

# 利用者様・患者様（スタッフ様）の QOL向上のために

～歩行能力を簡単に測定し、リハビリ意欲向上～

セントラル  
CENTRAL



KYONOUTSUWA



×



# AYUMIEYE



安全・快適・便利

「歩き」を見える化

## 3軸加速度センサモジュールとiOSアプリを用いて歩行時の加速度データに基づき歩行機能を「推進力」「バランス」「リズム」の3点から分析するデバイス

測定時間：約10秒  
簡単操作・即時解析・安全実施

データはサーバ上で一元管理

歩行距離：6~10m  
(目安：10歩以上)



堅牢なセキュリティ



他機器・PCから  
データ取得・更新可

1台 1アカウントで、何人でも  
各々何回でも測定・保存が可能

### 3つの特徴

- 1 ソフトウェア：操作が簡単なiOSアプリ
- 2 特許：数値算出方法に関するプログラム等10種類
- 3 アップデート：収集データを分析

- 専門家に限らず扱える
- 専門使用に耐える精度



### 使い方・使用手順

- 1 AYUMI EYEアプリを開き、歩行者を選択
- 2 モジュールとiOS機器をBluetooth接続
- 3 歩行の開始・終了に合わせて、スタート・ストップをタップ  
※加速期・減速期を除いた6~10mの定常歩行を測定
- 4 測定データは自動で、クラウドサーバへ保存
- 5 取得データを自動解析・数値化  
※プリンタと接続されている環境下では、その場で出力が可能



アルゴリズム

歩行時の前後左右上下方向加速度を用いて踵接地の瞬間や左右等を規定

※加速度：1秒間に变化する速度の变化量（1秒間にどれだけ速く（遅く）なったか）  
→勢いの良さ



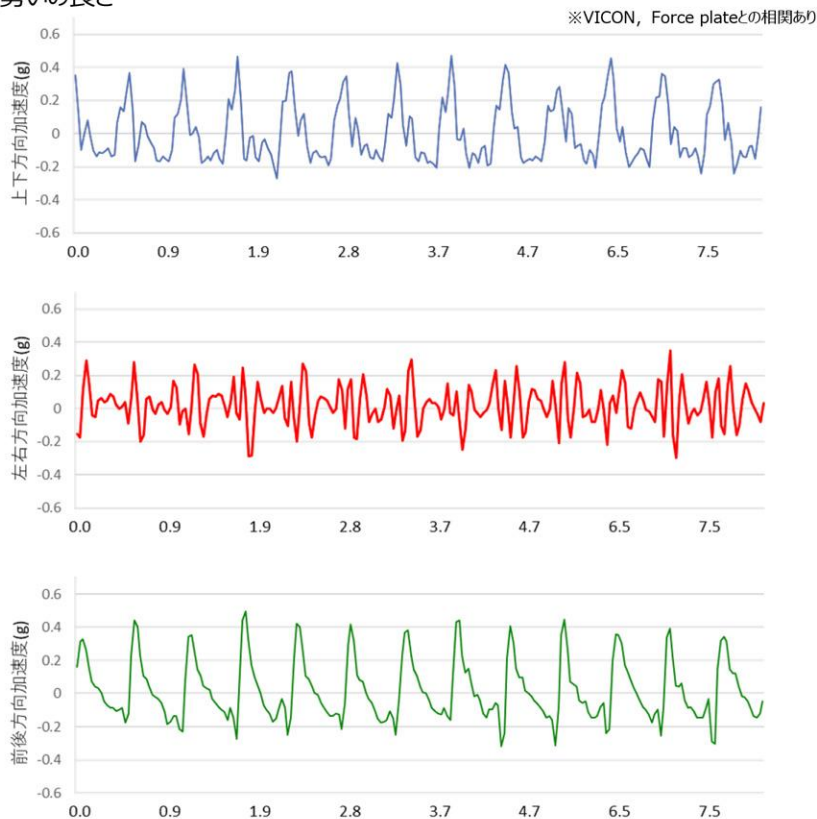
上下前後左右への  
自然な小さな揺れ

スムーズな前進の源

“一般的に歩く時  
加速度はこうなる”  
という現象に則って  
比較計算し特徴を抽出



各被験者はどのような加速度の特徴を持っているか



歩行解析

機器

解析・解釈

分析項目

各種デバイス

従来

高額/熟練を要す/場所限定

時間がかかる/難解/専門性

多岐/汎用性高い

AYUMI EYE

AYUMI EYE

評価項目は  
簡略化

安価/簡便/場所自由

即時/容易/誰でも

限定的/汎用性制限



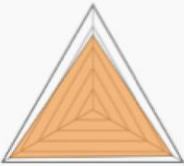
歩み 太郎 様 男性 30 歳

歩行測定結果

今回の総合評価点数は 77 点です。

総合評価

推進力 71



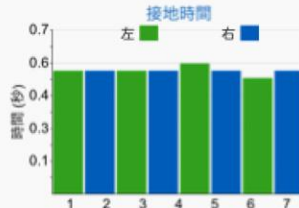
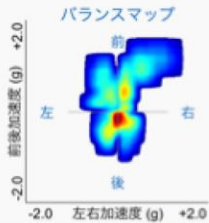
バランス 92    リズム 88

- 推進力: 前に進む力 (勢いの良さ) を評価しています。
- バランス: 身体の動揺性 (RMS) を評価しています。
- リズム: 歩行の規則性を評価しています。

トレンド評価

日付	20/09/15	20/09/15		
測定歩行距離 (m)	10.0	10.0		
測定歩行時間 (秒)	9.63	6.66		
<b>総合評価点数</b>	<b>58</b>	<b>77</b>		
推進力 (点)	46	71		
歩行速度 (m/s)	1.04	1.50		
歩幅 (cm)	68.3	86.3		
ダイナミズム (g)	0.175	0.292		
バランス (点)	90	92		
RMS	1.463	1.056		
リズム (点)	85	88		
歩行周期ばらつき (秒)	0.028	0.024		

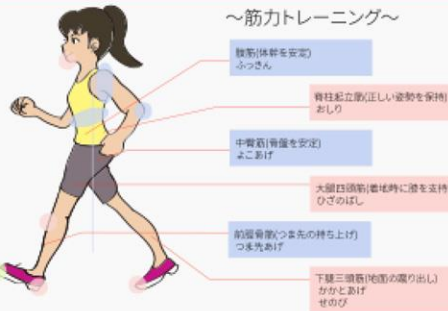
詳細評価



歩行姿勢のポイント・トレーニングメニュー

理想の歩行姿勢 ~やや早く歩くことを意識~

<b>推進力</b>
頭の揺れを小さくしアゴを引いて前方を見る
膝を前に向けて伸ばす
かかとから着地し親指つけ指で蹴る
<b>バランス</b>
肩の力を抜いて水平に開きわきを閉める
腹部を引き締め背筋を伸ばし腰を立てて回旋する
ヒジを軽く曲げ後方に深く引く
<b>リズム</b>
つま先を前に向けて上げる
足運び左右差を小さく歩幅を狭くする



歩行能力を数値化

推進力・バランス・リズム(点)

歩行速度(m/秒)・歩幅(cm)

ダイナミズム (g)

RMS (1/m) ・歩行周期ばらつき(秒)

※RMS = 身体の揺れの程度

歩行状態をマッピング・グラフ表示

歩き方の傾向・クセをマップ化

左右の接地時間をグラフ表示

弱点・課題に対するソリューションを提案

改善に向けた、おすすめ運動メニュー

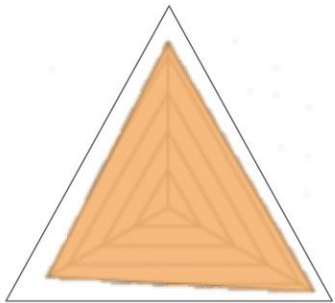
運動メニューは、動画・ガイドブックで提供

総合点数

総合評価点数 (点)

0-100

推進力



バランス

リズム

要素点数

推進力 (点)

70%

前に進む力

0-100

バランス (点)

15%

空間的安定性

0-100

リズム (点)

15%

時間的安定性

0-100

パラメータ

歩行速度 (m/s)

歩く速さ

歩幅 (cm)

1歩の大きさ

ダイナミズム (g)

上下加速度標準偏差

前方への広がりがあるか

RMS (1/m)

Root Mean Square : 動揺性  
身体の揺れ

速度を伴わない広がりがいいか

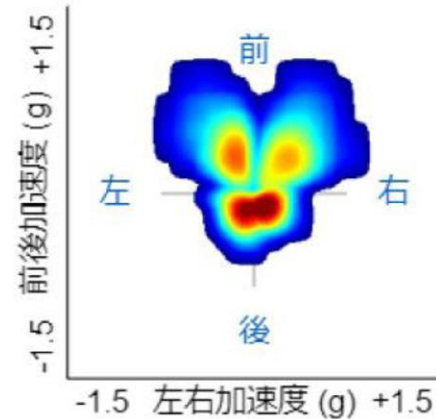
歩行周期ばらつき (秒)

規則性 : 1歩行周期時間の標準偏差

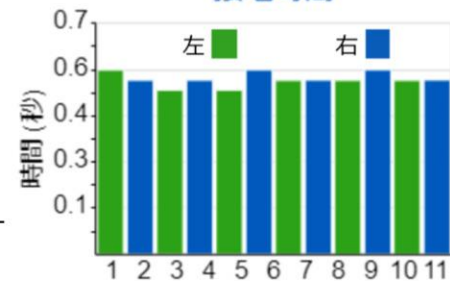
青緑各1本1セット間の差

グラフ

バランスマップ



接地時間

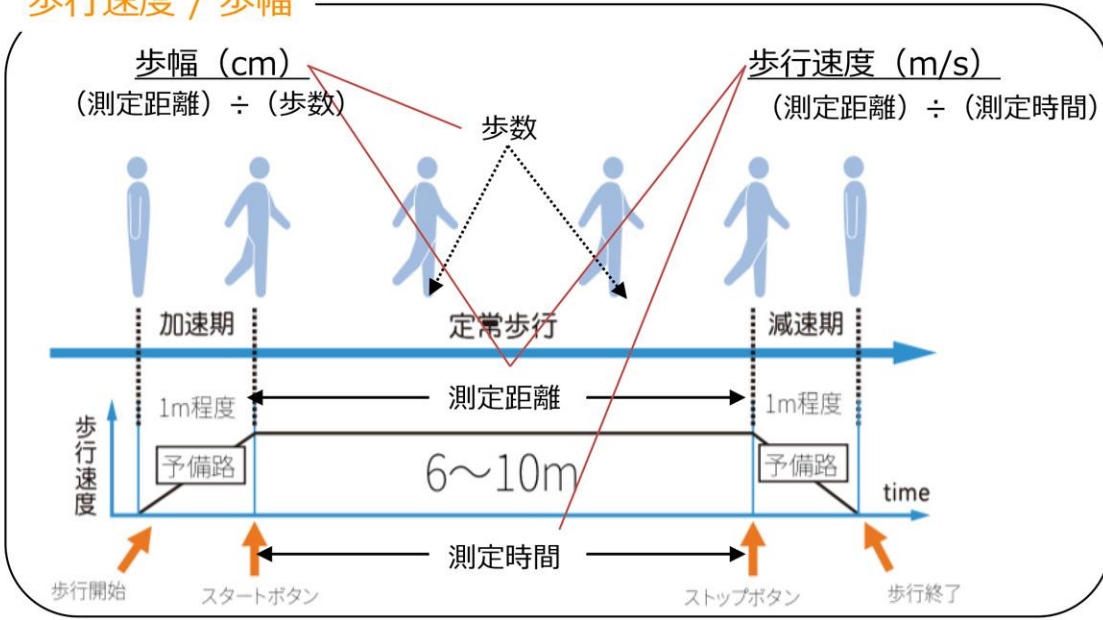


AYUMiEYE が

高く評価する歩行

- 速く大股でダイナミック
- 身体の動揺が少ない
- 規則性がある

歩行速度 / 歩幅



ダイナミズム

歩行の快活さ

大きい方がダイナミックな歩行

速く歩ける人ほど大きくなる傾向

上下加速度標準偏差

$$(参考) S_{ax} = \left( \frac{1}{T} \sum_{i=1}^T (a_i - \bar{a})^2 \right)^{\frac{1}{2}} [g]$$

歩行全データにおける上下加速度の平均値

歩行全データにおける上下加速度の各値

■ 加速度の波形の広がりを算出

RMS 歩行時の身体の揺れの程度

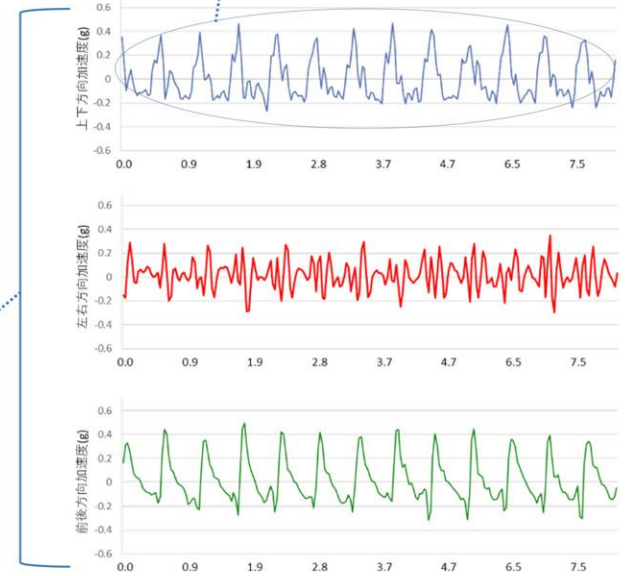
動揺の程度が小さい方がバランスが良い

速く歩けば、加速度が大きくなることを考慮

$$(参考) RMS\{a_{x,z}(t)\} = \left( \frac{1}{T} \int_t^{t+T} a_{x,z}^2(t) dt \right)^{\frac{1}{2}} \div v^2 [1/m]$$

3軸それぞれのRMS      3軸それぞれの加速度      歩行速度

■ 3軸それぞれのRMSを求め、それらの平均値を代表値として採用



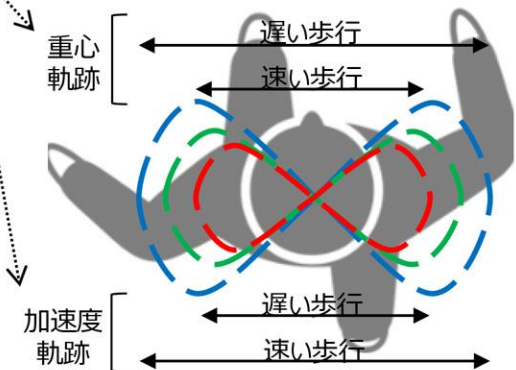


## バランスマップ

前後・左右加速度データの2次元等高線

身体重心の水平面の軌跡：8の字（無限大マーク）を描く

厳密には加速度軌跡と同一ではないが相関する

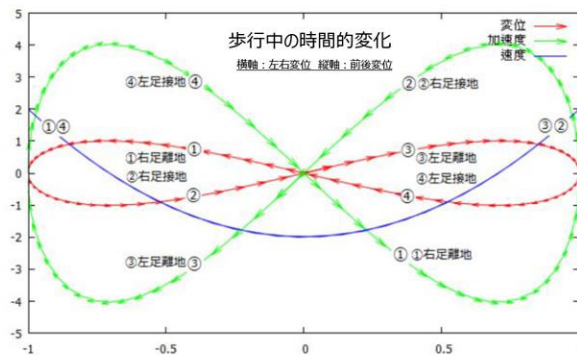


例えば... 高齢者の特徴



歩行速度：低下  
重心軌跡：拡大  
加速度軌跡：縮小

これが反映されると...



歩行周期と加速度軌跡

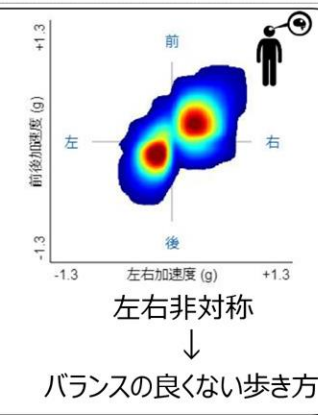
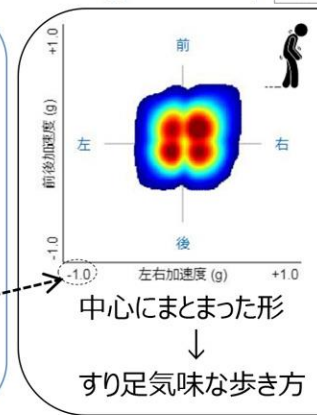
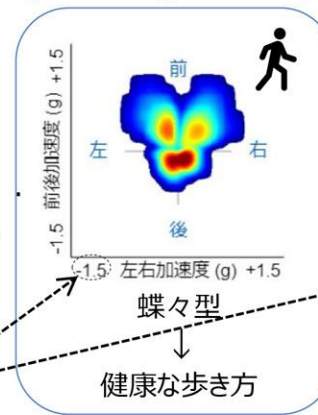
- ①で右足を前に振り出すと体は左へ傾く。この時加速度は前後方向で減速。
- 最も左に傾いた後②で右足を接地。この時加速度は前後方向で加速。
- 重心変位・加速度ともに原点（静止状態）を最高速度で通過後③で左足を振り出す。
- 最も右に傾いた後、④で左足を接地。
- 再び最高速度で原点を通過後、①に戻って右足を振り出す。

※参考

変位  $\xrightarrow{2\text{階微分}}$  加速度

$$\begin{matrix} y(t) = \sin t \\ x(t) = \sin(2t) \end{matrix} \left\langle \begin{matrix} \text{原点对称} \\ \text{原点对称} \end{matrix} \right\rangle \begin{matrix} a_y(t) = -\sin t \\ a_x(t) = -4\sin(2t) \end{matrix}$$

全体の形状：力が発生した方向  
色が赤い：力が加わる時間が長い

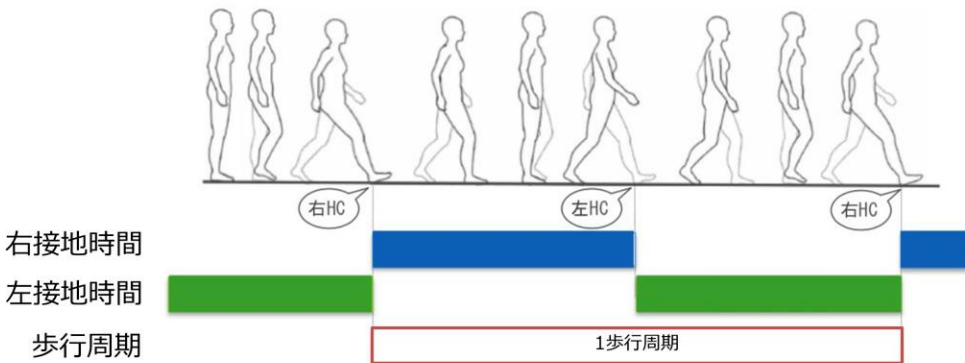


## 接地時間

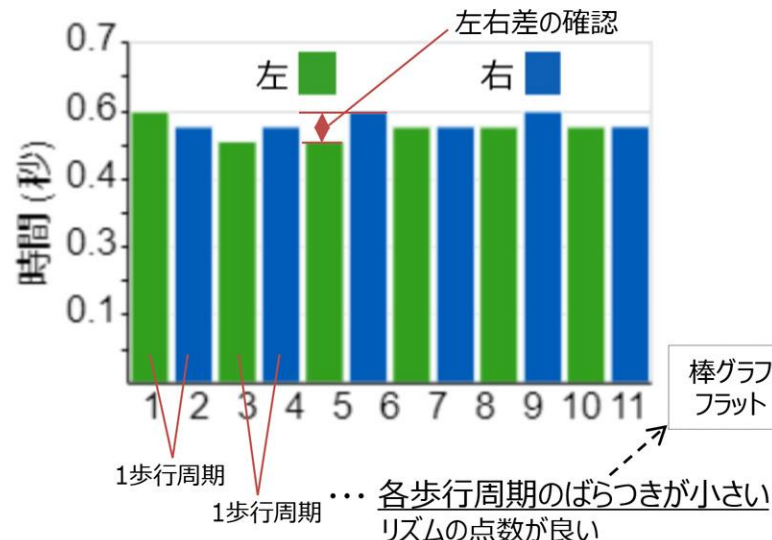
左右の接地時間の棒グラフ化

AYUMI EYEの1歩の定義

※HC: Heel Contact (踵接地) ≡ IC



※両脚支持/単脚支持の判別はしない



# 健常成人のモデル点数（最大速度条件・快適条件）

年代	総合評価点数				推進力				バランス				リズム			
	最大速度歩行		快適歩行		最大速度歩行		快適歩行		最大速度歩行		快適歩行		最大速度歩行		快適歩行	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
20	83	84	71	74	78	78	62	65	97	97	94	94	95	95	95	95
30	82	82	70	73	77	78	60	64	95	95	92	92	92	92	92	92
40	81	81	69	69	77	77	60	61	93	93	90	90	89	89	89	89
50	80	80	64	67	76	76	54	59	91	91	88	88	86	86	86	86
80	70	70	55	55	65	65	45	46	85	85	82	82	77	77	75	75
90	67	65	53	52	62	59	43	42	83	83	80	80	74	74	71	71
100	63	61	50	48	58	54	40	38	81	81	78	78	71	71	68	68

要素点数	パラメータ	要素点数算出基準		基準値（先行研究・自験データ）		
		100点	20点	若年者	高齢者	
推進力（点）	歩行速度（m/s）	M	1.96	0.39	2.04±0.34	1.12±0.25
		F	1.64	0.33	男女合算のため参考	
	歩幅（cm）	M	110	22	86.42±6.7	58.87±11.49
		F	100	20	一般的指標：身長×0.4-0.5cm	
バランス（点）	RMS（1/m）	0	4.50	1.21±0.29	2.79±4.32	
				逆に重心移動は高齢者ほど小さくなる		
リズム（点）	歩行周期ばらつき（秒）	0	0.16	0.03±0.02	0.06±0.02	
				大きいと転倒リスク高い		



(自験データ)

推進力				バランス				リズム			
	$\beta$	t-value	p-value		$\beta$	t-value	p-value		$\beta$	t-value	p-value
OLS	0.54	8.19	p<0.001	BBS	0.45	4.15	p<0.001	FRT	0.31	2.89	p<0.005
10mWT	-0.44	6.75	p<0.001	10mWT	-0.44	4.14	p<0.001				
Analysis of variance		p<0.001		Analysis of variance		p<0.001		Analysis of variance		p<0.01	
R <sup>2</sup>		0.79		R <sup>2</sup>		0.73		R <sup>2</sup>		0.39	

OLS : 片脚立位  
 Functional Reach Test (FRT)  
 Berg Balance Scale (BBS)  
 10 m walking time

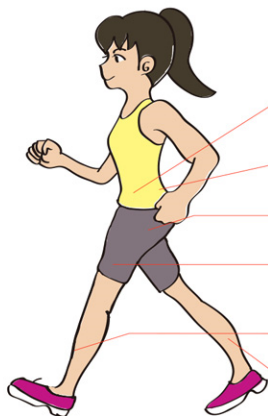
標準偏回帰係数 (標準化係数 $\beta$ ) : 重回帰式における各変数の重要性を表す指標. 大きい方が, 目的変数に与える影響が大きい  
 説明変数および目的変数をそれぞれ標準化した値から算出される偏回帰係数  
 t値 : 平均値の差/ $\sqrt{\text{分散}/\text{サンプルサイズ}}$  t値が大きければデータの平均値が異なるといえる条件を満たす  
 tが大きいとpが小さくなり, p値が0.05を下回るくらい小さければ, t値は十分大きいといえる  
 p値 : 有意確率 pはtの関数 p=「本質的な差がないのに, 偶然にだけの差が出る」確率  
 Analysis of variance : 分散分析  
 R<sup>2</sup> : 「決定係数」当てはまりの良さ. 0~1 で1 に近いほど当てはまりが良い

# 弱点・課題に対するソリューションを提案

## 歩行姿勢のポイント・トレーニングメニュー

理想の歩行姿勢 ~やや早く歩くことを意識~

<b>推進力</b>
頭の揺れを小さくしアゴを引いて前方を見る
膝を前に向けて伸ばす
かかとから着地し親指つけ根で蹴る
<b>バランス</b>
肩の力を抜いて水平に開きわきを閉める
腹部を引き締め背筋を伸ばし腰を立てて回旋する
ヒジを軽く曲げ後方に深く引く
<b>リズム</b>
つま先を前に向け上げる
足運び左右差を小さく歩隔を狭くする



~筋力トレーニング~

- 腹筋(体幹を安定) ふっさん
- 脊柱起立筋(正しい姿勢を保持) おしり
- 中臀筋(骨盤を安定) よこあげ
- 大腿四頭筋(着地時に膝を支持) ひざのばし
- 前脛骨筋(つま先の持ち上げ) つま先あげ
- 下腿三頭筋(地面の蹴り出し) かかとあげ せのび

- > 計測結果に関わらず一定の表を導出
- > 評価結果と照らし合わせて判断
- > 動画・ガイドブックで提供



### 低下リスク

総合評価点数

包括的歩行能力低下あり  
推進力・バランス・リズムを確認

推進力

信号が渡れない (1m/s) 加齢により低下しやすい  
サルコペニア判定 (0.8m/s) 感覚運動機能を反映

バランス

ふらつきが大きくエネルギー効率が悪い  
包括的なバランス機能低下あり推進力にも影響

リズム

動的な姿勢コントロール能力の低下あり  
転倒リスクが高まる可能性

### 改善ポイント

推進力・バランス・リズムのどの要素が特に落ちているかを見極めて対応

頭の揺れを小さくし、顎を引いて前方を見る  
膝を開かずに伸ばして踵から着地し、母指球で蹴る

腹部を引き締めて背筋を伸ばし、腰を立てて回旋させる  
肩を水平に開き脇を閉め、肘を軽く曲げ後方に深く引く

足運び左右差を小さく歩隔を狭く、爪先や膝を前に向ける  
爪先を上げる (転倒予防)

preprints.org > doi: 10.20944/preprints202012.0336.v1

Preprint Article Version 1 Preserved in Portico This version is not peer-reviewed

# Comparison of Gait Analysis Between a Triaxial Accelerometer-Based Device and an Optical Motion Capture System

Taisuke Ito \* and Yuichi Ota

Version 1 : Received: 11 December 2020 / Approved: 14 December 2020 / Online: 14 December 2020 (13:22:52 CET)

**How to cite:** Ito, T.; Ota, Y. Comparison of Gait Analysis Between a Triaxial Accelerometer-Based Device and an Optical Motion Capture System. *Preprints* 2020, 2020120336 (doi: 10.20944/preprints202012.0336.v1).

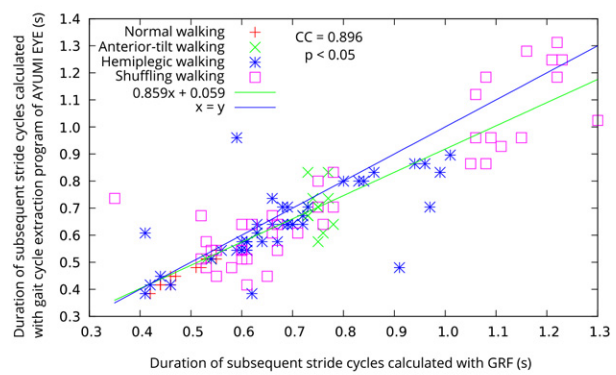
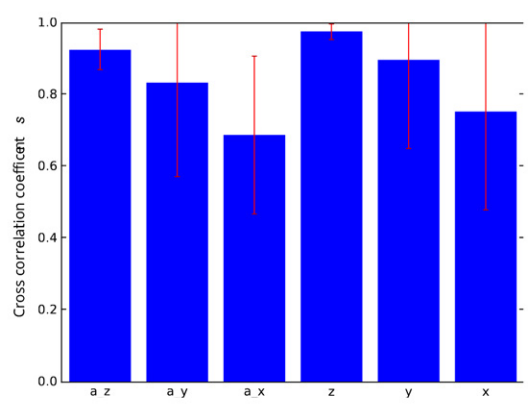
## Abstract

AYUMI EYE is an accelerometer-based gait analysis device that measures the 3D accelerations of the human trunk. This study investigated the measurement accuracy of the AYUMI EYE as hardware as well as the accuracy of the gait cycle extraction program via simultaneous measurements using AYUMI EYE, a ground reaction force (GRF), and an optical motion capture system called VICON. The study was conducted with four healthy individuals as participants. The gait data were obtained by simulating four different patterns for three trials each: normal walking, anterior-tilt walking, hemiplegic walking, and shuffling walking. The AYUMI EYE and VICON showed good agreement for both the acceleration and displacement data. The durations of subsequent stride cycles calculated using the AYUMI EYE and GRF were in good agreement based on the calculated cross-correlation coefficients (CCs) with an r value of 0.896 and p-value less than 0.05, and their accuracies for these results were sufficient.

## Subject Areas

AYUMI EYE; acceleration sensor; gait analysis; optical sensor

**Copyright:** This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License](#) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.



(原 著)



# 歩行解析デバイス AYUMI EYE の 再現性の検討 Reproducibility of AYUMI EYE as an evaluation system for walking ability

伊藤 太祐

株式会社早稲田エルダリーヘルス事業団  
AYUMI EYE 事業部 マネージャー / 理学療法士

Taisuke Ito

Waseda Elderly Health Association Co., Ltd.

キーワード：AYUMI EYE, 加速度計, 歩行解析, 再現性



図1 AYUMI EYEの基本構成



図2 被験者への装着部位

表1 測定値の再現性

	1回目	2回目	p値	ICC
平均歩行速度 (m/s)	1.56±0.34	1.57±0.35	0.64	0.960
平均歩幅 (cm)	77.48±9.82	77.13±9.80	0.14	0.930
RMS (1/m)	1.58±0.33	1.60±0.35	0.03	0.368
歩行周期 (秒)	0.99±0.12	0.99±0.11	0.53	0.862
歩行周期ばらつき (秒)	0.033±0.024	0.031±0.019	0.22	0.266

平均±標準偏差, ICC=Intraclass correlation coefficient, RMS=Root Mean Square





臨床現場に定量的な歩行評価を

歩行解析デバイスAYUMI EYE medical

一般的名称：歩行分析計（JMDNコード：35757000）

販売名：歩行解析デバイスAYUMI EYE medical

種別：機械器具（24）

医療機器分類：一般医療機器

製造販売届出番号：20B3X10015000001



パラメータ算出アルゴリズム等は非医療機器と同様



歩行分析検査と診療報酬について

総合リハ（2007.12）：35巻12号；1505-1507

どの検査を算定できるのか？

医科診療報酬点数表

第2章 特掲診療料 第3部 検査

第3節 生体検査料（耳鼻咽喉科学的検査）



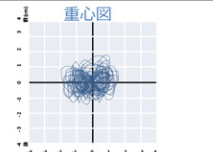
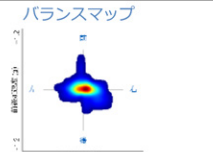
D250 平衡機能検査

- 1 標準検査(一連につき)
- 2 刺激又は負荷を加える特殊検査(1種目につき)
- 3 頭位及び頭位変換眼振検査
  - イ 赤外線CCDカメラ等による場合
  - ロ その他の場合
- 4 電気眼振図(誘導数にかかわらず一連につき)
  - イ 皿電極により4誘導以上の記録を行った場合
  - ロ その他の場合
- 5 重心動揺計, 下肢加重検査, フォースプレート分析, **動作分析検査**

動作分析検査とは？ 250点

- **歩行分析**を目的に実施が可能
- 条件：医学的に必要であること（**医師の判断**），薬事法の範囲内
- 耳鼻咽喉科学的疾患のみならず，リハビリテーションの対象疾患，整形外科的疾患，脳血管系疾患，脳外科学的疾患，神経内科学的疾患など，**その他疾患にも適応可**
- 適用疾患：めまい等以外に，**明確な指定がなされていない**
- 平衡機能障害以外の検査とし実施可：**標準検査の実施不要**
- **急性期，一般病床，非DPC**であれば算定可
- **レセプト機関に医学的に認められるか**，審査を担当する先生の判断に依存する可能性
- 算定実績例：<https://ayumieye.com/medical-fees-case/>

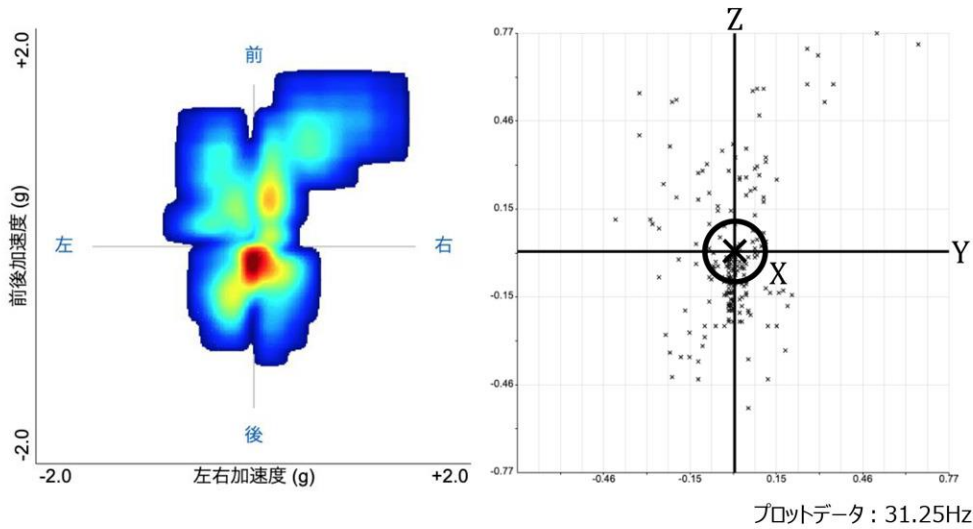
※ 静止立位・階段昇降など歩行以外の重心動揺評価も可（算定は不可）

	重心動揺計 	AYUMI EYE medical 
重心動揺の計測の仕方	垂直荷重の作用中心点（足圧中心）	第三腰椎付近の加速度（重心近傍）
検査項目	静的体平衡検査（重心動揺検査）	静的体平衡検査（重心動揺検査） 動的体平衡検査（歩行検査）
ビジュアル	足圧中心の軌跡をリサーチ曲線で表現	水平面の加速度データの2次元等高線で表現
		

バランスマップの定量化機能

加速度プロットデータを用いて各種パラメータを算出

加速度の広がりやx,y,z方向に詳細に把握可能



算出式

$$RMS\{a_{x\sim z}(t)\} = \left( \frac{1}{T} \int_t^{t+T} a_{x\sim z}^2(t) dt \right)^{\frac{1}{2}} \quad [1/m]$$

$$Norm(XY) = \left( \int_t^{t+T} (ax^2 + ay^2)^{\frac{1}{2}}(t) dt \right) \quad [g]$$

$$X = \left( \int_t^{t+T} (ax^2)^{\frac{1}{2}}(t) dt \right) \quad [g]$$

$$Y = \left( \int_t^{t+T} (ay^2)^{\frac{1}{2}}(t) dt \right) \quad [g]$$

$$Z = \left( \int_t^{t+T} (az^2)^{\frac{1}{2}}(t) dt \right) \quad [g]$$

	X軸(上下)	Y軸(左右)	Z軸(前後)
RMS	1.323	0.6001	1.2456
RMS平均	1.056		

	2象限 (左上)	1象限 (右上)	3象限 (左下)	4象限 (右下)
ノルム: 全象限 合計	43.3290			
ノルム: 全象限 平均	0.2199			
ノルム: 全象限 標準偏差	0.2119			
ノルム: 象限別 合計	11.18	22.29	4.67	5.19
ノルム: 象限別 平均	0.27	0.25	0.16	0.14
ノルム: 象限別 標準偏差	0.20	0.26	0.11	0.10
X軸値: 全象限 合計	50.3745			
X軸値: 全象限 平均	0.2557			
X軸値: 全象限 標準偏差	0.1414			
X軸値: 象限別 合計	11.63	24.41	6.51	7.82
X軸値: 象限別 平均	0.28	0.28	0.22	0.21
X軸値: 象限別 標準偏差	0.30	0.32	0.25	0.22
Y軸値: 全象限 合計	16.8800			
Y軸値: 全象限 平均	0.0857			
Y軸値: 全象限 標準偏差	0.1012			
Y軸値: 象限別 合計	4.89	7.26	1.94	2.79
Y軸値: 象限別 平均	0.12	0.08	0.07	0.07
Y軸値: 象限別 標準偏差	0.11	0.11	0.08	0.07
Z軸値: 全象限 合計	37.5120			
Z軸値: 全象限 平均	0.1904			
Z軸値: 全象限 標準偏差	0.1986			



お問い合わせ先

[info@n-nml.com](mailto:info@n-nml.com)

株式会社ニューノーマル  
(京の器 提携先・  
AYUMIEYE代理店)