

歩く姿でボケを計る

熊本大学・半導体・デジタル研究教育機構
化血研寄付講座
特任教授 中村振一郎

従来技術～発端～

一般医療機器

歩行分析計 MG-M1100

MG-M1100は歩行又は歩行パターンを試験する装置です。ゲイト君[®]で計測し、そのデータをゲイトビュー[®]で解析して、歩行や歩行に関連した問題の診断支援に使用します。

この

加速度センサーを用いた歩行解析

日常行動に伴って発生する様々な加速度波形の中から、歩行動作に特徴的なパターンを見つけ出して詳細に解析することで、歩行周期や歩行動作の力強さを評価することができます。

非侵襲で高精度長時間測定

24時間以上(フル充電時)の測定が可能

ゲイト君



取付け例



見守リゲイト



2011年5月16日

「見守リゲイト」デバイスを一般医療機器として申請し製造しました。

(三菱ケミカル社・広報から許可をえて引用)

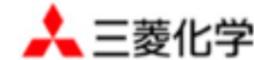
問題点

パーキンソン病に限定されていた！
→ 今回広くMCI 全体へ向かう！

信号処理 製品化

歩行リズムでQOL評価

日常行動解析サービス事業「見守りゲイト」を開始



三菱化学株式会社は、高感度センサーで収集した日常行動における歩行等の各種生体リズムを、当社独自の高度解析技術でデータ解析することにより、被験者のQOL (Quality of Life=生活の質) を評価する「日常行動解析サービス事業『見守りゲイト』」を2009年10月より開始いたします。

本解析技術は、東京医科大学・三苫博教授を中心としたワーキンググループの検討により、パーキンソン病患者のQOL管理に有用であることが見出されつつあります。 ゲイト (Gait): 歩行・歩様を意味します。

大勢が苦しんでいるにもかかわらず、QOL評価が困難なパーキンソン病

パーキンソン病 ※1 は動作が緩慢になり、動けなくなる神経難病で、主に50歳以降に発病し、日本全国に約14万人（2002年厚生労働省推計）もの患者が存在しています。高齢になるほど罹患率は高く、65歳以上の0.5～1%の人がパーキンソン病に苦しんでいます。

しかしながら、パーキンソン病のQOL評価は主に各種症状の問診で診断するほか無く、定量的なデータで直截的・客観的に評価ができる新たな方法が強く望まれていました。

MCI (Mild Cognitive Impairment、軽度認知障害) これまでの数値化・現状

まだ「数値」で完全に表すことができない、スクリーニング検査や
神経心理学的検査によりある程度の定量化が可能である。

代表例：

- MMSE (Mini-Mental State Examination)

30点満点で24点以下だと認知症を疑いますが、MCIでは26～28点でも微妙な低下がある。

- MoCA (Montreal Cognitive Assessment)

MCIの検出に優れているとされ、30点満点で26点未満がカットオフ。

- ADAS-Cog (Alzheimer's Disease Assessment Scale - Cognitive Subscale)

臨床試験でよく使われる詳細な検査。

- CDR (Clinical Dementia Rating)

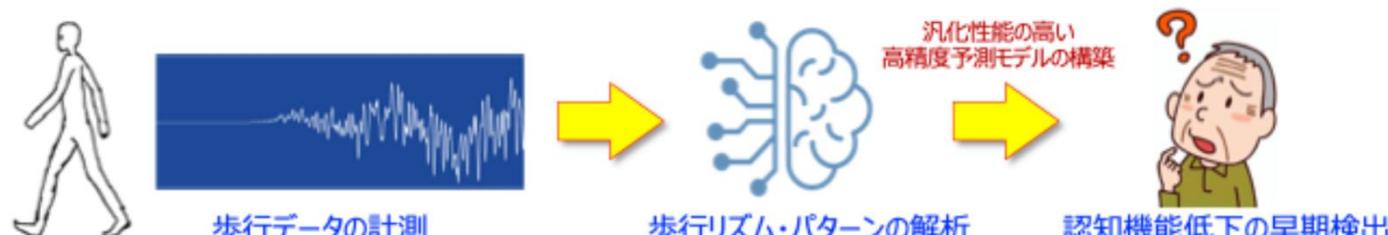
0.5がMCIに相当する。

数値化が課題であった！！

MRIによる海馬体積の萎縮や、脳脊髄液・PETによるアミロイド β やタウタンパクのバイオマーカーも補助的に使われる。

権利化申請に至るまでのプロジェクト概要

- 歩行パターンの特徴を詳しく調べることによって、自動車運転機能に影響を及ぼす潜在的な神経系の機能低下や機能障害の早期発見を目的とする。
- 近年、人工知能(AI)技術は、機械学習とディープラーニング技術の向上と実用化によって、目覚ましい進化を遂げ、様々な分野で実装されつつある。
- 本プロジェクトでは、高齢者の歩行信号解析の実例を通じて、機械学習による認知機能の解析モデルの社会実装を試みた。



研究体制 :

KDS熊本ドライビングスクール・熊本南部広域病院・熊本保健科学大・熊本大

新技術の特徴・従来技術との比較

アラン分散を歩行に活用、これが差別化の特徴です。

1/f (フリッカー)、ホワイト、ドリフト
3つのノイズを区別します。

それが軽度認知症MCIを炙り出し初めて数値化できました。

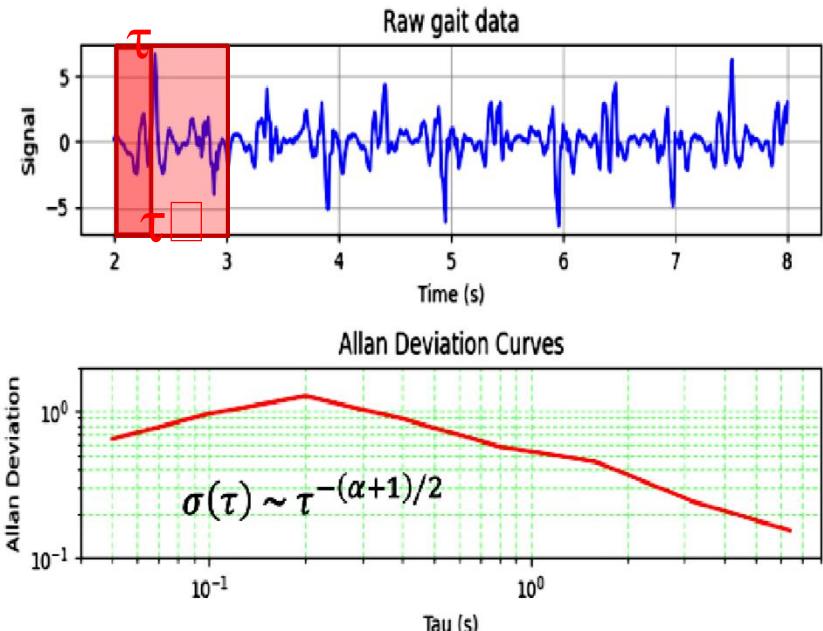
つまり予兆をつかみ、早期改善の手掛けかりを与えます。

精密計測器の周波数安定性などの測定に使われるアラン分散を
人体の動きに適用するのは全く新規です。

→ 医療機器として展開 !!

統計解析: アラン分散

Allan deviation calculation:



アラン分散は観測時間 τ に依存する。 τ が長くなると、ノイズが平均化されるためアラン偏差は低下する。

アラン偏差測定は、与えられた時間間隔における信号の周波数変動を統計的分布で見ることによって記述するものである。

アラン分散 (Allan variance) :

- 隣接する2つ測定値の差の統計的分散
- 標本ペアの平均二乗誤差 (2サンプル分散)

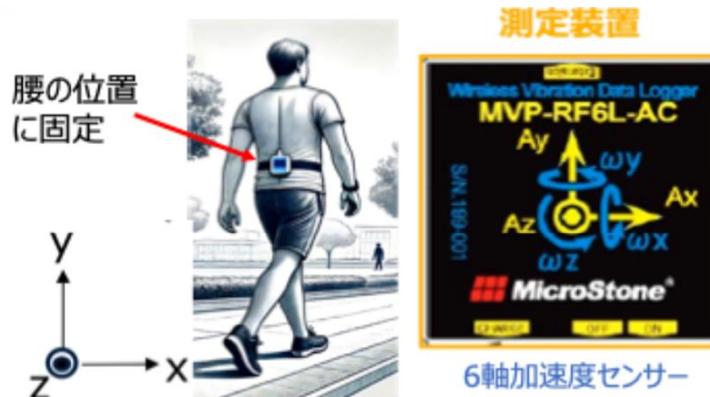
$$\sigma_y^2(\tau) \cong \frac{1}{2(N-1)} \sum_{k=1}^{N-1} (f_{k+1} - f_k)^2$$

$f_k, f_{k+1} = k^{\text{th}}$, and $(k+1)^{\text{th}}$ relative frequency
fluctuations average over the integration time τ
 N = Number of measurements
 τ = Averaging time (Gate Time, Sampling Interval)

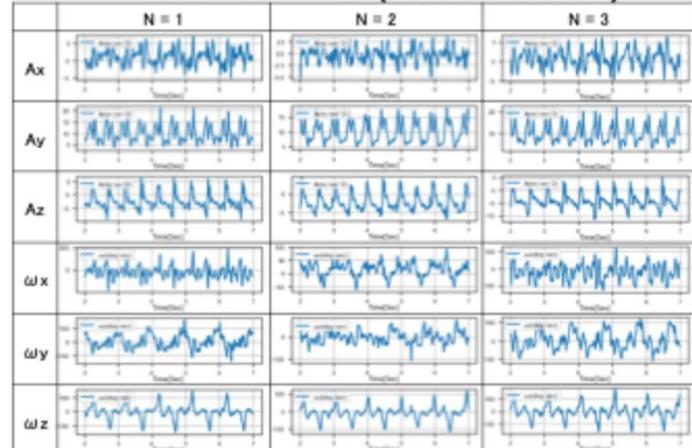
アラン偏差 (Allan deviation) :

$$\sigma_y(\tau) = \sqrt{\sigma_y^2(\tau)}$$

測定装置とデータ収集



Raw Dataの一例 (各被験者3回計測)



歩行信号の計測方法 :

- ◆ 6軸加速度計を腰の位置に装着
- ◆ 10秒間の直線歩行を測定
- ◆ 信号サンプリング周期: 10 msec
(サンプリング周波数 100 Hz)
- ◆ 各被験者に3回の計測を実施
(病院: n=23; KDS: n=52)

ミニメンタルステート検査(MMSE) :

- ✓ 実施時間 : 10~15分程度
- ✓ 評価項目 : 見当識、計算力、図形の描写力など全11問
- ✓ 採点基準 : 30点満点中、23点以下
→ 認知症の疑い、23~27点 → 軽度認知障害 (MCI) の疑い

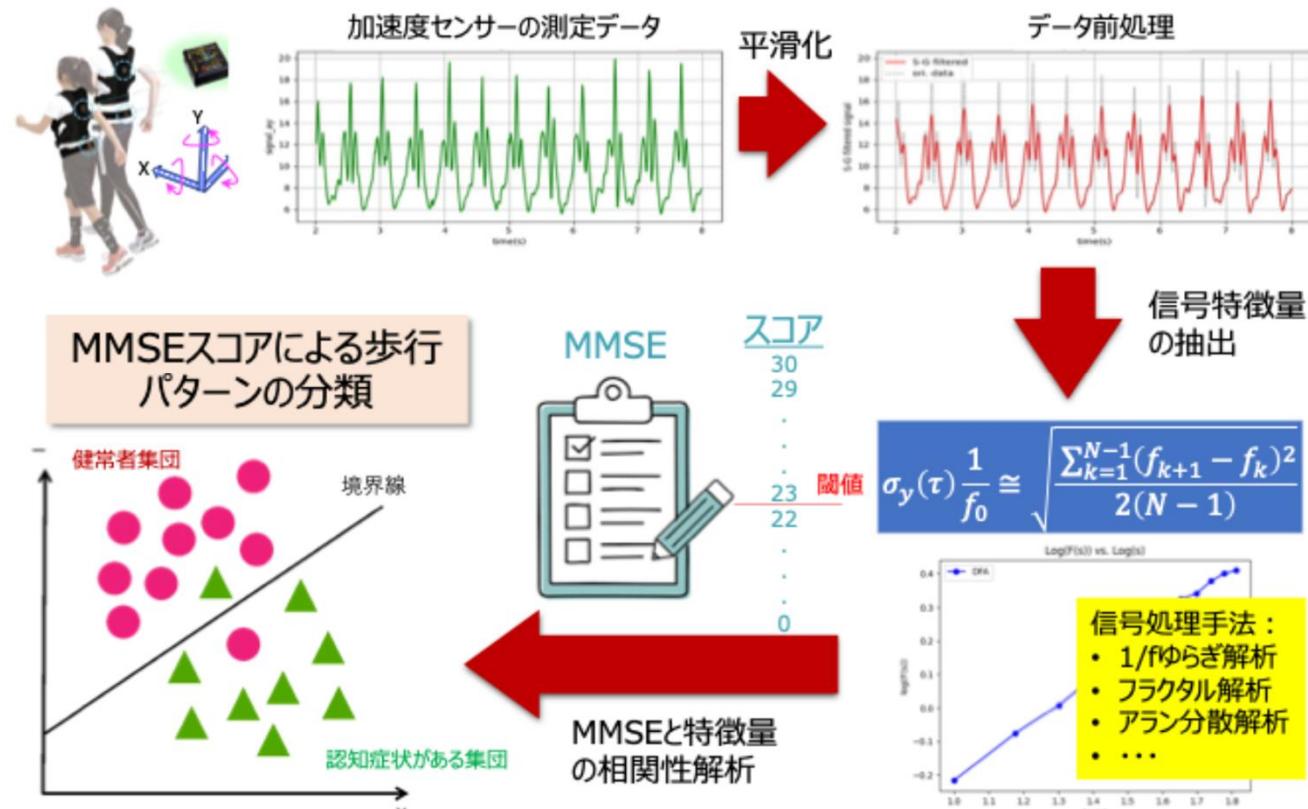
その他 :

- BMIや握力など様々なインボディ測定

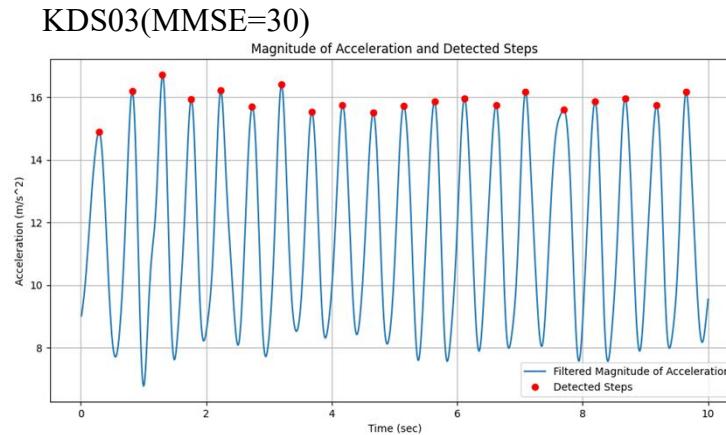
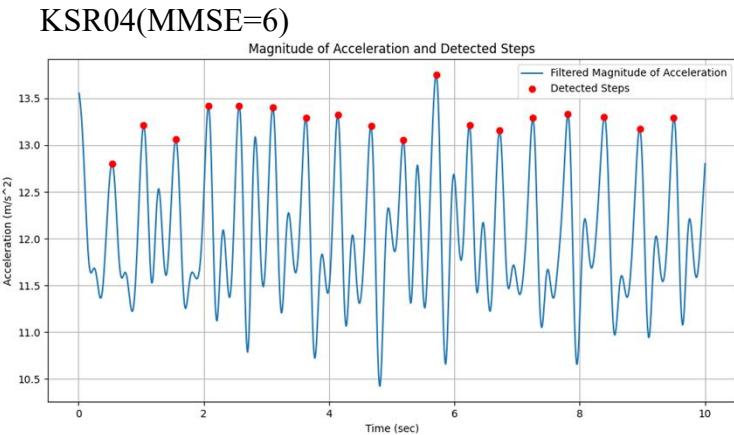


Priority Organization for Innovation & Excellence
Laboratory for Data Sciences
Nakamura Lab.

解析のイメージ図



出力結果のイメージ図

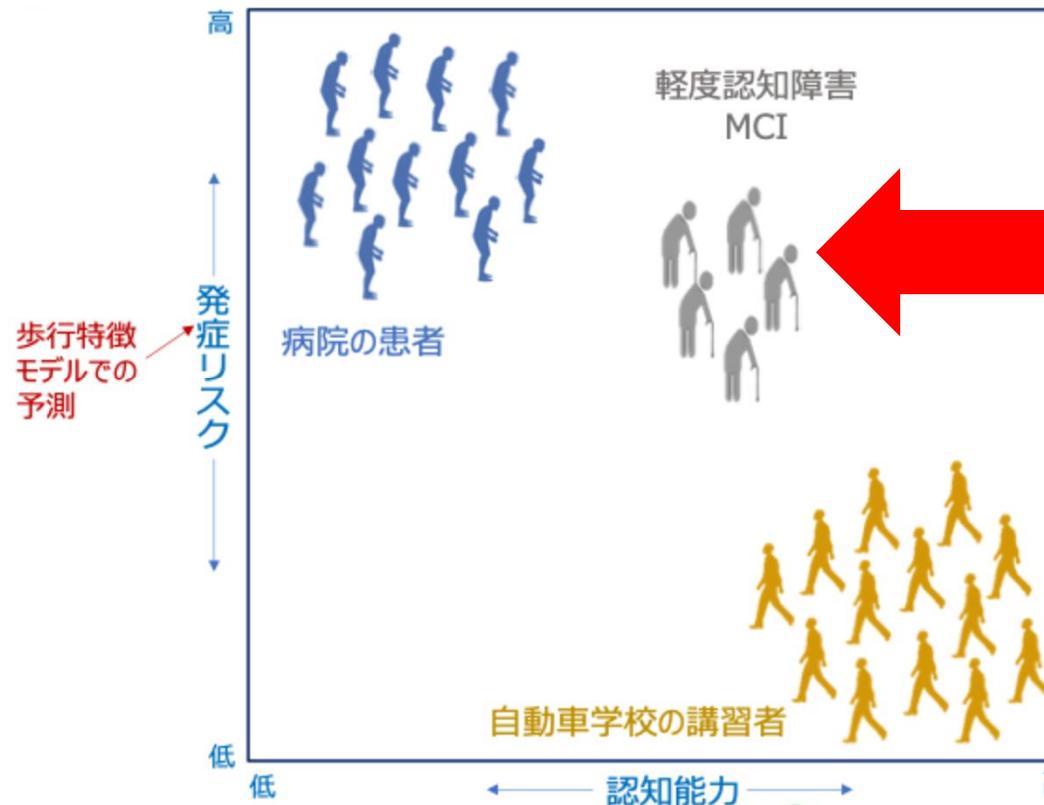


KSR data	count	mean	std
Stride Time (sec)	23	0.5185	0.0502
Step Time (sec)	23	0.5206	0.0478
Single Support Time (sec)	23	0.3123	0.0287
Swing Time (sec)	23	0.2082	0.0191
Double Support Time (sec)	23	0.0521	0.0048
Stance Time (sec)	23	0.3123	0.0287
Stride Length (m)	23	0.96	2.27E-16
Step Length (m)	23	0.48	1.13E-16
Velocity (m/sec)	23	0.9309	0.0894
Cadence (steps/min)	23	109.9360	11.1453
Asymmetry	23	0.9842	0.0608

KDS data	count	mean	std
Stride Time (sec)	52	0.4884	0.0380
Step Time (sec)	52	0.4904	0.0358
Single Support Time (sec)	52	0.2942	0.0215
Swing Time (sec)	52	0.1962	0.0143
Double Support Time (sec)	52	0.0490	0.0036
Stance Time (sec)	52	0.2942	0.0215
Stride Length (m)	52	0.96	1.12E-16
Step Length (m)	52	0.48	5.61E-17
Velocity (m/sec)	52	0.9846	0.0761
Cadence (steps/min)	52	116.9068	9.4565
Asymmetry	52	0.9906	0.0666

男女、年齢、健康状況を問わず、歩幅を一律48cm(高齢者)に仮定

新技術の特徴・従来技術との比較



未踏領域！
今回この領域を
取り出すことに成功



Priority Organization for Innovation & Excellence
Laboratory for Data Sciences
Nakamura Lab.

新技術の秘める可能性

認知症（ソフトのバグ）と 歩行（ハードのパフォーマンス）
→ 心身相関を数値化するツールです。

健常人も、調子が悪い時と、良い時の差が歩行に出る筈です。
→ 実施例はこれからですが、、、

歩きの改善から生活（QOL）の改善へ
→ 日本古来の文化には在った？（茶道の所作、武芸のナンバ、、、、）

想定される用途

自動車学校主催による免許延伸・高齢者研修ツール
医療機器（歩行のバランス計測は既に保険点数がつく！活用）
行動変容のツール
研修会のツール
教育のツール
介護のツール
レクレーション・楽しさを数値化
癒しの機器

実用化に向けた課題

～10mの歩行で、認知症と健常者の間MCI状態を、数値化し特許出願までできた！

MCI状態の数値評価が可能であるから、デバイスとして医療現場に活用し、理学療法士、介入に携わる方々が医療機器ツールして社会実装するまでのデバイス化が課題である。

歩行バランス測定には既に保険点数がつく、活用方法が稀であった、このデバイスでビジネスになる。

行動変容・介入の最適化が課題である。

企業への期待

デバイス化技術を持つ企業との共同研究を希望。

「歩行で認知症を改善する可能性！」は医療行為に関わり新規・未踏である。よって膨大なニーズと莫大な波及効果が見込まれる。

未病医療へのチャレンジに果敢かつ大胆なイニシアチブを探る企業の参加を期待する。

社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装へ取り組みについて記載
基礎研究	認知症が歩行の信号で計測されるかどうか? ～データサイエンスによる検証～	社会に受け入れられつつあると看取
現在	MCI状態の数値化に成功（権利化申請中）	全く新規である
1年後	MCI状態を数値化する実例をさらに増やす 専用デバイスのコンセプト・プロトタイプ構築	デモンストレーション実施 デバイス化できる企業と連携開始
2～3年後	社会実装の本格実施 運転寿命延伸が実現した具体例蓄積	積極的にメディアにアピールする 活動規模を適正なレベルまで拡大する

产学連携の経歴

- 2022年-2024年 KDS熊本ドライビングスクール
南部広域病院・熊本保健科学大学
と熊大が共同研究実施

→ 今年度も研究継続

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 学習装置、分類装置、
被験者分類方法及びプログラム
- 出願番号 : 特願2025-106741
- 出願人 : 国立大学法人熊本大学 他3機関
- 発明者 : 中村振一郎、沈君偉、原田祐希、
他3名

お問い合わせ先

熊本大学

研究開発戦略本部 イノベーション推進部門

TEL 096-342-3145

e-mail liaison@jimu.Kumamoto-u.ac.jp