

イヌの散歩とヒトの健康づくりの関連性を調査するためのApple Watchを利用したデータ測定手法の実装

馬場 始三^{1,a)} 古本 佳代^{2,b)}

概要：イヌの散歩が飼い主であるヒトの健康づくりとどのような関連を持っているのかを明らかにするため、本研究では、イヌの散歩時の飼い主の身体活動量といったデータの測定手法としてスマートウォッチを活用した測定を考え、イヌを散歩中の飼い主の身体活動量や散歩に関連する情報を測定するApple Watchアプリ「ワン歩計」を開発した。ワン歩計は個人向け用途で販売されているApple Watchを複数の実験参加者の間で使い回しながら、イヌを散歩時の飼い主の身体活動量などを測定・記録できるといった特徴がある。今回、ワン歩計を組み込んだ複数のApple Watchを被験者に装着してもらい、精度の検証を行った。その結果、Apple Watchは健康科学分野で一般的に用いられているスポーツ心拍計といった従来の測定器具に対して同等の測定精度を有していることがわかった。また、実験に参加した被験者へのアンケート結果より、従来の測定器具に比べて心理的に被験者の負担が少ないことがわかった。さらに、開発したアプリ上で測定時に得られた心拍数と位置情報を組み合わせるといったイヌの散歩活動の見える化を試みた。

キーワード：スマートウォッチ、健康づくり、行動変容、イヌの散歩、身体活動量

1. はじめに

本研究では、イヌの散歩とヒトの健康づくりの関連性を調査する目的で、イヌの散歩時における飼い主の身体活動量を測定するApple Watchアプリ「ワン歩計」を開発し、イヌあり/なしで散歩中の被験者の身体活動量をワン歩計を用いて測定した実験結果をもとにワン歩計を評価する。はじめに、研究の背景と研究の目的を述べる。

1.1 研究の背景

少子高齢社会を迎えたわが国では、健康寿命を延ばすための生活習慣の改善と疾病予防は大きな課題である。運動・身体活動の定期的な実施・維持はその改善対策の一つであるが、厚生労働省の国民健康・栄養調査では、この10年間に於いて運動習慣者の割合、1日あたりの歩数に有意な増減はない[1]。国民の健康に対する意識は高いものの、身体活動や運動を実行・習慣化しない者に行動変容をもたらすのは困難で、義務感による継続も難しく、健康づくりが精神的な苦痛にならないよう多種多様な

方法の開発が必要である。

2003年以降、わが国では15歳未満の人口をペットのイヌ・ネコの総数が上回る状況が続いている[2, 3]。イヌがもつ社会性と他の動物種とは異なる行動特性により、国内外でイヌの散歩が飼い主の身体活動量増加に寄与すると報告されている[4, 5, 6, 7, 8, 9]。

これまでの研究ではイヌの散歩によって飼い主にもたらされる身体活動の現状把握についての報告は散見されるが、わが国においてイヌの散歩が飼い主の健康づくりとどのように関連しているのかをデータ測定結果とともに社会調査された事例はなく、イヌの散歩における身体活動量を飼い主にやさしくデータ測定できる手法の開発が必要とされている。また、イヌの散歩とヒトの健康づくりという関連性が明らかになれば、健康づくりに向けた行動変容のツールの一つとしてイヌの散歩の価値を高めることに繋がる。

1.2 研究の目的

「イヌの散歩とヒトの健康づくりの関連性を明らかにする」という研究目標において、各種センサ

¹ 倉敷芸術科学大学芸術学部メディア映像学科

^{a)} baba@arts.kusa.ac.jp

² 倉敷芸術科学大学生命科学部動物生命科学科

^{b)} kfurumoto@sci.kusa.ac.jp

ーを搭載する Apple Watch の測定機能や拡張性、装着のしやすさに着目し、イヌの飼い主がイヌと散歩中の身体活動量を収集するためのデータ測定手法を Apple Watch を利用して開発し、その有用性を確認することを本研究における目的とする。

著者らの大学の動物生命科学科にはビーグルをはじめとする複数の飼育犬と、動物看護を学ぶ一環で飼育犬の飼育管理を当番制で担当する数十人の学生たちが所属している。

そこで、開発した Apple Watch アプリを使ったイヌの散歩の測定実験を実施するにあたって、飼育犬の飼育管理に参加し、散歩を担当している数十人の学生に協力を依頼する。同時に複数の人を測定できるように、iPhone 1台とペアリングされた5台の Apple Watch を使った測定実験モデルを検討し、このモデルに対応できる機能を盛り込む。

また、開発する Apple Watch アプリ「ワン歩計」を使って実施した実験を通して、従来の測定手法に比べて測定精度が十分かどうか、実験に協力するイヌの飼い主にやさしい測定手法となっているかどうかを確認する。

なお、ここでいう身体活動量とは、イヌの飼い主の歩数や歩行距離、歩行ルート、心拍数、消費カロリーといったイヌの散歩活動に関連する一連のデータを指すものとする。

2. Apple Watch の特性について

イヌの散歩における飼い主の身体活動量を測定する目的で Apple Watch を利用する上で、Apple Watch の特性を事前に把握しておく必要がある。なお、本研究では 2017 年の秋に発売された Apple Watch Series 3 (GPS モデル) を利用した。

2.1 バッテリーの駆動時間

Apple Inc. が公開している Apple Watch のバッテリーに関する情報 [10]によると、Apple Watch Series 3 (GPS モデル) は一般的な利用条件で 18 時間、心拍センサーをオンにしたまま GPS を使用した屋外ワークアウトで最大 5 時間とある。今回の実験では 10 分程度のイヌの散歩に要するヒトの身体活動量などを測定しているが、朝晩に 1~2 時間程度のイヌの散歩を毎日測定する場合であっても、1日に1度程度充電すれば Apple Watch のバッテリーは本研究の目的に十分利用できると思われる。

2.2 Apple Watch とペアリングに必要な iPhone

Apple Watch は iPhone と Bluetooth でペアリングして利用するスマートウォッチである。この Apple Watch で測定されたデータはペアリングさ

れた iPhone とデータ同期することにより、iPhone アプリから測定データにアクセスできる。

したがって、Apple Watch から測定データを取り出すために iPhone が必要となるが、測定実験で Apple Watch を複数利用するときに iPhone が必ずしも Apple Watch と同じ数だけ必要とされるわけではない。iPhone は同時に一つの Apple Watch としかペアリングできないものの、複数台の Apple Watch をあらかじめ登録しておき、必要に応じてペアリング先をワンタッチで切り替えることができる。

著者らの利用環境では、iOS 11.x と WatchOS 4.x の組み合わせで、1台の iPhone に対して 5 台の Apple Watch をペアリング対象として登録できることを確認した。

2.3 Apple Watch の文字入力インターフェース

Apple Watch のテキスト入力手段として、音声入力のほかに入力候補から適切なテキストを選択するといったテキスト入力インターフェースをよくみかける。これは Apple Watch の画面が狭いことから iPhone のような画面タッチ方式によるテキスト入力が難しいためである。ただ音声入力は屋外で Apple Watch を利用する場合、人によっては利用に戸惑いが生じたり、利用ケースが限られてしまう。

そこで、iPhone 側のコンパニオンアプリであらかじめ入力候補を用意しておき、Apple Watch とペアリング時に Apple Watch アプリ側にデータ同期しておく。こうすれば、Apple Watch でデータ入力の必要が生じた際に入力候補の一覧から簡単に選択することでスムーズな Apple Watch アプリの操作につながる。

2.4 Apple Watch を使った運動量の測定精度

Apple Inc. が公開している「Apple Watch を使った運動量計測の精度を上げる」ための情報 [11]によると、Apple Watch を利用して運動量を測定するために幾つかの点に気をつける必要がある。その注意事項の中に Apple Watch を調整することで歩行/走行距離やペース、カロリーの測定精度を上げることができる [12]。これは Apple Watch ユーザーが Apple Watch を長時間にわたって装着するなかで個人差を考慮したキャリブレーション情報が Apple がフィットネス調整データと呼んでいるデータに蓄積され、測定精度に影響を与えることを示唆している。

したがって、Apple Watch を利用してデータを測定する際に高精度なデータが必要であれば、事前に Apple Watch 内のフィットネス調整データをユーザごとに調整する必要があるのかどうか検討する必要がある。

2.5 個人ユースとして設計された Apple Watch

Apple Watch はペアリングされる iPhone 同様にパーソナルユースを想定しており、Apple Watch で記録される身体活動量のデータは、ペアリングされた iPhone の所有者が運動した結果として扱われる。

そのため、WatchOS の標準アプリを使って、1 台の Apple Watch を複数人で共有しながら身体活動量を測定、個々のデータを記録管理することはできない。同様に、1 台の iPhone にペアリングされた複数の Apple Watch で測定された身体活動量は全て一人の iPhone ユーザの情報としてまとめられる。

したがって、Apple Watch を実験に参加する複数の被験者で共有しつつ個々の身体活動量を測定するためには、Apple Watch を装着した被験者の情報を運動前に入力して被験者データと測定データを紐づけて記録した後、ペアリングされた iPhone コンパニオンアプリと独自にデータ同期するしくみを持つ測定アプリを開発する必要がある。また、Apple Watch のフィットネス調整データが実験目的に必要となる測定精度にどの程度影響を与えるのかを検討し、影響が大きいと確認された場合は被験者ごとにフィットネス調整データをリセット後に調整し直してから実験を実施する必要がある。

3 ワン歩計

イヌを散歩中のイヌの飼い主に優しく、飼い主の身体活動量の測定手続きを簡単にするという目的で、Apple Watch に搭載されたセンサーを利用して測定する Apple Watch アプリならびに iPhone 向けコンパニオンアプリから構成されるワン歩計を開発した(図1)。

3.1 ワン歩計の概要

ワン歩計の全体概要を図2に示す。ワン歩計は1台の iPhone SE ならびにその iPhone とペアリングされた複数の Apple Watch にそれぞれアプリとしてインストールされている。



図 1 iPhone/Apple Watch アプリ「ワン歩計」

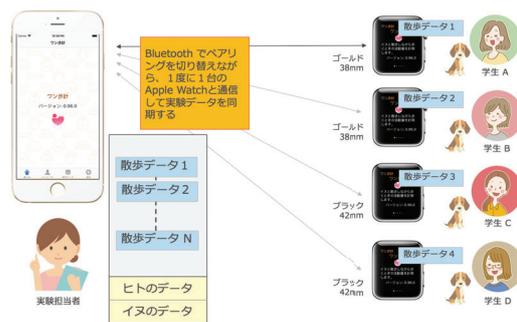


図 2 ワン歩計の概要

iPhone には iOS アプリ「ワン歩計」が組み込まれており、イヌと散歩するヒトに関する情報ならびにイヌに関する情報を入力・管理する。入力されたヒトの名前とイヌの名前のデータは Apple Watch とペアリング時に Apple Watch アプリ「ワン歩計」に自動的に同期され、イヌの散歩を開始するときに誰がどのイヌを散歩に連れて歩くのかを記録する目的で Apple Watch の画面で一覧から選択するために利用される。また、ペアリング対象の Apple Watch で測定されたイヌの散歩データは全て 1 台の iPhone 上のワン歩計アプリに集約されて、まとめて閲覧・管理できる。

iPhone とペアリングされた合計 5 つの Apple Watch Series 3 には WatchOS アプリ「ワン歩計」が組み込まれており、イヌの散歩におけるヒトの身体活動量を測定ならびに測定データを記録・閲覧・管理する。また、センサーの調整などを行う設定機能を持つ。なお、Apple Watch の画面サイズのバリエーションとして 38mm サイズが 3 台、42mm サイズが 2 台用意され、実験の被験者が自身の腕のサイズや見やすさなどの観点から自由に選べるようにする。

イヌの散歩データは測定時にそれぞれの Apple Watch 内部のストレージに独自のデータ形式で記録される。イヌの散歩が終わった後、Apple Watch 装着者はワン歩計のデータ表示機能を使って自分の散歩データをすぐに確認できる。また、Apple Watch と iPhone をペアリングした上で Apple Watch 側のワン歩計の送信ボタンをタップすれば、イヌの散歩データが iPhone と同期され、iPhone の広い画面でイヌの散歩データを見やすく表示できる。さらに iPhone から PC へのデータ転送機能を利用すれば、イヌの散歩データを PC で統計処理できるようになっている。

3.2 イヌの散歩に関する測定データ

パーソナルユースのモバイルデバイスである iPhone ならびに Apple Watch を利用して、複数のヒトとイヌを対象にイヌの散歩におけるヒトの身

体活動量を測定するためには、ワン歩計アプリ内にモバイルデータベースを準備して測定されたデータを独自形式で記録する必要がある。本論文では以降、この測定されたデータのことをイヌの散歩データと呼ぶこととする。

表1にアプリ内のモバイルデータベースに記録されるイヌの散歩データの主なデータ構造を示す。また、表2と表3にイヌの散歩データに含まれる心拍数と位置情報のリストをそれぞれ構成する要素のデータ構造を示しておく。

表 1 イヌの散歩データの主なデータ構造

イヌの散歩データ ID	文字列型
ヒトの ID	文字列型
イヌの ID	文字列型
測定開始日時	日付型
測定終了日時	日付型
心拍数の測定間隔	整数型 [秒]
歩数	整数型 [歩]
移動距離	浮動小数点型 [m]
測定開始時の絶対高度	浮動小数点型 [m]
消費カロリー数	浮動小数点型 [kcal]
位置情報を記録に含むか?	論理型 (true/false)
iPhoneへデータ同期済みか?	論理型 (true/false)
位置情報の測定精度	整数型 [m]
心拍数リスト	リスト型
位置情報リスト	リスト型

表 2 心拍数リストを構成する要素のデータ構造

心拍数 ID	整数型 (0~)
測定日時	日付型
心拍数	整数型 [bpm]
位置情報 ID	整数型

表 3 位置情報リストを構成する要素のデータ構造

位置情報 ID	整数型 (0~)
測定日時	日付型
緯度	浮動小数点型
経度	浮動小数点型
高度	浮動小数点型 [m]

ワン歩計アプリ内のモバイルデータベースに格納するとき、心拍数リストの要素一つあたりのデータサイズは約 20 バイト、位置情報リストの要素は約 32 バイトを要する。このとき、10 分程度のイヌの散歩をする場合、心拍数リストのデータサイズは 200 バイト程度、高精度の GPS 測定で 800 カ所の位置情報を記録する場合の位置情報リストのデータサイズはおおよそ 25KB 程度となる。

イヌの散歩を行うヒトとイヌのデータ構造を表 4 と表 5 にそれぞれ示す。Apple Watch 側でイヌの散歩を始めるときに利用するヒトとイヌの情報としてそれぞれの名前と ID が分かれば Apple Watch 側でメニューから選択入力する情報量として十分である。そこで、iPhone と Apple Watch がペアリングする時は必要最低限のヒトとイヌに関するデータを同期するようにしている。

表 4 ヒトのデータの主なデータ構造

ヒトの ID	文字列型
作成日時	日付型
姓 (名前)	文字列型
名 (名前)	文字列型
年齢	整数型
性別 0: 男性 1: 女性	整数型
身長	浮動小数点型 [cm]
体重	浮動小数点型 [kg]
イヌの散歩の合計時間	浮動小数点型 [秒]
イヌの散歩の合計歩数	整数型 [歩]
イヌの散歩の総移動距離	浮動小数点型 [m]
イヌの散歩の総消費カロリー	浮動小数点型 [kcal]

表 5 イヌのデータの主なデータ構造

イヌの ID	文字列型
作成日時	日付型
イヌの名前	文字列型
年齢	整数型
性別 0: オス (去勢あり) 1: オス (去勢なし) 2: メス (避妊あり) 3: メス (避妊なし)	整数型
犬種 0: ビーグル 1: ミニチュアダックスフント 2: ラブラドルレトリバー 3: 雑種	整数型
体重	浮動小数点型 [kg]
体高	浮動小数点型 [cm]
体長	浮動小数点型 [cm]
イヌの散歩の合計時間	浮動小数点型 [秒]
イヌの散歩の合計歩数	整数型 [歩]
イヌの散歩の総移動距離	浮動小数点型 [m]

表 5 における犬種のバリエーションは、本研究で測定対象の候補となる飼育犬の犬種に雑種を加えたものとしている。イヌの歩数の数え方として、今回実験に参加する飼育犬 (ビーグル) が一定距離を

歩いた場合に要する歩数をあらかじめ測定しておき、イヌの散歩の移動距離から計算する形で記録するものとする。

3.3 Apple Watch アプリ「ワン歩計」

Apple Watch アプリ「ワン歩計」の実装について述べる。Apple Watch で動作するワン歩計は WatchOS 4.x をターゲットに開発された。図3にワン歩計の主な操作手順を、図4にワン歩計の画面遷移を示す。

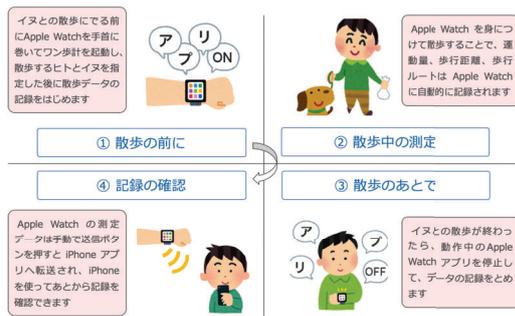


図3 Apple Watch アプリ「ワン歩計」の操作手順



図4 Apple Watch アプリ「ワン歩計」の画面遷移

イヌの散歩を始める前に、iPhone のコンパニオンアプリ側で散歩をする候補となるヒトとイヌに関する情報を事前に入力しておく。Apple Watch を iPhone とペアリングしてワン歩計を起動すると、ヒトとイヌの更新データが iPhone 側と自動的に同期されて Apple Watch アプリ内に記憶される。以降は Apple Watch アプリ側で散歩するヒトとイヌの名前を簡単にリストから選ぶことができる。

ヒトとイヌの名前を選択したら、図4の「操作メニュー」画面からイヌの散歩を測定するための「操作パネル」画面を呼び出す。ここでセンサーをオンにして心拍数の測定が可能になるまで10秒程度の時間を待ち、開始ボタンをタップすると測定が開始される。測定中は「測定データ」画面を見ることで、測定開始からの経過時間、Apple Watch を装着した

ヒトの歩数、歩行距離、現在地の高度とヒトの心拍数を知ることができる(図5, 図6)。



図5 ワン歩計でイヌの散歩の測定をスタートする手順



図6 イヌなしで散歩を測定中の Apple Watch の画面

イヌの散歩が終われば、Apple Watch のワン歩計の操作画面で停止ボタンをタップして測定を停止する。測定されたイヌの散歩データは図4の「散歩データ一覧」画面から記録された散歩データを選んで詳細を Apple Watch 上で閲覧できる。

「散歩データの詳細」画面では、イヌの散歩データを項目ごとにテーブル表示する。具体的には、散歩日時、散歩したヒトとイヌの名前、歩行距離、歩数、歩行時間、消費カロリー、イヌの散歩中に測定された歩行ルート的位置情報、高度情報ならび心拍数などといった項目がある。このうち、位置情報セクションでは歩行ルートが収まるマップを、高度情報セクションでは高度変化グラフを、心拍数セクションでは棒グラフで心拍数の変化を視覚的にわかりやすく確認できるように表示を工夫している(図7, 図8)。

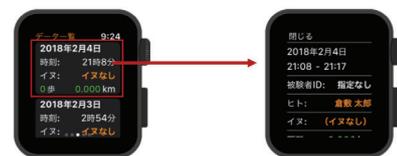


図7 イヌの散歩データの一覧画面からデータを選択

最後に、iPhone とペアリングしている状態で「送信と確認」画面から「データを送信」ボタンをタップすることにより、未送信のイヌの散歩データを iPhone 側のコンパニオンアプリと同期することができる。そのほか、GPS や心拍センサーの測定精度を変更するなどといった動作設定の変更機能などを実装している。



図 8 Apple Watch を使って閲覧中の散歩データ

なお、プライバシーに配慮しつつ、イヌの散歩時に要したヒトの消費カロリーを計算するために入力が必要となる身長と体重といった個人情報の入力機能や、GPSを使った屋外の位置情報を正常に測定できているかどうかを確認するしくみについては第4章で後述する。

3.4 iOS アプリ「ワン歩計」

iPhone アプリ「ワン歩計」の実装について述べる。Apple Watchで動作するワン歩計のコンパニオンアプリとして、iPhoneアプリ「ワン歩計」はiOS 11.xをターゲットに開発された。図9にiPhoneアプリ「ワン歩計」の「ホーム」「ヒトとイヌ」「散歩データ」「設定」画面のスクリーンショットを示す。iPhoneアプリ側の主な機能として、ヒトとイヌのデータ登録、ペアリングする5つのApple Watchから集めたイヌの散歩データの表示と記録、PCへのデータ転送といった機能がある。まず、ヒトとイヌのデータ登録機能を説明した後で、イヌの散歩データの表示機能について述べる。



図 9 iPhone アプリ「ワン歩計」の4つのタブ画面

図10(上)にイヌと散歩するヒトの情報の登録手順を、図10(下)に散歩に連れて行くイヌの情報の登録手順を示す。図において赤い丸印はアプリユーザが押下した場所を指す。登録時にApple Watchとペアリングしていれば、ヒトやイヌの情報が登録

されるとともにApple Watchのアプリ側へすぐに反映される。ヒトの登録済みデータにおける身長や体重といった個人情報を閲覧する際のプライバシー配慮の工夫については第4章で後述する。

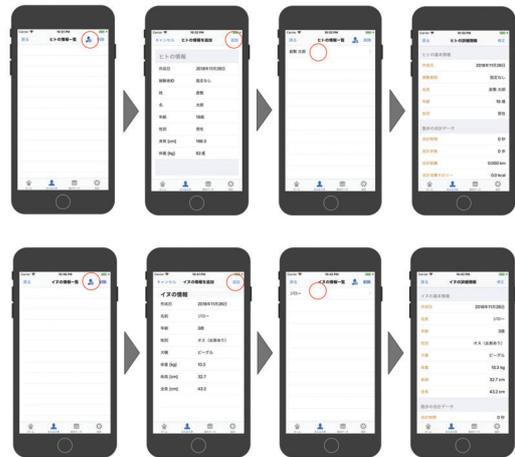


図 10 ヒトとイヌのデータ入力手順：(上)ヒトの登録の画面遷移 (下)犬の登録の画面遷移

次に、イヌの散歩データの表示機能について述べる。ペアリング対象の5つのApple Watchで測定されたイヌの散歩データは最終的に1台のiPhoneのワン歩計アプリ内に集約される。散歩データの画面タブにおいて測定されたイヌの散歩データは時系列に沿ってテーブル表示され、実験担当者はヒトの名前またはイヌの名前で測定データの中から必要なデータを絞り込み表示して図11の赤い点線枠で示すセルをタップしてアクセスする。図12に表示されたイヌの散歩データの詳細画面を「散歩の基本情報」「心拍数データ」「散歩ルートのマップ」「散歩ルートの高度変化」といった項目別に表示する。

基本情報として、被験者ID、ヒトの名前、イヌの名前、Apple Watchのデバイス名、イヌの散歩の開始と終了時刻、散歩時間、歩数、移動距離、歩行ペース、消費カロリー数がある。心拍数として測定間隔、測定回数、心拍数の最大最小値、時間推移グラフがある。



図 11 イヌの散歩データを一覧で表示する



図 12 イヌの散歩データの項目別情報

消費カロリー数は HealthKit フレームワークを利用して計算しており、Apple Inc. などによると散歩したヒトの年齢、性別、身長、体重、移動距離、心拍数などの値を利用して計算される。

散歩ルートのマップとして位置の更新頻度と位置情報数、マップのサムネイル画像がある。

散歩ルートのマップ画像をタップするとマップ表示に切り替わる (図 13)。マップでは、歩行ルートに加えて移動ペースや心拍数といった情報もマップ上で表現するイヌの散歩データの見える化を試みた。この見える化の試みについては第 4 章で後述する。



図 13 犬の散歩ルートのマップ表示機能

4 ワン歩計を使った測定実験

今回、ワン歩計を組み込んだ複数の Apple Watch を被験者に装着してもらい、精度の検証を行った。また、実験に参加した被験者へアンケートを実施し、従来の測定器具に比べて Apple Watch を利用した測定手法が被験者に負担をかけているかどうかを調査した。さらに、開発したアプリ上で測定時に得られた心拍数と位置情報を組み合わせて表示するといったイヌの散歩活動の見える化を試みた。

4.1 従来の測定手法との測定精度の比較

Apple Watch アプリ「ワン歩計」を用いる手法が、従来の測定手法に比べて測定精度が十分に検証実験を実施した。

被験者は健康な成人 13 名 (男性 3 名、女性 10 名) とした。年齢 22.3 ± 1.4 歳、身長 160.1 ± 6.3 cm、

体重 58.0 ± 9.3 kg であった。実験条件は実験実施前に Apple Watch のフィットネス調整データを調整した条件 (調整あり条件)、調整をしていない条件 (調整なし条件) の 2 条件とした。被験者には Apple Watch、スポーツ心拍計 (Polar, RS800CX)、3 軸センサー活動量計 (Kenz, e-style2) を装着し、大学内の指定したコースをイヌを散歩するスピードで歩行するよう指示した。心拍数 (bpm) は Apple Watch およびスポーツ心拍計、歩数 (歩)、歩行距離 (km)、消費カロリー (kcal) は Apple Watch および 3 軸センサー活動量計を用いて測定した。Apple Watch およびスポーツ心拍計は歩行開始時に測定開始、歩行終了時に測定終了の操作を実施した。Apple Watch に記録された心拍数と消費カロリーのデータは HealthKit フレームワークを用いて、歩数と歩行距離は Core Motion フレームワークを用いて読み出した。スポーツ心拍計に記録された心拍数は専用のアプリケーションを用いて読み出した。3 軸センサー活動量計の設定 (身長、体重、年齢、性別を入力) は歩行開始時に行い、歩行終了時に回収し、回収時に歩数、歩行距離、消費カロリーを記録した。

全てのパラメータは平均値 \pm 標準偏差で示した。被験者の両条件間の平均心拍数、歩数、歩行距離、消費カロリーの比較は t 検定を用い、有意水準は $p < 0.05$ とした。統計処理には統計解析ソフト (IBM, SPSS Statistics Version 22) を用いた。

両条件において Apple Watch、スポーツ心拍計、3 軸センサー活動量計を用いて測定した平均心拍数、歩数、歩行距離において有意な差はなく (表 6)、イヌの散歩を想定した歩行速度の身体活動においては、Apple Watch は既存の実験用測定装置と同等の精度でデータを収集できることが確認できた。複数の光学式ウェアラブル心拍モニターの測定精度を検証した研究においても、Apple Watch は最も精度が高いと報告されている [13]。

実験実施前の Apple Watch の調整の有無により、収集されたデータに有意差は見られず、10-20 分という短い歩行時間では事前の調整の有無がデータに及ぼす影響が少なかったと考えられた。

一方、消費カロリーは両条件において Apple Watch での測定値が有意に高値を示した。消費カロリーは身長、体重、年齢、性別、身体活動量や強度などのデータに基づくアルゴリズムによって算出されているが、アルゴリズムに関する情報は公開されていないことが多い。今回の測定値の差もアルゴリズムの違いが原因ではないかと考えている。

また、13 名の被験者に対して Apple Watch を利用したデータ測定手法が実験中にストレスをかけ

表 6 Apple Watch とスポーツ心拍計/3軸活動量計の測定結果の比較

調整あり条件	Apple Watch	スポーツ心拍計, 3軸活動量計
平均心拍数 (bpm)	110.6±11.7	113.1±9.0
歩数 (歩)	1155.2±77.6	1145.5±115.3
歩行距離 (km)	0.8±0.0	0.75±0.09
消費カロリー (kcal)	35.4±4.5 *	31.6±4.8 *

* $p < 0.05$

調整なし条件	Apple Watch	スポーツ心拍計, 3軸活動量計
平均心拍数 (bpm)	110.9±9.3	111.2±8.4
歩数 (歩)	1158.9±63.9	1175.8±69.4
歩行距離 (km)	0.8±0.04	0.78±0.04
消費カロリー (kcal)	41.5±4.1 *	33.3±4.1 *

* $p < 0.05$

ていたのかどうかを知るためにアンケートを実施した。アンケート結果を図 14 に示す。この結果から、Apple Watch Series 3 の 38mm または 42mm の GPS モデルを利用したデータ測定手法は被験者にほぼストレスをかけていないことがわかった。

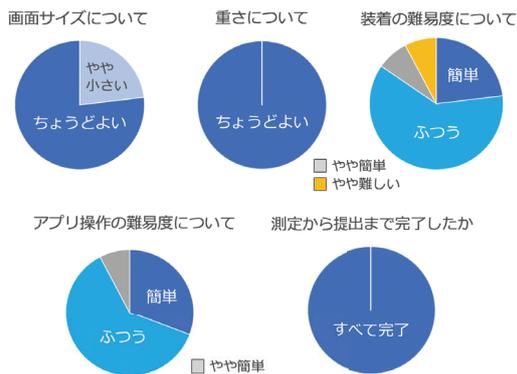


図 14 Apple Watch を利用したデータ測定手法に関する被験者アンケート結果

4.2 イヌを連れたイヌの散歩の測定実験

次に、実際にイヌを連れたイヌの散歩の測定実験を行なった。図 15 に実験の様子を示す。

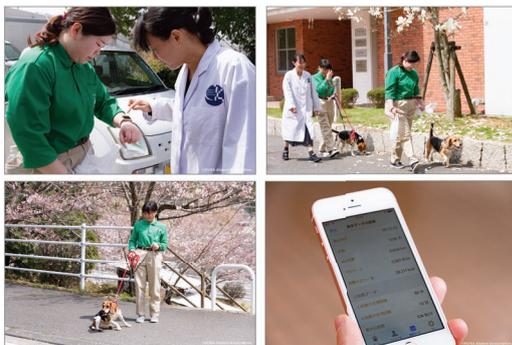


図 15 大学構内をイヌと散歩しながら測定中の様子

被験者は健康な成人 10 名(男性 1 名, 女性 9 名)とした。対象は学内で日常的にイヌの飼育管理に携わっており、イヌを散歩するにあたって飼い主としての関係性が築けている人物とした。被験者には装着した Apple Watch でワン歩計を起動しておき、学内で管理されているイヌ(ビーグル犬のメス 2 頭)にリードを付けた状態で通常の散歩コース約 800m を歩行してもらった。

2 頭のイヌの散歩は同じ時刻に 2 名の被験者にて実施し、Apple Watch を用いてイヌと散歩中の被験者の心拍数、歩数、歩行距離、消費カロリーなどを測定した。Apple Watch は歩行開始時に測定を開始し、歩行終了時に測定終了の操作を実施した。

表 7 イヌありなしの測定データの比較

イヌと歩いたかどうか	イヌなし	イヌあり
歩数 (歩)	136	143
歩行時間 (秒)	73.4	94.4
消費カロリー (kcal)	4.6	5.2

単位距離 (100m) あたりの測定値の平均

歩数 (歩)	112	91
歩行距離 (m)	82.4	54.3
消費カロリー (kcal)	3.8	3.4

単位時間 (1分) あたりの測定値の平均

歩行した総時間 (分:秒)	10:23	14:12
---------------	-------	--------------

800m~1km の距離を歩くために要した時間の平均

表 7 にイヌなし (26 件) とイヌあり (10 件) で測定したときの平均値の比較を示す。実験データを一定の条件で比較するために、上段の表では単位距離 (100m) あたりの歩数 (歩) と歩行時間 (秒) と消費カロリー (kcal) を並べ、中段の表では単位時間 (1 分) あたりの歩数 (歩) と走行距離 (m) と消費カロリー (kcal) を列挙してみた。下段の表は

大学構内をおよそ1周する歩行ルートを書いたときに要したそれぞれの歩行時間の平均の比較を示す。

今回の実験結果の比較より、イヌと一緒に歩くときはイヌを連れていないときに比べて100mあたり平均21秒の時間がさらにかかった。また、大学構内を一周する時間として、イヌを連れて歩くときはイヌを連れていないときに比べて、同じ歩行ルートであっても平均で約1.4倍の時間がかかっていることがわかった。

4.3 イヌの散歩の見える化

イヌを連れてイヌの散歩の測定実験を対象に、イヌの散歩の見える化の試みとして、位置情報と組み合わせる移動ペースと心拍数の変化を表示する機能を実装した。

図16にマップ上に表示される歩行ペースと心拍数の変化のカラー表現について示す。歩行ペースでは、停止状態から4km/h以下でゆっくり歩く状態変化を赤色から橙色のグラデーションで、4km/h～6km/hを緑色、6km/h以上を青色でそれぞれ表現した。心拍数の変化では、心拍数の数値を青・緑・黄・赤紫・赤の色を使って5段階で表現した。

図17にビーグル犬「ふう」を、図18にビーグル犬「ちい」を連れて歩いたときの歩行ペースと心拍数変化をマップ表示した画面をそれぞれ示す。図18の上段、中段、下段は別々の被験者が「ちい」と散歩したときの歩行ペースと心拍数の変化を表示したものである。



図16 イヌの散歩の見える化における色の意味について



図17 ビーグル犬「ふう」とともに歩いたイヌの散歩の「見える化」

緑色のフラッグ位置が測定開始地点、赤色のフラッグ位置は測定が終了した場所を示し、基本的に時計回りに散歩している。このとき、図18において3人の被験者の歩行ペースを比較すると、必ずしも歩行ペースが一定ではないことがわかる。飼育管理マニュアルに従ってヒト側は誰が担当してもなるべく一定の散歩ペースを守ろうとするため、歩行ペースが大きく変わる理由として、「ちい」の散歩ペースと一緒に散歩をするヒトとの組み合わせによって変わっているものと思われる。

マップ上に表示された心拍数の変化は、イヌの散歩後に自身のイヌの散歩データを確認中の被験者の興味をとくに引いた。実験アンケートを通じて寄せられたコメントの中に、時間ごとや道の勾配による心拍数の変化がわかりやすく表示されていて興味深かったという声があった。



図18 ビーグル犬「ちい」の散歩を3人の学生が散歩したときの歩行ペース（左側）と心拍数（右側）の変化

4.4 イヌの散歩の測定実験を通じて得られた知見

ワン歩計を利用したイヌの散歩の測定実験を通して2つの知見が得られた。

まず最初に、位置情報を含むイヌの散歩データを測定するため、GPSによる位置測位がApple Watchアプリで正常に動作中かどうかを被験者が簡単に確認できるしくみが必要だった点を挙げる。

実験の開始当初に、位置情報が正常に記録できなかった実験データが幾つか得られた。原因を調べたところ、アプリ操作によってはGPS信号を正常に取得できない屋内で位置測位が開始されてしまい、屋内から屋外へ出たにも関わらず、位置を正常に測

定できていない状態で実験が始まっていたことがわかった。

そこで、データ測定の開始時や測定中に GPS による位置測位が正常に動作していることを確認できるように、Apple Watch アプリ「ワン歩計」の測定画面のインターフェースを高度計から位置情報カウンターに変更した(図 19)。位置情報カウンターは GPS による位置情報を測定するたびに緑色のプログレスバーが伸びていく仕様とし、大学構内を一周したときにプログレスバーがちょうど最大値を示すように調整した。実験プロトコルの見直しとともに位置情報の記録過程をリアルタイムに視覚化することで、位置情報が確実に記録されるようにワン歩計を改善した。

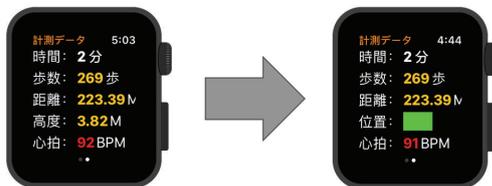


図 19 高度情報から位置情報カウンターへの変更

次に二つ目に得られた知見として、実験の被験者を広く募る上で身長や体重といったプライバシー情報に配慮してアプリを実装する必要があった点を挙げる。

Apple Watch で HealthKit フレームワークを使って消費カロリー数を取得するためには、年齢、性別、Apple Watch のセンサーデータなどに加えて被験者の身長と体重のデータ入力が必要となる。その一方で、実験の被験者候補となった学生のうち主に女性が共有端末の iPhone や Apple Watch に入力された自分の身長や体重データを他人に見られるかもしれないという不安から、当初は実験参加をためらう傾向があった。そのため数十名規模の被験者獲得に向けて、被験者の身長と体重が他の被験者に見えないようにプライバシー情報に配慮する必要が生じた。

そこで、iPhone アプリ側では実験担当者だけが知る 4 桁の暗証コードを入力しないと、被験者たちの身長と体重データをアプリ操作時に閲覧できないようにした。一方で Apple Watch アプリ側の工夫として、実験開始の直前に「ユーザ基礎情報」として身長と体重を被験者自身が Apple Watch へデータ入力してから実験を開始してもらい、実験の終了直後に身長と体重データを被験者が自ら Apple Watch アプリで削除する手順を考え、そのために必要な機能を実装した(図 20, 図 21)。

この結果、Apple Watch を複数の被験者間で使い回す過程で実験終了した被験者の身長と体重データが他の被験者に見えないしくみを実現され、成人女性から被験者を募集する際に実験参加へ向けて心理的障壁となっていたプライバシー情報に配慮しつつ消費カロリーを測定できた。



図 20 ユーザ基礎情報として身長と体重データを入力



図 21 ユーザ基礎情報から身長と体重データを削除

5 おわりに

本論文では日常生活における身体活動量の増加のツールのひとつとしてイヌの散歩に着目し、イヌと散歩中のヒトの身体活動量を明らかにするためのデータ測定手法として Apple Watch アプリ「ワン歩計」を開発した。ワン歩計を使った実験結果から、Apple Watch を使ったデータ測定手法は被験者にストレスをかけることはなく、かつ、十分な精度を持っていることがわかった。また、位置情報と組み合わせるとイヌの散歩活動の可視化を試みた。

今後は、ヒトとイヌ双方の健康づくりに役立つためにイヌの歩数といったイヌの身体活動量をイヌの散歩データに加えていくことと、一般のイヌの飼い主に協力を仰ぐことでイヌの散歩データを広く収集し、プライバシー情報に配慮しつつイヌの散歩データに付加価値をつけるための応用について検討していきたい。

なお、本研究は 2017 年度の倉敷芸術科学大学における芸術と科学の協調に関する研究助成のもとで実施された。

参考文献

- [1] 厚生労働省, “平成 29 年度 国民健康・栄養調査概要”, <https://www.mhlw.go.jp/content/10904750/000351576.pdf>.

- [2] 総務省統計局, “人口推移,” <https://www.stat.go.jp/data/jinsui/index.html>.
- [3] 一般社団法人ペットフード協会, “統計・資料,” <https://petfood.or.jp/data/index.html>.
- [4] Brown SG, Rhodes RE. "Relationships among dog ownership and leisure-time walking in Western Canadian adults," *The American Journal of Preventive Medicine*, vol. 30, no. 2, pp. 131-136, 2006.
- [5] Cutt H, Giles-Corti B, Knuiiman M. "Encouraging physical activity through dog walking: why don't some owners walk with their dog?," *Preventive Medicine*, vol. 46, no. 2, pp. 120-126, 2008.
- [6] Yabroff KR, Troiano RP, Berrigan D. "Walking the dog: is pet ownership associated with physical activity in California?," *Journal of physical activity & health*, vol. 5, no. 2, pp. 216-228, 2008.
- [7] Oka K, Shibata A. "Dog ownership and health-related physical activity among Japanese adults," *Journal of Physical Activity and Health*, vol. 6, no. 4, pp. 412-418, 2009.
- [8] Oka K, Shibata A. "Prevalence and correlates of dog walking among Japanese dog owners," *Journal of Physical Activity and Health*, vol. 9, pp. 786-793, 2012.
- [9] Shibata A, Oka K, Inoue S, Christian H, Kitabatake Y, Shimomitsu T. "Physical activity of Japanese older adults who own and walk dogs," *The American Journal of Preventive Medicine*, vol. 43, no. 4, pp. 429-433, 2012.
- [10] Apple Inc., 2018. <https://www.apple.com/jp/watch/battery.html>.
- [11] Apple Inc., 2018. <https://support.apple.com/ja-jp/HT207941>.
- [12] Apple Inc., 2018. <https://support.apple.com/ja-jp/HT204516>.
- [13] Gillinov S, Etiwy M, Wang R, Blackburn G, Phelan D, Gillinov AM, Houghtaling P, Javadikasgari H, Desai MY. "Variable Accuracy of Wearable Heart Rate Monitors during Aerobic Exercise," *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 49, no. 8, pp. 1697-1703, 2018.

質疑応答

質問 「ちい」というイヌが人によって散歩ペースを変えると発表があったが、「ふう」というイヌはどうだったか？

回答 「ふう」はほぼ同じペースでゆっくりと歩いた。なお、飼育管理を担当する学生が1年生とといった低学年のときはイヌがわがままになる一方で、3～4年生とといった高学年の学生に対しては従順さを示すようになる事例も耳にしている。

質問 イヌをたくさん用意することで、ヒトによってイヌの歩くペースが大きく変わるといったヒトに対する変化を見ることができれば面白

いのではないか。

質問 歩行ペースのグラフでは早い～遅いを寒色系～暖色系で、心拍数のグラフでは高い～低いを暖色系～寒色系の組み合わせで表現しているが、直感的に逆の配置に感じる。今後機会があれば、値の高低に合わせて色の配置をどちらかに統一した方がよいのではないかと？

回答 機会があれば検討する。

質問 Apple Watch アプリのデモ映像で位置というプログレスバーで伸びる情報があった。この位置とは移動距離のようなものか？

回答 GPS を使って高精度にイヌと散歩中の位置情報を記録する時、800 m ほどの決められたルートを歩行するときに記録されるであろう位置情報の総数(600 箇所程度)に対する歩行開始から記録された位置情報数の割合をプログレスバーでライブ表示している。実験初期にセンサーをオンにするタイミングによってはGPS を使った歩行ルートの位置測位を正常にできない事例が何度か発生したため、歩行中にバーが伸びる様子を通じて位置測位が正常に動作中であることを視覚的に確認できるようにと考えて作られた。散歩コースの進捗バー的なものと捉えていただいてよい。

質問 Apple Watch アプリのデモ映像で7分で800メートルとあったが、かなり早くないか？

回答 デモ映像の撮影目的でイヌを連れずに一人で歩いたため、歩行ペースがかなり早い結果となった。

質問 このソフトウェアを他に持っていくと考えたとき、いろいろなイヌやヒトを扱う必要がある上、イヌは毎回同じ散歩コースを行きたがるとは限らない。このとき、散歩コースに関してあらかじめどんな準備が必要になってくるだろうか？

回答 ワン歩計の開発を今後も進めることで、将来は一般から被験者を募ってイヌの散歩データを幅広くさまざまな事例から収集できるようにしたいと思っている。今回はその第一歩として筆者らの大学を一周する歩行ルートを対象に実験測定することでいろんな知見を得ようとした。したがって、ワン歩計は散歩コースに何らかの前提を立てて設計されているわけではないが、収集されたイヌの散歩データのさまざまな利活用を考えていく上で散歩コースの位置情報をプライバシー保護の観点から適切に処理するといった情報の扱いに気をつける必要性が出てくると思われる。

質問 同じルート・同じ被験者に対して、イヌを連

れないで歩いた「ただの散歩」と、イヌを連れて歩いた「イヌの散歩」との効果の比較対象実験をやりましたか？ 比較を通して、イヌの散歩をした方がよい効果が得られるかどうかを調べられるとよいと思う。

回答 同じヒトではなかったものの、同じルートでイヌを連れてないで歩いた場合とイヌを連れて歩いた場合のワン歩計を使った比較実験は実施した。はっきりと言えることはイヌを連れてないで歩く場合、ヒトは自分のペースで歩けるため、800 mを10分程度で歩ける一方、イヌと一緒に散歩するとイヌのペースに引きずられて15分くらいかかる。

質問 イヌに引きずられて遅くなるというのは、イヌに引きとめられて遅くなるということ？

回答 その通りで、イヌの行動に制限されてゆっくり歩くことになる。

質問 要するに電信柱で必ずイヌが立ち止まるといったことですね？

回答 はい。また、大学構内をイヌを連れて散歩するとき、車の往来に気をつけたり、飼育管理のガイドラインに沿って学生がイヌの散歩を実施したりしていることから、より時間がかかってしまうことになる。

質問 比較実験に絡めて、イヌと散歩をするときは、おしゃべりこそしないものの、イヌとヒトが対話しながら散歩していることになると思う。そうすると、比較対象として、独りで散歩するときだけでなく、例えば老夫婦で話しながら散歩をするといった人間どうしの散歩の時のデータも比較すると、また違うのではないか？

回答 我々はイヌの散歩を社会参加へのきっかけであったり、イヌの飼い主どうしのコミュニケーションの手段とみなしている。ペースというより散歩途中での滞留時間を測定できるようになれば、ヒトとイヌそれぞれの行動による散歩データの変位が見えてきてよいのだが、イヌとのコミュニケーションについては、今のところ、ヒトに装備したApple Watchから得られたヒトの活動データから相対的にイヌの歩数といった活動を割り出そうとしているため、イヌとのインタラクションといったデータはまだわからない状況だ。質問の意図に答えられているだろうか？

質問 イヌ役の人を連れて散歩してはどうか？ という単純な質問だった。独りで歩くとちょっとペースが早くなるので、もう一人いると仮想的にイヌがいる状態として、イヌを連れてした場合と同じペースになるのかなと思いついたので

質問した。

質問 今までのお話は人間が主体だったと思うが、スライドの最初の方で共同研究者の方が割と力技でイヌの方の測定をやられたとあった。今後の展望として、ヒトだけでなく、イヌの方の測定も、例えば「アップル首輪？」といったものを使って工学的にイヌに関する情報を測定する計画などあれば聞かせてほしい。

回答 イヌにつけるセンサーとして、当初は富士通コワーコ（株）さんの「わんだント」というイヌの歩数を正確に測定するセンサーを利用する予定だった。しかし、昨年夏に発売中止になるとともにわんだントを使って測定できなくなってしまった。現状はイヌにセンサーをつけずにヒトの移動距離からイヌの歩数を推計することで、ヒト側だけでなくイヌ側の情報も記録しようとしている。例えば、ビーグルであれば1mあたり10歩かな？ぐらいの歩数が必要だと実測してわかっている。このことからビーグル犬であれば、ヒトがどれくらいの距離を歩いたらイヌが何歩歩いたということが推計できる。同様の考えのもと、小型犬、中型犬、大型犬、そして犬種ごとに基礎的なデータを集めて推計モデルを作れたら、イヌ独自のセンサーをイヌにつけなくてもイヌの歩数を測定できるようになる。ただ、イヌの歩数以外でイヌの健康づくりに役立つ情報が入手できるなら、イヌにセンサーをつけてイヌの身体活動量を測定したい。Apple Watch 単体で測定できないデータであっても、Apple Watch をハブにしてイヌの身体活動量といった種々のデータをいくつかのセンサーを組み合わせるとよい。また、海外製のイヌの活動量を測定するセンサーを利用できないか、並行して検討を進めているところである。

質問 イヌの心拍数を取る予定はあるのか？

回答 イヌの心拍を測定するために、例えばイヌの身体にハーネス形状のセンサーを取り付けて測定するセンサーもあるが、一方でイヌに対する負担も大きい。測定できるとよいが、広くイヌの散歩データを集めて分析したいという第一目標から考えると、被験者に負担をかけすぎために当面は見送りたい。

質問 思いついたのだが、この場合は被験者ではなく被験犬かな。そうすると、被験犬の健康？

回答 そうということになる