

# オフィスワーカー向けヘルスケアおよびシステム高信頼化の研究

[研究代表者] 中條直也 (情報科学部情報科学科)  
 [共同研究者] 内藤克浩 (情報科学部情報科学科)  
 梶 克彦 (情報科学部情報科学科)  
 伊藤信行 (三菱電機エンジニアリング(株))

## 研究成果の概要

科学技術の発達により快適な生活を送れるようになった反面、デスクワークを中心とする業務形態の増加により運動量が減少している。運動不足は肥満や代謝機能の低下といったいわゆるメタボリックシンドロームを招き、健康を損ねることにつながる。社会的にも生産性の低下や医療費増大の原因となりうることから、運動不足の解消は重要な課題とされている。2013年に改訂された厚生労働省から示された健康づくりのための運動指針でも、健康づくりのために運動実施の意識や態度を向上させることが必要とされている。このため、オフィスワーカーの健康のための運動支援システムの開発が求められている。

3年計画の2年目にあたる本年度の研究では、(1) スマートフォン (以下 スマホ) とエルゴメータを用いたヘルスケア向けデータ管理システム、(2) 省電力マイコンを使用した社員証型センサ、(3) オフィス圏内の行動データ収集の高精度化、これら3つを取り上げた。

研究成果についてテーマごとに述べる。(1) エルゴメータで計測した運動データを、QRコード認証と暗号化したBLE通信によってスマホ側で正しく取得できることを確認した。また、運動の中断、通信の切断、停電によるシステム停止などの場合でも、個人の運動データの漏洩を防ぐ仕組みを設計した。(2) 省電力性に優れたARMマイコンを用い、加速度センサに加えて気圧センサを搭載したRFID型社員証型センサの開発を行った。運動データを平均235msという短時間で無線送信できることを確認した。(3) 加速度とWi-Fi情報を併用することで部屋間移動を高精度に推定ができることが分かった。また信頼度の高い区間の選択により屋内歩行軌跡推定の精度を28.7%向上できた。複数人の屋内歩行軌跡を統合するための共通部分の推定では、SVMによる機械学習によって81%の高い推定結果を得た。

**研究分野：** 組込みシステム、無線ネットワーク、センシングシステム

**キーワード：** オフィスワーカー、ヘルスケア、エルゴメータ、スマホ、社員証型センサ、行動推定

## 1. 研究背景

勤労者の多数を占めるオフィスワーカーは運動不足であり、定期的な運動による健康増進が望ましいといわれている。これを改善するため各種の運動促進の取り組みがなされている。しかし、運動効果の計測のためには医療施設などで計測を行って効果を確認する必要がある。

一方、MEMS技術の発展により小型センサが利用可能となってきた。これらのウェアラブルなデバイスを身につけることで、運動時の加速度、角加速度、気圧変化などの

物理データを計測できる。これによってオフィスワーカーの歩行や階段昇降による運動などを継続的に計測できる。それらに加えて心拍数などの生理的なデータもスマートウォッチなどのデバイスで計測できるようになっている。

## 2. 研究の目的

本研究では、オフィスワーカーのヘルスケアシステムについて研究を行う。ここでは、オフィスワーカー向けの健康増進のために、図1に示すようなサイクルモデルを想定す

る。

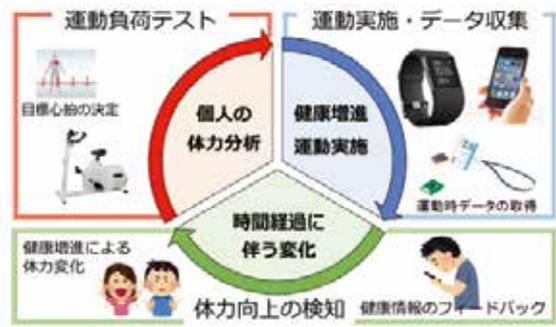


図 1: 健康増進サイクルモデル

最初に個人の体力分析を行って運動量や運動時心拍などの目標を設定する。次にトレーニングや普段の勤務時の運動量などを運動機器や、社員証に一体化されたウェアラブルなセンサなどを用いて計測する。そして時間経過に伴う体力向上を自分のスマホなどで評価する。このサイクルを繰り返すことでオフィスワークの健康増進を目指す。

### 3. 研究の方法

本年度に実施した 3 つの研究内容について述べる。

#### (1) スマホとエルゴメータの連携システム

エルゴメータなどの運動機器とスマートフォンの連携による運動データの管理システムを開発する。

図 2 に示すような運動器具を提供する施設にとって個人データ管理は負担である。データ管理負担が少なく、利用者にとって扱いやすいシステムとする。そのために運動データの漏洩を防ぐ仕組みを検討し、通信トラブル時でもデータが漏洩しないことを検証する。また、運動時データから統計的な正常モデルを作成し、それに基づいた監視によりシステムやユーザの異常を検出できるようにする。



図 2: スマホを利用したデータ管理システム

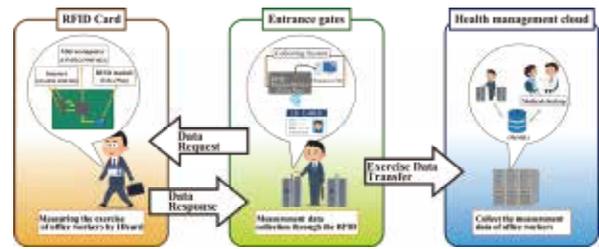


図 3: 社員証型センサを用いた運動量計測

#### (2) 省電力マイコンを使用した社員証型センサ

多くの企業で出勤の管理に使われている社員証に、社内での勤務時の運動量を計測する機能を実装することを提案している。図 3 に示すように従業員が持ち歩く社員証で、継続的な運動量計測を行い、運動量データを出退勤のゲート通過時に収集する。このセンサによりオフィス内や通勤時の歩行や階段昇降による運動量を計測することができるようにする。

本年度は、長時間動作を目的とした省電力 ARM 型マイコンを使用して、加速度センサと気圧センサを搭載した社員証型センサを開発する。

#### (3) オフィス圏内の行動データ収集

健康的なオフィスや運動促進に生かすため、オフィスワークの実際の歩行軌跡を推定することは必要である。そのために建物内の歩行センシングデータの収集と、そこから推定される 3 次元歩行軌跡の統合を行う。

本年度は、Wi-Fi と加速度データによる部屋間移動の抽出、複数の同一歩行軌跡の統合による屋内歩行軌跡推定の高精度化、複数の歩行軌跡の統合を目的とした安定歩行区間の対応関係の推定 (図 4 参照) を行う。

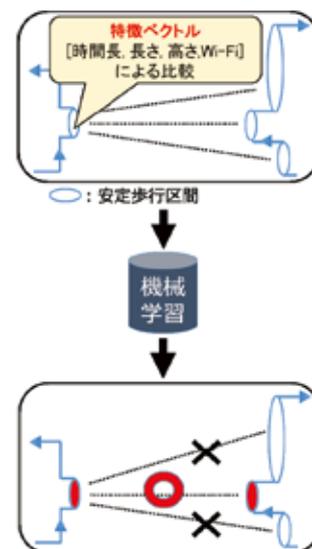


図 4: 安定歩行区間の対応関係の推定

#### 4. 研究成果

本年度の研究成果について 3 項目のそれぞれについて述べる。

##### (1) スマホとエルゴメータの連携によるヘルスケア向けデータ管理システム

図 5 に示すようなスマホアプリを開発した。QR コードによる認証によって、エルゴメータとスマホの間で BLE 通信を行う。通信データは暗号化されるため、他者に傍受されてもデータが漏洩することはない。エルゴメータの運動データをスマホ側で正しく受信して表示できることを確認した。



図 5: 開発したスマホアプリの画面表示

また、通信障害、離席による運動中断、停電などによるシステム停止の場合でも、個人の運動データが漏洩しないことを、設計仕様に基づく状態遷移シミュレーションを行って検証した。

さらにシステム高信頼化のための正常時の運動モデルの作成を試みた。トレッドミルを用いた運動実験ではインターバルを挟んだ 10 分の歩行を 3 度行って 1 回の運動とし、心拍数をスマートウォッチで計測し、17 回分の心拍データから正常時の運動モデルを作成した。

日常的と異なる条件として両足に 2Kg の重りをつけて運動実験を行ってみた。この場合の心拍データの計測結果から、正常モデルからの逸脱を外れ値として検出できる可能性があることが分かった。

##### (2) 省電力マイコンを使用した社員証型センサの実装と評価

図 6 に示す社員証型センサのプロトタイプを開発した。省電力型の ARM マイコンを使用し、加速度センサに加えて気圧センサを搭載した RFID 型社員証型センサの開発を行った。

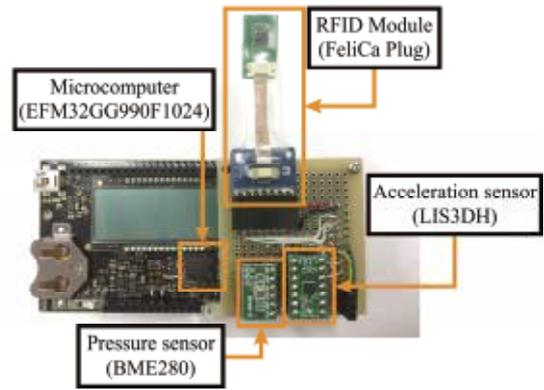


図 6: 省電力マイコンを実装した社員証型センサ

運動データなどをサーバに無線送信できることを実験により確認した。この際平均 235ms で運動データを送信できることが分かった。ID カードを用いてゲートを通す際には、1 秒程度の時間が必要であると言われており、このゲート通過の時間内で運動データの通信が送信可能であることが分かった。

##### (3) オフィス圏内の行動データ収集の高精度化

加速度と Wi-Fi 情報を併用した部屋間移動の推定実験を行った結果、17 回の部屋間移動に関して誤判定は 0 であった。また推定による平均時間誤差は 11.8 秒（誤差許容時間：12 秒）で許容範囲であった。

屋内歩行軌跡の推定の高精度化に関しては、安定歩行区間から信頼度の高い経路を選択することで 28.7% の精度向上が得られた。また平均を用いた歩行軌跡の修正を行うとさらに 4.1% の精度向上ができる。

安定歩行区間を用いた共通部分推定では、SVM を用いた機械学習を行い、クロスバリデーションによる評価を行った。その結果、適合率、再現率、F 値がともに 0.81 という評価値が得られた。表 1 に示す推定結果では、対応関係のない区間を、対応関係ありと判断する場合が 9433 区間であった。これについては隣接しているが対応関係のないデータを誤って判断するためであることが分かっている。時系列情報を用いることなどでこの誤りを改良できると考える。

表 1: 安定歩行区間の対応関係推定結果

		推定結果	
		対応関係あり	対応関係なし
正解	対応関係あり	49691	15254
	対応関係なし	9433	55512

## 5. 本研究に関する発表

- (1) 川上勇剛, 伊藤信行, 梶 克彦, 内藤克浩, 水野忠則, 中條直也: スマホとエルゴメータを用いたヘルスケア向けデータ管理方法の検討, 情報処理学会第 80 回全国大会 3V-1(2018. 3). (学生奨励賞)
- (2) 四ツ谷 昂亮, 伊藤 信行, 内藤 克浩, 中條直也, 水野忠則, 梶克彦: 複数の同一経路歩行軌跡を用いた推定歩行軌跡の高精度化に関する検討, 情報処理学会第 80 回全国大会 6S-05(2018. 3).
- (3) 杉本壮, 伊藤信行, 内藤克浩, 中條直也, 水野忠則, 梶克彦, 屋内歩行軌跡統合のための共通部分推定, 情報処理学会研究報告, 2018-MBL-86(38), pp1-7, (2018. 2).
- (4) Toshifumi Watanabe, Mizuki Murase, Katsuhiko Naito, Nobuyuki Ito, Katsuhiko Kaji, Naoya Chujo and Tadanori Mizuno : Prototype implementation of RFID based health management system with low-power ARM microcomputer, The 15th Annual IEEE Consumer Communications & Networking Conference, (2018. 1).
- (5) 堀雅年, 伊藤信行, 梶克彦, 内藤克浩, 水野忠則, 中條直也: STAMP/STPA を用いた自動運転システムのリスク分析 – 高速道路での合流 –, 第 2 回 STAMP ワークショップ in Japan, STAMP 一般講演セッション B(8) (2017. 12).
- (6) 中島唯博, 四ツ谷昂亮, 杉本壮, 伊藤信行, 内藤克浩, 中條直也, 水野忠則, 梶克彦, オフィス圏内行動データと部屋間移動部分の抽出, WiNF2017(第 15 回情報学ワークショップ) (2017. 12).
- (7) 杉本壮, 内藤克浩, 中條直也, 水野忠則, 梶克彦, 屋内歩行軌跡統合のための共通部分推定の基礎検討, WiNF2017(第 15 回情報学ワークショップ) (2017. 12).
- (8) 麻生 祐輝, 四ツ谷 昂亮, 伊藤 信行, 内藤 克浩, 中條直也, 水野 忠則, 梶 克彦, グループ内貢献心とグループ間競争心を刺激するヘルスケア促進システム, 情報処理学会研究報告, 2017-MBL-85(4), pp1-6, (2017. 12). (Work in Progress 奨励発表賞)
- (9) Kosuke Yotsuya, Haruka Iwase, Nobuyuki Ito, Katsuhiko Naito, Naoya Chujo, Tadanori Mizuno and Katsuhiko Kaji: Detection of Half-turn Stairs from Walking Trajectories Estimated by Pedestrian Dead Reckoning, International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU), pp.61-62, (2017.10).
- (10) Shogo Shimizu, Nobuyuki Ito, Katsuhiko Naito, Naoya Chujo, Tadanori Mizuno and Katsuhiko Kaji: Pedestrian Direction Estimation for Each Step Using Plane Component of Accelerometer, International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2017), Poster and Demo, (2017. 10).
- (11) 小林良輔, 川上勇剛, 伊藤信行, 梶克彦, 内藤克浩, 水野忠則, 中條直也: エルゴメータとスマホの連携による健康管理システムの基礎検討, 平成 29 年度 電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会 B4-1 (2017. 9).
- (12) 清水祥吾, 伊藤信行, 内藤克浩, 中條直也, 水野忠則, 梶克彦: 加速度平面成分を用いた 1 歩ごとの進行方向推定, DICOM2017 シンポジウム pp. 38- 43(2017. 6). (優秀プレゼンテーション賞)