

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 31 日現在

機関番号：17401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011

課題番号：22650019

研究課題名（和文） 行動認識センサを用いた体調推定自動化に関する研究

研究課題名（英文） A study of physical condition inference methods with action recognition sensors

研究代表者

有次 正義 (ARITSUGI MASAYOSHI)

熊本大学・大学院自然科学研究科・教授

研究者番号：40282412

研究成果の概要（和文）：人がある程度の強度の運動を行い、その運動前後での加速度センサのデータの差をよく表す特徴量を抽出した。人に加速度センサを装着して歩行してもらい、運動前後の加速度データの差を疲れの度合いとみなして、疲れをよく表現できる特徴量を特定した。具体的には、両足首の上下方向の加速度データからわかる、歩行周期時間や踵接地間隔比率などが疲労度合いの推定に役立つことが分かった。また、行動の切替り時刻の効率的な推定手法も開発した。

研究成果の概要（英文）：We measured acceleration of gaits and clarified features that tend to represent fatigue of subjects. We did experiments in which subjects run ergometer exercises and their acceleration of gaits was measured with accelerometers, and investigated the data obtained. We confirmed that such features as gait cycle and peak acceleration of heel contact tend to represent fatigue. We also developed a method to recognize switching points of activities efficiently.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	0	1,300,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,400,000	330,000	2,730,000

研究分野：データ工学

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：モバイルシステム・疲労推定・加速度センサ・特徴量

1. 研究開始当初の背景

さまざまなセンサを用いて人の行動認識を行う研究が盛んである。これらの研究では、人の状況を、人が装着あるいは携帯するセンサや随所に偏在するセンサを用いて推定し、推定結果から人にふさわしいサービスを選択・提供することを目的とする。

一方で、人の体調や気分を対象とする研究では、医学分野やバイオ情報学分野において

脳波をセンシング対象とするものがある。これらの研究では、装置の規模や外乱の排除などの理由で実験室や検査室での計測が一般的である。また、電極を頭部に装着するなどの必要があり、人の負担を抑えつつ日常的なセンシングによる研究とはなっていない。つまり、人の負担を抑えつつ日常的に体調や気分をセンシングする状況にない。

近年、疲労を自覚できないまま日常生活を

過ごし、深刻な影響や事故が起きてから過度の疲労状態にあったと気づいたり診断されたりする人が増えている。体にはストレスに抵抗する機能が備わっており、体が疲れていても、仕事にやりがいがあったり、責任感が強かったりすると、疲れが吹き飛んだり、疲労を感じなかったりする。このような場合、周囲の人間から見て明らかに疲れていても、本人には自覚症状がない場合が多い。気づかずに疲れがたまってしまうと、慢性疲労症候群やうつ病などの精神疾患の要因にもなる。このような問題を解決するためには、日常生活での疲労度を把握することが重要となる。

たまった疲労は軽度なうちは睡眠などの休息や好きなことを楽しむなどで回復が望めるため、早期の段階で疲労を自覚して疲労を解消することが望ましい。しかし疲労を自覚していない人ほど、休むことに罪悪感を覚えたり、まだまだ働けるなど無理をしたりしてしまいがちである。定期検診やカウンセリングで自己の体調を知ることはできるが、時間と手間がかかり、また頻繁に検査を受けることは難しい。

また、コンテキストを推定する技術に関して、従来は学習を使った研究が盛んであるが、一般的に学習のための質の高いデータを準備すること自体が難しい。そのため、学習によらないコンテキストアウェア技術の開発が求められている。

2. 研究の目的

人の日常行動をセンシングすることで、人の体調や気分の推定を試みる。

人の手間や負担が少ない方法で日常生活を送りながら疲労の度合いを推定することを検討する。つまり、日常生活での人の疲労度を客観的に評価する技術を開発する。

人は日常生活の中で歩行や自転車運転などの動的な状態を取ることが多い。このことから、動的な場面における疲労度の指標化は重要である。そこで本研究では、日常生活での疲労推定のために、歩行動作を加速度計で計測し、どのような特徴量が疲労度合いの推定に有用化を明らかにする。

また、学習によらず行動の切替り部分を推定する技術の開発を目指す。

3. 研究の方法

歩行とは、利き足と軸足が交互に動いて体の重心を前へと移動させる周期的な動作である。本研究では、人の日常行動としてこの歩行動作を取り上げる。

まず、疲労が人の身体動作に及ぼす影響についてのこれまでの研究について検討する。それによって、疲労が歩行動作に及ぼす影響

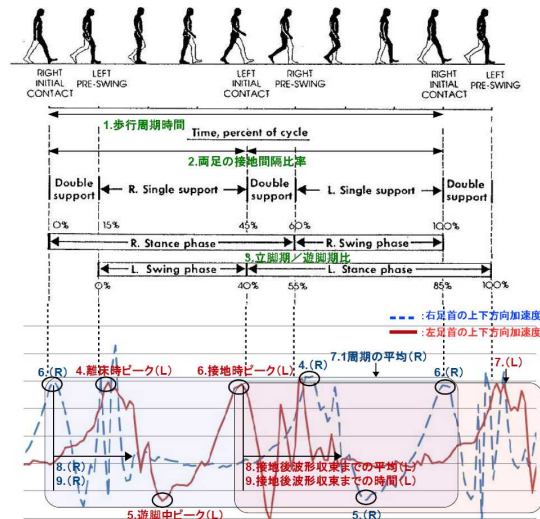


図1 1歩行周期の加速度波形と特徴量の対応 (Rose & Gamble: Human Walking, Lippincott Williams & Wilkins, p.26 (1981) を一部改編)

に関して、仮説を立てる。仮説は、1. 歩行動作が緩慢になる、2. 歩行時の運動量が落ちる、3. 遊脚動作を抑えようとする、4. バランス低下により、歩行の統制がとれなくなる、及び5. バランス低下により、左右のバランスが悪くなる、の5つである。

この仮説に基づいて、疲労の影響が強くと考えられる特徴量を歩行時の加速度波形から解析することを考える。

歩行のはじめにまず踵接地時に上下方向に激しい衝撃加速度が生じる。その次に地面に接している期間である支持期がしばらく続き、生じた衝撃加速度は収束する。その後、遊脚動作に移る直前に足が、まず踵から地面から離れていき、小さな山状の加速度波形が発生する。その後地面からつま先が離れることで支持期が終わり、足を前に降り出す遊脚動作期間に移る。加速から足を最大の高さまで持ち上げて谷状の加速度波形が生じた後、地面に再び接するまでに減速期間を迎え、加速度波形は収束する。その後地面に接した際に衝撃加速度が発生し、以降この繰り返しが歩行周期となる(図1)。

この歩行動作に基づき、疲労の影響が強くと考えられる以下の特徴量を求める。特徴量は、1. 歩行周期時間[ms] (平均, 標準偏差), 2. 両足の接地間隔比率 (平均, 標準偏差), 3. 立脚期/遊脚期比率 (平均, 標準偏差), 4. 離床時ピーク加速度[mG] (平均, 標準偏差, 左右差), 5. 遊脚中ピーク加速度[mG] (平均, 標準偏差, 左右差), 6. 接地時ピーク加速度[mG] (平均, 標準偏差, 左右差), 7. 1周期の平均加速度[mG] (平均, 標準偏差, 左右差), 8. 接地後波形収束までの平均加速度[mG] (平均, 標準偏差, 左右差), 9. 接地後波形収束までの収束時間[ms] (平均, 標準

偏差, 左右差) などである。

これを, 被験者を募り, 疲労前後の歩行データとして, 運動前, 1 回目の連続 1 時間の運動後, 2 回目の連続 1 時間の運動後のデータを収集し, 解析する. 各被験者に対して, 連続 1 時間の運動後のそれぞれで, 歩行時加速データと VAS (Visual Analogue Scale) による自覚的疲労感を記録した. 与える運動負荷としてエルゴメータを用い, 心拍が 120~140[bpm]となるような負荷の設定と回転数を維持するように指示した (図 2). 加速度センサは両足首に装着し, 歩行の仕方を規定しないで屋外の直線歩行路約 100m を自由歩行してもらった. 歩行のはじめと終わりでの加速, 減速の影響を排除するために, 歩行が定常化すると考えられる歩行開始の 20 秒から連続する 30 歩行周期分を解析の対象とした. 加速度センサは足首のほかに, 両膝上, 両太腿, 両手首, 両肘上, 後腰, 第 3 腰椎部にも装着して歩行加速度データを収集したが, 地面から離れている箇所ほど加速度の大きさや変化が小さいため, 地面から最も近い装着個所である足首の加速度波形を解析の対象とした (図 3).



図 2 運動負荷課題として与えられたエルゴメータ装置

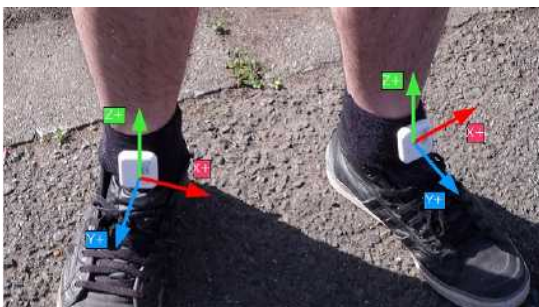


図 3 加速度センサの装着位置及び対応する加速度方向

さらに, 歩行という行為に対して身長や体重, 履いている靴の違いなどによる個人差が, データの解析に影響している可能性があるため, 被験者間の差を排除した実験を行った. 具体的には, 同一の被験者において繰返し疲労時における歩行データの収集を行い, その分析を行った. 疲労前後と休憩後の歩行データを繰返し収集した. 運動前, 1 回目の連続 1 時間の運動後, 2 回目の連続 30 分間の運動後, 及び 30 分の休憩後のそれぞれで, 歩行時加速度データと VAS による自覚的疲労感を記録した. 運動については前述と同様である. 加速度センサは両足首に装着し, 歩行の仕方を規定しないで屋内の直線状の廊下約 35m を自由歩行してもらった. なお, 靴の違いによる歩き方の変化の可能性を排除するために裸足で実験を行った.

学習によらない行動の切り替り部分の推定では, 加速度データの時系列的な性質を考慮し, DTW (Dynamic Time Warping) 法を用いてデータを操作することとした. 実験においては, 行動の種類を, 立つ, 歩く, 走る, ジャンプ, スクワット, スキップの 6 種類とした.

4. 研究成果

収集したデータから, 各特徴量を独立したデータとしてみた時の疲れの度合いを比較的良く表現できる特徴量の特定を試みた. 結果として, 歩行周期時間や踵接地間隔比率, 踵接地時のピーク値, 1 歩行周期の平均加速度, 接地後波形収束までの平均加速度の 5 つの特徴量の平均と標準偏差で仮説に沿う結果が得られ, 運動による疲労の影響を確認した. これにより, 歩行動作を加速度センサで捉え, 加速度のどのような特徴量が疲労度合の推定に有用かを明らかにした. この成果に対しては, 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム研究会優秀論文として, 第 29 回学生奨励賞が授与された.

同一の被験者における実験とその検討の結果としては, 運動前後及び休憩後での歩行速度, パワースペクトルの加速度振幅で有意差は認められなかったが, それらの変化の仕方は被験者が感じる疲労感と連動して増減する傾向が確認できた. また被験者が最も疲労を自覚した運動時にそれらの値は減少し, 休憩後に再び増加する傾向が確認できた. 実験の結果より, 歩行時の足首の上下方向の加速度データから疲労度合を推定しうることが示された.

行動の種別を事前学習することなく, 行動の切り替り時刻を推定する手法については, まず, 加速度センサから取得したシーケンスデータの断片ごとに DTW 法を適用してシーケンスデータ中の行動の類似度を DTW 距離として

算出し、DTW 距離の特徴量行列を作成する。特徴量行列から行動の変化点を検出するために、シグマチューブと呼ぶ閾値を設定し、それを用いて行動の変化点を求め、変化点の出現頻度を用いて行動が切り替わる時刻を推定する手法を検討した（図4）。実験により、この手法は平均して80%程度の適合率・再現率を達成できることを示した。この手法を用いると、例えば行動認識システムと組み合わせることで、行動の認識率を向上できると期待できる。

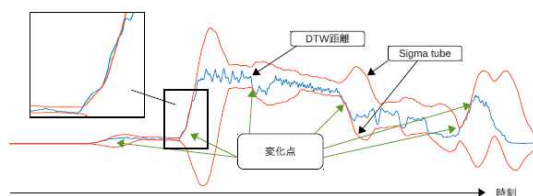


図4 DTW 距離の特徴量行列 D の一部とシグマチューブ

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計2件）

- ① 東英和, 重岡正, 糸川剛, 北須賀輝明, 有次正義, 加速度計を用いた歩行分析による疲労推定特徴量の検討, 情報処理学会研究報告, 査読無, 2011-UBI-29 巻, 27号, 2011, 1-8
- ② 重岡正, 糸川剛, 北須賀輝明, 有次正義, DTW 法を用いた行動の切替り時刻推定手法の検討, 情報処理学会研究報告, 査読無, 2011-UBI-29 巻, 28号, 2011, 1-8

6. 研究組織

(1) 研究代表者

有次 正義 (ARITSUGI MASAYOSHI)
熊本大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号：40282412

(2) 研究分担者

北須賀 輝明 (KITASUKA TERUAKI)
熊本大学・大学院自然科学研究科・准教授
研究者番号：70343331

糸川 剛 (ITOKAWA TSUYOSHI)
熊本県立技術短期大学校・情報映像技術科・講師
研究者番号：60336203
(H22→23：連携研究者)