

平成29年度 卒業論文

和文題目

心拍を利用した中強度運動判定の検討と
その可視化の実現

英文題目

**Consideration of Medium Intensity Motion
Decision Using Heart Rate And realization of its
visualization.**

情報工学科 渡邊研究室
(学籍番号: 130441061)

小島 海斗

提出日: 平成30年2月9日

名城大学理工学部

概要

一日 8000 歩と 20 分の中強度運動を行うことで、健康維持に大きな効果があるという研究結果が公表されている。このため、中強度運動を可視化することは健康を保つ一助となり得る。従来の中強度運動判定では主に加速度センサによる測定が用いられていた。しかし、加速度センサによる測定は、装着位置やその動きによる影響を受けやすい。このため、同一の活動でも判定結果に差異が出るという問題を抱えている。そこで、本稿では加速度センサではなく心拍値を用いることで問題を解決しつつ、統合支援生活システム TLIFES (Total LIFE Support system) との連携を行うことにより中強度運動を可視化する方法を提案する。

目次

第1章	はじめに	1
第2章	既存の中強度運動判定方法	3
2.1	METs	3
2.2	活動量計	3
2.3	加速度による中強度運動判定	3
2.4	加速度による中強度運動判定の問題	5
第3章	心拍数による中強度運動判定	7
3.1	SmartBand2	7
3.2	カルボーネン法	7
3.3	カルボーネン法の中強度運動判定への適用	8
3.4	中強度運動判定における TLIFES の活用	9
3.4.1	判定結果の可視化	10
3.4.2	判定結果のフィルタリング	10
3.5	心拍数による中強度運動判定の流れ	10
第4章	画面構成	12
4.1	心拍数グラフ	12
4.2	入力及び計算式部分	12
第5章	まとめ	14
	謝辞	15
	参考文献	17
	研究業績	19

第1章 はじめに

運動と健康には密接な関係がある。しかし、無思慮に運動をしても効果は薄く、逆に身体を壊してしまうこともある。大切なのは自らに合った適切な運動を適切な量、継続して行うことである。健康を保つための適切な運動量の指標として、1日8000歩と20分の中強度運動を行うのがよいという研究結果が存在する [1]。5000人を対象として10数年に渡って行われたこの研究は、一定の中強度運動と歩行を行うことで鬱病や認知症、ガンや高血圧などさまざまな病気を予防することができるという結果を残した。

中強度運動とは、厚生労働省が2006年に定めたMETs[2]という指標を元に、安静時の代謝の3倍から6倍の範囲の代謝を行う運動を指す。この範囲には速歩きなどが含まれる。中強度運動を測定する際に最も一般的な手法は、活動量計と呼ばれる器具を使用する方法である。活動量計に搭載された加速度センサを利用することで身体の動きを推定し、それを元に活動強度を割り出している。しかし、加速度センサによる測定はあくまでも身体の動きを推定し、それを計算式にあてはめた推定値である。腕の振りや足の動きなどの影響を受け、同一の活動であっても装着部位によって結果が異なるという問題もある。これらのことから、加速度センサによる中強度運動判定は正確性に難があると言える。このため、本研究ではより正確性の高いと考えられる方法として、心拍数による運動強度判定を利用した。運動時における心拍数は酸素摂取量、すなわち代謝とほぼ比例して直線的に増加することから、運動強度を表す指標として利用することができる。心拍数による運動強度判定は、センサで直接計測した脈拍を用いる。また、脈拍は基本的に心拍数と一致し、左右差や測定部位による測定数の差がないという利点もある。心拍数による運動強度判定の結果は、可視化することによりそれを参考にした運動が可能になり、健康を保つ大きな助けとなる。これを実現するため、オリジナルの統合支援システム TLIFES (Total LIFE Support system) との連携を行う。TLIFESは少子高齢化や核家族化を受けて高齢者を見守るためのシステムとして開発されており、スマートフォンに搭載されたGPSやセンサ類を利用して移動経路や行動判定をサーバに蓄積することができる。蓄積されたデータは専用のサイトで閲覧が可能である。この機能を利用することで、中強度運動時間の可視化を行う。また、心拍数による運動強度判定には体調不良や興奮など運動以外の要因での心拍数上昇を判別できないという問題が存在するが、これもTLIFESとの連携により解決することができる。TLIFESは利用者の行動状態を放置、静止、歩行、乗車の4判定に分類することができる。これを利用して、歩行判定の場合にのみ運動中だと認識することでフィルタリングを行うことができる。TLIFESに本提案の機能を搭載することで、ただ情報を確認するだけでなくTLIFES利用者自らが蓄積された情報を利用して健康維持のための運動を行えるようになる。本稿ではTLIFESに提案機能の追加とそのレイアウトの検討を行った。

以下、2章では既存の中強度運動判定方法、3章では今回の提案で用いる心拍による中強度運動

判定方法，4章では実装について述べ，最後に5章でまとめを行う．

第2章 既存の中強度運動判定方法

本章では中強度運動の前提となる METs および中強度運動を判定する際に使用する活動量計と、活動量計に用いられている加速度センサによる中強度運動判定方法について紹介する。

2.1 METs

METs は 2006 年に厚生労働省によって定められた指標である。安静時代謝を 1MET とし、その 2 倍の代謝量であれば 2METs、3 倍であれば 3METs とする。1.0METs から 2.9MET s までを低強度運動、3.0METs から 6.9METs までの範囲を中強度運動、それ以上を高強度運動としている。ただし、厳密には年齢によって範囲が変わり、20 代から 30 代の中強度運動は 5.0METs から 6.9METs、40 代から 50 代の中強度運動は 4.0METs から 5.9METs、60 代以上の中強度運動は 3.0METs から 4.9MET s となる [2]。一般的にエネルギー消費量や代謝量の指標として用いられるのはカロリーであるが、カロリーの場合は個人の体重による差が生じる [3]。このため、厚生労働省は生活習慣病予防のために必要な身体活動量を個人の体重に関係なく示すべく METs という指標を使用している。

2.2 活動量計

活動量計とは、3 軸加速度センサを用いることで歩行だけではなく家事やデスクワークなど、さまざまな活動を測定することで 1 日の消費カロリーなどを測定することを目的としている機器である。一部の機種は加速度センサに加えて心拍計を搭載している。図 1、図 2 に本研究で使用した活動量計を示す。図 1 の SmartBand2 は加速度センサと心拍計を搭載し腕に固定するタイプである。図 2 のカロリズムスマートは加速度センサを搭載し、装着位置を固定しないタイプである。

2.3 加速度による中強度運動判定

加速度による中強度運動判定では、あらかじめ入力された身長や体重、歩幅などの情報と加速度センサで取得した身体の動きをあわせて、計算により活動量 (METs) を算出する。この計算に用いられる式はオムロン [4] やタニタ [5] など活動量計のメーカー独自の計算式を用いているものが多く、その内容は公開されていない。



図1 SmartBand2

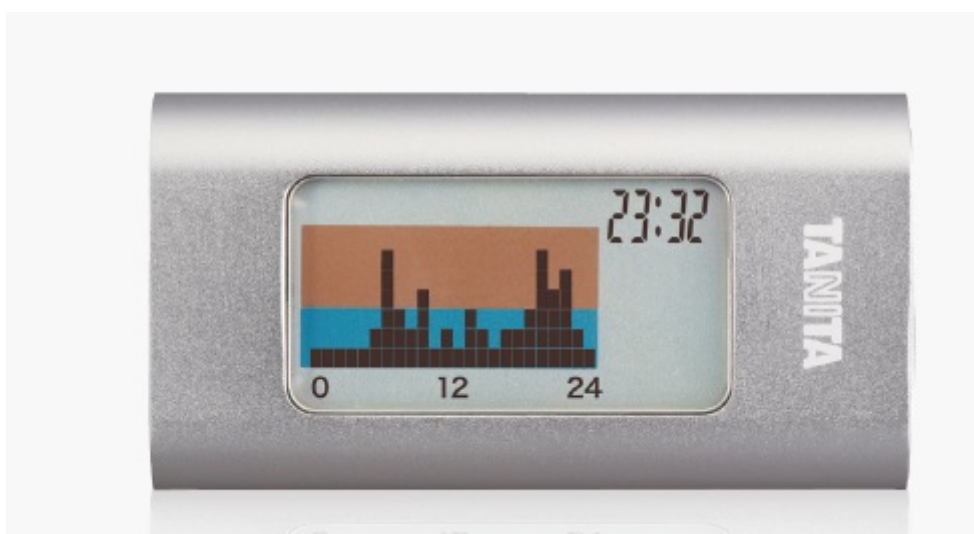


図2 カロリズムスマート

2.4 加速度による中強度運動判定の問題

加速度による中強度運動判定では、前述のようにセンサで取得した加速度から身体の動きを推定することで活動量を算出している。しかし、これは活動量計の装着位置に影響を受け、同一の活動であっても結果が異なってくるという問題が存在する。図3に示すのは図2のカロリズムスマートを2つ異なる位置に装着し速歩きを行った際の測定結果の差を示したものである。図3に上半身と示したものは衣服の襟元に、下半身と示したものは腰周りに装着している。2つの活動量計に登録する身長や体重などのデータはすべて同一のものを入力している。

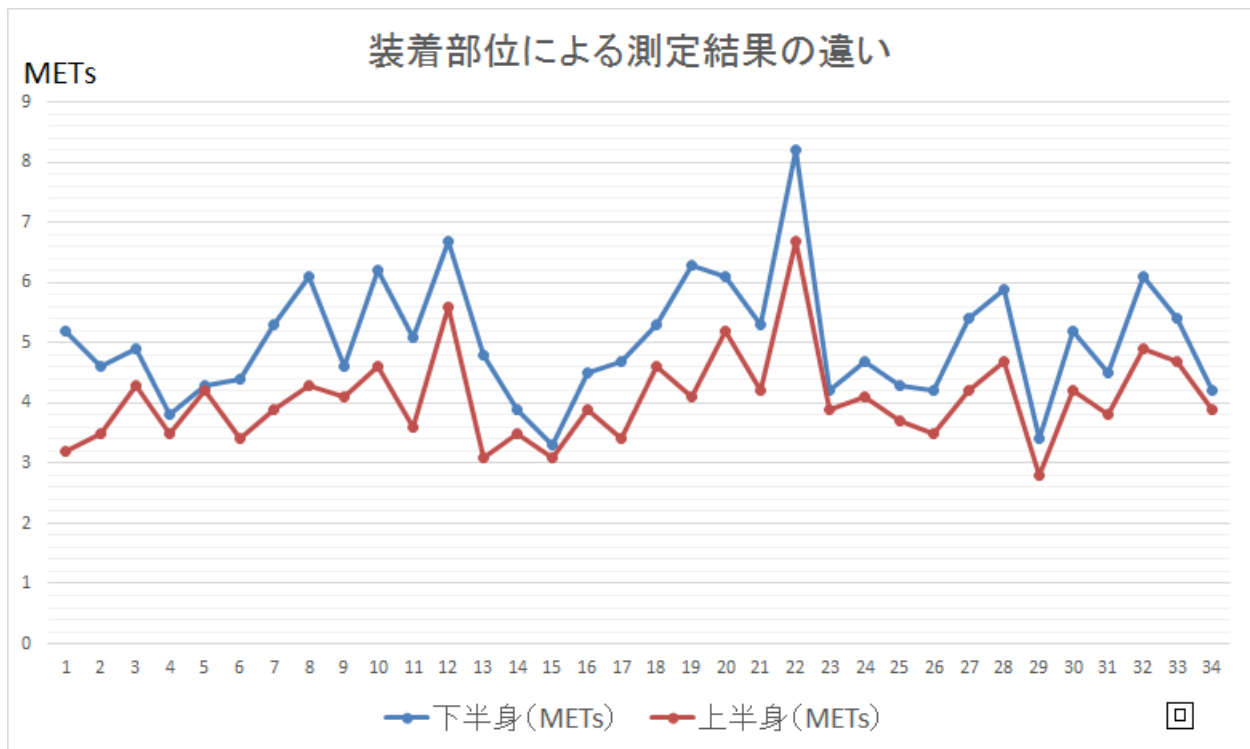


図3 装着位置による測定結果の差

今回の測定では、平均して0.96METs、最大で2METsほどの差があることがわかる。中強度運動は2.1節で述べた範囲であるため、最大2METsの差は判定結果自体が変化することも十分あり得る数値である。また、同様の活動量計を両手に持ち、片方の腕は通常通り振り、もう片方の腕は極力動かさないようにしながら速歩きによる測定を行ったところ、図4のような結果になった。

このように、手の振りの有無によって測定結果に大きな差が出るのがわかる。これらの結果から、加速度センサによる中強度判定では、装着位置やその位置の動きに大きな影響を受けることがわかる。

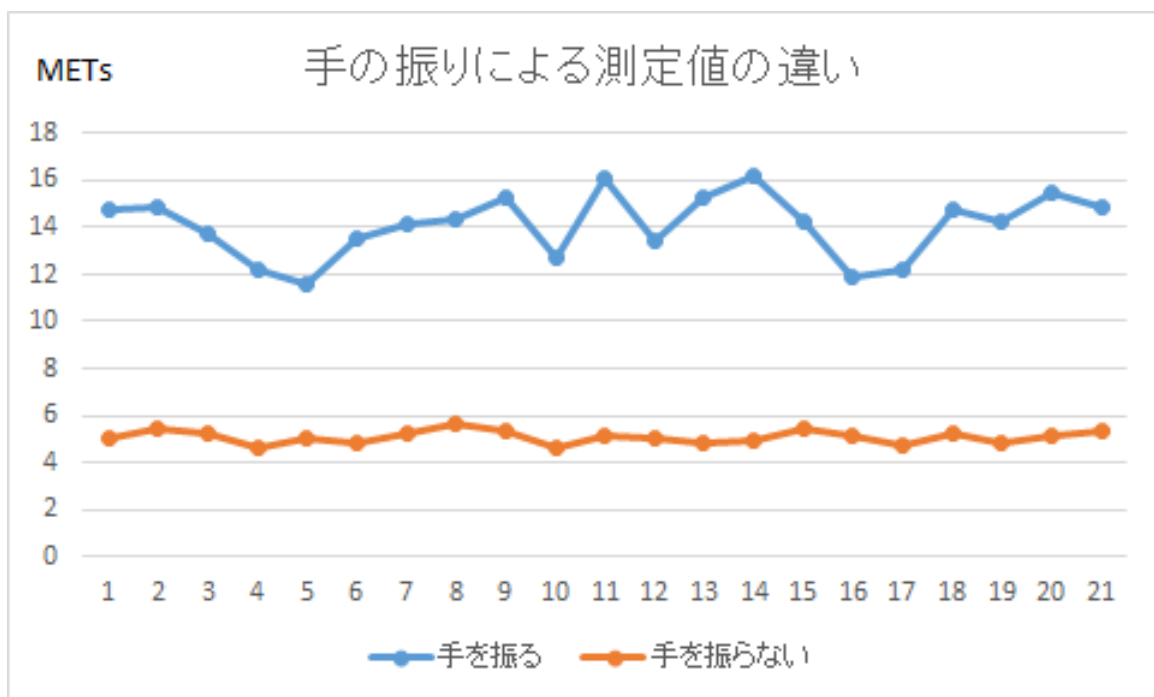


図4 手の振りによる測定結果の差

第3章 心拍数による中強度運動判定

本提案では加速度センサではなく心拍数による中強度運動判定を用いる。SmartBand2を手首部に装着し、心拍センサを用いて脈拍から心拍数を取得する。心拍数による中強度運動判定は、脈拍が原則的に心拍数と一致し [6] 左右差や測定部位による測定数の差がないことから正確性が高いことが特徴である。心拍数による中強度運動判定には、カルボーン法という手法を用いる。

3.1 SmartBand2

本研究では、心拍数を取得するために2.1節で紹介したSmartBand2を使用した。SmartBand2は3軸加速度センサと心拍センサを搭載し、消費カロリーや心拍などの情報を専用のアプリであるLifelogで閲覧できる。SmartBand2を採用した理由として、心拍数は通常モードの場合10分間の平均値を取得および表示するが、連続測定モードにすることで2分間の平均値を取得および表示可能となることが挙げられる。TLIFESのデータの送信間隔が2分であるため、連続測定モードを用いることでデータの送信間隔を揃えることができる。また、活動量計とTLIFESの連携を行う場合、活動量計で取得した心拍数を外部で扱えるようにする必要がある。SmartBand2はLifelog APIというAPIを経由することで蓄積したデータにアクセスできるようになっており、外部からのアクセス方法が明示されているため、連携を行う環境が整っていたことも理由に挙げられる。ただし、Lifelog APIだけではすべてのデータにアクセスできないため、正確にはLifelogとGoogle製のフィットネスアプリであるGoogle fitを連携し、Google fitのAPIであるFitness API経由で心拍を取得するという形になる。

3.2 カルボーン法

カルボーン法はフィンランド空軍の主任医師や労働衛生研究所の所長などを務めたフィンランドの生理学者MJ Karvonen博士(1918-2009) [7]が1957年に発表した理論である。ある強度の運動における目標心拍数を算出するための数式であり、 $\text{目標心拍数} = \text{運動強度} \times (\text{最大心拍数} - \text{安静時心拍数}) + \text{安静時心拍数}$ で求められる。運動強度は最大心拍数を基準として何パーセントの運動を行うかという値である。最大心拍数はもっとも高い状態の心拍数を指し、 $\text{最大心拍数} = 220 - \text{年齢}$ という式で算出する。安静時心拍は起床後、身体を起こさず寝転がっている状態での心拍を指している。このため、カルボーン法では年齢と運動強度と安静時心拍の3つの要素を決定することで、ある運動の目標心拍数を算出することが可能となる。

3.3 カルボーン法の中強度運動判定への適用

カルボーン法の中強度運動判定への適用は、中強度運動（速歩き）の運動強度を求めることで行える。中強度運動（速歩き）の運動強度を求めカルボーン法に適用することにより、中強度運動（速歩き）における目標心拍数を算出することができるためである。中強度運動（速歩き）の運動強度は、同一の運動において METs での中強度運動以上の判定時間とカルボーン法による目標心拍数を超過した時間が最も近くなるような運動強度ということになる。図 5 および図 6 に速歩きを 44 分間行った場合における METs と心拍それぞれのグラフを示す。図 5 における中強度運動判定時間は 36 分である。図 6 における目標心拍数達成時間は運動強度 0.6 の場合 6 分、運動強度 0.5 の場合 20 分、運動強度 0.4 の場合 38 分、運動強度 0.3 の場合 44 分である。このとき一番 METs による中強度運動判定に近くなるのは運動強度 0.4 の場合である。このため、このケースでは中強度運動（速歩き）の運動強度は 0.4 弱と言える。ただし、これはあくまでもこのケースのみの結果であり、中強度運動（速歩き）における普遍的な運動強度と呼べる数値の算出には年齢や性別差も踏まえた多数のサンプルデータが必要になる。今回の研究ではサンプルデータを揃えることができなかつたため、その算出は今後の課題とする。

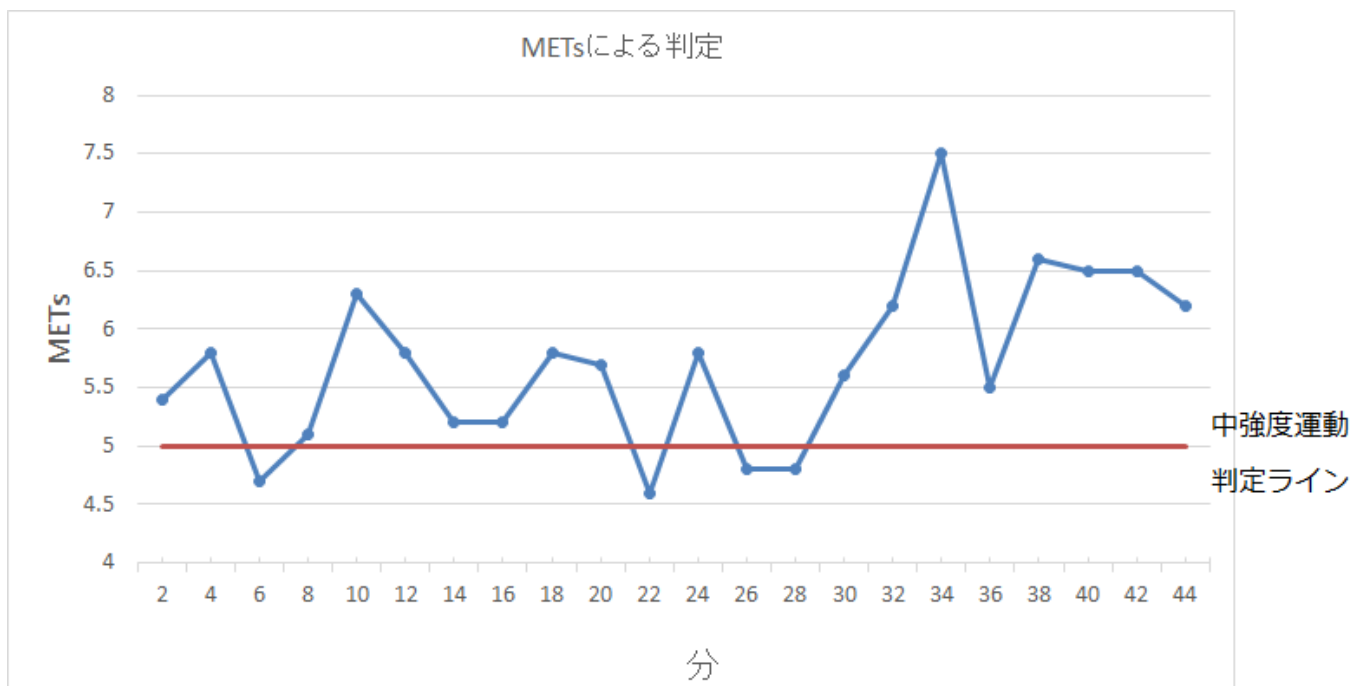


図5 METsによる中強度運動判定のグラフ

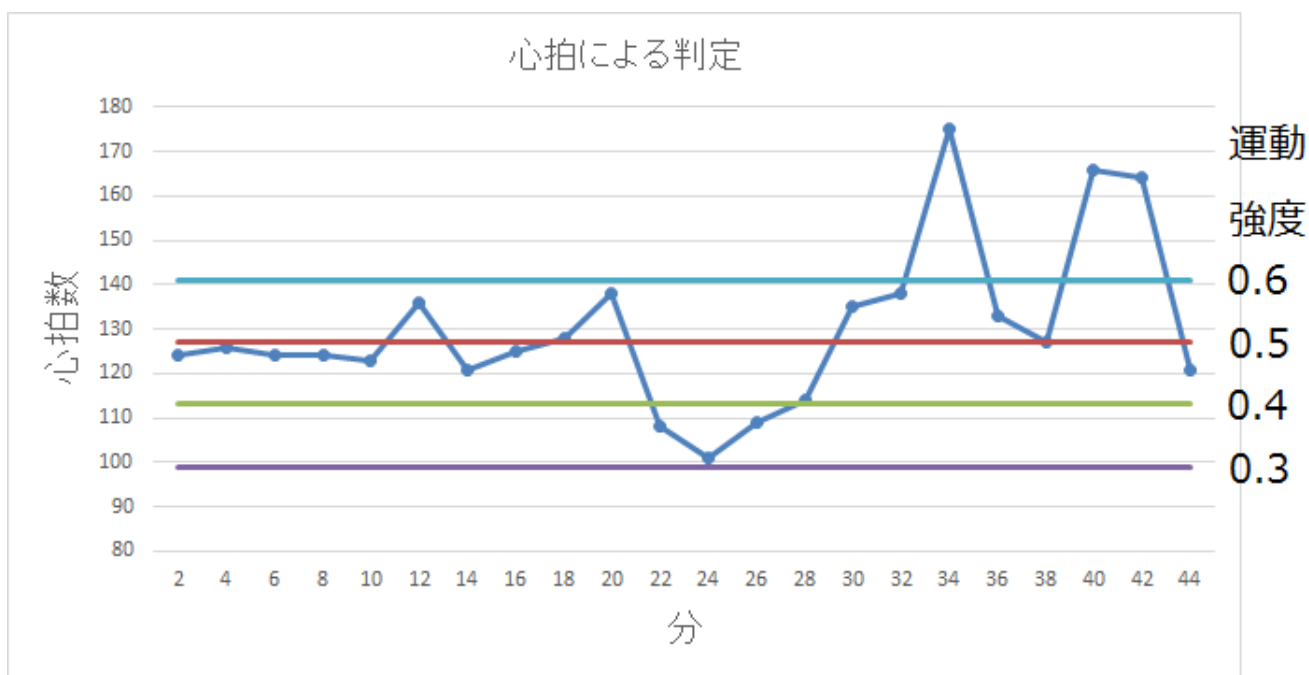


図6 心拍による目標心拍数判定のグラフ

3.4 中強度運動判定における TLIFES の活用

心拍数による中強度運動判定において TLIFES と連携を行う利点は、判定結果の可視化と判定結果のフィルタリングの2点が挙げられる。

3.4.1 判定結果の可視化

TLIFES は専用のサイトにこれまでのデータを記録し、利用者が許可した対象にのみそれを公開する機能を持つ。このサイトに心拍データや中強度運動判定を扱う項目を追加することにより、1日のどの時間にどれだけ中強度運動を行ったのかという結果を表示し、それをログに記録していつでも確認が可能となる。前項で紹介したように心拍による中強度運動判定やその結果の表示機能を持つ活動量計はなく、TLIFES との連携による活動量計の新たな活用方法として本提案を提示することができる。

3.4.2 判定結果のフィルタリング

心拍数が上昇する要因は歩行以外に緊張や飲酒、興奮などさまざまなものがある。このため、これらの要因によって心拍数が上昇しカルボネン法による目標心拍を超えた場合、歩行を行っていないにも関わらず中強度運動だと判定してしまう。この問題を解決するため、TLIFES の行動判定機能を用いたフィルタリングを行う。TLIFES にはスマートフォンの加速度センサを利用して一日の行動を放置判定、静止判定、歩行判定、乗車判定の4種類に分類する機能が備わっている。速歩きやジョギングなどの運動は歩行判定に含まれる。これを利用し、心拍数が目標心拍数を超過しており、なおかつ歩行判定の場合のみ中強度運動だと判定することで、歩行以外の要因による中強度運動判定を除外することができる。

3.5 心拍数による中強度運動判定の流れ

本提案における中強度運動判定の流れを示す。判定には SmartBand2 と、TLIFES 及び Google Fit がインストールされ Bluetooth 機能を持ちネットに接続が可能なスマートフォンが必要となる。まず、SmartBand2 とスマートフォンのペアリングを行い、Bluetooth で通信が行えるようにする。これにより SmartBand2 で取得した心拍データはスマートフォンを経由して管理用アプリである Lifelog のサーバに蓄積される。Google Fit は Google が提供するフィットネス用アプリであり、Lifelog とは公式で連携が可能となっている。この連携を行うことで、SmartBand2 で取得したデータを Google Fit 及びその API である Fitness API で扱うことができるようになる。そして Fitness API から心拍データを受け取り、TLIFES サーバに送信する。TLIFES サーバ上で中強度運動判定の処理とフィルタリング処理を行い、専用のページに表示する。Fitness API を経由する理由は、3.1 節で述べたように Lifelog が利用している API である Lifelog API からは直接心拍データを取得することができないためである。図7にシステム構成図を、図8に判定の流れをフローチャートで示す。

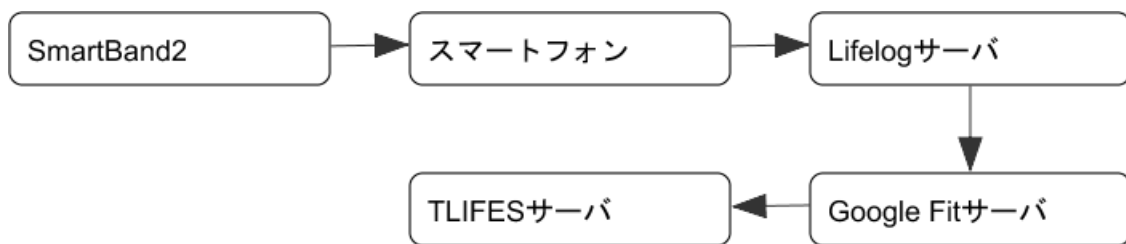


図7 システム構成図

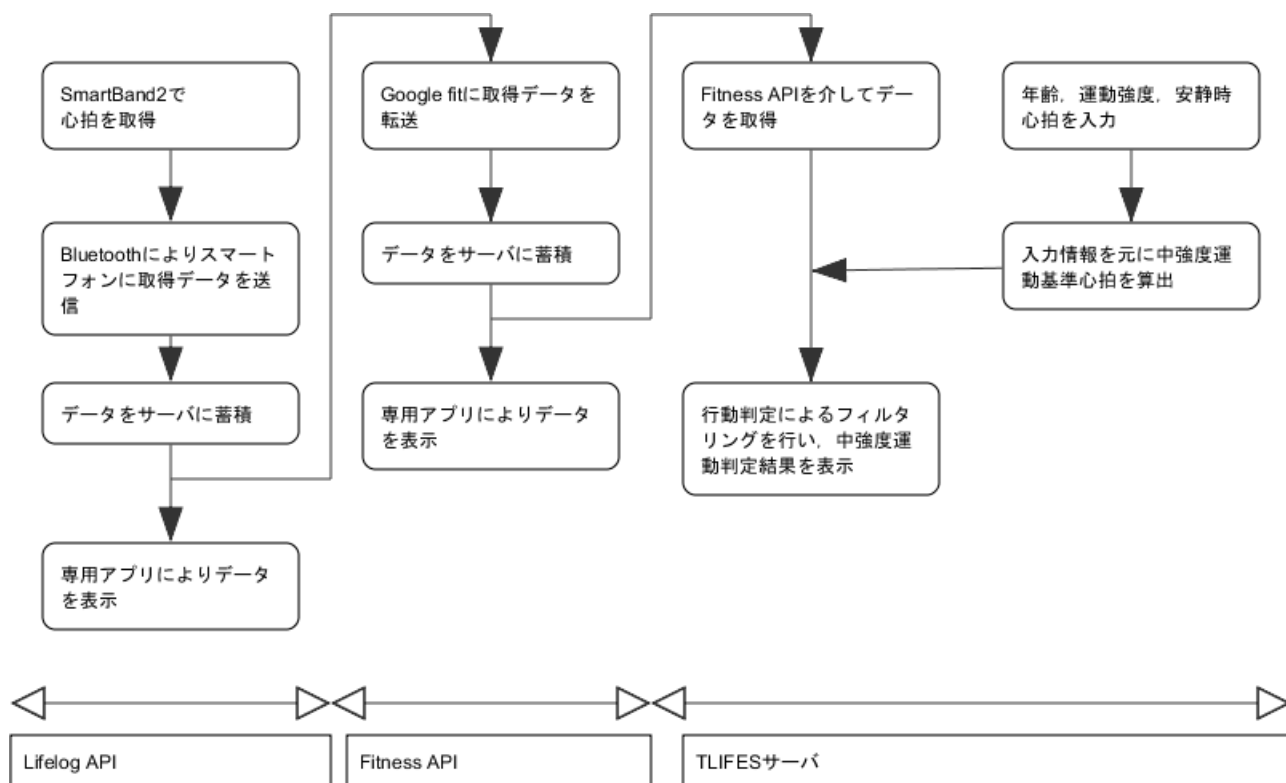


図8 心拍判定のフローチャート

第4章 画面構成

本章では TLIFES サイトに新たに追加した中強度運動判定画面の構成を記述する。本提案では歩数グラフ表示画面に心拍数グラフを追加し、グラフ下部に用語解説と計算式を記述する。生年月日、運動強度、安静時心拍を入力する欄もグラフ下部に設置した。

4.1 心拍数グラフ

心拍数グラフ表示部分を図9に示す。心拍数グラフは TLIFES サイト上の歩数表示ページに追加する形で記載する。画面上部には行動判定の種類と時間帯ごとの判定結果を示す帯を表示する。帯の下には歩数グラフと同じエリアに心拍数グラフがプロットされ、行動判定結果と合わせて横軸である時間を揃えて確認することができる。これは速歩きを行うことで歩数と心拍数が共に増加することを視覚的にわかりやすく表現するためである。グラフ上には歩数グラフと心拍数グラフに加えて中強度運動目安心拍数のラインを表示し、このラインを超えているかどうかで中強度運動かどうかを一目で判断することができる。縦軸はグラフ左端に歩数を、グラフ右端に心拍数を設定している。心拍数データの取得はスマートフォン経由で DB に心拍数データを登録し、それをページ表示時に取得する形となる。

4.2 入力及び計算式部分

入力及び計算式部分を図10に示す。まず中強度運動時間と歩数を表示する。これはグラフだけでなく文字で表示することで視覚的なわかりやすさを高める狙いがある。その下部には中強度運動目安心拍を計算するカルボーン法の式を表示している。右上には生年月日、安静時心拍、運動強度の入力欄がある。生年月日と安静時心拍はテキストボックスによる入力、運動強度はプルダウンメニューによる選択を行う。いずれかの数値を変更するとページ遷移を挟まず即座にカルボーン法の計算式およびグラフに反映される。入力した内容は DB に格納され、次回ページ表示時に DB にアクセスすることで入力内容を保持する。このため、入力を行うのは初回と数値を変更するときのみとなる。入力欄下部には用語の補足説明欄を設けた。

小島 海斗さんの行動結果

2017年11月22日の行動結果

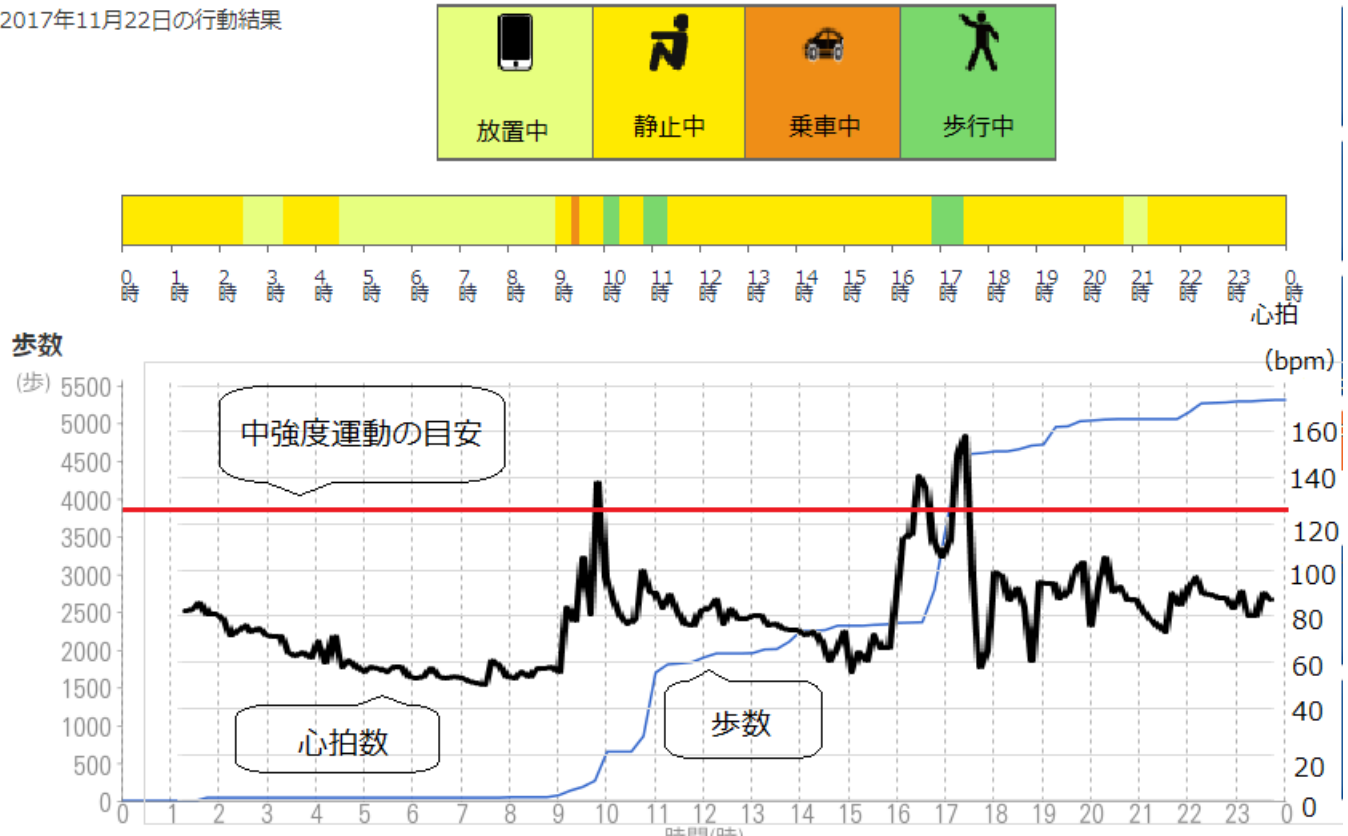


図9 心拍数グラフ部

本日の中強度運動時間は 20 分です。
現在の歩数は 8000 です。

中強度目安心拍

$$= \{(220 - \text{年齢}) - \text{安静時心拍}\} \times \text{運動強度} + \text{安静時心拍}$$

$$= \{(220 - 23) - 55\} \times 0.5 + 55$$

$$= 126$$

生年月日を入力してください: 1994 年 6 月 23 日

安静時心拍を入力してください: 55

運動強度を入力してください: 0.5

安静時心拍: 朝目が覚めた直後の心拍数です。
運動強度: 体力に応じて0.4~0.7の範囲で設定できます。
この値が高いと中強度運動目安心拍も高くなります。
体力に自信がない方は低く設定しましょう。
標準は0.5です。

図10 入力部及び計算式部

第5章 まとめ

本稿では加速度センサの代わりに心拍計を利用して中強度運動を判定する方法の提示と、その判定結果の可視化を TLIFES との連携を行うことで実現可能なことを示した。ただし、カルボネン法を中強度運動判定に適用するために必要な運動強度の設定はサンプルデータ不足のため実現できなかった。今後はサンプルデータの収集と実装後の評価、実環境での動作を確認できるよう進める予定である。

謝辞

本研究において，研究の進め方からデータ収集に至るまで多大なるご指導ご鞭撻を受け賜りました指導教官の渡邊晃教授に心より厚く御礼申し上げます。また，本研究において，本研究室の皆様にも多くの方々から助言と協力を受け賜り，深く感謝しております。

参考文献

- [1] : 青柳 幸利, あらゆる病気を防ぐ「一日 8000 歩・速歩き 20 分」健康法, 草思社, (2013).
- [2] : 青柳 幸利, なぜ、健康な人は「運動」をしないのか?, あさ出版, (2014).
- [3] : 健康づくりのための運動指針 2006～生活習慣病予防のために～. <http://www.mhlw.go.jp/shingi/2006/07/dl/s0719-3c.pdf>.
- [4] : 活動量計でわかること. <http://www.healthcare.omron.co.jp/product/hja/guide/02.html>.
- [5] : カロリズムって何?. <http://www.tanita.co.jp/content/calorism/what/index.html>.
- [6] : 一般社団法人 日本離床研究会. http://www.rishou.org/activity/rishouqanda/rishouqanda_shinpaku_myakuhaku/.
- [7] : FAT CALORIES — Dr M. J. Karvonen Who Discovered Karvonen Formula. <http://fatcalories.org/karvonen-formula/karvonen-biography>.

研究業績

(研究・大会等)

- (1) 小島 海斗, 渡邊 晃 : 心拍計測による異常検知及び通知システムの提案, 平成 29 年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会論文集, 講演番号 B3-1, Sep. 2017.
- (2) 小島 海斗, 渡邊 晃 : 心拍計測および健康管理アプリケーションによる中強度運動判定機能の提案, 第 15 回情報学ワークショップ, ポスターセッション番号 PB-31, Nov. 2017.