



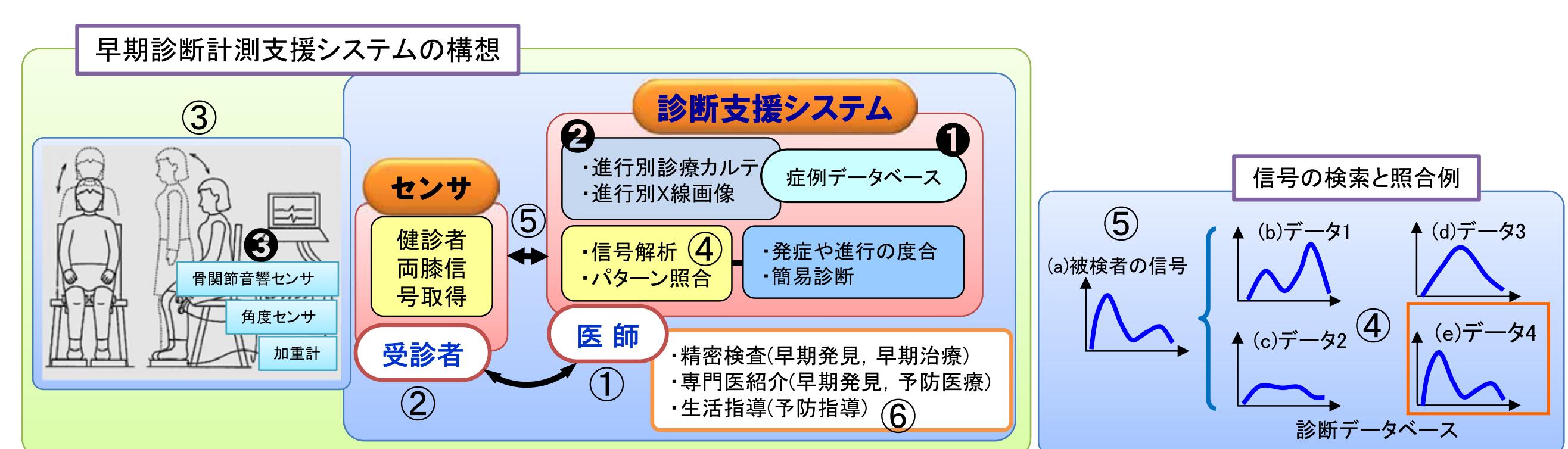
変形性膝関節症(膝OA)早期診断を 目指した計測支援システム構築に関する 研究;センサと計測方法の開発

研究背景と目的

近年、人の寿命は延伸傾向にあり、それに伴い健康寿命の延伸対策は、国家的重要施策の柱に掲げられている。特に、歩行可能な身体づくりであり、その中でも膝関節は加齢や高齢になれば変形しながら機能が衰退するため、この予防や機能回復は必須である。変形性膝関節症(膝OA)はその代表的な疾患のため、早期診断による治療は以後の歩行やQOLに関わる。よって、センサの開発と計測システム、および診断エビデンスの構築が目的である。

早期診断計測支援システム構築の構想

この構想はFig.1において、医師①は受診者②に装着したセンサ③から信号を取得し、④と⑤の照合と問診等から診断⑥を下す。これにより受診者は予防や早期治療が開始される構想である。研究対象は左側に示す④と⑤において、①と④の信号パターンの一一致が必要であるため、②に関する信号を③から取得して、特徴化、数値化、およびパターン化の手法を提案した。これを臨床研究で検証している。



(a) Hospital - internal and external; Clinical measurement cases. (b) Signal search and collation: Putter recognition case.

屈伸信号の定量化から特徴化

Fig.2の計測によりFig3の下段の青色線Sが屈伸時のSTFT処理した信号である。網掛けの休止Pause信号は太い赤色線「しきい値TH」で排除した。THは休止信号(桃色破線)の平均値と標準偏差から、 $TH \geq Avg. + \alpha SD$ ($\alpha = 3$)で与えた。数値化は上段水色線の屈伸角度と同期させて、屈伸動作を(1)から(4)で検証した結果、(4) All bendが有効であり、右縦軸のN値がTHを超えた積算値である。

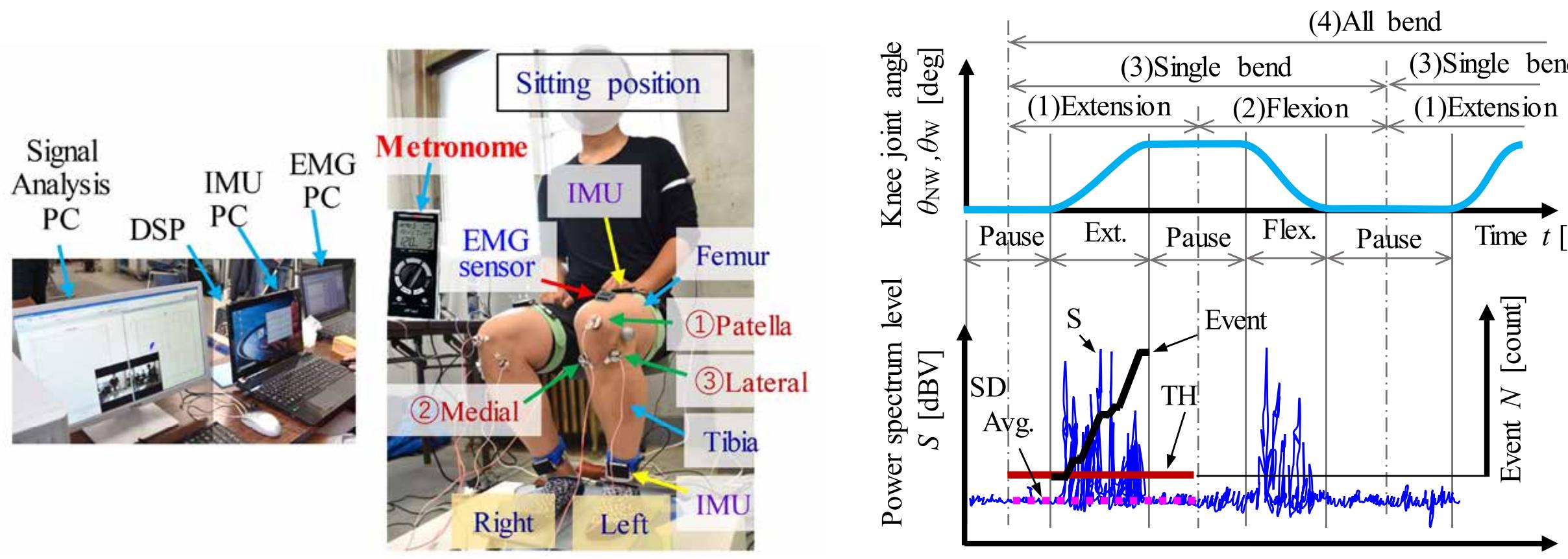


Fig.2 Measurement sensor position (in knee unit: 3 BJAS, two IMU and EGM sensors).

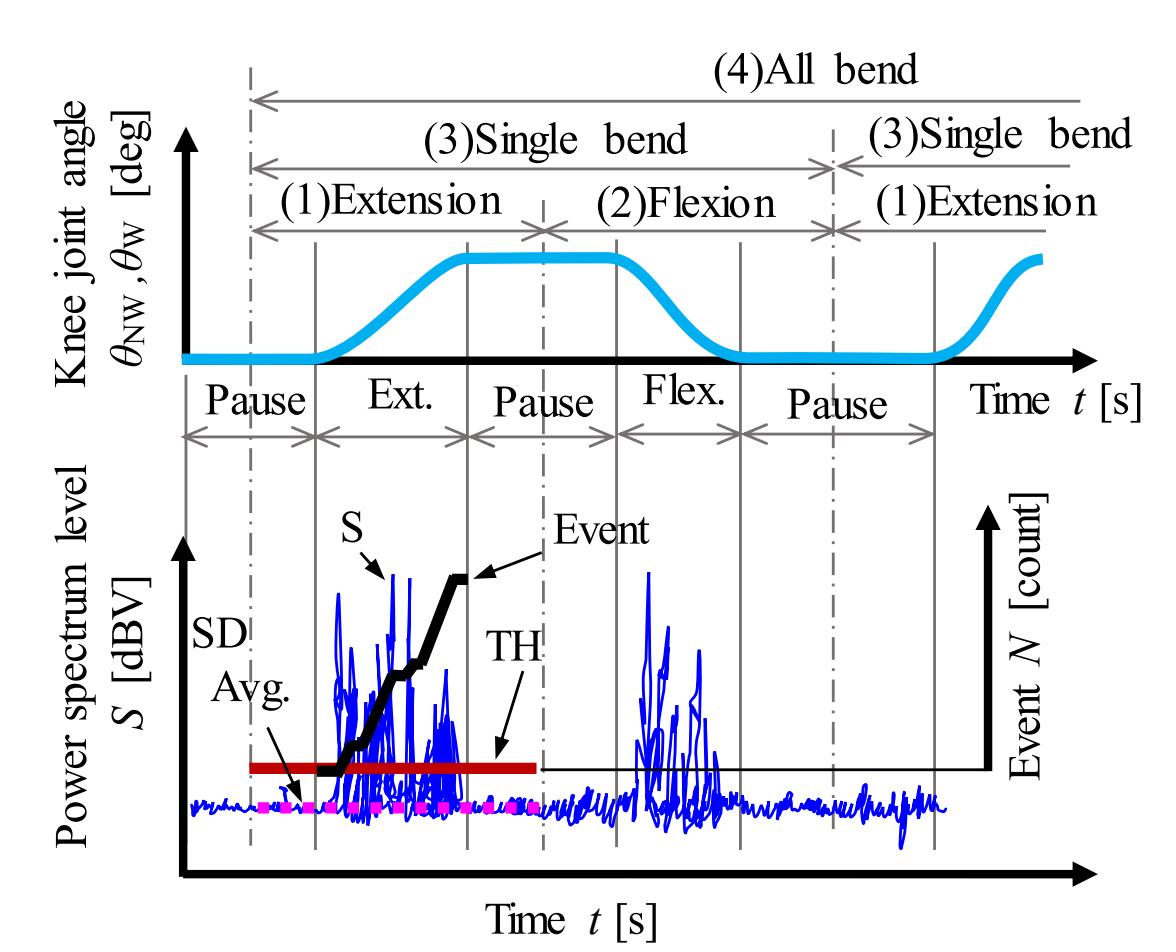


Fig.3 Digitization of the knee bending with the pause region as the threshold; ex, event count of knee extension.

膝関節面のバイオメカニクス; 静力学と動力学

- (1) 静力学的関節力: Fig.4の膝蓋大腿関節力PFJFと脛骨大腿関節力TFJFは、関節面PFJCとTFJCのストレス推測に役立つ。Fig.5とTable 1は、体重Bm=60kgの静力学的関節力の例である。
- (2) 動力学的関節力: 大腿部屈伸IMUの加速度α(t)とTfから動力学的関節力を求め、これを体重比BrとしたPFAとTFAで表し、Fig.6は屈伸テンポ30bpmの例、Fig.7はテンポ30と60の最大瞬発力を表した。

Table 1 Relationship between PFJF and TFJF, single knee.

Item	Sit-to-stand		Deep bending	
	θ_1 [deg]	B_m ratio	θ_1 [deg]	B_m ratio
θ_1 [deg]	73~180		29~180	
B_m [kg]	55~162	60 [kg]	6.0~72	60 [kg]
PFJFmax [N]	1340	2.3	3330	5.7
TFJFmax [N]	910	1.5	1650	2.8
0.5*TFJFmax [N]	455	0.8	830	1.4

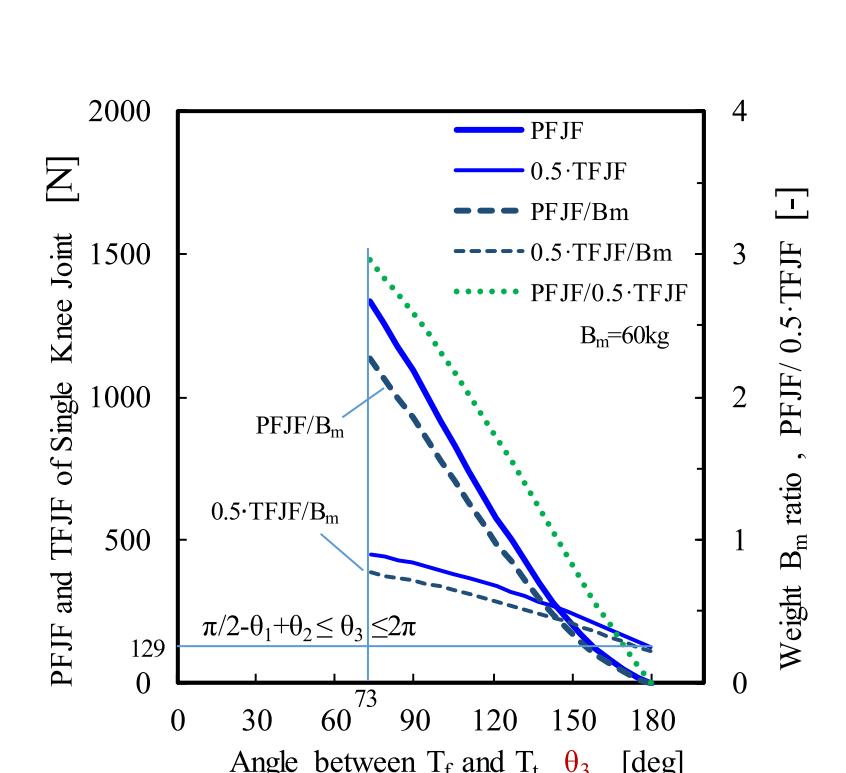
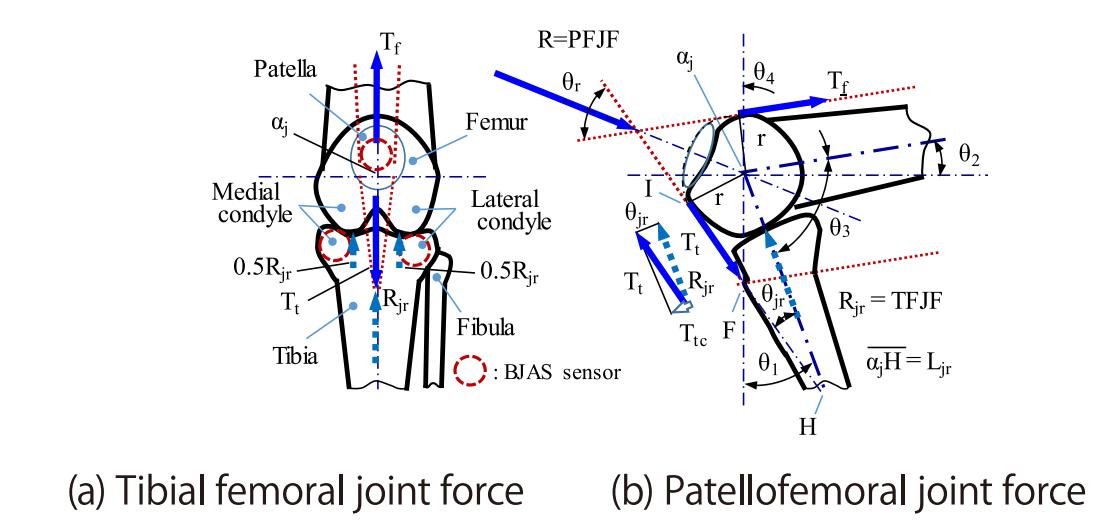


Fig.5 Knee angle and joint force of set-to-stand.



(a) Tibial femoral joint force (b) Patellofemoral joint force

Fig.4 Mechanical model of PFJF and TFJF (left knee joint).

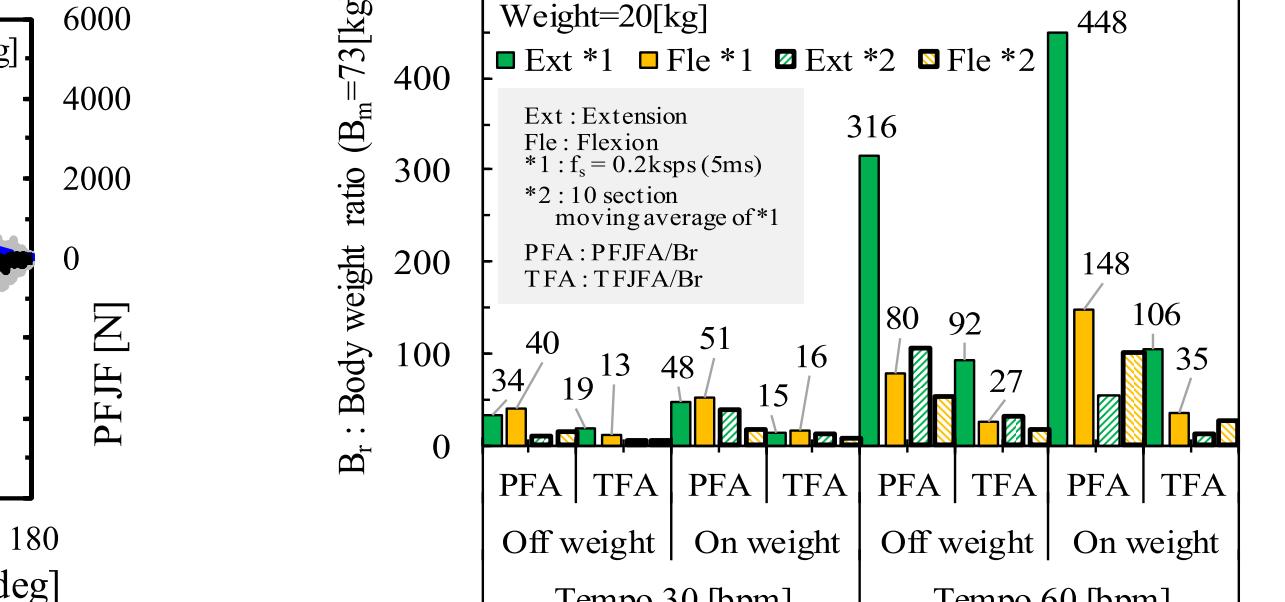


Fig.6 Kinetic knee joint force, Br; Weight ratio (Bm=73kg).

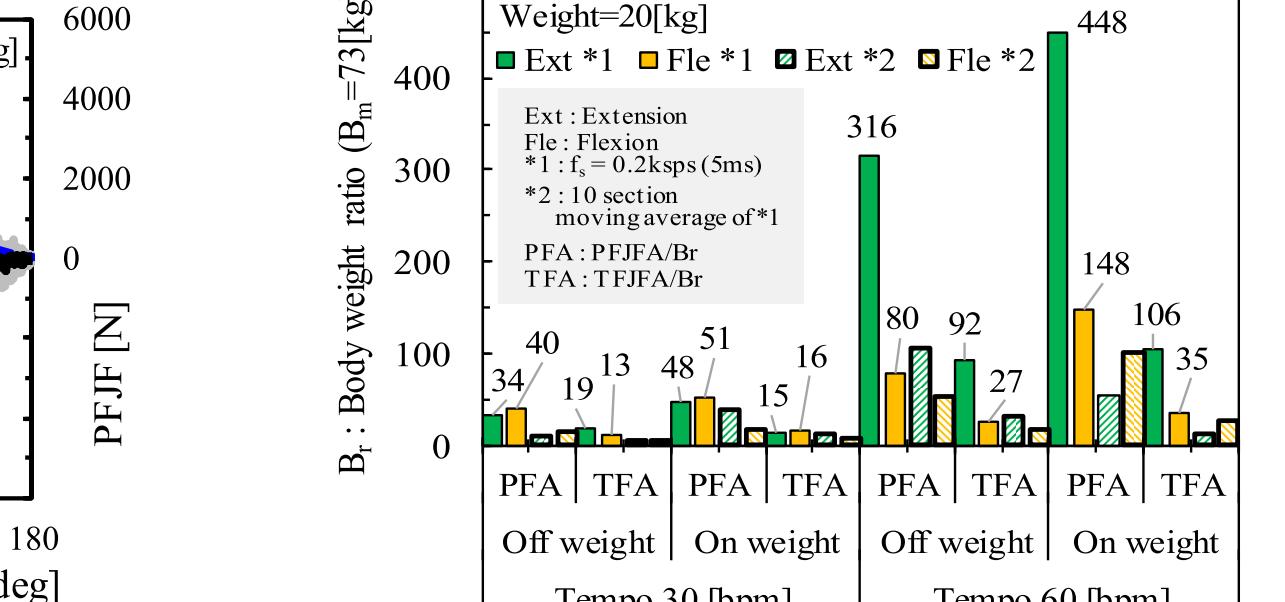


Fig.7 Kinetic knee joint force, Br; Weight ratio (Bm=73kg).

臨床研究から計測診断予測

- (1) 被験者: 臨床倫理委員会承認の計測実績数はTable 2、71才代前後が全体の約81%であった。
- (2) 膝関節の信号: 健常は24才男性、高齢は66才女性、膝OAは83才女性でK&LグレードIIの3タイプについて行いN値の例がFig.8である。
- (3) 信号の特徴化: Fig.8に示す②の3タイプの差異は1/3オクターブ周波数分析したFig.9より見込める。
- (4) 早期診断計測支援: 信号のN値、周波数特性、さらに問診等により軟骨衰退の予測を可能にした。

Table 2 Breakdown of subjects who cooperated in clinical research.

Sex	Num	Age							
		21~31	31~41	41~51	51~61	61~71	71~81		
Male	45	1	0	3	4	8	22	7	0
Female	56	0	0	1	8	10	19	16	2
Total	101	1	0	4	12	18	41	23	2
%		1.0	0	4.0	11.9	17.8	40.6	22.7	2.0

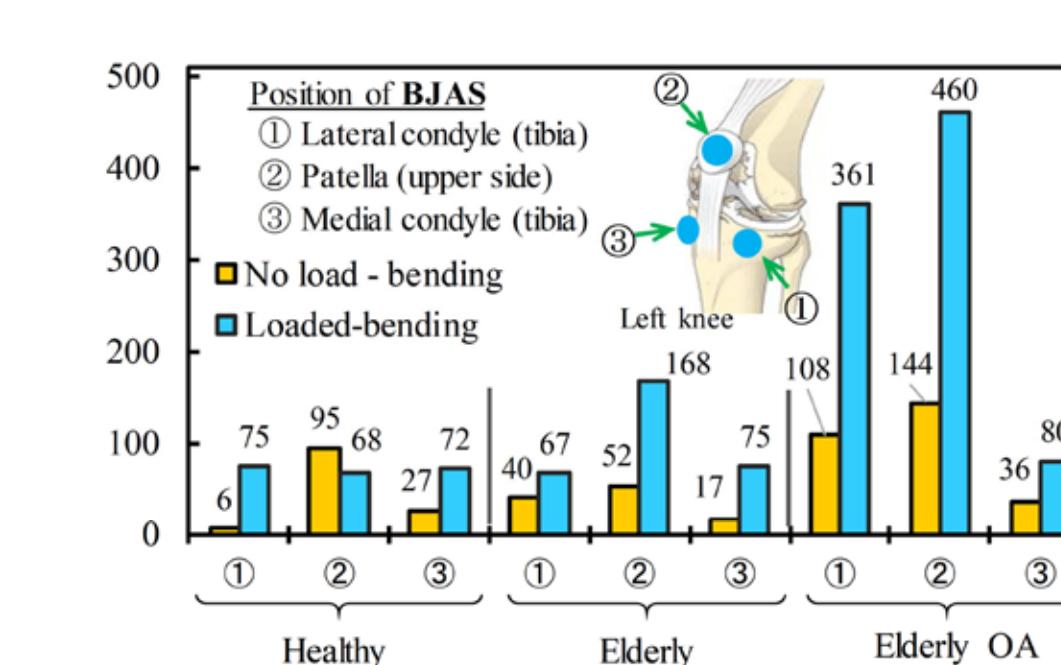


Fig.8 N value of 3 type left knee : healthy, elderly, and elderly knee OA, f=0.2 to 20 kHz.

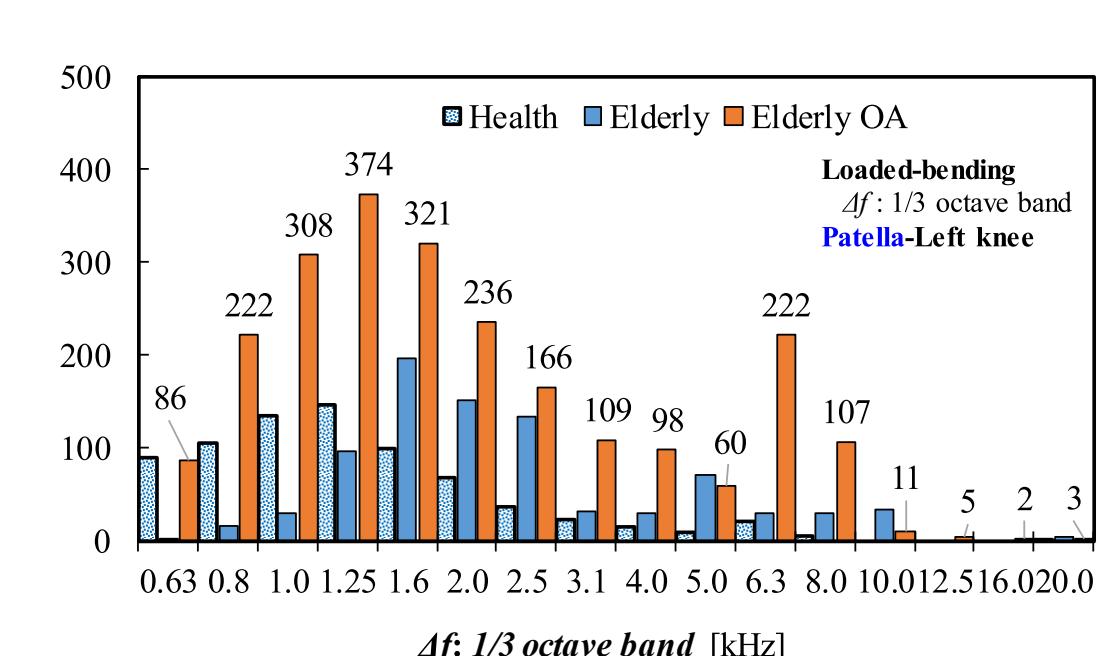


Fig.9 N value by 1/3 octave band : left patella.