

デバイスを利用したデータ計測  
iPhone加速度センサーを利用した  
身体動揺の計測

聖稜リハビリテーション病院 内藤祐馬

# リハビリで使われる運動・動作の評価指標

## 病院で実施可能なバランステスト

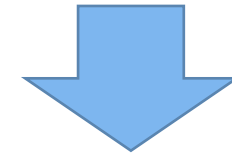
- ・BBS (Berg Balance Scale)
- ・FR (Functional Reach)
- ・10m歩行テスト
- ・TUG (Time Up & Go)
- ・静的バランステスト  
(片脚立位、タンデム立位、マン姿位)



課題の可不可・速度・時間

## 研究で使われる指標

- ・フォースプレート(床反力計)
- ・下肢荷重足底(足圧計)
- ・三次元動作解析



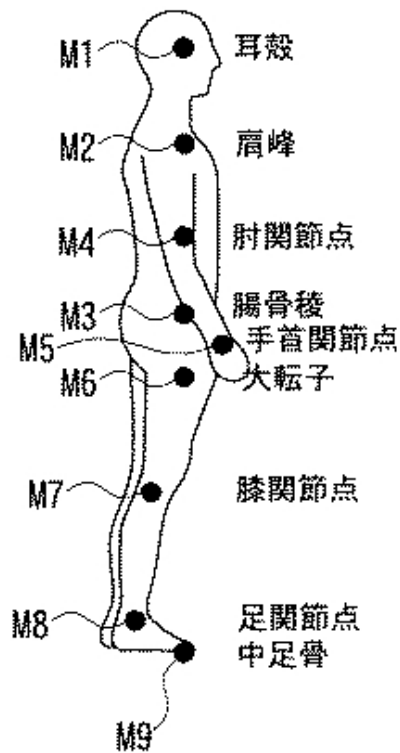
動作時の力学的指標  
(専用機器が必要)

動作の実行状況进行分析する事で性質や特徴の分析が可能

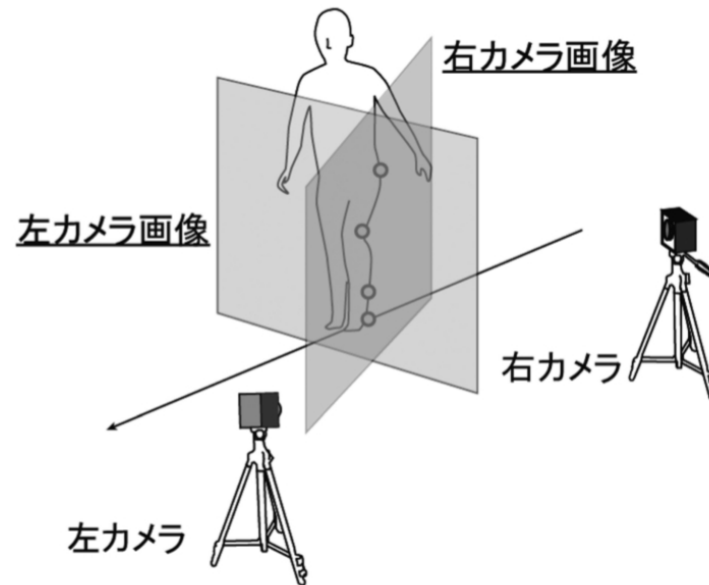
# これまでの力学的データを計測する工夫

## 動画解析による**関節角度**の計測 (矢状面・前額面上の2次元解析)

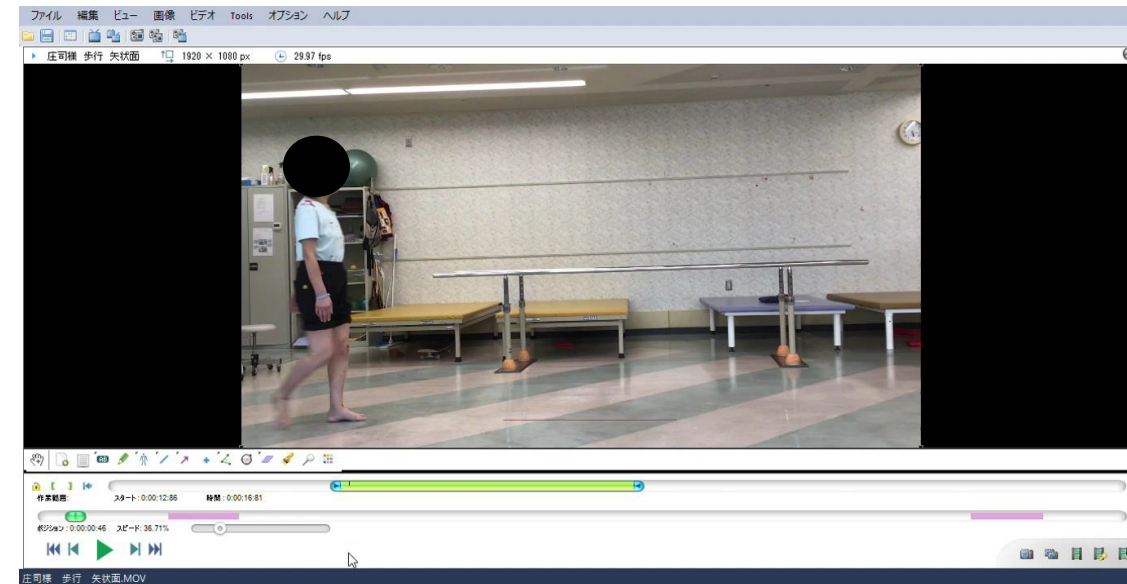
### 歩行動画の撮影



各マーカー位置



矢状面・前額面に  
カメラを設置



Kinoveaによる動画分析

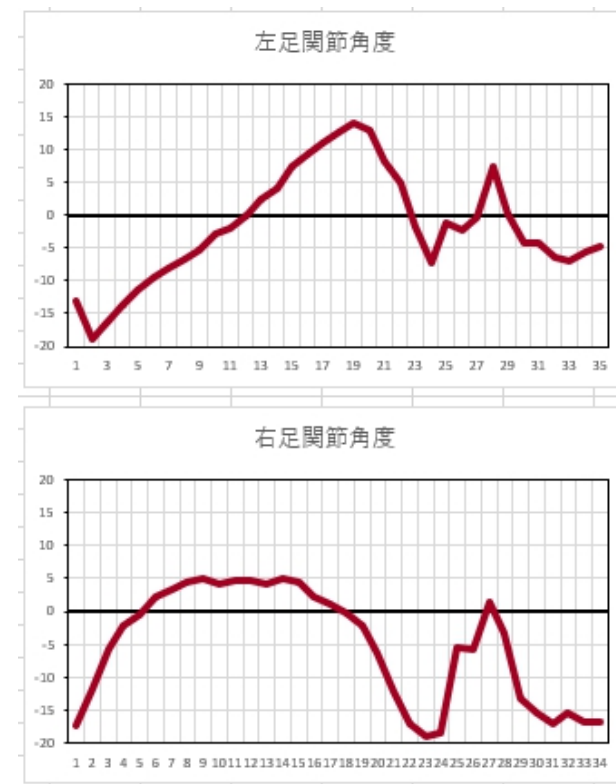
# 動画分析による動作中の関節角度の計測

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	N
1	Track			Track			Track			Track			
2	Label : 左第5中足関節の位置			Label : 右第5中足関節			Label : 右膝関節			Label : 右内果			
3	Coord (x,y,z; 6/8mm)			Coord (x,y,z; 6/8mm)			Coord (x,y,z; 6/8mm)			Coord (x,y,z; 6/8mm)			
4	x	y	z	x	y	z	x	y	z	x	y	z	
5	-215.75	-477.53	0.00.14.78	-163.92	-482.81	0.00.14.78	-241.86	-232.21	0.00.14.78	-202.04	-456.7	0.00.14.78	
6	-215.74	-477.51	0.00.14.81	-163.92	-482.89	0.00.14.81	-223.98	-232.72	0.00.14.81	-207.01	-456.72	0.00.14.81	
7	-215.75	-477.51	0.00.14.85	-163.92	-482.86	0.00.14.85	-204.53	-233.99	0.00.14.85	-205.02	-456.73	0.00.14.85	
8	-215.75	-477.49	0.00.14.88	-163.91	-482.85	0.00.14.88	-133.12	-300.67	0.00.14.88	-203.07	-456.74	0.00.14.88	
9	-215.74	-476.52	0.00.14.91	-163.2	-482.82	0.00.14.91	-185.52	-302.95	0.00.14.91	-202.85	-456.74	0.00.14.91	
10	-215.73	-476.54	0.00.14.95	-163.82	-482.78	0.00.14.95	-178.98	-302.81	0.00.14.95	-202.82	-456.72	0.00.14.95	
11	-215.72	-476.55	0.00.14.98	-163.87	-482.73	0.00.14.98	-175.06	-302.87	0.00.14.98	-202.81	-456.72	0.00.14.98	
12	-215.72	-477.42	0.00.15.01	-163.87	-482.79	0.00.15.01	-175.03	-304.56	0.00.15.01	-202.79	-456.72	0.00.15.01	
13	-215.73	-477.43	0.00.15.05	-163.87	-482.77	0.00.15.05	-173.55	-304.54	0.00.15.05	-202.78	-456.71	0.00.15.05	
14	-215.74	-476.43	0.00.15.08	-163.88	-482.83	0.00.15.08	-173.04	-304.55	0.00.15.08	-202.78	-456.72	0.00.15.08	
15	-215.73	-476.41	0.00.15.11	-163.82	-482.7	0.00.15.11	-171.94	-304.58	0.00.15.11	-202.78	-456.71	0.00.15.11	
16	-215.73	-476.41	0.00.15.15	-163.91	-482.7	0.00.15.15	-168.92	-305.57	0.00.15.15	-202.75	-456.7	0.00.15.15	
17	-215.75	-474.42	0.00.15.18	-163.93	-483.12	0.00.15.18	-165.38	-306.53	0.00.15.18	-202.78	-456.67	0.00.15.18	
18	-215.78	-473.42	0.00.15.21	-163.94	-483.07	0.00.15.21	-161.96	-306.57	0.00.15.21	-202.78	-454.71	0.00.15.21	
19	-216.78	-470.43	0.00.15.25	-163.97	-482.15	0.00.15.25	-157.32	-306.53	0.00.15.25	-202.74	-454.66	0.00.15.25	
20	-216.77	-466.48	0.00.15.28	-164	-482.7	0.00.15.28	-151.82	-306.57	0.00.15.28	-200.78	-450.72	0.00.15.28	
21	-215.79	-462.48	0.00.15.31	-164	-482.13	0.00.15.31	-141.33	-305.58	0.00.15.31	-198.84	-446.75	0.00.15.31	
22	-211.78	-456.42	0.00.15.35	-163.98	-480.13	0.00.15.35	-131.51	-303.4	0.00.15.35	-196.75	-442.74	0.00.15.35	
23	-203.8	-448.47	0.00.15.38	-161.92	-478.1	0.00.15.38	-115.08	-303.12	0.00.15.38	-190.83	-436.15	0.00.15.38	
24	-203.72	-435.95	0.00.15.41	-160.91	-475.11	0.00.15.41	-93.74	-301.18	0.00.15.41	-180.55	-426.61	0.00.15.41	
25	-191.8	-425.45	0.00.15.45	-157.03	-470.12	0.00.15.45	-50.38	-298.75	0.00.15.45	-168.14	-415.32	0.00.15.45	
26	-175.8	-413.95	0.00.15.48	-150.61	-462.4	0.00.15.48	-31.43	-296.81	0.00.15.48	-146.35	-401.25	0.00.15.48	
27	-150.7	-395.96	0.00.15.51	-128	-442.02	0.00.15.51	-10.14	-293.8	0.00.15.51	-120.79	-393.52	0.00.15.51	
28	-117.98	-322.05	0.00.15.55	-93.73	-441.89	0.00.15.55	16.79	-280.41	0.00.15.55	-88.5	-321.7	0.00.15.55	
29	-87.2	-405.71	0.00.15.58	-65.82	-447.71	0.00.15.58	43.43	-285.53	0.00.15.58	-48.12	-327.38	0.00.15.58	
30	-32.93	-432.56	0.00.15.61	3.27	-450.35	0.00.15.61	70.58	-281.95	0.00.15.61	-3.14	-405.11	0.00.15.61	
31	17.72	-453.54	0.00.15.65	65.92	-473.1	0.00.15.65	90.95	-273.71	0.00.15.65	32.01	-414.32	0.00.15.65	
32	94.94	-483.24	0.00.15.68	113.95	-480.46	0.00.15.68	110.83	-280.88	0.00.15.68	73.72	-421.86	0.00.15.68	
33	100.02	-496.17	0.00.15.72	158.08	-480.78	0.00.15.72	223.74	-283.52	0.00.15.72	126.92	-443.88	0.00.15.72	
34	150.04	-468.23	0.00.15.75	213.96	-480.3	0.00.15.75	146.72	-286.3	0.00.15.75	161.34	-442.22	0.00.15.75	
35	185.25	-471.52	0.00.15.78	250.83	-476.08	0.00.15.78	161.75	-290.86	0.00.15.78	193.2	-462.06	0.00.15.78	
36	215.63	-472.82	0.00.15.82	273.43	-472.38	0.00.15.82	175.52	-292.87	0.00.15.82	220.4	-460.57	0.00.15.82	
37	224	-472.87	0.00.15.85	283.81	-474.73	0.00.15.85	188.88	-294.22	0.00.15.85	230.32	-460.58	0.00.15.85	
38	225.98	-472.92	0.00.15.88	286.46	-478.95	0.00.15.88	204.33	-295.83	0.00.15.88	236.38	-462.54	0.00.15.88	
39													

時間・マーカー座標を抽出

時間	左足関節	右足関節	左膝関節	右膝関節	左内果	右内果
1.78	101.77	-0.10	-5.71	-1.17		
1.88	95.06	-0.10	-5.87	-11.33		
1.57	80.82	-0.10	-5.80	-5.71		
1.51	86.25	-0.10	-5.90	-2.26		
1.46	83.61	-0.12	-5.93	-0.54		
1.41	80.86	-0.12	-5.86	2.25		
1.39	79.79	-0.12	-5.80	3.41		
1.32	73.95	-0.10	-5.78	4.56		
1.35	73.13	-0.10	-5.80	4.98		
1.38	78.24	-0.12	-7.94	4.02		
1.37	78.22	-0.12	-7.14	4.65		
1.34	77.05	-0.15	-8.33	4.62		
1.33	76.23	-0.17	-9.53	4.24		
1.30	74.52	-0.18	-10.40	4.91		
1.28	73.16	-0.22	-12.51	4.33		
1.24	71.27	-0.22	-16.52	2.15		
1.19	68.04	-0.36	-20.73	1.17		
1.13	64.80	-0.44	-25.23	-0.13		
1.05	60.34	-0.55	-31.79	-2.13		
0.97	55.31	-0.72	-41.02	-6.38		
0.87	50.05	-0.91	-52.10	-12.15		
0.78	44.60	-1.09	-62.53	-17.13		
0.73	42.08	-1.17	-66.84	-18.92		
0.77	44.04	-1.12	-64.33	-18.37		
0.88	50.52	-0.79	-44.20	-5.51		
1.03	50.16	-0.64	-35.50	-5.66		
1.19	96.45	-0.32	-22.02	1.47		
1.33	78.06	-0.36	-17.26	3.25		
1.55	80.01	-0.25	-14.12	-13.13		
1.66	95.30	-0.18	-10.13	-15.44		
1.80	103.24	-0.07	-3.88	-17.22		
1.85	105.86	0.01	0.44	-15.43		
1.83	104.25	-0.02	-1.78	-15.73		
1.77	101.25	-0.02	-5.41	-16.76		

時間・関節角度を計算



グラフ化

# この患者さんの重心動揺を計測したい

くも膜下出血後の前庭機能低下に対し  
感覚入力に着目した介入を行い、  
自宅退院に至った症例

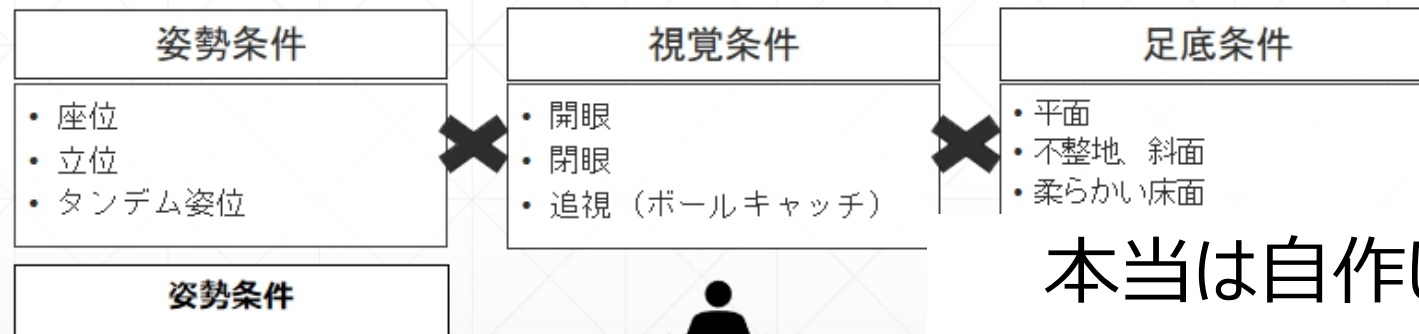
聖稜リハビリテーション病院 内藤祐馬

R2年静岡県理学療法士学会にて  
症例発表を行う。

異なる条件下での姿勢保持能力の変化を  
治療効果の判定に使用  
課題の可不可と保持時間を指標としたが...

## 介入内容

### 課題の設定



本当は自作したiPhoneアプリで測定した  
身体動揺の変化を結果として提示したかった...

# デバイスセンサーとバランス測定

## 加速度センサーを使用した研究

← どうやらスマホで計測している

スマートフォンなどの加速度センサーを利用した身体バランス計測器の開発  
～その経緯と妥当性の検証～

木野田 典保

小型三軸加速度計による高齢者の動的バランス評価の有用性

竹内 弥彦弘

小型 3 軸加速度計を用いた Timed Up and Go Test における動作の円滑性の検討

彦坂 潤



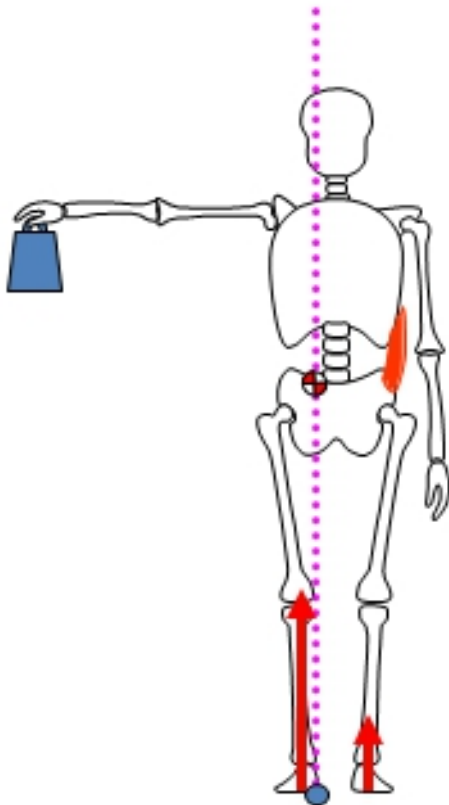
加速度センサーがあれば身体動揺が計測できる？

・加速度  
・重心  
・モーメント  
・床反力

# バランスを力学的視点で考える

## 剛体のつり合い

- ・力のつり合い
- ・モーメントのつり合い



## 力のつり合い

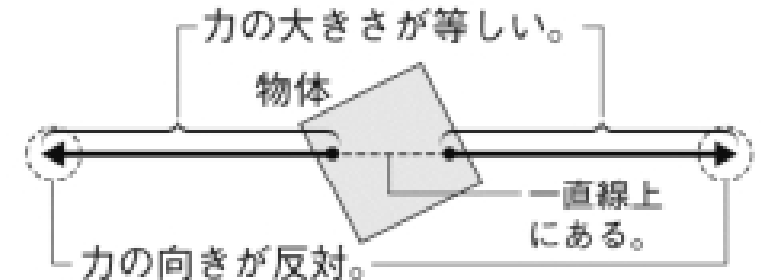
### 【2力のつり合い】

1つの物体に2つの力がはたらいていて、その物体が静止したままであるとき、2つの力は**つり合っている**という。

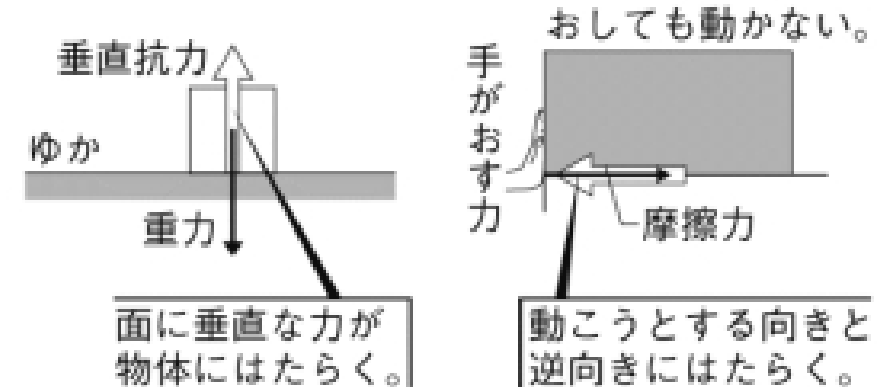
### 【2力がつり合う条件】

- ・力の大きさが等しい。
- ・力の向きが反対。
- ・一直線上にある。

### 2つの力のつり合い



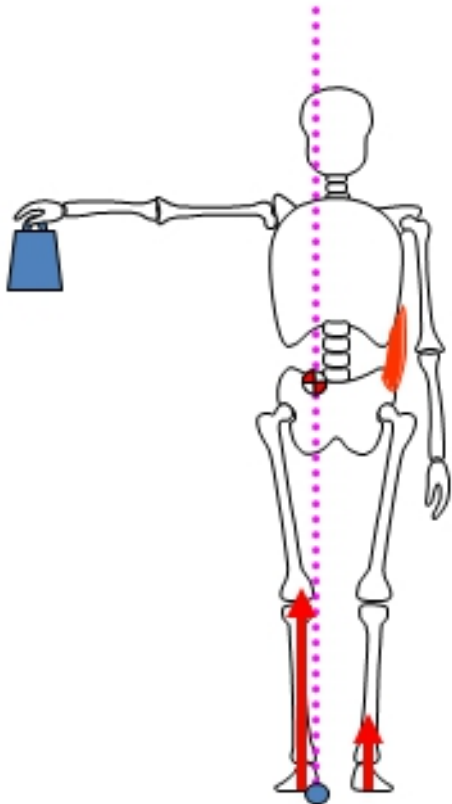
### つり合う2力



# バランスを力学的視点で考える

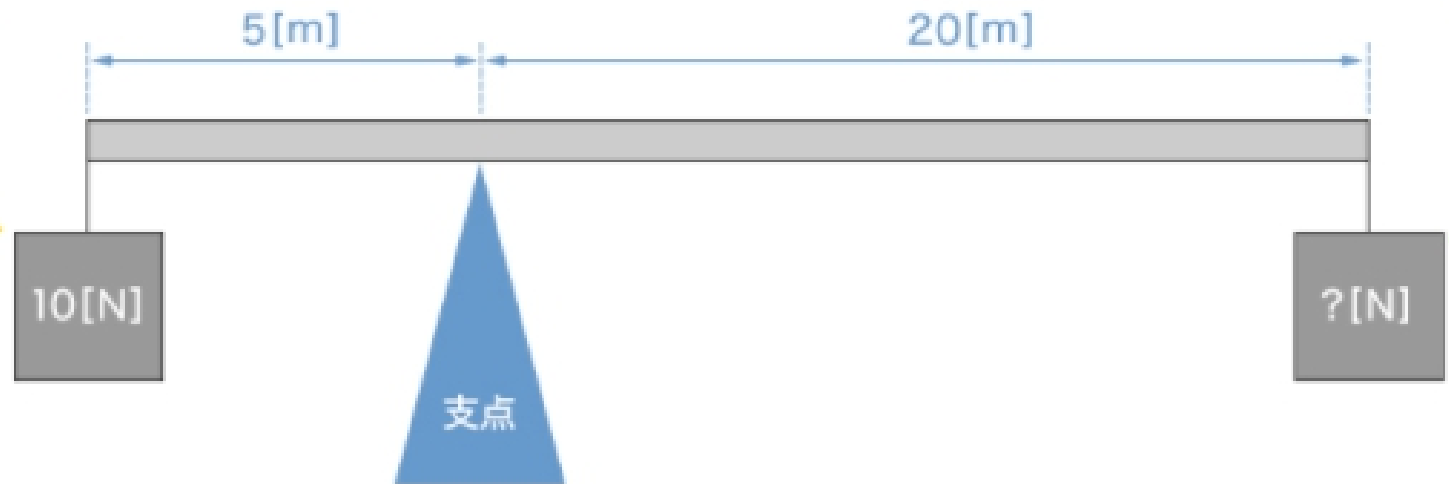
## 剛体のつり合い

- ・力のつり合い
- ・モーメントのつり合い



## モーメント（回転力）のつり合い

力のモーメント  
 $50[\text{Nm}]$



同じ力のモーメントを  
与えれば回転しない！

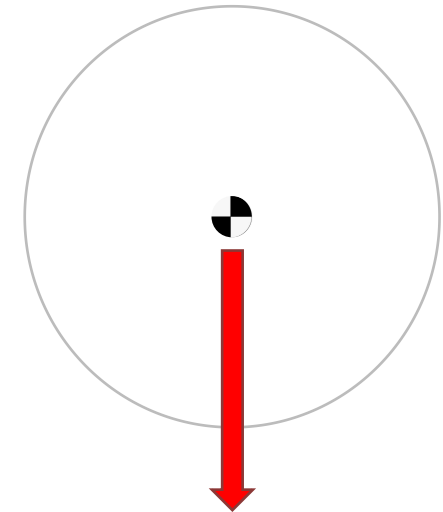
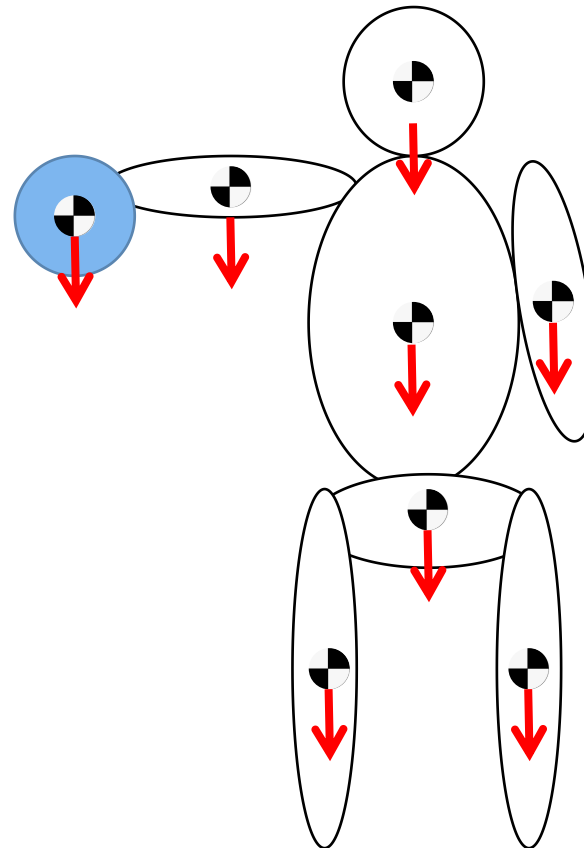
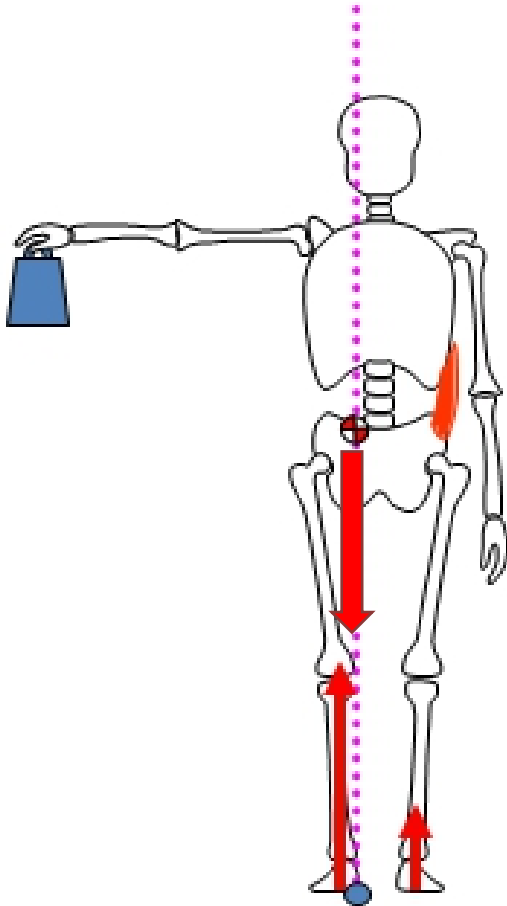
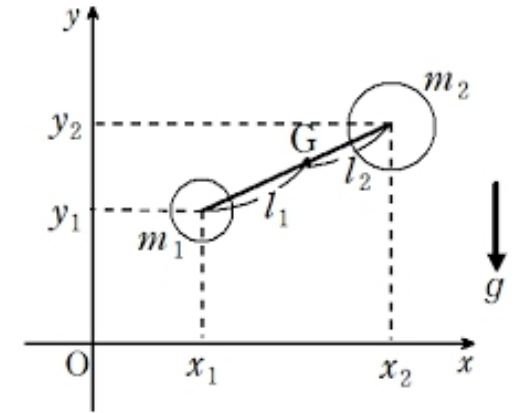




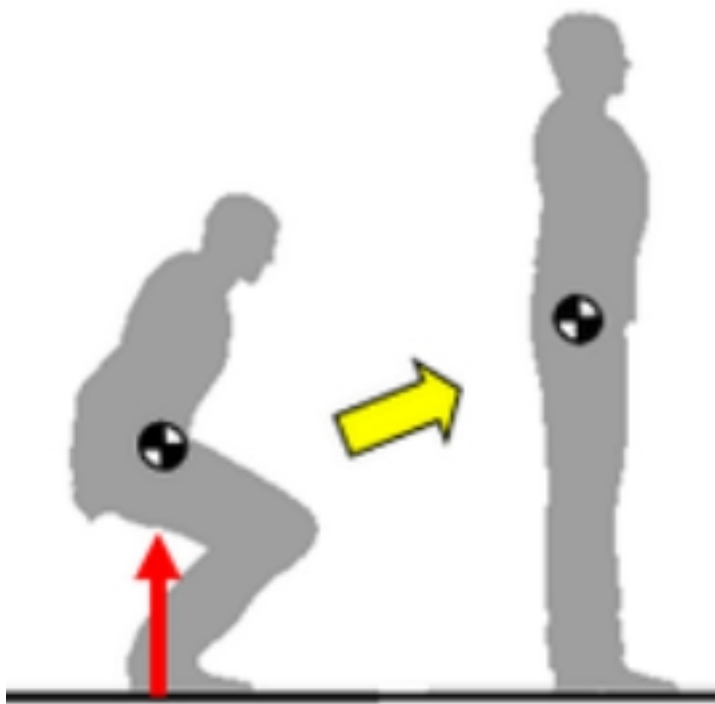
# バランスを力学的視点で考える

## 重心の性質

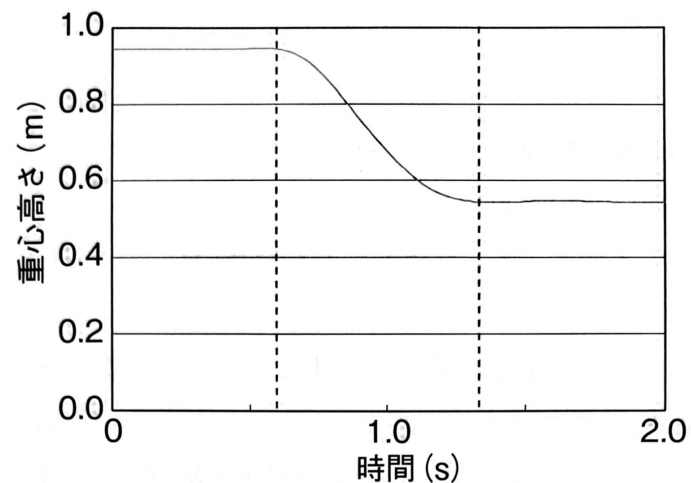
- ・剛体を傾くことなく支える事のできる点
- ・剛体の全質量を集めて重力が働く点



# 重心と加速度



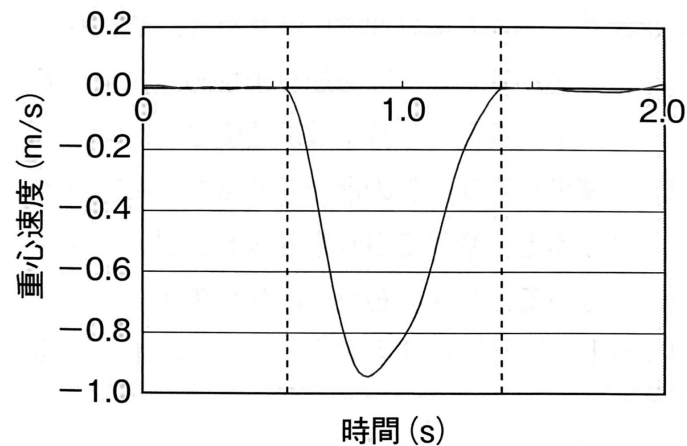
座り込みの重心高さのグラフ



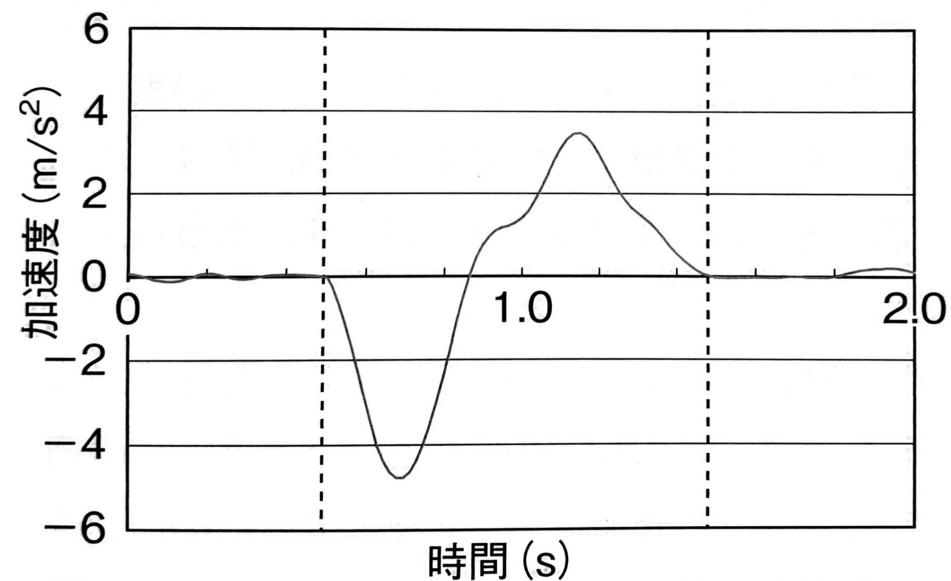
位置の時間あたりの変化量＝速度(距離/時間)  
速度の時間あたりの変化量＝加速度(速度/時間)

グラフの傾き＝微分  
グラフの面積＝積分

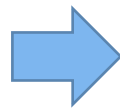
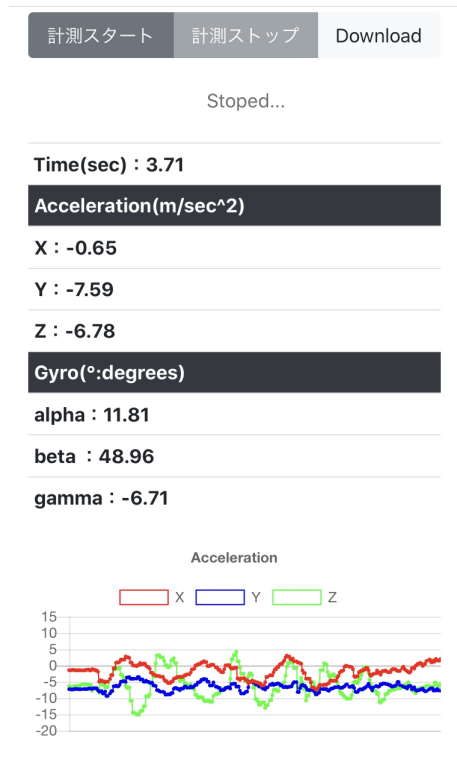
座り込みの重心速度のグラフ



座り込みの重心加速度のグラフ



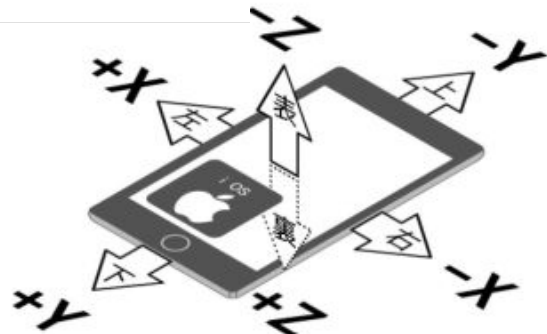
# 加速度センサーの作製



加速度センサーの値を計測  
SCVデータで出力



Webアプリケーション  
プログラミング言語: Javascript



加速度センサ-



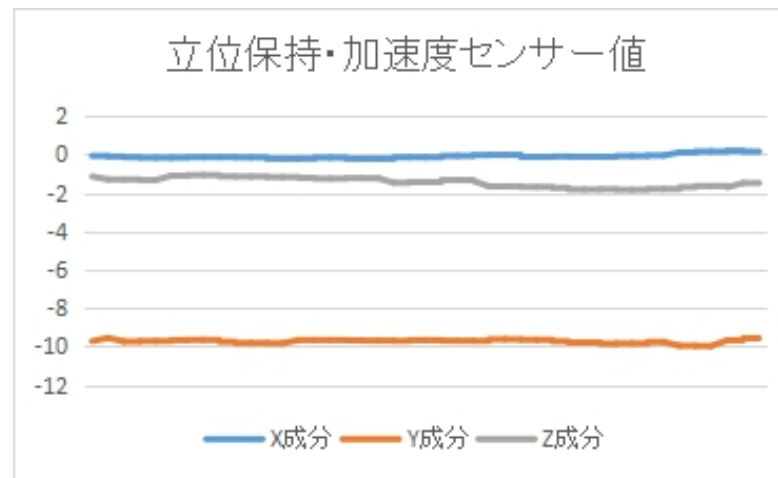
みんなのiPhone



レンタルサーバ

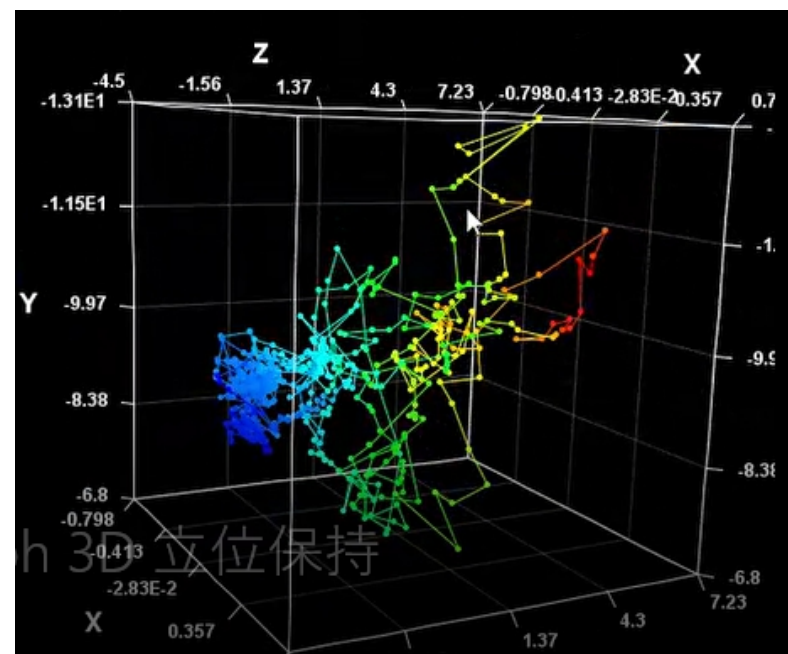
# 加速度センサーによる計測

	A	B	C	D	E	F	G
1	time(sec)	x	y	z	alpha	beta	gamma
2	0.01	0.308704	-9.78786	-1.55059	183.5834	78.9492	-2.23251
3	0.13	0.085745	-9.57912	-1.81111	185.3786	78.90449	-3.76907
4	0.15	0.137221	-9.67399	-1.81246	185.6113	78.90346	-3.96806
5	0.16	0.158619	-9.69284	-1.81335	186.0388	78.87136	-4.3246
6	0.17	0.113279	-9.66816	-1.86692	186.4217	78.84225	-4.65406
7	0.18	0.113279	-9.66816	-1.86692	186.4217	78.84225	-4.65406
8	0.19	0.103104	-9.65948	-1.87949	186.7367	78.82321	-4.90034
9	0.2	-0.01691	-9.64931	-1.88203	187.2877	78.79625	-5.36464
10	0.22	-0.01691	-9.64931	-1.88203	187.2877	78.79625	-5.36464
11	0.23	0.005691	-9.63075	-1.92228	187.7784	78.7736	-5.85641
12	0.24	0.045794	-9.57868	-1.94727	188.2011	78.77086	-6.30642
13	0.25	0.045794	-9.57868	-1.94727	188.2011	78.77086	-6.30642
14	0.26	0.019608	-9.61115	-1.8114	188.7632	78.74755	-6.86712
15	0.27	-0.11118	-9.66083	-1.72505	189.4401	78.68123	-7.50909
16	0.28	-0.11118	-9.66083	-1.72505	189.4401	78.68123	-7.50909



2Dグラフ、3Dグラフ化

検出されたX,Y,Z成分のCSVデータ



次回 実際の身体動揺計測