

運動センサを用いた歩行分析における 特徴量の可視化について

大同大学情報学部情報システム学科 木元大貴
指導教員 柴田慎一

目次

- 研究背景
- 研究目的
- 関連研究
- 提案手法
- 使用するデータ・歩行
- 実験概要・結果
- 考察
- まとめ

研究背景

ほぼ毎日人間は歩行を行っている
歩行は生活をしていくうえでとても大切な行動である。



人は歳をとると、歩行機能が低下する。
加齢に伴い、歩行の安定性は低下し
転倒発生要因の一つになるとされている。 [1]



[1]久保田雅史[他], "地域在住高齢者における歩行安定性と静的立位安定性との関連性", 2016.

研究背景

歩行能力の回復の一つとして、理学療法士によるリハビリがある



しかし

従来の歩行機能判定を行う際、一般的には理学療法士と呼ばれる医療従事者の視覚的な判定によるものが多い [2]



主観的な判断の判定には判定者の知見や経験則に基づくものが多いとされている。そのことから歩行能力の評価が曖昧になる。

[2]松本匡生, "ハイブリッドセンサを用いた歩行障害の回復評価システム実現のための基礎検討", 2011.

研究背景

客観的に判断することにより



- 歩行能力の定量化
- リハビリ患者へ最適なりハビリの実施
- 回復の過程が本人にもわかりやすくなる

研究目的

歩行状態を調べるには？



歩行分析を行う必要がある。



運動センサを用いて歩行分析を行う



歩行状態を可視化する

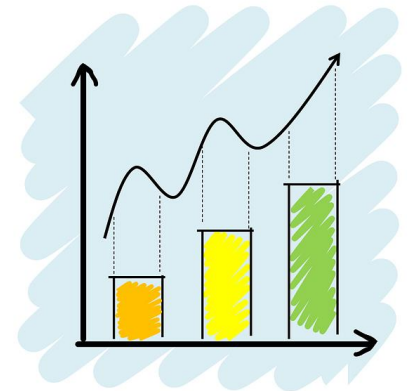


研究目的

日常生活の基礎である歩行を分析することで
不安定な歩行状態や転倒の危険性のある歩行を識別したい



加速度センサを用いて歩行分析しその特徴量を可視化する



関連研究

- 3軸加速度センサを用いた高齢者の歩行能力解析と最適化に関する考察[3]

加速度センサを用いた歩行計測を行い、
提案した方法による重心位置の視覚化を行った。

 課題として

加速度のみで角速度の視覚化は行っていない
各軸の相関や対応関係を見ていない

提案手法

歩行測定では次のような機器を用いる



- 3次元動作解析装置
- 床反力計
- 小型加速度センサ



本研究では小型加速度センサを用いる

提案手法

床反力計や3次元動作解析装置を用いた歩行分析は、
測定場所が**限定的**である。



小型加速度計を用いた歩行分析は**装着が容易**で
測定場所の制限もなく簡便な評価ツールとして注目されている[4]



介護施設など**屋内**で簡単に計測が可能

[4]加藤浩[他], "小型三軸加速度センサを用いた歩行分析の有用性", 2014.

提案手法

使用するセンサ

小型無線ハイブリッドセンサ

WAA-006・WAA-010（ワイヤレステクノロジー社製）

サイズ	39.0mm(W) × 44.0mm(H) × 12.0mm(D)
質量	20g
通信機能	Bluetooth Ver.2.0+EDR
	バンド幅:最大700kbps, 通信距離:最長10m
標準内蔵センサ	加速度センサ: ±2G/4G, 最大500Hz (日立金属社製)
	角速度センサ: X軸,Y軸 ±500deg/s (InvenSense社製)
	Z軸 ±300deg/s (エプソントヨコム社製)
	地磁気センサ: ±300 μ T (YAMAHA社製)※2
センサ方式	ピエゾ型 ※1 静電容量型 ※2

※1:WAA-006 ※2:WAA-010

X軸	左右方向(左を+)
Y軸	上下方向(上を+)
Z軸	前後方向(前を+)

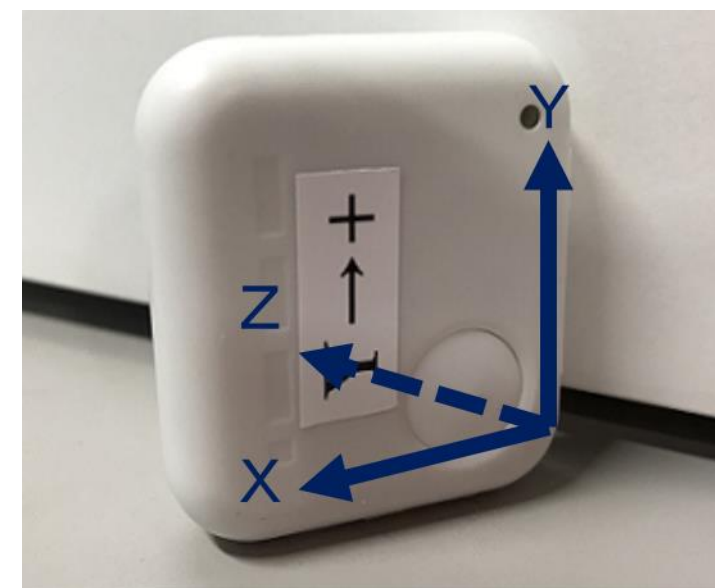


図1.WAA-006

提案手法

使用するツール



“Visual Mining Studio” (VMS) は株式会社NTTデータ数理システムが開発した、直観的な操作でデータマイニングの処理を行うことのできるツールである。分析前のデータの加工や、多変量解析等の分析機能を数多くそろえている。



“Visual R Platform” (VRP) は世界中で利用されている R 言語が持つ多くの統計手法を、簡単なマウス操作で実行できる統計解析ツールである。高度な機能と強力なサポート体制で、意思決定や業務効率化を力強く支援する。

提案手法

解析に用いる手法として

- 対散布図

2変量のデータのグラフとしては散布図が基本的であるとともに最も広く利用されている。散布図を調べることによりデータの広がりや外れ値の有無を確かめることができる。[5]

- 移動平均

時系列データを平滑化する手法である。移動平均は時系列データにおいて手軽にできるノイズ処理法である [6]。

- 高速フーリエ変換（FFT：Fast Fourier Transform）

離散フーリエ変換を計算機上で高速に計算するアルゴリズムである [7]。

この高速フーリエ変換を行うことでデータの周期性を見出すことができる。

[5]山本義郎,[他],”動的な対散布図のJavaによる実装について”,1999.

[6]馬田俊雄,”移動平均法の周波数特性変化”,2010.

[7]岩本健嗣,[他]”3軸加速度センサを用いた歩行者推定手法,” 2014.

使用するデータ

- 実際に使用した歩行データ

表1.使用したデータ概要

項目	内容
日時	2017年11月24日～12月06日
測定場所	A棟7階廊下 柴田研究室前
被験者	卒研究生5名
歩行パターン	健常歩行N・異常歩行A・B・C・D
試行回数	10回
測定器具	小型無線ハイブリットセンサ Bluetooth対応のノートパソコン
装着位置	第3腰椎付近・爪先左右・踵左右
測定距離	約10m
サンプリング周波数	125Hz

計測する歩行

■ 歩行の説明

健常歩行N	普段の歩き方
異常歩行A	患側の足の歩幅が健常歩行の半分になる歩き方
異常歩行B	患側の足の踵が健側の足の爪先と同位置になる歩き方
異常歩行C	患側の足の踵が健側の足の中心になる歩き方
異常歩行D	患側の足の爪先が健側の足の爪先と同じ位置に来る歩き方

図3.各歩行についての説明

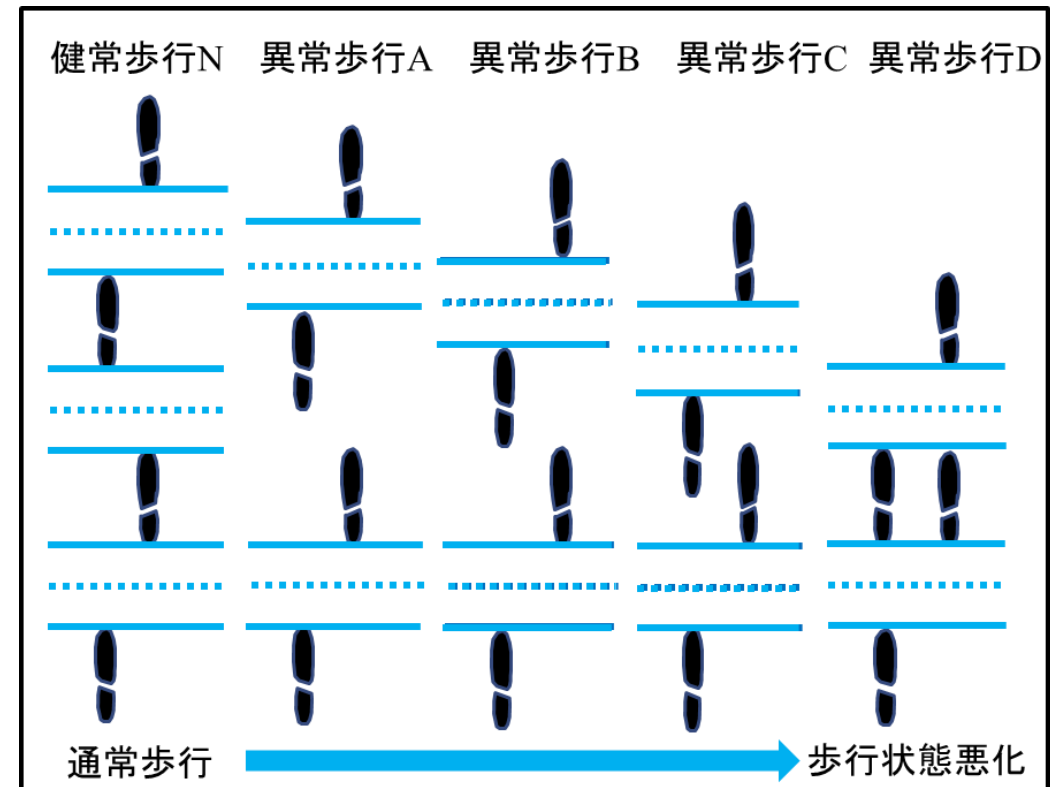


図4.各歩行についての説明

実験概要



VRPを使用しデータの結合などを行った。

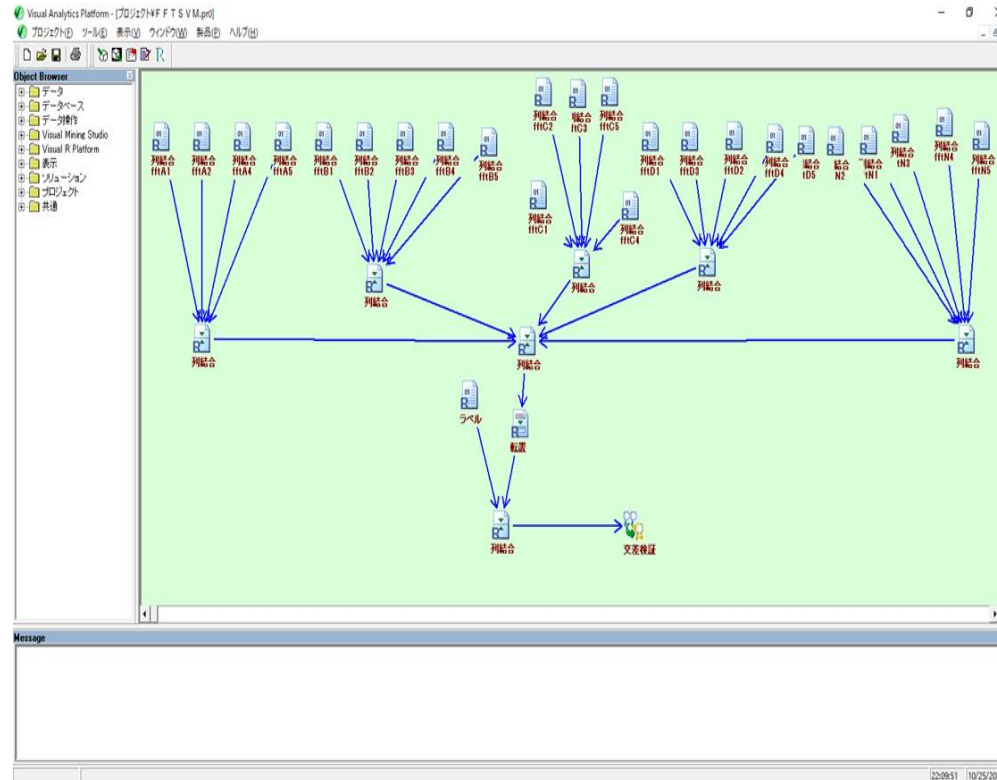


図5.V R Pのプロジェクト図

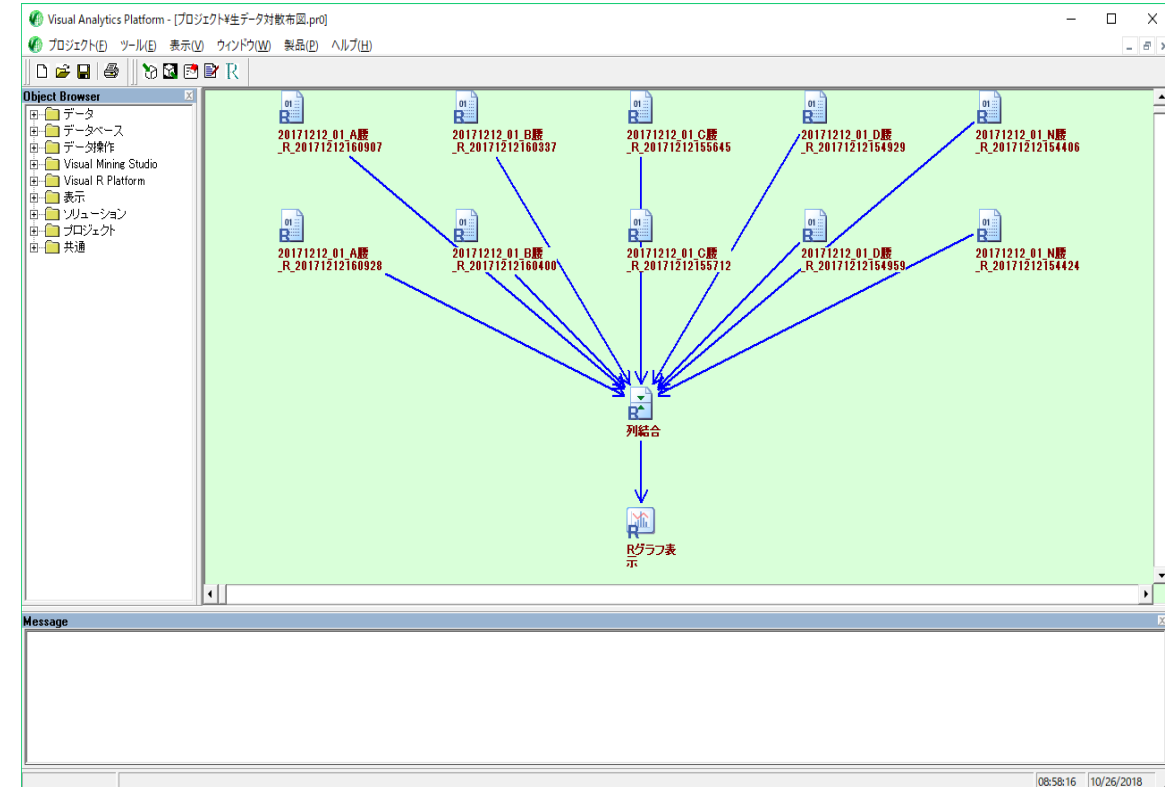
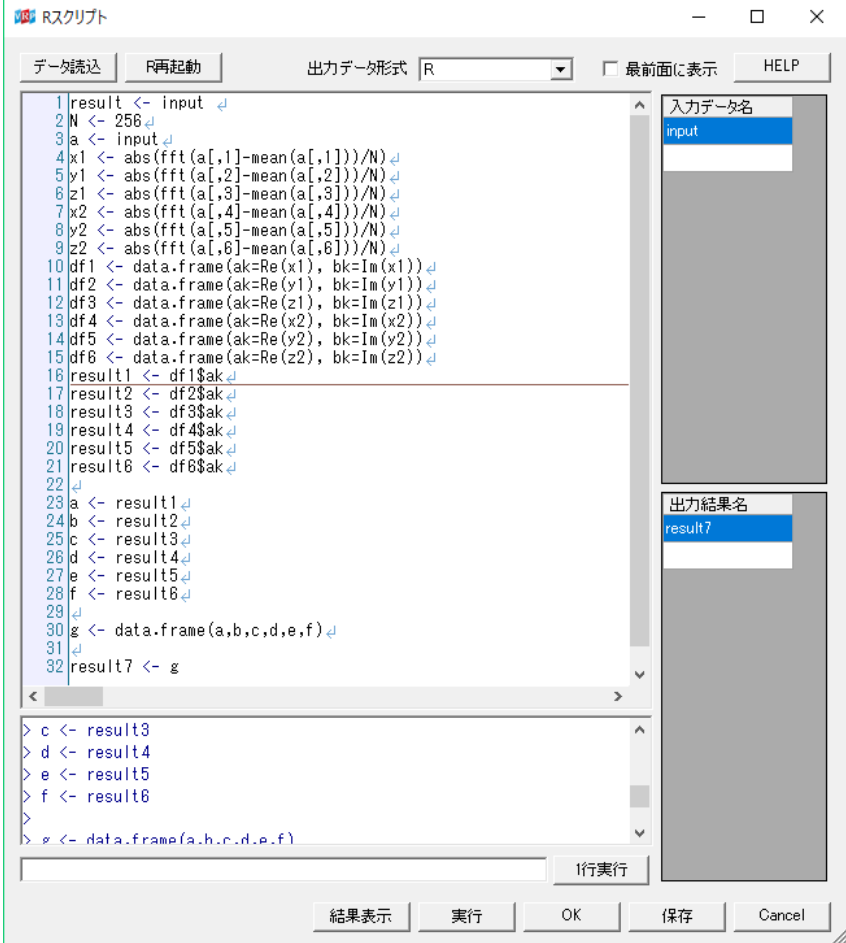


図6.V R Pのプロジェクト図

実験概要

■ 使用したアイコン

列結合	テーブルを列歩行に結合する
転置	テーブルの転置（行と列の入れ替え）をする
移動平均	対象列を n 個、移動平均区間を m 個指定した場合、n 個の列それぞれについて m 個の移動平均を求める
R スクリプト	任意の R スクリプトを記述して実行することができる 今回は F F T を実行するために使用した
R グラフ表示	R のグラフ描画ライブラリー ggplot2 を基にしたグラフ描画を行う。



The screenshot shows the RStudio environment. The main editor window contains the following R script:

```
1 result <- input
2 N <- 256
3 a <- input
4 x1 <- abs(fft(a[,1]-mean(a[,1])/N))
5 y1 <- abs(fft(a[,2]-mean(a[,2])/N))
6 z1 <- abs(fft(a[,3]-mean(a[,3])/N))
7 x2 <- abs(fft(a[,4]-mean(a[,4])/N))
8 y2 <- abs(fft(a[,5]-mean(a[,5])/N))
9 z2 <- abs(fft(a[,6]-mean(a[,6])/N))
10 df1 <- data.frame(ak=Re(x1), bk=Im(x1))
11 df2 <- data.frame(ak=Re(y1), bk=Im(y1))
12 df3 <- data.frame(ak=Re(z1), bk=Im(z1))
13 df4 <- data.frame(ak=Re(x2), bk=Im(x2))
14 df5 <- data.frame(ak=Re(y2), bk=Im(y2))
15 df6 <- data.frame(ak=Re(z2), bk=Im(z2))
16 result1 <- df1$ak
17 result2 <- df2$ak
18 result3 <- df3$ak
19 result4 <- df4$ak
20 result5 <- df5$ak
21 result6 <- df6$ak
22
23 a <- result1
24 b <- result2
25 c <- result3
26 d <- result4
27 e <- result5
28 f <- result6
29
30 g <- data.frame(a,b,c,d,e,f)
31
32 result7 <- g
```

The console window at the bottom shows the execution output:

```
> c <- result3
> d <- result4
> e <- result5
> f <- result6
>
> g <- data.frame(a,b,c,d,e,f)
```

図7. R スクリプトのコード画面

実験結果 (グラフ表示・生データ)

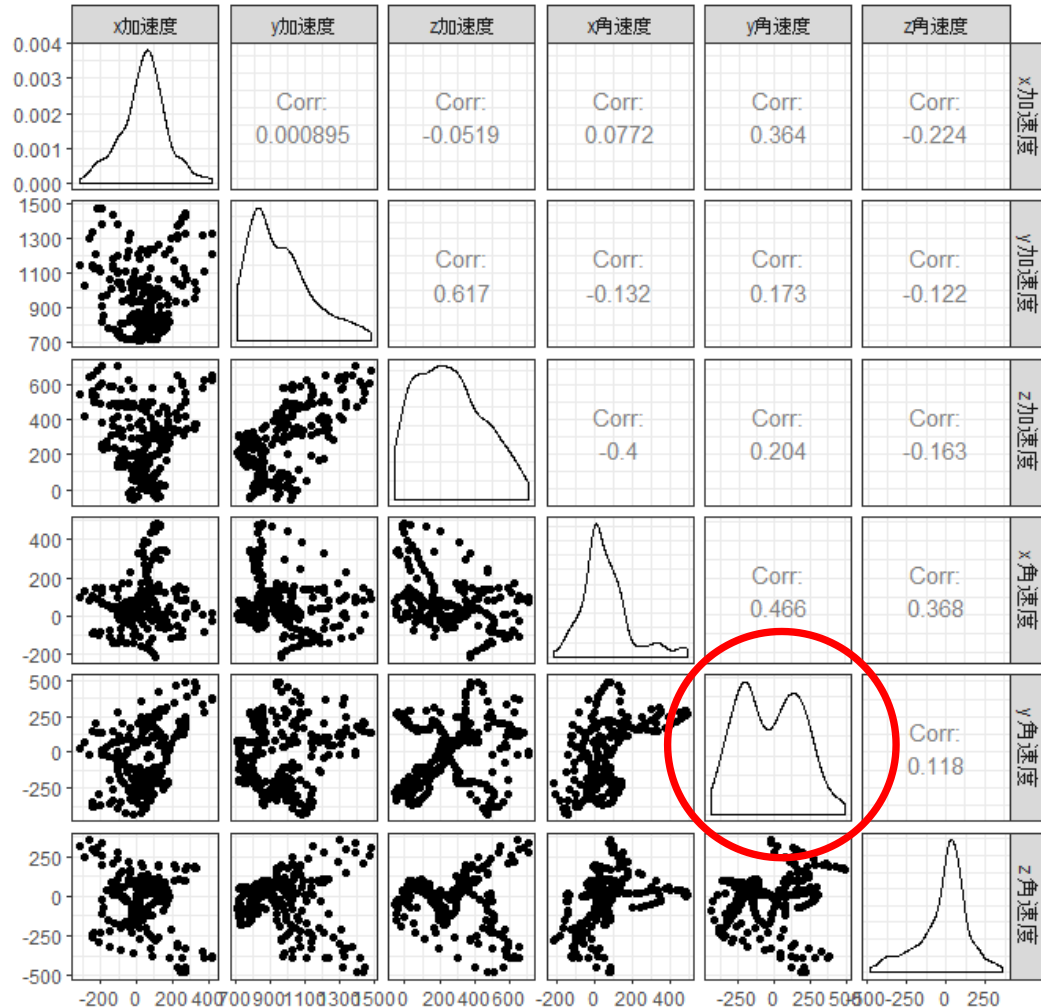


図8.歩行 A 生データの対散布図

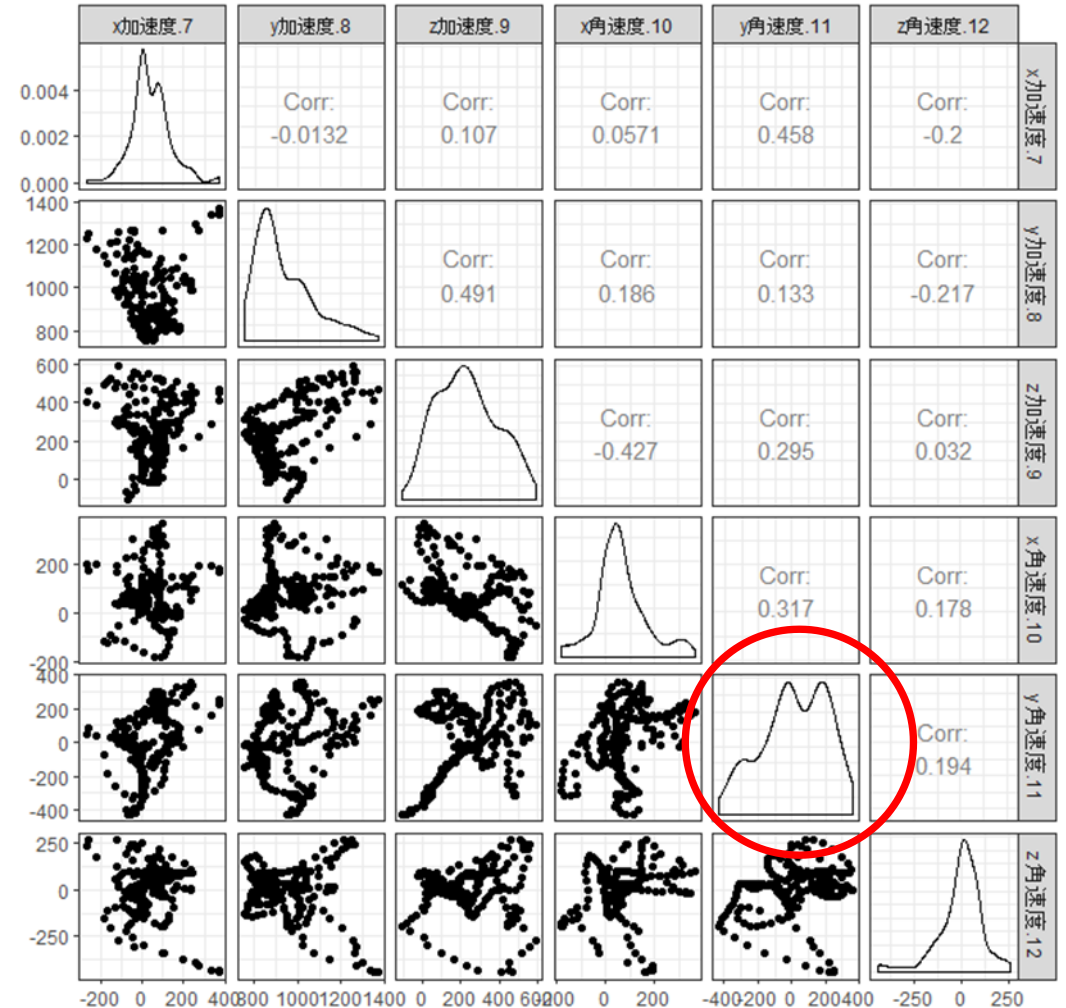


図9.歩行 B 生データの対散布図

実験結果 (グラフ表示・生データ)

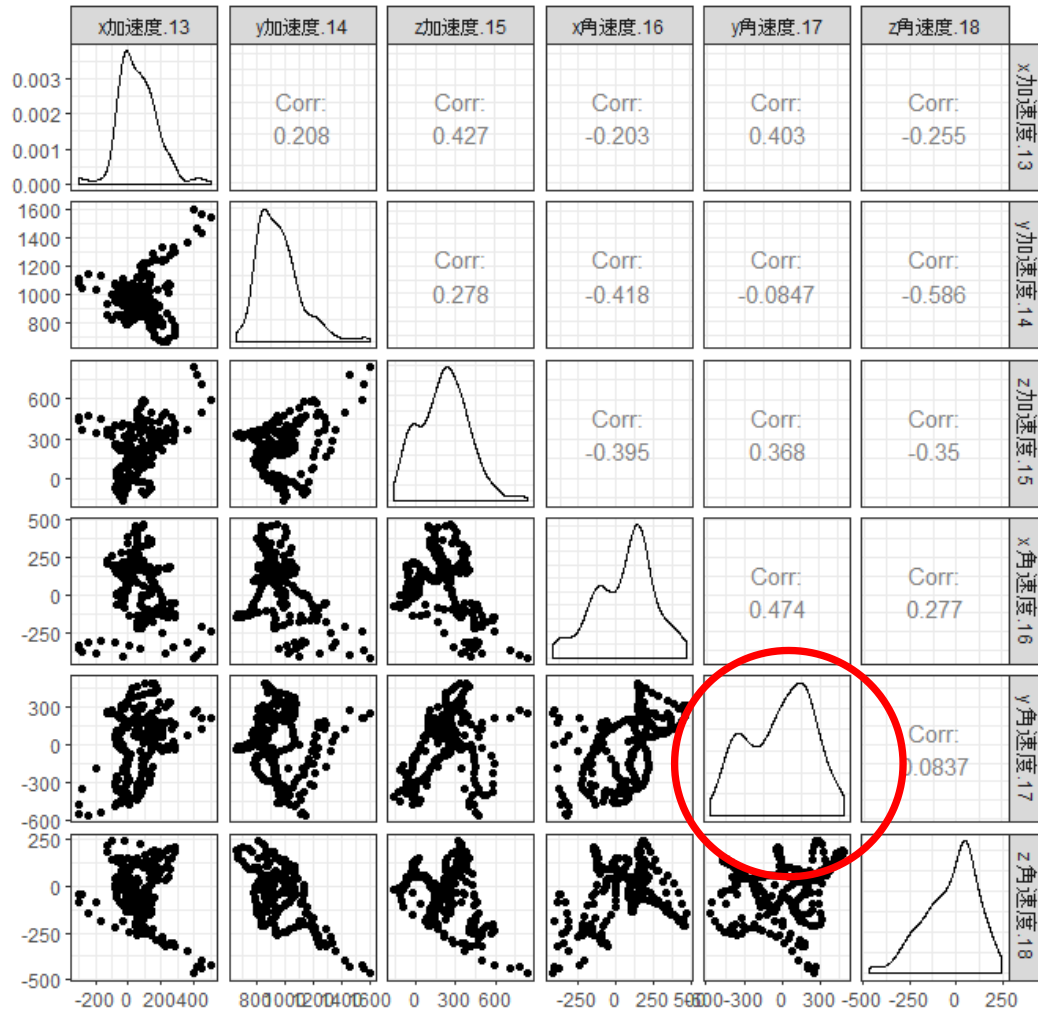
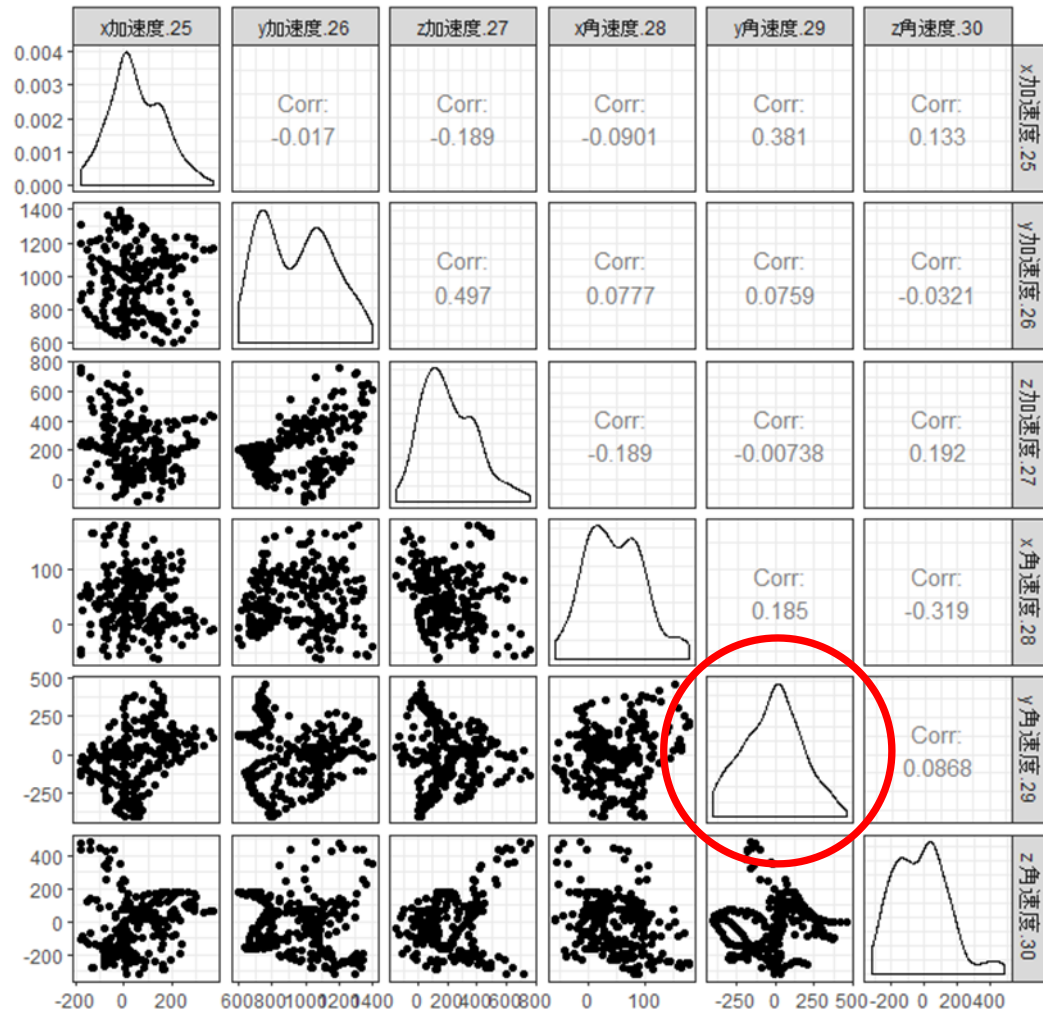


図10.歩行C生データの対散布図



図11.歩行D生データの対散布図

実験結果 (グラフ表示・生データ)



生データを対散布図にした。

赤い○で囲われているY角速度に注目すると、グラフの形は異常歩行では二つの凸があるのに対し、健常歩行では一つの凸になっている。

図12.歩行N生データの対散布図

実験結果 (グラフ表示・移動平均)

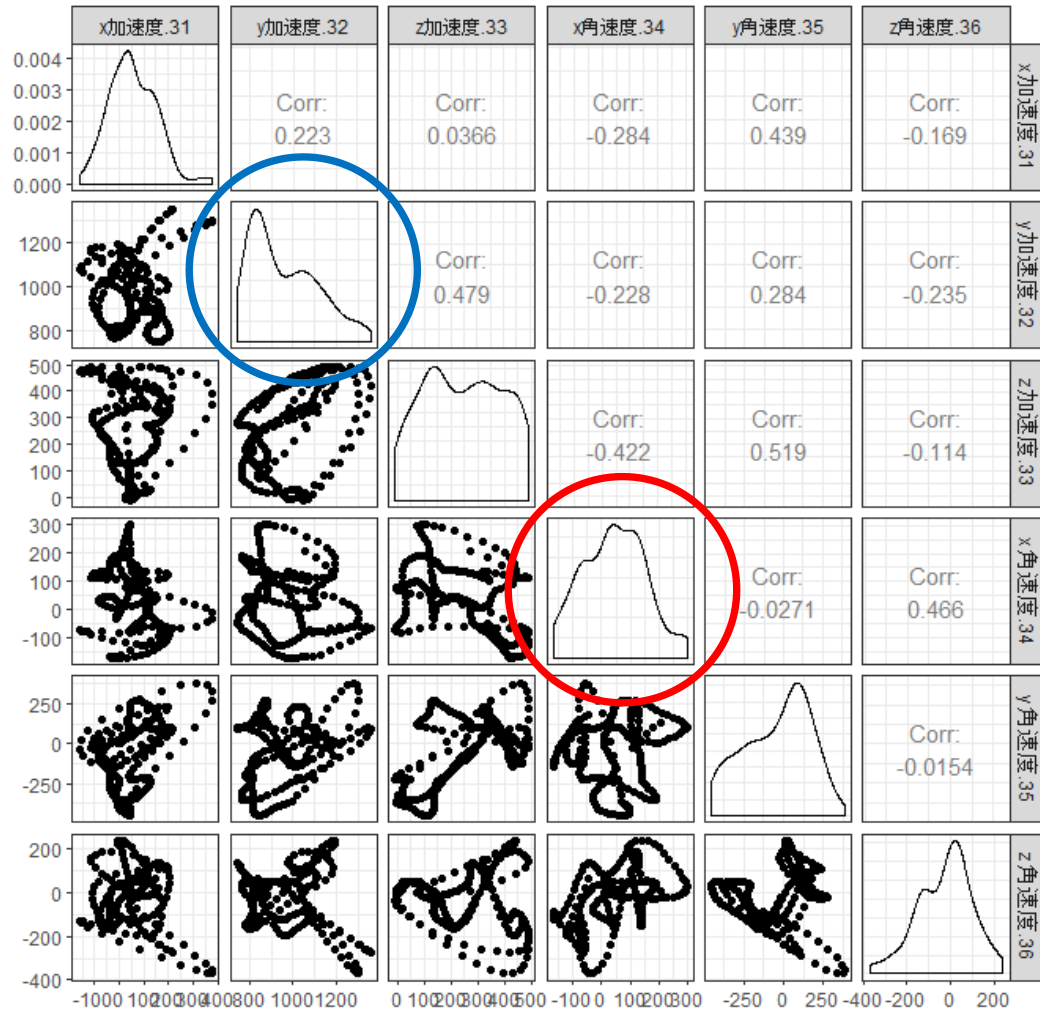


図13.歩行A移動平均の対散布図

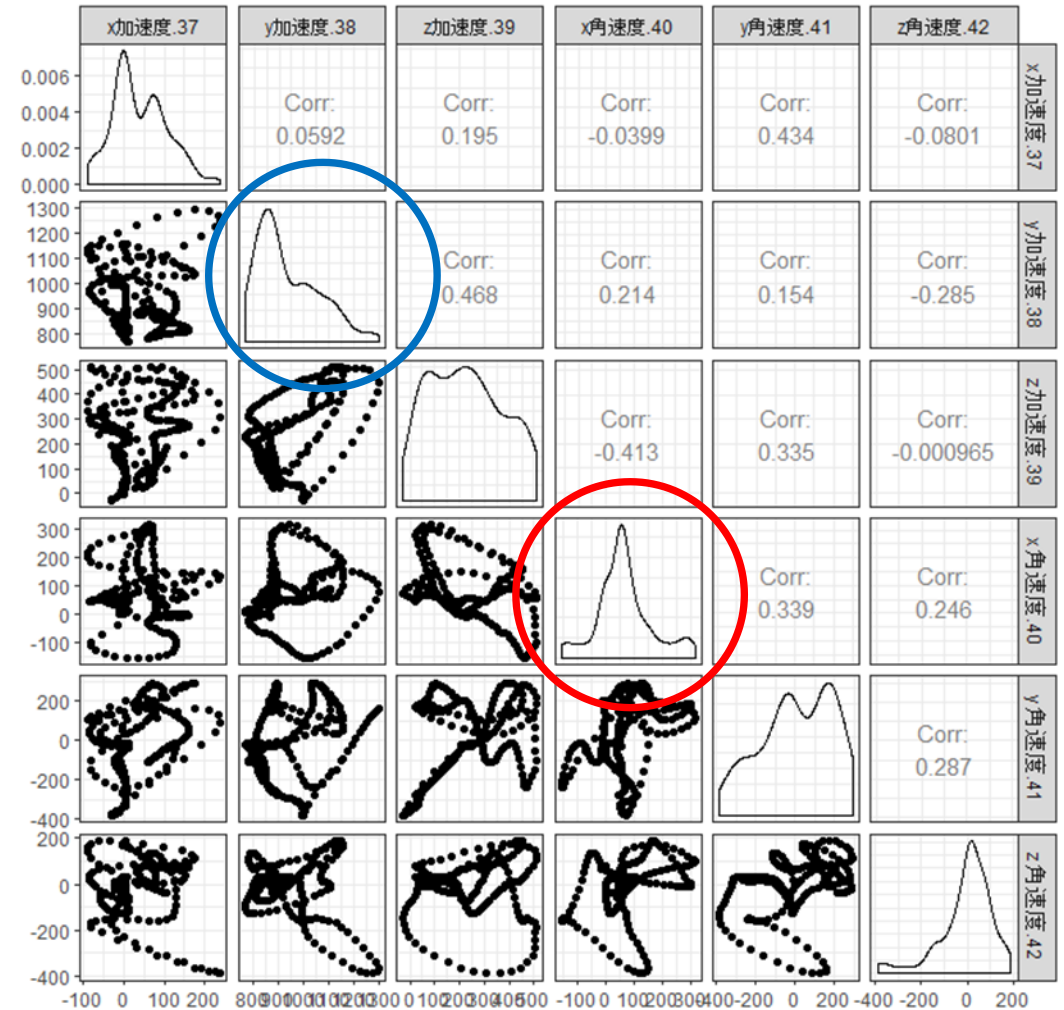


図14.歩行B移動平均データの対散布図

実験結果 (グラフ表示・移動平均)

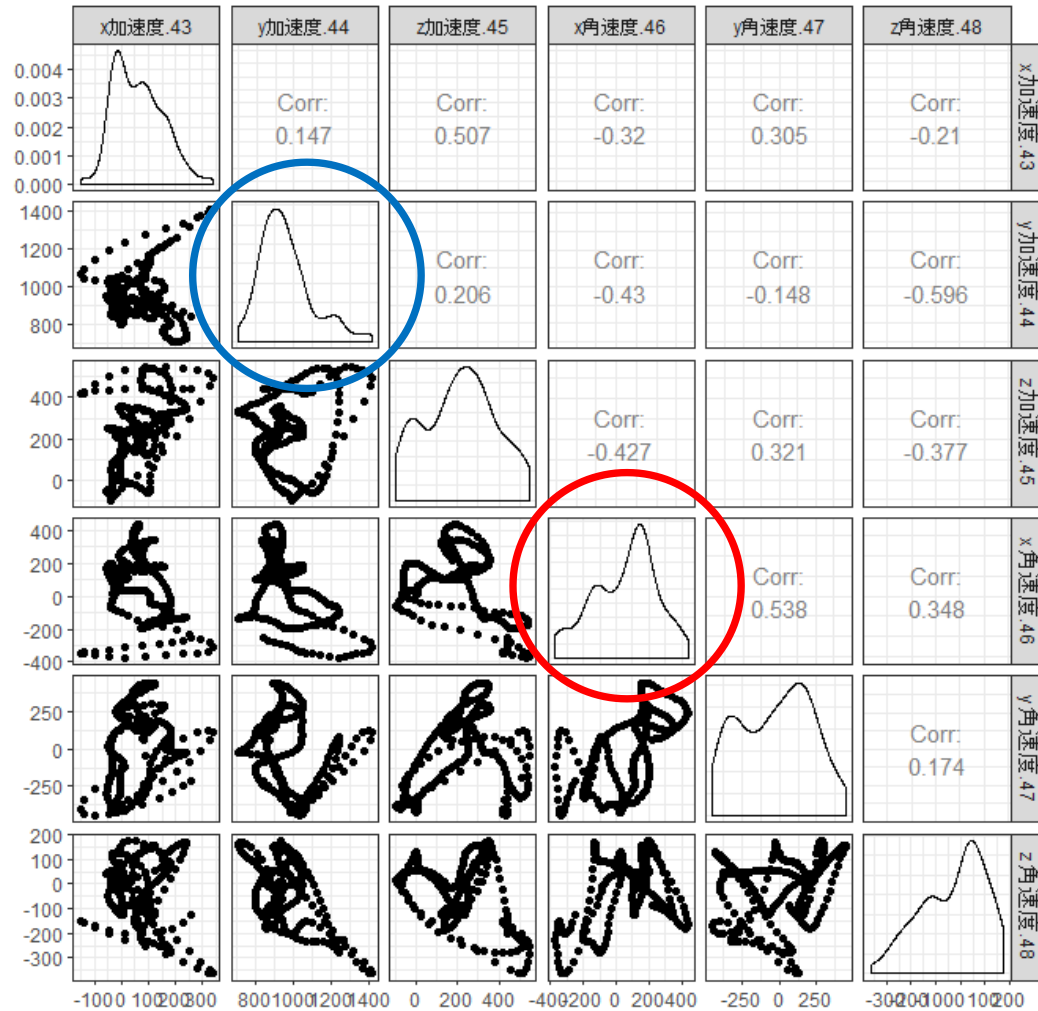


図15.歩行C移動平均データの対散布図

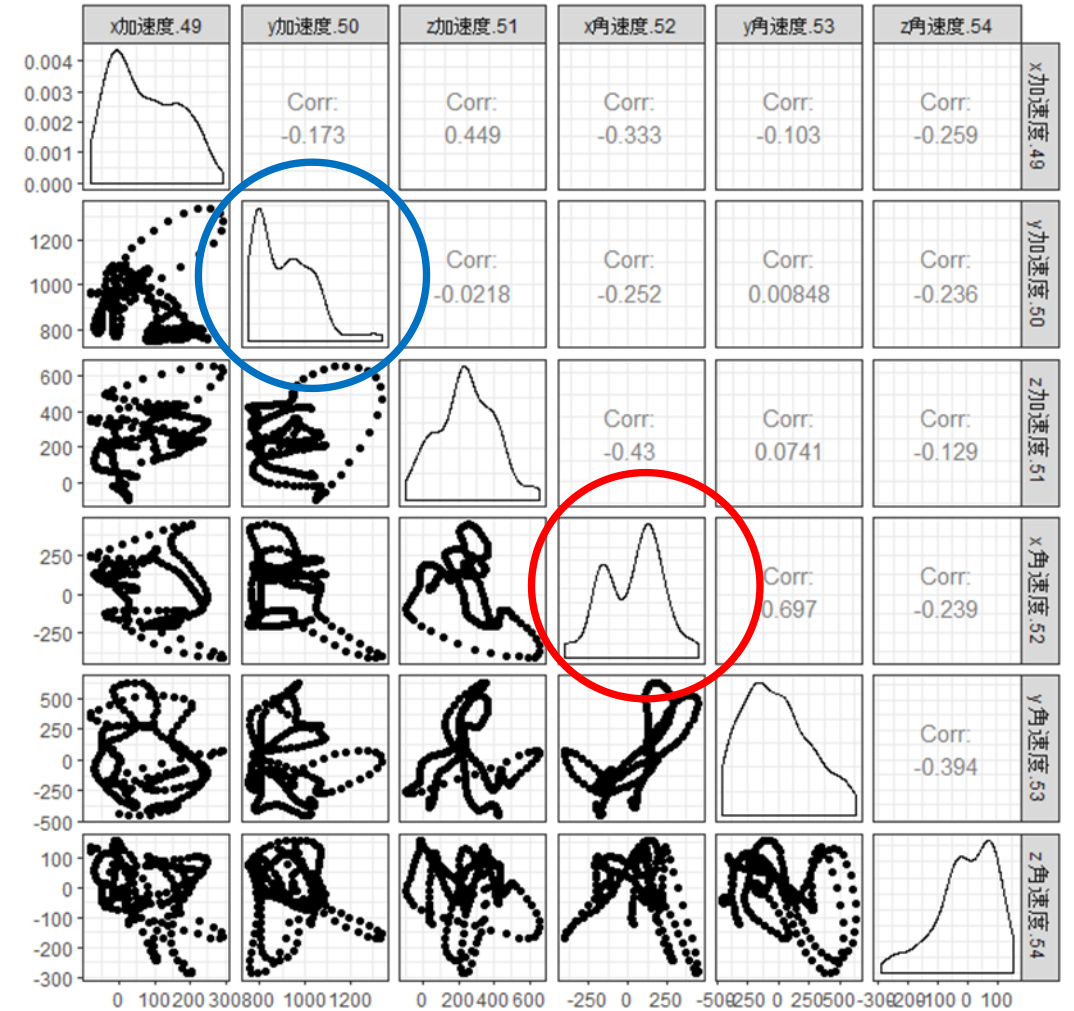
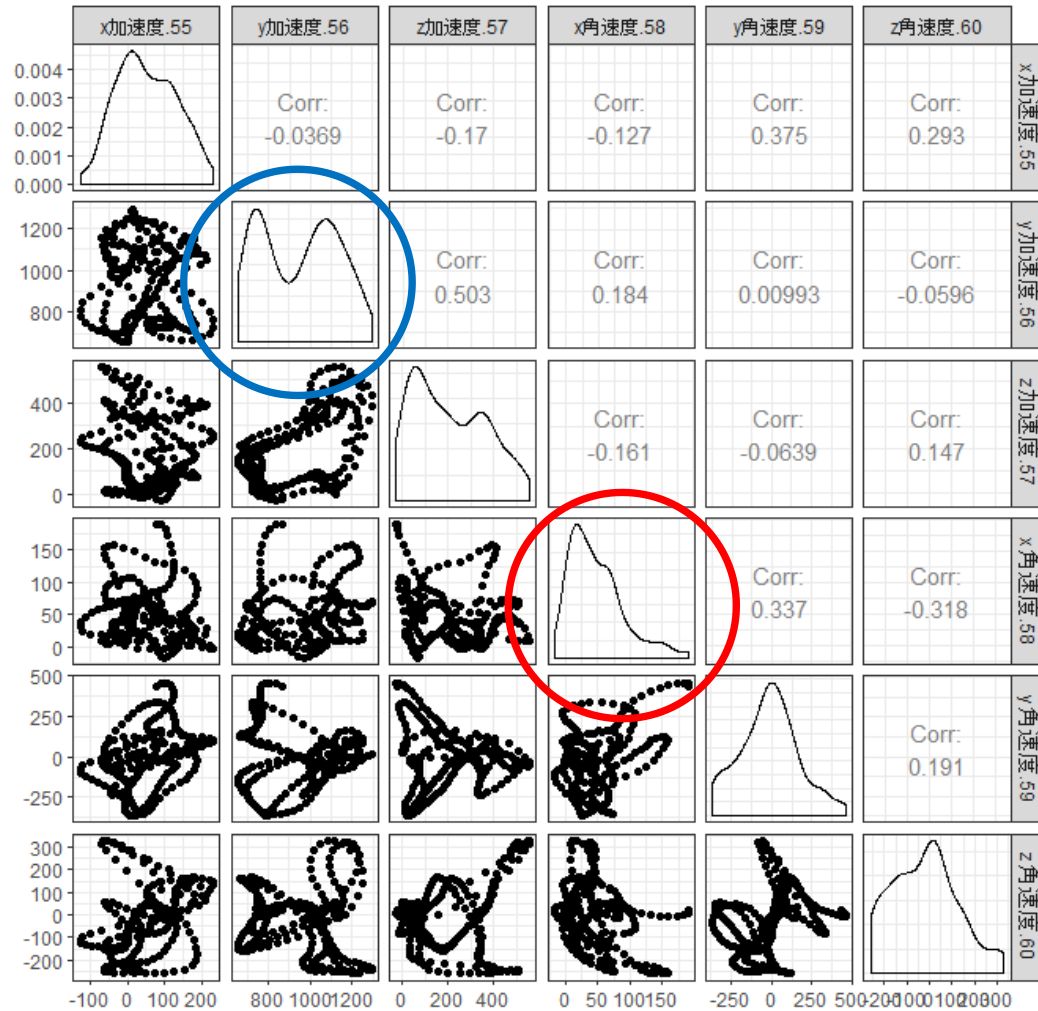


図16.歩行D移動平均データの対散布図

実験結果 (グラフ表示・移動平均)



移動平均後のデータを対散布図にした。

赤い○に囲われているX角速度に注目すると、健常歩行では凸が左側にあるのに対して、異常歩行A→Dになるにつれて凸が二つに分かれていっている。

青い○に囲われているY加速度に注目すると、健常歩行では凸が二つあるが、異常歩行になると凸が一つになっている。

図17.歩行N移動平均データの対散布図

実験結果 (グラフ表示・FFT)

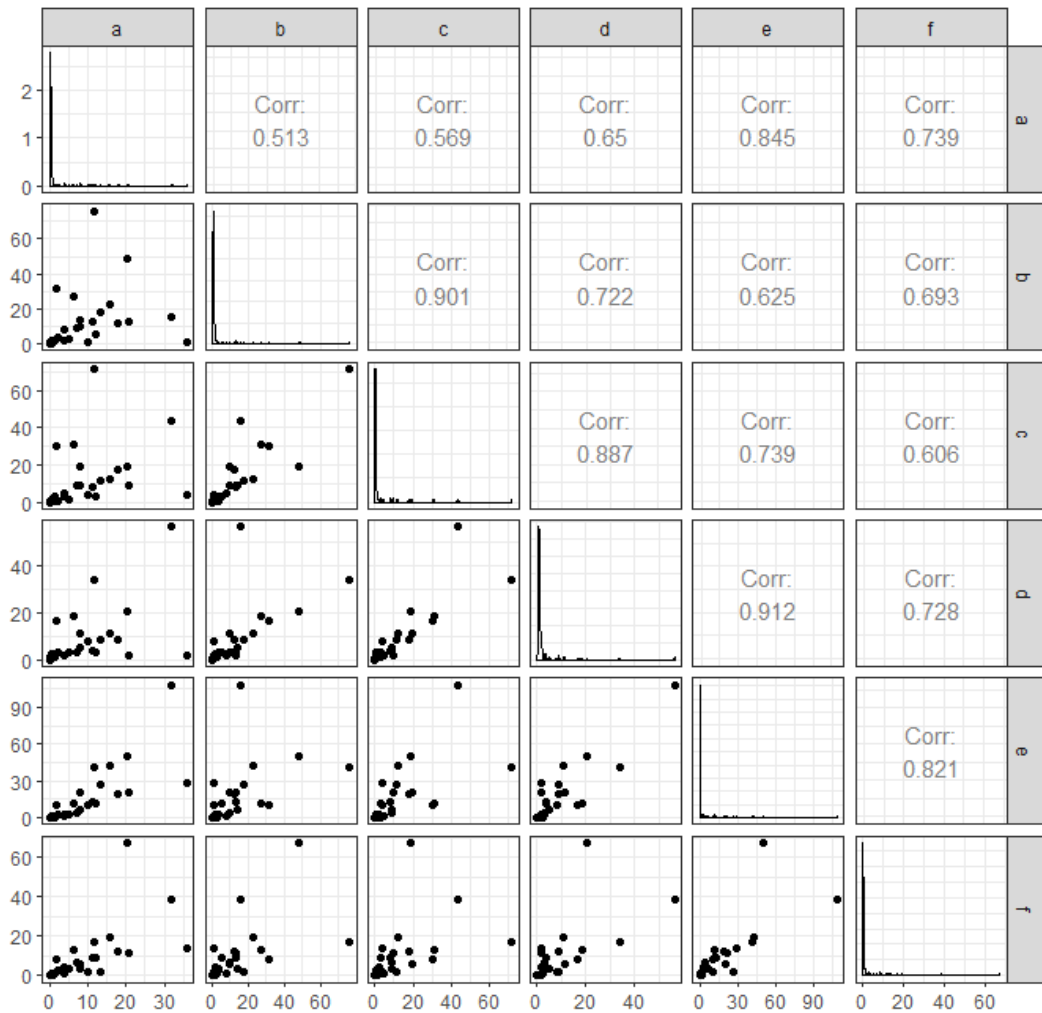


図18.歩行A,FFTの対散布図

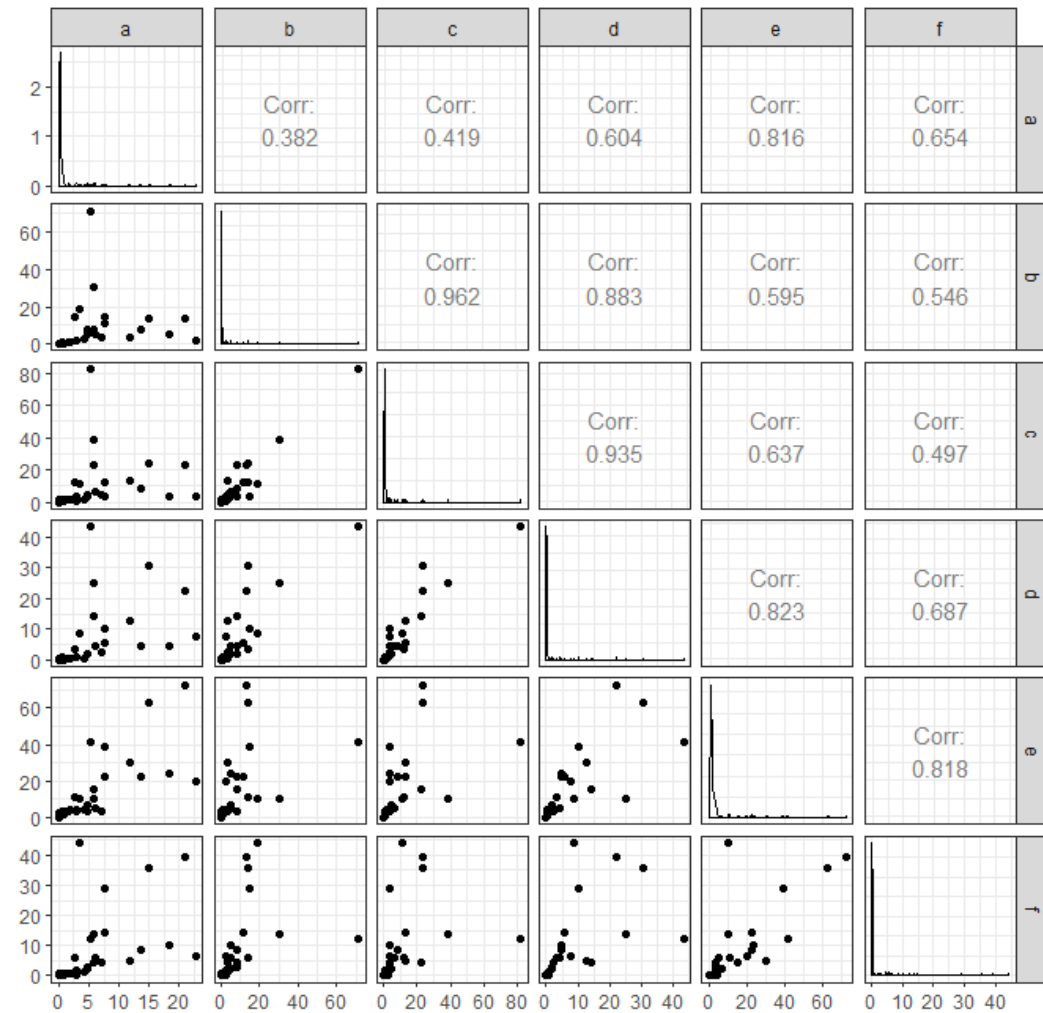


図19.歩行B,FFTの対散布図

実験結果 (グラフ表示・FFT)

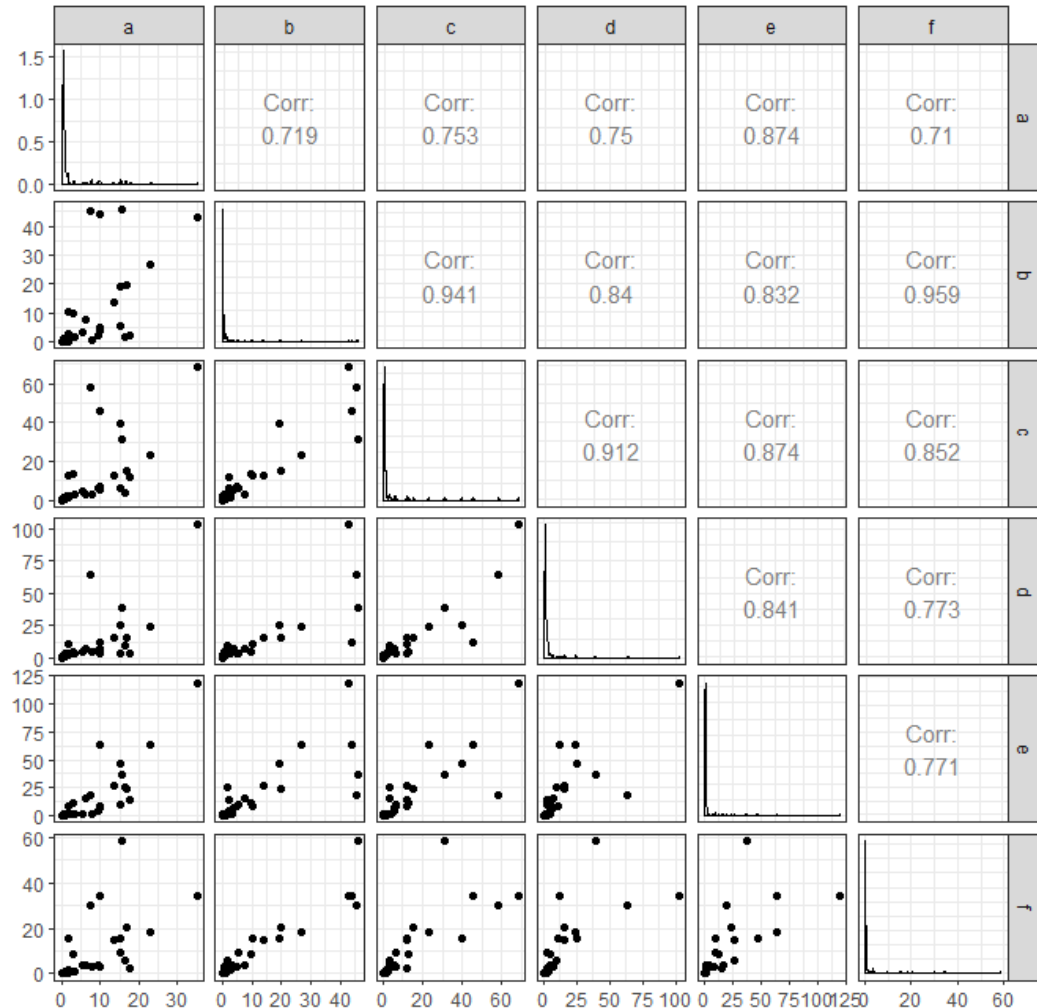


図20.歩行C,FFTの対散布図

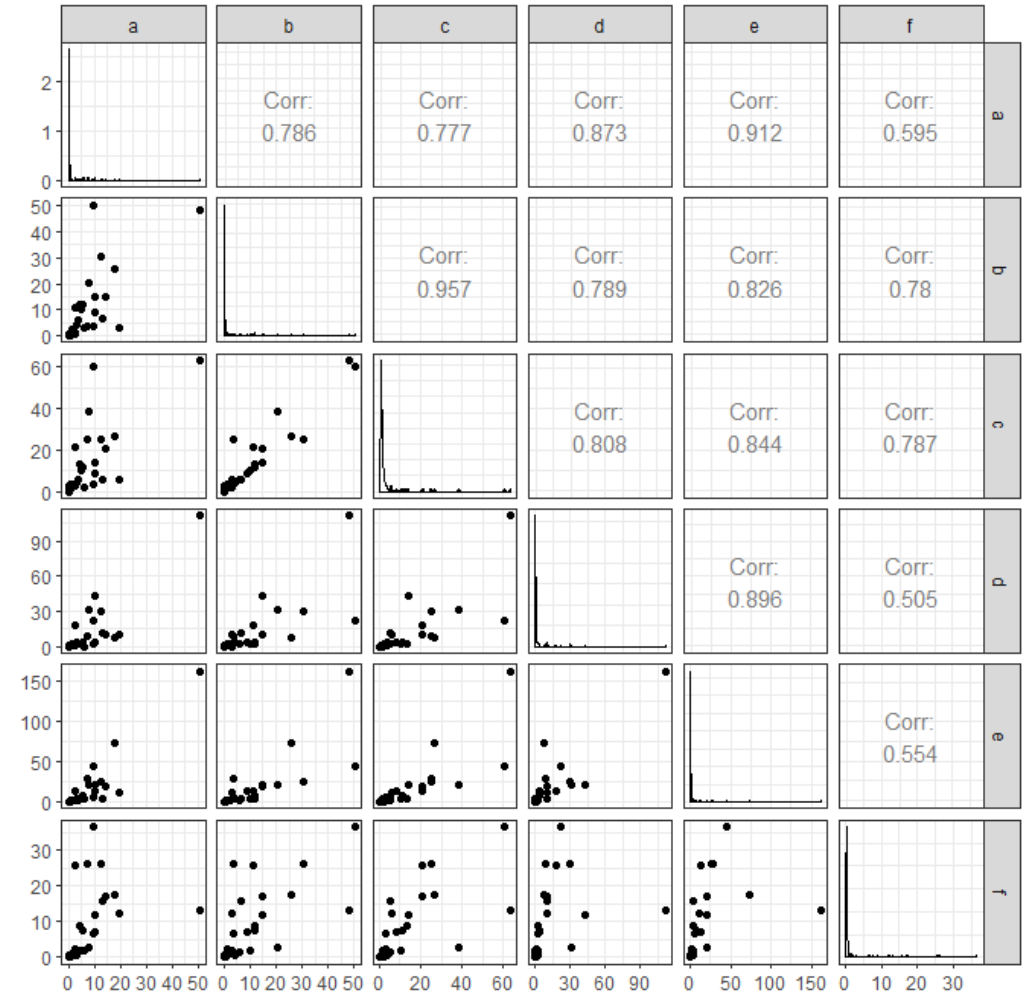


図21.歩行D,FFTの対散布図

実験結果 (グラフ表示・FFT)



FFTした後のデータを対散布図にした。

分布をみると健常歩行Nは分布の
パワースペクトルが左下に集まっている
ことが分かる。



このことから対散布図にすることによって異常歩行と健常歩行の区別が可視化できたと考える。

図22.歩行N,FFTの対散布図

実験結果 (グラフ表示)

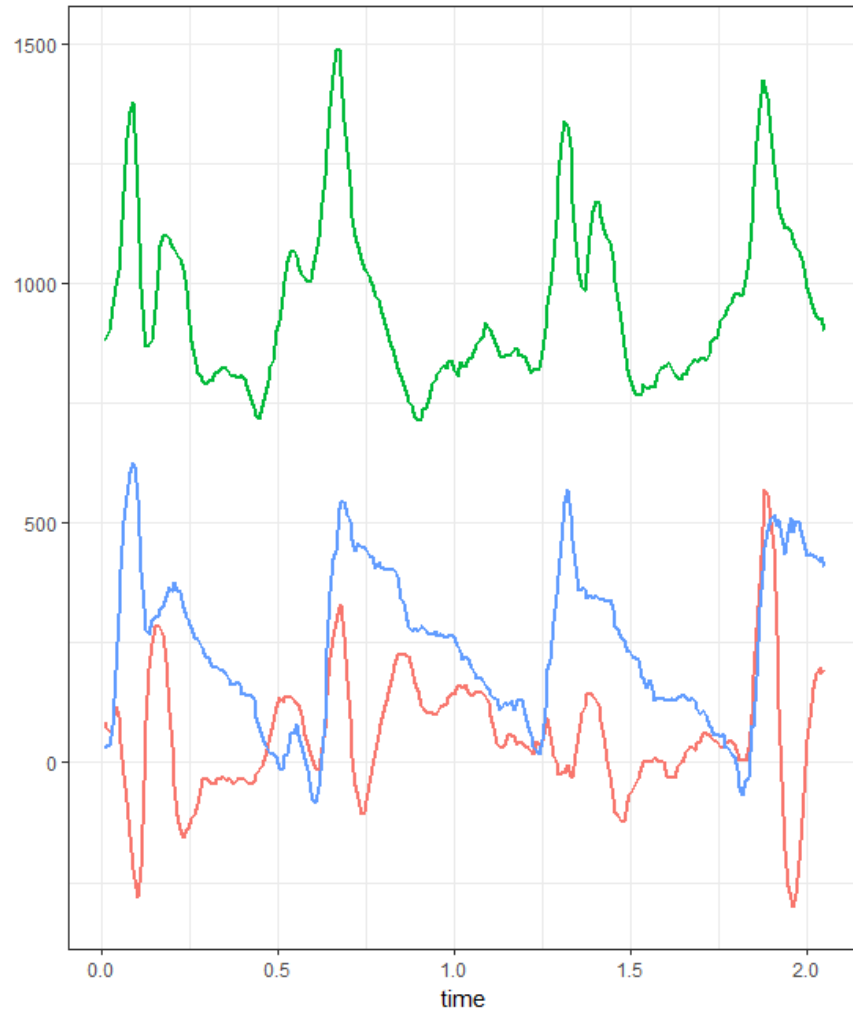


図23.歩行A加速度,生データ

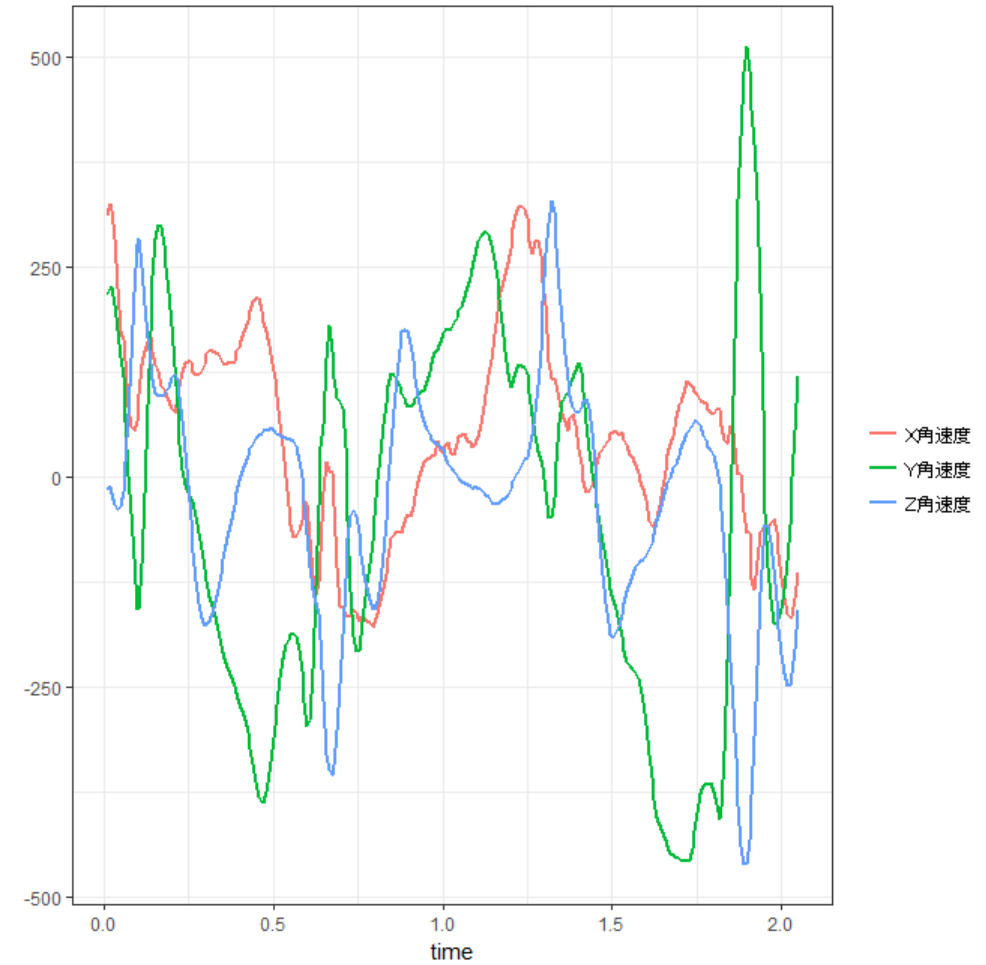


図24.歩行A角速度,生データ

実験結果 (グラフ表示)

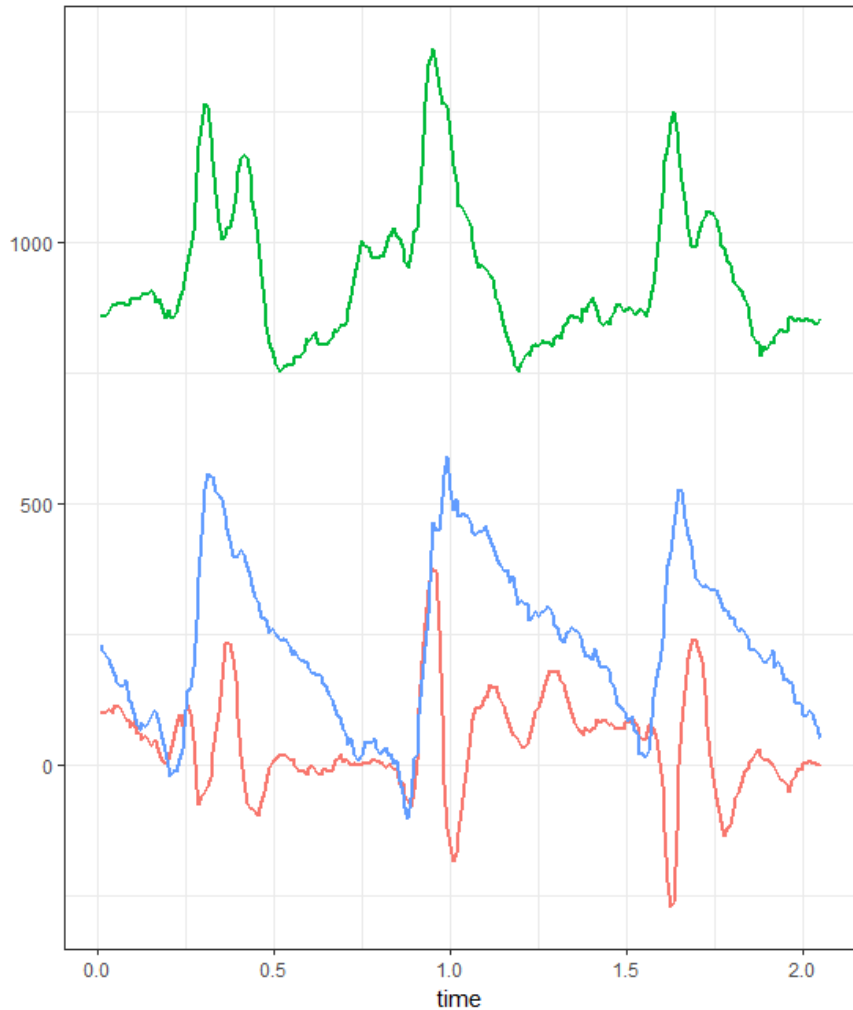


図25.歩行B加速度,生データ

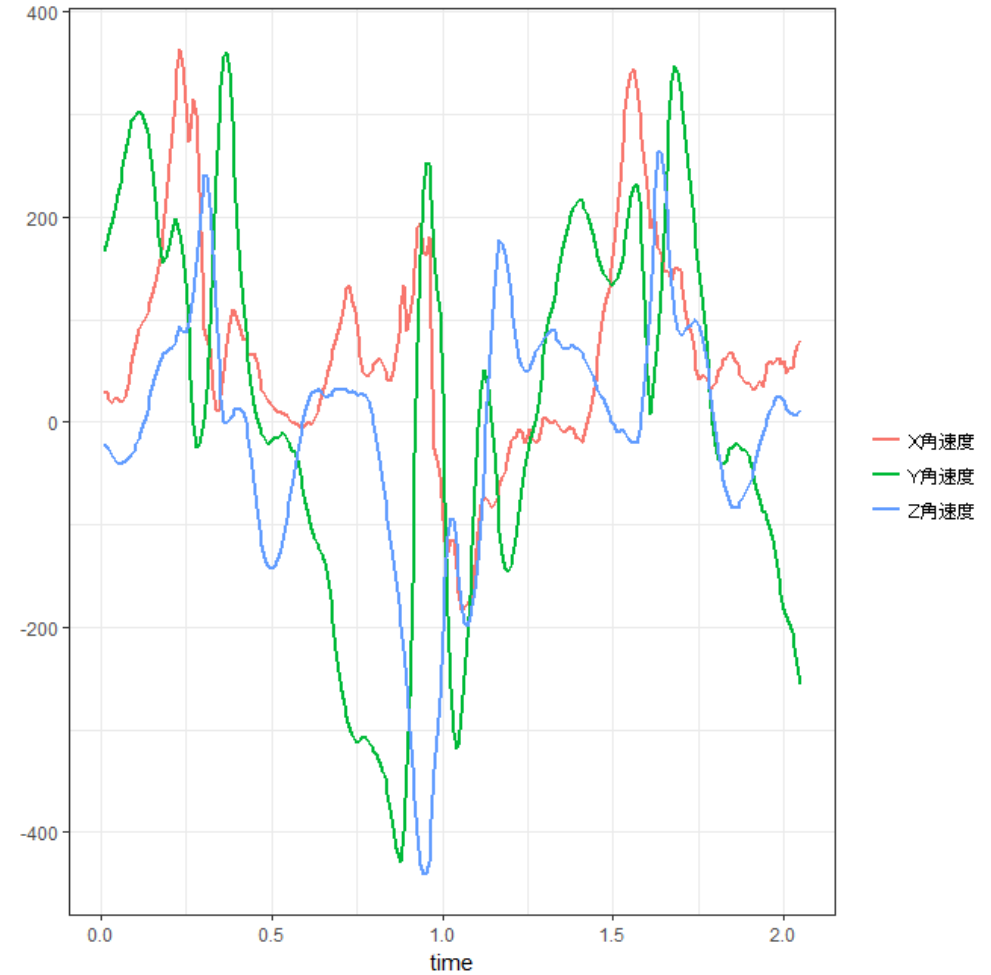


図26.歩行B角速度,生データ

実験結果 (グラフ表示)

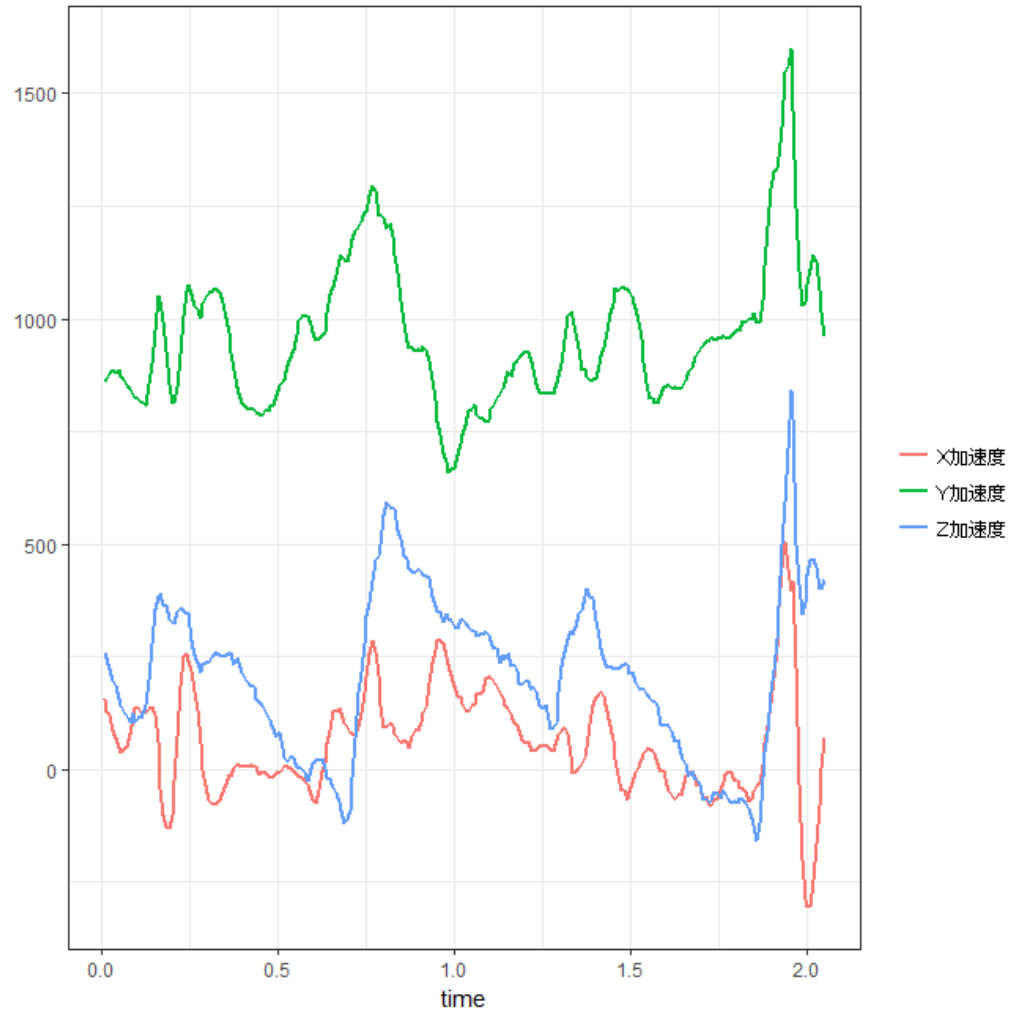


図27.歩行C加速度,生データ

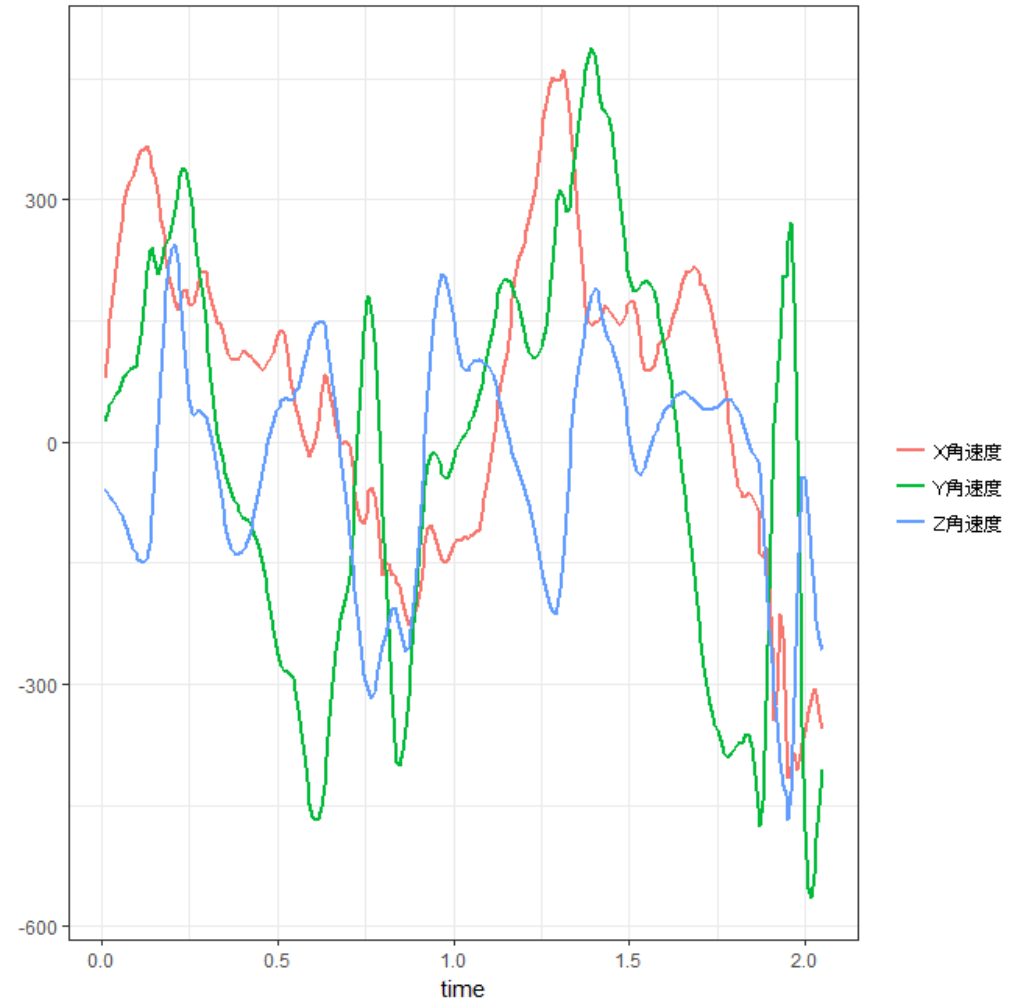


図28.歩行C角速度,生データ

実験結果 (グラフ表示)

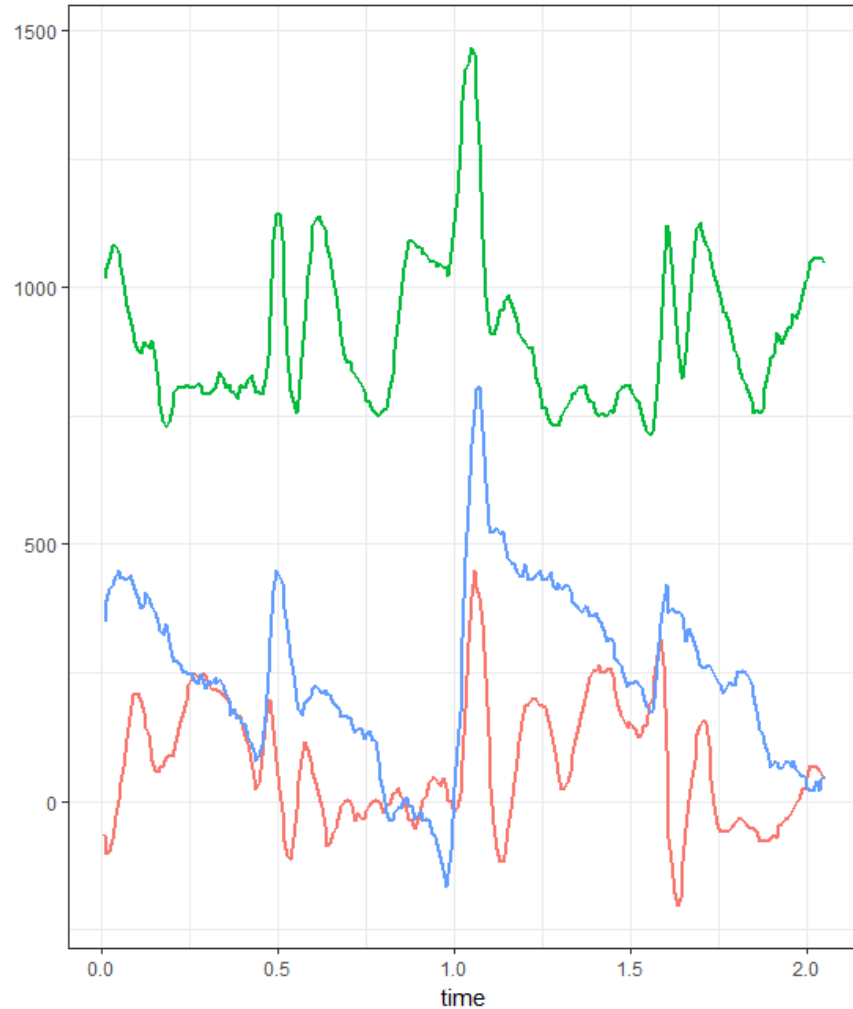


図29.歩行D加速度,生データ

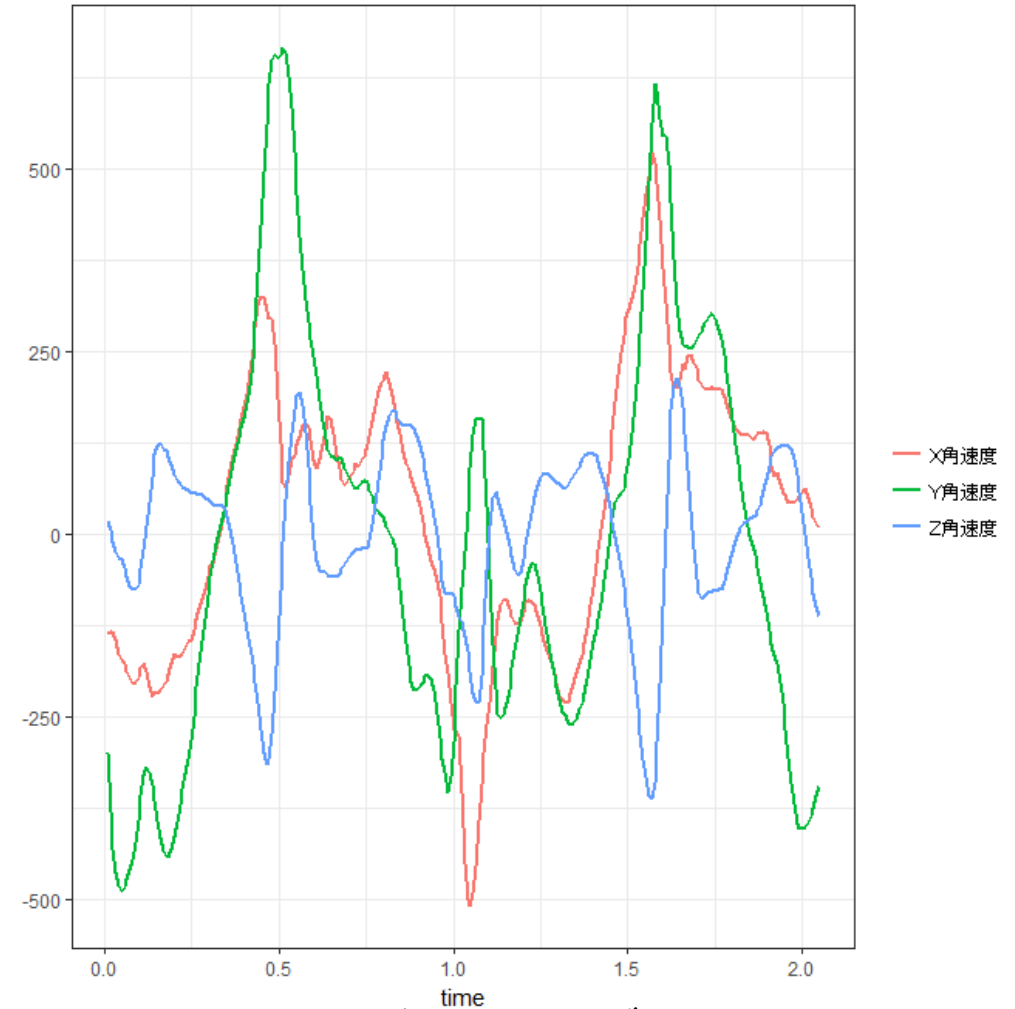


図30.歩行D角速度,生データ

実験結果 (グラフ表示)

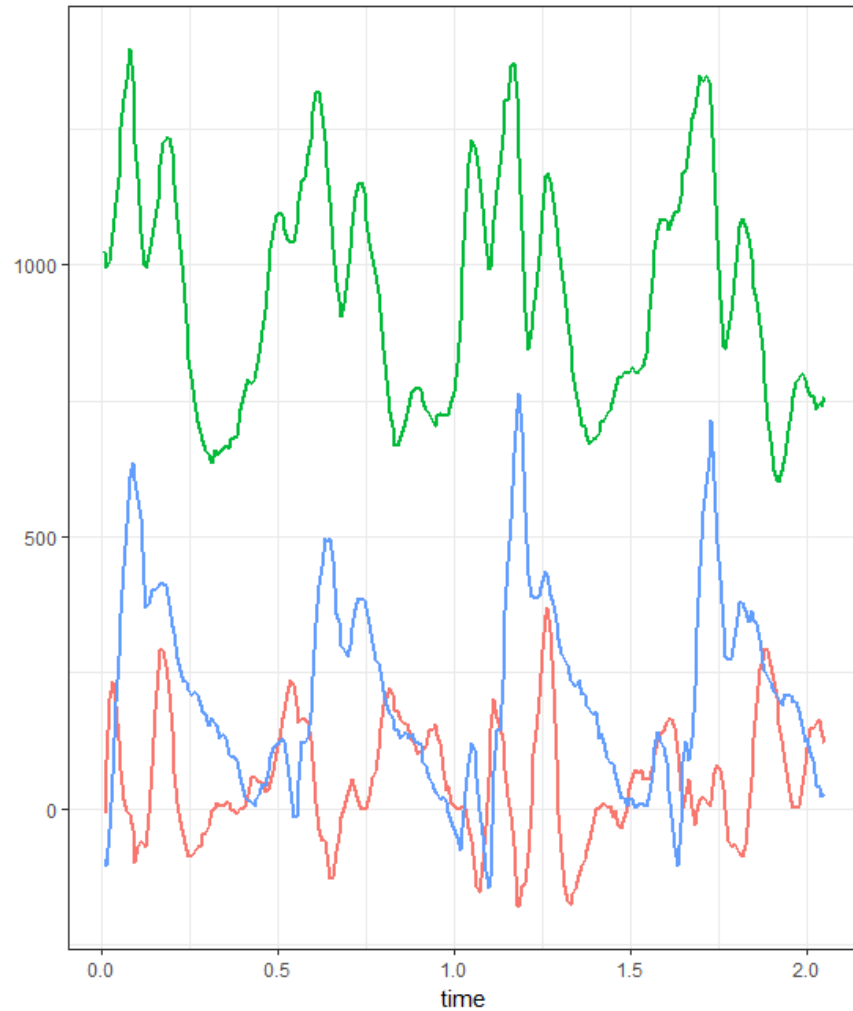


図31.歩行N加速度,生データ

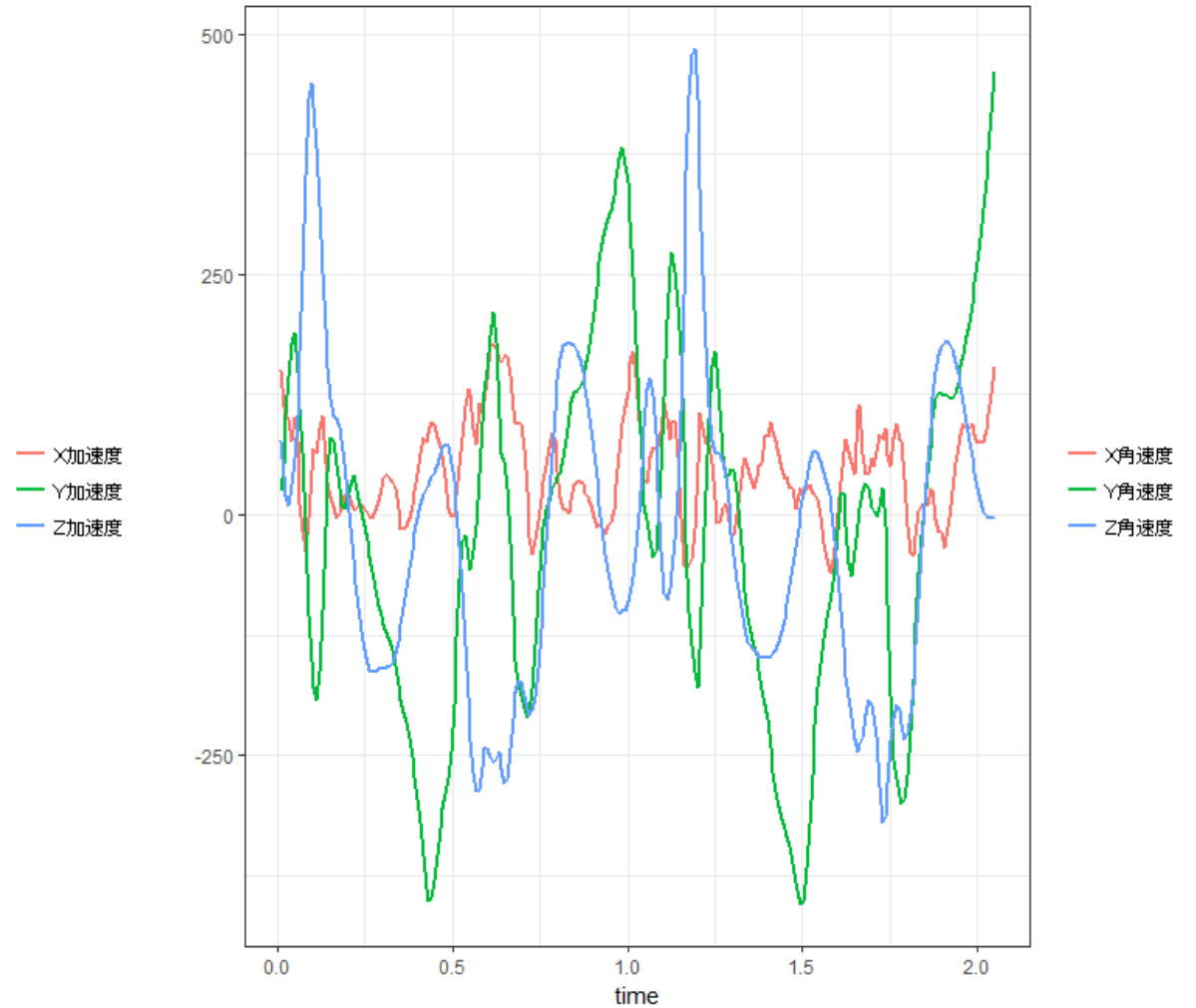


図32.歩行N角速度,生データ

実験結果 (グラフ表示)

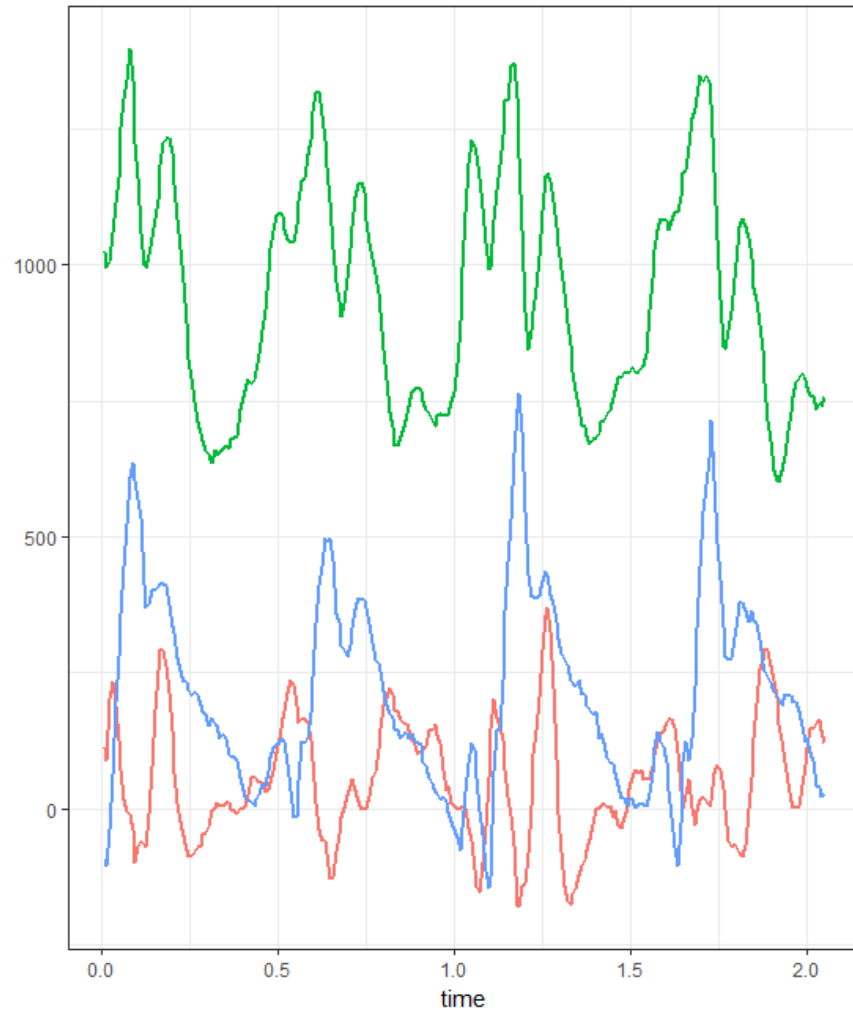


図33.歩行N加速度,移動平均

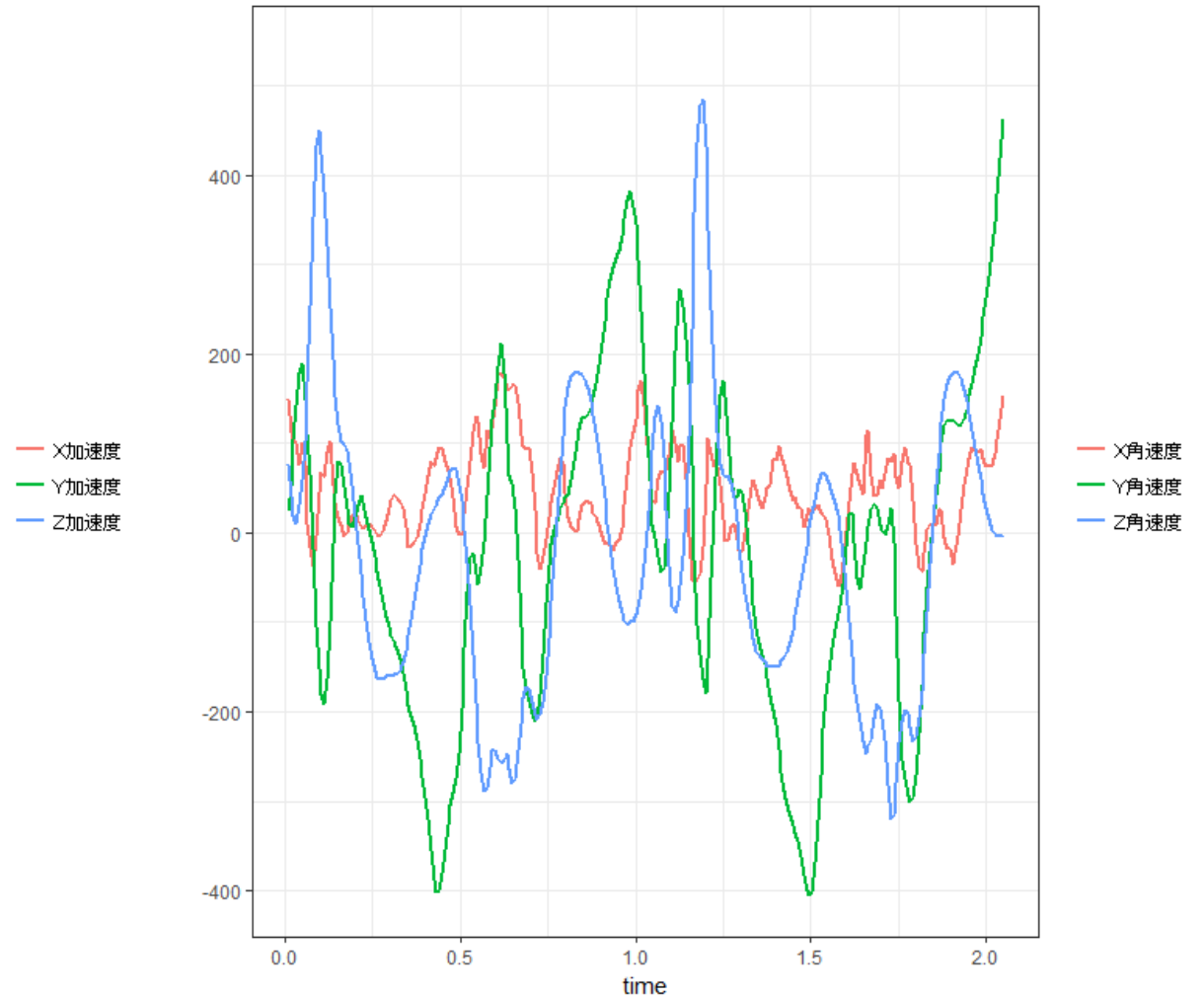


図34.歩行N角速度,移動平均

実験結果 (グラフ表示)

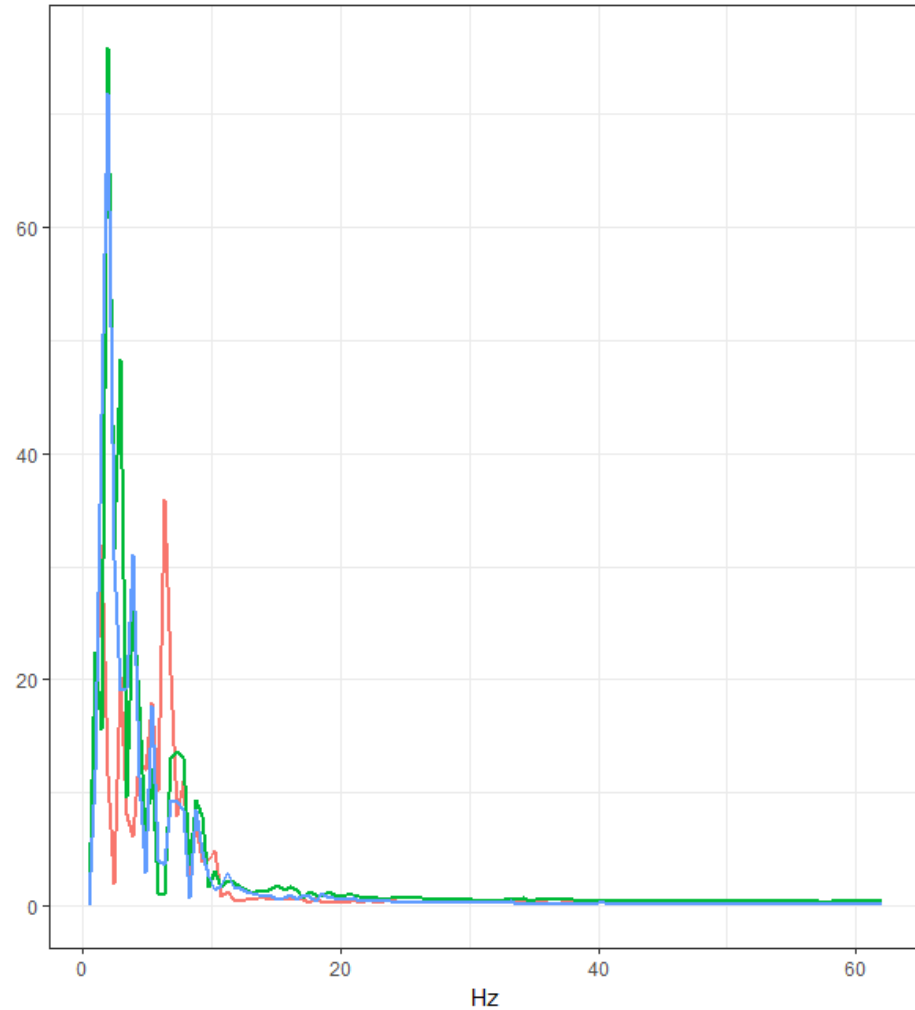


図35.歩行N加速度,FFT

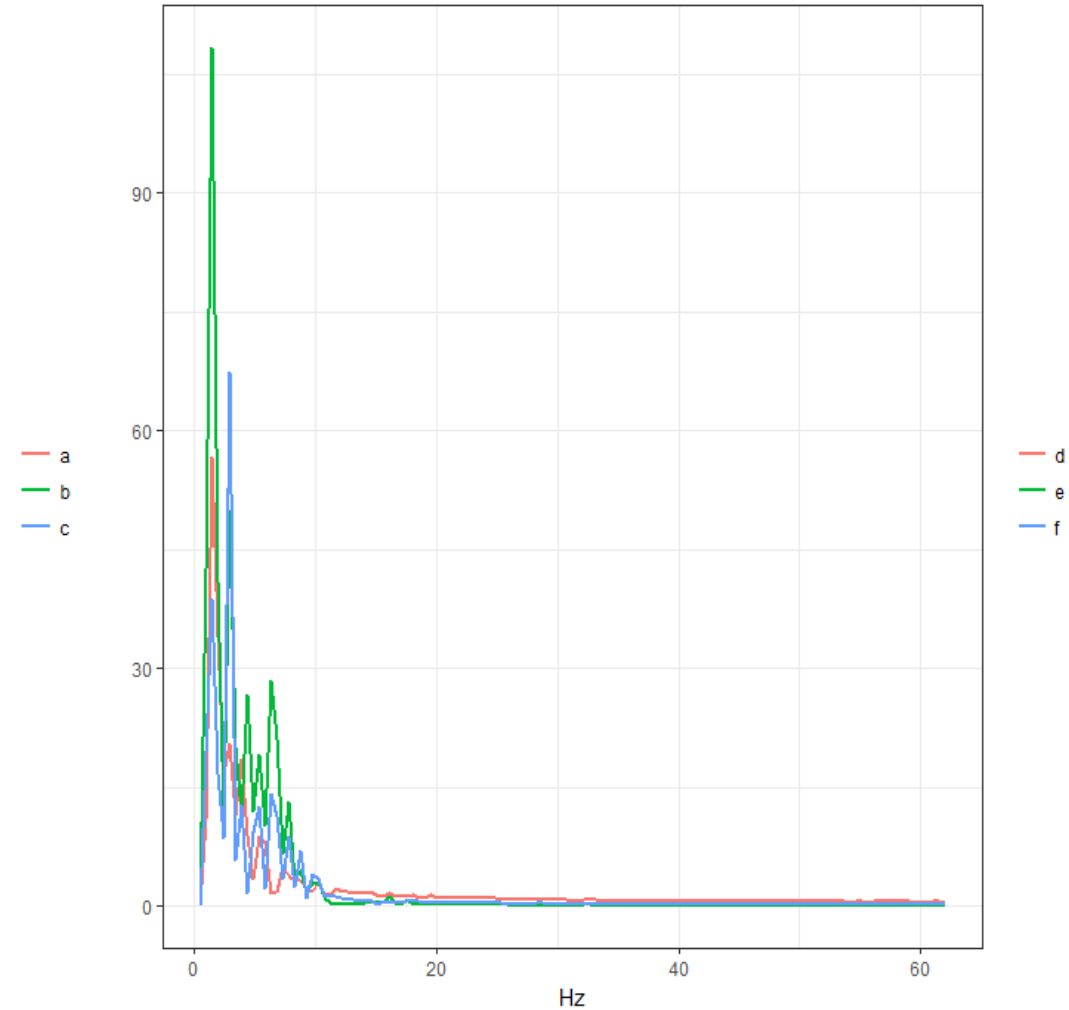


図36.歩行N角速度,FFT

まとめ・今後の課題

■ まとめ

VRPを使うことでデータの結合などの前処理が簡単に視覚的に行うことができた。また、対散布図により異常歩行、健常歩行の特徴を可視化できた。

■ 今後の課題

得られた特徴の可視化を考慮して識別に使う特徴を考えていく必要がある。

参考文献

- [1]久保田 雅史, 野々山 忠芳, 鯉江 祐介, 安竹 正樹, 松尾 英明, 成瀬 廣亮, 渡部 雄大, 安竹 千秋, 嶋田 誠一郎, 中田 透, 佐藤 佳州, 山村 修, "地域在住高齢者における歩行安定性と静的立位安定性との関連性", Vol42, No2, pp.1, 2016.
- [2]松本匡生, 阿部武彦, 田嶋 拓也, 木村春彦 "ハイブリッドセンサを用いた歩行障害の回復評価システム実現のための基礎検討", 日本福祉工学会誌, 13(2), 26-31, 2011.
- [3]瀬尾敦生, 香川聖雄, 長尾和彦, "3軸加速度センサを用いた高齢者の歩行能力解析と最適化に関する考察", 第80回全国大会講演論文集, 第2018巻, 第1号, pp.699-700, 2018.
- [4]加藤浩, 米山 満, "小型三軸加速度センサを用いた歩行分析の有用性", 第49回日本理学療法学術大会抄録集, Vol41, No2, pp.1, 2014
- [5]山本義郎, 南弘征, 水田正弘, 佐藤義治, "動的な対散布図のJavaによる実装について", 計算機統計学, 第11巻, 第2号, pp.113-119, 1999.
- [6]馬田俊雄, "移動平均法の周波数特性変化", 九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート, 第11, pp.9-16, 2010.
- [7]岩本健嗣, 杉森大輔, 松本三千人, "3軸加速度センサを用いた歩行者推定手法," 情報処理学会論文誌, 第 巻55, 第 2, pp. 739-749, 2014.

