

## ながら運動促進システム実現のための基礎検討

A Preliminary Study toward a System  
for Encouraging People to Do Exercises While Doing Other Tasks小林 美月<sup>†</sup>  
Mizuki Kobayashi辻 愛里<sup>‡</sup>  
Airi Tsuji藤波 香織<sup>‡</sup>  
Kaori Fujinami

## 1. 背景

運動は心臓疾患や糖尿病、がんなどの病気の予防、健康的な体重の維持、認知症の発症を遅らせる効果など、身体的だけでなく精神的にもメリットがある。しかし、世界保健機関（WHO）が 2016 年に行った調査によると、世界で 14 億人以上が運動不足であることが示されており、この傾向は 2001 年から改善されていない [1]。また、新型コロナウイルスの感染拡大により外出する頻度が減り、運動不足の傾向はより強くなることが予想される。

運動不足の解決策としては様々な方法が考えられる。ジムでのトレーニングは専門知識を持つトレーナーの指導の下、安全にトレーニングを行うことが可能だが、高額な費用が必要な場合がある。またジムに行く時間を自分で作らなければならないため、モチベーションの維持が課題となる。自己流のトレーニングは高額な費用を払うことなく行うことができるが、誤った方法での実施や過度な負荷など、ケガのリスクが高くなることが懸念される。またジムでのトレーニングと同様にモチベーションの維持が課題である。それらに加えて EMS 機器を使ったトレーニングも存在する。EMS 機器は電気を用いて筋肉を刺激するものであり、これはリハビリでのトレーニングで使用されることが多く、スポーツトレーニングに対しても有効性が示されている [2]。その中でも近年登場した EMS ベルトは別の作業を行っていても、装着するだけで筋肉に刺激を送ることが可能である。したがって前に挙げた二つのトレーニング方法における課題である、運動する時間を自分で捻出しなければならないというモチベーションの低下要因の解決策となる。しかし同じ部位で繰り返し使用すると筋肉疲労を引き起こし、ユーザが気づかぬうちに筋肉を傷つけてしまう危険性がある。また、ペースメーカーや人工心肺等の医用電気機器と併用すると誤作動を招き、身体に著しい障害をもたらす恐れがある [3]。

スポーツ庁が 2019 年に実施したスポーツの実施状況等に関する世論調査 [4] では、運動・スポーツを実施する頻度が減った、またはこれ以上増やせない（増やさない）理由として、最も多い回答が「仕事や家事が忙しいから」であった。このことから運動を習慣づけるためには、仕事や家事をしながら実施できるような運動を日常生活に取り入れることが望ましい。本研究で

はこの要件を満たす運動方法として、「ながら運動」 [5] を取り上げる。ながら運動とは他の作業を行いながら、筋力を使って運動効果を得る動作のことである。ながら運動には、普段運動する時間がない人でも日常の行動の中に運動を組み込むことができ、ケガのリスクが低い適切な運動強度で誰でも行えるという利点がある。しかし、ユーザの主作業を妨げないような運動種目を提案し、その運動種目の認識とフィードバックを行うシステムに関する研究は見つかっていない。

したがって、本稿ではながら運動を促進するためのシステムを提案する。ケーススタディとして、デスクワーク時に実施可能なながら運動を促進するためのシステムの設計と実装を行い、ながら運動の継続を可能とする提案方法を調査する。調査結果から明らかになった課題や、ながら運動促進システムの一般化に向けて、ユーザが行う様々な作業内容から適切なながら運動種目の決定を行う機能の設計について述べる。

## 2. 関連研究

運動不足解消のために働きかけを行う研究について説明する。Consolvo ら [6] は、日常生活の運動意識を向上させるための手段として、十分に活用されていない携帯電話の背景画面とスクリーンセーバーでの情報提示の有効性を調査した。この調査から、携帯電話の背景画面にユーザ自身の活動内容や身体情報を抽象的に表示することで、ユーザの意識を高め行動に影響を与えられたことが明らかになった。また、Klasnja らによる研究 [7] では、身体活動を促進することを目的とした二つのシステムの開発と評価を行った研究から得られた教訓について述べられている。これらの研究より、健康を維持するための目標の持続のサポートと様々な種類の健康的な行動の奨励を行い、社会的支援を促進することで、行動を効果的に動機づけるシステムを開発できることが明らかになった。これらの研究では、運動へのモチベーション維持が可能だが、実際に運動を行う際は意識的に運動のための時間を確保する必要がある。普段運動しない人にとっては意識的に時間を確保せずに運動を行える方がより参加障壁が低くなる可能性がある。本研究では、ユーザが何らかの作業を行っている間に、システムによってながら運動を支援するため、意識的に運動時間を確保する必要がない。

運動量の評価の一環として、椅子を用いたセンシングや行動認識の研究について注目する。椅子をセンシングデバイスとして使用するために必要な、座る頻度や姿勢、どの椅子に座っているかという情報が Griffiths ら [8] によって調査された。椅子の使用に関する調査結果では、被験者の 55% が 1 日 9 時間以上座っているこ

<sup>†</sup>東京農工大学 大学院 生物システム応用科学府  
生物機能システム科学専攻,  
Department of Bio-Functions and Systems Science  
Tokyo University of Agriculture and Technology

<sup>‡</sup>東京農工大学 大学院 工学研究院 先端情報科学部門,  
Department of Computer and Information Sciences  
Tokyo University of Agriculture and Technology

とが分かり、そのうちの20%は1日14時間以上座っていることが明らかになった。また座る椅子はある程度固定されており、被験者自身のみを使用であることも明らかになった。それに加え、被験者の多数が背もたれと肘掛けを使用していることが判明した。また、Tanらは表面の圧力分布パターンをリアルタイムで監視するセンシングチェアに基づく静的姿勢分類システムの開発 [9] を行い、Rohらは椅子の座面に取り付けられた4つのセンサだけを使用して6種類の座位を測定する座位監視システムで測定した体重比に様々な機械学習アルゴリズムを適用し、着座した人の実際の座位を最も正確に分類する方法を特定した [10]。さらにRenらによる研究 [11] では、座位姿勢を測定し腰と背中のストレッチ運動を支援する相互作用システムの設計を行った。このシステムは、パッド上の体重分布を感知することで、ユーザの座っている姿勢を検出し、姿勢変化の推移を示す。また、音とアニメーションによるフィードバックを行うことで着座姿勢が長い場合にストレッチ運動を行うよう促す。このように、多くの研究で着座姿勢の認識に留まり、着座中に実施可能な運動についての認識は扱われていないことから本研究で新たに開発する。

ユーザがデスクワークを行いながら身体活動を行うことを促す研究も存在する。Shimizuらによる研究 [12] では、コンピュータのキー入力を体の動きに置き換える運動システムを提案している。提案されたシステムは、ユーザが作業を行いながら歩行等の身体活動と同程度の運動を行うように促すことと、日常生活で不足している身体活動をデスクワーク中の体の動きによって補うことを目的とし、歩行と同等の負荷がかかる体の動き(膝や足首を曲げたり伸ばしたりする動作)にキーを割り当て、元のキーボードに割り当てられたキーを無効にすることで、自然に運動を行うことが可能になる。この研究はキーボードでの入力作業を行いながら運動可能である点において、ながら運動促進システムと類似している。この先行研究を踏まえて、本研究ではまずユーザの作業種目の一例としてデスクワークを取り上げ、デスクワーク中に適したながら運動種目の提案と運動の認識、実施後のフィードバックを行うシステムの設計と実装を行う。さらに実装したシステムを用いた評価実験から得られた知見より、ユーザが行う作業種目を限定せずに運動の提案を実施することを目指す。

### 3. ながら運動促進のための基盤システム

まず、ながら運動を促進するためのシステムに必要なとされる要件を定義する。本システムで求められる要件は以下の三つである。

1. ユーザが作業に使用している道具(器具)によるセンシングが可能
2. ユーザの作業内容に沿ったながら運動の提案が可能
3. ながら運動の実施後に適切なフィードバックの実施が可能

第1項が可能となれば、本システム専用のセンサを装着する必要がなくなる。また、第2項を満たすシステムを実現することによって、システムによるユーザが行う作業への干渉を防ぐことができる。さらに、第3項の実現により、運動を実施するモチベーションの維持が可能となる。

これらの要件を踏まえた基盤システム構成を図1に示す。はじめに、図1Aに示すようにユーザが使用している機器から取得したデータをもとに、デスクワークや運動中などのユーザ状態を検出する。図1Bに示すようにデスクワークなどの作業の実施を検出した場合は、ながら運動の実施に適しているユーザの活動種目一つに注目する。その後、図1Cに示すようにあらかじめ作成したルールデータベースからユーザの活動種目に合わせたながら運動の種目を決定する。図1Dに示すように決定したながら運動の情報はユーザが使用している機器に提案メッセージとして送信する。また、図1Eに示すように機器からながら運動の実施状態を検出した場合は、ながら運動の実施時間や運動フォームの評価を行う。評価結果のフィードバックは情報提示に適した機器(PC, スマートウォッチなど)へ行う。図1Fに示すように運動終了直後の即時的フィードバックと作業終了後などのまとめフィードバックの2種類に分けて行うことで、ながら運動実施のモチベーションを維持することを目指している。

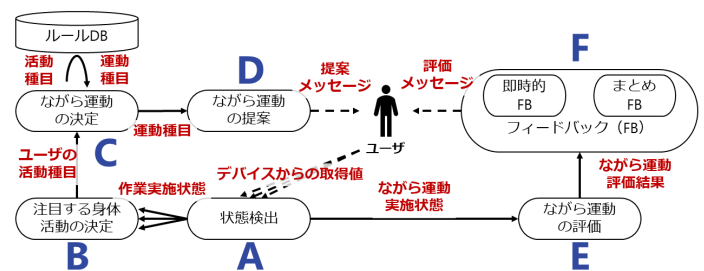


図1: 基盤システム構成

## 4. デスクワーク時におけるながら運動促進システム

3章で述べたシステム構成をもとに設計と実装を行った、デスクワーク時を対象としたながら運動を促進するためのシステムについて説明する。デスクワークは文書作成やオンライン会議への参加等、椅子に着席して行う作業が中心である。そのため、提案するながら運動は着座中に実施可能な運動が適切である。したがって、本システムで提案する運動は、膝引き上げ腹筋運動 [5] に決定した。この運動は腹筋や大腰筋に有効な運動であり、姿勢改善や肩こりと腰痛の防止効果等があるため、デスクワーク時に最適なながら運動であるといえる。

### 4.1. システム構成

本システムは、椅子に設置した圧力センサを用いて着席状態や運動実施状態等の判定と評価を行い、Slackを用いて運動の提案やフィードバックを送信する。送信された情報はユーザが使用するPCへのプッシュ通知とともに、Slack上で表示することが可能である。Slack

は PC だけでなくスマートフォンなどでも利用可能であるが、本システムを利用するユーザは PC を利用したデスクワーク中であることを前提条件として定めているため、PC へのプッシュ通知を利用してユーザにながら運動の提案やフィードバックを実施する。図 2 に開発したシステムの構成図 (同図左) と作製した椅子デバイスの様子 (同図右) を示す。本システムは図 1 で示した基盤システムの構成と対応している。データ取得部とデータ分析部は図 1A, B, C に対応し、情報提示部は同図 1D, E, F に対応している。

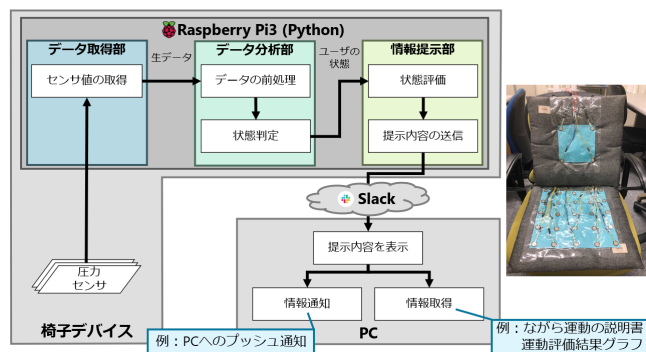


図 2: デスクワーク時におけるながら運動促進システム (左: システム構成 右: 椅子デバイス)

#### 4.1.1. 椅子デバイス

椅子デバイスは、椅子の座面に 28cm 四方の格子状 (7cm 間隔) に設置し、背もたれには 15cm 四方の正方形の頂点に合計 29 個の圧力センサを設置している。すべての圧力センサは Raspberry Pi3 (RP3) に接続され、データを取得している。なお、RP3 は無線 LAN でネットワークに接続されている。また、椅子の後部に箱を設置し、RP3 とセンサ制御回路、モバイルバッテリーを収納している。これにより、接続ケーブル等が実験の妨げになることがなく実施することが可能になる。

#### 4.1.2. データ取得部

データ取得部では、椅子デバイスから圧力センサの値を取得している。圧力センサから 10Hz でサンプリングして、各センサのキューにデータを格納する。後続のデータ分析部の処理と別のスレッドで実行することで、データ処理やデータ分析の遅延による影響を軽減することが可能である。

#### 4.1.3. データ分析部

データ分析部では、データ取得部で取得した圧力センサ 29 個の生データのウィンドウ処理やデータ分割等の前処理を行い、分割した区間データに対して状態判定を行う。動的時間伸縮法 (以下、DTW とする) を用いて、29 次元の圧力センサデータと事前に収集したテンプレートの DTW 距離を算出し、各センサごとに上位 3 状態を定め、順位に沿った重み付けを行った後に多数決によって一つの状態を決定する。本システムでは以

下に示す全 9 状態の認識が可能である。なお、事前に後述の評価実験の被験者から全 9 状態のデータを 10 個ずつ収集し、DTW のテンプレートデータとした。また、その後新たに全 9 状態のデータを 5 個ずつ収集し、判定精度の検証を行うためのテストデータとした。各状態の判定精度を検証した結果、F 値は 0.622 であった。

状態 0: 退席

状態 1: 着席 (背もたれ使用)

状態 2: 着席 (背もたれ不使用)

状態 3: 膝引き上げ腹筋 (背もたれ不使用・両足)

状態 4: 膝引き上げ腹筋 (背もたれ不使用・右足)

状態 5: 膝引き上げ腹筋 (背もたれ不使用・左足)

状態 6: 膝引き上げ腹筋 (背もたれ使用・両足)

状態 7: 膝引き上げ腹筋 (背もたれ使用・右足)

状態 8: 膝引き上げ腹筋 (背もたれ使用・左足)

膝引き上げ腹筋運動を行う際は背もたれを使用せずに両足を上げることが望ましいが、負荷が大き過ぎると感じる可能性を考慮して、片足のみを上げる動作も認識できるようにする。背もたれを使用しながら両足を上げる動作は腰に過度な負担がかかる恐れがあり、また背もたれを使用しながら片足を上げる動作は負荷が大幅に小さくなるため望ましくない姿勢として判定する。

#### 4.1.4. 情報提示部


情報提示部では、データ分析部で決定したユーザの状態をもとに運動の提案やフィードバックを送信する。Slack を介して送信された情報は、PC 画面へのプッシュ通知や Slack アプリ上で表示することが可能である。本システムは、運動の提案と運動実施後のフィードバックの 2 種類を実施し、プッシュ通知、イメージ図、実施方法、効果がある部位、目標という 5 つの運動提案要素と、プッシュ通知、グラフという 2 つのフィードバック要素をユーザへの提示情報として採用した。

運動の提案は、まず図 3 左にあるようなメッセージが PC へのプッシュ通知として発出され、利用者が通知を選択すると同図右にあるような、膝引き上げ腹筋運動のイメージ図や実施方法、効果のある部位に加えてモチベーション維持のために目標を記載した説明書が表示される。1 日のながら運動の実施目安は 30 分 [5] であるため、1 日の活動時間を 18 時間とすると、今回の評価実験の作業時間 (30 分) 当たりのながら運動の実施時間は 50 秒になる。したがって、目標時間を「8 秒キープ×6 セット」と定めた。運動実施後のフィードバックは、図 4 左のメッセージが PC へのプッシュ通知として発出される。通知を選択すると同図右にあるような、膝引き上げ腹筋運動の各部位別の実施回数と運動の実施時間を示すグラフ画像が表示される。この結果を用いることで、実施した運動の内容や目標時間との差を提示することが可能になる。また、最新のデータが格納された位置に印をつけることで、今回の運動がどの位置に示されているのかが一目で分かるようになっている。

**ながら運動**

デスクワークの間に  
ながら運動を行いましょう！

**イメージ図**



背もたれに寄り掛からないように  
行いましょう！

**実施方法**

1. 椅子に浅く座り、椅子とデスクの間を少しあげ、両足を揃える。
2. 背中をやや丸めて、あごを引き、お腹に力を込め、両足を胸のほうへ引き寄せ。

※両足を引き上げるのがきつい場合は、片足で行ってもOK

**デスクワーク中にひざ引き上げ腹筋**

【効果がある部位】  
お腹・腰前部

腹筋の中でも特に下部に効く運動です。腹筋と同時に腰を曲げる筋肉（大腰筋）にも刺激を与えるので、姿勢改善、肩こり、ヒップアップ、腰痛防止効果もあります。

**目標**

8秒キープ×6セット  
行えるように  
しましょう！

図 3: ユーザへの提案情報  
(左: プッシュ通知内容 右: 提案内容)

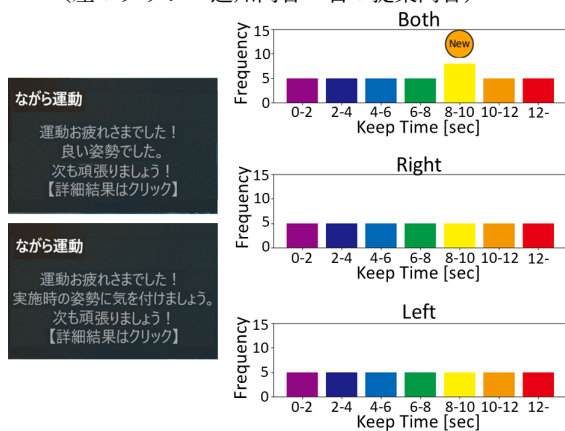


図 4: ユーザへのフィードバック情報  
(左: プッシュ通知内容 右: フィードバック内容)

## 5. 評価実験

本章では、デスクワーク中の実施に適し、なおかつ運動の継続が可能となる提案方法の調査を目的とした評価実験とその考察について述べる。

### 5.1. 方法

評価実験は20代の11名(男性:7名, 女性:4名)を対象に行った。デスクワークの内容は動画視聴を採用した。これは、文章入力、動画視聴、発表の三つのタスクで予備実験を行い、動画視聴が最も運動実施回数が多かったためである。適切な提案方法の調査は以下の4種類の方法について、30分ずつ動画を視聴しながら被験者の好きなタイミングで運動を実施してもらった。

1. 紙の説明書(図3右)のみ提示(システム不使用)
2. システム開始時だけ送信
3. 着席状態へ移行時に常時送信
4. 着席状態へ移行時にランダムで送信

第2項は、システムの開始直後のみ提案メッセージを送信する方法である。なお、システムの開始は被験者が作業を開始した直後を想定している。第3項は、着席状態へ移行した場合に毎回提案メッセージを送信する方法である。第4項は、着席状態へ移行した場合にランダム(確率1/2)に提案メッセージを送信する方法である。第2項から第4項では運動実施後にフィードバックを送信する。全提案方法の体験後、運動の実施

しやすさと再度実施しようと思えたかについて、5段階で被験者にアンケートを行った。また、システムから発せられる運動の提案と実施時のフィードバックについて、内容の明瞭性と必要性についても同様に5段階で回答してもらった。

### 5.2. 結果

各提案方法の実施しやすさと再度実施しようと思えたかについての評価結果を表1に示す。数値は大きいほど良い評価を表している。各提案内容の明瞭性と必要性の評価結果を表2に、フィードバック内容の評価結果を表3に示す。

表 1: 提案方法の評価結果(5段階)

	紙面	開始	常時	ランダム
実施しやすさ	2.9	3.5	3.0	4.0
また実施しようと思えたか	2.1	3.1	2.5	3.8

表 2: 提案内容の評価結果(5段階)

	プッシュ通知	イメージ図	実施方法	効果がある部位	目標
明瞭性	3.8	4.6	4.0	3.9	4.8
必要性	4.5	3.9	3.5	3.4	4.0

表 3: フィードバック内容の評価結果(5段階)

	プッシュ通知	グラフ
明瞭性	3.3	4.0
必要性	4.1	4.2

### 5.3. 考察

表1から、着席状態へ移行時にランダムに提案メッセージを送信する方法が、実施のしやすさと継続意欲の点から最も好まれたことが分かる。これはシステム開始時だけ送信する方法や着席状態へ移行時に常時送信する方法に比べて通知量が適切であったためと考えられる。また紙面による提案方法の場合は、運動実施が自らの意志の強さに依存しているため、低評価となったと考えられる。

また本実験で採用した5つの運動提案要素(プッシュ通知、イメージ図、実施方法、効果がある部位、目標)のうち、目標の提示が最も重要であると評価されていることが表2から分かる。プッシュ通知については必要性については評価が高かったが、明瞭性の評価が他の要素と比べて低いことが読み取れる。これより、プッシュ通知は運動実施のリマインダーの役割を果たしているが、通知内容は運動種目を端的に示す等、検討の必要があるといえる。また、実施方法や効果がある部位については必要性の評価が低かった。これらの要素は文字数が他の項目に比べて多く、またイメージ図等で代用可能であったため、評価が低くなったと考えられる。それに加え、被験者から提案の通知タイミングに関して「タスクへの集中が途切れたタイミングに通知してほしい」という回答や「運動終了後一定時間が経過したら通知してほしい」という回答が多数得られた。これより集中力を欠いている時にながら運動の通知を行うことによって、タスクへの集中とながら運動



加速度センサはPCまたはRP3とBluetooth接続し、データを送信する。送信されたデータを使用して特徴量を計算し、体勢、主作業部位、環境情報から適切な運動種目をデータベースから選択しユーザに推薦する。

環境情報は椅子デバイスに設置した圧力センサの値によって使用状況を得ることができる。また、人感センサを設置することによってユーザの場所情報を得ることが可能になる。それに加え、IoT家電のような様々なセンサが搭載されている器具と連携することで、その家電の使用状況や設置場所等の情報を得ることができ、ユーザの作業内容を詳細に特定することも可能になる [14]。このようにシステムと連携する道具やセンサは拡張可能であり、環境情報を充実させることで、より高い精度でながら運動の提案を実施することが可能になる。

運動種目データベースは、ユーザへの提示情報である「運動種目名」、「実施方法」、「効果がある部位」に加え、システムが運動種目を決定を行う際に必要な「体勢」、「実施シチュエーション」を記録し、ながら運動種目が多数掲載されている書籍 [5] を参考にして作成する。このデータベースも環境情報と同様に、ながら運動種目の情報を充実させることで、よりユーザの作業内容に適したながら運動種目の情報を提示することが可能になる。

## 7. 結論

本稿では、ながら運動を促進するためのシステムを提案した。ケーススタディとして、デスクワーク時に実施可能なながら運動を促進するためのシステムを用いて、ながら運動の継続を可能とする提案方法を調査した。評価実験の結果、ユーザが緊急性の低い作業を行っている際にながら運動の提案を行うこと、適切な通知量とタイミングを考慮すること、図表を活用した端的な内容の提案とフィードバックを実現することが、ながら運動促進に有効であると判明した。実験から得られた知見より、ながら運動促進のための基盤システムを改良し、さらにユーザがデスクワーク以外の作業種目を実施している場合でも適切なながら運動種目を提案する機能構成を示した。

今後は、作業内容に適したながら運動種目を提案する機能を実装し、評価実験を行った結果から、ながら運動促進システムの構成をスパイラル状に洗練させていく。また、様々なながら運動種目に対するフィードバックを適切に行うための認識方法と、システム全体の認識精度を向上させるための手法についても検討する。

## 参考文献

- [1] Regina Guthold, Gretchen A. Stevens, Leanne M. Riley, and Fiona C. Bull. Worldwide trends in insufficient physical activity from 2001 to 2016: a pooled analysis of 358 population-based surveys with 1.9 million participants. *The Lancet Global Health*, Vol. 6, No. 10, pp. e1077–e1086, 2018.
- [2] Nicola. A. Maffioletti, Gilles. Cometti, Ioannis. G. Amiridis, Alain. Martin, Michael L. Pousson, and Jean-Claude. Chatard. The effects of electromyostimulation training and basketball practice on muscle strength and jumping ability. *International Journal of Sports Medicine*, Vol. 21, No. 6, pp. 437–443, 2000.
- [3] 一般社団法人日本ホームヘルス機器協会. 家庭用 ems 機器の安全性に関する自主基準. [https://www.hapi.or.jp/documentation/information/ems\\_20201009r.pdf](https://www.hapi.or.jp/documentation/information/ems_20201009r.pdf) (2021-06-17 閲覧) .
- [4] スポーツ庁. 令和元年度「スポーツの実施状況等に関する世論調査」の概要. [https://www.mext.go.jp/sports/content/20200225-spt\\_kensport01-000005136-1.pdf](https://www.mext.go.jp/sports/content/20200225-spt_kensport01-000005136-1.pdf) (2021-06-17 閲覧) .
- [5] 長野茂. 忙しいあなたの運動不足を解消！1分間ながら運動ダイエット. PHP 研究所, 2003.
- [6] Sunny Consolvo, Predrag Klasnja, David W. McDonald, Daniel Avrahami, Jon Froehlich, Louis Legrand, Ryan Libby, Keith Mosher, and James A. Landay. Flowers or a robot army?: Encouraging awareness & activity with personal, mobile displays. In *UbiComp 2008 - Proceedings of the 10th International Conference on Ubiquitous Computing*, pp. 54–63, 2008.
- [7] Predrag Klasnja, Sunny Consolvo, David W. McDonald, James A. Landay, and Wanda Pratt. Using mobile & personal sensing technologies to support health behavior change in everyday life: lessons learned. *AMIA 2009 Symposium Proceedings*, pp. 338–342, 2009.
- [8] Erin Griffiths, T. Scott Saponas, and A. J. Bernheim Brush. Health chair: implicitly sensing heart and respiratory rate. In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing - UbiComp '14 Adjunct*, pp. 661–671, 2014.
- [9] Hong Z. Tan, Lynne A. Slivovsky, and Alex Pentland. A sensing chair using pressure distribution sensors. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, Vol. 6, No. 3, pp. 261–268, 2001.
- [10] Jongryun Roh, Hyeong-jun Park, Kwang Lee, Joonho Hyeong, Sayup Kim, and Boreom Lee. Sitting Posture Monitoring System Based on a Low-Cost Load Cell Using Machine Learning. *Sensors*, Vol. 18, No. 2, p. 208, 2018.
- [11] Xipei Ren, Bin Yu, Yuan Lu, Yu Chen, and Pearl Pu. HealthSit: Designing Posture-Based Interaction to Promote Exercise during Fitness Breaks. *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol. 35, No. 10, pp. 870–885, 2019.
- [12] Yusuke Shimizu, Ayumi Ohnishi, Tsutomu Terada, and Masahiko Tsukamoto. DeskWalk: An Exercise System by Replacing Key Inputs with Body Movements. In *Proceedings of the 18th International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia*, pp. 202–209, 2020.
- [13] Kaori Fujinami and Satoshi Kouchi. Recognizing a mobile phone's storing position as a context of a device and a user. In *Proceedings of the 2012 International Conference on Mobile and Ubiquitous Systems: Computing, Networking, and Services (MobiQ-uitous'12)*, pp. 76–88, 2012.
- [14] 藤波香織, 中島達夫. 知的人工物を用いた知的空間構築のための情報管理基盤. 情報処理学会論文誌: コンピューティングシステム (ACS), Vol. 47, No. SIG12 (ACS15), pp. 399–410, September 2006.