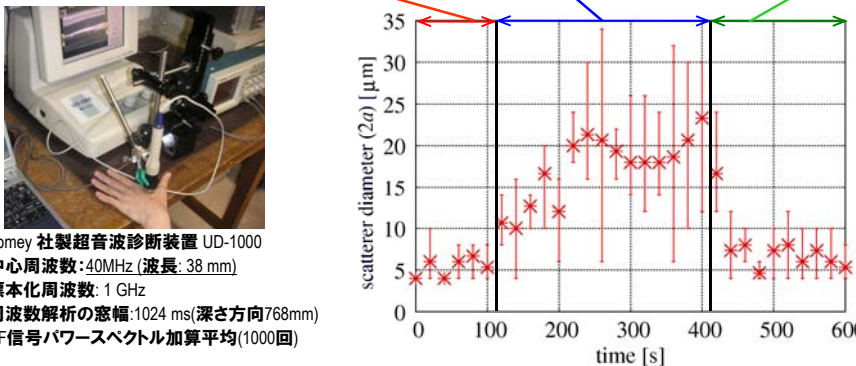
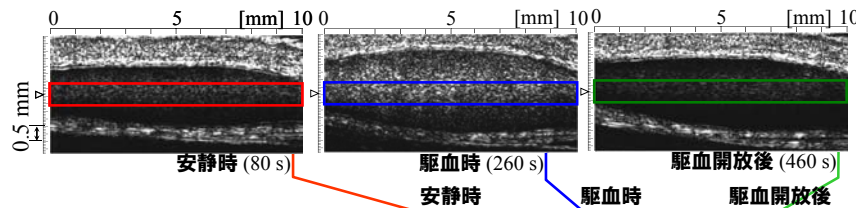
$Q(ka)$: 散乱断面積
 k : 波数
 a : 散乱体の半径
 n : 点音源の数
 $\delta'_n(ka)$: 入射波と散乱波の位相差の微分



対数周波数における散乱パワー対数値の理論分布

^{*} P. M. Morse et al.; *Methods of Theoretical Physics*. McGraw-Hill (1953).

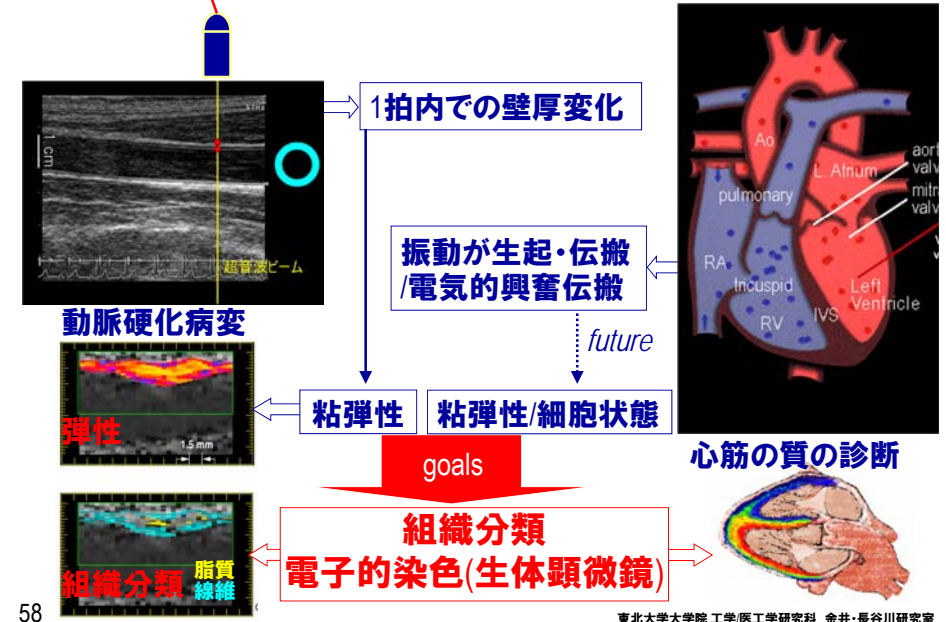
駆血前後の血液凝集サイズ経時変化in vivo計測(健常,手甲静脈)



Tomey 社製超音波診断装置 UD-1000
中心周波数: 40MHz (波長: 3.8 mm)
標本化周波数: 1 GHz
周波数解析の窓幅: 1024 ms (深さ方向768mm)
RF信号パワースペクトル加算平均(1000回)

福島 拓: 赤血球凝集度の定量的評価を目指した超音波散乱波の周波数特性による散乱体サイズ推定に関する研究
修士学位論文H22

生理現象の超音波高精度計測による組織性状診断



有意義な学生生活のため



大学の役割

- 大学: **社会を豊かにするための人間性形成の場** ⇔ 高校とは違う
- 大学時代: **将来を見据え、価値ある生き方の方向を、自ら定める**

学校の試験: 「それまで学習したこと(記憶中心)に基づき、制限時間内に、何も見ず誰にも相談せず、解いた結果」……**必ず正答がある**

理解力(速さ) + 記憶力 + スケジュール管理

研究・開発: 「誰もやってないことを、あらゆる情報を集め、人に相談し、自分で試行錯誤して出す結果」……**唯一の正解のある保証がない**

粘り強さ、情報吸収力、基礎、自由な発想、チームワーク、俯瞰力

では、「粘り強さ」を付けるには? **UNIVERSITY**

懸命努力 → 壁・失敗を克服 → 自信と能力 → 「**努力を継続できる能力**」

→ 大学教育では「**生き方**」を悟ることが第一、正答の教授のみではない 67

名言 ギアナ高地 カナイマ国立公園 標高差1000m

“道のあるところを歩いてはいけない、**道のない場所**を歩き、足跡を残すのだ” エマーソン: 米国思想家

- ・日本の伝統に自信を
- ・母国・郷里に誇りを
- ・険しい壁に挑む信念を
- ・豊かな社会を築く夢を
- ・国を支えるリーダーに

“小さな完成よりも
あなたの孕んでいる未完成の方が
はるかに大きなものがあることを
忘れてはならないと思う”

石坂洋二郎: 横手城址の文学碑: 「若い人」

東北大学・ 工学部 / 工学研究科

住み良い都市「仙台」

●住み良かった都市ランキング (日経地域情報364号より)

1位 福岡	4位 札幌
2位 仙台	5位 静岡
3位 広島	

●住みたい都市ランキング (2004年時事通信社調べより)

1位 京都 9.6%	4位 東京 6.6%
2位 静岡 7.8%	5位 福岡 6.2%
3位 仙台 7.2%	



高校からの総合評価: 8年連続日本一

朝日新聞出版「大学ランキング2013年版」

総合評価

1位 東北大学 (8年連続)
2位 東京大学
3位 京都大学
4位 大阪大学
5位 慶應義塾大学

進学して伸びた

1位 東北大学 (6年連続)
2位 東京大学
3位 京都大学
4位 早稲田大学
5位 慶應義塾大学

■家賃相場 仙台市青葉区 37,000円



■東北大学生の通学時間 (平成23年度<東北大学学生生活調査>「東北大学生の生活」より)



東北大学を薦める6点

論文被引用数世界ランキング
2012年発表

世界第3位 材料科学 (国内1位)
世界第12位 物理学 (国内2位)
世界第20位 化学 (国内6位)

- ①研究第一主義
- ②高い教育水準
- ③世界への扉: 交換留学・国際会議多数開催
- ④門戸開放: AO入試(書類・筆記・面接, 11月, 2月), 男女共同参画, サイエンスカフェ
- ⑤実学主義の伝統
- ⑥優れた教育・研究環境

10学部19大学院



東北大学工学部の多種多様な研究分野 豊富な進路の選択肢



学部 4年間

修士課程2年間

博士課程3年間

工学部 (研究室数: 約300)

- 3番目の帝国大学(1907年)
- 1919年工学部
- 光栄ある伝統
- 最高水準の教授陣(850名)
- 工学: 本学最大の研究・教育部局
- 工学では世界最大級(411)

- 学問水準の高さで醸し出される雰囲気
- 研究第一主義「学問の頂点に触れる教育」
- 実学尊重

大学院 工学研究科 (研究室数: 250)

- 電気通信研究所
- 金属材料研究所
- 流体科学研究所
- 多元物質科学研究所
- 災害科学国際研究所

大学院情報科学研究科(研究室数: 70)

- 電気通信研究所
- 流体科学研究所
- 災害科学国際研究所

大学院環境科学研究科(研究室数: 54)

- 金属材料研究所
- 流体科学研究所

大学院医工学研究科 (研究室数: 37)

- 電気通信研究所
- 金属材料研究所
- 流体科学研究所
- 加齢医学研究所

選択できる研究室数: 411

74

上海交通大学 世界大学ランキング 上30位

(工学/情報科学分野 2011年)



World Rank	Institution	Country	Total Score
1	Massachusetts Institute of Technology (MIT)		100.0
2	Stanford University		94.5
3	University of California, Berkeley		88.5
4	University of Illinois at Urbana-Champaign		83.5
5	Georgia Institute of Technology		82.3
6	The University of Texas at Austin		81.6
7	University of Michigan - Ann Arbor		80.1
8	Carnegie Mellon University		79.2
9	Pennsylvania State University - University Park		76.8
10	University of California, San Diego		76.3
11	University of Maryland, College Park		75.8
12	Northwestern University		75.3
12	University of Southern California		75.3
14	Purdue University - West Lafayette		75.2
15	Texas A&M University - College Station		73.8
15	University of California, Santa Barbara		73.8
15	University of Cambridge		73.8
18	Cornell University		72.7
19	California Institute of Technology		72.4
20	Swiss Federal Institute of Technology of Lausanne		71.8
21	University of Toronto		71.3
22	The Imperial College of Science, Technology and Medicine		70.3
23	Princeton University		70.1
24	Tohoku University		69.8
25	The Ohio State University - Columbus		69.6
26	University of California, Los Angeles		69.5
27	University of Minnesota, Twin Cities		69.3
28	University of Wisconsin - Madison		69.2
29	National Taiwan University		69.1
30	North Carolina State University - Raleigh		68.9

評価項目

- 論文被引用件数
- 頻繁に論文を引用される研究者数
- トップ20%の学会誌への掲載論文数
- 研究のための外部資金獲得額

←東北大学: 24位(工学関係)

京都大学: 35位
東京工業大学: 39位
大阪大学: 52-75位
東京大学: 76-100位

75

女性も大歓迎



あなたの未来が、きっとここにある。

東北大学工学部オープンキャンパス 特別企画
女子高生のためのミニフォーラム

工学にかけた私の夢

高校中、特に女子高生や既に工学部で学んでいる女子学生のみさんが工学の魅力を知る助けになればと考え、下記のようなミニフォーラムを企画しました。ふるってご参加ください。期間中2回開催し、講師陣は交代します。いろんな話を聞きたい方は2回ともご参加ください。

第1回
7/30 (祝) 11:30-13:30
会場: 東北大学大学院工学研究科・工学部 電算記念館4F(401大研修室)
講師: 〇「私の作ったセンサーがその数ヶ月になって世界中で使われます。これってすごいことじゃないですか?」
田中 真生 (工学部) 〇「夢とともにもっと輝ける私の道。実験大好き!」
佐藤 真由 (工学部) 〇「エネルギーと地球環境を考える」
尾花 真実子 (工学部)

第2回
7/31 (祝) 11:30-13:30
会場: 東北大学大学院工学研究科・工学部 電算記念館4F(401大研修室)
講師: 〇「シドビルエンジニアを目指して」
田中 真生 (工学部) 〇「私に合った工学とは?」
佐藤 真由 (工学部) 〇「夢を実現するために」
尾花 真実子 (工学部)

主催: 東北大学 工学部・工学研究科
お問い合わせ: 工学部資料課課長 佐藤 真由 tel. 022-719-5805
会場: 東北大学工学部電算記念館4F(401大研修室)

工学部キャンパススクエア



工学部キャンパススクエア



TOHOKU
UNIVERSITY



東北大学工学研究科・工学部



ご清聴を感謝します