

Doctoral Dissertation
博士論文

負荷の小さい5回立ち上がりテストによる
高齢者の身体虚弱判定方法に関する研究

(Research on Methods for Identifying Physical Frailty in Elderly People
by Low-Physical-Strain Five Times Sit-to-Stand Test)



2025 年 3 月

布川 拓海

Nunokawa Takumi

Graduate School of Sciences and Technology for Innovation
Yamaguchi University

山口大学大学院 創成科学研究科

目次

第1章 緒言	6
1.1. 背景	6
1.2. フレイル	7
1.3. 先行研究	9
1.3.1 フレイルの診断基準	9
1.3.2 5回立ち上がりテスト	9
1.3.3 立ち上がり動作分析	11
1.4. 研究目的	14
1.5. Outline	15
第1章の参考文献	15
第2章 身体的負荷の小さいFTSTSテストにおける床反力を用いた身体虚弱の評価	18
2.1. 方法	18
2.1.1 J-CHS 基準によるフレイル診断方法	18
2.1.2 被験者自身のペースによるFTSTSテストの実施方法	18
2.1.2.1 対象者	18
2.1.2.2 実施方法	18
2.1.3 運動機能テストの実施方法	19
2.1.4 最大努力速度によるFTSTSテストの実施方法	19
2.1.4.1 対象者	19
2.1.4.2 実施方法	19
2.1.5 臨床実験の分析方法	20
2.2. 結果と考察	22
2.2.1 被験者自身のペースによるFTSTSテストの分析結果	22
2.2.1.1 フレイルの診断結果	22
2.2.1.2 FTSTSテストの実施結果	22
2.2.1.3 経過時間によるフレイルの分析結果	28
2.2.1.4 立ち上がりおよび座り動作時間による分析結果	30
2.2.1.5 床反力の振幅および時間長による分析結果	33
2.2.1.6 複数の指標を用いた分析結果	40
2.2.1.7 運動能力テストとの相関	45
2.2.1.8 健常群とプレフレイル群の比較	45
2.2.2 最大努力速度によるFTSTSテストの分析結果	48
2.2.2.1 J-CHS 基準によるフレイル診断の結果	48
2.2.2.2 FTSTSテストの実施結果	48

2.3. まとめ.....	50
第2章の参考文献.....	50
第3章 身体的負荷の小さいFTSTSテストにおける加速度計を用いた身体虚弱の評価	51
3.1. 方法.....	51
3.1.1 提案する自動計測システムの概要	51
3.1.2 臨床実験における被験者のフレイル診断方法.....	51
3.1.2.1 対象者	51
3.1.2.2 J-CHS 基準によるフレイル診断.....	52
3.1.3 自動計測システムを用いた FTSTS テストの実施方法	52
3.1.4 運動機能測定の実施方法	52
3.1.5 臨床実験の分析方法	53
3.2. 結果と考察.....	54
3.2.1 フレイルの診断結果	54
3.2.2 自動計測システムを用いた FTSTS テストの実施結果	54
3.2.3 臨床実験の分析結果	73
3.2.3.1 経過時間によるフレイルの分析結果	73
3.2.3.2 加速度によるフレイルの分析結果	74
3.2.3.3 加速度変数と運動機能テストの相関	93
3.3. まとめ.....	93
第3章の参考文献.....	94
第4章 結言.....	95
4.1. 結言	95
4.2. 今後の展望.....	95
謝辞.....	96
付録.....	97
A.1 第2章の各データ	97
A.1.1 被験者の身体情報	97
A.1.2 J-CHS 基準によるフレイル診断結果.....	98
A.1.3 床反力変数の測定値	98
A.1.4 単一の床反力変数を用いたロジスティック回帰の結果.....	103
A.1.5 複数の床反力変数を用いたロジスティック回帰の結果.....	110
A.1.6 運動機能テストの測定値	111
A.2 第3章の各データ	112
A.2.1 被験者の身体情報	112
A.2.2 J-CHS 基準によるフレイル診断結果.....	114
A.2.3 加速度変数の測定値	116

A.2.4 単一の加速度変数を用いたロジスティック回帰の結果.....	125
A.2.5 運動機能テストの測定値	141

第1章 緒言

1.1. 背景

日本では、年々高齢化が進んでおり、将来的にも高齢化が進行していくと予測されている。図 1-1 に日本の人口推移と高齢化率を示す。日本では 65 歳以上を高齢者と定義しており、高齢者人口（65 歳以上人口）は増加傾向にあり、2020 年には 3603 万人となった^[1]。高齢者の増加に伴い、総人口に占める高齢者人口の割合を示す高齢化率も増加しており、2007 年には高齢化率が 21%を超えて、日本は超高齢社会となった^[2]。2020 年には 28.6%と増加しており^[1]、2070 年には 38.7%になると推計されており、すなわち、2.6 人に 1 人が高齢者となる^[3]。このように、現在も、将来的にも日本の高齢化は深刻な状態である。

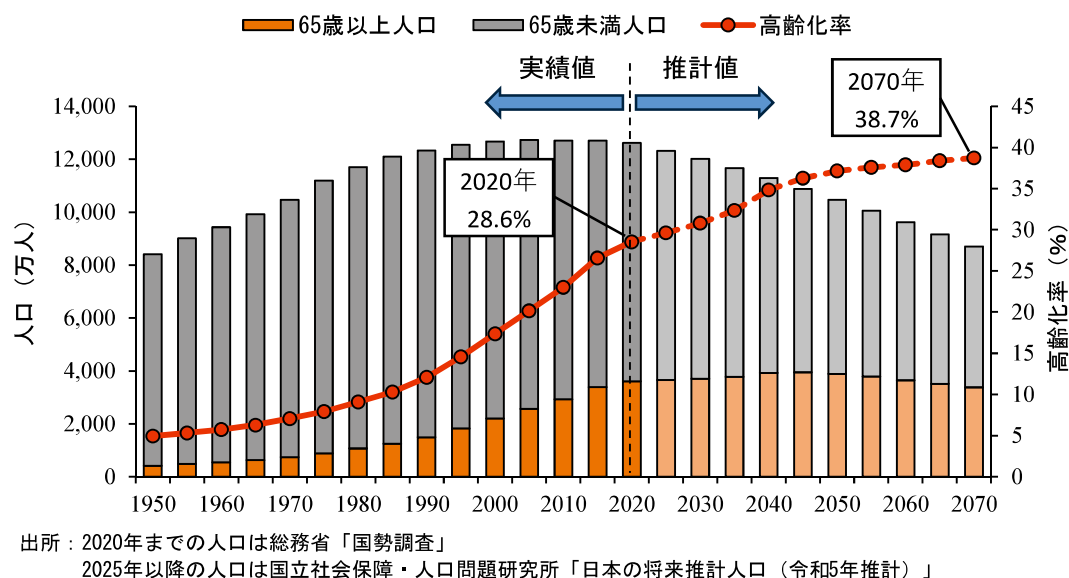


Fig. 1-1 日本の人口推移と高齢化率

高齢化が進む日本では、健康寿命の延伸が社会課題の 1 つとなっている。図 1-2 に日本の平均寿命と健康寿命の差を示す。平均寿命と健康寿命の差は、日常生活に制限がある不健康な期間を意味しており、男性では 8.73 年間、女性では 12.06 年間も不健康な状態で生活している^[4]。このことは、単に健康面の問題だけでなく、医療費の増加や介護現場の負担増加といった様々な面で問題を引き起こしている。したがって、健康寿命を延伸させることで、平均寿命との差を短縮する必要がある。そのためには、要介護状態にならないよう予防することが重要である。

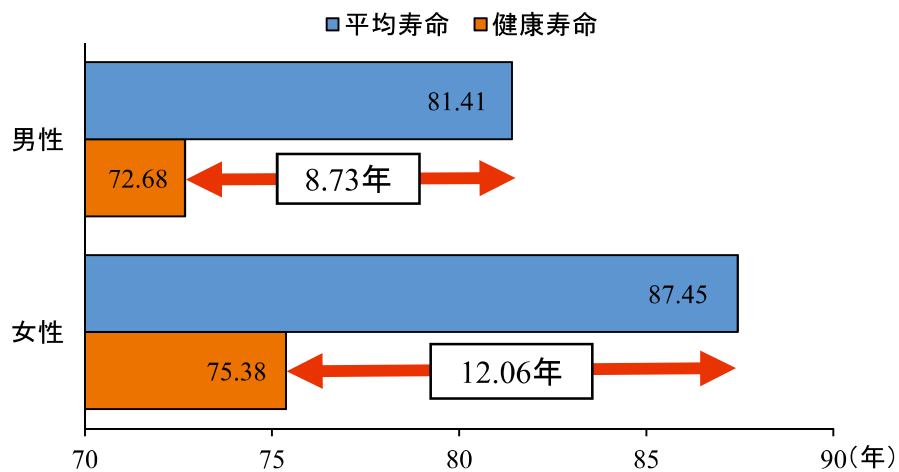


Fig. 1-2 日本の平均寿命と健康寿命の差

1.2. フレイル

予防介護の分野では、2014年に日本老年学会が「フレイル」という概念を提唱した。図1-3にフレイルの位置づけを示す。フレイルとは、加齢に伴って運動機能や認知機能が低下し、外的ストレスに対して脆弱な状態であり、要介護になる危険性が高い状態である。一方で、フレイルには可逆性があり、治療によって健康な状態に戻ることが可能であるため、早期発見が重要である。

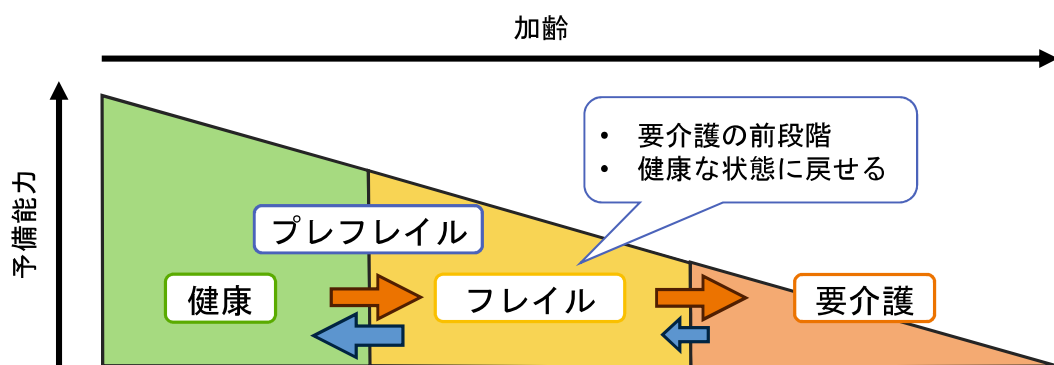


Fig. 1-3 フレイルの位置づけ

また、図1-4に示すように、フレイルは身体的要素、精神・心理的要素、社会的要素といった3つの要素を含む多面的な概念でもある。身体的フレイルは筋量減少や運動器障害による移動機能の低下などがあり、フレイルの最も大きな要素である。精神・心理的フレイルは軽度認知症やうつ状態などがあり、社会的フレイルは外出機会の減少や独居といった社会とのつながりが希薄になった状態などがある。

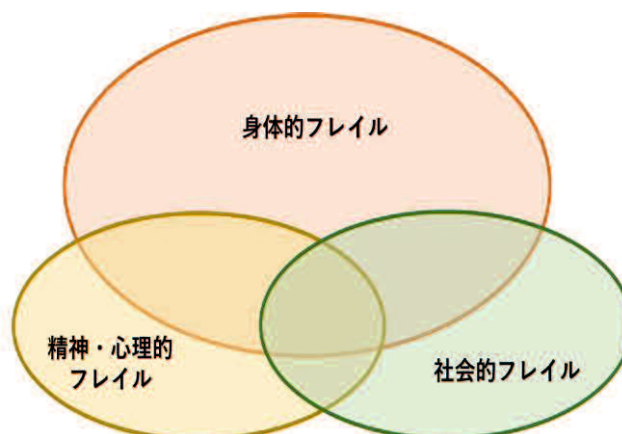
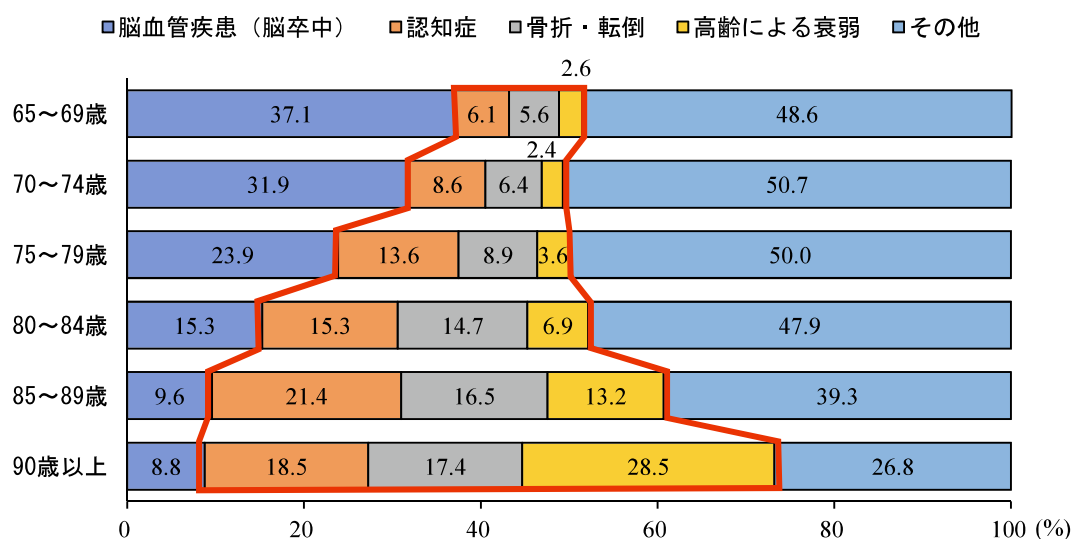


Fig. 1-4 フレイルの3要素

また、フレイルの有病率は、65歳以上の高齢者では、フレイルは8.7%、プレフレイルは40.8%と報告されている^[5]。

介護が必要になった原因として、フレイルを背景とする疾患が大きな割合を占めているため、フレイルの予防が重要である。図1-5に年齢階級別の介護が必要となった主な原因を示す。令和4年（2022年）の調査では、認知症、脳血管疾患（脳卒中）、骨折・転倒、高齢による衰弱が原因で介護が必要となった者が多かった^[6-7]。その中で、骨折・転倒、認知症、高齢による衰弱は、フレイルを背景とする疾患であり^[8]、年齢上昇と共にこれらの疾患の割合が上昇していた。したがって、要介護にならないようにするためにはフレイルの予防が重要である。



年齢上昇に伴いフレイルを背景とする疾患の割合が上昇する

（厚生労働省「令和4(2022)年 国民生活基礎調査」より作図）

Fig. 1-5 年齢階級別の介護が必要となった主な原因

1.3. 先行研究

1.3.1 フレイルの診断基準

フレイルには多くの診断基準が提案されているが、統一された基準は存在しない。診断基準として、Fried らの表現型（CHS 基準）、FRAIL スケール、Frailty Index（FI）、Study of Osteoporotic Fractures（SOF）Index、基本チェックリスト、など多数の基準が提案されている。中でも、Fried らの表現型（CHS 基準）はフレイルの概念の基となっており、フレイルの診断に広く用いられている。CHS 基準では、意図しない体重減少、主観的疲労感、筋力（握力）の低下、日常生活活動量の減少、の 5 項目を診断基準としており、3 項目以上を満たす場合にフレイル、1～2 項目を満たす場合にプレフレイル、と診断される。日本で用いられる診断基準としては、CHS 基準を日本人に適した形に改訂した日本版 CHS 基準（J-CHS 基準）、介護認定にも用いられる基本チェックリスト、があり、前者の方がよく用いられる。J-CHS 基準は、体重減少、活動量減少、疲労感、歩行速度低下、握力低下の 5 つの項目で構成される（表 1-1）。3 項目以上該当する場合はフレイル、1～2 項目該当する場合はプレフレイル、0 項目該当の場合は健常と判定される。J-CHS 基準はフレイルの迅速なスクリーニングに適しているが、一方で、5 項目中 3 項目が質問表による評価であるため、身体機能を定量的に評価できていない。フレイルを定量的に評価することができれば、フレイルの程度や治療による回復の程度を把握できる可能性があり、有用であるため、フレイルを定量的に評価する方法を考えた

Table 1-1 J-CHS 基準

体重減少	【質問】6 か月で意図しない 2kg 以上の体重減少がありましたか？
活動量減少	【質問】軽い運動・体操を 1 週間に何日くらいしていますか？ 【質問】定期的な運動・スポーツを 1 週間に何日くらいしていますか？ (いずれもしていないで該当)
活力低下	【質問】ここ 2 週間、わけもなく疲れたような感じがしますか？
握力低下	握力（男性：26kg 未満，女性：18kg 未満）
歩行速度低下	歩行速度（1.0m/s 未満）

1.3.2 5 回立ち上がりテスト

フレイルの初期段階では特に下肢筋力の低下率が高いことが報告されている^[9-10]。したがって、下肢機能を評価する方法を用いれば、フレイルを定量的に評価できる可能性がある。下肢機能の評価方法としては、6 分間歩行テスト、Timed up & go（TUG）テスト、short physical performance battery（SPPB）、立ち上がりテスト、5m 歩行試験、膝伸展筋力測定、生体電気インピーダンス分析、などがある。特に、立ち上がりテストは、椅子からの立ち上りを繰り返

して行う評価方法であり、簡便であり、必要な機材も椅子とストップウォッチのみと安価であるため、臨床現場で広く用いられている。

立ち上がりテストには、様々な測定方法が提案されており、5回立ち上がりテスト、10回立ち上がりテスト、30秒立ち上がりテスト、などがある。中でも、被験者が最も容易に行える方法は、5回立ち上がりテスト(Five Times Sit-to-Stand test, FTSTS test)である^[11-14]。FTSTSテストは、起立から着座までの動作を最大努力速度で5回繰り返し、完了までに掛かった時間を計測することで、下肢機能の低下を評価する方法である。下肢機能の低下を判定するカットオフ値が多くの研究で報告されており、転倒リスクやQOLとの関連も報告されている^[15-16]。しかし、被験者に対しては最大努力速度でFTSTSテストを遂行するように求めるため、高齢者は転倒するリスクが高く、過剰な負荷によって下肢関節を損傷する可能性がある^[17]。加えて、下肢機能が著しく低下した高齢者は5回最後まで立ち上がることができない場合もある。自宅介護者を対象にしたFTSTSテストでは、40人中23人が最後まで立ち上がることができなかった^[18]。また、フレイルの診断方法として提案されているSOF Indexでは、「上肢を使用せずに椅子から5回連続して立ち上がれない」ことをフレイルの診断項目の1つとしている^[19]。したがって、FTSTSテストを身体的負担が小さく安全に実施できる方法、フレイルを立ち上がりができるか、できないか、の0, 1ではなく、定量的に評価できる方法に改良する必要がある。

FTSTSテストの身体的負担を軽減した評価方法がいくつか報告されている。牧迫らは要支援・要介護者であってもFTSTSテストを実施できるように、図1-6のように膝に手を着いて立ち上がる方法を提案している^[20]。手を使用した方法であっても、FTSTSテストの所要時間は5m歩行速度やTUG、膝伸展筋力、ADL能力指標と中程度の相関があると報告している。また、山田らは椅子の高さを変更した場合のSTS動作時の床反力と下肢の筋電位を調査している^[21]。下肢長の120%の椅子に比べ、80%の椅子ではSTS動作における臀部離床前後の踏み込みの強さが増大し、STS動作開始から完了までの大腿直筋および前脛骨筋のEMGが増大し、身体負担が大きくなること報告している。しかし、これらの先行研究は最大努力速度で実施するFTSTSテストを想定しており、立ち上がる速度を変更したFTSTSテストは提案されていない。そこで、本研究では最大努力速度を必要としない形、すなわち被験者自身のペースで実施する身体的負担の小さいFTSTSテストを新たに提案する。

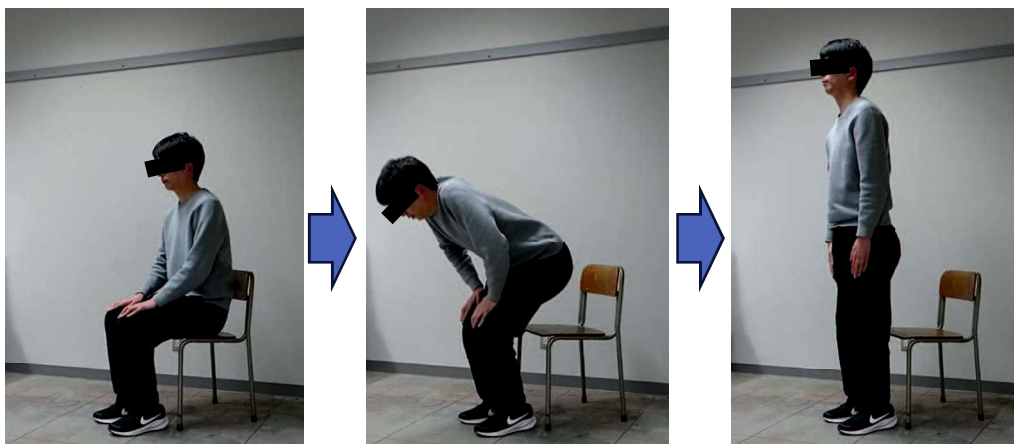


Fig. 1-6 膝に手を着いて立ち上がる方法

1.3.3 立ち上がり動作分析

被験者自身のペースで FTSTS テストを行った場合，従来の評価方法である 5 回立ち上がりに要した時間では，個人差が大きくなり，十分な評価性能が得られない可能性がある．そこで，立ち座り動作の評価方法について考える．

先行研究として、立ち上がり動作の床反力を用いた分析方法がある．計測した床反力から床反力変数（時間要素，床反力値要素，床反力増加率要素など）を設定し，運動機能やバランス機能进行分析する方法がこれまでに提案されている．中谷らは最大努力での立ち上がり動作の床反力を用いて若年者および高齢者の下肢筋力を評価する方法を提案している^[22]．図 1-7 のように床反力増加率最大値体重比，床反力最大値体重比を評価指標に用いて，若年者と高齢者ともに床反力変数と膝伸展筋力との間に相関があることを報告した．辻らは高齢者の立ち上がり動作の床反力変数と身体機能，転倒経験，移動動作能力との関連を調べた^[23]．椅子からの素早い立ち上がり動作の床反力から得られた時間長，床反力最大値体重比，床反力増加率体重比を床反力変数としている（図 1-8）．床反力変数と多くの身体機能テスト（FTSTS テスト，TUG テスト，長座位起立時間，4 方向選択時間など）との間に中程度の相関があり，転倒経験者・不安者，起居移動動作能力低下者は床反力が不良な値を示す傾向があることを報告した．慎らは要支援・要介護者を対象に椅子立ち上がり時の床反力と下肢筋力，日常生活動作（Activities of Daily Living, ADL）能力との相関を分析した^[24]．手を着いて素早く立ち上がり，その時の床反力から時間変数，床反力最大値体重比，床反力増加率体重比を評価に用いている．男性は床反力増加率と下肢筋力との間，時間変数とセルフケア能力および移動動作能力との間に相関があり，女性は最大値変数とセルフケア能力との間に相関があったと報告している．

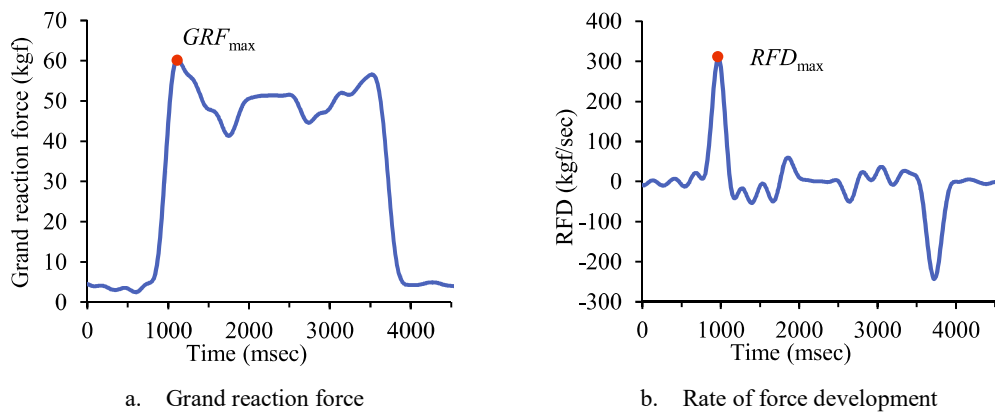


Fig. 1-7 立ち座り動作の典型的な床反力と床反力増加率（高齢者）

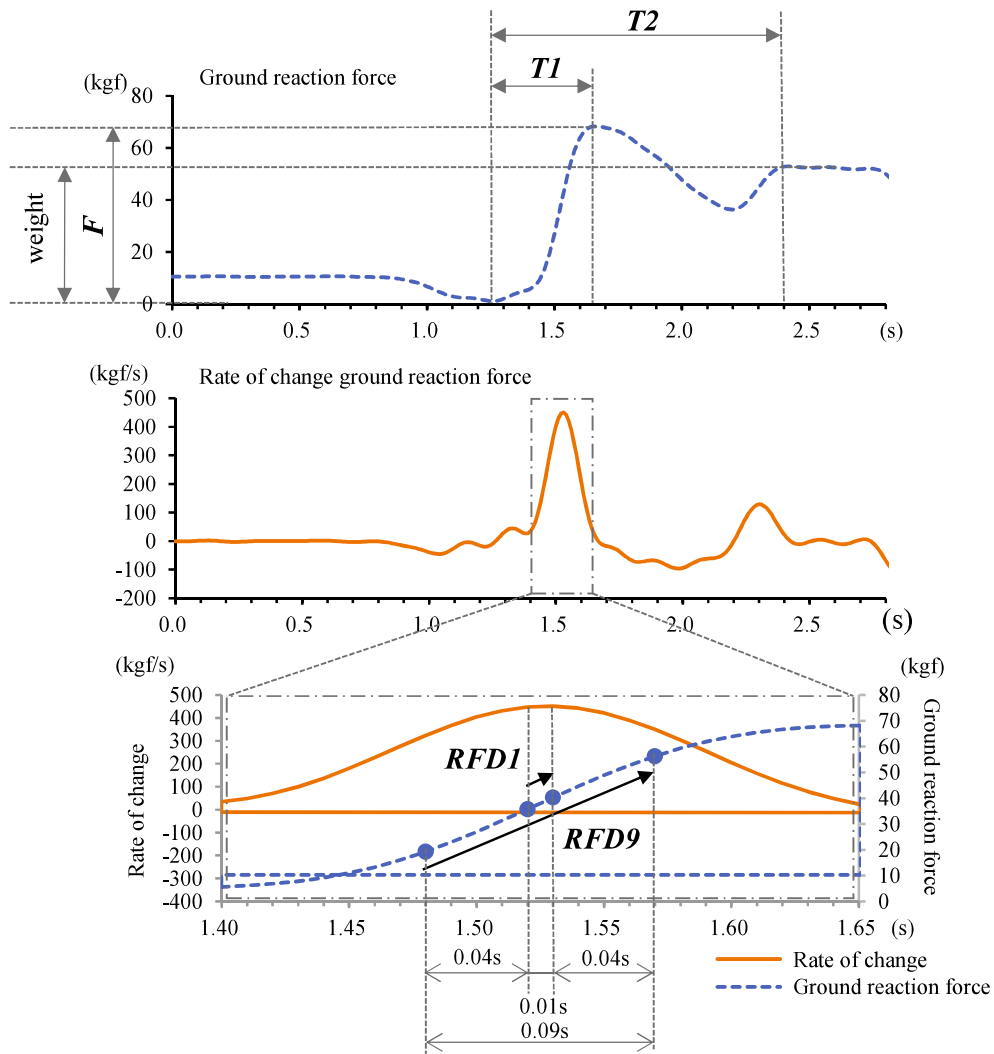


Fig. 1-8 立ち上がり動作の床反力変数

このように、立ち上がり動作の床反力変数は下肢筋力や身体機能テストとの相関があり、移動動作能力とも関連することから、FTSTS テストにおいても床反力変数を用いることでフレイルを評価できる可能性がある。しかし、先行研究ではいずれも最大努力速度での立ち上がり動作を分析しており、本研究で提案する被験者自身のペースでの FTSTS テストではどのような結果になるかわからないため、床反力変数を用いた分析を試みる。また、先行研究では立ち上がり動作のみ分析されており、座り動作については分析されていない。立ち座りに重要な筋である大腿四頭筋や前脛骨筋は、立ち上がり動作と座り動作では筋の活動が異なり、特に座り動作では前脛骨筋がより活発に活動するため、座り動作の分析も試みる。さらに、先行研究では単一の床反力変数で評価を行っているが、本研究では複数の変数を用いて総合的に評価することで、フレイル判定の精度向上を狙う。

しかし、床反力計は高価であり、機器が大型であるため持ち運びには適していないため、高齢者施設や訪問介護といった現場で実用化するためには課題がある。一方、加速度計であれば安価であり、機材が小型かつ軽量、持ち運びしやすいといったメリットがあるため、高齢者施設などで広く普及する可能性がある。

先行研究では、立ち上がり動作の加速度を用いた分析方法がある。Bochicchio らは図 1-9 のように慣性センサを用いて FTSTS テストにおける大腿部の垂直加速度を計測し、垂直加速度から求めた立ち上がり動作のパラメータ（時間、速度、力、パワー）と、床反力およびモーションキャプチャから算出した同様のパラメータとの相関が高いこと報告している^[25]。一方で、慣性センサから算出した速度、力、パワーは、床反力およびモーションキャプチャから算出されたものと比べ過小評価されることを報告している。また、Regterschot らは図 1-10 のようにモーションセンサを用いて高齢者の通常速度での立ち上がり動作における胸部および股関節の垂直加速度を測定し、垂直加速度から算出した立ち上がり動作変数と、床反力から算出した変数との間に中程度～非常に高い相関があることを報告した^[26]。一方で、モーションセンサによる胸部の測定値と一部を除く股関節の測定値は、床反力による測定値より過大に評価していたと報告している。

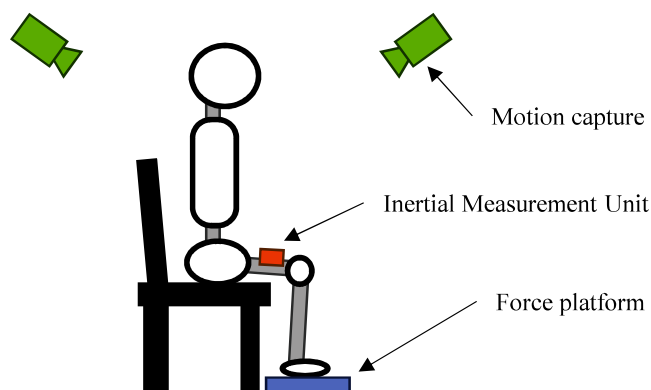


Fig. 1-9 慣性センサを用いた立ち上がり動作の加速度分析

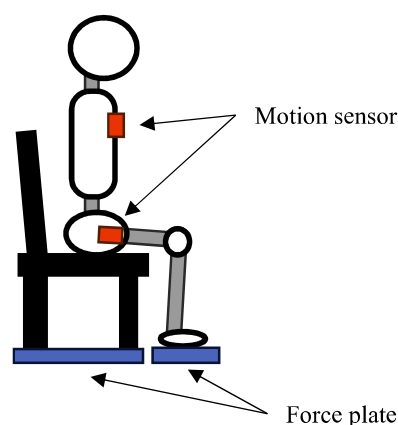


Fig. 1-10 モーションセンサを用いた立ち上がり動作の加速度分析

このように、立ち上がり動作の加速度変数と床反力変数には相関性があるため、加速度を用いても床反力と同様にフレイルを評価できる可能性がある。身体的負荷の小さい動作で FTSTS テストを自動計測できる加速度解析システムの有用性が実証されれば、安全性の高いフレイルの新たな評価方法となる。また、先行研究では 9 軸センサ（慣性センサ、モーションセンサ）を用いて垂直加速度を分析していたが、床反力に比べて過大あるいは過小に評価されており、精度に限界があった。このことは、立ち上がり動作の機械的分析には不向きであるが、高齢者の立ち上がり動作の臨床評価には実用的である可能性がある。本研究では、より簡易に 3 軸加速度計を用いて合成加速度で評価を試みる。また、先行研究では加速度センサの計測箇所は腰や胸であるが、今回は頭部で計測する。腰や胸に比べ頭部の方が立ち座り動作の加速度が大きく変動するため、被験者自身のペースで立ち座りを行った場合でも加速度の変動が大きく出て分析しやすい可能性がある。また、床反力の分析と同様に、立ち上がり動作だけでなく座り動作も分析し、いくつかの評価変数を用いて総合的なフレイルの評価を試みる。

1.4. 研究目的

本研究では、フレイル高齢者でも安全に実施できるようにするために、身体的負荷の小さい動作 FTSTS テストを実施する。まず、床反力計を用いて立ち座り動作を計測し、得られた床反力データからフレイルを評価する方法を提案する。立ち上がり動作だけでなく座り動作についても分析し、複数の指標を用いて総合的にフレイルを評価し、その有用性を検証する。次に、無線通信可能なウェアラブル加速度センサを用いて、FTSTS テストの立ち座り動作における加速度を自動計測できるシステムを構築する。自動計測システムを用いて FTSTS テストにおける加速度を計測し、得られた加速度データからフレイルを判定する方法を提案し、その有用性を検証する。

1.5. Outline

第1章では、本研究の背景と目的を述べる。フレイル評価の重要性とフレイル高齢者に適した評価方法について説明する。

第2章では、高齢者を対象に床反力計を用いた身体的負荷の小さい FTSTS テストを実施した。J-CHS 基準によるフレイル診断を正解として、得られた床反力データからフレイルの判別を行い、ROC 曲線を用いて有用性を検証した。

第3章では、高齢者を対象に加速度計を用いた身体的負荷の小さい FTSTS テストを実施した。無線通信可能なウェアラブル加速度計を用いて自動計測システムの開発を行った。得られた加速度データからフレイル判別を行い、有用性を検証した。

第4章では、結言と今後の展望を述べる。

第1章の参考文献

- [1] 総務省統計局, 令和2年国勢調査 人口等基本集計結果 結果の概要,
<https://www.stat.go.jp/data/kokusei/2020/kekka.html>, 閲覧日 2024 年 12 月 14 日
- [2] 総務省統計局, 平成19年10月1日現在推計人口 - 全国: 年齢(各歳), 男女別人口・
都道府県: 年齢(5歳階級), 男女別人口 -,
<https://www.stat.go.jp/data/jinsui/2007np/index.html>, 閲覧日 2024 年 12 月 11 日
- [3] 国立社会保障・人口問題研究所, 日本の将来推計人口(令和5年推計) 結果の概要,
https://www.ipss.go.jp/pp-zenkoku/j/zenkoku2023/pp_zenkoku2023.asp, 閲覧日 2024 年 12 月 14 日
- [4] e-ヘルスネット(厚生労働省), 平均寿命と健康寿命, <https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/hale/h-01-002.html>, 閲覧日 2024 年 12 月 14 日
- [5] Murayama H, Kobayashi E, Okamoto S, Fukaya T, Ishizaki T, Liang J, Shinkai S. National prevalence of frailty in the older Japanese population: Findings from a nationally representative survey. Arch Gerontol Geriatr. 2020, 91, 104220.
- [6] 厚生労働省, 2022(令和4)年 国民生活基礎調査の概況,
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa22/index.html>, 閲覧日 2024 年 12 月 20 日
- [7] 総務省統計局 e-Stat, 令和4年国民生活基礎調査データセット23. 介護を要する者数, 介護が必要となった主な原因・通院の有無・性・年齢階級別, <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450061&tstat=000001206248&cycle=7&tclass1=000001206252&tclass2val=0&metadata=1&data=1>, 閲覧日 2024 年 12 月 20 日
- [8] 井上聡, 秋下雅弘, フレイル 診断と治療の ABC137, 東浩太郎, 眼で見るフレイル, pp.8, 最新医学社, 2018
- [9] I. Janssen, S. B. Heymsfield et al., "Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr", J. Appl. Physiol., Vol.89, No.1, pp. 81–88, 2000.

- [10] Q.-L. Xue, K. Bandeen-Roche et al., "Initial Manifestations of Frailty Criteria and the Development of Frailty Phenotype in the Women's Health and Aging Study II," *The Journals of Gerontology: Series A*, Vol.63, No.9, pp. 984-990, 2008.
- [11] S. R. Lord, S. M. Murray et al., "Sit-to-Stand Performance Depends on Sensation, Speed, Balance, and Psychological Status in Addition to Strength in Older People," *The Journals of Gerontology: Series A*, Vol.57, No.8, pp. M539-M543, 2002.
- [12] R. W. Bohannon, "Reference Values for the Five-Repetition Sit-to-Stand Test: A Descriptive Meta-Analysis of Data from Elders," *Percept. Motor Skills*, Vol.103, No.1, pp. 215-222, 2006.
- [13] S. Buatois, C. Perret-Guillaume et al., "A Simple Clinical Scale to Stratify Risk of Recurrent Falls in Community-Dwelling Adults Aged 65 Years and Older," *Phys. Ther.*, Vol.90, No.4, pp. 550-560, 2010.
- [14] J. M. Guralnik, L. Ferrucci et al., "Lower-Extremity Function in Persons over the Age of 70 Years as a Predictor of Subsequent Disability," *New Engl. J. Med.*, Vol.332, No.9, pp. 556-562, 1995.
- [15] Chen LK, Woo J, Assantachai P, Auyeung TW, Chou MY, Iijima K, Jang HC, Kang L, Kim M, Kim S, Kojima T, Kuzuya M, Lee JSW, Lee SY, Lee WJ, Lee Y, Liang CK, Lim JY, Lim WS, Peng LN, Sugimoto K, Tanaka T, Won CW, Yamada M, Zhang T, Akishita M, Arai H. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment. *J Am Med Dir Assoc*. 2020 Mar;21(3):300-307.e2.
- [16] 坂本 祐太, 甘利 貴志, 寄持 貴代, 山田 徹, 小野 美奈, 5 回立ち上がりテストにおける Quality of Life 低下のカットオフ値：介護予防事業参加者を対象とした横断研究による検証, *日本ヘルスサポート学会年報*, 2018, 4 巻, p. 25-32
- [17] K. E. Ensrud, S. K. Ewing et al., "Comparison of 2 Frailty Indexes for Prediction of Falls, Disability, Fractures, and Death in Older Women," *Arch. Intern. Med.*, Vol.168, No.4, pp. 382-389, 2008.
- [18] Bohannon, R. W. (2011). Five-Repetition Sit-to-Stand Test: Usefulness for Older Patients in a Home-Care Setting. *Perceptual and Motor Skills*, 112(3), 803-806.
- [19] Ensrud KE, Ewing SK, Taylor BC, Fink HA, Cawthon PM, Stone KL, Hillier TA, Cauley JA, Hochberg MC, Rodondi N, Tracy JK, Cummings SR. Comparison of 2 frailty indexes for prediction of falls, disability, fractures, and death in older women. *Arch Intern Med*. 2008 Feb 25;168(4):382-9.
- [20] 牧迫飛雄馬, 太田暁美, 瀬高英之, 原田正彦, 中村好男, 村岡功, 虚弱高齢者における身体運動機能評価を目的とした 5 回椅子立ち座りテストの改良とその信頼性の検証, *スポーツ科学研究*, 5, 71-78.
- [21] 山田 孝禎, 出村 慎一, 北林 保, 立ち上がり動作時における床反力および下肢筋力に及ぼす椅子高の影響, *日本生理人類学会誌*, 2004, 9 巻, 2 号, p. 47-52

- [22] 中谷 敏昭, 上 英俊, 椅子からの立ち上がり動作を利用した下肢筋力評価法, 体力科学, 2004, 53 巻, 1 号, p. 183-188
- [23] 辻 大士, 三ッ石 泰大, 角田 憲治, 尹 智暎, 北濃 成樹, 尹 之恩, 大藏 倫博, 地域在住高齢者を対象とした椅子立ち上がり動作時の地面反力と身体機能, 転倒経験, 転倒不安, 起居移動動作能力との関連性, 体力科学, 2011, 60 巻, 4 号, p. 387-399
- [24] 慎 少帥, 藤井 啓介, 馬 靖宇, 阿部 巧, 辻 大士, 藤井 悠也, 大藏 倫博, 要支援・要介護高齢者を対象とした椅子立ち上がり時の床反力と下肢筋力, 日常生活動作能力との関連性, 理学療法科学, 2017, 32 巻, 6 号, p. 881-887
- [25] G. Bochicchio, L. Ferrari et al., "Temporal, Kinematic and Kinetic Variables Derived from a Wearable 3D Inertial Sensor to Estimate Muscle Power during the 5 Sit to Stand Test in Older Individuals: A Validation Study," 2023.
- [26] G. R. H. Regterschot, W. Zhang et al., "Accuracy and concurrent validity of a sensor-based analysis of sit-to-stand movements in older adults," Gait Posture, Vol.45, pp. 198-203, 2016.

第 2 章

身体的負荷の小さい FTSTS テストにおける床反力を用いた身体虚弱の評価

2.1. 方法

2.1.1 J-CHS 基準によるフレイル診断方法

被験者のフレイルの程度による群分けを実施するために、対象者に対して J-CHS (Japanese version of the Cardiovascular Health Study) 基準によるフレイル診断を実施した。握力は両腕 2 回ずつ測定し、両側の最大値の平均を測定値とした。歩行速度は通常速度で 5 m の距離を歩くのに要した時間から算出した。

本研究では、J-CHS 基準によりプレフレイルまたは健常と診断された者を非フレイル群と定義し、フレイルと診断された者をフレイル群と定義した。

2.1.2 被験者自身のペースによる FTSTS テストの実施方法

2.1.2.1 対象者

対象者は山口大学医学部附属病院に通院した高齢者 21 名(男性 15 名, 女性 6 名)である。年齢は 71 ± 9 歳, 身長は 163.5 ± 7.3 cm, 体重は 63.18 ± 10.37 kg であった。対象者の疾患は, 喘息 8 名, COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease) 8 名, ACO (Asthma and COPD Overlap) 4 名, 疾患なし 1 名であった。対象者には実験の目的および方法を十分に説明し, 同意を得た上で本実験を行った。なお, 本研究は山口大学医学部附属病院人医学研究等倫理審査委員会の承認(承認番号: H2021-031-[3])を得て実施した。

2.1.2.2 実施方法

本実験では, 床反力の計測に wii バランスボード (Nintendo 製) を使用した。本機器は長方形のボード状をしており, 各コーナーに 1 個, 計 4 個の荷重センサを内蔵している。これらのセンサにより立ち座り動作の垂直方向の床反力を得られる。また, 無線通信可能であり, ノートパソコンのアプリケーションに約 100Hz のサンプリング周波数で床反力が記録される。

本研究では, フレイルの高齢者が FTSTS テストを実施した場合においても, 転倒および下肢の関節を痛めるリスクを低減させるために, 最大努力速度を伴わない, 被験者自身のペースで FTSTS テストを実施した。本研究で実施した FTSTS テストの概略を図 2-1 に示す。まず, 被験者の両脚を wii バランスボードの上に乘せた。その後, 被験者を高さ 40 cm の椅子に浅く座らせた。着座後, 被験者の両脚を肩幅程度に開かせるとともに, 被験者の両腕を胸の前で組むように指示した。FTSTS テストの実施に際しては, 被験者に対して, 両腕を使用せずに自分のペースで立ち座り動作を 5 回連続でおこなうように指示した。立ち座り動作は, 座位姿勢から膝と腰を完全に伸ばした状態の立位姿勢になった後, 座位姿勢に戻るというものである。被験者への実験手順の理解を促すために, 1~2 回の予備練習を実施した。その後, 「用意」に続き,

「始め」の合図で FTSTS テストを始めるように指示した。動作開始から 5 回目の立ち上がりとそれに続く着座が完了するまでの床反力を wii バランスボードで計測した。

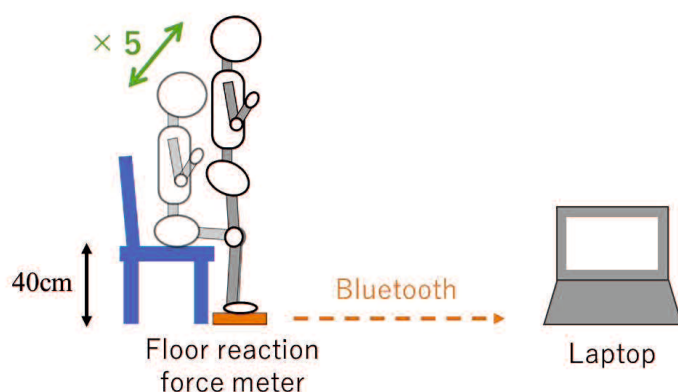


Fig. 2-1 床反力計を用いた FTSTS テスト

2.1.3 運動機能テストの実施方法

運動機能テストとして、握力、歩行速度、6 分間歩行距離、膝伸展筋力を測定した。握力は、握力計を用いて両腕 2 回ずつ交互に測定し、両側の最大値の平均をとった。歩行速度は、通常速度で 5m 歩くのに要した時間を計測し、歩行速度を算出した。6 分間歩行距離は、距離 20m の直線コースを通常速度で 6 分間歩き続け、その距離を計測した。膝伸展筋力は、筋力計を用いて膝関節を 90 度屈曲させた状態から最大限伸展させたときの蹴る力を測定した。両脚 2 回ずつ交互に測定し、左右それぞれの最大値の平均をとった。

2.1.4 最大努力速度による FTSTS テストの実施方法

2.1.4.1 対象者

対象者は山口大学医学部附属病院に通院した高齢者 11 名(男性 8 名, 女性 3 名)である。年齢は 73 ± 6 歳, 体重は 62.64 ± 10.07 kg であった。対象者には実験の目的および方法を十分に説明し、同意を得た上で本実験を行った。

2.1.4.2 実施方法

最大努力速度による FTSTS テストを実施した。被験者に対して立ち座りを行う際に、最大努力速度で、できる限り速く立ち座りを行うように指示をした。その他の実験方法は、2.1.1.2 節と同様にして実施した。

2.1.5 臨床実験の分析方法

まず，被験者自身のペースによる FTSTS テストについて分析し，FTSTS テストの床反力波形から評価に用いる変数を算出する．得られた床反力データに対して，サンプリング周波数を 100Hz にリサンプリングし，その後，FIR ローパスフィルタ（カットオフ周波数 4Hz，Tap 数 511）をかけて平滑化した．その後，床反力波形から 5 回の立ち座りに要した時間 **Total time** を算出した．また，立ち座り 1 動作ごとの床反力波形から床反力変数として，立ち上がり動作と座り動作それぞれ，動作時間，床反力振幅，床反力の時間，床反力振幅の体重比を算出した．被験者 1 人につき各床反力変数をそれぞれ 5 個のデータ取得した．

J-CHS 基準によるフレイル診断の結果を基に，フレイル群と非フレイル群に分けて，**Total time** と床反力変数の平均値および標準偏差を算出した．さらに，welch の t 検定を用いてフレイル群と非フレイル群間に有意差があるか検証した．有意水準は 0.05 とした．

両群間で有意差がみられた床反力変数については，フレイル群を判別するために，ロジスティック回帰分析を行った．目的変数はフレイル群を 1，非フレイル群を 0 とし，説明変数 x_i は床反力変数としたとき，フレイルである予測確率 P は式(2-1)で表せる^[4]．

$$P = \frac{1}{1 + \exp \{-(a_0 + a_1x_1 + \dots + a_nx_n)\}} \quad (2-1)$$

ここで， a_i は回帰係数を示す．回帰係数は最尤法を用いて決定した．複数の床反力変数をもいる際は標準化した後，ロジスティック回帰を行った．また，使用したどの変数が結果に大きく影響したかを調べるために，回帰係数の有意性を見るための検定を行い，Wald の統計量および p 値を算出した．有意水準は 0.05 とした．

ロジスティック回帰によるフレイルの判別性能とフレイルを判定するためのカットオフ値を求めるために，Receiver Operating Characteristic (ROC) 曲線を求めた（図 2-2）．フレイルの判別性能を示すために，ROC 曲線の下面積 Area Under Curve (AUC) を算出した．AUC は 0.7 以上で判別能があるとした．また，フレイルを判定するカットオフ値は，ROC 曲線の「感度 + 特異度 - 1」が最大値となるポイント (Youden index) における予測確率をカットオフ値とした．

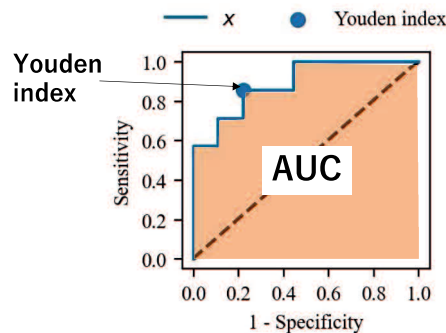


Fig. 2-2 ROC 曲線

ロジスティック回帰によって求めたフレイルの予測確率がカットオフ値以上となったとき、フレイルと判定した。また、カットオフ値によるフレイル判定の結果から、真陽性（True positive, TP）、偽陽性（False positive, FP）、偽陰性（False negative, FN）および真陰性（True negative, TN）のデータ数を求め、感度、特異度、陽性的中率（Positive predictive value, PPV）および陰性的中率（Negative predictive value, NPV）を算出した（図 2-3）。

		J-CHS基準による診断		
		フレイル	非フレイル	
本分析による判定	陽性	真陽性 A	偽陽性 B	陽性的中率 $A/(A+B)$
	陰性	偽陰性 C	真陰性 D	陰性的中率 $D/(C+D)$
		感度 $A/(A+C)$	特異度 $D/(B+D)$	

Fig. 2-3 判定結果

床反力変数によるフレイル判定は、単一の変数を用いたロジスティック回帰を行った後、複数の変数を用いたロジスティック回帰を試みた。多変数を用いたロジスティック回帰では、変数同士に強い相関（多重共線性）があると、回帰モデルの安定性や信頼性が損なわれるため、ピアソンの積率相関係数や分散拡大係数（VIF）を用いて、使用する変数を選定した。変数同士の相関係数が 0.7 以上で強い相関があるとし、単一変数によるフレイル判定の AUC が高い方を選んだ。選定した変数の VIF が 10 以下のとき、多重共線性がない判断し、ロジスティック回帰を行った。

また、床反力変数と関連するフレイル項目を調べるため、J-CHS 基準の各項目について該当群と非該当群に分けて、それぞれの各床反力変数の平均値と標準偏差を算出した。Welch の t 検定を用いて、両群間の有意差を調べた。

また、床反力変数と運動機能テストとの関連を調べるために、ピアソンの積率相関係数を求めた。相関係数 r は式(2-2)で求まる。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2-2)$$

ここで、 x_i と y_i は床反力変数の平均値のデータセットの値および運動機能テストの測定値のデータセットの値、 $\bar{x}$ と $\bar{y}$ はそれぞれのデータセットの平均値、 n はデータの個数である。

次に、最大努力速による FTSTS テストについて分析した。最大努力速度での実施であれば、プレフレイル群と健常群が判別できる可能性があるかを検証した。前述のように、得られた床

反力波形から床反力変数を算出した．J-CHS 基準の診断結果に基づいて，プレフレイル群と健常群に分けた後，Welch の t 検定を用いて両群間に有意差があるかを検証した．

2.2. 結果と考察

2.2.1 被験者自身のペースによる FTSTS テストの分析結果

2.2.1.1 フレイルの診断結果

J-CHS 基準によるフレイルの診断結果は，対象者 21 名の内，フレイル群が 3 名（14%），非フレイル群が 18 名（健常 8 名，プレフレイル 10 名）（86%）であった．

2.2.1.2 FTSTS テストの実施結果

被験者自身のペースによる FTSTS テストの結果の一例を図 2-4 に示す．座位状態における床反力は，両脚を載せているため，その分の床反力を示す．立ち上がり動作では臀部の離床と身体の押し上げによる床反力の増加が生じ，直立姿勢への移行に伴い，床反力が体重の値に収束する波形が観察された．また，座り動作においては，立ち上がり動作の波形と垂直軸について対称な波形が観察された．また，床反力の波形より，立ち座り動作に伴う変動は，5 回とも同様の波形で記録されていることを確認した．そのため，波形データから立ち座り動作にかかる時間 *Total time* を計測することが可能であった．また，全被験者の FTSTS テストの結果を図 2-5-1～2-5-6 に示す．

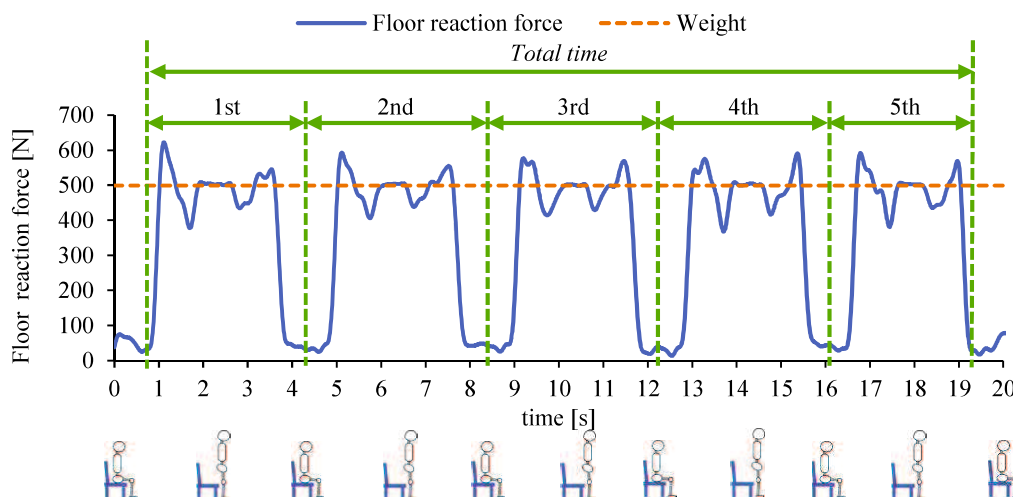
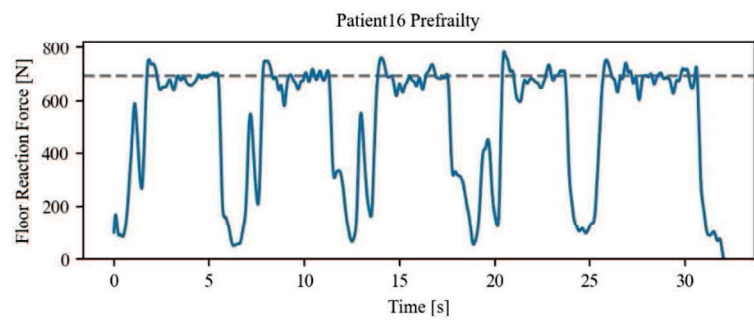
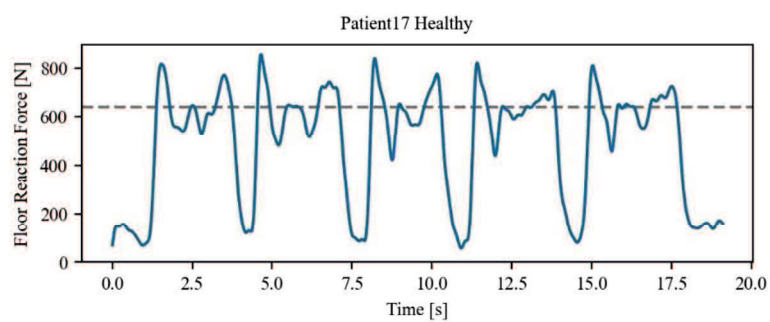


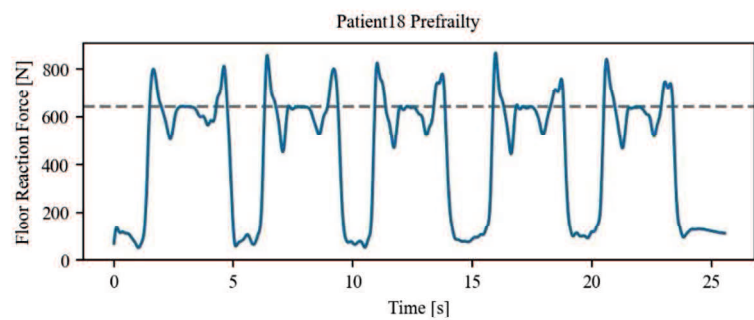
Fig. 2-4 FTSTS テストの床反力



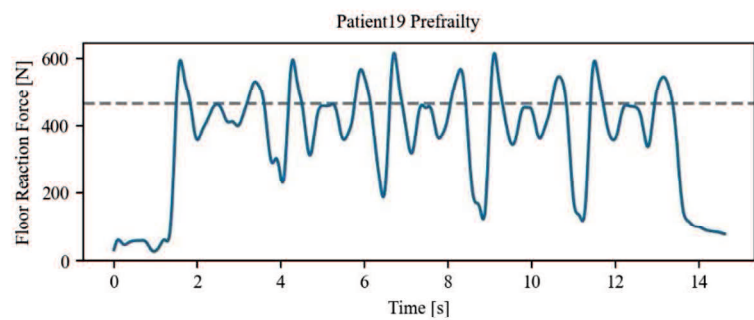
(a) Patient16



(b) Patient17

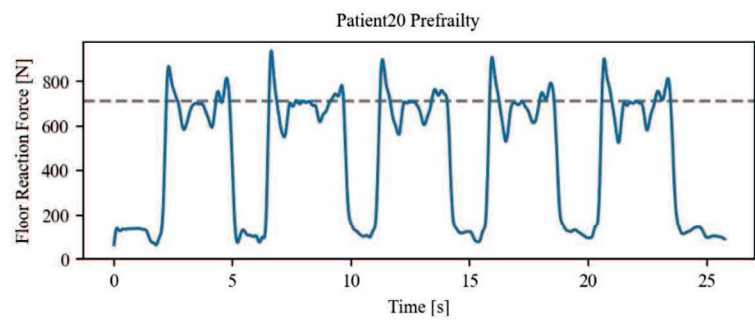


(c) Patient18

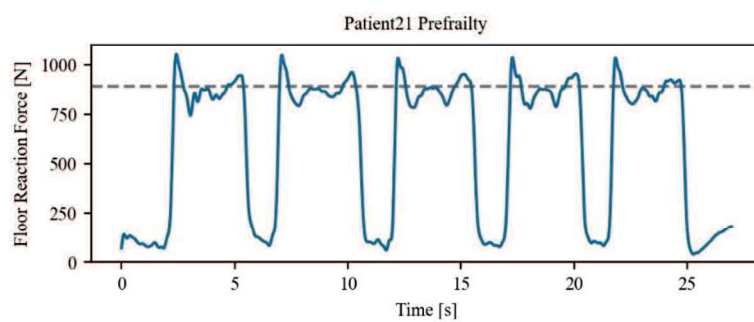


(d) Patient19

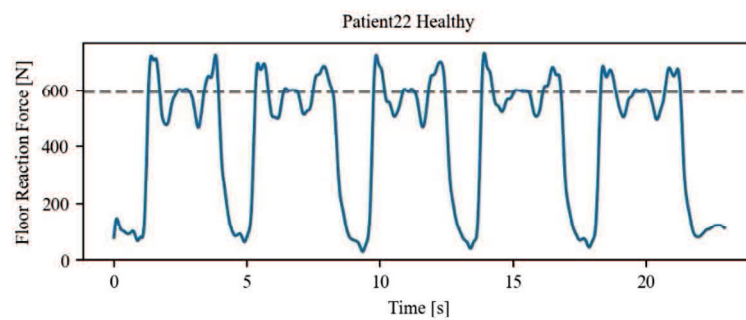
Fig. 2-5-1 各被験者の FTSTS テストの床反力



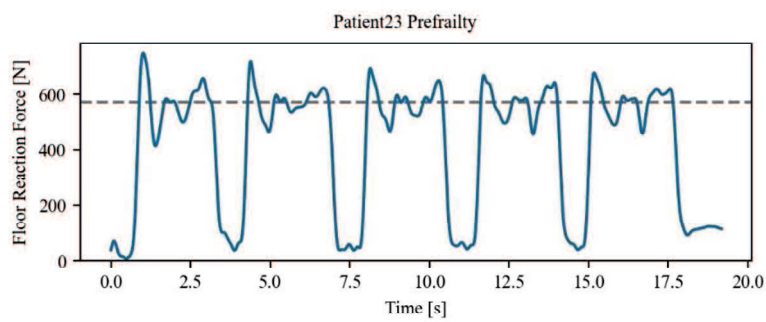
(a) Patient20



(b) Patient21

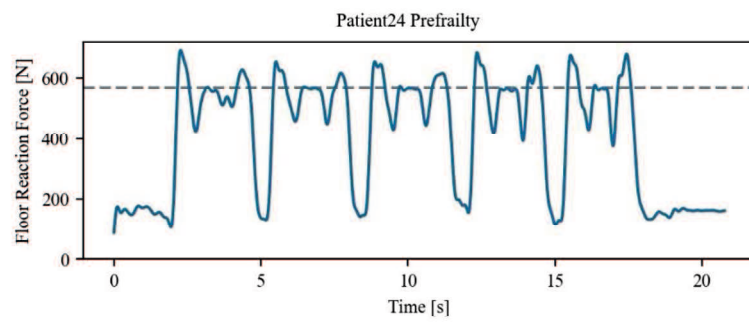


(c) Patient22

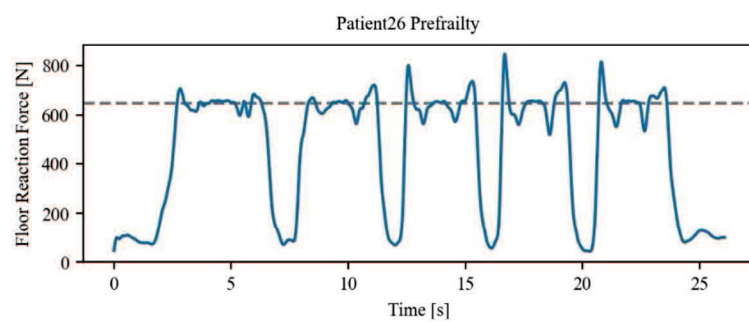


(d) Patient23

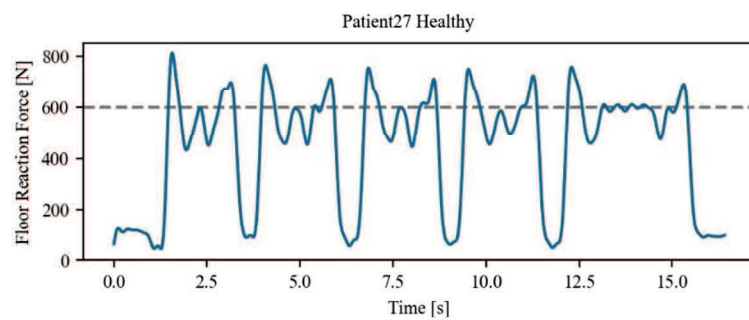
Fig. 2-5-2 各被験者の FTSTS テストの床反力



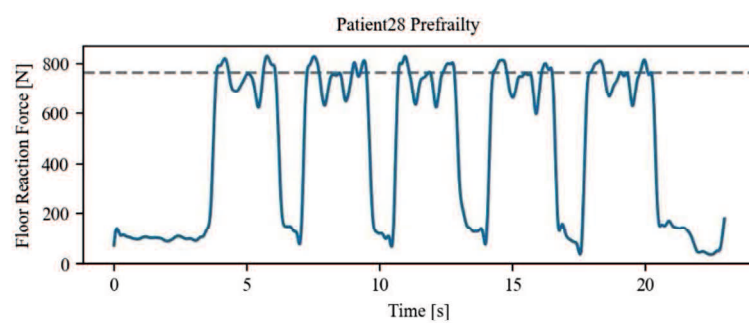
(a) Patient24



(b) Patient26

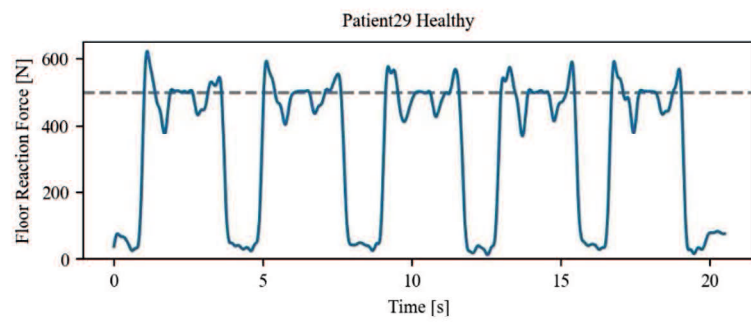


(c) Patient27

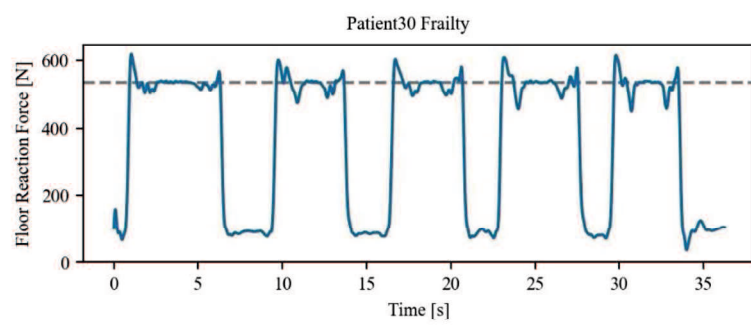


(d) Patient28

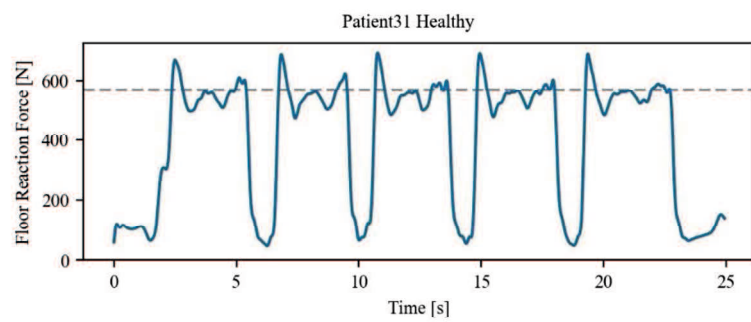
Fig. 2-5-3 各被験者の FTSTS テストの床反力



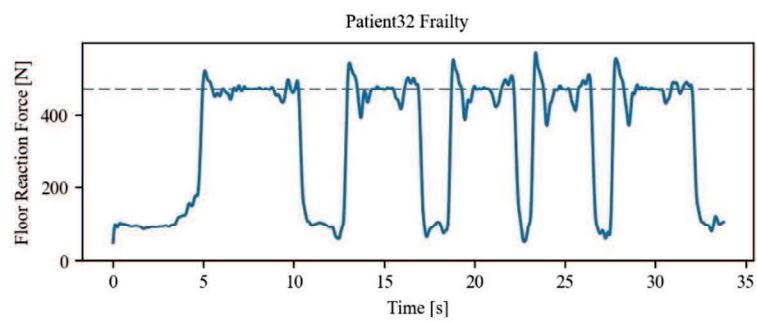
(a) Patient29



(b) Patient30

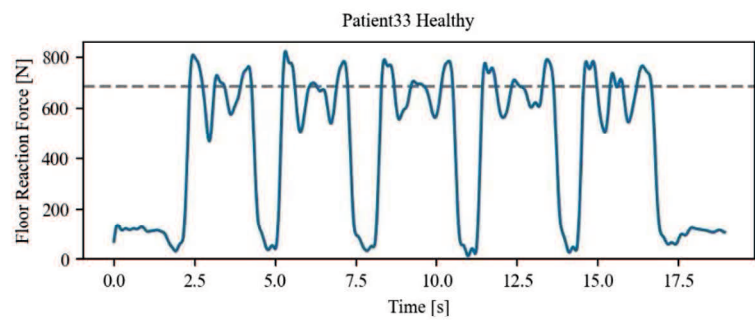


(c) Patient31

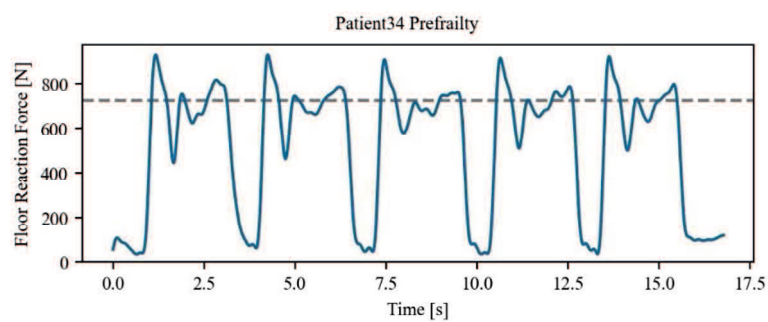


(d) Patient32

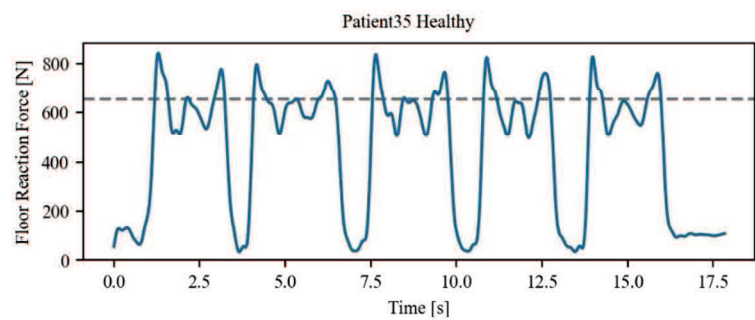
Fig. 2-5-4 各被験者の FTSTS テストの床反力



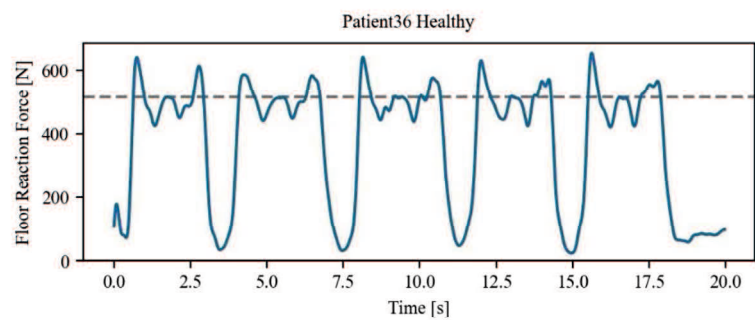
(a) Patient33



(b) Patient34

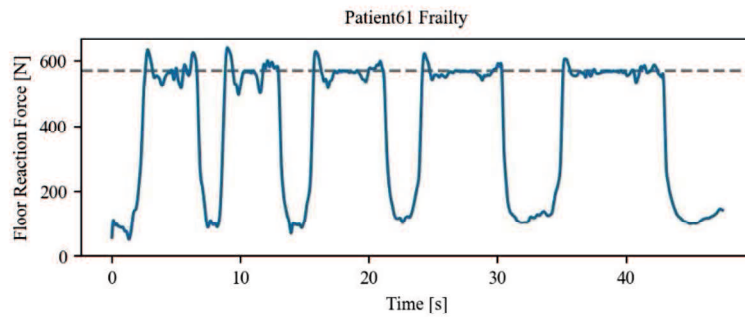


(c) Patient35



(d) Patient36

Fig. 2-5-5 各被験者の FTSTS テストの床反力



(a) Patient61

Fig. 2-5-6 各被験者の FTSTS テストの床反力

2.2.1.3 経過時間によるフレイルの分析結果

図 2-6 に、フレイル群と非フレイル群の計測した経過時間の箱ひげ図を示す。FTSTS テストの立ち座り動作にかかった時間 *Total time* の測定値（平均±標準偏差）は、フレイル群と非フレイル群でそれぞれ、 35.6 ± 5.9 s, 19.1 ± 4.1 s であった。welch の *t* 検定を行った結果、これらの群間で有意な差はみられなかった ($p > 0.05$)。したがって、*Total time* ではフレイルの評価が難しい可能性がある

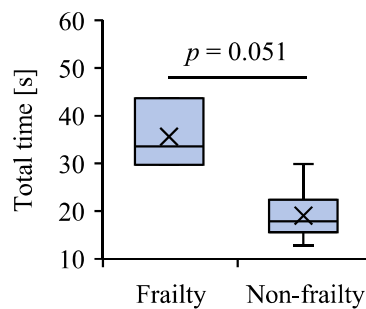
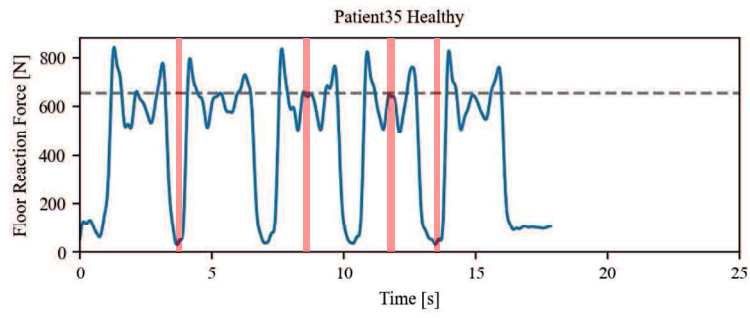
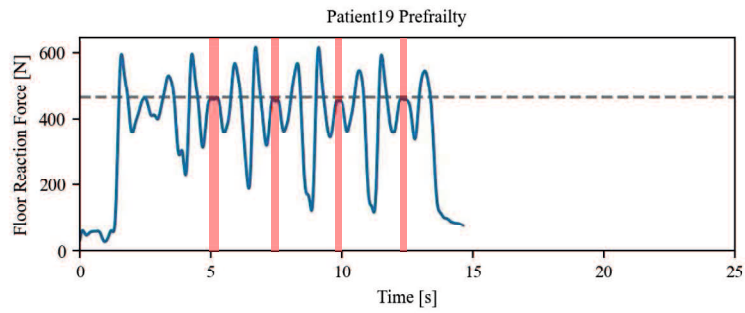


Fig. 2-6 *Total time* による比較

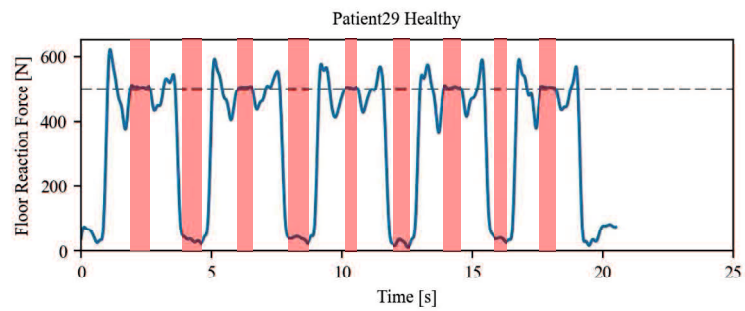
Total time で有意差が出なかった理由を考察する。図 2-7 は非フレイル被験者の FTSTS テストの床反力波形であり、赤く塗られた部分は座位状態または立位状態で静止している時間を表している。図 2-7(a), (b)のように、ほぼ止まることなく立ち座りを行う被験者もいれば、図 2-7(c), (d)のように座位や立位で止まっている時間が長いため、5 回の立ち座りにかかる時間が長くなっている被験者もいた。このように、本実験では被験者自身のペースで実施したため、立ち上がり動作と座り動作の間にある立位状態および座位状態で動いていない時間の長さに個人差があったことが影響した可能性がある。したがって、被験者自身のペースで実施した FTSTS テストでは、時間指標のみに基づいて下肢機能を評価することは困難である可能性がある。



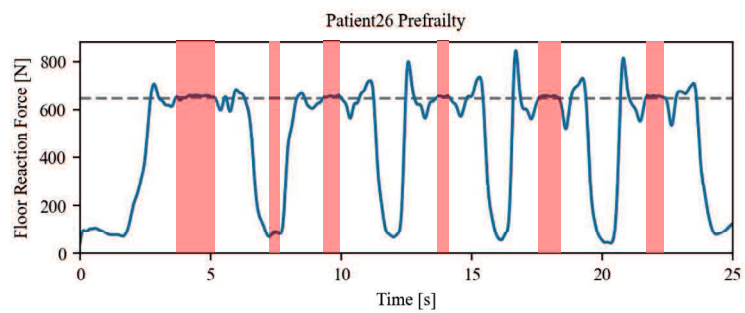
(a) Patient35



(b) Patient19



(c) Patient29



(d) Patient26

Fig. 2-7 座位または立位で静止している時間

2.2.1.4 立ち上がりおよび座り動作時間による分析結果

前述のように，立ち座り 5 回にかかった時間ではフレイルの判別が困難であった．その要因として，立ち座り動作中の動いていない時間が影響した可能性が考えられる．そこで，全体の時間ではなく，立ち上がりおよび座り動作に要した時間を用いてフレイルの判別を試みる．

2.2.1.2 節の図 2-4 の立ち上がり動作の 2 回目について，床反力波形を拡大したグラフを図 2-8 に示す．立ち上がり動作時間については，身体の押し上げにより床反力が増加する以前の床反力最小値から，直立姿勢への移行により床反力が体重値に収束する以前の床反力最小値までの時間を T_1 と定義した．座り動作時間については，立ち上がり動作の波形と垂直軸に対して対象となるように値をとり，その時間を T_2 と定義した．

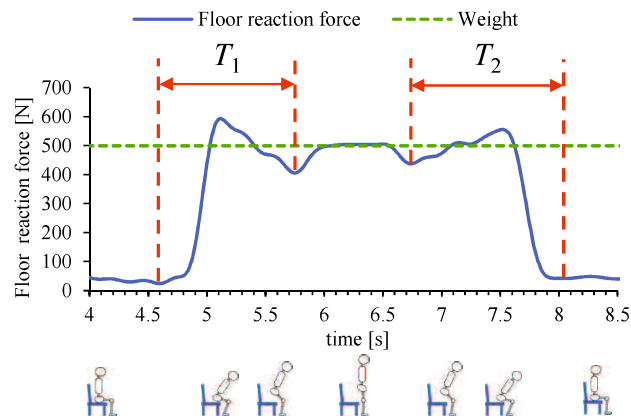


Fig. 2-8 立ち上がり動作と座り動作の床反力

図 2-9 は J-CHS 基準の診断結果を用いてフレイル群および非フレイル群に分けたときの， T_1 および T_2 の計測結果である． T_1 の計測値（平均 ± 標準偏差）は，フレイル群と非フレイル群でそれぞれ， 1.83 ± 0.61 s, 1.14 ± 0.28 s であった．また， T_2 の計測値は，フレイル群と非フレイル群でそれぞれ， 2.02 ± 0.79 s, 1.42 ± 0.36 s であった． T_1 と T_2 の動作時間はともにフレイル群の方が非フレイル群よりも大きい値を示した．それぞれの結果について，welch の t 検定を行った結果，ともに群間で有意な差がみられた．したがって，これらの変数を用いることでフレイルの評価ができる可能性がある．

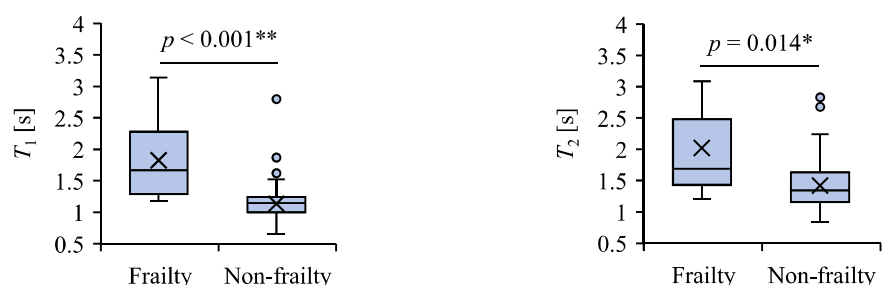


Fig. 2-9 フレイル群と非フレイル群の比較

表 2-1 は T_1 と T_2 によってフレイルリスクを判別するためのロジスティック回帰分析の結果である。図 2-10 は T_1 と T_2 のロジスティック回帰式によってフレイルリスクを判別するための ROC 曲線である。ロジスティック回帰式から求めたフレイルリスクの予測確率のカットオフ値は T_1 と T_2 でそれぞれ、0.095 (AUC=0.91), 0.231 (AUC=0.77)であった。本分析ではこれらの値より大きい場合はフレイルのリスクがあると判断される。 T_1 と T_2 ぞれぞれのカットオフ値による判別結果として、図 2-11 にロジスティック回帰式によるフレイルの予測確率を示す。表 2-2 に、真陽性 (True positive, TP), 偽陽性 (False positive, FP), 偽陰性 (False negative, FN) および真陰性 (True negative, TN) のデータ数, 感度, 特異度, 陽性的中率 (Positive predictive value, PPV) および陰性的中率 (Negative predictive value, NPV) を示す。

まず、表 2-2 の感度と PPV より、フレイル群の判別性能について比較する。 T_1 は感度が非常に高いが、PPV の値は中程度であった。したがって、フレイルの検出率が高いが、フレイルの検出精度が中程度となる可能性がある指標だと考えられる。 T_2 は感度が中程度であり、PPV は中程度であった。したがって、フレイルの検出率は中程度であり、精度も中程度となる可能性がある指標だと考えられる。次に、表 2-2 の特異度と NPV より、非フレイル群の判別性能について比較する。特異度については、 T_1 では値が高く、 T_2 では値が非常に高かった。NPV の値は T_1 と T_2 ともに非常に高かった。したがって、 T_1 , T_2 は非フレイルの検出率が高く、非常に精度良く非フレイルを検出できる可能性がある指標だと考えられる。

Table. 2-1 T_1 および T_2 を用いたロジスティック回帰

Table. (a) T_1

	coef	std err	z	P> z
Const	-6.76	1.44	-4.71	0.000
T_1	3.66	1.02	3.59	0.000

Table. (b) T_2

	coef	std err	z	P> z
Const	-5.24	1.13	-4.65	0.000
T_2	2.10	0.63	3.32	0.001

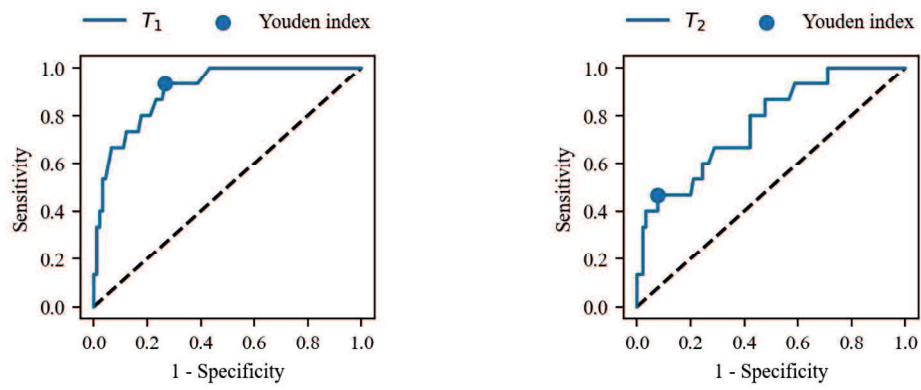
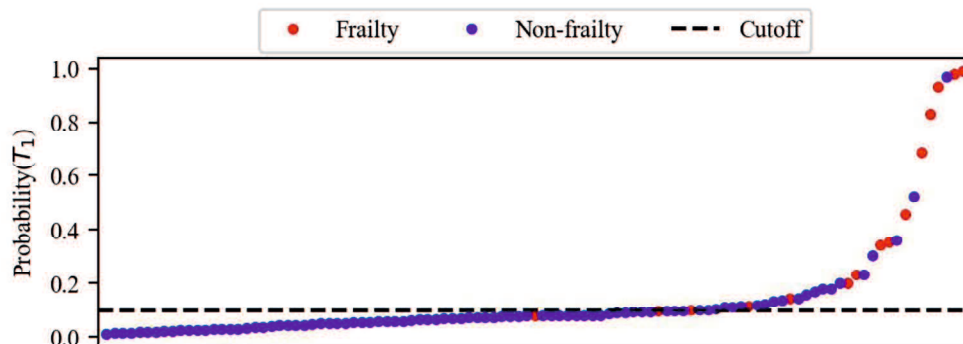


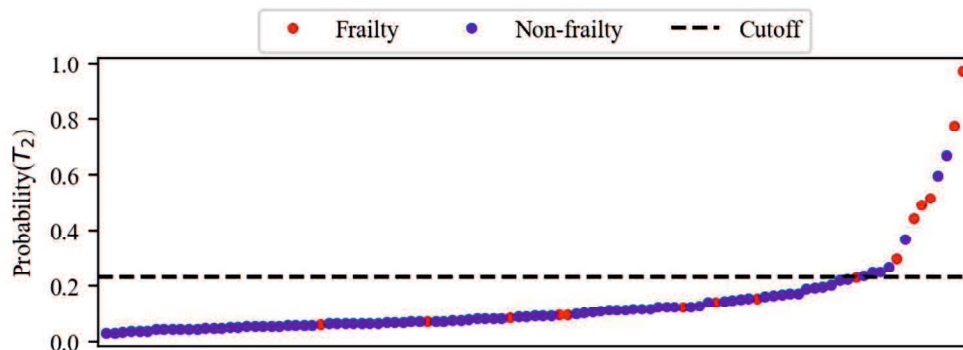
Fig. 2-10. T_1 および T_2 によるフレイル判別の ROC 曲線

Table. 2-2 T_1 および T_2 によるフレイル判別の性能指標

Parameter	TP	FP	FN	TN	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
T_1	14	24	1	66	0.93	0.73	0.37	0.99
T_2	7	7	8	83	0.47	0.92	0.50	0.91



(a) T_1



(b) T_2

Fig. 2-11 単一の床反力変数を用いたロジスティック回帰式によるフレイル予測確率

2.2.1.5 床反力の振幅および時間長による分析結果

立ち上がりおよび座り動作時間がフレイル判別に一定の有用性はある可能性があった。そこで、立ち座り動作の瞬発的な力を評価できれば、よりフレイルを判別できるのではないかと考えた。

立ち上がり動作と座り動作は膝関節および股関節の動きに着目すると、図 2-12 のように屈曲相と伸展相に分けることができる。立ち上がり動作において膝関節および股関節は、座位から体幹前傾が完了するまでは屈曲しており、臀部離床から立位になるまでは伸展している。また、座り動作において膝関節および股関節は、立位から臀部着床までは屈曲しており、体幹後傾から座位になるまでは伸展している。立ち上がり動作の伸展相と座り動作の屈曲相では、大腿四頭筋や前脛骨筋といった立ち座りに重要な働きをする筋肉の活動が活発になる^[2-3]。具体的には、大腿四頭筋は、膝関節を伸展させて身体を上方に持ち上げたり、膝関節を屈曲させてゆっくりブレーキをかけながら座らせたりする。また、前脛骨筋は、足関節をコントロールする

ことで立ち座り時の身体のバランスを保ち、転倒しないようにする。したがって、これらの筋が活発に活動する立ち上がり動作の伸展相，座り動作の屈曲相を評価する指標を考える。

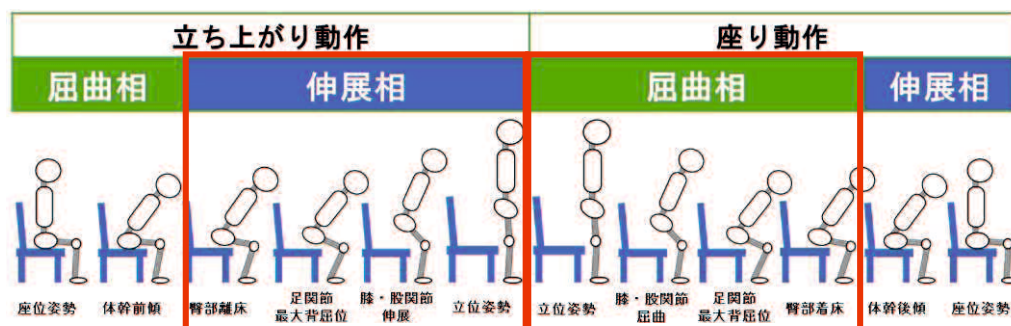


Fig. 2-12 立ち上がり動作と座り動作における伸展相と屈曲相

立ち上がりおよび座り動作の床反力の変化量（振幅）とその時間長を用いてフレイルの判別を試みた。2.2.1.2 節の図 2-4 の立ち上がり動作の 2 回目について，床反力波形を拡大したグラフを図 2-13 に示す。立ち上がり動作について，身体の押し上げにより床反力が増加する時の床反力最大値から，直立姿勢への移行により床反力が体重値に収束する以前の床反力最小値までの振幅を F_1 ，時間を Ta_1 ，振幅の体重比を F_1/Wt と定義した。また，座り動作については，立ち上がり動作の波形と垂直軸に対して対象となるように値をとり，その振幅を F_2 ，時間を Ta_2 ，振幅の体重比を F_2/Wt と定義した。

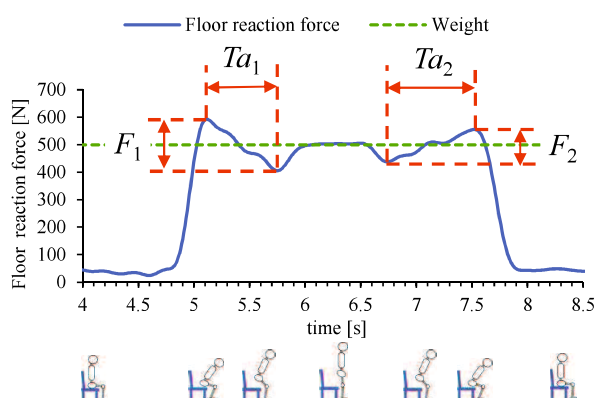


Fig. 2-13 立ち上がり動作と座り動作の床反力

図 2-14 は J-CHS 基準の診断結果を用いてフレイル群および非フレイル群に分けたときの， F_1 および F_2 ， Ta_1 および Ta_2 ， F_1/Wt および F_2/Wt の計測結果である。 F_1 の計測値（平均 ± 標準偏差）は，フレイル群と非フレイル群でそれぞれ， 129.3 ± 39.5 N， 262.2 ± 86.3 N であった。 F_2 の

計測値は、フレイル群と非フレイル群でそれぞれ、 80.2 ± 20.5 N、 174.3 ± 55.4 N であった。 F_1 と F_2 の床反力の振幅はどちらもフレイル群の方が非フレイル群よりも小さい値を示した。 また、 Ta_1 の計測値は、フレイル群と非フレイル群でそれぞれ、 0.93 ± 0.29 s、 0.60 ± 0.18 s であった。 Ta_2 の計測値は、フレイル群と非フレイル群でそれぞれ、 0.81 ± 0.33 s、 0.65 ± 0.20 s であった。 Ta_1 と Ta_2 の床反力の時間はどちらもフレイル群の方が非フレイル群よりも大きい値を示した。 また、 F_1/Wt の計測値は、フレイル群と非フレイル群でそれぞれ、 0.25 ± 0.09 、 0.42 ± 0.13 であった。 F_2/Wt の計測値は、フレイル群と非フレイル群でそれぞれ、 0.15 ± 0.04 、 0.28 ± 0.10 であった。 F_1/Wt と F_2/Wt の床反力振幅体重比はどちらもフレイル群の方が非フレイル群よりも小さい値を示した。 それぞれの結果について、welch の t 検定を行った結果、 Ta_2 を除く全ての変数で群間に有意な差がみられた。

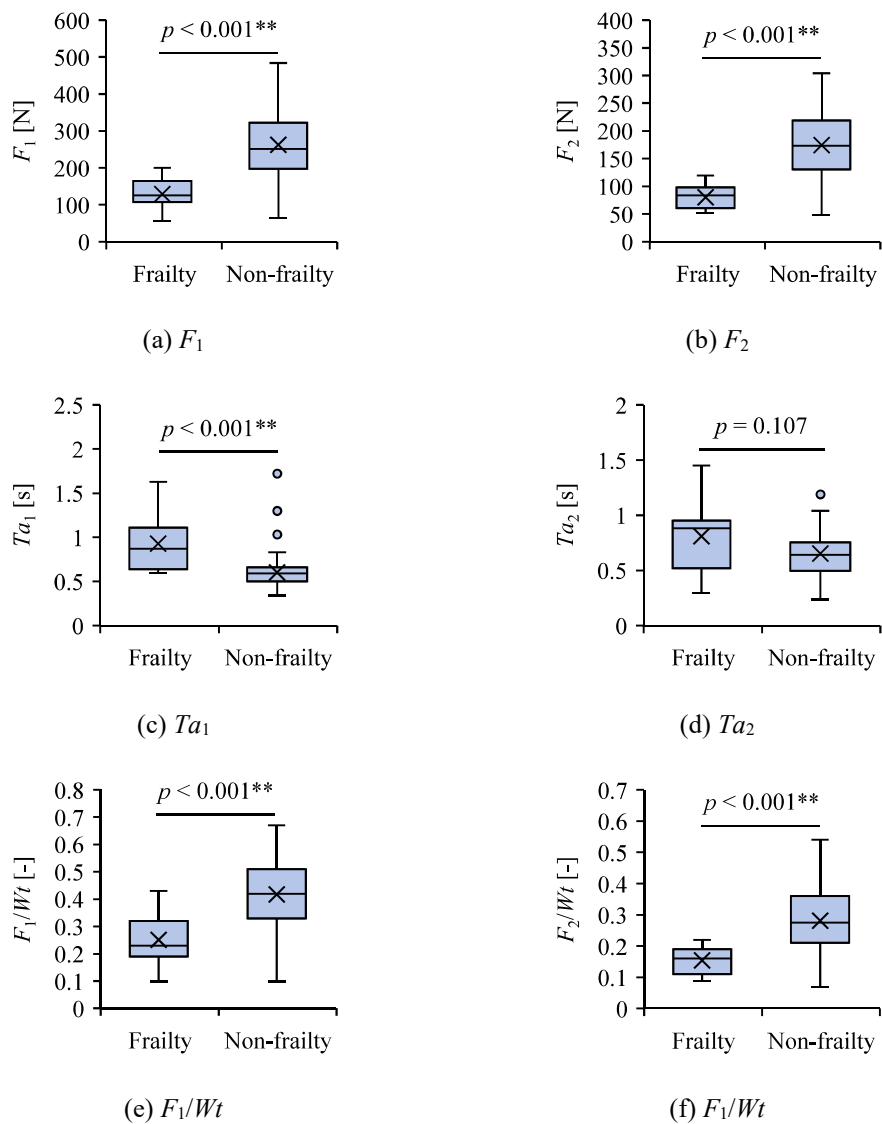


Fig. 2-14 Comparison of frailty and non-frailty groups.

Ta_2 でフレイル群と非フレイル群の間に有意差がなかったことについて考察する．図 2-15 にフレイル被験者の FTSTS テストの床反力波形を示す．座り動作では，身体を下方に下すときに床反力は減少し，ブレーキをかけた時に床反力は増加する．健常者はストンと座るため床反力のピークは 1 つである．一方で，フレイル高齢者は段階を踏んで座るため，図 2-15 の赤い矢印で示したように床反力のピークが複数存在し， Ta_2 が短くなった可能性がある．また，健常者とフレイル高齢者のこのような座り方の違いによって，座りの床反力振幅に差が出たと考えられる．

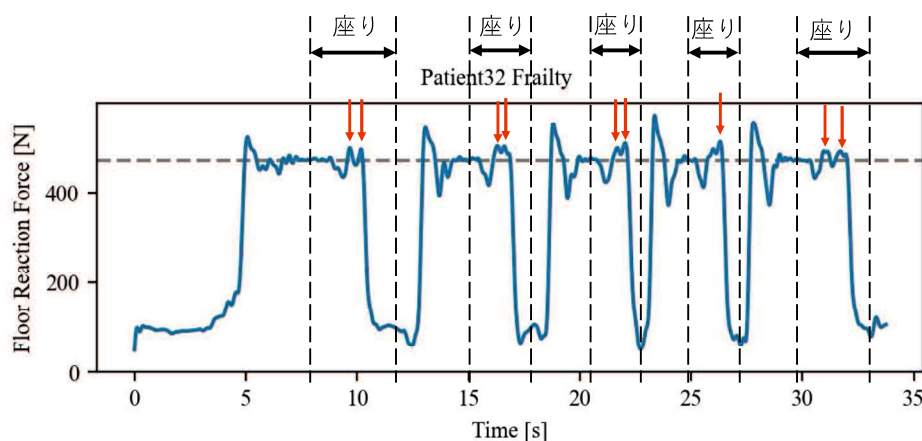


Fig. 2-15 フレイル高齢者の床反力波形

表 2-3 は F_1 , F_2 , Ta_1 , F_1/Wt , F_2/Wt によってフレイルリスクを判別するためのロジスティック回帰分析の結果である．図 2-16 は F_1 , F_2 , Ta_1 , F_1/Wt , F_2/Wt のロジスティック回帰式によってフレイルリスクを判別するための ROC 曲線である．ロジスティック回帰式から求めたフレイルリスクの予測確率のカットオフ値は F_1 , F_2 , Ta_1 , F_1/Wt , F_2/Wt でそれぞれ，0.140 (AUC=0.93), 0.106 (AUC=0.95), 0.214 (AUC=0.87), 0.154 (AUC=0.84), 0.111 (AUC=0.87) であった．本分析ではこれらの値より大きい場合はフレイルのリスクがあると判断される． F_1 , F_2 , Ta_1 , F_1/Wt , F_2/Wt それぞれのカットオフ値による判別結果として，図 2-17-1～2-17-2 にロジスティック回帰式によるフレイルの予測確率を示す．表 2-4 に，真陽性 (True positive, TP)，偽陽性 (False positive, FP)，偽陰性 (False negative, FN) および真陰性 (True negative, TN) のデータ数，感度，特異度，陽性的中率 (Positive predictive value, PPV) および陰性的中率 (Negative predictive value, NPV) を示す．

表 2-4 の感度と PPV よりフレイルの判別性能について比較する． F_1 , F_2 , F_2/Wt は感度が非常に高く， F_1/Wt は高かった．また，これらの変数は PPV の値が中程度であった．したがって，フレイルの検出率が非常に高く，中程度の精度でフレイルを検出できる可能性がある指標だと考えられる．また， Ta_1 は感度が中程度であるが，PPV の値は高かった．したがって，フレイルの検出率は中程度であるが，精度良くフレイルを検出できる可能性がある指標だと考え

られる．表 2-4 の特異度と NPV より非フレイルの判別性能について比較する．特異度については， F_1 ， F_2 ， F_1/Wt ， F_2/Wt ， Ta_1 は値が高く， Ta_1 は非常に高かった．また，NPV はいずれの変数でも非常に高かった．したがって，いずれの変数も非フレイルの検出率が高く，非常に精度良く非フレイルを検出できる可能性がある指標だと考えられる．

Table. 2-3 床反力変数を用いたロジスティック回帰

Table. (a) F_1

	coef	std err	z	P> z
Const	4.18	1.32	3.16	0.002
F_1	-0.033	0.008	-4.01	0.000

Table. (b) F_2

	Coef	std err	z	P> z
Const	4.97	1.54	3.22	0.001
F_2	-0.059	0.016	-3.76	0.000

Table. (c) Ta_1

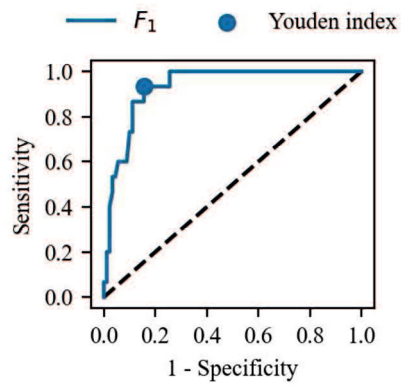
	coef	std err	z	P> z
Const	-5.41	1.10	-4.93	0.000
Ta_1	5.07	1.43	3.53	0.000

Table. (d) F_1/Wt

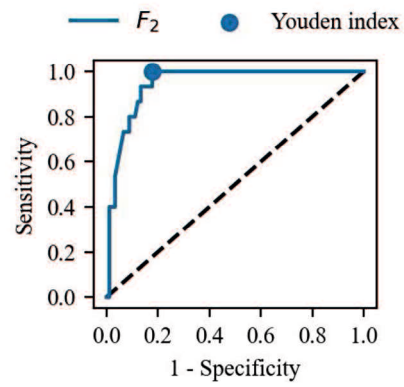
	coef	std err	z	P> z
Const	1.90	0.90	2.10	0.036
F_1/Wt	-11.26	3.03	-3.72	0.000

Table. (d) F_2/Wt

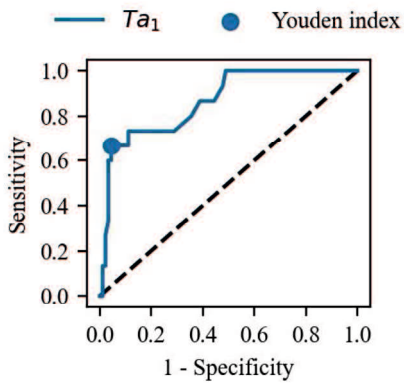
	coef	std err	z	P> z
Const	2.53	1.02	2.50	0.013
F_2/Wt	-20.98	5.62	-3.74	0.000



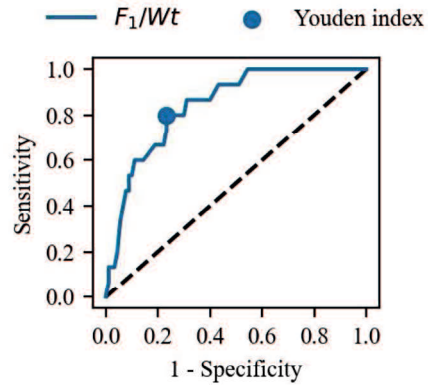
(a) F_1



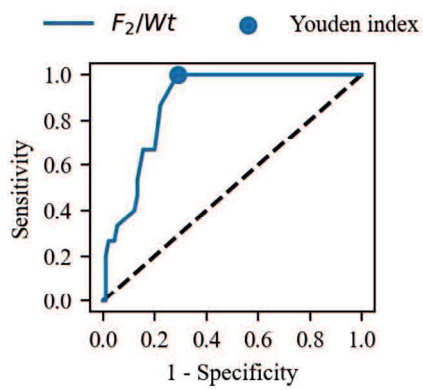
(b) F_2



(c) Ta_1

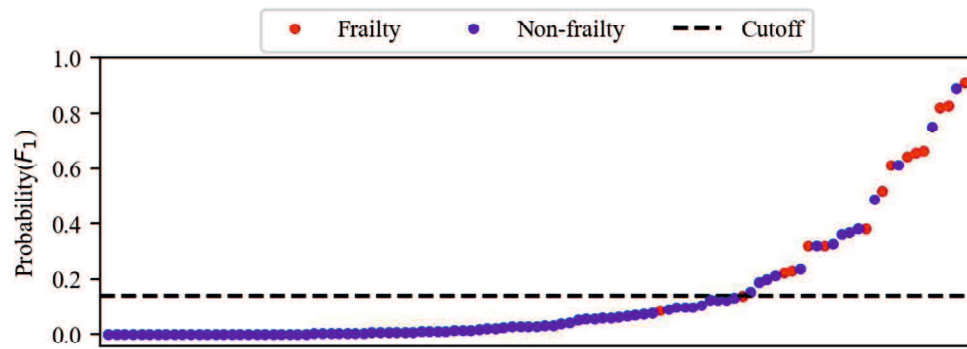


(d) F_1/Wt

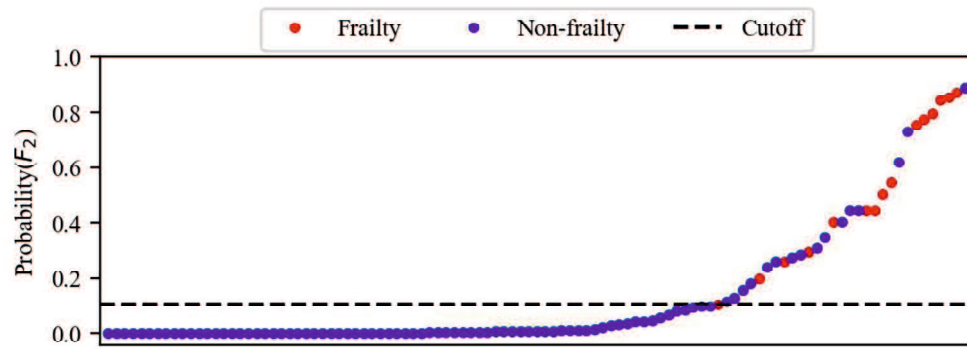


(e) F_2/Wt

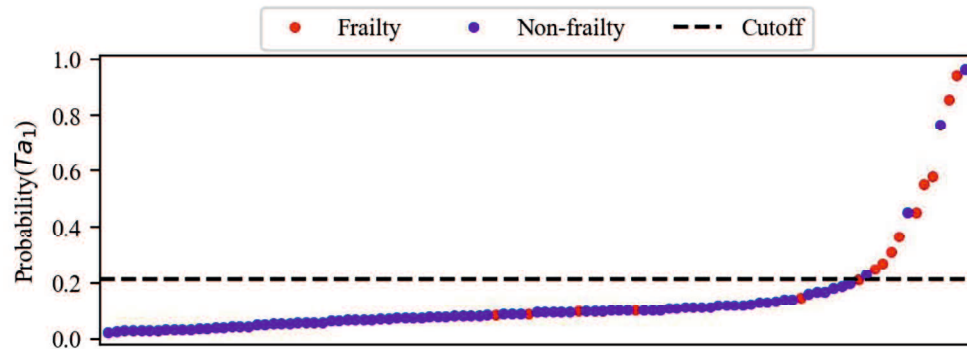
Fig. 2-16 床反力変数によるフレイル判定の ROC 曲線



(a) F_1

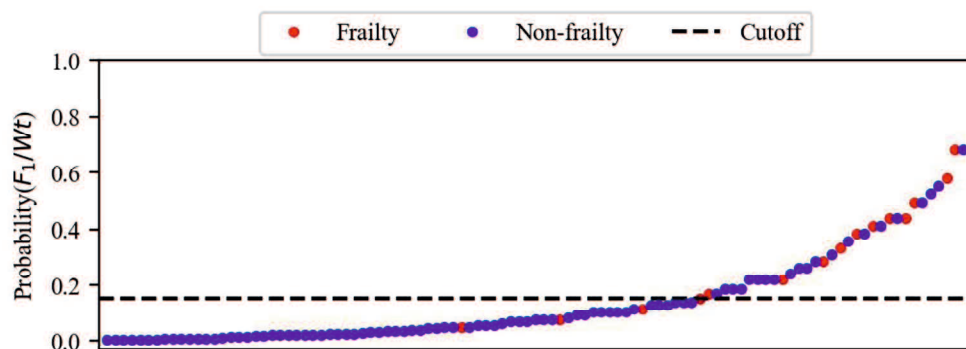


(b) F_2

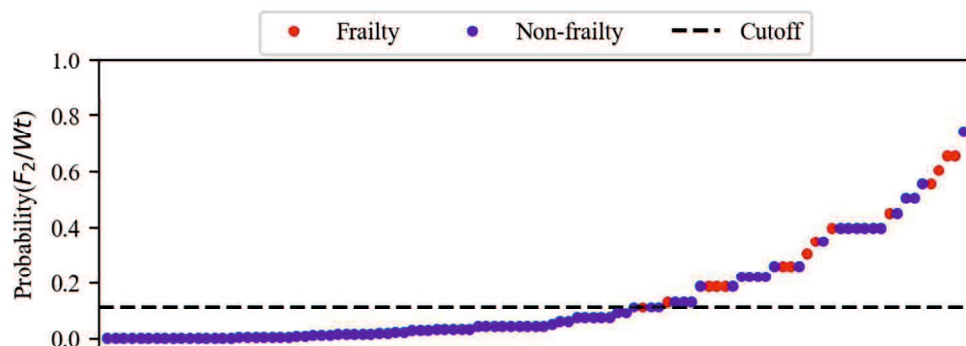


(c) Ta_1

Fig. 2-17-1 単一の床反力変数を用いたロジスティック回帰によるフレイル予測確率



(a) F_1/Wt



(b) F_2/Wt

Fig. 2-17-2 単一の床反力変数を用いたロジスティック回帰によるフレイル予測確率

Table. 2-4 単一の床反力変数を用いたフレイル判定の性能指標

Parameter	TP	FP	FN	TN	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
F_1	14	14	1	76	0.93	0.84	0.50	0.99
F_2	15	16	0	74	1.00	0.82	0.48	1.00
Ta_1	10	4	5	86	0.67	0.96	0.71	0.95
F_1/Wt	12	21	3	69	0.80	0.77	0.36	0.95
F_2/Wt	15	26	0	64	1.00	0.71	0.37	1.00

2.2.1.6 複数の指標を用いた分析結果

前項までは単一の指標を用いてフレイルの判別を行ったが、本項では複数の指標を用いてフレイルの判別を試みる。単一の指標でのフレイル群と非フレイル群の有意差およびフレイル判別の AUC、指標の相関係数に基づいて、フレイル判別用いる指標を選定した。フレイル群と非

フレイル群の有意差がなかったため、 Ta_2 を用いる指標から除いた。指標の相関係数を調べた結果（表 2-5），0.70 以上であった指標は T_1 と Ta_1 ($r=0.84$)， F_1 と F_1/Wt ($r=0.91$)， F_2 と F_2/Wt ($r=0.92$) であった。それぞれの AUC の値を比較し，値が低かった Ta_1 ， F_1/Wt ， F_2/Wt を使用する指標の候補から除外した。選定した指標で VIF（Variance inflation factor）を調べた結果，VIF の値は T_1 ， T_2 ， F_1 ， F_2 でそれぞれ，2.02，1.94，1.79，1.92 であった。したがって，これらの指標に多重共線性はないと判断した。よって，フレイル判別に用いる指標は T_1 ， T_2 ， F_1 ， F_2 の 4 つとした。

Table. 2-5 床反力変数の相関

	T_1	T_2	F_1	F_2	Ta_1	F_1/Wt	F_2/Wt
T_1	1.00	0.61	-0.56	-0.49	0.84	-0.61	-0.50
T_2	0.61	1.00	-0.37	-0.57	0.61	-0.46	-0.60
F_1	-0.56	-0.37	1.00	0.57	-0.45	0.91	0.46
F_2	-0.49	-0.57	0.57	1.00	-0.48	-0.50	-0.47
Ta_1	0.84	0.61	-0.45	-0.48	1.00	-0.50	-0.47
F_1/Wt	-0.61	-0.46	0.91	0.56	-0.50	1.00	0.59
F_2/Wt	-0.50	-0.60	0.46	0.92	-0.47	0.59	1.00

： $0.7 \leq |r|$

表 2-6 は T_1 ， T_2 ， F_1 ， F_2 によってフレイルリスクを判別するためのロジスティック回帰分析の結果である。 F_2 は有意差があったため，フレイル判別に大きく影響していることが分かる。図 2-18 は T_1 ， T_2 ， F_1 ， F_2 のロジスティック回帰式によってフレイルリスクを判別するための ROC 曲線である。ロジスティック回帰式から求めたフレイルリスクの予測確率のカットオフ値は，0.221 (AUC=0.97) であった。本分析ではこれらの値より大きい場合はフレイルのリスクがあると判断される。表 2-7 に，真陽性（True positive, TP），偽陽性（False positive, FP），偽陰性（False negative, FN）および真陰性（True negative, TN）のデータ数，感度，特異度，陽性的中率（Positive predictive value, PPV）および陰性的中率（Negative predictive value, NPV）を示す。図 2-19 はカットオフ値によるフレイルの判別結果である。

表 2-7 の感度と PPV よりフレイルの判別性能についてみると，本方法は感度が非常に高く，PPV は中程度であった。したがって，フレイル検出率が非常に高く，中程度の精度でフレイルを検出できる可能性があった。また，表 2-7 の特異度と NPV より非フレイルの判別性能についてみると，本手法は特異度と NPV が非常に高かった。したがって，非フレイルの検出率が非常に高く，非常に精度良く非フレイルを検出できる可能性のある方法であった。これらのことより本手法はフレイルの初期段階のスクリーニングにおいて一定の有用性があると考えられる。

Table. 2-6 4つの床反力変数を用いたロジスティック回帰

	coef	std err	z	P> z
Const	-5.58	1.54	-3.63	0.000
T_1	0.19	0.47	0.40	0.689
T_2	-0.60	0.50	-1.21	0.228
F_1	-2.15	1.15	-1.87	0.061
F_2	-3.24	1.24	-2.61	0.009**

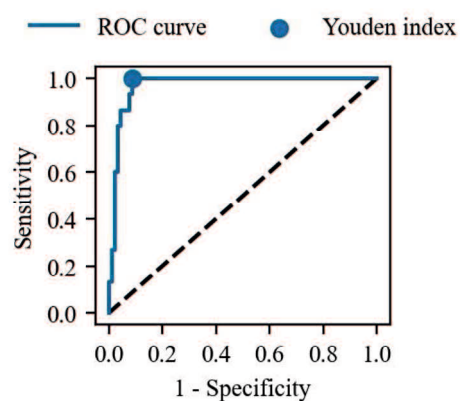


Fig. 2-18 4つの床反力変数を用いたフレイル判定のROC曲線

Table. 2-7 4つの床反力変数を用いたフレイル判定の性能指標

Indicators	TP	FP	FN	TN	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
T_1, T_2, F_1, F_2	15	8	0	82	1.00	0.91	0.65	1.00

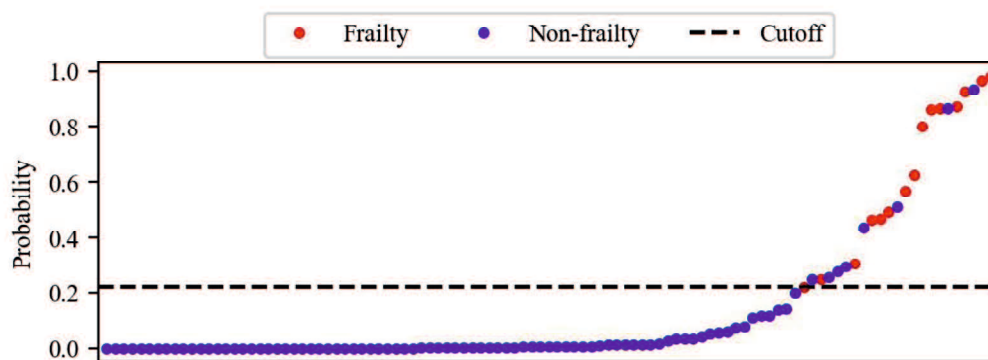


Fig. 2-19 4つの床反力変数を用いたロジスティック回帰によるフレイル予測確率

表 2-8 は J-CHS 基準の各項目において該当群と非該当群を分けた時の各床反力指標の測定結果である。それぞれの結果に対して、welch の t 検定を行った結果、体重減少 (Shrinking) 項目では、 Ta_1 と Ta_2 を除く全ての指標で群間に有意な差がみられた。活動量減少 (Low activity) 項目では、 F_1 と F_2 を除く全ての指標で群間に有意な差がみられた。活力低下 (Exhaustion) の項目では、全ての指標で群間に有意な差がみられた。握力低下 (Weakness) 項目では、 Ta_2 で群間に有意な差がみられた。歩行速度低下 (Slowness) 項目では、 Ta_2 を除く全ての指標で群間に有意な差がみられた。前述の分析で用いた T_1 と T_2 と F_1 と F_2 はいずれかの指標で 5 項目中 4 項目に有意な差がみられた。したがって、これらの指標にはフレイルの要因となる項目と強い関連性があるため、フレイル判別において良好な結果を示したと考えられる。

Table. 2-8 J-CHS 基準の各項目の該当群と非該当群

Indicators	Applicable group			Non-applicable group			<i>p</i> -value
	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
< Shrinking >							
T_1 [s]	20	1.58	0.65	85	1.15	0.29	0.011*
T_2 [s]	20	1.82	0.78	85	1.43	0.36	0.046*
F_1 [N]	20	151.4	62.6	85	264.8	86.4	0.000**
F_2 [N]	20	125.2	55.0	85	169.3	59.9	0.004**
Ta_1 [s]	20	0.70	0.34	85	0.64	0.20	0.421
Ta_2 [s]	20	0.69	0.34	85	0.67	0.20	0.798
F_1/Wt [-]	20	2.47	1.06	85	4.20	1.23	0.000**
F_2/Wt [-]	20	1.94	0.63	85	2.73	1.01	0.000**
< Low activity >							
T_1 [s]	35	1.38	0.46	70	1.16	0.39	0.021*
T_2 [s]	35	1.67	0.60	70	1.43	0.41	0.037*
F_1 [N]	35	267.0	120.1	70	231.3	74.3	0.118
F_2 [N]	35	146.0	61.1	70	168.3	60.3	0.086
Ta_1 [s]	35	0.72	0.23	70	0.61	0.22	0.025*
Ta_2 [s]	35	0.80	0.23	70	0.61	0.20	0.000**
F_1/Wt [-]	35	3.89	1.61	70	3.86	1.24	0.932
F_2/Wt [-]	35	2.17	0.90	70	2.78	0.98	0.002**
< Exhaustion >							
T_1 [s]	30	1.52	0.53	75	1.12	0.31	0.000**
T_2 [s]	30	1.86	0.68	75	1.39	0.30	0.001**
F_1 [N]	30	178.1	71.6	75	269.2	88.6	0.000**
F_2 [N]	30	122.9	58.9	75	176.0	55.6	0.000**
Ta_1 [s]	30	0.84	0.30	75	0.57	0.14	0.000**
Ta_2 [s]	30	0.78	0.30	75	0.63	0.18	0.016*
F_1/Wt [-]	30	2.68	1.01	75	4.34	1.20	0.000**
F_2/Wt [-]	30	1.90	1.01	75	2.85	0.85	0.000**
< Weakness >							
T_1 [s]	25	1.23	0.50	80	1.24	0.40	0.916
T_2 [s]	25	1.37	0.38	80	1.55	0.52	0.061
F_1 [N]	25	213.6	88.7	80	252.4	93.2	0.071
F_2 [N]	25	145.9	56.3	80	165.5	62.2	0.153
Ta_1 [s]	25	0.63	0.26	80	0.65	0.22	0.739
Ta_2 [s]	25	0.59	0.21	80	0.70	0.23	0.036*
F_1/Wt [-]	25	3.64	1.47	80	3.94	1.34	0.370
F_2/Wt [-]	25	2.44	0.95	80	2.62	1.01	0.422
< Slowness >							
T_1 [s]	15	1.83	0.61	90	1.14	0.28	0.001**
T_2 [s]	15	2.02	0.79	90	1.42	0.36	0.014*
F_1 [N]	15	129.3	39.5	90	262.2	86.3	0.000**
F_2 [N]	15	80.2	20.6	90	174.3	55.4	0.000**
Ta_1 [s]	15	0.93	0.29	90	0.60	0.18	0.001**
Ta_2 [s]	15	0.81	0.33	90	0.65	0.20	0.107
F_1/Wt [-]	15	2.46	0.89	90	4.10	1.30	0.000**
F_2/Wt [-]	15	1.51	0.40	90	2.76	0.96	0.000**

2.2.1.7 運動能力テストとの相関

被験者全体の握力、歩行速度、6分間歩行距離（Six-minute walk distance, 6MWD）、膝伸展筋力の測定値（平均±標準偏差）はそれぞれ、 28.9 ± 6.9 kgf、 1.30 ± 0.30 m/s²、 399 ± 84 m、 24.0 ± 10.7 kgfであった。表 2-9 に握力、歩行速度、6分間歩行距離、膝伸展筋力の測定値と加速度指標との相関係数を示す。加速度指標は各被験者の平均値を用いた。握力は F_1 , F_1/Wt との間に中程度の正の相関があった。歩行速度は Ta_2 を除く全ての変数との間に中程度の相関があり、 F_1 , F_2 , F_1/Wt , F_2/Wt は正の相関、 T_1 , T_2 , Ta_1 は負の相関を示した。6分間歩行距離は T_2 , Ta_2 を除く全ての変数との間に中程度の相関があり、 F_1 , F_2 , F_1/Wt , F_2/Wt は正の相関、 T_1 , Ta_1 は負の相関を示した。膝伸展筋力は F_1 , Ta_2 を除く全ての変数と中程度の相関があり、 F_2 , F_1/Wt , F_2/Wt は正の相関、 T_1 , T_2 , Ta_1 は負の相関を示した。

フレイルの診断項目である握力と歩行速度は、フレイルの判定に用いた4つの床反力変数と中程度の相関があった。また、下肢機能の指標である6分間歩行距離と膝伸展筋力は多くの床反力変数と中程度の相関があった。したがって、本研究で用いた床反力変数はフレイルの判定に有用であったと考えられる。

Table. 2-9 床反力変数と運動機能テストの相関係数

Parameter	Grip strength	Gait speed	6MWD	Knee extension strength
T_1	0.00	-0.54	-0.50	-0.43
T_2	0.09	-0.39	-0.26	-0.31
F_1	0.41	0.47	0.44	0.27
F_2	0.28	0.52	0.48	0.42
Ta_1	0.07	-0.52	-0.43	-0.43
Ta_2	0.29	-0.13	0.00	-0.28
F_1/Wt	0.34	0.50	0.49	0.38
F_2/Wt	0.21	0.50	0.48	0.50

： $0.3 \leq |r| \leq 0.7$

2.2.1.8 健常群とプレフレイル群の比較

図 2-20 は J-CHS 基準による診断結果を用いてプレフレイル群と健常群に分けた時の各指標の計測結果である。 T_1 の測定値（平均 ± 標準偏差）は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 1.16 ± 0.34 s、 1.11 ± 0.18 s であった。 T_2 の測定値は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 1.45 ± 0.41 s、 1.39 ± 0.28 s であった。 F_1 の測定値は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 264.3 ± 97.6 N、 259.5 ± 69.6 N であった。 F_2 の測定値は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 167.9 ± 54.6 N、 182.4 ± 55.3 N であった。 Ta_1 の測定値は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 $0.62 \pm$

0.23 s, 0.58 ± 0.09 s であった。 Ta_2 の測定値は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 0.66 ± 0.22 s, 0.65 ± 0.16 s であった。 F_1/Wt の測定値は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 0.41 ± 0.16 , 0.43 ± 0.09 であった。 F_2/Wt の測定値は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 0.26 ± 0.11 , 0.30 ± 0.08 であった。 それぞれの結果について、 **welch** の t 検定を行った結果、 F_2/Wt のみ有意な差がみられた ($p < 0.05$) 。

F_2/Wt はプレフレイル群と健常群を判別できる可能性があったが、それ以外の全ての変数で判別は難しいと考えられる。 本実験では被験者自身のペースで FTSTS テストを実施したことにより、プレフレイル群と健常群にとっては負荷が小さすぎたため、床反力変数の測定値に差が出なかった可能性が考えられる。 したがって、被験者自身のペースによる FTSTS テストでは、プレフレイル群と健常群の判別は難しいと考えられる。

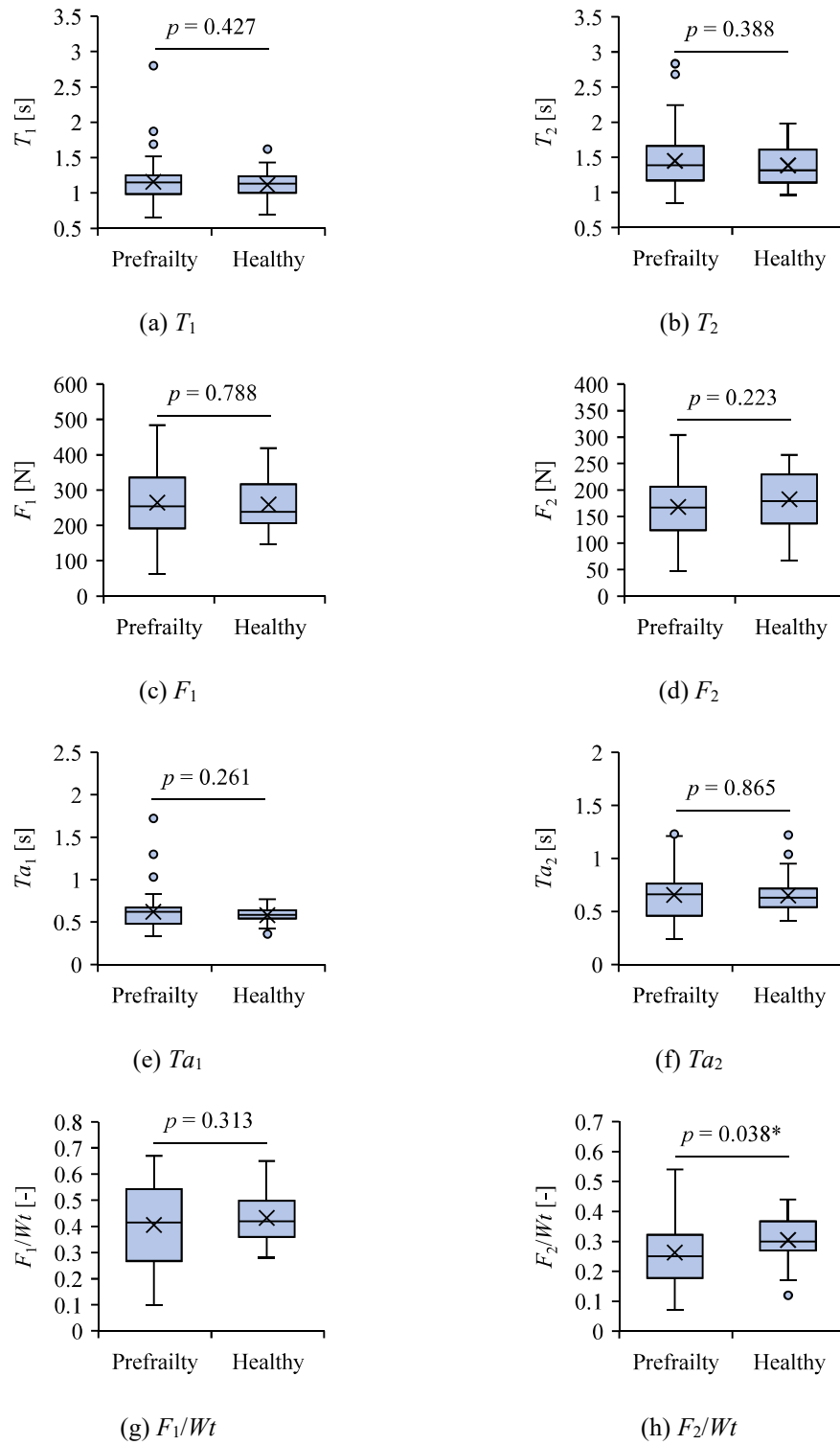


Fig. 2-20 床反力変数によるプレフレイル群と健常群の比較

2.2.2 最大努力速度による FTSTS テストの分析結果

2.2.2.1 J-CHS 基準によるフレイル診断の結果

J-CHS 基準によるフレイルの診断結果は、高齢者 11 名のうち、プレフレイル群が 7 名 (64%) , 健常群が 4 名 (36%) であった。

2.2.2.2 FTSTS テストの実施結果

図 2-21 は J-CHS 基準による診断結果を用いてプレフレイル群と健常群に分けた時の各指標の計測結果である。 T_1 の測定値 (平均 $\pm$ 標準偏差) は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 1.15 ± 0.40 s, 0.89 ± 0.17 s であった。 T_2 の測定値は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 1.59 ± 0.92 s, 1.07 ± 0.36 s であった。 F_1 の測定値は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 279.6 ± 184.7 N, 356.6 ± 147.3 N であった。 F_2 の測定値は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 177.3 ± 114.4 N, 246.8 ± 142.2 N であった。 Ta_1 の測定値は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 0.65 ± 0.23 s, 0.46 ± 0.10 s であった。 Ta_2 の測定値は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 0.67 ± 0.38 s, 0.51 ± 0.19 s であった。 F_1/Wt の測定値は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 0.43 ± 0.24 , 0.57 ± 0.18 であった。 F_2/Wt の測定値は、プレフレイル群と健常群でそれぞれ、 0.28 ± 0.15 , 0.39 ± 0.17 であった。 それぞれの結果について、welch の t 検定を行った結果、 T_1 , T_2 , Ta_1 , F_1/Wt , F_2/Wt で有意な差がみられた。 前述したように被験者自身のペースによる FTSTS テストの場合はプレフレイル群と健常群の判別は難しいと考えられた。 しかし、最大努力速度による FTSTS テストであれば、プレフレイル群と健常群が判別できる可能性があった。

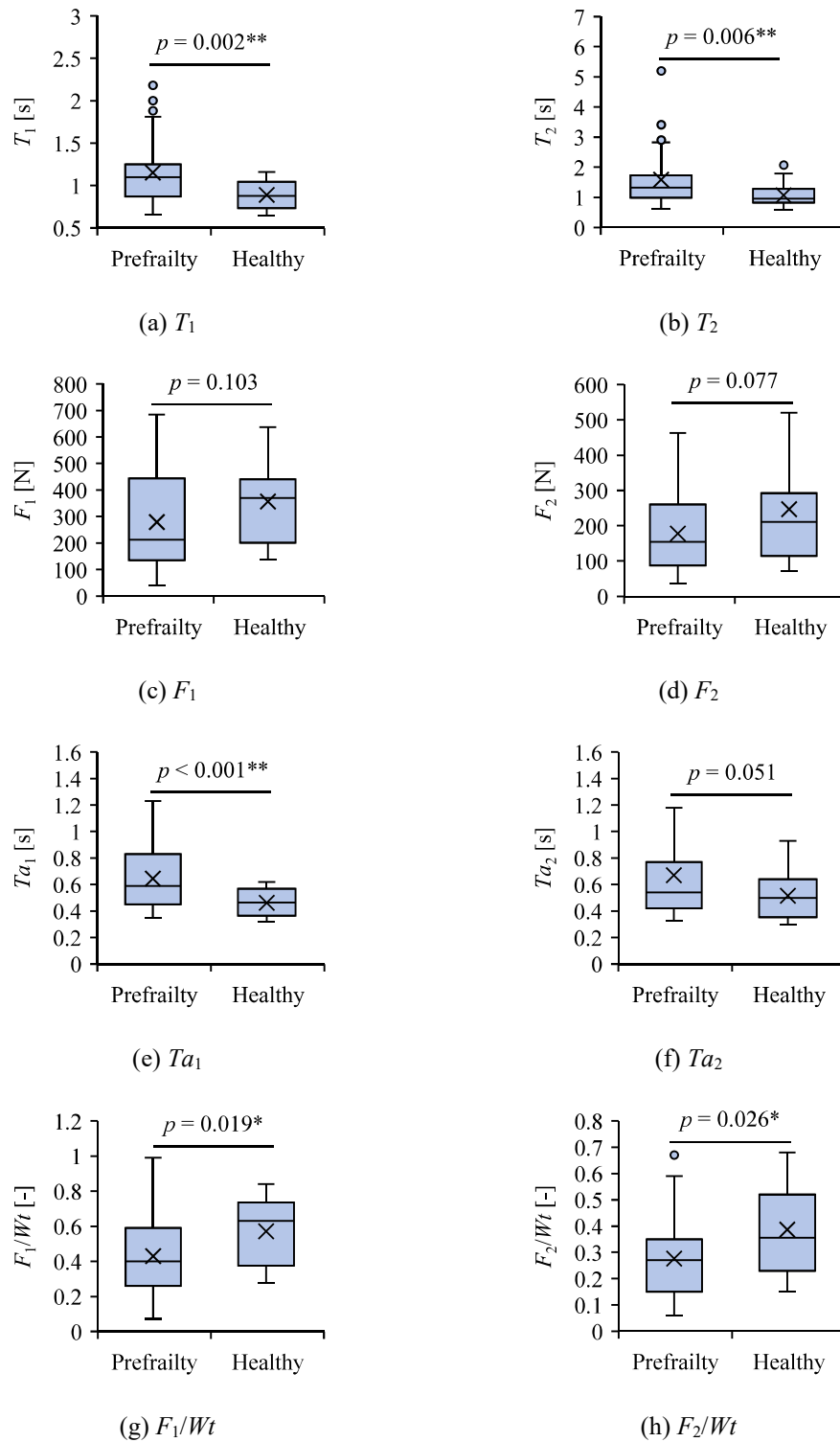


Fig. 2-21 最大努力速度での FTSTS テストのプレフレイル群とフレイル群の比較

2.3. まとめ

高齢者を対象に床反力計を用いて身体的負荷の小さい動作、被験者自身のペースでの FTSTS テストを実施した。J-CHS 基準によるフレイル診断結果を正解とし、得られた床反力データからフレイルを判定する方法を提案した。FTSTS テストの床反力波形から立ち上がり動作と座り動作の床反力変数を設定し、ロジスティック回帰分析と ROC 曲線を用いて、複数の変数を使用し、総合的にフレイルの判定を行った。4 つの床反力変数 T_1 , T_2 , F_1 , F_2 を用いたフレイル判定では、 $AUC=0.97$, 感度=1.00, 特異度=0.91 であった。多くのフレイル被験者を検出できており、さらに非フレイル被験者の多くを非フレイルであると同定できる可能性があった。したがって、本方法はフレイルのスクリーニングの初期段階において有用であると考えられる。

第 2 章の参考文献

- [1] 菅民郎, "例題と Excel 演習で学ぶ多変量解析-生存時間解析・ロジスティック回帰分析・時系列分析編-", 株式会社オーム社, 2017, pp.10-42.
- [2] 星 文彦, 山中 雅智, 高橋 光彦, 高橋 正明, 福田 修, 和田 龍彦, "椅子からの立ち上がり動作に関する運動分析", 理学療法学, 1992, 19 巻, 1 号, p. 43-48
- [3] 三好正堂, "間違いだらけのリハビリテーション「起立一着席動作」のすすめ", 現代書林, 2017, pp.90-92

第3章

身体的負荷の小さい FTSTS テストにおける加速度計を用いた身体虚弱の評価

3.1. 方法

3.1.1 提案する自動計測システムの概要

本研究で提案する自動計測システムの概要図を図 3-1 に示す。システムは加速度計を備えた帽子と加速度計の受信機が接続されたスマートフォン、および加速度データを収集するソフトウェアから構成されている。帽子型ウェアラブル端末には着脱しやすい利便性があり、頭部の立ち座り動作における動揺は腹部などに比べて大きいため、本研究では頭部の加速度を評価対象とした。加速度計 (TWE-L-2525A, Mono Wireless) は、 x, y, z 方向の 3 軸加速度を計測することが可能であり、その大きさ、重量、計測分解能はそれぞれ $25 \times 25 \times 10 \text{ mm}$, 6.5 g , 10 mG である。加速度計はバンドで帽子に取り付けられており、調節パーツによってその角度が調節された。また、加速度計は対象者から見て、 x, y, z 軸がそれぞれ左右、上下、前後方向となるように設置された。各軸の正方向は右、上、前方向とした。計測データは無線通信で受信機 (MONOSTICK-B, Mono Wireless) が接続されたスマートフォンへと送信され、スマートフォン (ZenFone 2 Laser ZE550KL, ASUS) の研究室で開発されたソフトウェアによってサンプリング周波数 50 Hz で記録された。

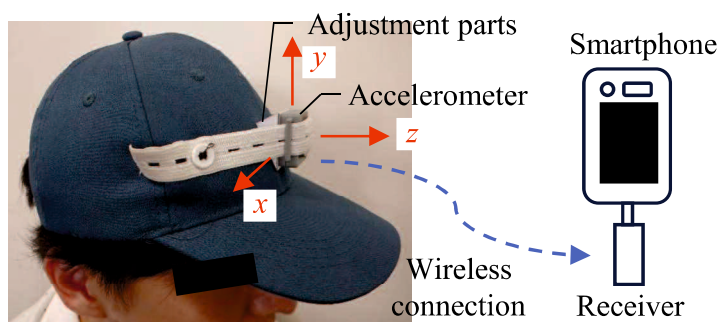


Fig. 3-1 自動計測システムの概要

3.1.2 臨床実験における被験者のフレイル診断方法

3.1.2.1 対象者

対象者は山口大学医学部附属病院に通院した高齢者 49 名(男性 38 名, 女性 11 名)である。年齢は 71 ± 7 歳, 身長は $164.7 \pm 7.2 \text{ cm}$, 体重は $65.38 \pm 11.22 \text{ kg}$ であった。対象者の疾患は, 喘息 20 名, COPD (Chronic Obstructive Pulmonary Disease) 18 名, ACO (Asthma and COPD Overlap) 9 名, 疾患なし 2 名であった。対象者には実験の目的および方法を十分に説明し, 同意を得た上で本実験をおこなった。なお, 本研究は山口大学医学部附属病院人医学研究等倫理審査委員会の承認(承認番号: H2021-031-[3])を得て実施した。

3.1.2.2 J-CHS 基準によるフレイル診断

本研究では被験者のフレイルの程度による群分けを実施するために、対象者に対して J-CHS 基準によるフレイル診断を実施した。握力は左右の腕で 2 回ずつ測定し、左右それぞれの腕で計測した最大値の平均を測定値とした。歩行速度は、5 m の距離を歩くときにかかる時間（5 m 歩行テスト、通常歩行時間）で計測した。

本研究では J-CHS 基準でプレフレイルまたは健常と診断されたものを非フレイル群と定義し、フレイルと診断されたものをフレイル群と定義した。

3.1.3 自動計測システムを用いた FTSTS テストの実施方法

本研究では、フレイルの高齢者が FTSTS テストを実施した場合においても、転倒および下肢関節を痛めるリスクを低減させるために、最大努力速度を伴わない、被験者自身のペースで FTSTS テストを実施した。本研究で実施した FTSTS テストの概略図を図 3-2 に示す。まず、加速度計を備えた帽子を被験者の頭部に装着させた。その後、被験者を高さ 40 cm の椅子に浅く座らせた。着座後、被験者の両脚を肩幅程度に開かせるとともに、被験者の両腕を胸の前で組ませるように指示した。FTSTS テストの実施に際しては、また、被験者に対して、両腕を使用せずに自分のペースで立ち座り動作を 5 回連続でおこなうように指示した。立ち座り動作は、座位姿勢から膝関節および股関節を最大限伸展させた状態（立位姿勢）になった後、座位姿勢に戻る動作となる。被験者への実験手順の理解を促すために、1~2 回の予備練習を実施した。その後、「用意」に続き、「始め」の合図で FTSTS テストを始めるように指示した。動作の開始から 5 回目の立ち上がりが完了し、着座が完了するまでの加速度と時間を 1.1 節で述べた自動計測システムで記録した。

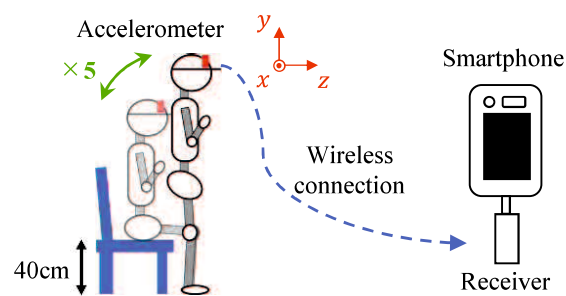


Fig. 3-2 加速度測定システムを用いた FTSTS テストの実施方法

3.1.4 運動機能測定の実施方法

被験者に対して、握力測定、5m 歩行試験、6 分間歩行テスト、膝伸展筋力の測定を実施した。握力測定では、握力計を用いて両腕 2 回ずつ交互に測定し、両側の最大値の平均を握力の測定値として用いた。5m 歩行試験では、通常速度で 5m 歩くのに要した時間を計測し、歩行速

度を算出した。6 分間歩行テストでは、距離 20m の直線コースを繰り返し行き来して、通常速度で 6 分間歩き続けてもらい、その距離を計測した。また、膝伸展筋力の測定では、ハンドヘルドダイナモメーター (μ Tas F-1, アニマ) を用いた。被験者を椅子に座らせ、筋力計を下腿遠位前側に装着し、ベルトで椅子の脚に固定した。膝関節を 90 度屈曲させた状態から最大限伸展させて、膝伸展筋力を測定した。左右それぞれの足で 2 回ずつ交互に測定し、左右それぞれの足で計測した最大値の平均を膝伸展筋力の測定値とした。

3.1.5 臨床実験の分析方法

被験者自身のペースによる FTSTS テストの加速度波形について、y 軸または z 軸のみの加速度の場合は、姿勢変化に伴う加速度計の角度変化によって重力加速度の大きさが増減し、その影響が計測データに反映されることとなるため、動きに伴う正しい加速度が得られない。しかし、y 軸と z 軸の合成加速度とすることで、加速度計の角度変化によらず、重力加速度は常に 9.8 m/s^2 に近い値となり、動きに伴う加速度のみを計測できる。そこで、得られた加速度データに対して、y 軸（上下方向）と z 軸（前後方向）の合成加速度を算出し、その後、FIR バンドフィルタ（カットオフ周波数 0.2Hz および 3Hz ，Tap 数 511）をかけ、重力成分の除去と平滑化した。これにより、合成加速度は 0 m/s^2 を中心とした信号となる。その後、合成加速度波形から 5 回の立ち座りに要した時間 **Total time** を算出した。また、立ち座り 1 動作ごとの合成加速度波形から加速度変数として、立ち上がり動作と座り動作それぞれ、動作時間、加速度振幅、加速度波形の時間、床反力振幅に体重をかけた値を算出した。被験者 1 人につき各加速度変数をそれぞれ 5 個のデータ取得した。

J-CHS 基準によるフレイル診断の結果を基に、フレイル群と非フレイル群に分けて、**Total time** と床反力変数の平均値および標準偏差を算出した。さらに、welch の t 検定を用いてフレイル群と非フレイル群間に有意差があるか検証した。有意水準は 0.05 とした。

両群間で有意差がみられた加速度変数については、フレイル群を判別するために、ロジスティック回帰分析を行った。複数の加速度変数をもいる際は標準化した後、ロジスティック回帰を行った。また、使用したどの変数が結果に大きく影響したかを調べるために、Wald の統計量および p 値を算出した。有意水準は 0.05 とした。

ロジスティック回帰によるフレイルの判別性能とフレイルを判定するためのカットオフ値を求めるために、ROC 曲線を求めた。フレイルの判別性能を示すために、ROC 曲線の下面積 AUC を算出した。AUC は 0.7 以上で判別能があるとした。また、フレイルを判定するカットオフ値は、ROC 曲線の「感度 + 特異度 - 1」が最大値となるポイント（Youden index）における予測確率をカットオフ値とした。

ロジスティック回帰によって求めたフレイルの予測確率がカットオフ値以上となったとき、フレイルと判定した。また、カットオフ値によるフレイル判定の結果から、真陽性（TP）、偽陽性（FP）、偽陰性（FN）および真陰性（TN）のデータ数を求め、感度、特異度、陽性的中率（PPV）および陰性的中率（NPV）を算出した。

始めに、単一の変数を用いたロジスティック回帰によるフレイル判定を行った。次に、複数の変数を用いたフレイル判定として、2つの加速度変数のカットオフ値を用いた方法と複数の加速度変数によるロジスティック回帰を用いた方法を試みた。

まず、2つの加速度変数のカットオフ値を用いた方法を説明する。単一変数を用いたロジスティック回帰で求めたカットオフ値は予測確率であったが、ロジスティック回帰式からカットオフ値の予測確率を加速度変数の値に変換した。加速度変数の測定値の分布に対して、2つの加速度変数のカットオフ値で分割された領域からフレイルを判定した。真陽性（TP）、偽陽性（FP）、偽陰性（FN）および真陰性（TN）のデータ数を求め、感度、特異度、陽性的中率（PPV）および陰性的中率（NPV）を算出した。

次に、複数の変数を用いたロジスティック回帰を試みた。多変数を用いたロジスティック回帰では、多重共線性回帰があると、モデルの安定性や信頼性が損なわれるため、ピアソンの積率相関係数や分散拡大係数（VIF）を用いて、使用する変数を選定した。変数同士の相関係数が0.7以上で強い相関があるとし、単一変数によるフレイル判定のAUCが高い方を選んだ。選定した変数のVIFが10以下のとき、多重共線性がない判断し、ロジスティック回帰を行った。

また、加速度変数と関連するフレイル項目を調べるため、J-CHS基準の各項目について該当群と非該当群に分けて、それぞれの各加速度変数の平均値と標準偏差を算出した。Welchの t 検定を用いて、両群間の有意差を調べた。

また、加速度変数と運動機能テストとの関連を調べるために、加速度変数の5個の平均値と運動機能テストの測定値からピアソンの積率相関係数を求めた。

3.2. 結果と考察

3.2.1 フレイルの診断結果

J-CHS基準によるフレイルの診断結果は、高齢者49名の内、フレイル群が5名（10%）、非フレイル群が44名（健常21名、プレフレイル23名）（90%）であった。

3.2.2 自動計測システムを用いたFTSTSテストの実施結果

提案する自動計測システムを用いて実施したFTSTSテストの結果の一例を図3-3に示す。座位状態における y 軸と z 軸の合成加速度は、バンドパスフィルタによって重力成分が除去されているため、 0 m/s^2 に近い値となった。立ち上がり動作では体幹の前傾と身体の押し上げにより、合成加速度の増加が生じ、直立状態への移行に伴い、合成加速度が 0 m/s^2 に収束した。また、座り動作においては、立ち上がり動作の波形と比べて垂直軸に対称な波形が観察された。また、合成加速度の波形から、立ち上がり動作と座り動作に伴う変動は、5回とも同様の波形で記録されていることを確認された。そのため、提案したシステムは得られた波形データに基づいて、立ち座り動作にかかる時間 *Total time* を計測することができた。また、全被験者のFTSTSテストの結果を図3-4-1～3-4-17に示す。

立ち座り動作の3回目について、合成加速度の波形を拡大したグラフを図3-5に示す。立ち上がり動作時間については、身体の手押し上げにより合成加速度が増加する直前の合成加速度最小値から、直立姿勢への移行により合成加速度が約 0 m/s^2 に収束する以前の合成加速度最小値までの時間を T_1 と定義した。座り動作時間については、立ち上がり動作の波形と垂直軸に対して対象となるように値をとり、その時間を T_2 と定義した。また、立ち上がり動作について、身体の手押し上げにより合成加速度が増加する時の合成加速度最大値から、直立姿勢への移行により合成加速度が約 0 m/s^2 に収束する以前の合成加速度最小値までの振幅を A_{yz1} 、時間を Ta_1 と定義した。座り動作については、立ち上がり動作の波形と垂直軸に対して対象となるように値をとり、その振幅を A_{yz2} 、時間を Ta_2 と定義した。また、体重と加速度の積は、立ち上がり動作と座り動作でそれぞれ、 $Wt \cdot A_{yz1}$ 、 $Wt \cdot A_{yz2}$ と定義した。

被験者全体 ($N=49$) の各指標の平均値と標準偏差を表3-1に示す。立ち座り5回に要した時間については、被験者全体の平均値が17.8秒であった。先行研究では、5回目の立位を完了するまでに要する時間は約7秒であることが示されている^[1]。本研究で得られた値が大きい要因は、先行研究ではFTSTSテストが最大努力速度で実施されたことに対し、本研究では被験者のマイペースで実施されたことに起因すると考えられる。

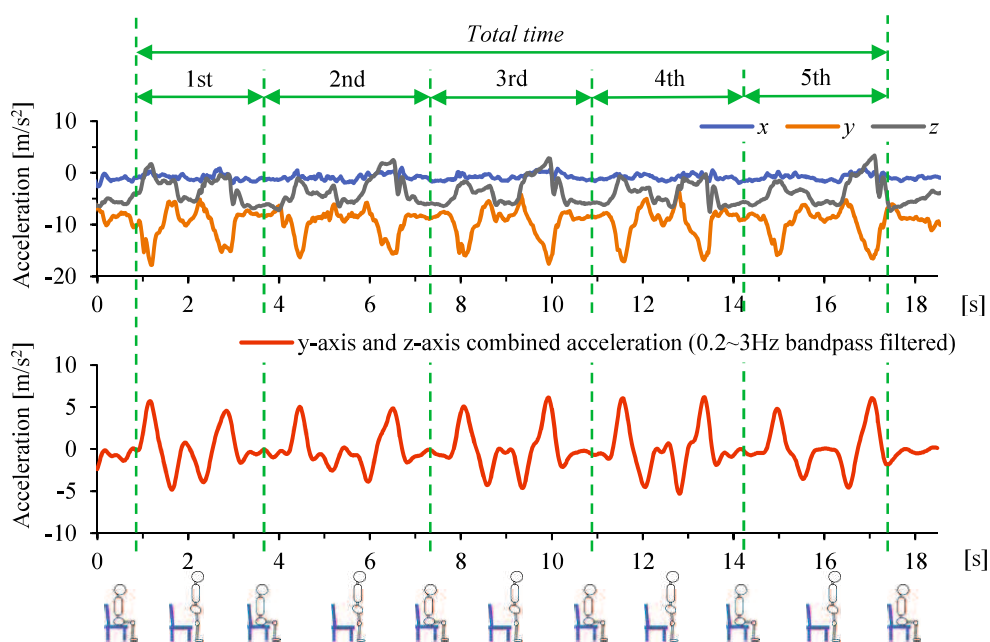
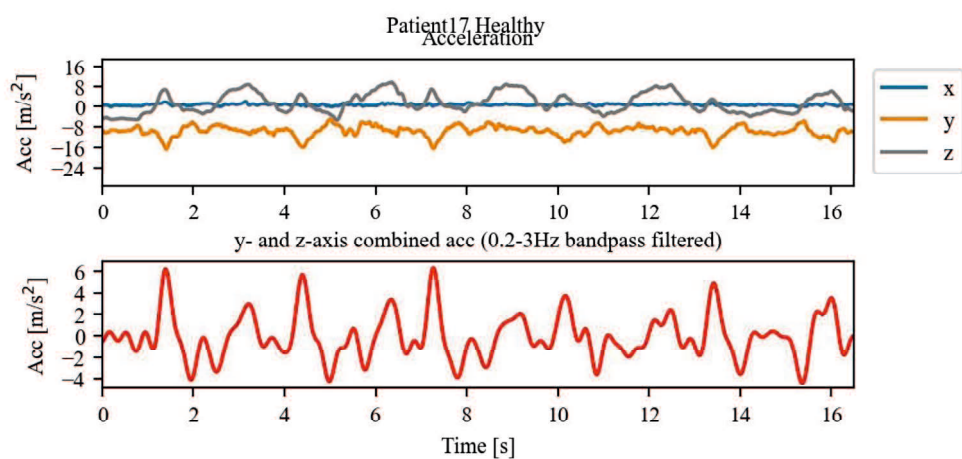
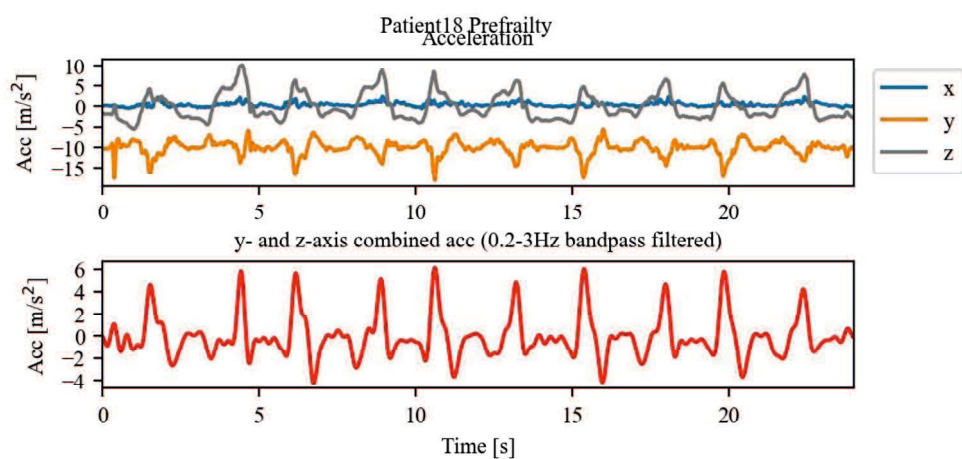


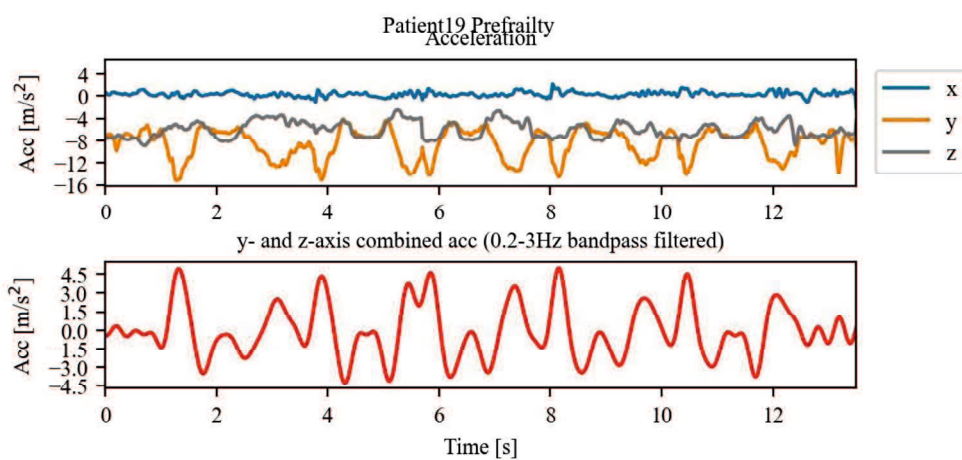
Fig. 3-3. FTSTS テストの3軸加速度波形と合成加速度



(a) Patient17

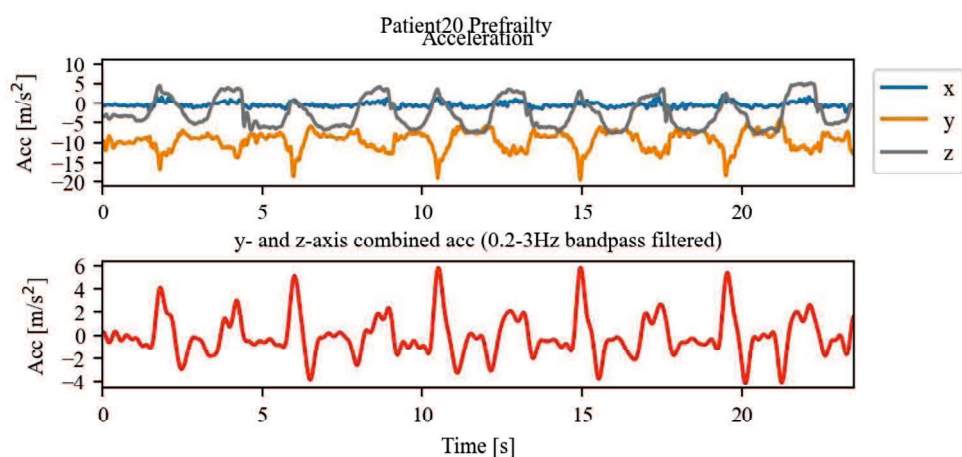


(b) Patient18

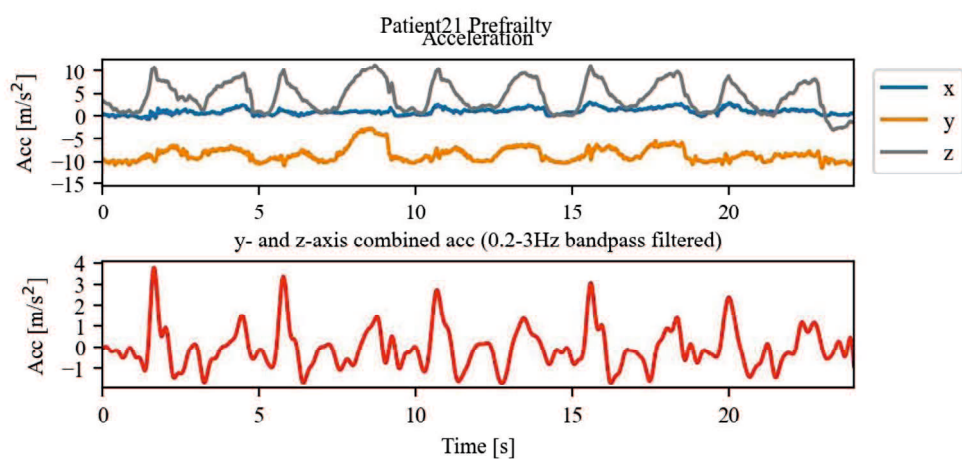


(c) Patient19

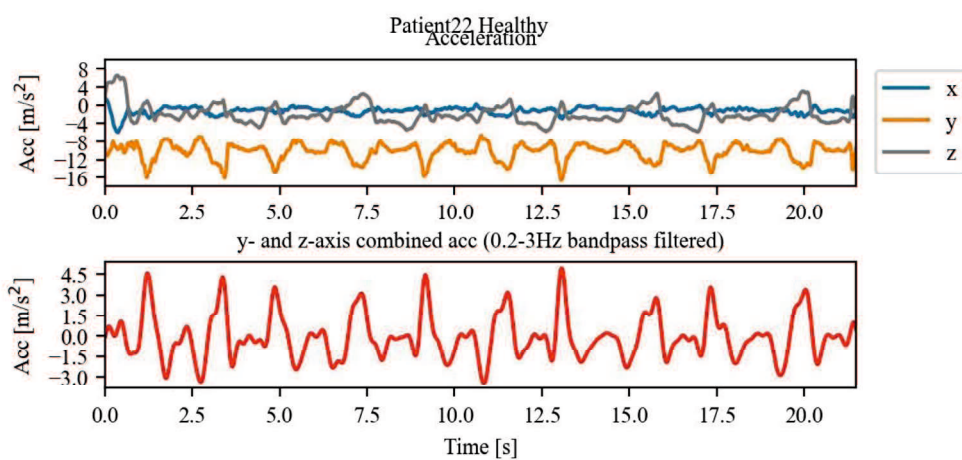
Fig. 3-4-1 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient20

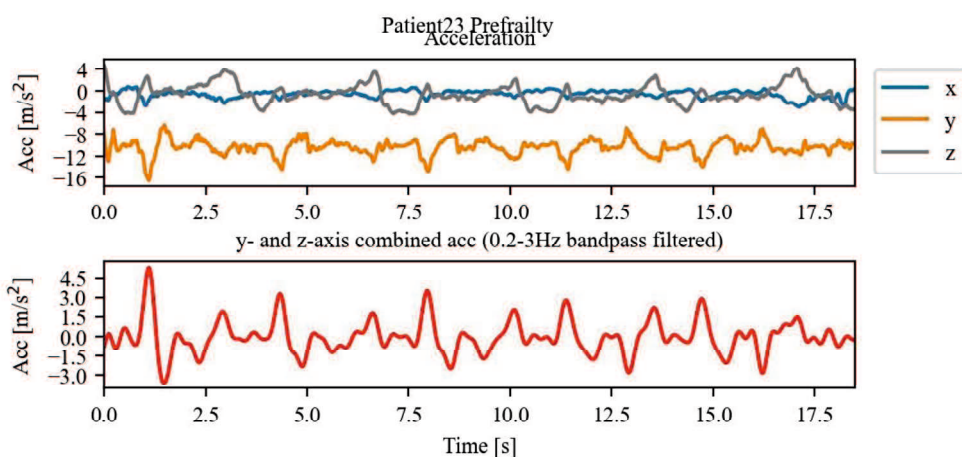


(b) Patient21

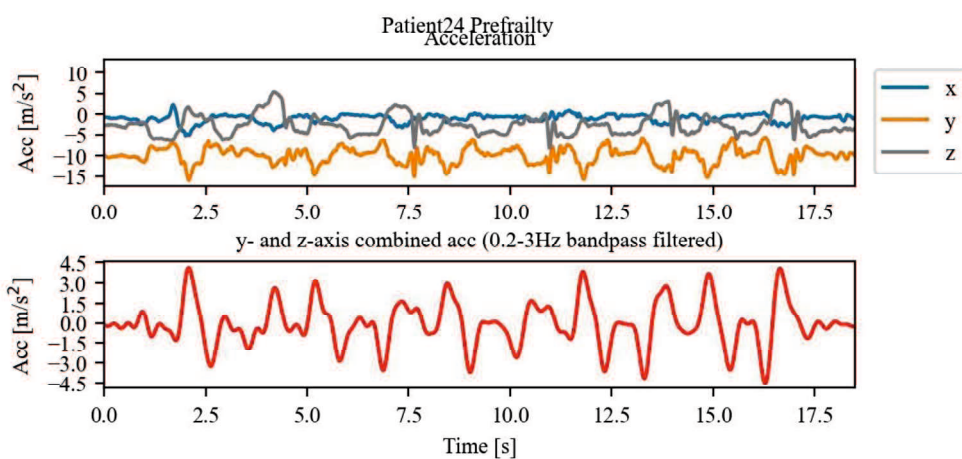


(c) Patient22

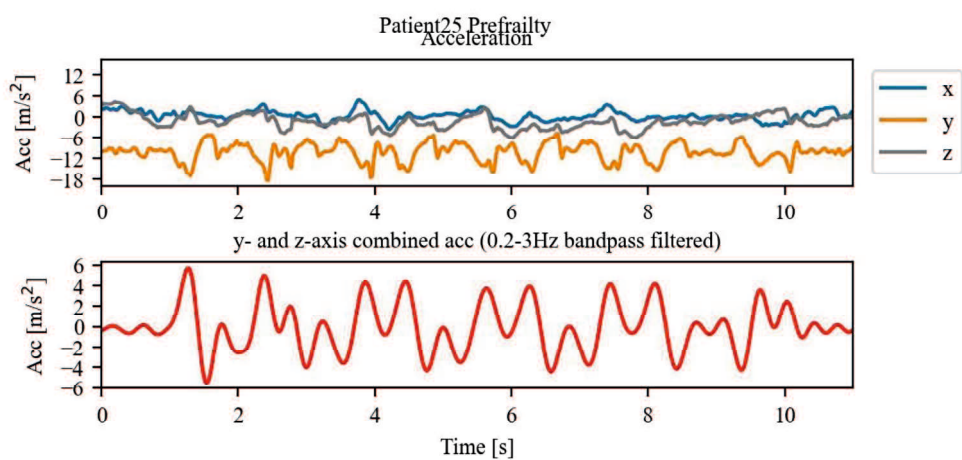
Fig. 3-4-2 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient23

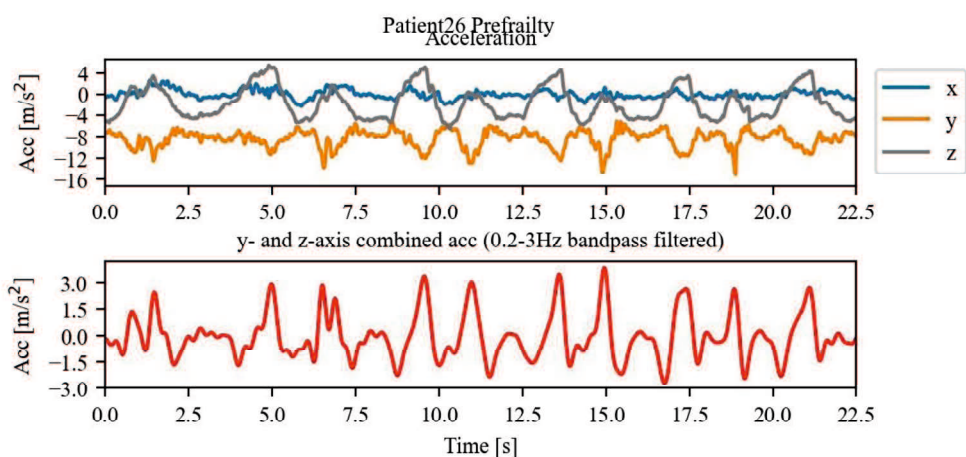


(b) Patient24

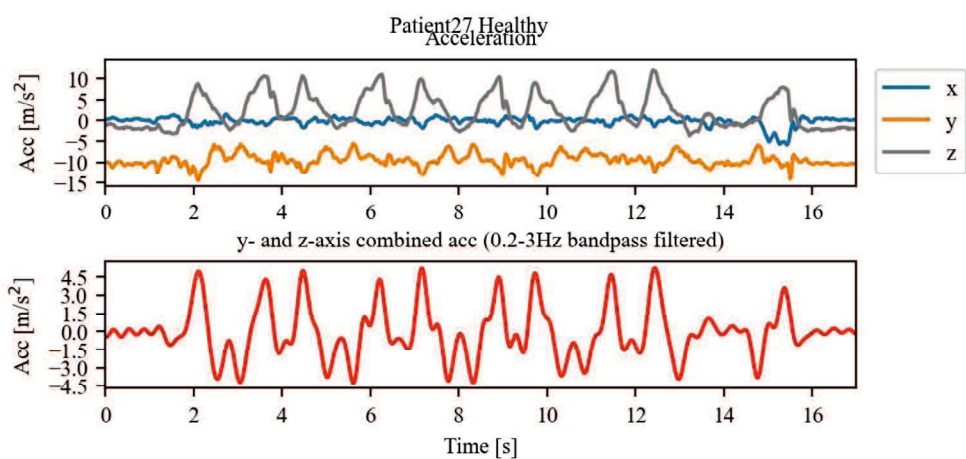


(c) Patient25

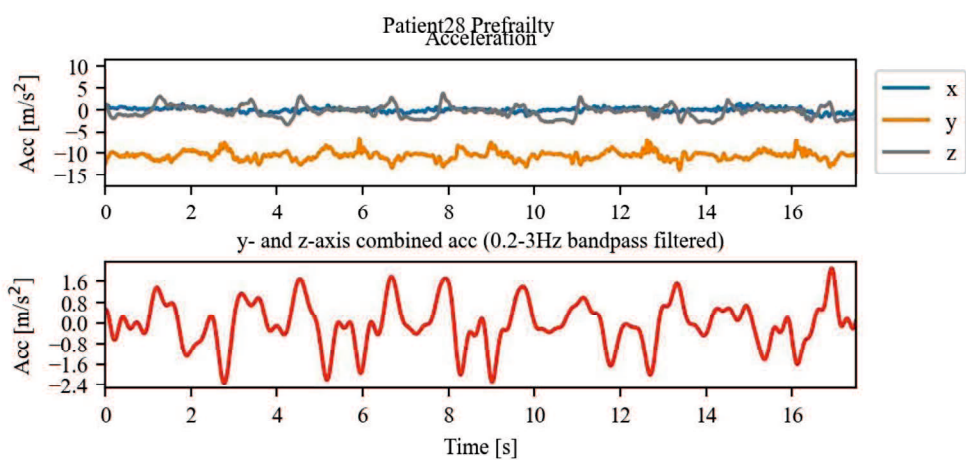
Fig. 3-4-3 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient26

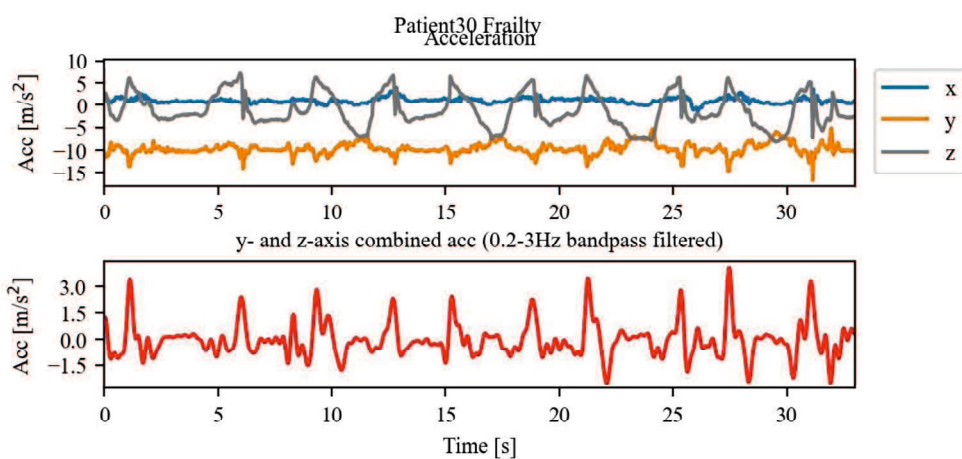


(b) Patient27

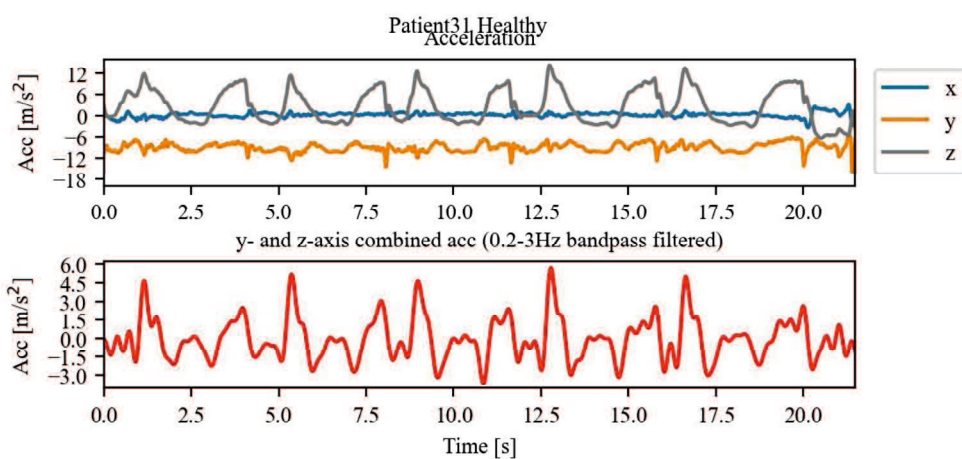


(c) Patient28

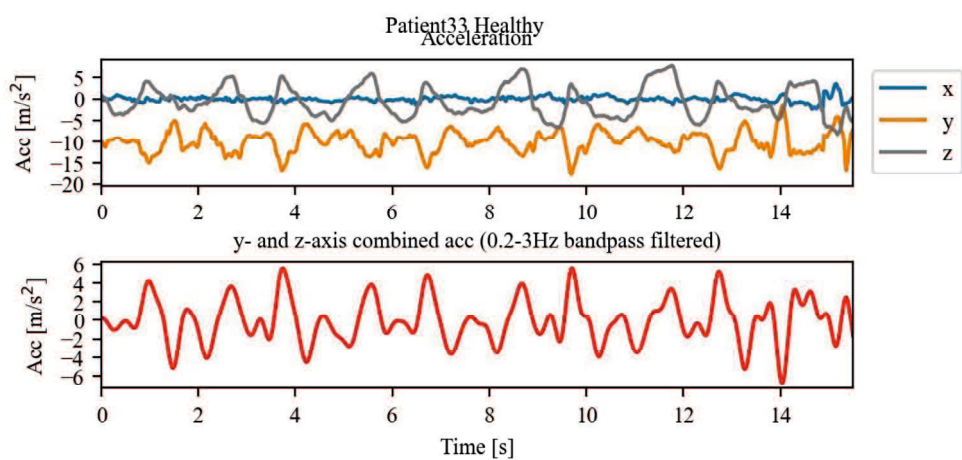
Fig. 3-4-4 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient30

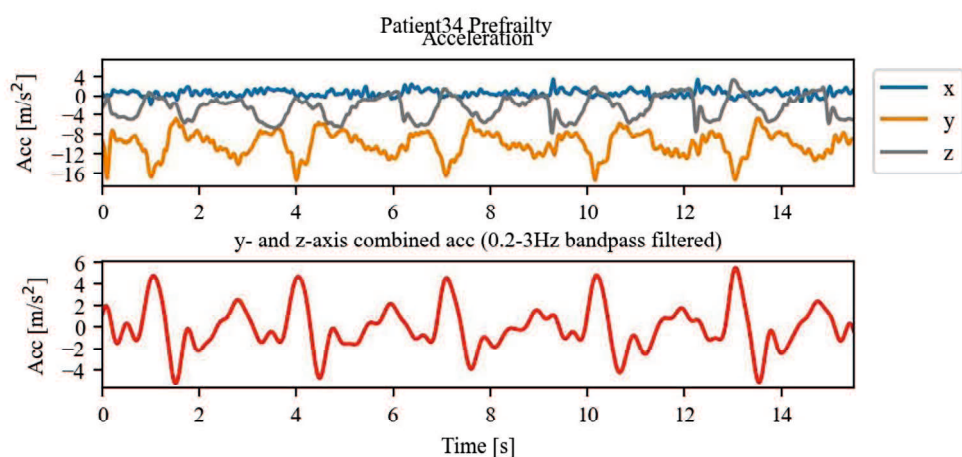


(b) Patient31

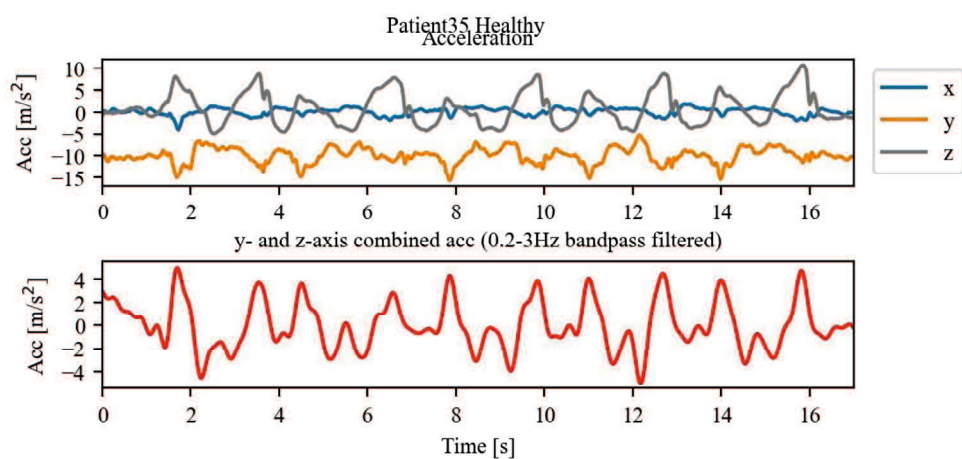


(c) Patient33

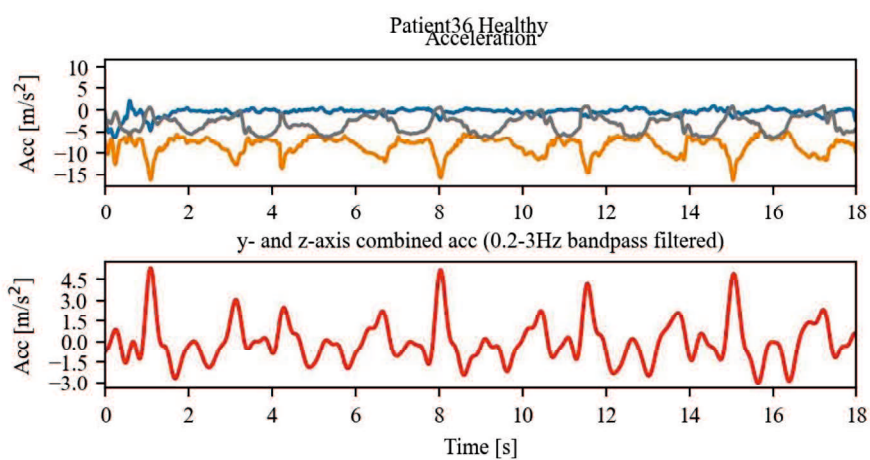
Fig. 3-4-5 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient34

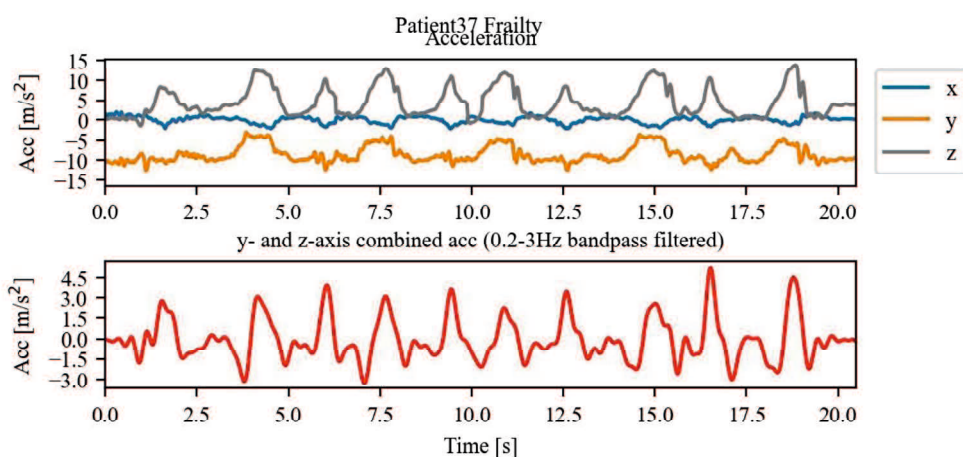


(b) Patient35

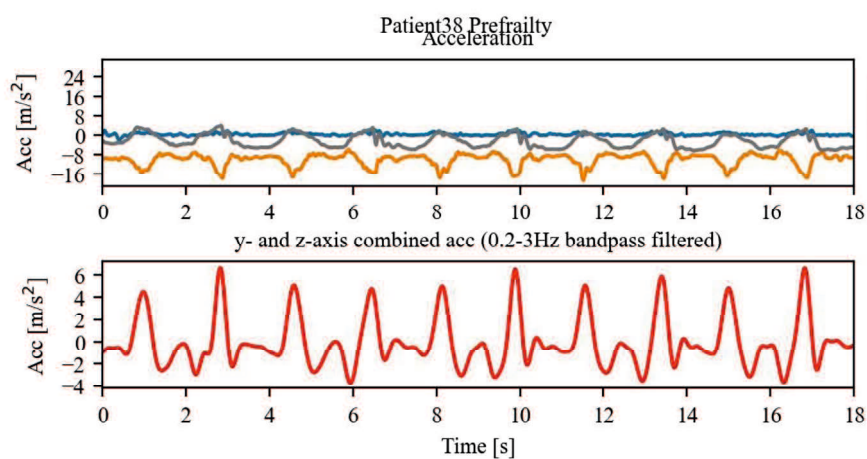


(c) Patient36

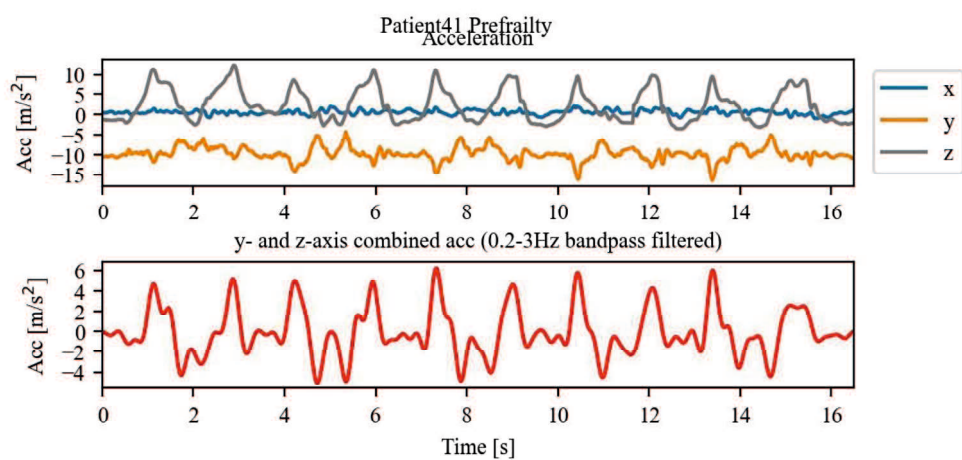
Fig. 3-4-6 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient37

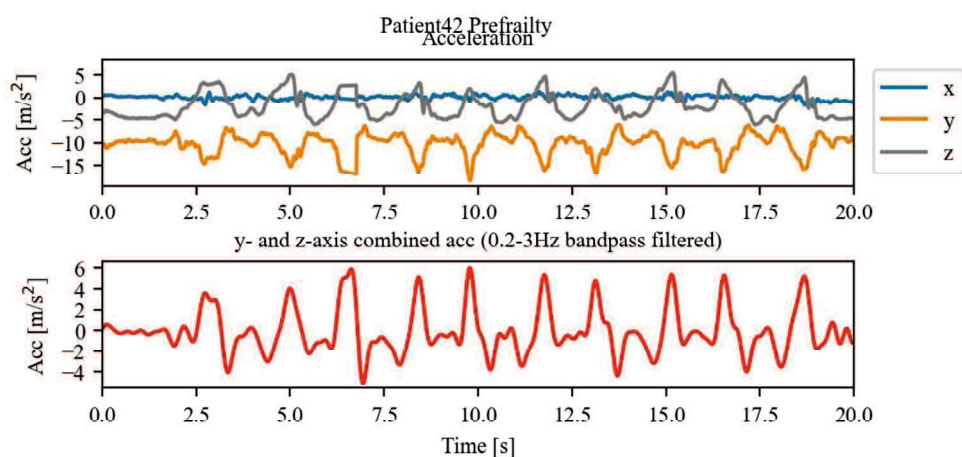


(b) Patient38

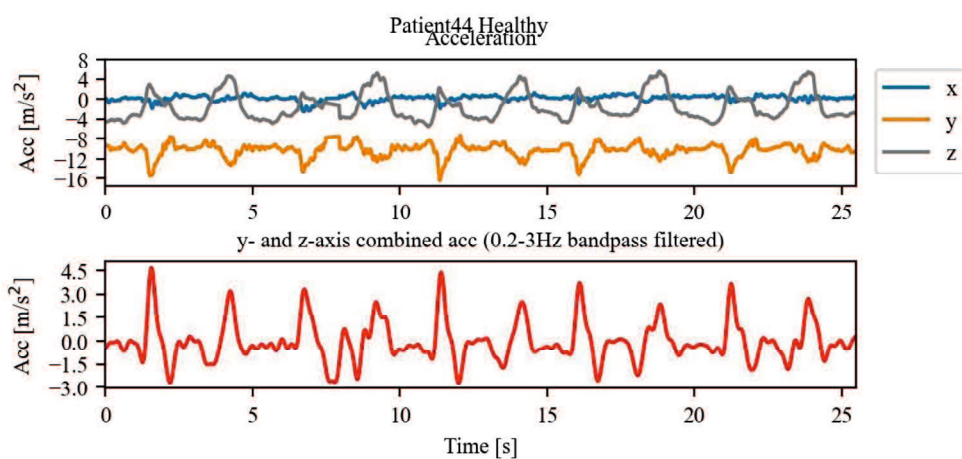


(c) Patient41

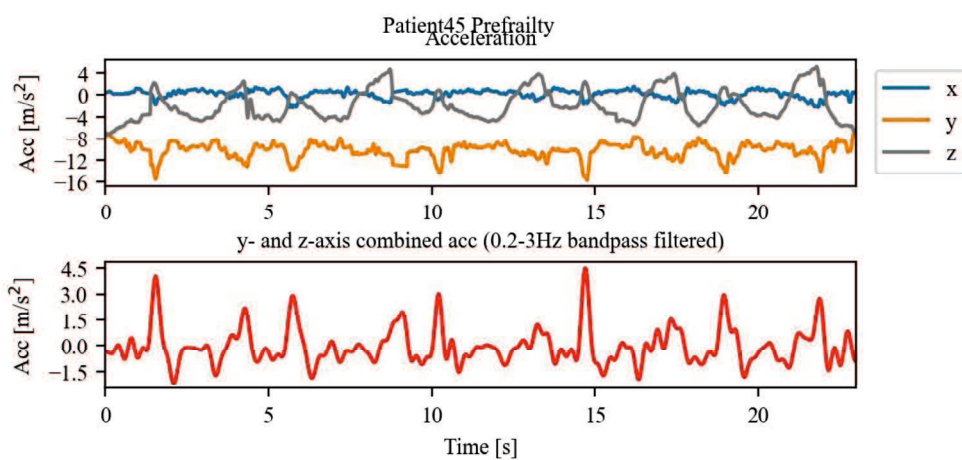
Fig. 3-4-7 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient42

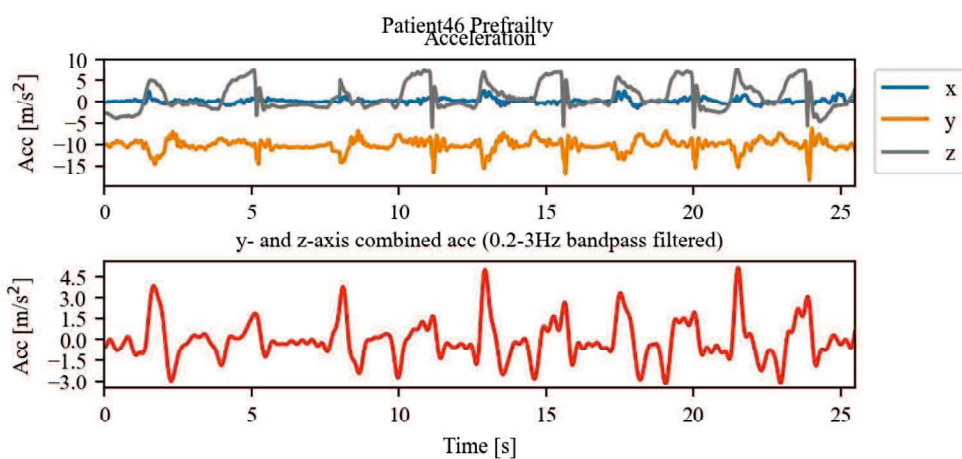


(b) Patient44

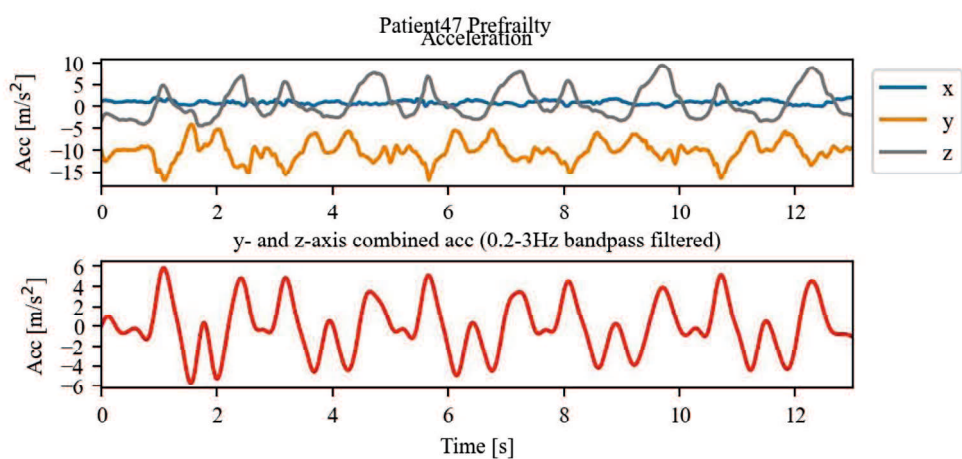


(c) Patient45

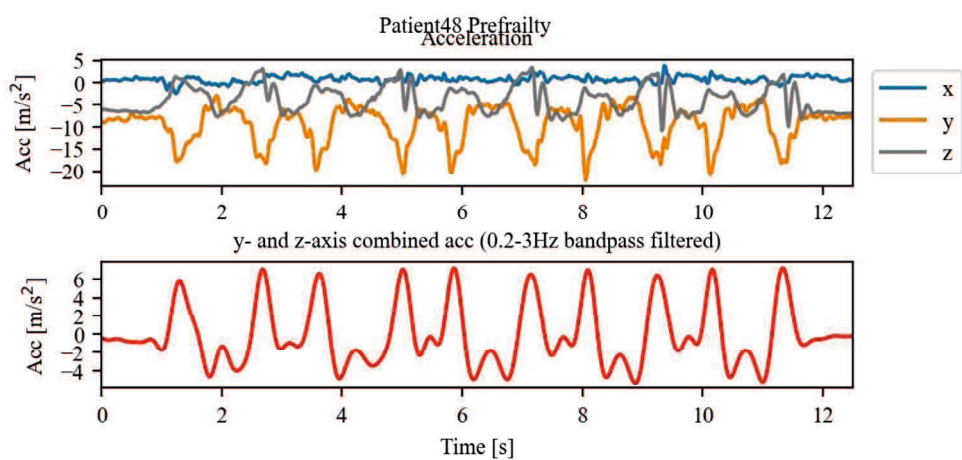
Fig. 3-4-8 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient46

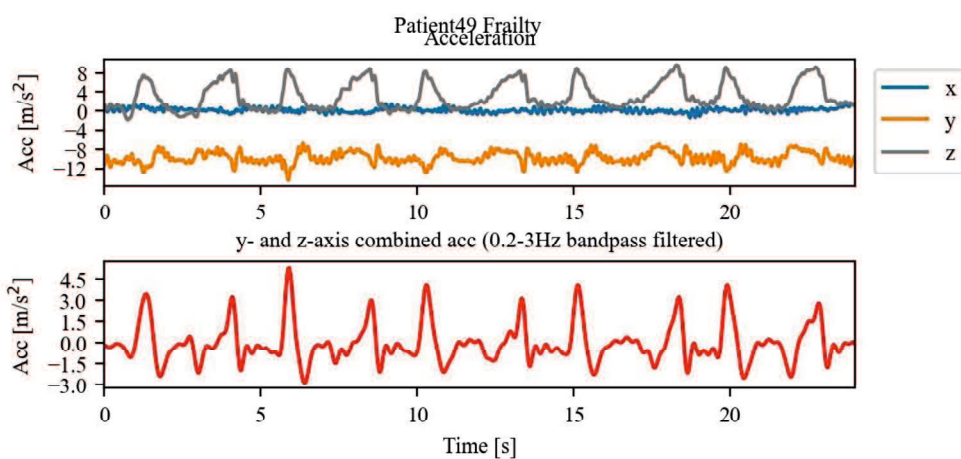


(b) Patient47

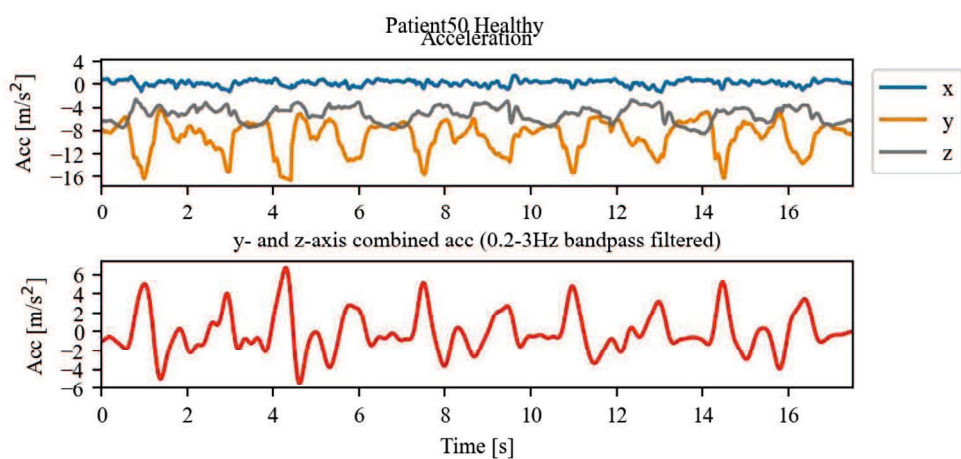


(c) Patient48

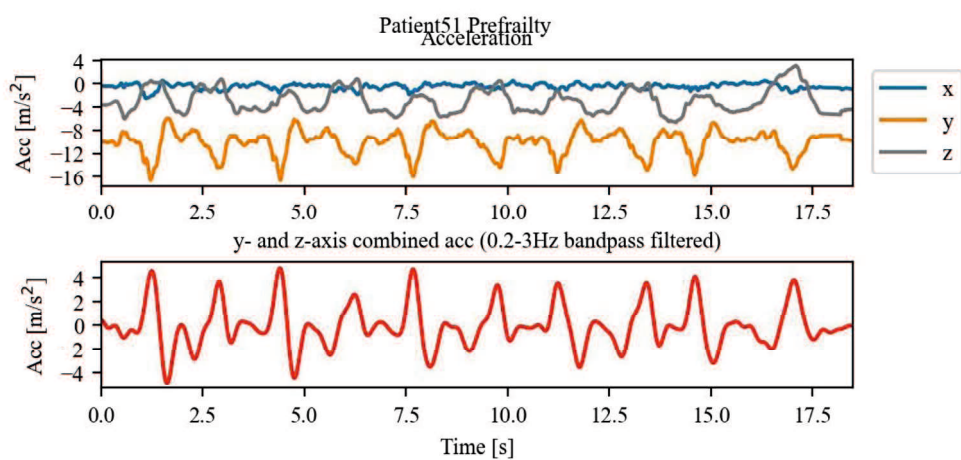
Fig. 3-4-9 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient49

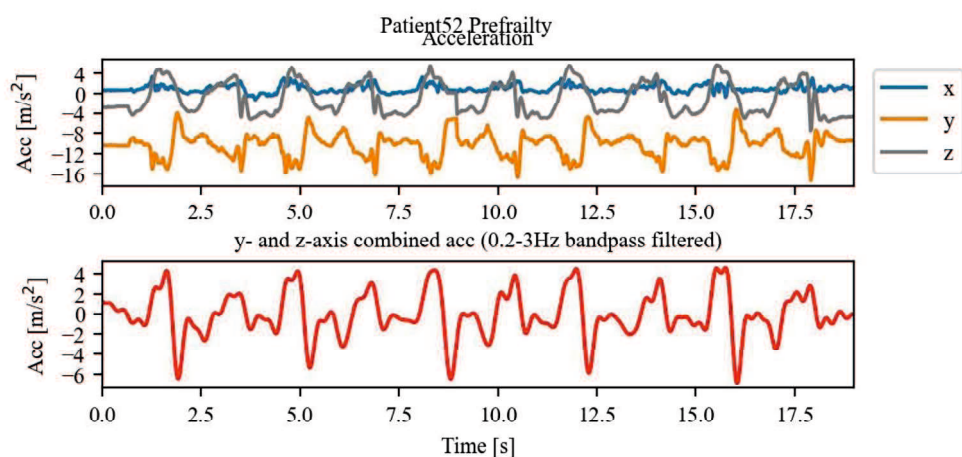


(b) Patient50

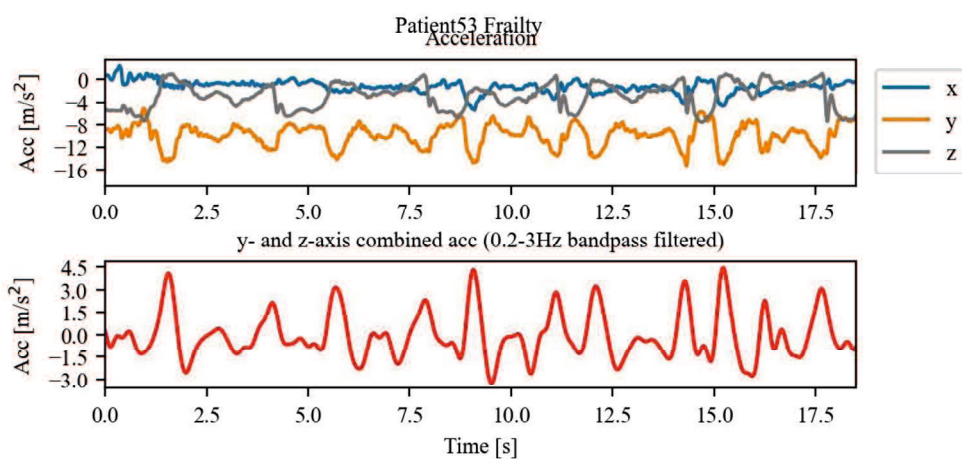


(c) Patient51

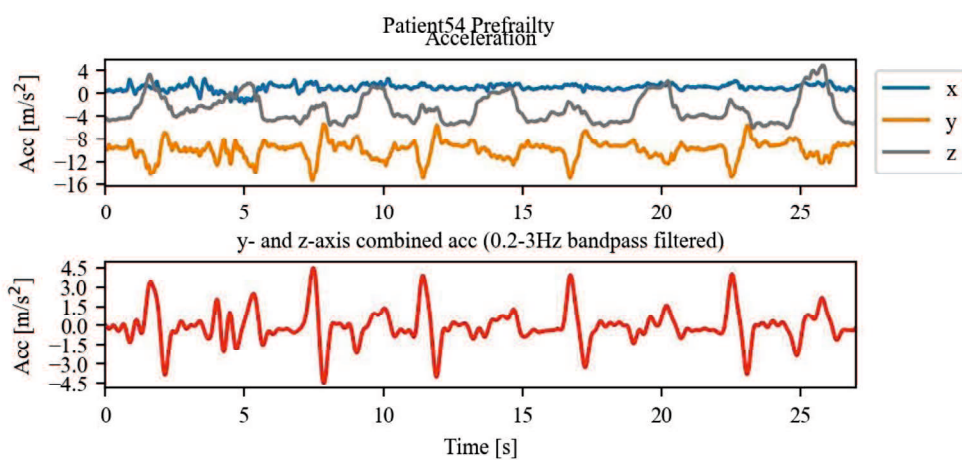
Fig. 3-4-10 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient52

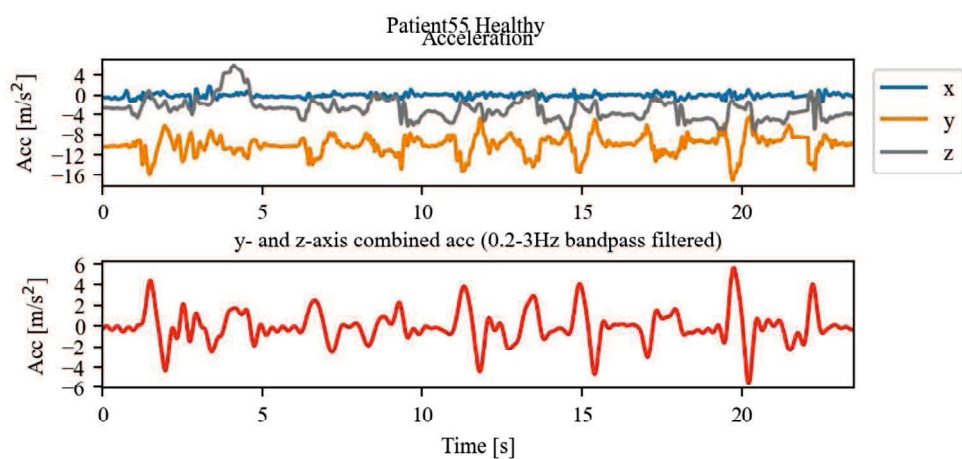


(b) Patient53

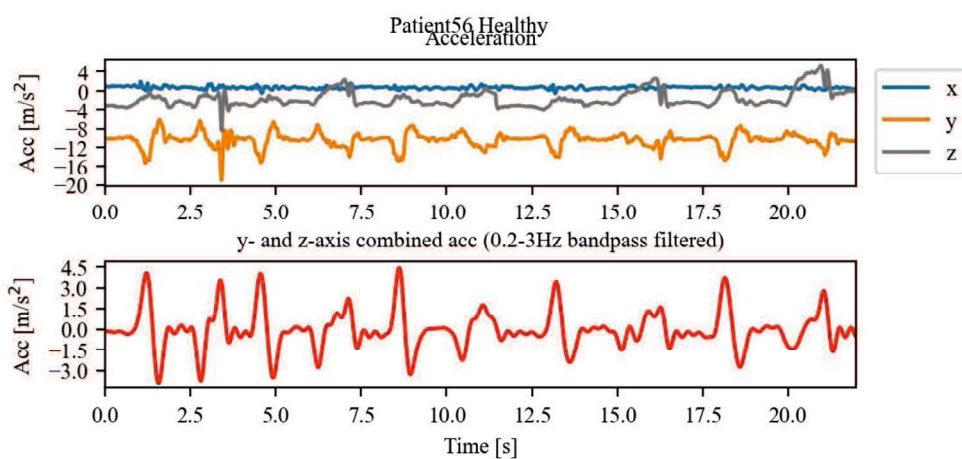


(c) Patient54

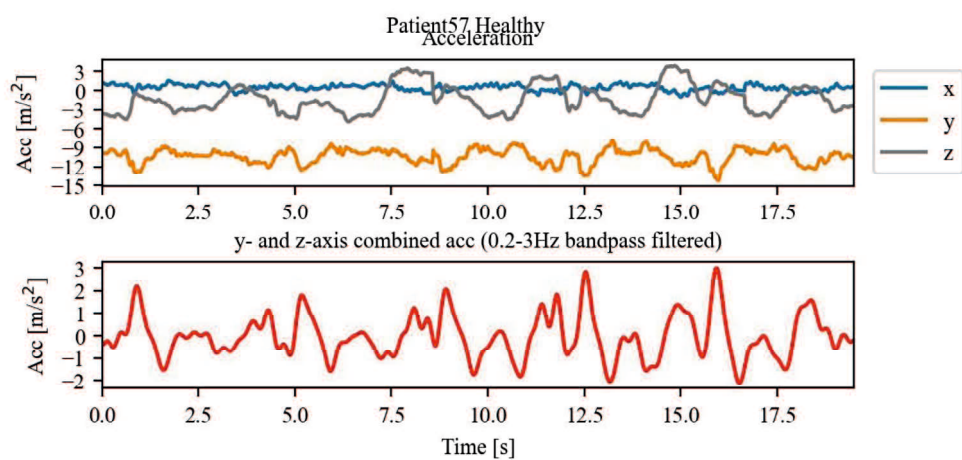
Fig. 3-4-11 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient55

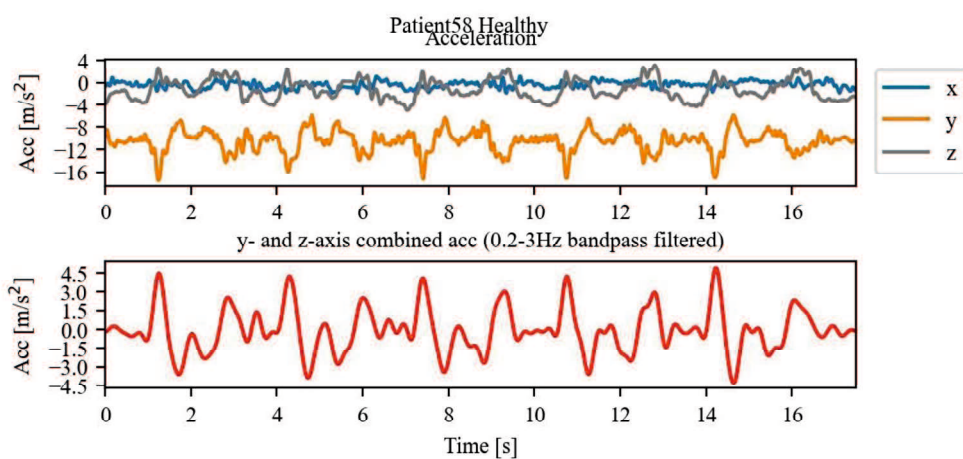


(b) Patient56

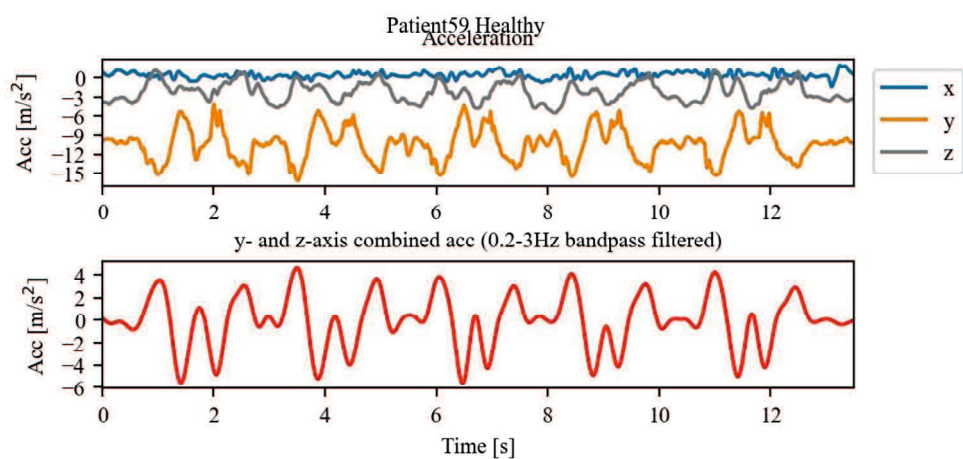


(c) Patient57

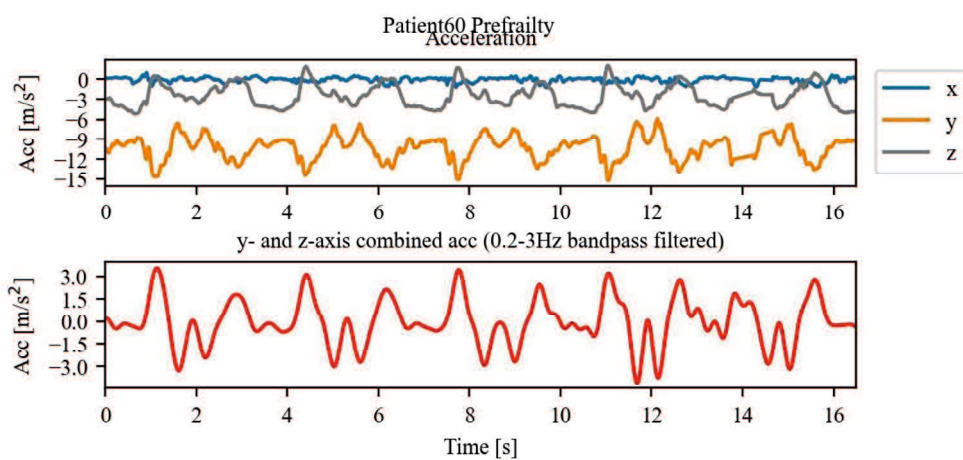
Fig. 3-4-12 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient58

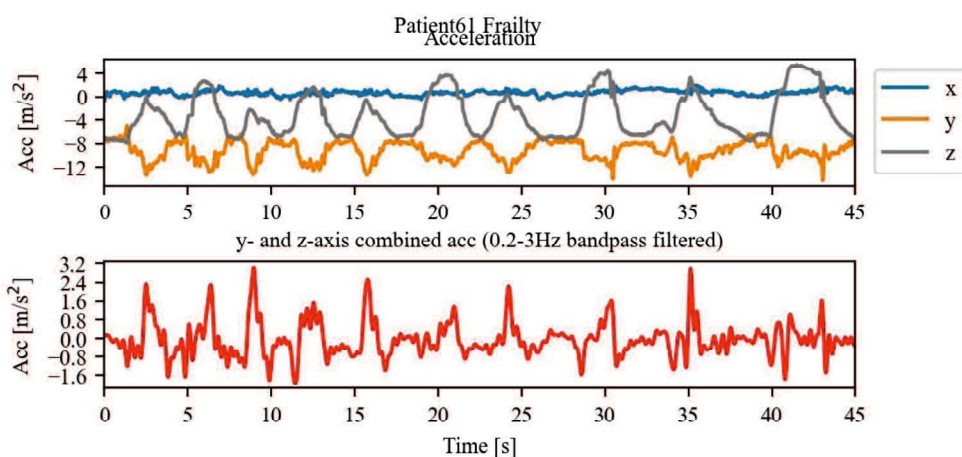


(b) Patient59

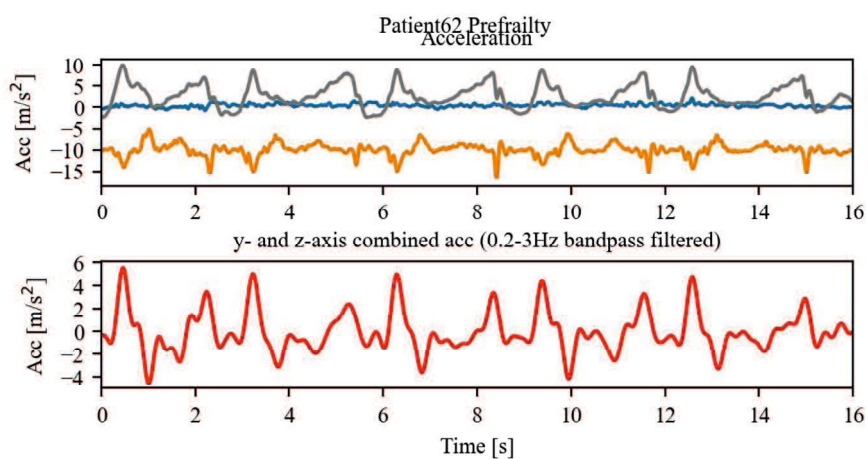


(c) Patient60

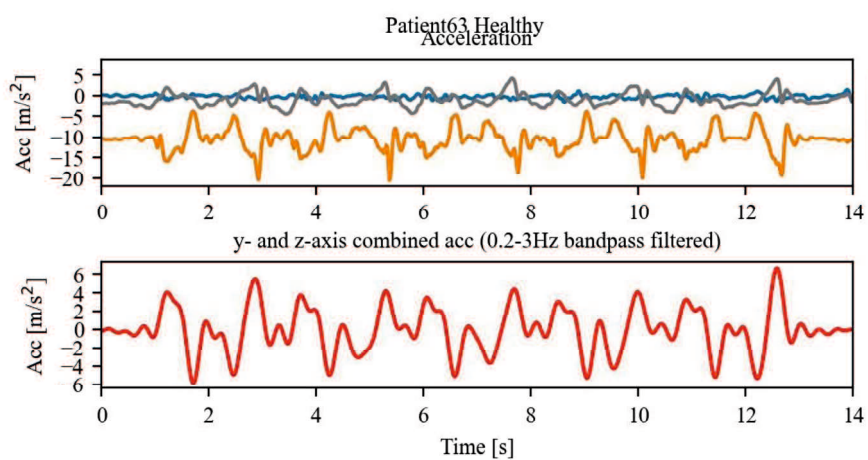
Fig. 3-4-13 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient61

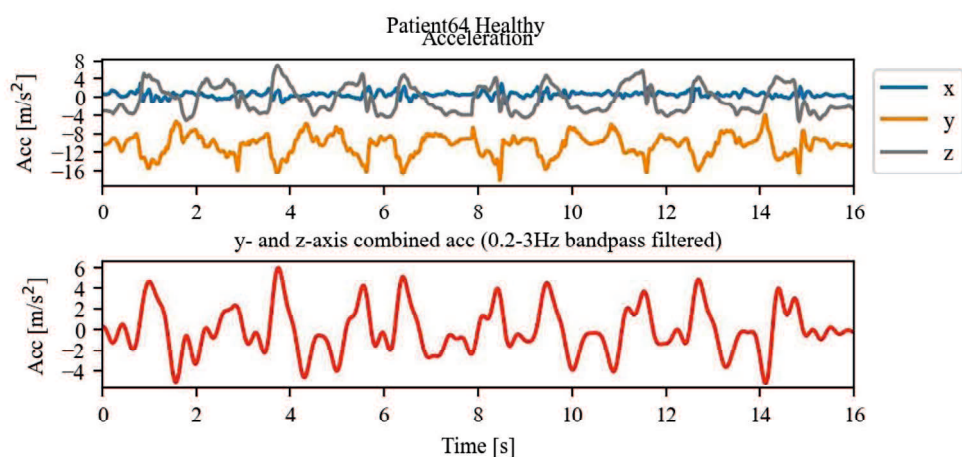


(b) Patient62

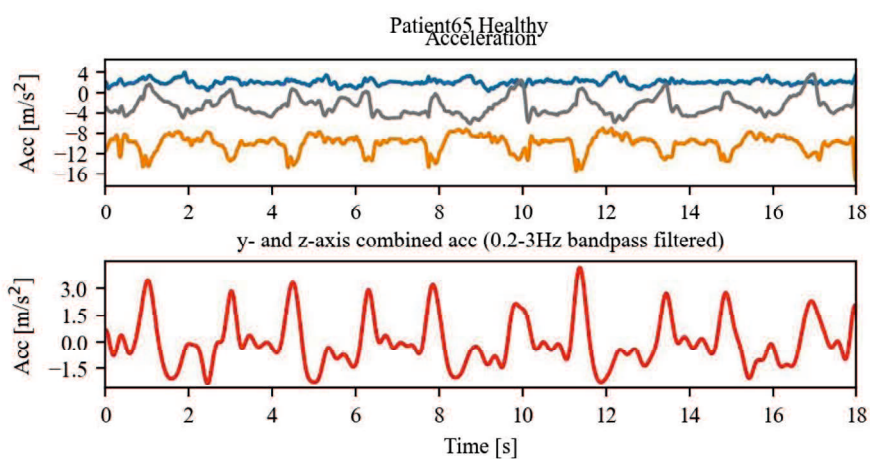


(c) Patient63

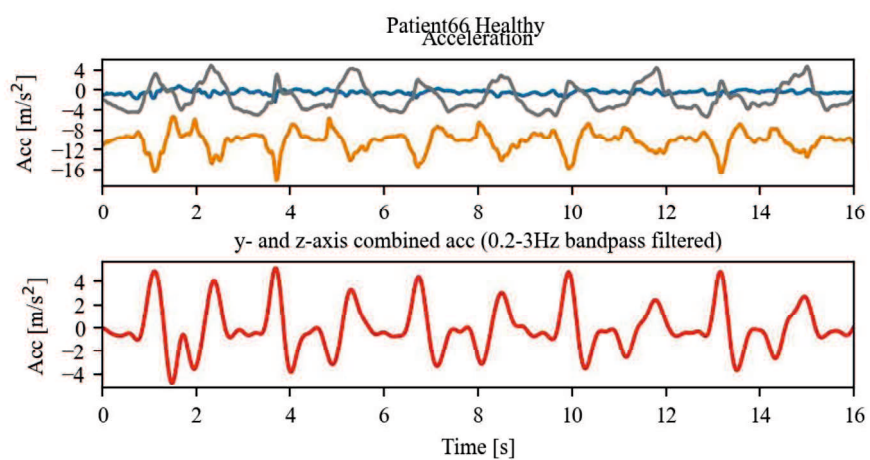
Fig. 3-4-14 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient64

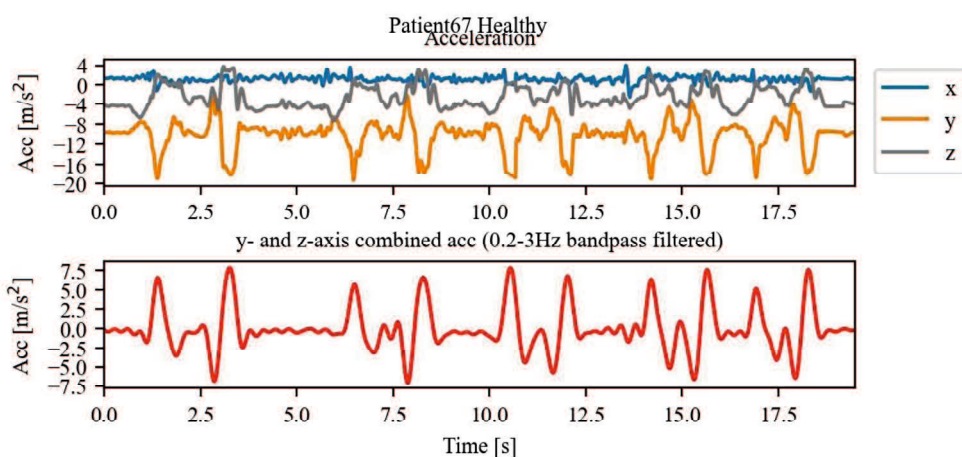


(b) Patient65

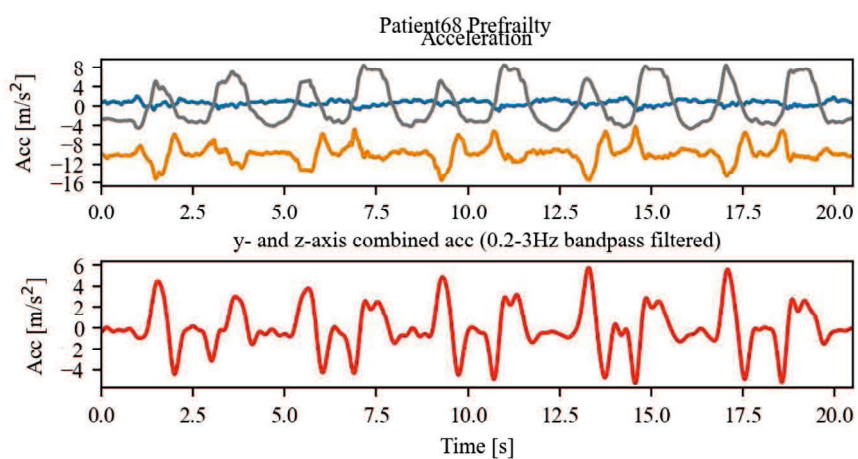


(c) Patient66

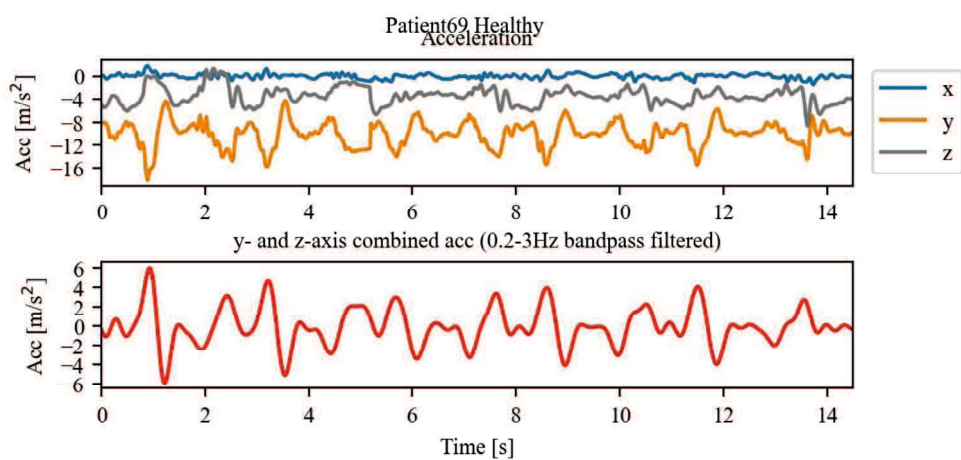
Fig. 3-4-15 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient67

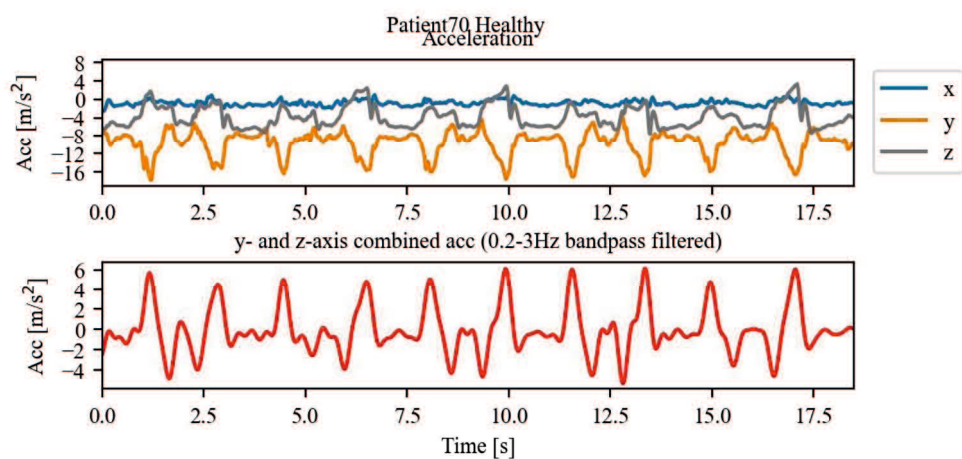


(b) Patient68



(c) Patient69

Fig. 3-4-16 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度



(a) Patient70

Fig. 3-4-17 各被験者の FTSTS テストの 3 軸加速度および合成加速度

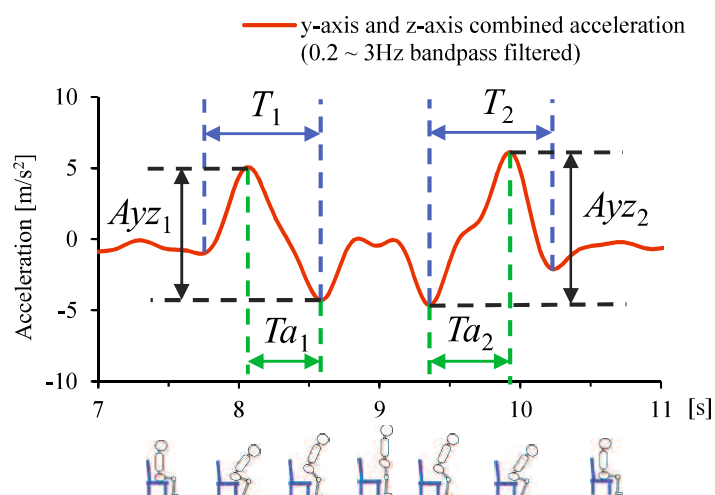


Fig. 3-5 立ち上がり動作と座り動作の合成加速度

Table. 3-1 各加速度変数の平均値および標準偏差

Indicators	Mean $\pm$ SD
Total time [s]	17.8 $\pm$ 5.3
T_1 [s]	0.91 $\pm$ 0.24
T_2 [s]	1.08 $\pm$ 0.30
A_{yz1} [m/s ²]	7.75 $\pm$ 2.12
A_{yz2} [m/s ²]	6.12 $\pm$ 2.38
Ta_1 [s]	0.53 $\pm$ 0.15
Ta_2 [s]	0.68 $\pm$ 0.27
$Wt \cdot A_{yz1}$ [kg $\cdot$ m/s ²]	506.74 $\pm$ 169.06
$Wt \cdot A_{yz2}$ [kg $\cdot$ m/s ²]	402.57 $\pm$ 185.83

3.2.3 臨床実験の分析結果

3.2.3.1 経過時間によるフレイルの分析結果

図 3-6 に、フレイル群および非フレイル群の計測した経過時間結果の箱ひげ図を示す。フレイル群と非フレイル群の FTSTS テストの立ち座り動作にかかったトータル時間は、それぞれ 26.1 ± 9.2 s と 16.8 ± 3.5 s であった。welch の t 検定を実施した結果、上記の群の間には有意な差はみられなかった ($p > 0.05$)。本実験では最大努力速度で実施していなかったため、下肢筋力の違いによる所要時間の差が生じなかったと考えられる。また、被験者自身のペースで実施したため、立位状態や座位状態のまま動いていない時間に個人差があったことが影響したと考えられる。したがって、被験者自身のペースで実施した FTSTS テストでは、従来の指標である立ち座り 5 回にかかる時間に基づいてフレイルを評価することは難しいと考えられる。

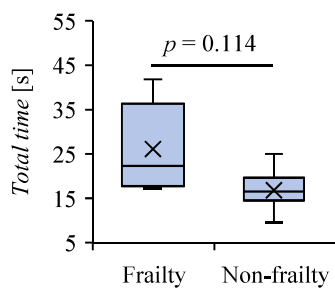
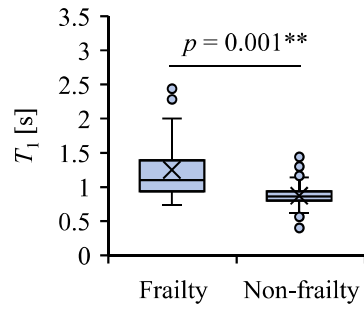


Fig. 3-6 Total time によるフレイル群と非フレイル群の比較

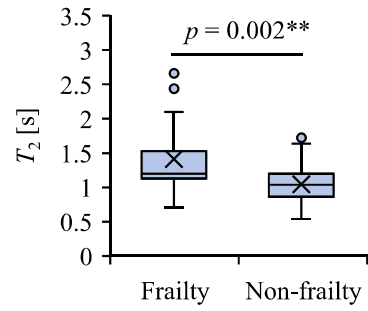
3.2.3.2 加速度によるフレイルの分析結果

図 3-7 は J-CHS 基準の診断結果を用いてフレイル群および非フレイル群に分けたときの、各指標の計測結果である。 T_1 の測定値（平均 $\pm$ 標準偏差）は、フレイル群と非フレイル群でそれぞれ、 1.25 ± 0.49 s, 0.87 ± 0.14 s であった。 T_2 の測定値は、フレイル群と非フレイル群でそれぞれ、 1.41 ± 0.51 s, 1.04 ± 0.23 s であった。 A_{yz1} の測定値は、フレイル群と非フレイル群でそれぞれ、 5.57 ± 1.4 m/s², 8.00 ± 2.04 m/s² であった。 A_{yz2} の測定値は、フレイル群と非フレイル群でそれぞれ、 4.47 ± 1.15 m/s², 6.31 ± 2.41 m/s² であった。 Ta_1 の測定値は、フレイル群と非フレイル群でそれぞれ、 0.70 ± 0.26 s, 0.52 ± 0.12 s であった。 Ta_2 の測定値は、フレイル群と非フレイル群でそれぞれ、 0.95 ± 0.47 s, 0.66 ± 0.22 s であった。 $Wt \cdot A_{yz1}$ の測定値は、フレイル群と非フレイル群でそれぞれ、 321.12 ± 99.48 kg $\cdot$ m/s², 527.84 ± 162.3 kg $\cdot$ m/s² であった。 $Wt \cdot A_{yz2}$ の測定値は、フレイル群と非フレイル群でそれぞれ、 263.97 ± 108.77 kg $\cdot$ m/s², 418.32 ± 186.22 kg $\cdot$ m/s² であった。 T_1 , T_2 , Ta_1 , Ta_2 の時間指標は、いずれもフレイル群の方が非フレイル群よりも大きい値を示した。 また、 A_{yz1} と A_{yz2} の加速度の振幅および $Wt \cdot A_{yz1}$ と $Wt \cdot A_{yz2}$ の体重と振幅の積は、いずれもフレイル群の方が非フレイル群よりも小さい値を示した。 それぞれの結果について、welch の t 検定を行った結果、全ての指標で有意な差がみられた ($p < 0.01$)。 フレイル群の動作時間の測定値が非フレイル群よりも大きい値であり、加速度の振幅の測定値が小さい値であったことから、フレイル群被験者の方がゆっくりとした立ち座り動作をしていたと考えられる。 前述のように、Total time についてはフレイル群と非フレイル群に有意な差はみられなかった。 したがって、立ち座り動作にかかる Total time には影響しないが、瞬発力に起因した動作の違いを加速度の振幅として計測できたと考えられる。

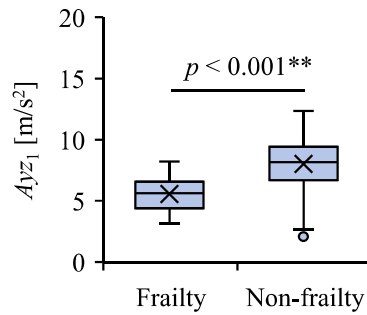
表 3-2 は各指標によってフレイルリスクを判別するためのロジスティック回帰分析の結果である。 図 3-8 は各指標のロジスティック回帰式によってフレイルを判別するための ROC 曲線である。 ロジスティック回帰式から求めたフレイルリスクの予測確率のカットオフ値は T_1 では 0.084 (AUC=0.80), T_2 では 0.085 (AUC=0.76), A_{yz1} では 0.110 (AUC=0.83), A_{yz2} では 0.090 (AUC=0.74), Ta_1 では 0.216 (AUC=0.71), Ta_2 では 0.105 (AUC=0.70), $Wt \cdot A_{yz1}$ では 0.119 (AUC=0.87), $Wt \cdot A_{yz2}$ では 0.209 (AUC=0.80) であった。 本分析ではこれらの値より大きい場合はフレイルのリスクがあると判断される。 各指標のカットオフ値による判別結果として、図 3-9-1 ~ 3-9-3 にロジスティック回帰式によるフレイルの予測確率を示す。 表 3-3 に、真陽性 (True positive, TP), 偽陽性 (False positive, FP), 偽陰性 (False negative, FN) および真陰性 (True negative, TN) のデータ数、感度、特異度、陽性的中率 (Positive predictive value, PPV) および陰性的中率 (Negative predictive value, NPV) を示す。



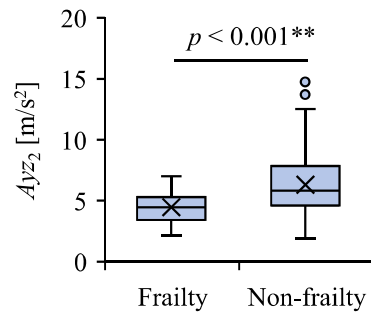
(a) T_1



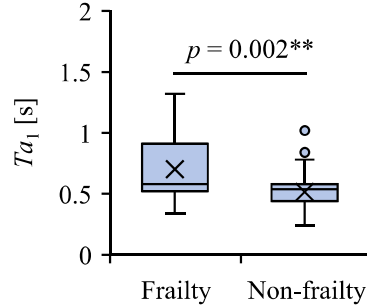
(b) T_2



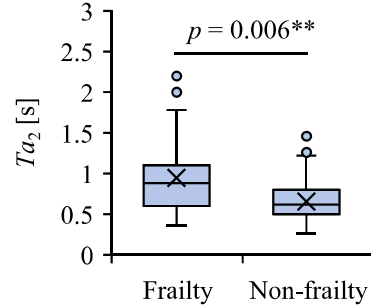
(c) A_{yz1}



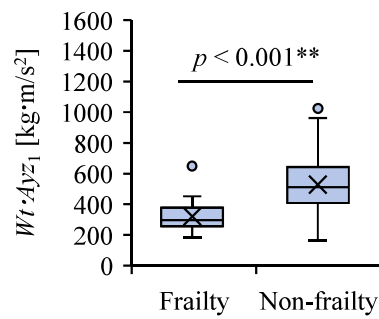
(d) A_{yz2}



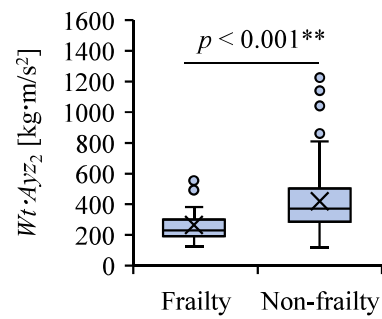
(e) Ta_1



(f) Ta_2



(g) $Wt \cdot A_{yz1}$



(h) $Wt \cdot A_{yz2}$

Fig. 3-7 加速度変数によるフレイル群と非フレイル群の比較

Table. 3-2 各加速度変数によるロジスティック回帰**Table. (a)** T_1

	coef	std err	z	P> z
Const	-7.83	1.31	-5.97	0.000
T_1	5.79	1.30	4.46	0.000

Table. (b) T_2

	coef	std err	z	P> z
Const	-6.06	0.96	-6.32	0.000
T_2	3.29	0.75	4.37	0.000

Table. (c) A_{yz1}

	coef	std err	z	P> z
Const	1.80	0.76	2.38	0.017
A_{yz1}	-0.59	0.121	-4.849	0.000

Table. (d) A_{yz2}

	coef	std err	z	P> z
Const	0.58	0.71	0.814	0.416
A_{yz2}	-0.53	0.15	-3.59	0.000

Table. (e) Ta_1

	coef	std err	z	P> z
Const	-6.19	0.92	-6.66	0.000
Ta_1	6.69	1.43	4.67	0.000

Table. (f) Ta_2

	coef	std err	z	P> z
Const	-4.44	0.64	-6.93	0.000
Ta_2	2.95	0.73	4.06	0.000

Table. (g) $Wt \cdot A_{yz1}$

	coef	std err	z	P> z
Const	2.84	0.87	3.26	0.001
$Wt \cdot A_{yz1}$	-0.012	0.002	-5.10	0.000

Table. (h) $Wt \cdot A_{yz2}$

	coef	std err	z	P> z
Const	1.10	0.75	1.48	0.139
$Wt \cdot A_{yz2}$	0.010	0.003	-3.93	0.000

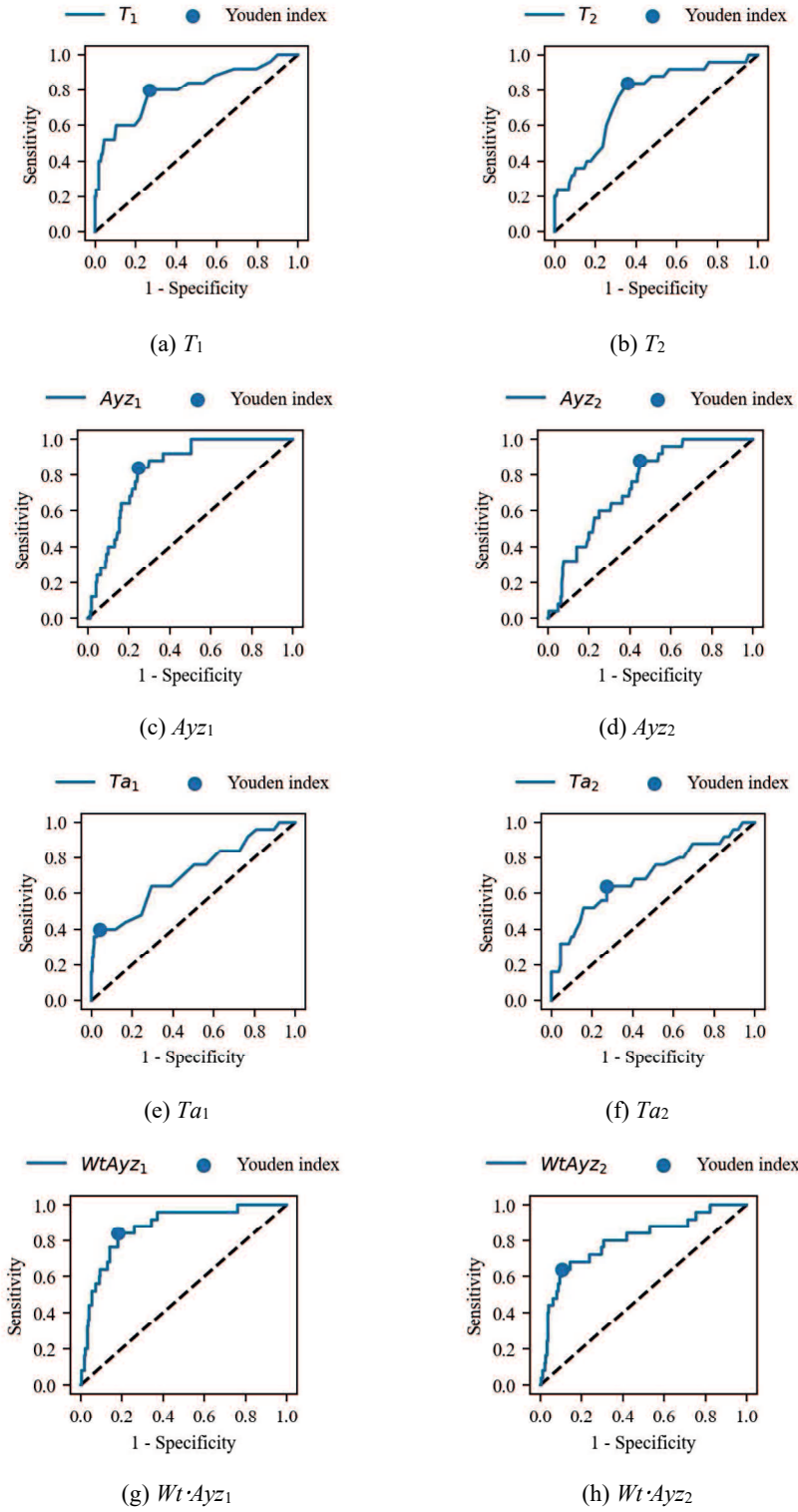
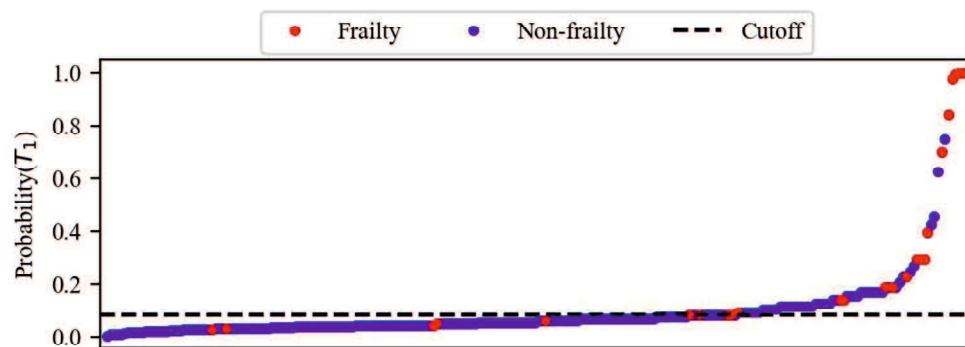
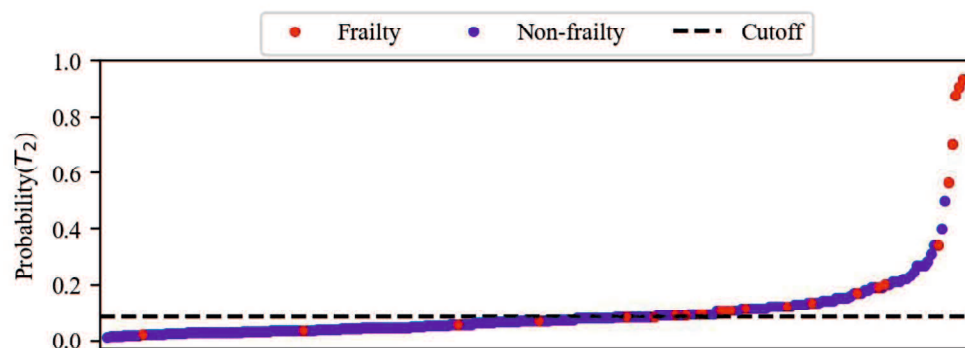


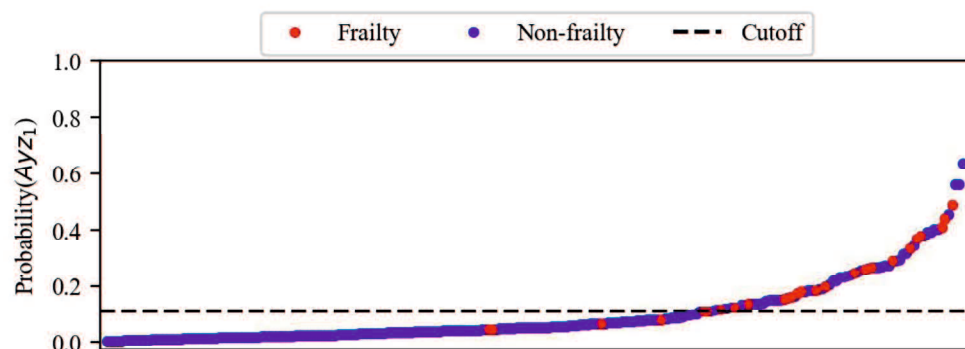
Fig. 3-8 ROC curve to determine frailty by each indicator.



(a) T_1

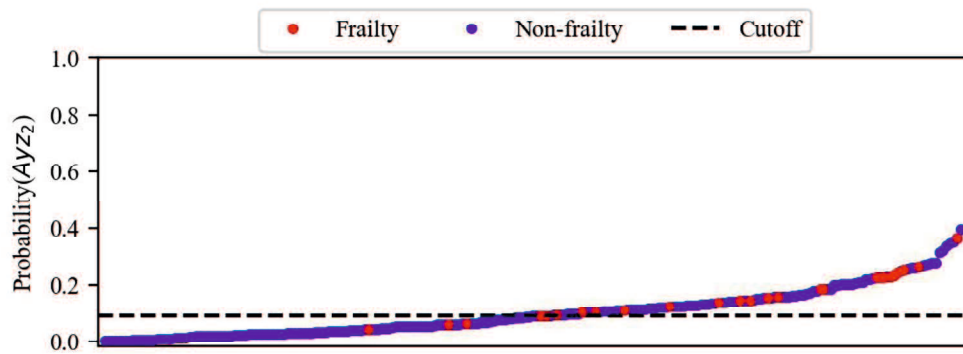


(b) T_2

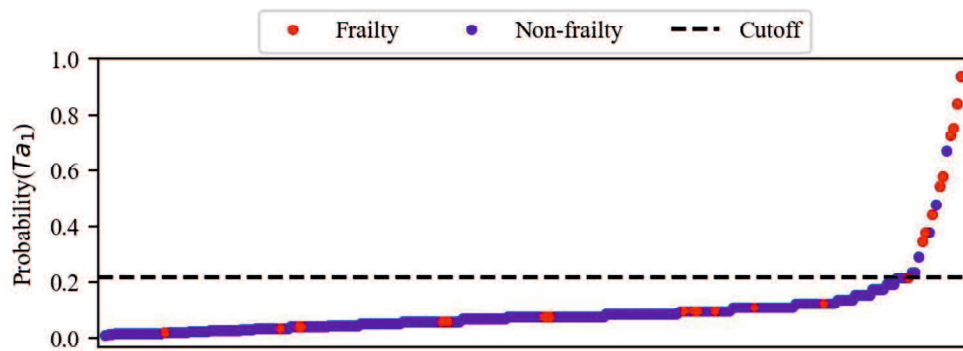


(c) A_{yz1}

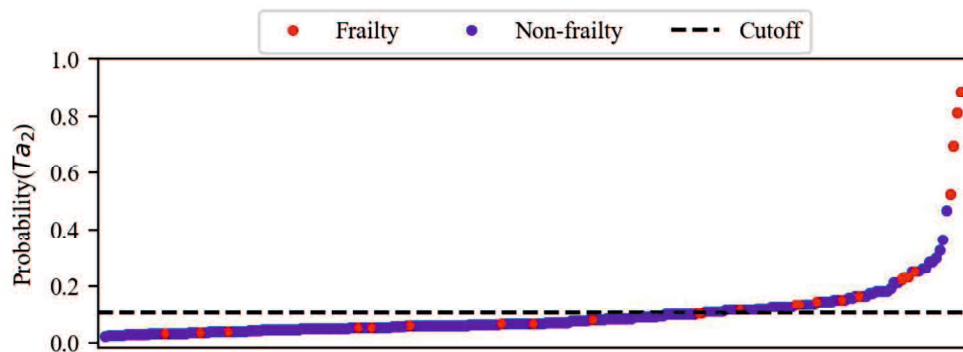
Fig. 3-9-1 各加速度変数を用いたロジスティック回帰によるフレイル予測確率



(a) Ayz_2

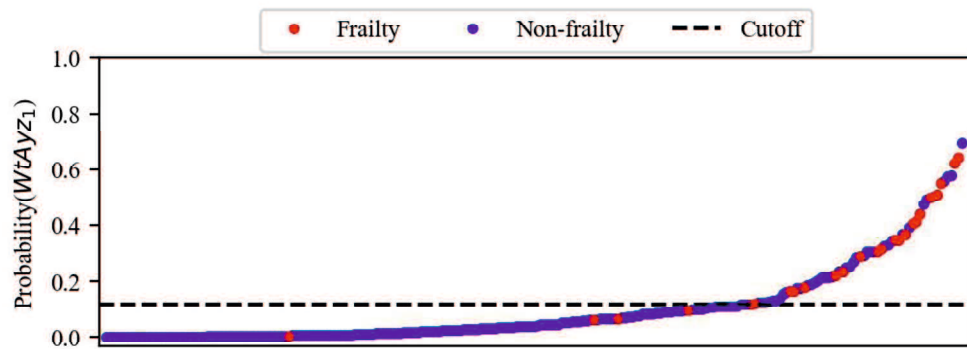


(b) Ta_1

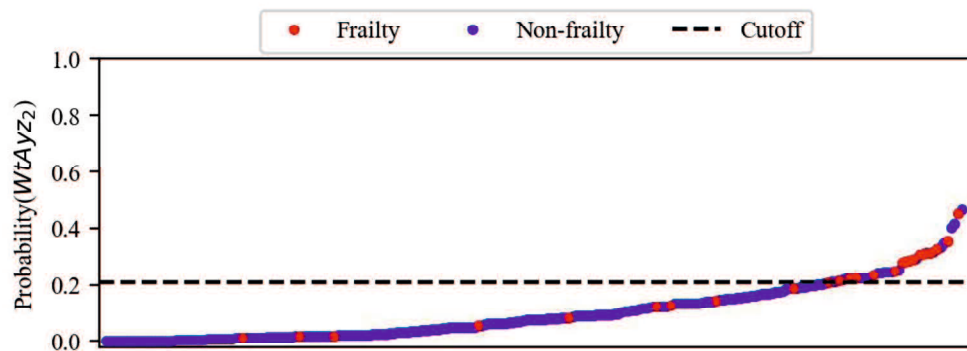


(c) Ta_2

Fig. 3-9-2 各加速度変数を用いたロジスティック回帰によるフレイル予測確率



(a) $Wt \cdot Ayz_1$



(b) $Wt \cdot Ayz_2$

Fig. 3-9-3 各加速度変数を用いたロジスティック回帰によるフレイル予測確率

Table. 3-3 各加速度変数を用いたフレイル判定の性能指標

Indicators	TP	FP	FN	TN	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
T_1	20	59	5	161	0.80	0.73	0.25	0.97
T_2	21	79	4	141	0.84	0.64	0.21	0.97
Ayz_1	21	54	4	166	0.84	0.75	0.28	0.98
Ayz_2	22	99	3	121	0.88	0.55	0.18	0.98
Ta_1	10	9	15	211	0.40	0.96	0.53	0.93
Ta_2	16	60	9	160	0.64	0.73	0.21	0.95
$Wt \cdot Ayz_1$	21	40	4	180	0.84	0.82	0.34	0.98
$Wt \cdot Ayz_2$	16	23	9	197	0.64	0.90	0.41	0.96

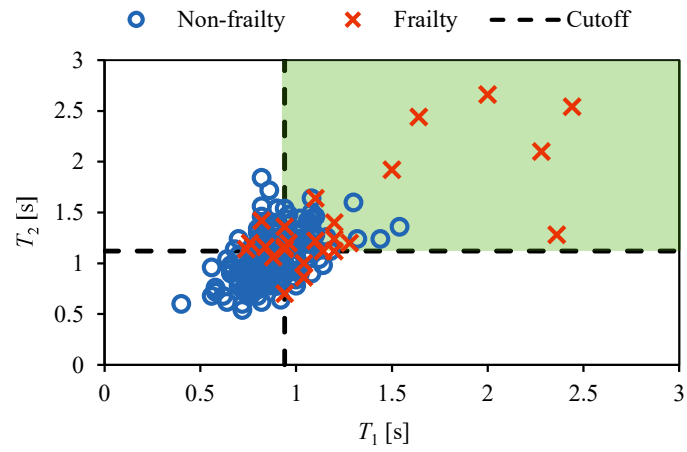
まず、表 3-3 の感度と PPV より、フレイル群の判別性能について比較する。 $Wt\cdot Ayz_1$ は感度が高く、PPV の値が中程度であった。したがって、フレイルの検出率が高く、中程度の精度でフレイルを検出できる可能性がある指標だと考えられる。 Ta_1 、 $Wt\cdot Ayz_2$ は感度が中程度であり、PPV も中程度であった。したがって、フレイルの検出率は中程度であり、中程度の精度でフレイルを検出できる可能性がある指標だと考えられる。 T_1 、 T_2 、 Ayz_1 、 Ayz_2 は感度が高いが、PPV の値は低かった。したがって、フレイルの検出率が高いが、フレイル検出の精度が低くなる可能性がある指標だと考えられる。 Ta_2 は感度が中程度であり、PPV の値が低かった。したがって、フレイルの検出率が中程度で、フレイル検出の精度が低くなる可能性がある指標だと考えられる。次に、表 3-3 の特異度と NPV より、非フレイル群の判別性能について比較する。特異度については Ta_1 、 $Wt\cdot Ayz_2$ が非常に高く、 T_1 、 Ayz_1 、 Ta_2 、 $Wt\cdot Ayz_1$ が高く、 T_2 、 Ayz_2 が中程度であった。また、NPV についてはすべての指標で値が非常に高かった。したがって、 T_1 、 Ayz_1 、 Ta_1 、 Ta_2 、 $Wt\cdot Ayz_1$ 、 $Wt\cdot Ayz_2$ は非フレイルの検出率が高く、非常に精度良く非フレイルを検出できる可能性がある指標だと考えられる。また、 T_2 、 Ayz_2 は非フレイルの検出率が中程度であり、非常に精度良く非フレイルを検出できる可能性がある指標だと考えられる。

表 3-2 のロジスティック回帰式とフレイルの予測確率のカットオフ値を用いて、各変数の測定値のカットオフ値を計算した。測定値のカットオフ値は、 T_1 では 0.94 s、 T_2 では 1.12 s、 Ayz_1 では 6.63 m/s²、 Ayz_2 では 5.51 m/s²、 Ta_1 では 0.72 s、 Ta_2 では 0.78 s、 $Wt\cdot Ayz_1$ では 393.49 kg·m/s²、 $Wt\cdot Ayz_2$ では 238.41 kg·m/s² であった。 T_1 、 T_2 、 Ta_1 および Ta_2 はカットオフ値以上の値をフレイルと判定し、 Ayz_1 、 Ayz_2 、 $Wt\cdot Ayz_1$ および $Wt\cdot Ayz_2$ はカットオフ値以下の値をフレイルと判定した。加速度指標の測定値によるカットオフ値を用いて、2 つの指標の組み合わせによるフレイルの判定を行った。各指標の立ち上がり動作と座り動作の組み合わせ、 $Wt\cdot Ayz_1$ と Ta_1 および Ta_1 と $Wt\cdot Ayz_2$ の組み合わせを分析した。図 3-10-1～3-10-2 は J-CHS 基準による診断でフレイル群または非フレイル群と判定された被験者の分布と、2 つの指標のカットオフ値による 4 つの領域を示すグラフである。図 3-10-1～3-10-2 の各グラフにおいて、緑色に塗られた領域は 2 つの指標の両方でフレイルのリスクがあると判定された箇所である。本領域内をフレイルと判定した時の真陽性 (TP)、偽陽性 (FP)、偽陰性 (FN) および真陰性 (TN) のデータ数、感度、特異度、陽性的中率 (PPV) および陰性的中率 (NPV) を表 3-4 に示す。

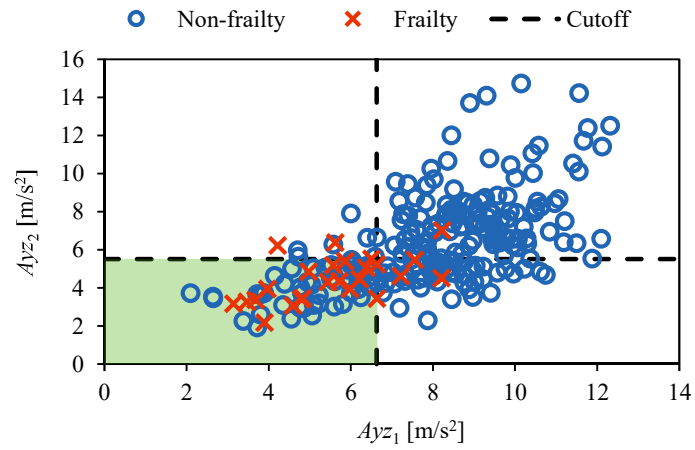
表 3-4 の感度と PPV より、フレイル群の判別性能について比較する。 T_1 と T_2 、 Ta_1 と Ta_2 、 $Wt\cdot Ayz_1$ と $Wt\cdot Ayz_2$ 、 $Wt\cdot Ayz_1$ と Ta_1 は感度が中程度であり、PPV の値も中程度であった。したがって、フレイルの検出率が中程度であり、中程度の精度でフレイルを検出できる可能性がある指標だと考えられる。また、 Ayz_1 と Ayz_2 は感度が高いが、PPV の値は低かった。したがって、フレイルの検出率が高いが、フレイル検出の精度が低くなる可能性がある指標だと考えられる。また、 Ta_1 と $Wt\cdot Ayz_2$ は感度が低かったが、PPV の値は高かった。したがって、フレイルの検出率は低い、精度良くフレイルを検出できる可能性がある指標だと考えられる。次に、表 3-4 の特異度と NPV より、非フレイル群の判別性能について比較する。特異度については、 T_1

と T_2 , Ayz_1 と Ayz_2 は高く, Ta_1 と Ta_2 , $Wt \cdot Ayz_1$ と $Wt \cdot Ayz_2$, $Wt \cdot Ayz_1$ と Ta_1 , Ta_1 と $Wt \cdot Ayz_2$ は非常に高かった. また, NPV についてはすべての指標で非常に高かった. したがって, 非フレイルの検出率も高く, 非常に精度良く非フレイルを検出できる可能性がある指標だと考えられる.

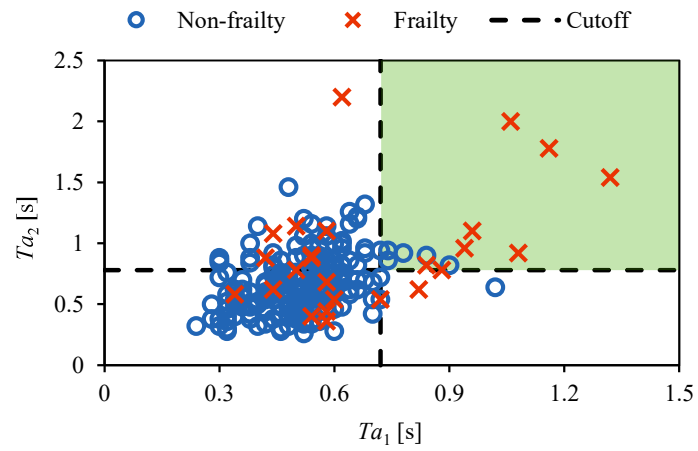
本分析方法では, フレイル判定の感度は高くても 0.7 程度であった. フレイルのスクリーニングにおいて, フレイル高齢者を非フレイルであると誤判断し, 外出などの運動を勧めてしまうと転倒のリスクが高く要介護となってしまう可能性があるため, より感度の高いフレイル判定方法が必要である.



(a) T_1 と T_2

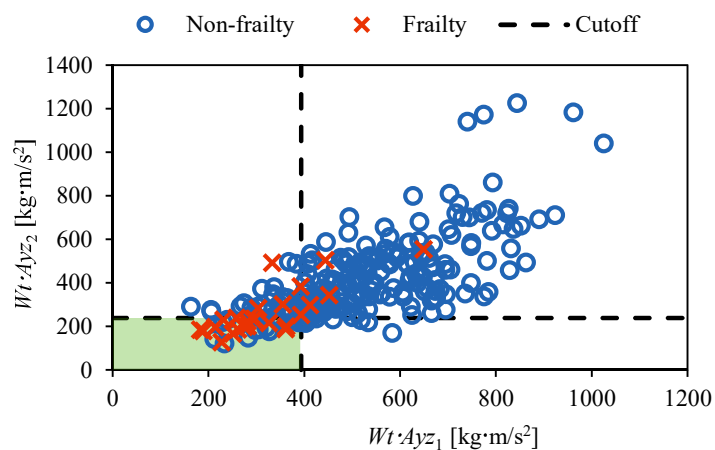


(b) A_{yz1} と A_{yz2}

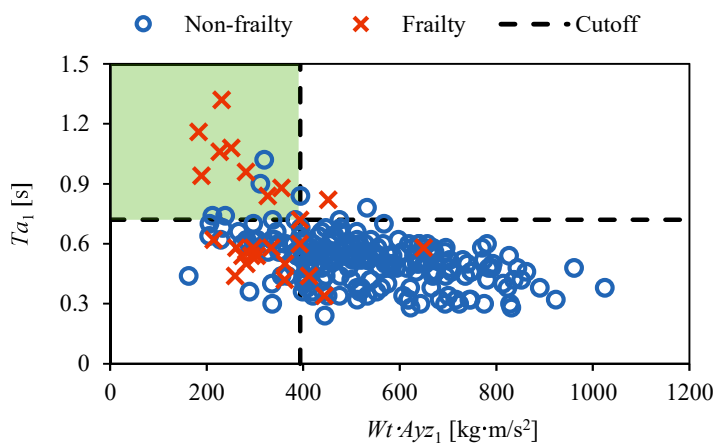


(c) Ta_1 と Ta_2

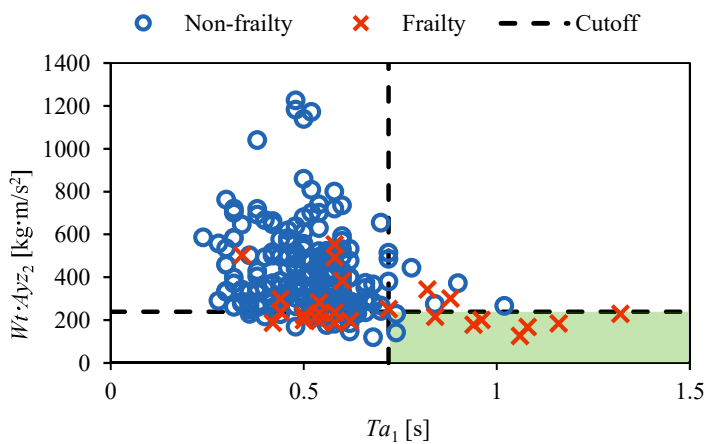
Fig. 3-10-1 加速度変数によるフレイル群と非フレイル群の分布



(a) $Wt \cdot Ayz_1$ と $Wt \cdot Ayz_2$



(b) $Wt \cdot Ayz_1$ と Ta_1



(c) Ta_1 と $Wt \cdot Ayz_2$

Fig. 3-10-2 加速度変数によるフレイル群と非フレイル群の分布

Table. 3-4 2つの加速度変数によるフレイル判定の性能指標.

Parameters	TP	FP	FN	TN	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
T_1 and T_2	17	38	8	182	0.68	0.83	0.31	0.96
Ayz_1 and Ayz_2	19	47	6	173	0.76	0.79	0.29	0.97
Ta_1 and Ta_2	8	6	17	214	0.32	0.97	0.57	0.93
$Wt \cdot Ayz_1$ and $Wt \cdot Ayz_2$	16	13	9	207	0.64	0.94	0.55	0.96
$Wt \cdot Ayz_1$ and Ta_1	9	6	16	214	0.36	0.97	0.60	0.93
Ta_1 and $Wt \cdot Ayz_2$	7	2	18	218	0.28	0.99	0.78	0.92

そこで、より感度の高い方法を模索するため、複数の変数を用いたロジスティック回帰によるフレイル判別を試みる。ロジスティック回帰に用いる変数は多重共線性の問題を回避する必要がある。まず、表 3-5 に示すように、変数間の相関係数を調べた結果、0.70 以上であった変数は T_1 と Ta_1 ($r=0.79$)、 T_2 と Ta_2 ($r=0.87$)、 Ayz_1 と $Wt \cdot Ayz_1$ ($r=0.86$)、 Ayz_2 と $Wt \cdot Ayz_2$ ($r=0.92$)、 $Wt \cdot Ayz_1$ と $Wt \cdot Ayz_2$ ($r=0.72$) であった。 T_1 と Ta_1 では、 T_1 の方が Ta_1 よりも AUC の値が高かったため、 Ta_1 を用いる変数から除いた。同様にして、 Ta_2 、 Ayz_1 、 Ayz_2 を用いる変数から除いた。 $Wt \cdot Ayz_1$ と $Wt \cdot Ayz_2$ は強い相関があったが、床反力の分析に合わせてどちらの変数も用いた。したがって、候補に残った変数は T_1 、 T_2 、 $Wt \cdot Ayz_1$ 、 $Wt \cdot Ayz_2$ であった。これらの変数の VIF (Variance inflation factor) を調べた結果、VIF の値は T_1 、 T_2 、 $Wt \cdot Ayz_1$ 、 $Wt \cdot Ayz_2$ でそれぞれ、2.08、2.46、2.45、2.79 であった。したがって、これらの変数に多重共線性はないと判断した。よって、フレイル判別に用いる変数は T_1 、 T_2 、 $Wt \cdot Ayz_1$ 、 $Wt \cdot Ayz_2$ の 4 つとした。

Table. 3-5 加速度変数間の相関係数.

	T_1	T_2	Ayz_1	Ayz_2	Ta_1	Ta_2	$Wt \cdot Ayz_1$	$Wt \cdot Ayz_2$
T_1	1.00	0.66	-0.55	-0.38	0.79	0.58	-0.44	-0.32
T_2	0.66	1.00	-0.52	-0.65	0.55	0.87	-0.43	-0.56
Ayz_1	-0.55	-0.52	1.00	0.64	-0.55	-0.46	0.86	0.56
Ayz_2	-0.38	-0.65	0.64	1.00	-0.31	-0.61	0.60	0.92
Ta_1	0.79	0.55	-0.55	-0.31	1.00	0.47	-0.48	-0.29
Ta_2	0.58	0.87	-0.46	-0.61	0.47	1.00	-0.39	-0.55
$Wt \cdot Ayz_1$	-0.44	-0.43	0.86	0.60	-0.48	-0.39	1.00	0.72
$Wt \cdot Ayz_2$	-0.32	-0.56	0.56	0.92	-0.29	-0.55	0.72	1.00

: $0.7 \leq |r|$

表 3-6 は T_1 , T_2 , $Wt \cdot Ayz_1$, $Wt \cdot Ayz_2$ によってフレイルリスクを判別するためのロジスティック回帰分析の結果である。図 3-11 は T_1 , T_2 , $Wt \cdot Ayz_1$, $Wt \cdot Ayz_2$ のロジスティック回帰式によってフレイルリスクを判別するための ROC 曲線である。ロジスティック回帰式から求めたフレイルリスクの予測確率のカットオフ値は、0.106 (AUC=0.89)であった。本分析ではこれらの値より大きい場合はフレイルのリスクがあると判断される。表 3-7 に、真陽性 (True positive, TP), 偽陽性 (False positive, FP), 偽陰性 (False negative, FN) および真陰性 (True negative, TN) のデータ数, 感度, 特異度, 陽性的中率 (Positive predictive value, PPV) および陰性的中率 (Negative predictive value, NPV) を示す。図 3-12 はカットオフ値によるフレイルの判別結果である。

表 3-7 の感度と PPV よりフレイルの判別性能についてみると、本方法は感度が高いが、PPV は中程度であった。したがって、本方法ではフレイル検出率が高いが、フレイルの検出精度は中程度となる可能性がある。また、表 3-7 の特異度と NPV より非フレイルの判別性能についてみると、本手法は特異度が高く、NPV が非常に高かった。したがって、非フレイルの検出率が高く、非常に精度良く非フレイルを検出できる可能性があった。フレイルの判別結果を見ると、本分析方法は多くのフレイル被験者を検出できる一方で、一部の非フレイル被験者をフレイルであると誤判断している。フレイルのスクリーニングにおいては、フレイルを見逃してしまうことが最も避けるべきことである。フレイルを放置してしまうと、運動や外出時に転倒して寝たきりになる危険性がある。そのため、フレイルのスクリーニングは感度が高い方が好ましい。したがって、本手法はフレイルの初期段階のスクリーニングにおいて一定の有用性があると考えられるが、さらなる精度向上が必要である。

Table.3-6 4つの加速度変数によるロジスティック回帰

	Coef	std err	z	P> z
Const	-3.19	0.43	-7.47	0.000
T_1	0.66	0.37	1.78	0.075
T_2	0.15	0.41	0.36	0.718
$Wt \cdot Ayz_1$	-1.39	0.55	-2.53	0.011*
$Wt \cdot Ayz_2$	-0.04	0.67	-0.07	0.948

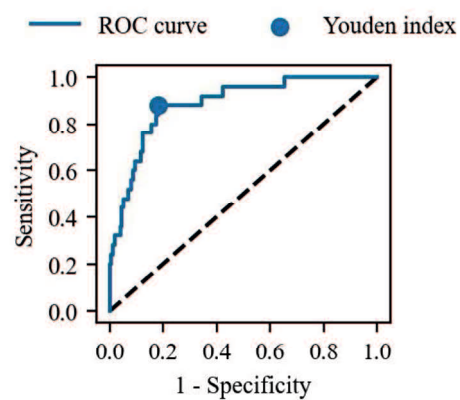


Fig. 3-11 4つの加速度変数によるフレイル判定のROC曲線

Table. 3-7 4つの加速度変数によるフレイル判定の性能指標

Parameter	TP	FP	FN	TN	Sensitivity	Specificity	PPV	NPV
$T_1, T_2, Wt \cdot Ay_{z1}, Wt \cdot Ay_{z2}$	22	40	3	180	0.88	0.82	0.35	0.98

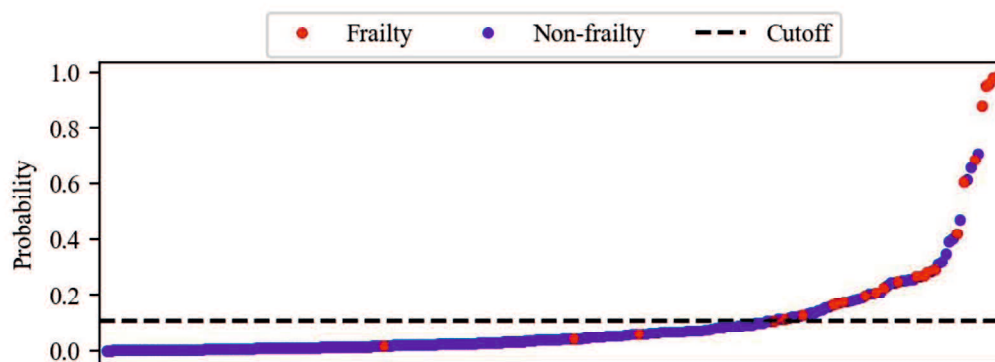


Fig. 3-12 4つの加速度変数を用いたロジスティック回帰によるフレイル予測確率

ここまでの分析では立ち座り動作 1 回で得られる 1 データごとに着目し、フレイルの判定を行ってきた。一方で、FTSTS テストは 5 回の立ち座りであり、被験者 1 人につき 5 個のデータがあるため、5 個全体に着目し考察していく。表 3-8-1～3-8-2 に 4 つの加速度変数を用いたロジスティック回帰で得られた各被験者のフレイルの予測確率を示す。予測確率のカットオフ値 0.106 以上のデータはフレイルと判定され、表 3-8-1～3-8-2 中で赤く塗りつぶされている。ここでは 5 個のデータ中 3 個以上がフレイルと判断された被験者に着目する。まず、J-CHS 基準によってフレイルと診断された被験者を見ると、フレイル被験者 5 名のうち、5 名全員が 3 個以上フレイルと判定された（表 3-8-1～3-8-2 中の青枠）。したがって、FTSTS テストによってフレイルの評価ができていると考えられる。次に、J-CHS 基準で非フレイルと診断された被験者 44 名のうち、8 名が 3 個以上フレイルと判定された（表 3-8-1～3-8-2 中の赤枠）。この 8 名の被験者について、J-CHS 基準の診断項目の該当・非該当を表 3-9 に示す。J-CHS 基準の該当項目を見ると、8 名中 5 名が活動量減少項目または活力低下項目が原因でプレフレイルと診断されていた。これらの項目は身体機能の低下が原因である可能性もあるが、活動量減少は人との関わりがなく、孤立した状態が原因で定期的な運動の機会がない、活力低下は抑うつなどが原因で心理的に疲労感を感じている、といった社会的フレイルや精神・心理的フレイルの可能性もある。社会的フレイルや精神・心理的フレイルは、それをきっかけに活動量の減少や筋量の減少、運動機能の低下と次々に連鎖し、身体的フレイルになる^[2]。このことから、社会的フレイルや精神・心理的フレイルは身体的フレイルの初期段階とも捉えられ、この被験者らは運動機能が低下し始めている可能性がある。したがって、本評価方法によって運動機能が低下する初期段階を評価できる可能性がある。

Table. 3-8-1 各被験者のフレイル予測確率

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient17	Non-frailty	0.008	0.014	0.009	0.076	0.024
Patient18	Non-frailty	0.070	0.012	0.013	0.011	0.017
Patient19	Non-frailty	0.062	0.040	0.034	0.052	0.078
Patient20	Non-frailty	0.048	0.011	0.013	0.009	0.009
Patient21	Non-frailty	0.069	0.093	0.173	0.146	0.255
Patient22	Non-frailty	0.066	0.133	0.084	0.069	0.175
Patient23	Non-frailty	0.020	0.186	0.123	0.254	0.231
Patient24	Non-frailty	0.065	0.134	0.144	0.059	0.113
Patient25	Non-frailty	0.001	0.012	0.005	0.006	0.007
Patient26	Non-frailty	0.657	0.311	0.183	0.154	0.114
Patient27	Non-frailty	0.043	0.022	0.021	0.029	0.022
Patient28	Non-frailty	0.391	0.244	0.266	0.707	0.245
Patient30	Frailty	0.422	0.959	0.608	0.269	0.264
Patient31	Non-frailty	0.158	0.059	0.051	0.038	0.068
Patient33	Non-frailty	0.008	0.005	0.012	0.008	0.005
Patient34	Non-frailty	0.005	0.008	0.015	0.009	0.003
Patient35	Non-frailty	0.011	0.084	0.039	0.033	0.045
Patient36	Non-frailty	0.066	0.285	0.083	0.135	0.081
Patient37	Frailty	0.278	0.041	0.164	0.106	0.016
Patient38	Non-frailty	0.090	0.066	0.066	0.092	0.067
Patient41	Non-frailty	0.037	0.015	0.009	0.015	0.024
Patient42	Non-frailty	0.014	0.001	0.002	0.003	0.004
Patient44	Non-frailty	0.105	0.403	0.105	0.188	0.250
Patient45	Non-frailty	0.178	0.205	0.251	0.101	0.208
Patient46	Non-frailty	0.064	0.117	0.033	0.091	0.053

：フレイルと判定されたデータ

：フレイル群で3データ以上フレイルと判定された

：非フレイル群で3データ以上フレイルと判定された

Table. 3-8-2 各被験者のフレイル予測確率

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient47	Non-frailty	0.004	0.014	0.010	0.022	0.013
Patient48	Non-frailty	0.008	0.004	0.002	0.002	0.002
Patient49	Frailty	0.290	0.115	0.248	0.198	0.175
Patient50	Non-frailty	0.020	0.007	0.035	0.055	0.053
Patient51	Non-frailty	0.010	0.011	0.022	0.042	0.038
Patient52	Non-frailty	0.004	0.007	0.004	0.005	0.002
Patient53	Frailty	0.207	0.227	0.060	0.168	0.130
Patient54	Non-frailty	0.031	0.021	0.025	0.040	0.029
Patient55	Non-frailty	0.015	0.126	0.015	0.008	0.001
Patient56	Non-frailty	0.023	0.020	0.030	0.098	0.082
Patient57	Non-frailty	0.615	0.469	0.348	0.318	0.204
Patient58	Non-frailty	0.044	0.041	0.053	0.048	0.026
Patient59	Non-frailty	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002
Patient60	Non-frailty	0.025	0.071	0.054	0.020	0.120
Patient61	Frailty	0.984	0.686	0.953	0.980	0.879
Patient62	Non-frailty	0.028	0.073	0.058	0.061	0.076
Patient63	Non-frailty	0.012	0.022	0.022	0.027	0.026
Patient64	Non-frailty	0.018	0.009	0.032	0.035	0.027
Patient65	Non-frailty	0.071	0.051	0.061	0.026	0.098
Patient66	Non-frailty	0.020	0.024	0.089	0.039	0.031
Patient67	Non-frailty	0.001	0.004	0.000	0.000	0.002
Patient68	Non-frailty	0.016	0.022	0.008	0.008	0.004
Patient69	Non-frailty	0.009	0.023	0.084	0.040	0.041
Patient70	Non-frailty	0.002	0.025	0.006	0.002	0.013

- : フレイルと判定されたデータ
 : フレイル群で3データ以上フレイルと判定された
 : 非フレイル群で3データ以上フレイルと判定された

Table. 3-9 J-CHS 基準の各項目の該当・非該当

Subject	J-CHS	体重減少	活動量減少	活力低下	握力低下	歩行速度低下
Patient21	Prefrailty	0	1	1	0	0
Patient23	Prefrailty	0	1	0	0	0
Patient24	Prefrailty	0	0	1	0	0
Patient26	Prefrailty	1	0	1	0	0
Patient28	Prefrailty	1	0	0	1	0
Patient44	Healthy	0	0	0	0	0
Patient45	Prefrailty	0	1	0	1	0
Patient57	Healthy	0	0	0	0	0

1 = 該当, 0 = 非該当

 : 活動量減少および活力低下で該当

表 3-10 は J-CHS 基準の各項目において該当群と非該当群を分けた時の各加速度指標の測定結果である。それぞれの結果に対して、welch の t 検定を行った結果、体重減少（Shrinking）項目では、 Ta_2 と $Wt \cdot Ayz_2$ を除く全ての指標で群間に有意な差がみられた。活動量減少（Low activity）項目では、全ての指標で群間に有意な差がみられた。活力低下（Exhaustion）の項目では、全ての指標で群間に有意な差がみられた。握力低下（Weakness）項目では、 Ayz_1 、 $Wt \cdot Ayz_1$ および $Wt \cdot Ayz_2$ で群間に有意な差がみられた。歩行速度低下（Slowness）項目では、全ての指標で群間に有意な差がみられた。

前述で述べたように、 Ta_1 、 $Wt \cdot Ayz_1$ および $Wt \cdot Ayz_2$ はフレイルの判別において有用な指標であった。 $Wt \cdot Ayz_1$ は J-CHS 基準の 5 項目のうち全ての項目で有意差がみられた。また、 Ta_1 と $Wt \cdot Ayz_2$ は 5 項目中 4 項目で有意な差がみられた。したがって、これらの指標にはフレイルの要因となる項目と強い関連性があるため、フレイル判別において良好な結果を示したと考えられる。

Table. 3-10 J-CHS 基準の各項目の該当群および非該当群

Indicators	Applicable group			Non-applicable group			<i>p</i> -value
	n	Mean	SD	n	Mean	SD	
< Shrinking >							
<i>T</i> ₁ [s]	35	1.11	0.41	210	0.88	0.17	0.002**
<i>T</i> ₂ [s]	35	1.25	0.47	210	1.05	0.24	0.021*
<i>Ayz</i> ₁ [m/s ²]	35	6.11	2.31	210	8.02	1.96	0.000**
<i>Ayz</i> ₂ [m/s ²]	35	5.06	1.65	210	6.30	2.43	0.000**
<i>Ta</i> ₁ [s]	35	0.62	0.22	210	0.52	0.13	0.011*
<i>Ta</i> ₂ [s]	35	0.81	0.42	210	0.66	0.23	0.060
<i>Wt</i> · <i>Ayz</i> ₁ [kg·m/s ²]	35	411.56	188.99	210	522.61	160.09	0.002**
<i>Wt</i> · <i>Ayz</i> ₂ [kg·m/s ²]	35	350.26	165.62	210	411.28	187.57	0.056
< Low activity >							
<i>T</i> ₁ [s]	75	1.01	0.34	170	0.87	0.15	0.002**
<i>T</i> ₂ [s]	75	1.21	0.38	170	1.02	0.23	0.000**
<i>Ayz</i> ₁ [m/s ²]	75	7.06	2.09	170	8.05	2.06	0.001**
<i>Ayz</i> ₂ [m/s ²]	75	5.22	1.97	170	6.52	2.43	0.000**
<i>Ta</i> ₁ [s]	75	0.59	0.18	170	0.51	0.12	0.000**
<i>Ta</i> ₂ [s]	75	0.81	0.33	170	0.63	0.22	0.000**
<i>Wt</i> · <i>Ayz</i> ₁ [kg·m/s ²]	75	442.65	153.03	170	535.02	168.06	0.000**
<i>Wt</i> · <i>Ayz</i> ₂ [kg·m/s ²]	75	322.90	120.98	170	437.71	198.17	0.000**
< Exhaustion >							
<i>T</i> ₁ [s]	60	1.05	0.40	185	0.87	0.12	0.001**
<i>T</i> ₂ [s]	60	1.26	0.44	185	1.02	0.20	0.000**
<i>Ayz</i> ₁ [m/s ²]	60	6.59	2.14	185	8.12	1.97	0.000**
<i>Ayz</i> ₂ [m/s ²]	60	5.32	2.37	185	6.38	2.32	0.003**
<i>Ta</i> ₁ [s]	60	0.59	0.23	185	0.52	0.11	0.019*
<i>Ta</i> ₂ [s]	60	0.83	0.41	185	0.64	0.19	0.001**
<i>Wt</i> · <i>Ayz</i> ₁ [kg·m/s ²]	60	430.97	154.40	185	531.32	166.29	0.000**
<i>Wt</i> · <i>Ayz</i> ₂ [kg·m/s ²]	60	346.56	158.92	185	420.73	190.24	0.004**
< Weakness >							
<i>T</i> ₁ [s]	50	0.96	0.26	195	0.90	0.23	0.163
<i>T</i> ₂ [s]	50	1.09	0.22	195	1.08	0.31	0.703
<i>Ayz</i> ₁ [m/s ²]	50	7.11	2.42	195	7.91	2.00	0.035*
<i>Ayz</i> ₂ [m/s ²]	50	5.63	2.04	195	6.25	2.44	0.073
<i>Ta</i> ₁ [s]	50	0.55	0.16	195	0.53	0.15	0.527
<i>Ta</i> ₂ [s]	50	0.67	0.20	195	0.69	0.29	0.672
<i>Wt</i> · <i>Ayz</i> ₁ [kg·m/s ²]	50	441.97	169.35	195	523.35	164.93	0.003**
<i>Wt</i> · <i>Ayz</i> ₂ [kg·m/s ²]	50	347.27	115.42	195	416.74	197.44	0.002**
< Slowness >							
<i>T</i> ₁ [s]	25	1.23	0.50	220	0.87	0.14	0.002**
<i>T</i> ₂ [s]	25	1.47	0.47	220	1.03	0.23	0.000**
<i>Ayz</i> ₁ [m/s ²]	25	6.38	2.04	220	7.90	2.07	0.002**
<i>Ayz</i> ₂ [m/s ²]	25	4.88	1.62	220	6.26	2.41	0.001**
<i>Ta</i> ₁ [s]	25	0.70	0.26	220	0.52	0.12	0.002**
<i>Ta</i> ₂ [s]	25	1.01	0.46	220	0.65	0.21	0.001**
<i>Wt</i> · <i>Ayz</i> ₁ [kg·m/s ²]	25	392.86	174.27	220	519.69	163.51	0.002**
<i>Wt</i> · <i>Ayz</i> ₂ [kg·m/s ²]	25	301.19	138.51	220	414.09	187.01	0.001**

3.2.3.3 加速度変数と運動機能テストの相関

表 3-11 に握力、歩行速度、6 分間歩行距離、膝伸展筋力の測定値と加速度指標との相関係数を示す。加速度指標は各被験者の平均値を用いた。握力は A_{yz1} , $Wt \cdot A_{yz1}$, $Wt \cdot A_{yz2}$ と中程度の正の相関があった。歩行速度は T_1 , T_2 と中程度の負の相関があった。6 分間歩行距離は A_{yz1} , $Wt \cdot A_{yz1}$ と中程度の正の相関があり, T_1 , T_2 , Ta_2 と中程度の負の相関があった。膝伸展筋力は全ての加速度変数と中程度の相関があり, A_{yz1} , A_{yz2} , $Wt \cdot A_{yz1}$, $Wt \cdot A_{yz2}$ は正の相関, T_1 , T_2 , Ta_1 , Ta_2 は負の相関を示した。

フレイルの診断項目である握力と歩行速度は、フレイル判定に用いた 4 つの加速度変数と中程度の相関があった。また、下肢機能の指標である 6 分間歩行距離と膝伸展筋力は、多くの加速度変数と中程度の相関があった。以上のことから、本研究で用いた加速度変数がフレイル判定に有用であったと考えられる。

Table. 3-11 各加速度変数と運動機能テストの相関係数.

Parameter	Grip strength	Gait speed	6MWD	Knee extension strength
T_1	-0.14	-0.32	-0.32	-0.33
T_2	-0.08	-0.33	-0.37	-0.31
A_{yz1}	0.30	0.25	0.38	0.44
A_{yz2}	0.27	0.17	0.28	0.37
Ta_1	-0.13	-0.25	-0.27	-0.39
Ta_2	-0.04	-0.23	-0.30	-0.32
$Wt \cdot A_{yz1}$	0.43	0.20	0.35	0.51
$Wt \cdot A_{yz2}$	0.37	0.16	0.28	0.42

： $0.3 \leq |r| \leq 0.7$

3.3. まとめ

床反力計に比べて安価で簡便に FTSTS テストを計測できるように、加速度計を備えた帽子型の計測システムを開発した。開発した計測システムを用いて、高齢者を対象に身体的負荷の小さい、被験者自身のペースで FTSTS テストを実施した。J-CHS 基準によるフレイル診断結果を正解とし、得られた加速度データからフレイルを判定する方法を提案した。y 軸（上下方向）と z 軸（前後方向）の合成加速度から立ち上がり動作と座り動作の加速度変数を設定し、ロジスティック回帰と ROC 曲線を用いてフレイルの判定を行った。4 つの加速度変数 T_1 , T_2 , $Wt \cdot A_{yz1}$, $Wt \cdot A_{yz2}$ を用いたフレイル判定では、AUC=0.89, 感度=0.88, 特異度=0.82 であった。多くのフレイル被験者を検出できる一方で、一部の非フレイル被験者をフレイルであると

誤判定していた。以上より、本方法は FTSTS テストを安価かつ簡便に計測できるというメリットはあるが、フレイルのスクリーニングに用いるためには更なる精度向上が必要である。

第 3 章の参考文献

- [1] K. Tateoka, T. Tsuji et al., "Relationship between Acceleration in a Sit-To-Stand Movement and Physical Function in Older Adults," *Geriatrics*, Vol.8, No.6, pp. 123, 2023.
- [2] 山田陽介, 山縣恵美, 木村みさか, “フレイルティ&サルコペニアと介護予防”, *京府医大誌*, 121(10), pp.535-547, 2012

第4章

結言

4.1. 結言

高齢者を対象に負荷の小さい、被験者自身のペースで FTSTS テストを実施した。得られた床反力や加速度データからフレイルを判定する方法を提案し、その有用性を検証した。床反力計を用いた FTSTS テストでは、4 つの床反力変数 T_1 , T_2 , F_1 , F_2 を用いたロジスティック回帰によるフレイル判定を行った結果、フレイル判定の性能は $AUC=0.97$, 感度=1.00, 特異度=0.91 であった。本判定方法は、フレイルである被験者の多くを検出でき、さらに非フレイルである被験者の多くを同定できる可能性があるため、フレイルの初期段階のスクリーニング方法として有用であると考えられる。また、安価で簡便に FTSTS テストが計測できるように、帽子に加速度計を備えた計測システムの開発を行った。開発した加速度計測システムを用いた FTSTS テストでは、4 つの加速度変数 T_1 , T_2 , $Wt \cdot Ayz_1$, $Wt \cdot Ayz_2$ を用いたロジスティック回帰によるフレイル判定を行った結果、フレイルの判別性能は $AUC=0.89$, 感度=0.88, 特異度=0.82 であった。本判定方法は、フレイルである被験者の多くを検出できる一方で、非フレイル被験者の一部をフレイルであると誤判定していた。したがって、開発した計測システムを用いることで簡便に計測できるというメリットはあるが、フレイルのスクリーニングに用いるためには更なる精度向上が必要であった。

4.2. 今後の展望

本研究では、負荷の小さい FTSTS テストの計測方法や評価方法を確立し、フレイルの診断に適したパラメータを探索する土台ができた。今後はデータ数を増やしていき、フレイル判定のパラメータを追求し、判定の精度を向上させていきたい。また、FTSTS テストの測定に 3 軸加速度センサを用いたが、姿勢角センサを用いることで、立ち上がり動作における前傾角度に着目したフレイルの評価が可能であったかもしれない。その場合、センサを頭部に装着する重要性が一層高まった可能性がある。また、加速度によるフレイル評価では、社会的フレイルや精神・心理的フレイルといった運動機能が低下する初期段階を評価できる可能性があったため、フレイルの段階を連続的に評価する方法も検討していきたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり，退官されるまで長年にわたり指導教官としてご指導くださった山口大学大学院創成科学研究科の江鐘偉教授に，心より深謝いたします．また，指導教官を引き継ぎ，多大なるご指導を賜りました同研究科の森田実准教授に，深く感謝いたします．臨床実験の実施およびミーティングにおいて多大なご協力をいただきました，山口大学医学部附属病院呼吸器・感染症内科の松永和人先生，平野綱彦先生，土居恵子先生に厚く御礼申し上げます．本論文を取りまとめるにあたり，ご多忙の中，審査をお引き受けくださり，貴重なご助言とご指導を賜りました山口大学大学院創成科学研究科の森田実准教授，小河原加久治教授，藤井文武教授，古賀毅教授，中原佐准教授に心より感謝申し上げます．また，中原佐准教授には論文執筆に際してご助言をいただきました，心より感謝いたします．さらに，本研究の臨床実験に快くご協力くださった皆様にも，深く感謝の意を表します．そして，マイクロメカトロニクス研究室の皆様には，日頃より多大なご助言とご協力を賜りましたことに対し，感謝いたします．

付録

A.1 第2章の各データ

A.1.1 被験者の身体情報

第2章の床反力計を用いた FTSTS テストの被験者 21 名の性別、年齢、疾患名、身長、体重を表 A-1 に示す。

Table. A-1 被験者の身体情報

Subject	Sex	Age	Disease ¹⁾	Hight [cm]	Weight [kg]
Patient16	M	69	COPD	170	70.65
Patient17	M	77	COPD	170	65.30
Patient18	M	63	ACO	174.8	65.45
Patient19	F	72	Asthma	155	47.50
Patient20	M	73	ACO	164.5	72.70
Patient21	M	56	ACO	169.1	90.95
Patient22	F	65	Asthma	168.5	60.50
Patient23	F	62	Asthma	160.1	58.35
Patient24	M	87	COPD	162.5	57.90
Patient26	M	73	Asthma	162.7	66.10
Patient27	M	72	COPD	163.4	61.20
Patient28	F	58	ACO	152	77.85
Patient29	F	65	Asthma	153	50.90
Patient30	M	77	COPD	163.5	54.60
Patient31	M	58	No disease	170.4	57.85
Patient32	M	88	COPD	158	48.00
Patient33	F	71	Asthma	145.5	70.00
Patient34	M	74	Asthma	164.4	73.90
Patient35	M	80	Asthma	171.4	66.55
Patient36	M	72	COPD	163.8	52.35
Patient61	M	80	COPD	171.2	58.25

1) COPD : Chronic Obstructive Pulmonary Disease, ACO : Asthma and COPD Overlap

A.1.2 J-CHS 基準によるフレイル診断結果

第2章の被験者21名に対して行ったJ-CHS基準によるフレイル診断の結果およびJ-CHS基準の各項目の該当・非該当を表A-2に示す。

Table. A-2 J-CHS 基準によるフレイル診断結果

Subject	J-CHS	体重減少	握力低下	活力低下	歩行速度低下	活動量減少
Patient16	Prefrailty	0	0	1	0	0
Patient17	Healthy	0	0	0	0	0
Patient18	Prefrailty	0	0	0	0	1
Patient19	Prefrailty	0	1	0	0	0
Patient20	Prefrailty	0	1	0	0	1
Patient21	Prefrailty	0	0	1	0	1
Patient22	Healthy	0	0	0	0	0
Patient23	Prefrailty	0	0	0	0	1
Patient24	Prefrailty	0	0	1	0	0
Patient26	Prefrailty	1	0	1	0	0
Patient27	Healthy	0	0	0	0	0
Patient28	Prefrailty	1	1	0	0	0
Patient29	Healthy	0	0	0	0	0
Patient30	Frailty	0	1	1	1	1
Patient31	Healthy	0	0	0	0	0
Patient32	Frailty	1	1	0	1	0
Patient33	Healthy	0	0	0	0	0
Patient34	Prefrailty	0	0	0	0	1
Patient35	Healthy	0	0	0	0	0
Patient36	Healthy	0	0	0	0	0
Patient61	Frailty	1	0	1	1	1

0 = 非該当, 1 = 該当

A.1.3 床反力変数の測定値

FTSTS テストの床反力波形から得られた立ち座り5回分の各床反力変数の測定値および5回の立ち座りに要した時間を表A-3-1～A-3-4に示す。

Table. A-3-1 各床反力変数の測定値および立ち座り 5 回に要した時間

Subject	Times	T_1 [s]	T_2 [s]	F_1 [N]	F_2 [N]	Ta_1 [s]	Ta_2 [s]	F_1/Wt [N/kg]	F_2/Wt [N/s]	Total time [s]
Patient16	1	1.69	2.24	113.8	48.1	1.30	1.19	0.16	0.07	29.82
Patient16	2	1.39	2.83	167.7	75.5	1.03	0.76	0.24	0.11	
Patient16	3	1.34	2.68	142.2	94.1	0.79	0.50	0.21	0.14	
Patient16	4	1.18	2.02	187.3	87.3	0.83	0.42	0.27	0.13	
Patient16	5	2.80	1.90	150.0	99.0	1.72	1.21	0.22	0.14	
Patient17	1	1.26	1.39	275.6	241.2	0.67	0.71	0.43	0.38	17.37
Patient17	2	0.86	1.56	374.6	228.5	0.55	0.63	0.58	0.36	
Patient17	3	0.87	1.53	418.7	210.8	0.55	0.77	0.65	0.33	
Patient17	4	1.07	1.98	383.4	115.7	0.57	1.22	0.60	0.18	
Patient17	5	1.08	1.71	354.0	174.6	0.59	0.90	0.55	0.27	
Patient18	1	1.33	1.17	295.2	247.1	0.71	0.67	0.46	0.39	22.82
Patient18	2	1.22	1.22	405.0	274.6	0.65	0.61	0.63	0.43	
Patient18	3	1.22	1.74	356.0	258.9	0.70	0.66	0.55	0.40	
Patient18	4	1.43	1.26	422.7	234.4	0.64	0.77	0.66	0.37	
Patient18	5	1.47	1.24	373.6	230.5	0.67	0.46	0.58	0.36	
Patient19	1	0.73	0.84	236.3	131.4	0.41	0.42	0.51	0.28	12.68
Patient19	2	0.65	0.94	282.4	208.9	0.41	0.41	0.61	0.45	
Patient19	3	0.67	0.94	296.2	205.0	0.41	0.51	0.64	0.44	
Patient19	4	0.71	0.92	270.7	183.4	0.44	0.46	0.58	0.39	
Patient19	5	0.74	1.17	234.4	207.9	0.45	0.38	0.50	0.45	
Patient20	1	1.17	1.09	280.5	218.7	0.64	0.63	0.39	0.31	22.22
Patient20	2	1.04	1.84	387.4	162.8	0.54	0.91	0.54	0.23	
Patient20	3	1.24	1.58	338.3	157.9	0.69	0.45	0.47	0.22	
Patient20	4	1.16	1.57	378.5	176.5	0.58	0.73	0.53	0.25	
Patient20	5	1.18	1.52	377.6	229.5	0.61	0.88	0.53	0.32	
Patient21	1	1.18	1.94	306.0	120.6	0.62	1.23	0.34	0.14	23.40
Patient21	2	1.31	1.82	254.0	124.5	0.75	0.86	0.28	0.14	
Patient21	3	1.21	1.69	248.1	156.9	0.68	0.76	0.28	0.18	
Patient21	4	1.36	1.56	254.0	165.7	0.78	0.87	0.28	0.19	
Patient21	5	1.28	1.67	231.4	108.9	0.75	0.67	0.26	0.12	

Table. A-3-2 各床反力変数の測定値および立ち座り 5 回に要した時間

Subject	Times	T_1 [s]	T_2 [s]	F_1 [N]	F_2 [N]	Ta_1 [s]	Ta_2 [s]	F_1/Wt [N/kg]	F_2/Wt [N/s]	Total time [s]
Patient22	1	1.08	1.40	242.2	255.0	0.57	0.65	0.41	0.43	21.05
Patient22	2	1.25	1.75	195.2	170.6	0.74	0.75	0.33	0.29	
Patient22	3	1.2	1.80	215.7	229.5	0.69	0.66	0.36	0.39	
Patient22	4	1.18	1.65	205.9	174.6	0.67	0.61	0.35	0.29	
Patient22	5	1.29	1.54	180.4	183.4	0.77	0.46	0.30	0.31	
Patient23	1	0.92	1.34	334.4	157.9	0.39	0.63	0.58	0.28	17.63
Patient23	2	1.08	1.52	254.0	87.3	0.57	1.02	0.44	0.15	
Patient23	3	1.13	1.23	226.5	127.5	0.62	0.67	0.40	0.22	
Patient23	4	1.17	1.28	172.6	186.3	0.65	0.67	0.30	0.33	
Patient23	5	1.14	1.42	187.3	160.8	0.64	0.87	0.33	0.28	
Patient24	1	0.84	1.02	265.8	121.6	0.51	0.35	0.47	0.21	16.26
Patient24	2	1.00	1.13	195.2	167.7	0.66	0.47	0.34	0.30	
Patient24	3	1.12	1.26	223.6	171.6	0.63	0.56	0.39	0.30	
Patient24	4	0.86	1.11	263.8	248.1	0.57	0.49	0.46	0.44	
Patient24	5	1.13	1.22	246.1	304.0	0.62	0.46	0.43	0.54	
Patient26	1	1.87	1.50	94.1	90.2	0.66	0.24	0.15	0.14	22.74
Patient26	2	1.22	1.66	63.7	155.9	0.41	0.76	0.10	0.24	
Patient26	3	1.21	1.54	234.4	162.8	0.64	0.72	0.36	0.25	
Patient26	4	1.16	1.52	283.4	209.9	0.59	0.64	0.44	0.32	
Patient26	5	1.13	1.72	261.8	174.6	0.64	0.85	0.40	0.27	
Patient27	1	0.69	1.02	381.5	248.1	0.38	0.60	0.64	0.41	14.58
Patient27	2	0.85	1.14	308.9	259.9	0.52	0.63	0.51	0.43	
Patient27	3	1.11	1.03	290.3	266.7	0.60	0.59	0.48	0.44	
Patient27	4	1.05	1.14	296.2	228.5	0.56	0.62	0.49	0.38	
Patient27	5	1.01	1.16	300.1	216.7	0.50	0.63	0.50	0.36	
Patient28	1	1.52	1.08	129.4	205.9	0.42	0.32	0.17	0.27	17.47
Patient28	2	0.94	1.26	196.1	163.8	0.39	0.68	0.26	0.21	
Patient28	3	0.89	1.42	193.2	179.5	0.39	0.61	0.25	0.24	
Patient28	4	1.03	0.88	151.0	202.0	0.38	0.34	0.20	0.26	
Patient28	5	1.10	1.03	144.2	185.3	0.34	0.44	0.19	0.24	

Table. A-3-3 各床反力変数の測定値および立ち座り 5 回に要した時間

Subject	Times	T_1 [s]	T_2 [s]	F_1 [N]	F_2 [N]	Ta_1 [s]	Ta_2 [s]	F_1/Wt [N/kg]	F_2/Wt [N/s]	Total time [s]
Patient29	1	1.08	1.27	244.2	111.8	0.59	0.71	0.49	0.22	18.84
Patient29	2	1.15	1.31	187.3	117.7	0.63	0.78	0.38	0.24	
Patient29	3	1.06	1.23	163.8	141.2	0.54	0.65	0.33	0.28	
Patient29	4	1.17	1.14	207.9	174.6	0.43	0.6	0.42	0.35	
Patient29	5	1.15	1.05	210.8	134.4	0.66	0.56	0.42	0.27	
Patient30	1	1.36	1.28	113.8	54.9	0.81	0.52	0.21	0.1	33.52
Patient30	2	1.8	1.69	125.5	80.4	1.13	0.92	0.23	0.15	
Patient30	3	1.68	1.43	106.9	83.4	1.03	0.9	0.2	0.16	
Patient30	4	1.47	1.92	151	90.2	0.85	0.91	0.28	0.17	
Patient30	5	1.52	1.2	164.8	119.6	0.91	0.66	0.31	0.22	
Patient31	1	1.62	1.81	170.6	101	0.62	0.67	0.3	0.18	21.97
Patient31	2	1.16	1.3	211.8	120.6	0.58	0.72	0.37	0.21	
Patient31	3	1.3	1.75	206.9	100	0.55	0.95	0.36	0.18	
Patient31	4	1.11	1.89	211.8	97.1	0.55	1.04	0.37	0.17	
Patient31	5	1.24	1.98	203	66.7	0.67	0.74	0.36	0.12	
Patient32	1	3.14	1.64	81.4	64.7	1.42	0.30	0.17	0.14	29.73
Patient32	2	1.23	1.43	151.0	87.3	0.63	0.39	0.32	0.19	
Patient32	3	1.17	1.57	165.7	87.3	0.64	0.88	0.35	0.19	
Patient32	4	1.25	1.37	200.1	101.0	0.61	0.76	0.43	0.21	
Patient32	5	1.29	2.53	183.4	60.8	0.72	0.40	0.39	0.13	
Patient33	1	1.04	1.15	342.3	188.3	0.50	0.54	0.50	0.27	15.26
Patient33	2	0.78	1.12	315.8	242.2	0.46	0.41	0.46	0.35	
Patient33	3	1.00	1.02	234.4	221.6	0.46	0.43	0.34	0.32	
Patient33	4	0.87	1.18	213.8	188.3	0.56	0.49	0.31	0.27	
Patient33	5	0.90	1.23	277.5	220.6	0.36	0.43	0.40	0.32	
Patient34	1	1.01	1.57	483.5	193.2	0.49	0.66	0.67	0.27	15.33
Patient34	2	0.81	1.36	465.8	123.6	0.49	0.66	0.64	0.17	
Patient34	3	1.06	1.34	328.5	103	0.52	0.69	0.45	0.14	
Patient34	4	1.04	1.44	406.0	135.3	0.52	0.86	0.56	0.19	
Patient34	5	0.82	1.28	421.7	167.7	0.50	0.71	0.58	0.23	

Table. A-3-4 各床反力変数の測定値および立ち座り 5 回に要した時間

Subject	Times	T_1 [s]	T_2 [s]	F_1 [N]	F_2 [N]	Ta_1 [s]	Ta_2 [s]	F_1/Wt [N/kg]	F_2/Wt [N/s]	Total time [s]
Patient35	1	1.18	0.97	328.5	243.2	0.63	0.44	0.50	0.37	15.69
Patient35	2	1.17	1.29	281.5	154.0	0.66	0.51	0.43	0.24	
Patient35	3	1.23	1.23	332.4	258.9	0.61	0.54	0.51	0.40	
Patient35	4	1.15	1.35	316.8	265.8	0.61	0.48	0.49	0.41	
Patient35	5	0.98	1.06	320.7	212.8	0.46	0.50	0.49	0.33	
Patient36	1	0.94	1.32	214.8	163.8	0.59	0.63	0.42	0.32	18.09
Patient36	2	1.41	1.63	145.1	136.3	0.64	0.64	0.28	0.27	
Patient36	3	1.25	1.48	198.1	138.3	0.58	0.62	0.39	0.27	
Patient36	4	1.43	1.42	185.3	148.1	0.71	0.68	0.36	0.29	
Patient36	5	1.28	1.47	232.4	143.2	0.62	0.76	0.45	0.28	
Patient61	1	2.57	2.09	107.9	106.9	1.11	0.95	0.19	0.19	43.68
Patient61	2	1.67	2.39	142.2	98.1	0.87	0.58	0.25	0.17	
Patient61	3	2.06	2.48	109.8	62.8	0.96	1.13	0.19	0.11	
Patient61	4	2.28	3.09	79.4	51.0	0.60	1.45	0.14	0.09	
Patient61	5	2.91	4.23	55.9	53.9	1.63	1.40	0.10	0.09	

A.1.4 単一の床反力変数を用いたロジスティック回帰の結果

各床反力変数について、単一の変数を用いたロジスティック回帰分析によって出力されたフレイルの予測確率を表 A-4～A-10 に示す。

Table. A-4 床反力変数 T_1 を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient16	Non-frailty	0.362	0.159	0.136	0.081	0.971
Patient17	Non-frailty	0.105	0.026	0.027	0.055	0.057
Patient18	Non-frailty	0.132	0.092	0.092	0.180	0.202
Patient19	Non-frailty	0.017	0.012	0.013	0.015	0.017
Patient20	Non-frailty	0.078	0.050	0.098	0.075	0.081
Patient21	Non-frailty	0.081	0.124	0.089	0.145	0.112
Patient22	Non-frailty	0.057	0.102	0.086	0.081	0.116
Patient23	Non-frailty	0.033	0.057	0.068	0.078	0.070
Patient24	Non-frailty	0.025	0.043	0.066	0.026	0.068
Patient26	Non-frailty	0.523	0.092	0.089	0.075	0.068
Patient27	Non-frailty	0.014	0.025	0.064	0.052	0.045
Patient28	Non-frailty	0.234	0.035	0.029	0.048	0.061
Patient29	Non-frailty	0.057	0.073	0.053	0.078	0.073
Patient30	Frailty	0.145	0.459	0.354	0.202	0.234
Patient31	Non-frailty	0.305	0.075	0.120	0.064	0.098
Patient32	Frailty	0.991	0.095	0.078	0.102	0.116
Patient33	Non-frailty	0.050	0.020	0.043	0.027	0.030
Patient34	Non-frailty	0.045	0.022	0.053	0.050	0.023
Patient35	Non-frailty	0.081	0.078	0.095	0.073	0.040
Patient36	Non-frailty	0.035	0.169	0.102	0.180	0.112
Patient61	Frailty	0.935	0.345	0.688	0.831	0.980

Table. A-5 床反力変数 T_2 を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient16	Non-frailty	0.370	0.670	0.597	0.270	0.223
Patient17	Non-frailty	0.090	0.123	0.117	0.254	0.162
Patient18	Non-frailty	0.058	0.064	0.170	0.070	0.067
Patient19	Non-frailty	0.030	0.037	0.037	0.035	0.058
Patient20	Non-frailty	0.050	0.202	0.128	0.126	0.115
Patient21	Non-frailty	0.238	0.196	0.156	0.123	0.151
Patient22	Non-frailty	0.091	0.173	0.189	0.145	0.119
Patient23	Non-frailty	0.081	0.115	0.066	0.072	0.095
Patient24	Non-frailty	0.043	0.054	0.070	0.052	0.064
Patient26	Non-frailty	0.110	0.148	0.119	0.115	0.165
Patient27	Non-frailty	0.043	0.055	0.044	0.055	0.057
Patient28	Non-frailty	0.049	0.070	0.095	0.033	0.044
Patient29	Non-frailty	0.071	0.077	0.066	0.055	0.046
Patient30	Frailty	0.072	0.156	0.097	0.231	0.062
Patient31	Non-frailty	0.192	0.075	0.173	0.220	0.254
Patient32	Frailty	0.143	0.097	0.126	0.086	0.520
Patient33	Non-frailty	0.056	0.053	0.043	0.059	0.066
Patient34	Non-frailty	0.126	0.085	0.081	0.099	0.072
Patient35	Non-frailty	0.039	0.074	0.066	0.083	0.047
Patient36	Non-frailty	0.078	0.140	0.106	0.095	0.104
Patient61	Frailty	0.300	0.446	0.493	0.778	0.975

Table. A-6 床反力変数 F_1 を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient16	Non-frailty	0.612	0.213	0.384	0.125	0.326
Patient17	Non-frailty	0.008	0.000	0.000	0.000	0.001
Patient18	Non-frailty	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000
Patient19	Non-frailty	0.028	0.006	0.004	0.009	0.030
Patient20	Non-frailty	0.007	0.000	0.001	0.000	0.000
Patient21	Non-frailty	0.003	0.016	0.019	0.016	0.033
Patient22	Non-frailty	0.023	0.099	0.053	0.072	0.152
Patient23	Non-frailty	0.001	0.016	0.038	0.188	0.125
Patient24	Non-frailty	0.011	0.099	0.042	0.012	0.020
Patient26	Non-frailty	0.750	0.890	0.030	0.006	0.012
Patient27	Non-frailty	0.000	0.003	0.005	0.004	0.004
Patient28	Non-frailty	0.487	0.097	0.105	0.319	0.369
Patient29	Non-frailty	0.022	0.125	0.235	0.068	0.062
Patient30	Frailty	0.612	0.519	0.664	0.319	0.230
Patient31	Non-frailty	0.198	0.060	0.070	0.060	0.079
Patient32	Frailty	0.820	0.319	0.224	0.086	0.140
Patient33	Non-frailty	0.001	0.002	0.030	0.057	0.007
Patient34	Non-frailty	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Patient35	Non-frailty	0.001	0.007	0.001	0.002	0.002
Patient36	Non-frailty	0.055	0.362	0.091	0.132	0.032
Patient61	Frailty	0.657	0.384	0.643	0.829	0.913

Table. A-7 床反力変数 F_2 を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient16	Non-frailty	0.892	0.619	0.350	0.446	0.287
Patient17	Non-frailty	0.000	0.000	0.001	0.130	0.004
Patient18	Non-frailty	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Patient19	Non-frailty	0.055	0.001	0.001	0.003	0.001
Patient20	Non-frailty	0.000	0.009	0.012	0.004	0.000
Patient21	Non-frailty	0.100	0.081	0.013	0.008	0.183
Patient22	Non-frailty	0.000	0.006	0.000	0.004	0.003
Patient23	Non-frailty	0.012	0.446	0.069	0.002	0.010
Patient24	Non-frailty	0.095	0.007	0.005	0.000	0.000
Patient26	Non-frailty	0.404	0.014	0.009	0.001	0.004
Patient27	Non-frailty	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Patient28	Non-frailty	0.001	0.008	0.003	0.001	0.002
Patient29	Non-frailty	0.158	0.117	0.032	0.004	0.047
Patient30	Frailty	0.847	0.548	0.504	0.404	0.106
Patient31	Non-frailty	0.263	0.100	0.275	0.310	0.732
Patient32	Frailty	0.755	0.446	0.446	0.263	0.795
Patient33	Non-frailty	0.002	0.000	0.000	0.002	0.000
Patient34	Non-frailty	0.001	0.085	0.241	0.044	0.007
Patient35	Non-frailty	0.000	0.015	0.000	0.000	0.000
Patient36	Non-frailty	0.008	0.042	0.038	0.021	0.028
Patient61	Frailty	0.201	0.298	0.775	0.874	0.854

Table. A-8 床反力変数 Ta_1 を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient16	Non-frailty	0.765	0.453	0.197	0.231	0.965
Patient17	Non-frailty	0.118	0.068	0.068	0.075	0.082
Patient18	Non-frailty	0.141	0.108	0.135	0.103	0.118
Patient19	Non-frailty	0.035	0.035	0.035	0.040	0.042
Patient20	Non-frailty	0.103	0.065	0.129	0.078	0.090
Patient21	Non-frailty	0.094	0.167	0.123	0.189	0.167
Patient22	Non-frailty	0.075	0.160	0.129	0.118	0.182
Patient23	Non-frailty	0.031	0.075	0.094	0.108	0.103
Patient24	Non-frailty	0.056	0.113	0.098	0.075	0.094
Patient26	Non-frailty	0.113	0.035	0.103	0.082	0.103
Patient27	Non-frailty	0.030	0.059	0.086	0.071	0.053
Patient28	Non-frailty	0.036	0.031	0.031	0.030	0.025
Patient29	Non-frailty	0.082	0.098	0.065	0.038	0.113
Patient30	Frailty	0.214	0.579	0.453	0.250	0.311
Patient31	Non-frailty	0.094	0.078	0.068	0.068	0.118
Patient32	Frailty	0.857	0.098	0.103	0.090	0.147
Patient33	Non-frailty	0.053	0.044	0.044	0.071	0.027
Patient34	Non-frailty	0.051	0.051	0.059	0.059	0.053
Patient35	Non-frailty	0.098	0.113	0.090	0.090	0.044
Patient36	Non-frailty	0.082	0.103	0.078	0.141	0.094
Patient61	Frailty	0.554	0.269	0.367	0.086	0.945

Table. A-9 床反力変数 F_1/W_t を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient16	Non-frailty	0.524	0.309	0.385	0.242	0.359
Patient17	Non-frailty	0.050	0.010	0.004	0.008	0.013
Patient18	Non-frailty	0.036	0.006	0.013	0.004	0.010
Patient19	Non-frailty	0.021	0.007	0.005	0.010	0.023
Patient20	Non-frailty	0.076	0.015	0.032	0.017	0.017
Patient21	Non-frailty	0.127	0.222	0.222	0.222	0.263
Patient22	Non-frailty	0.062	0.140	0.104	0.115	0.185
Patient23	Non-frailty	0.010	0.045	0.069	0.185	0.140
Patient24	Non-frailty	0.032	0.127	0.076	0.036	0.050
Patient26	Non-frailty	0.552	0.684	0.104	0.045	0.069
Patient27	Non-frailty	0.005	0.021	0.029	0.026	0.023
Patient28	Non-frailty	0.496	0.263	0.285	0.412	0.440
Patient29	Non-frailty	0.026	0.085	0.140	0.056	0.056
Patient30	Frailty	0.385	0.333	0.412	0.222	0.169
Patient31	Non-frailty	0.185	0.094	0.104	0.094	0.104
Patient32	Frailty	0.496	0.154	0.115	0.050	0.076
Patient33	Non-frailty	0.023	0.036	0.127	0.169	0.069
Patient34	Non-frailty	0.004	0.005	0.040	0.012	0.010
Patient35	Non-frailty	0.023	0.050	0.021	0.026	0.026
Patient36	Non-frailty	0.056	0.222	0.076	0.104	0.040
Patient61	Frailty	0.440	0.285	0.440	0.580	0.684

Table. A-10 床反力変数 F_2/W_t を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient16	Non-frailty	0.743	0.556	0.400	0.451	0.400
Patient17	Non-frailty	0.004	0.007	0.012	0.224	0.042
Patient18	Non-frailty	0.004	0.002	0.003	0.005	0.007
Patient19	Non-frailty	0.034	0.001	0.001	0.004	0.001
Patient20	Non-frailty	0.018	0.092	0.111	0.062	0.015
Patient21	Non-frailty	0.400	0.400	0.224	0.189	0.504
Patient22	Non-frailty	0.002	0.028	0.004	0.028	0.018
Patient23	Non-frailty	0.034	0.351	0.111	0.012	0.034
Patient24	Non-frailty	0.133	0.023	0.023	0.001	0.000
Patient26	Non-frailty	0.400	0.076	0.062	0.015	0.042
Patient27	Non-frailty	0.002	0.002	0.001	0.004	0.007
Patient28	Non-frailty	0.042	0.133	0.076	0.051	0.076
Patient29	Non-frailty	0.111	0.076	0.034	0.008	0.042
Patient30	Frailty	0.607	0.351	0.305	0.262	0.111
Patient31	Non-frailty	0.224	0.133	0.224	0.262	0.504
Patient32	Frailty	0.400	0.189	0.189	0.133	0.451
Patient33	Non-frailty	0.042	0.008	0.015	0.042	0.015
Patient34	Non-frailty	0.042	0.262	0.400	0.189	0.092
Patient35	Non-frailty	0.005	0.076	0.003	0.002	0.012
Patient36	Non-frailty	0.015	0.042	0.042	0.028	0.034
Patient61	Frailty	0.189	0.262	0.556	0.656	0.656

A.1.5 複数の床反力変数を用いたロジスティック回帰の結果

4つの床反力変数 T_1, T_2, F_1, F_2 を用いたロジスティック回帰で出力されたフレイルの予測確率を表 A-11 に示す.

Table. A-11 床反力変数 T_1, T_2, F_1, F_2 を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient16	Non-frailty	0.935	0.295	0.249	0.258	0.513
Patient17	Non-frailty	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000
Patient18	Non-frailty	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Patient19	Non-frailty	0.036	0.000	0.000	0.001	0.000
Patient20	Non-frailty	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Patient21	Non-frailty	0.004	0.014	0.003	0.002	0.060
Patient22	Non-frailty	0.000	0.005	0.000	0.004	0.005
Patient23	Non-frailty	0.001	0.116	0.041	0.006	0.014
Patient24	Non-frailty	0.026	0.011	0.004	0.000	0.000
Patient26	Non-frailty	0.866	0.201	0.004	0.000	0.001
Patient27	Non-frailty	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Patient28	Non-frailty	0.009	0.011	0.004	0.007	0.017
Patient29	Non-frailty	0.057	0.140	0.079	0.006	0.051
Patient30	Frailty	0.965	0.803	0.874	0.469	0.249
Patient31	Non-frailty	0.280	0.075	0.142	0.118	0.436
Patient32	Frailty	0.980	0.625	0.495	0.221	0.466
Patient33	Non-frailty	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Patient34	Non-frailty	0.000	0.000	0.013	0.000	0.000
Patient35	Non-frailty	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000
Patient36	Non-frailty	0.007	0.109	0.035	0.033	0.013
Patient61	Frailty	0.567	0.306	0.865	0.927	0.862

A.1.6 運動機能テストの測定値

各被験者の握力，歩行速度，6 分間歩行距離，膝伸展筋力の測定値を表 A-12 に示す．

Table. A-12 各被験者の運動機能テストの測定値

Subject	Grip strength [kgf]	Gait speed [m/s]	6MWD [m]	Knee extension strength [kgf]
Patient16	29.95	1.02	354	12.05
Patient17	38.00	1.60	550	32.45
Patient18	41.60	1.53	433	26.00
Patient19	16.45	1.63	510	38.20
Patient20	20.80	1.09	347	14.65
Patient21	32.80	1.33	405	22.20
Patient22	26.20	1.37	442	27.00
Patient23	27.55	1.95	547	17.25
Patient24	31.75	1.14	370	17.15
Patient26	27.55	1.60	423	27.45
Patient27	38.60	1.32	397	32.70
Patient28	16.85	1.09	344	10.45
Patient29	27.40	1.23	403	17.35
Patient30	22.70	0.88	269	11.75
Patient31	33.90	1.43	437	31.30
Patient32	18.80	0.62	180	14.85
Patient33	25.60	1.36	384	51.60
Patient34	31.30	1.27	376	17.85
Patient35	33.90	1.71	493	22.95
Patient36	36.30	1.26	378	42.05
Patient61	28.95	0.95	344	16.65

A.2 第3章の各データ

A.2.1 被験者の身体情報

第3章の加速度計を用いた FTSTS テストの被験者 49 名の性別、年齢、疾患名、身長、体重を表 A-13-1～A-13-2 に示す。

Table. A-13-1 各被験者の性別、年齢、疾患名、身長、体重

Subject	Sex	Age	Disease ¹⁾	Hight [cm]	Weight [kg]
Patient17	M	77	COPD	170.0	65.30
Patient18	M	63	ACO	174.8	65.45
Patient19	F	72	Asthma	155.0	47.50
Patient20	M	73	ACO	164.5	72.70
Patient21	M	56	ACO	169.1	90.95
Patient22	F	65	Asthma	168.5	60.50
Patient23	F	62	Asthma	160.1	58.35
Patient24	M	87	COPD	162.5	57.90
Patient25	M	75	Asthma	177.5	74.20
Patient26	M	73	Asthma	162.7	66.10
Patient27	M	72	COPD	163.4	61.20
Patient28	F	58	ACO	152.0	77.85
Patient30	M	77	COPD	163.5	54.60
Patient31	M	58	No disease	170.4	57.85
Patient33	F	71	Asthma	145.5	70.00
Patient34	M	74	Asthma	164.4	73.90
Patient35	M	80	Asthma	171.4	66.55
Patient36	M	72	COPD	163.8	52.35
Patient37	M	81	Asthma	162.0	79.00
Patient38	M	76	COPD	158.0	51.90
Patient41	M	81	COPD	159.2	57.00
Patient42	M	67	COPD	169.0	84.20
Patient44	M	78	COPD	156.5	53.90
Patient45	M	81	COPD	155.5	62.20
Patient46	M	76	COPD	166.7	72.25

1) COPD : Chronic Obstructive Pulmonary Disease, ACO : Asthma and COPD Overlap

Table. A-13-2 各被験者の性別、年齢、疾患名、身長、体重

Subject	Sex	Age	Disease¹⁾	Hight [cm]	Weight [kg]
Patient47	F	65	Asthma	157.4	61.25
Patient48	M	82	ACO	163.0	61.45
Patient49	M	73	Asthma	161.0	44.15
Patient50	M	69	COPD	166.7	56.45
Patient51	M	66	COPD	166.0	65.80
Patient52	M	63	Asthma	172.5	72.10
Patient53	M	71	Asthma	160.3	54.50
Patient54	M	75	Asthma	177.5	74.20
Patient55	M	81	ACO	174.5	77.10
Patient56	M	75	COPD	168.5	69.30
Patient57	M	78	ACO	159.7	62.80
Patient58	M	62	COPD	168.2	54.25
Patient59	M	66	Asthma	168.3	90.60
Patient60	F	67	Asthma	163.5	81.50
Patient61	M	80	COPD	171.2	58.25
Patient62	F	71	Asthma	152.7	49.70
Patient63	F	70	No disease	160.0	58.50
Patient64	M	76	ACO	174.0	62.15
Patient65	F	63	Asthma	166.4	80.75
Patient66	F	73	Asthma	153.5	53.00
Patient67	M	75	COPD	175.0	83.20
Patient68	M	64	COPD	174.0	71.40
Patient69	M	63	ACO	157.5	52.40
Patient70	M	57	Asthma	172.0	75.00

1) COPD : Chronic Obstructive Pulmonary Disease, ACO : Asthma and COPD Overlap

A.2.2 J-CHS 基準によるフレイル診断結果

第3章の被験者49名に対して行ったJ-CHS基準によるフレイル診断の結果およびJ-CHS基準の各項目の該当・非該当を表A-14-1～A-14-2に示す。

Table. A-14-1 各被験者のJ-CHS基準によるフレイル診断結果

Subject	J-CHS	体重減少	握力低下	活力低下	歩行速度低下	活動量減少
Patient17	Healthy	0	0	0	0	0
Patient18	Prefrailty	0	0	0	0	1
Patient19	Prefrailty	0	1	0	0	0
Patient20	Prefrailty	0	1	0	0	1
Patient21	Prefrailty	0	0	1	0	1
Patient22	Healthy	0	0	0	0	0
Patient23	Prefrailty	0	0	0	0	1
Patient24	Prefrailty	0	0	1	0	0
Patient25	Prefrailty	0	0	1	0	0
Patient26	Prefrailty	1	0	1	0	0
Patient27	Healthy	0	0	0	0	0
Patient28	Prefrailty	1	1	0	0	0
Patient30	Frailty	0	1	1	1	1
Patient31	Healthy	0	0	0	0	0
Patient33	Healthy	0	0	0	0	0
Patient34	Prefrailty	0	0	0	0	1
Patient35	Healthy	0	0	0	0	0
Patient36	Healthy	0	0	0	0	0
Patient37	Frailty	0	1	1	0	1
Patient38	Prefrailty	0	1	0	0	1
Patient41	Prefrailty	0	1	0	0	0
Patient42	Prefrailty	1	0	0	0	0
Patient44	Healthy	0	0	0	0	0
Patient45	Prefrailty	0	1	0	0	1
Patient46	Prefrailty	0	0	1	1	0

0 = 非該当, 1 = 該当

Table. A-14-2 各被験者の J-CHS 基準によるフレイル診断結果

Subject	J-CHS	体重減少	握力低下	活力低下	歩行速度低下	活動量減少
Patient47	Prefrailty	0	0	0	0	1
Patient48	Prefrailty	0	0	1	0	0
Patient49	Frailty	0	0	1	1	1
Patient50	Healthy	0	0	0	0	0
Patient51	Prefrailty	0	0	0	0	1
Patient52	Prefrailty	0	1	0	0	0
Patient53	Frailty	1	1	1	0	1
Patient54	Prefrailty	0	0	1	0	0
Patient55	Healthy	0	0	0	0	0
Patient56	Healthy	0	0	0	0	0
Patient57	Healthy	0	0	0	0	0
Patient58	Healthy	0	0	0	0	0
Patient59	Healthy	0	0	0	0	0
Patient60	Prefrailty	1	0	0	0	0
Patient61	Frailty	1	0	1	1	1
Patient62	Prefrailty	1	0	0	0	1
Patient63	Healthy	0	0	0	0	0
Patient64	Healthy	0	0	0	0	0
Patient65	Healthy	0	0	0	0	0
Patient66	Healthy	0	0	0	0	0
Patient67	Healthy	0	0	0	0	0
Patient68	Prefrailty	0	0	0	1	0
Patient69	Healthy	0	0	0	0	0
Patient70	Healthy	0	0	0	0	0

0 = 非該当, 1 = 該当

A.2.3 加速度変数の測定値

FTSTS テストの合成加速度波形から得られた立ち座り 5 回分の各加速度変数の測定値および 5 回の立ち座りに要した時間を表 A-15-1～A-15-9 に示す.

Table. A-15-1 各加速度変数の測定値および 5 回の立ち座りに要した時間

Subject	Times	T_1 [s]	T_2 [s]	A_{yz1} [m/s ²]	A_{yz2} [m/s ²]	Ta_1 [s]	Ta_2 [s]	$Wt \cdot A_{yz1}$ [kg·m/s ²]	$Wt \cdot A_{yz2}$ [kg·m/s ²]	Total time [s]
Patient17	1	0.82	1.04	10.30	6.32	0.56	0.72	672.59	412.70	15.16
Patient17	2	0.96	0.92	9.92	6.56	0.58	0.58	647.78	428.37	
Patient17	3	0.82	1.06	10.23	5.00	0.54	0.76	668.02	326.50	
Patient17	4	1.04	1.20	7.32	4.36	0.68	0.92	478.00	284.71	
Patient17	5	0.90	0.92	8.49	7.94	0.58	0.64	554.40	518.48	
Patient18	1	1.02	1.22	7.27	7.87	0.72	0.94	475.82	515.09	21.50
Patient18	2	0.88	1.10	9.88	8.00	0.56	0.80	646.65	523.60	
Patient18	3	0.90	1.12	9.79	6.61	0.60	0.82	640.76	432.62	
Patient18	4	0.92	1.06	10.21	7.20	0.58	0.76	668.24	471.24	
Patient18	5	0.94	1.00	9.47	6.29	0.60	0.66	619.81	411.68	
Patient19	1	0.76	1.06	8.45	4.79	0.44	0.58	401.38	227.53	11.62
Patient19	2	0.72	0.54	8.60	7.85	0.42	0.34	408.50	372.88	
Patient19	3	0.56	0.96	8.41	6.97	0.36	0.48	399.48	331.08	
Patient19	4	0.72	0.92	8.44	5.44	0.42	0.44	400.90	258.40	
Patient19	5	0.74	0.94	7.48	6.61	0.44	0.38	355.30	313.98	
Patient20	1	0.98	1.14	7.03	4.81	0.66	0.82	511.08	349.69	21.10
Patient20	2	0.84	1.26	8.96	4.96	0.50	0.98	651.39	360.59	
Patient20	3	0.90	1.32	9.04	5.16	0.60	0.60	657.21	375.13	
Patient20	4	0.88	1.22	9.57	4.79	0.58	0.80	695.74	348.23	
Patient20	5	0.88	1.36	9.54	6.68	0.56	0.88	693.56	485.64	
Patient21	1	0.94	1.54	5.23	3.19	0.66	1.20	475.67	290.13	21.78
Patient21	2	1.02	1.44	5.06	2.54	0.64	1.16	460.21	231.01	
Patient21	3	1.08	1.50	4.35	3.09	0.68	0.70	395.63	281.04	
Patient21	4	1.18	1.12	4.75	3.00	0.64	0.86	432.01	272.85	
Patient21	5	1.08	1.64	3.80	2.60	0.66	1.22	345.61	236.47	

Table. A-15-2 各加速度変数の測定値および5回の立ち座りに要した時間

Subject	Times	T_1 [s]	T_2 [s]	A_{yz1} [m/s ²]	A_{yz2} [m/s ²]	Ta_1 [s]	Ta_2 [s]	$W\dot{r}A_{yz1}$ [kg·m/s ²]	$W\dot{r}A_{yz2}$ [kg·m/s ²]	Total time [s]
Patient22	1	1.02	0.90	7.69	7.67	0.54	0.62	465.25	464.04	19.66
Patient22	2	0.90	1.40	6.02	5.46	0.60	0.80	364.21	330.33	
Patient22	3	0.90	1.00	6.63	6.64	0.62	0.68	401.12	401.72	
Patient22	4	0.84	1.14	6.90	5.13	0.56	0.84	417.45	310.37	
Patient22	5	1.00	1.06	5.57	6.27	0.72	0.72	336.99	379.34	
Patient23	1	0.70	0.92	8.88	3.92	0.36	0.58	518.15	228.73	16.56
Patient23	2	0.94	1.28	5.60	3.02	0.56	0.98	326.76	176.22	
Patient23	3	0.88	1.04	6.00	3.76	0.56	0.76	350.10	219.40	
Patient23	4	0.98	0.92	4.57	5.01	0.66	0.62	266.66	292.33	
Patient23	5	0.96	1.12	4.94	4.30	0.60	0.86	288.25	250.91	
Patient24	1	0.86	1.02	7.37	4.59	0.54	0.66	426.72	265.76	15.56
Patient24	2	0.90	1.14	6.01	5.18	0.60	0.46	347.98	299.92	
Patient24	3	1.00	1.32	6.64	4.28	0.56	0.36	384.46	247.81	
Patient24	4	0.84	1.06	7.45	6.93	0.54	0.54	431.36	401.25	
Patient24	5	1.06	1.04	7.18	8.56	0.54	0.36	415.72	495.62	
Patient25	1	0.72	0.60	11.21	7.51	0.28	0.38	831.78	557.24	9.44
Patient25	2	0.40	0.60	6.00	7.91	0.24	0.32	445.20	586.92	
Patient25	3	0.62	0.68	8.67	7.22	0.30	0.38	643.31	535.72	
Patient25	4	0.64	0.62	8.34	7.89	0.32	0.30	618.83	585.44	
Patient25	5	0.66	0.90	8.32	7.85	0.32	0.28	617.34	582.47	
Patient26	1	1.54	1.36	4.15	4.63	0.60	1.00	274.32	306.04	20.88
Patient26	2	1.16	1.26	4.72	5.64	0.90	0.82	311.99	372.80	
Patient26	3	1.06	1.12	5.38	5.06	0.56	0.80	355.62	334.47	
Patient26	4	1.14	0.98	6.05	5.36	0.52	0.64	399.91	354.30	
Patient26	5	0.80	1.16	5.09	5.03	0.30	0.84	336.45	332.48	
Patient27	1	1.08	0.90	8.84	8.46	0.42	0.58	541.01	517.75	14.22
Patient27	2	0.82	0.86	8.75	8.53	0.54	0.58	535.50	522.04	
Patient27	3	0.90	0.84	9.25	8.68	0.60	0.58	566.10	531.22	
Patient27	4	0.86	0.90	8.44	8.09	0.60	0.60	516.53	495.11	
Patient27	5	0.88	0.92	9.14	7.37	0.54	0.60	559.37	451.04	

Table. A-15-3 各加速度変数の測定値および5回の立ち座りに要した時間

Subject	Times	T_1 [s]	T_2 [s]	A_{yz1} [m/s ²]	A_{yz2} [m/s ²]	Ta_1 [s]	Ta_2 [s]	$Wt \cdot A_{yz1}$ [kg·m/s ²]	$Wt \cdot A_{yz2}$ [kg·m/s ²]	Total time [s]
Patient28	1	1.00	1.08	2.65	3.45	0.70	0.42	206.30	268.58	16.26
Patient28	2	1.00	1.30	3.89	3.72	0.62	0.72	302.84	289.60	
Patient28	3	1.04	1.08	3.72	3.67	0.36	0.70	289.60	285.71	
Patient28	4	1.44	1.24	2.64	3.53	0.64	0.62	205.52	274.81	
Patient28	5	0.64	1.04	2.10	3.72	0.44	0.80	163.49	289.60	
Patient30	1	1.10	1.64	4.79	3.40	0.58	1.10	261.53	185.64	30.90
Patient30	2	2.36	1.28	4.59	3.06	1.08	0.92	250.61	167.08	
Patient30	3	1.20	1.40	3.47	3.26	0.94	0.96	189.46	178.00	
Patient30	4	1.14	1.12	5.98	3.94	0.84	0.82	326.51	215.12	
Patient30	5	1.20	1.24	6.50	5.51	0.88	0.78	354.90	300.85	
Patient31	1	1.08	1.26	6.82	4.76	0.84	0.90	394.54	275.37	19.38
Patient31	2	0.90	1.10	7.87	5.80	0.60	0.76	455.28	335.53	
Patient31	3	0.86	1.00	7.86	6.06	0.56	0.72	454.70	350.57	
Patient31	4	0.84	1.32	8.71	5.78	0.58	1.06	503.87	334.37	
Patient31	5	0.90	1.54	8.05	4.85	0.64	1.26	465.69	280.57	
Patient33	1	0.80	0.90	9.33	7.71	0.50	0.50	653.10	539.70	14.46
Patient33	2	0.76	0.78	10.07	6.58	0.48	0.46	704.90	460.60	
Patient33	3	0.78	0.88	8.48	7.39	0.48	0.50	593.60	517.30	
Patient33	4	0.82	1.04	9.51	6.85	0.56	0.70	665.70	479.50	
Patient33	5	0.80	1.10	10.44	10.02	0.52	0.26	730.80	701.40	
Patient34	1	0.80	1.30	9.96	4.75	0.44	0.82	736.04	351.03	14.52
Patient34	2	0.82	1.28	9.41	3.74	0.44	0.74	695.40	276.39	
Patient34	3	0.82	1.46	8.46	3.40	0.50	0.88	625.19	251.26	
Patient34	4	0.80	1.34	9.01	4.30	0.46	0.76	665.84	317.77	
Patient34	5	0.80	1.22	10.62	4.84	0.48	0.74	784.82	357.68	
Patient35	1	0.82	1.02	9.51	6.62	0.54	0.64	632.89	440.56	14.92
Patient35	2	0.96	1.26	6.59	5.63	0.66	0.70	438.56	374.68	
Patient35	3	0.90	0.92	7.40	7.79	0.58	0.60	492.47	518.42	
Patient35	4	0.82	1.06	7.39	9.46	0.54	0.50	491.80	629.56	
Patient35	5	0.88	1.16	7.23	7.56	0.56	0.62	481.16	503.12	

Table. A-15-4 各加速度変数の測定値および5回の立ち座りに要した時間

Subject	Times	T_1 [s]	T_2 [s]	A_{yz1} [m/s ²]	A_{yz2} [m/s ²]	Ta_1 [s]	Ta_2 [s]	WrA_{yz1} [kg·m/s ²]	WrA_{yz2} [kg·m/s ²]	Total time [s]
Patient36	1	0.86	0.94	8.03	4.96	0.60	0.64	420.37	259.66	16.68
Patient36	2	0.88	1.16	4.39	4.20	0.62	0.82	229.82	219.87	
Patient36	3	0.86	1.10	7.63	4.43	0.56	0.82	399.43	231.91	
Patient36	4	0.90	1.02	6.52	4.60	0.62	0.70	341.32	240.81	
Patient36	5	0.90	1.12	7.96	5.22	0.58	0.82	416.71	273.27	
Patient37	1	1.20	1.12	4.22	6.23	0.58	0.36	333.38	492.17	18.28
Patient37	2	0.74	1.14	5.62	6.37	0.34	0.58	443.98	503.23	
Patient37	3	1.28	1.20	5.72	4.34	0.82	0.62	451.88	342.86	
Patient37	4	0.94	1.14	4.97	4.84	0.60	0.54	392.63	382.36	
Patient37	5	1.04	0.86	8.22	7.01	0.58	0.44	649.38	553.79	
Patient38	1	0.86	0.88	7.09	9.57	0.44	0.58	367.97	496.68	16.54
Patient38	2	0.86	0.82	7.83	8.47	0.48	0.50	406.38	439.59	
Patient38	3	0.90	0.78	8.02	9.70	0.46	0.48	416.24	503.43	
Patient38	4	1.00	0.78	7.85	9.38	0.50	0.48	407.42	486.82	
Patient38	5	0.90	0.78	7.96	10.26	0.50	0.50	413.12	532.49	
Patient41	1	0.92	1.00	8.98	8.36	0.62	0.70	511.86	476.52	14.90
Patient41	2	0.80	0.88	10.01	9.77	0.50	0.60	570.57	556.89	
Patient41	3	0.80	0.80	11.06	8.66	0.54	0.48	630.42	493.62	
Patient41	4	0.82	0.82	10.28	6.59	0.54	0.48	585.96	375.63	
Patient41	5	0.84	1.06	9.59	7.01	0.56	0.44	546.63	399.57	
Patient42	1	0.94	1.10	7.60	7.04	0.60	0.58	639.92	592.77	16.62
Patient42	2	0.86	0.84	10.97	8.45	0.32	0.52	923.67	711.49	
Patient42	3	0.82	0.96	9.82	8.80	0.54	0.60	826.84	740.96	
Patient42	4	0.86	0.80	9.15	8.56	0.58	0.48	770.43	720.75	
Patient42	5	0.92	0.96	9.28	8.73	0.60	0.62	781.38	735.07	
Patient44	1	0.94	1.10	7.32	4.69	0.64	0.58	394.55	252.79	23.16
Patient44	2	1.32	1.24	5.93	4.94	1.02	0.64	319.63	266.27	
Patient44	3	0.90	1.08	7.06	4.23	0.60	0.64	380.53	228.00	
Patient44	4	0.96	1.38	6.23	4.56	0.62	0.76	335.80	245.78	
Patient44	5	1.00	1.24	5.51	4.51	0.70	0.68	296.99	243.09	

Table. A-15-5 各加速度変数の測定値および5回の立ち座りに要した時間

Subject	Times	T_1 [s]	T_2 [s]	A_{yz1} [m/s ²]	A_{yz2} [m/s ²]	Ta_1 [s]	Ta_2 [s]	$Wt \cdot A_{yz1}$ [kg·m/s ²]	$Wt \cdot A_{yz2}$ [kg·m/s ²]	Total time [s]
Patient45	1	1.10	1.28	6.20	3.93	0.56	0.90	385.64	244.45	21.14
Patient45	2	0.92	1.16	4.78	2.94	0.58	0.86	297.32	182.87	
Patient45	3	0.90	1.54	4.55	2.37	0.62	1.00	283.01	147.41	
Patient45	4	0.82	1.56	6.24	3.50	0.54	1.00	388.13	217.70	
Patient45	5	0.92	1.22	4.77	4.02	0.62	0.96	296.69	250.04	
Patient46	1	0.96	1.48	6.78	3.73	0.58	1.14	489.86	269.49	22.86
Patient46	2	1.08	1.44	6.18	4.39	0.54	1.16	446.51	317.18	
Patient46	3	0.90	1.30	7.48	5.48	0.62	1.02	540.43	395.93	
Patient46	4	1.02	1.24	6.19	5.07	0.68	0.96	447.23	366.31	
Patient46	5	1.08	1.20	7.37	6.15	0.78	0.92	532.48	444.34	
Patient47	1	0.76	0.72	11.55	10.11	0.46	0.42	707.44	619.24	11.92
Patient47	2	0.78	0.84	9.44	7.91	0.50	0.38	578.20	484.49	
Patient47	3	0.78	0.80	10.04	7.94	0.48	0.48	614.95	486.33	
Patient47	4	0.82	0.88	8.70	7.81	0.52	0.48	532.88	478.36	
Patient47	5	0.78	0.84	9.57	8.84	0.50	0.42	586.16	541.45	
Patient48	1	0.80	0.74	10.42	11.07	0.50	0.44	640.31	680.25	10.68
Patient48	2	0.70	0.78	11.41	10.52	0.34	0.50	701.14	646.45	
Patient48	3	0.58	0.76	12.12	11.41	0.32	0.40	744.77	701.14	
Patient48	4	0.58	0.72	11.67	11.72	0.32	0.36	717.12	720.19	
Patient48	5	0.56	0.68	11.77	12.40	0.30	0.32	723.27	761.98	
Patient49	1	0.94	1.36	5.86	5.40	0.44	1.08	258.72	238.41	22.26
Patient49	2	0.82	1.42	8.21	4.51	0.50	1.14	362.47	199.12	
Patient49	3	0.94	1.16	6.21	4.46	0.54	0.90	274.17	196.91	
Patient49	4	0.88	1.06	6.38	5.04	0.50	0.78	281.68	222.52	
Patient49	5	0.84	1.16	6.63	5.23	0.54	0.88	292.71	230.90	
Patient50	1	0.82	1.10	9.95	6.23	0.38	0.84	561.68	351.68	16.20
Patient50	2	0.80	0.96	12.10	6.58	0.32	0.46	683.05	371.44	
Patient50	3	0.82	1.08	8.76	5.39	0.48	0.76	494.50	304.27	
Patient50	4	0.86	1.24	8.13	5.33	0.52	0.90	458.94	300.88	
Patient50	5	0.90	0.98	8.12	7.36	0.56	0.58	458.37	415.47	

Table. A-15-6 各加速度変数の測定値および5回の立ち座りに要した時間

Subject	Times	T_1 [s]	T_2 [s]	A_{yz1} [m/s ²]	A_{yz2} [m/s ²]	Ta_1 [s]	Ta_2 [s]	$Wr \cdot A_{yz1}$ [kg·m/s ²]	$Wr \cdot A_{yz2}$ [kg·m/s ²]	Total time [s]
Patient51	1	0.76	0.90	9.45	6.53	0.38	0.60	621.81	429.67	16.66
Patient51	2	0.76	0.94	9.23	5.11	0.34	0.62	607.33	336.24	
Patient51	3	0.80	1.00	8.20	5.56	0.42	0.68	539.56	365.85	
Patient51	4	0.84	0.92	7.06	6.22	0.52	0.62	464.55	409.28	
Patient51	5	0.82	1.02	7.25	5.81	0.44	0.54	477.05	382.30	
Patient52	1	0.86	1.16	10.75	4.68	0.30	0.88	775.08	337.43	17.08
Patient52	2	0.86	1.02	9.63	6.38	0.30	0.72	694.32	460.00	
Patient52	3	0.92	0.94	10.84	6.94	0.42	0.66	781.56	500.37	
Patient52	4	0.90	1.04	10.37	5.53	0.32	0.76	747.68	398.71	
Patient52	5	0.80	1.12	11.50	6.35	0.30	0.86	829.15	457.84	
Patient53	1	1.10	1.22	6.63	3.44	0.42	0.88	361.34	187.48	17.22
Patient53	2	0.96	1.20	5.44	4.30	0.58	0.68	296.48	234.35	
Patient53	3	0.76	1.20	7.56	5.46	0.44	0.62	412.02	297.57	
Patient53	4	0.94	0.70	5.57	5.18	0.54	0.40	303.57	282.31	
Patient53	5	1.04	1.00	7.22	4.61	0.72	0.54	393.49	251.25	
Patient54	1	0.84	1.40	7.22	4.54	0.52	1.06	535.72	336.87	25.00
Patient54	2	1.08	1.38	8.97	3.52	0.38	1.00	665.57	261.18	
Patient54	3	0.82	1.84	7.87	2.29	0.48	1.46	583.95	169.92	
Patient54	4	0.86	1.72	7.19	2.94	0.52	1.20	533.50	218.15	
Patient54	5	0.94	1.44	7.79	4.52	0.54	0.90	578.02	335.38	
Patient55	1	1.00	1.32	8.76	4.28	0.46	0.72	675.40	329.99	21.56
Patient55	2	0.98	1.22	5.04	4.16	0.54	0.96	388.58	320.74	
Patient55	3	0.94	1.10	8.25	5.17	0.50	0.76	636.08	398.61	
Patient55	4	0.82	1.16	8.74	4.69	0.46	0.86	673.85	361.60	
Patient55	5	0.76	1.02	11.19	6.39	0.46	0.70	862.75	492.67	
Patient56	1	0.90	0.82	7.97	7.25	0.36	0.56	552.32	502.43	20.66
Patient56	2	0.68	1.14	7.51	4.98	0.38	0.88	520.44	345.11	
Patient56	3	0.86	1.14	7.70	4.01	0.34	0.60	533.61	277.89	
Patient56	4	0.88	1.40	5.81	3.14	0.40	1.14	402.63	217.60	
Patient56	5	0.98	1.20	6.45	4.18	0.44	0.92	446.99	289.67	

Table. A-15-7 各加速度変数の測定値および5回の立ち座りに要した時間

Subject	Times	T_1 [s]	T_2 [s]	A_{yz1} [m/s ²]	A_{yz2} [m/s ²]	Ta_1 [s]	Ta_2 [s]	WrA_{yz1} [kg·m/s ²]	WrA_{yz2} [kg·m/s ²]	Total time [s]
Patient57	1	1.30	1.60	3.72	1.92	0.68	1.32	233.62	120.58	18.74
Patient57	2	1.06	1.42	3.38	2.26	0.74	0.86	212.26	141.93	
Patient57	3	1.00	1.22	3.80	3.65	0.74	0.94	238.64	229.22	
Patient57	4	1.10	1.46	4.86	2.95	0.62	0.82	305.21	185.26	
Patient57	5	0.96	1.30	5.10	3.10	0.60	0.66	320.28	194.68	
Patient58	1	0.76	0.98	8.08	4.89	0.48	0.54	438.34	265.28	15.74
Patient58	2	0.74	0.98	8.12	5.32	0.42	0.58	440.51	288.61	
Patient58	3	0.78	0.78	7.54	5.75	0.50	0.48	409.05	311.94	
Patient58	4	0.78	0.82	7.83	5.52	0.50	0.56	424.78	299.46	
Patient58	5	0.70	1.24	9.22	4.46	0.42	0.60	500.19	241.96	
Patient59	1	0.84	0.78	9.09	7.94	0.38	0.50	823.55	719.36	12.22
Patient59	2	0.74	0.78	9.83	7.64	0.38	0.48	890.60	692.18	
Patient59	3	0.72	0.74	9.41	7.31	0.42	0.46	852.55	662.29	
Patient59	4	0.76	0.80	8.99	7.37	0.40	0.50	814.49	667.72	
Patient59	5	0.76	0.88	9.24	7.14	0.42	0.54	837.14	646.88	
Patient60	1	0.88	1.14	6.85	4.25	0.48	0.68	558.28	346.38	15.30
Patient60	2	1.12	1.04	6.14	4.87	0.60	0.58	500.41	396.91	
Patient60	3	1.06	1.10	6.38	5.15	0.56	0.54	519.97	419.73	
Patient60	4	0.94	1.10	7.33	6.54	0.62	0.48	597.40	533.01	
Patient60	5	1.00	1.00	4.71	5.97	0.72	0.54	383.87	486.56	
Patient61	1	2.44	2.54	3.97	3.94	1.32	1.54	231.25	229.51	41.84
Patient61	2	1.50	1.92	4.83	3.45	0.96	1.10	281.35	200.96	
Patient61	3	2.00	2.66	3.90	2.17	1.06	2.00	227.18	126.40	
Patient61	4	2.28	2.10	3.14	3.16	1.16	1.78	182.91	184.07	
Patient61	5	1.64	2.44	3.68	3.37	0.62	2.20	214.36	196.30	
Patient62	1	0.80	0.86	10.06	6.13	0.54	0.58	499.98	304.66	15.04
Patient62	2	0.82	1.08	8.11	4.32	0.54	0.70	403.07	214.70	
Patient62	3	0.80	1.08	8.56	4.75	0.54	0.80	425.43	236.08	
Patient62	4	0.84	0.98	8.55	5.85	0.56	0.62	424.94	290.75	
Patient62	5	0.82	1.12	8.03	4.64	0.54	0.86	399.09	230.61	

Table. A-15-8 各加速度変数の測定値および5回の立ち座りに要した時間

Subject	Times	T_1 [s]	T_2 [s]	A_{yz1} [m/s ²]	A_{yz2} [m/s ²]	Ta_1 [s]	Ta_2 [s]	WrA_{yz1} [kg·m/s ²]	WrA_{yz2} [kg·m/s ²]	Total time [s]
Patient63	1	0.76	0.68	9.89	10.44	0.50	0.40	578.57	610.74	11.88
Patient63	2	0.76	0.76	8.72	7.27	0.52	0.52	510.12	425.30	
Patient63	3	0.76	0.70	8.60	8.06	0.52	0.44	503.10	471.51	
Patient63	4	0.78	0.72	8.33	8.36	0.54	0.44	487.31	489.06	
Patient63	5	0.82	0.62	8.45	12.00	0.54	0.36	494.33	702.00	
Patient64	1	0.90	1.12	9.74	5.70	0.56	0.84	605.34	354.26	14.32
Patient64	2	0.86	0.84	10.63	8.26	0.56	0.58	660.65	513.36	
Patient64	3	0.82	0.82	7.86	6.39	0.54	0.56	488.50	397.14	
Patient64	4	0.94	0.98	8.46	7.77	0.54	0.64	525.79	482.91	
Patient64	5	0.88	0.86	8.51	9.18	0.60	0.28	528.90	570.54	
Patient65	1	1.00	0.84	5.53	5.20	0.56	0.58	446.55	419.90	16.82
Patient65	2	0.92	0.64	5.61	4.35	0.52	0.36	453.01	351.26	
Patient65	3	0.86	0.82	5.22	3.62	0.54	0.34	421.52	292.32	
Patient65	4	0.84	0.80	6.44	4.11	0.52	0.52	520.03	331.88	
Patient65	5	0.88	1.20	4.81	3.72	0.56	0.72	388.41	300.39	
Patient66	1	0.74	0.76	9.66	7.62	0.38	0.42	511.98	403.86	14.56
Patient66	2	0.66	0.94	8.97	6.47	0.34	0.40	475.41	342.91	
Patient66	3	0.92	1.10	7.71	6.17	0.38	0.42	408.63	327.01	
Patient66	4	0.70	1.08	8.33	4.99	0.36	0.62	441.49	264.47	
Patient66	5	0.66	0.98	8.51	5.39	0.34	0.62	451.03	285.67	
Patient67	1	0.76	0.74	10.15	14.73	0.48	0.40	844.48	1225.54	17.52
Patient67	2	0.86	0.78	8.90	13.70	0.50	0.40	740.48	1139.84	
Patient67	3	0.76	0.70	12.32	12.51	0.38	0.38	1025.02	1040.83	
Patient67	4	0.74	0.70	11.56	14.22	0.48	0.32	961.79	1183.10	
Patient67	5	0.80	0.68	9.31	14.09	0.52	0.34	774.59	1172.29	
Patient68	1	0.94	1.12	8.88	6.20	0.46	0.66	634.03	442.68	18.64
Patient68	2	0.90	1.12	8.05	6.91	0.40	0.32	574.77	493.37	
Patient68	3	0.80	1.06	9.37	8.09	0.44	0.62	669.02	577.63	
Patient68	4	1.02	1.22	10.49	8.16	0.46	0.30	748.99	582.62	
Patient68	5	0.82	1.14	10.48	7.96	0.46	0.28	748.27	568.34	

Table. A-15-9 各加速度変数の測定値および5回の立ち座りに要した時間

Subject	Times	T_1 [s]	T_2 [s]	A_{yz1} [m/s ²]	A_{yz2} [m/s ²]	Ta_1 [s]	Ta_2 [s]	$Wt \cdot A_{yz1}$ [kg·m/s ²]	$Wt \cdot A_{yz2}$ [kg·m/s ²]	Total time [s]
Patient69	1	0.74	0.88	11.88	5.54	0.28	0.50	622.51	290.30	13.34
Patient69	2	0.74	0.92	9.77	4.99	0.32	0.58	511.95	261.48	
Patient69	3	0.74	0.80	6.40	6.63	0.40	0.52	335.36	347.41	
Patient69	4	0.70	0.82	8.02	5.31	0.34	0.54	420.25	278.24	
Patient69	5	0.70	0.84	8.01	4.74	0.36	0.58	419.72	248.38	
Patient70	1	0.76	0.82	10.55	8.52	0.48	0.50	791.25	639.00	16.50
Patient70	2	0.98	0.86	7.57	8.74	0.70	0.54	567.75	655.50	
Patient70	3	0.84	0.88	9.38	10.79	0.52	0.56	703.50	809.25	
Patient70	4	0.80	0.80	10.58	11.47	0.50	0.54	793.50	860.25	
Patient70	5	0.92	0.86	8.36	10.66	0.58	0.54	627.00	799.50	

A.2.4 単一の加速度変数を用いたロジスティック回帰の結果

各加速度変数について、単一の変数を用いたロジスティック回帰分析によって出力されたフレイルの予測確率を表 A-16-1～A-23-2 に示す。

Table. A-16-1 加速度変数 T_1 を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient17	Non-frailty	0.044	0.094	0.044	0.141	0.068
Patient18	Non-frailty	0.127	0.061	0.068	0.076	0.084
Patient19	Non-frailty	0.031	0.025	0.010	0.025	0.028
Patient20	Non-frailty	0.104	0.049	0.068	0.061	0.061
Patient21	Non-frailty	0.084	0.127	0.171	0.269	0.171
Patient22	Non-frailty	0.127	0.068	0.068	0.049	0.115
Patient23	Non-frailty	0.022	0.084	0.061	0.104	0.094
Patient24	Non-frailty	0.055	0.068	0.115	0.049	0.155
Patient25	Non-frailty	0.025	0.004	0.014	0.016	0.018
Patient26	Non-frailty	0.747	0.247	0.155	0.226	0.039
Patient27	Non-frailty	0.171	0.044	0.068	0.055	0.061
Patient28	Non-frailty	0.115	0.115	0.141	0.624	0.016
Patient30	Frailty	0.188	0.997	0.293	0.226	0.293
Patient31	Non-frailty	0.171	0.068	0.055	0.049	0.068
Patient33	Non-frailty	0.039	0.031	0.035	0.044	0.039
Patient34	Non-frailty	0.039	0.044	0.044	0.039	0.039
Patient35	Non-frailty	0.044	0.094	0.068	0.044	0.061
Patient36	Non-frailty	0.055	0.061	0.055	0.068	0.068
Patient37	Frailty	0.293	0.028	0.397	0.084	0.141
Patient38	Non-frailty	0.055	0.055	0.068	0.115	0.068
Patient41	Non-frailty	0.076	0.039	0.039	0.044	0.049
Patient42	Non-frailty	0.084	0.055	0.044	0.055	0.076
Patient44	Non-frailty	0.084	0.453	0.068	0.094	0.115
Patient45	Non-frailty	0.188	0.076	0.068	0.044	0.076
Patient46	Non-frailty	0.094	0.171	0.068	0.127	0.171

Table. A-16-2 加速度変数 T_1 を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient47	Non-frailty	0.031	0.035	0.035	0.044	0.035
Patient48	Non-frailty	0.039	0.022	0.011	0.011	0.010
Patient49	Frailty	0.084	0.044	0.084	0.061	0.049
Patient50	Non-frailty	0.044	0.039	0.044	0.055	0.068
Patient51	Non-frailty	0.031	0.031	0.039	0.049	0.044
Patient52	Non-frailty	0.055	0.055	0.076	0.068	0.039
Patient53	Frailty	0.188	0.094	0.031	0.084	0.141
Patient54	Non-frailty	0.049	0.171	0.044	0.055	0.084
Patient55	Non-frailty	0.115	0.104	0.084	0.044	0.031
Patient56	Non-frailty	0.068	0.020	0.055	0.061	0.104
Patient57	Non-frailty	0.425	0.155	0.115	0.188	0.094
Patient58	Non-frailty	0.031	0.028	0.035	0.035	0.022
Patient59	Non-frailty	0.049	0.028	0.025	0.031	0.031
Patient60	Non-frailty	0.061	0.207	0.155	0.084	0.115
Patient61	Frailty	0.998	0.701	0.977	0.995	0.841
Patient62	Non-frailty	0.039	0.044	0.039	0.049	0.044
Patient63	Non-frailty	0.031	0.031	0.031	0.035	0.044
Patient64	Non-frailty	0.068	0.055	0.044	0.084	0.061
Patient65	Non-frailty	0.115	0.076	0.055	0.049	0.061
Patient66	Non-frailty	0.028	0.018	0.076	0.022	0.018
Patient67	Non-frailty	0.031	0.055	0.031	0.028	0.039
Patient68	Non-frailty	0.084	0.068	0.039	0.127	0.044
Patient69	Non-frailty	0.028	0.028	0.028	0.022	0.022
Patient70	Non-frailty	0.031	0.104	0.049	0.039	0.076

Table. A-17-1 加速度変数 T_2 を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient17	Non-frailty	0.067	0.046	0.071	0.108	0.046
Patient18	Non-frailty	0.115	0.080	0.085	0.071	0.059
Patient19	Non-frailty	0.071	0.014	0.052	0.046	0.049
Patient20	Non-frailty	0.091	0.129	0.153	0.115	0.171
Patient21	Non-frailty	0.271	0.211	0.246	0.085	0.341
Patient22	Non-frailty	0.043	0.190	0.059	0.091	0.071
Patient23	Non-frailty	0.046	0.137	0.067	0.046	0.085
Patient24	Non-frailty	0.063	0.091	0.153	0.071	0.067
Patient25	Non-frailty	0.017	0.017	0.021	0.018	0.043
Patient26	Non-frailty	0.171	0.129	0.085	0.056	0.096
Patient27	Non-frailty	0.043	0.038	0.036	0.043	0.046
Patient28	Non-frailty	0.076	0.145	0.076	0.122	0.067
Patient30	Frailty	0.341	0.137	0.190	0.085	0.122
Patient31	Non-frailty	0.129	0.080	0.059	0.153	0.271
Patient33	Non-frailty	0.043	0.030	0.041	0.067	0.080
Patient34	Non-frailty	0.145	0.137	0.222	0.162	0.115
Patient35	Non-frailty	0.063	0.129	0.046	0.071	0.096
Patient36	Non-frailty	0.049	0.096	0.080	0.063	0.085
Patient37	Frailty	0.085	0.091	0.108	0.091	0.038
Patient38	Non-frailty	0.041	0.034	0.030	0.030	0.030
Patient41	Non-frailty	0.059	0.041	0.032	0.034	0.071
Patient42	Non-frailty	0.080	0.036	0.052	0.032	0.052
Patient44	Non-frailty	0.080	0.122	0.076	0.180	0.122
Patient45	Non-frailty	0.137	0.096	0.271	0.285	0.115
Patient46	Non-frailty	0.234	0.211	0.145	0.122	0.108

Table. A-17-2 加速度変数 T_2 を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient47	Non-frailty	0.024	0.036	0.032	0.041	0.036
Patient48	Non-frailty	0.026	0.030	0.028	0.024	0.021
Patient49	Frailty	0.171	0.201	0.096	0.071	0.096
Patient50	Non-frailty	0.080	0.052	0.076	0.122	0.056
Patient51	Non-frailty	0.043	0.049	0.059	0.046	0.063
Patient52	Non-frailty	0.096	0.063	0.049	0.067	0.085
Patient53	Frailty	0.115	0.108	0.108	0.023	0.059
Patient54	Non-frailty	0.190	0.180	0.500	0.402	0.211
Patient55	Non-frailty	0.153	0.115	0.080	0.096	0.063
Patient56	Non-frailty	0.034	0.091	0.091	0.190	0.108
Patient57	Non-frailty	0.312	0.201	0.115	0.222	0.145
Patient58	Non-frailty	0.056	0.056	0.030	0.034	0.122
Patient59	Non-frailty	0.030	0.030	0.026	0.032	0.041
Patient60	Non-frailty	0.091	0.067	0.080	0.080	0.059
Patient61	Frailty	0.909	0.565	0.937	0.702	0.878
Patient62	Non-frailty	0.038	0.076	0.076	0.056	0.085
Patient63	Non-frailty	0.021	0.028	0.023	0.024	0.018
Patient64	Non-frailty	0.085	0.036	0.034	0.056	0.038
Patient65	Non-frailty	0.036	0.019	0.034	0.032	0.108
Patient66	Non-frailty	0.028	0.049	0.080	0.076	0.056
Patient67	Non-frailty	0.026	0.030	0.023	0.023	0.021
Patient68	Non-frailty	0.085	0.085	0.071	0.115	0.091
Patient69	Non-frailty	0.041	0.046	0.032	0.034	0.036
Patient70	Non-frailty	0.034	0.038	0.041	0.032	0.038

Table. A-18-1 加速度変数 A_{yz1} を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient17	Non-frailty	0.014	0.018	0.015	0.076	0.040
Patient18	Non-frailty	0.078	0.018	0.019	0.015	0.023
Patient19	Non-frailty	0.041	0.037	0.042	0.041	0.070
Patient20	Non-frailty	0.089	0.030	0.029	0.022	0.022
Patient21	Non-frailty	0.219	0.237	0.320	0.271	0.394
Patient22	Non-frailty	0.062	0.150	0.110	0.095	0.187
Patient23	Non-frailty	0.032	0.184	0.152	0.292	0.250
Patient24	Non-frailty	0.074	0.151	0.109	0.071	0.082
Patient25	Non-frailty	0.008	0.152	0.036	0.043	0.044
Patient26	Non-frailty	0.346	0.275	0.204	0.148	0.233
Patient27	Non-frailty	0.033	0.034	0.026	0.041	0.028
Patient28	Non-frailty	0.560	0.381	0.405	0.562	0.638
Patient30	Frailty	0.266	0.290	0.441	0.153	0.118
Patient31	Non-frailty	0.099	0.056	0.057	0.035	0.051
Patient33	Non-frailty	0.025	0.016	0.040	0.022	0.013
Patient34	Non-frailty	0.017	0.024	0.040	0.030	0.012
Patient35	Non-frailty	0.022	0.112	0.073	0.073	0.080
Patient36	Non-frailty	0.051	0.315	0.064	0.116	0.054
Patient37	Frailty	0.337	0.182	0.174	0.246	0.046
Patient38	Non-frailty	0.086	0.058	0.052	0.057	0.054
Patient41	Non-frailty	0.030	0.017	0.009	0.014	0.021
Patient42	Non-frailty	0.065	0.010	0.019	0.027	0.025
Patient44	Non-frailty	0.076	0.157	0.087	0.135	0.192
Patient45	Non-frailty	0.137	0.268	0.295	0.134	0.269
Patient46	Non-frailty	0.102	0.138	0.070	0.138	0.074

Table. A-18-2 加速度変数 A_{yz1} を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient47	Non-frailty	0.007	0.023	0.016	0.035	0.022
Patient48	Non-frailty	0.013	0.007	0.005	0.006	0.006
Patient49	Frailty	0.162	0.047	0.136	0.125	0.110
Patient50	Non-frailty	0.017	0.005	0.034	0.049	0.049
Patient51	Non-frailty	0.023	0.026	0.047	0.087	0.079
Patient52	Non-frailty	0.011	0.021	0.010	0.014	0.007
Patient53	Frailty	0.110	0.199	0.067	0.187	0.080
Patient54	Non-frailty	0.080	0.030	0.056	0.082	0.059
Patient55	Non-frailty	0.034	0.239	0.046	0.035	0.008
Patient56	Non-frailty	0.053	0.069	0.062	0.166	0.121
Patient57	Non-frailty	0.405	0.454	0.394	0.258	0.232
Patient58	Non-frailty	0.050	0.049	0.067	0.058	0.026
Patient59	Non-frailty	0.028	0.019	0.024	0.030	0.026
Patient60	Non-frailty	0.098	0.141	0.125	0.076	0.276
Patient61	Frailty	0.370	0.262	0.380	0.489	0.411
Patient62	Non-frailty	0.016	0.049	0.038	0.038	0.051
Patient63	Non-frailty	0.018	0.035	0.037	0.044	0.041
Patient64	Non-frailty	0.020	0.012	0.057	0.040	0.039
Patient65	Non-frailty	0.190	0.183	0.220	0.121	0.264
Patient66	Non-frailty	0.020	0.030	0.061	0.044	0.039
Patient67	Non-frailty	0.015	0.032	0.004	0.007	0.025
Patient68	Non-frailty	0.032	0.051	0.024	0.013	0.013
Patient69	Non-frailty	0.006	0.019	0.124	0.052	0.052
Patient70	Non-frailty	0.012	0.066	0.024	0.012	0.043

Table. A-19-1 加速度変数 A_{yz2} を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient17	Non-frailty	0.061	0.054	0.114	0.153	0.027
Patient18	Non-frailty	0.028	0.026	0.053	0.039	0.062
Patient19	Non-frailty	0.126	0.028	0.044	0.093	0.053
Patient20	Non-frailty	0.125	0.116	0.106	0.126	0.051
Patient21	Non-frailty	0.250	0.320	0.260	0.270	0.313
Patient22	Non-frailty	0.031	0.092	0.052	0.108	0.062
Patient23	Non-frailty	0.185	0.267	0.198	0.114	0.157
Patient24	Non-frailty	0.138	0.105	0.159	0.045	0.020
Patient25	Non-frailty	0.033	0.027	0.039	0.028	0.028
Patient26	Non-frailty	0.136	0.084	0.111	0.097	0.113
Patient27	Non-frailty	0.021	0.020	0.018	0.025	0.036
Patient28	Non-frailty	0.226	0.202	0.206	0.218	0.202
Patient30	Frailty	0.230	0.263	0.243	0.184	0.090
Patient31	Non-frailty	0.128	0.078	0.069	0.079	0.123
Patient33	Non-frailty	0.030	0.053	0.035	0.047	0.009
Patient34	Non-frailty	0.128	0.200	0.230	0.157	0.123
Patient35	Non-frailty	0.052	0.085	0.029	0.012	0.033
Patient36	Non-frailty	0.116	0.164	0.148	0.137	0.103
Patient37	Frailty	0.063	0.059	0.154	0.123	0.043
Patient38	Non-frailty	0.012	0.020	0.011	0.013	0.008
Patient41	Non-frailty	0.022	0.010	0.019	0.053	0.043
Patient42	Non-frailty	0.042	0.021	0.017	0.020	0.018
Patient44	Non-frailty	0.132	0.118	0.162	0.140	0.143
Patient45	Non-frailty	0.185	0.276	0.339	0.221	0.178
Patient46	Non-frailty	0.201	0.151	0.091	0.111	0.066

Table. A-19-2 加速度変数 A_{yz2} を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient47	Non-frailty	0.009	0.027	0.027	0.029	0.017
Patient48	Non-frailty	0.005	0.007	0.004	0.004	0.003
Patient49	Frailty	0.095	0.143	0.146	0.112	0.103
Patient50	Non-frailty	0.063	0.053	0.095	0.098	0.036
Patient51	Non-frailty	0.055	0.109	0.088	0.064	0.078
Patient52	Non-frailty	0.132	0.059	0.045	0.089	0.060
Patient53	Frailty	0.227	0.157	0.092	0.105	0.137
Patient54	Non-frailty	0.141	0.219	0.349	0.276	0.142
Patient55	Non-frailty	0.159	0.167	0.106	0.132	0.059
Patient56	Non-frailty	0.038	0.115	0.178	0.255	0.166
Patient57	Non-frailty	0.394	0.352	0.208	0.275	0.259
Patient58	Non-frailty	0.120	0.098	0.080	0.089	0.146
Patient59	Non-frailty	0.027	0.031	0.037	0.036	0.040
Patient60	Non-frailty	0.161	0.121	0.107	0.054	0.072
Patient61	Frailty	0.184	0.226	0.363	0.253	0.233
Patient62	Non-frailty	0.067	0.156	0.128	0.076	0.135
Patient63	Non-frailty	0.007	0.038	0.025	0.022	0.003
Patient64	Non-frailty	0.082	0.023	0.059	0.029	0.014
Patient65	Non-frailty	0.104	0.154	0.210	0.171	0.202
Patient66	Non-frailty	0.032	0.056	0.065	0.115	0.095
Patient67	Non-frailty	0.001	0.001	0.002	0.001	0.001
Patient68	Non-frailty	0.064	0.045	0.025	0.024	0.027
Patient69	Non-frailty	0.089	0.115	0.052	0.099	0.129
Patient70	Non-frailty	0.020	0.018	0.006	0.004	0.007

Table. A-20-1 加速度変数 Ta_1 を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient17	Non-frailty	0.086	0.097	0.076	0.174	0.097
Patient18	Non-frailty	0.216	0.086	0.110	0.097	0.110
Patient19	Non-frailty	0.041	0.036	0.024	0.036	0.041
Patient20	Non-frailty	0.155	0.059	0.110	0.097	0.086
Patient21	Non-frailty	0.155	0.139	0.174	0.139	0.155
Patient22	Non-frailty	0.076	0.110	0.123	0.086	0.216
Patient23	Non-frailty	0.024	0.086	0.086	0.155	0.110
Patient24	Non-frailty	0.076	0.110	0.086	0.076	0.076
Patient25	Non-frailty	0.014	0.011	0.016	0.019	0.019
Patient26	Non-frailty	0.110	0.478	0.086	0.067	0.016
Patient27	Non-frailty	0.036	0.076	0.110	0.110	0.076
Patient28	Non-frailty	0.194	0.123	0.024	0.139	0.041
Patient30	Frailty	0.097	0.754	0.545	0.380	0.445
Patient31	Non-frailty	0.380	0.110	0.086	0.097	0.139
Patient33	Non-frailty	0.059	0.052	0.052	0.086	0.067
Patient34	Non-frailty	0.041	0.041	0.059	0.046	0.052
Patient35	Non-frailty	0.076	0.155	0.097	0.076	0.086
Patient36	Non-frailty	0.110	0.123	0.086	0.123	0.097
Patient37	Frailty	0.097	0.021	0.349	0.110	0.097
Patient38	Non-frailty	0.041	0.052	0.046	0.059	0.059
Patient41	Non-frailty	0.123	0.059	0.076	0.076	0.086
Patient42	Non-frailty	0.110	0.019	0.076	0.097	0.110
Patient44	Non-frailty	0.139	0.672	0.110	0.123	0.194
Patient45	Non-frailty	0.086	0.097	0.123	0.076	0.123
Patient46	Non-frailty	0.097	0.076	0.123	0.174	0.291

Table. A-20-2 加速度変数 Ta_1 を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient47	Non-frailty	0.046	0.059	0.052	0.067	0.059
Patient48	Non-frailty	0.059	0.021	0.019	0.019	0.016
Patient49	Frailty	0.041	0.059	0.076	0.059	0.076
Patient50	Non-frailty	0.027	0.019	0.052	0.067	0.086
Patient51	Non-frailty	0.027	0.021	0.036	0.067	0.041
Patient52	Non-frailty	0.016	0.016	0.036	0.019	0.016
Patient53	Frailty	0.036	0.097	0.041	0.076	0.216
Patient54	Non-frailty	0.067	0.027	0.052	0.067	0.076
Patient55	Non-frailty	0.046	0.076	0.059	0.046	0.046
Patient56	Non-frailty	0.024	0.027	0.021	0.031	0.041
Patient57	Non-frailty	0.174	0.239	0.239	0.123	0.110
Patient58	Non-frailty	0.052	0.036	0.059	0.059	0.036
Patient59	Non-frailty	0.027	0.027	0.036	0.031	0.036
Patient60	Non-frailty	0.052	0.110	0.086	0.123	0.216
Patient61	Frailty	0.938	0.578	0.728	0.839	0.123
Patient62	Non-frailty	0.076	0.076	0.076	0.086	0.076
Patient63	Non-frailty	0.059	0.067	0.067	0.076	0.076
Patient64	Non-frailty	0.086	0.086	0.076	0.076	0.110
Patient65	Non-frailty	0.086	0.067	0.076	0.067	0.086
Patient66	Non-frailty	0.027	0.021	0.027	0.024	0.021
Patient67	Non-frailty	0.052	0.059	0.027	0.052	0.067
Patient68	Non-frailty	0.046	0.031	0.041	0.046	0.046
Patient69	Non-frailty	0.014	0.019	0.031	0.021	0.024
Patient70	Non-frailty	0.052	0.194	0.067	0.059	0.097

Table. A-21-1 加速度変数 Ta_2 を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient17	Non-frailty	0.090	0.061	0.100	0.151	0.072
Patient18	Non-frailty	0.159	0.111	0.117	0.100	0.076
Patient19	Non-frailty	0.061	0.031	0.046	0.041	0.035
Patient20	Non-frailty	0.117	0.175	0.065	0.111	0.136
Patient21	Non-frailty	0.289	0.265	0.085	0.130	0.301
Patient22	Non-frailty	0.068	0.111	0.080	0.123	0.090
Patient23	Non-frailty	0.061	0.175	0.100	0.068	0.130
Patient24	Non-frailty	0.076	0.044	0.033	0.055	0.033
Patient25	Non-frailty	0.035	0.029	0.035	0.028	0.026
Patient26	Non-frailty	0.184	0.117	0.111	0.072	0.123
Patient27	Non-frailty	0.061	0.061	0.061	0.065	0.065
Patient28	Non-frailty	0.039	0.090	0.085	0.068	0.111
Patient30	Frailty	0.232	0.151	0.167	0.117	0.105
Patient31	Non-frailty	0.143	0.100	0.090	0.212	0.326
Patient33	Non-frailty	0.049	0.044	0.049	0.085	0.025
Patient34	Non-frailty	0.117	0.095	0.136	0.100	0.095
Patient35	Non-frailty	0.072	0.085	0.065	0.049	0.068
Patient36	Non-frailty	0.072	0.117	0.117	0.085	0.117
Patient37	Frailty	0.033	0.061	0.068	0.055	0.041
Patient38	Non-frailty	0.061	0.049	0.046	0.046	0.049
Patient41	Non-frailty	0.085	0.065	0.046	0.046	0.041
Patient42	Non-frailty	0.061	0.052	0.065	0.046	0.068
Patient44	Non-frailty	0.061	0.072	0.072	0.100	0.080
Patient45	Non-frailty	0.143	0.130	0.184	0.184	0.167
Patient46	Non-frailty	0.254	0.265	0.193	0.167	0.151

Table. A-21-2 加速度変数 Ta_2 を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient47	Non-frailty	0.039	0.035	0.046	0.046	0.039
Patient48	Non-frailty	0.041	0.049	0.037	0.033	0.029
Patient49	Frailty	0.222	0.254	0.143	0.105	0.136
Patient50	Non-frailty	0.123	0.044	0.100	0.143	0.061
Patient51	Non-frailty	0.065	0.068	0.080	0.068	0.055
Patient52	Non-frailty	0.136	0.090	0.076	0.100	0.130
Patient53	Frailty	0.136	0.080	0.068	0.037	0.055
Patient54	Non-frailty	0.212	0.184	0.466	0.289	0.143
Patient55	Non-frailty	0.090	0.167	0.100	0.130	0.085
Patient56	Non-frailty	0.058	0.136	0.065	0.254	0.151
Patient57	Non-frailty	0.366	0.130	0.159	0.117	0.076
Patient58	Non-frailty	0.055	0.061	0.046	0.058	0.065
Patient59	Non-frailty	0.049	0.046	0.044	0.049	0.055
Patient60	Non-frailty	0.080	0.061	0.055	0.046	0.055
Patient61	Frailty	0.525	0.232	0.811	0.692	0.886
Patient62	Non-frailty	0.061	0.085	0.111	0.068	0.130
Patient63	Non-frailty	0.037	0.052	0.041	0.041	0.033
Patient64	Non-frailty	0.123	0.061	0.058	0.072	0.026
Patient65	Non-frailty	0.061	0.033	0.031	0.052	0.090
Patient66	Non-frailty	0.039	0.037	0.039	0.068	0.068
Patient67	Non-frailty	0.037	0.037	0.035	0.029	0.031
Patient68	Non-frailty	0.076	0.029	0.068	0.028	0.026
Patient69	Non-frailty	0.049	0.061	0.052	0.055	0.061
Patient70	Non-frailty	0.049	0.055	0.058	0.055	0.055

Table. A-22-1 加速度変数 $Wt\cdot Ayz_1$ を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient17	Non-frailty	0.004	0.006	0.005	0.046	0.018
Patient18	Non-frailty	0.047	0.006	0.006	0.005	0.008
Patient19	Non-frailty	0.110	0.101	0.112	0.110	0.178
Patient20	Non-frailty	0.031	0.006	0.005	0.003	0.003
Patient21	Non-frailty	0.047	0.056	0.117	0.078	0.196
Patient22	Non-frailty	0.053	0.163	0.110	0.092	0.214
Patient23	Non-frailty	0.028	0.236	0.188	0.392	0.331
Patient24	Non-frailty	0.083	0.192	0.132	0.078	0.094
Patient25	Non-frailty	0.001	0.067	0.006	0.008	0.009
Patient26	Non-frailty	0.370	0.270	0.178	0.111	0.215
Patient27	Non-frailty	0.022	0.023	0.016	0.029	0.017
Patient28	Non-frailty	0.576	0.293	0.327	0.578	0.697
Patient30	Frailty	0.407	0.440	0.625	0.236	0.179
Patient31	Non-frailty	0.118	0.060	0.060	0.034	0.053
Patient33	Non-frailty	0.006	0.003	0.011	0.005	0.002
Patient34	Non-frailty	0.002	0.003	0.008	0.005	0.001
Patient35	Non-frailty	0.007	0.072	0.039	0.039	0.044
Patient36	Non-frailty	0.089	0.504	0.112	0.205	0.092
Patient37	Frailty	0.221	0.068	0.062	0.121	0.006
Patient38	Non-frailty	0.157	0.104	0.093	0.103	0.096
Patient41	Non-frailty	0.031	0.015	0.007	0.013	0.020
Patient42	Non-frailty	0.007	0.000	0.001	0.001	0.001
Patient44	Non-frailty	0.118	0.252	0.137	0.216	0.308
Patient45	Non-frailty	0.130	0.307	0.345	0.127	0.308
Patient46	Non-frailty	0.040	0.066	0.022	0.065	0.024

Table. A-22-2 加速度変数 $Wt\cdot Ayz_1$ を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient47	Non-frailty	0.003	0.014	0.009	0.024	0.013
Patient48	Non-frailty	0.006	0.003	0.002	0.003	0.002
Patient49	Frailty	0.416	0.166	0.370	0.349	0.319
Patient50	Non-frailty	0.017	0.004	0.038	0.057	0.058
Patient51	Non-frailty	0.008	0.010	0.022	0.054	0.046
Patient52	Non-frailty	0.001	0.003	0.001	0.002	0.001
Patient53	Frailty	0.168	0.309	0.097	0.291	0.119
Patient54	Non-frailty	0.023	0.005	0.013	0.024	0.014
Patient55	Non-frailty	0.004	0.126	0.007	0.004	0.000
Patient56	Non-frailty	0.019	0.028	0.024	0.108	0.066
Patient57	Non-frailty	0.492	0.558	0.477	0.287	0.250
Patient58	Non-frailty	0.072	0.071	0.101	0.084	0.035
Patient59	Non-frailty	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
Patient60	Non-frailty	0.018	0.035	0.028	0.011	0.132
Patient61	Frailty	0.499	0.350	0.512	0.644	0.551
Patient62	Non-frailty	0.035	0.108	0.084	0.084	0.112
Patient63	Non-frailty	0.014	0.031	0.034	0.041	0.038
Patient64	Non-frailty	0.010	0.005	0.040	0.026	0.025
Patient65	Non-frailty	0.066	0.061	0.088	0.028	0.126
Patient66	Non-frailty	0.031	0.047	0.101	0.070	0.063
Patient67	Non-frailty	0.001	0.002	0.000	0.000	0.001
Patient68	Non-frailty	0.007	0.014	0.005	0.002	0.002
Patient69	Non-frailty	0.008	0.031	0.217	0.089	0.089
Patient70	Non-frailty	0.001	0.016	0.003	0.001	0.008

Table. A-23-1 加速度変数 $Wt\cdot A_{yz2}$ を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient17	Non-frailty	0.043	0.037	0.097	0.142	0.015
Patient18	Non-frailty	0.016	0.014	0.035	0.024	0.043
Patient19	Non-frailty	0.229	0.063	0.093	0.178	0.109
Patient20	Non-frailty	0.079	0.071	0.062	0.080	0.021
Patient21	Non-frailty	0.135	0.222	0.147	0.157	0.213
Patient22	Non-frailty	0.026	0.094	0.048	0.113	0.059
Patient23	Non-frailty	0.227	0.333	0.244	0.133	0.189
Patient24	Non-frailty	0.167	0.124	0.194	0.048	0.019
Patient25	Non-frailty	0.010	0.008	0.013	0.008	0.008
Patient26	Non-frailty	0.117	0.063	0.091	0.075	0.092
Patient27	Non-frailty	0.015	0.014	0.013	0.019	0.029
Patient28	Non-frailty	0.163	0.136	0.141	0.155	0.136
Patient30	Frailty	0.312	0.355	0.329	0.252	0.123
Patient31	Non-frailty	0.154	0.090	0.078	0.091	0.147
Patient33	Non-frailty	0.012	0.027	0.015	0.022	0.002
Patient34	Non-frailty	0.078	0.153	0.189	0.106	0.073
Patient35	Non-frailty	0.033	0.062	0.015	0.005	0.018
Patient36	Non-frailty	0.176	0.243	0.221	0.206	0.157
Patient37	Frailty	0.020	0.017	0.084	0.058	0.011
Patient38	Non-frailty	0.019	0.033	0.017	0.021	0.013
Patient41	Non-frailty	0.023	0.010	0.019	0.061	0.049
Patient42	Non-frailty	0.007	0.002	0.002	0.002	0.002
Patient44	Non-frailty	0.186	0.166	0.228	0.197	0.202
Patient45	Non-frailty	0.200	0.319	0.402	0.247	0.191
Patient46	Non-frailty	0.162	0.106	0.051	0.067	0.031

Table. A-23-2 加速度変数 $Wt\cdot Ayz_2$ を用いたロジスティック回帰の出力値

Subject	Group	1st	2nd	3rd	4th	5th
Patient47	Non-frailty	0.005	0.021	0.021	0.022	0.012
Patient48	Non-frailty	0.003	0.004	0.002	0.002	0.001
Patient49	Frailty	0.210	0.284	0.288	0.238	0.223
Patient50	Non-frailty	0.077	0.064	0.119	0.123	0.042
Patient51	Non-frailty	0.036	0.089	0.067	0.044	0.058
Patient52	Non-frailty	0.088	0.027	0.018	0.049	0.028
Patient53	Frailty	0.308	0.217	0.127	0.145	0.189
Patient54	Non-frailty	0.089	0.174	0.348	0.246	0.090
Patient55	Non-frailty	0.094	0.103	0.049	0.070	0.019
Patient56	Non-frailty	0.018	0.082	0.151	0.247	0.136
Patient57	Non-frailty	0.469	0.415	0.226	0.313	0.293
Patient58	Non-frailty	0.168	0.137	0.111	0.125	0.204
Patient59	Non-frailty	0.002	0.003	0.004	0.003	0.004
Patient60	Non-frailty	0.081	0.050	0.040	0.013	0.021
Patient61	Frailty	0.225	0.280	0.454	0.316	0.290
Patient62	Non-frailty	0.119	0.253	0.214	0.135	0.223
Patient63	Non-frailty	0.006	0.038	0.024	0.020	0.002
Patient64	Non-frailty	0.075	0.016	0.050	0.021	0.009
Patient65	Non-frailty	0.040	0.077	0.133	0.093	0.124
Patient66	Non-frailty	0.047	0.084	0.097	0.169	0.141
Patient67	Non-frailty	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Patient68	Non-frailty	0.032	0.019	0.008	0.008	0.009
Patient69	Non-frailty	0.135	0.173	0.080	0.150	0.193
Patient70	Non-frailty	0.004	0.004	0.001	0.000	0.001

A.2.5 運動機能テストの測定値

各被験者の握力，歩行速度，6 分間歩行距離，膝伸展筋力の測定値を表 A-24-1～A-24-2 に示す．

Table. A-24-1 運動機能テストの測定値

Subject	Grip strength [kgf]	Gait speed [m/s]	6MWD [m]	Knee extension strength [kgf]
Patient17	38.00	1.60	550	32.45
Patient18	41.60	1.53	433	26.00
Patient19	16.45	1.63	510	38.20
Patient20	20.80	1.09	347	14.65
Patient21	32.80	1.33	405	22.20
Patient22	26.20	1.37	442	27.00
Patient23	27.55	1.95	547	17.25
Patient24	31.75	1.14	370	17.15
Patient25	37.40	1.14	470	42.45
Patient26	27.55	1.60	423	27.45
Patient27	38.60	1.32	397	32.70
Patient28	16.85	1.09	344	10.45
Patient30	22.70	0.88	269	11.75
Patient31	33.90	1.43	437	31.30
Patient33	25.60	1.36	384	51.60
Patient34	31.30	1.27	376	17.85
Patient35	33.90	1.71	493	22.95
Patient36	36.30	1.26	378	42.05
Patient37	25.10	1.18	327	38.75
Patient38	20.95	1.04	349	26.00
Patient41	19.25	1.11	396	26.60
Patient42	34.95	1.17	407	28.50
Patient44	27.50	1.12	373	12.80
Patient45	18.00	1.10	138	17.45
Patient46	29.90	0.80	271	23.10

Table. A-24-2 運動機能テストの測定値

Subject	Grip strength [kgf]	Gait speed [m/s]	6MWD [m]	Knee extension strength [kgf]
Patient47	26.55	1.44	433	38.15
Patient48	36.80	1.03	343	27.00
Patient49	31.50	0.92	250	11.90
Patient50	35.55	1.65	474	21.75
Patient51	35.15	1.38	430	37.85
Patient52	22.35	1.28	424	37.75
Patient53	17.35	1.31	175	16.85
Patient54	37.40	1.14	427	42.45
Patient55	29.50	1.58	414	17.90
Patient56	34.85	1.29	306	24.95
Patient57	37.05	1.13	355	28.05
Patient58	44.65	1.07	415	22.35
Patient59	42.20	1.51	498	50.70
Patient60	25.00	1.17	395	17.25
Patient61	28.95	0.95	344	16.65
Patient62	22.30	1.60	419	19.55
Patient63	23.30	1.38	446	19.25
Patient64	33.20	1.26	410	16.15
Patient65	28.90	1.23	417	18.05
Patient66	19.85	1.48	429	26.80
Patient67	40.15	1.52	412	27.30
Patient68	45.45	0.99	350	52.30
Patient69	30.15	1.40	521	28.45
Patient70	42.30	1.55	538	51.20