

消極的なメンバー間でも利用できる グループ休憩自動提案システム

鈴木 寛史^{1,a)} 神場 知成^{2,b)} 村上 隆浩^{3,c)} 嵯峨 智^{4,d)} 田中 二郎^{4,e)}

概要：本研究では、ウェアラブル端末を用いることで、同一エリアで業務等を行っているグループメンバーの活動状態を把握し、状態に応じて休憩を促す通知をグループメンバーだけに対して一斉に出す、コミュニケーション支援システムについて述べる。複数のメンバーが同じスペースで業務等を行う際に、本当は疲れているが、周囲の目を気にして休憩をためらってしまうような場合が挙げられる。休憩を言い出せずに作業効率が落ちてしまうメンバーが所属するグループに対して、適切に休憩を促し、さらにコミュニケーション機会を創出するシステムを考案する。本システムを使って実際に4組のグループに対して休憩提案システムを使って作業する実験を行った。休憩前後においてメンバーの状態変化評価し、システムの有効性について検討を行った。

HIROFUMI KABURAGI^{1,a)} TOMONARI KAMBA^{2,b)} TAKAHIRO MURAKAMI^{3,c)} SATOSHI SAGA^{4,d)}
JIRO TANAKA^{4,e)}

1. はじめに

企業や研究室などで、グループによる活動や作業が盛んに行われている。しかし、グループでの活動が義務付けられている場合は、メンバー全体の疲労が蓄積して作業速度が落ちて、休憩が提案されない場合がある。

これは、他のメンバーが作業しているにも関わらず、自分一人が休憩することをメンバー全員がはばかるために生じると考える。また、個々のメンバーは自分の作業状態しか分からず、他のメンバーの作業状態は把握できないため、メンバー全員にふさわしい休憩のタイミングを判断することが難しいためであると考えられる。

加えて、グループワークにおいて、業務としてのミー

ティングだけでなく、休憩時間等におけるインフォーマルコミュニケーションも重要である。円滑な人間関係はグループ作業をスムーズにし、知識やアイデアを交換することで豊かな創作活動に繋がる。他にも、集団のパフォーマンスを向上するためには、チームビルディングとコミュニケーションによる影響が強いとも報告されている [2]。

また、ウェアラブル端末に搭載されたセンサを用いて、様々な情報を収集することが可能になってきている。収集した情報を用いたユーザの状態観測の例として、ユーザの幸福度を計測する試み [3] や、ユーザの無意識の気付きを発見することが可能との報告 [4] もある。

本研究では腕時計型ウェアラブル端末を用いる。多種多様な活動の内、グループでの作業の必要性やコミュニケーションの発生可能性を考慮して、企業や研究室におけるデスクワークを対象とする。ウェアラブル端末で計測可能な加速度の変動を活動量として計測する。計測された個々人の活動量情報を統合し、グループ全体の作業状態を判定する。作業状態からグループ全体にとって、休憩をとることが適切なタイミングを判定し、休憩を告知するシステムを開発した。これにより休憩を提案することをためらう消極性を解消すると同時に、消極的なメンバーでもグループメンバー間でコミュニケーションをとる機会を与える。このシステムを用いることで、グループメンバーの作業状態を

¹ 筑波大学 コンピュータサイエンス専攻
Department of Computer Science University of Tsukuba
² 日本電気株式会社
NEC Corporation
³ ビッグロブ株式会社
BIGLOBE Inc.
⁴ 筑波大学 システム情報系
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba
a) kaburagi@iplab.cs.tsukuba.ac.jp
b) kamba@cw.jp.nec.com
c) t-murakami@biglobe.co.jp
d) saga@cs.tsukuba.ac.jp
e) jiro@cs.tsukuba.ac.jp

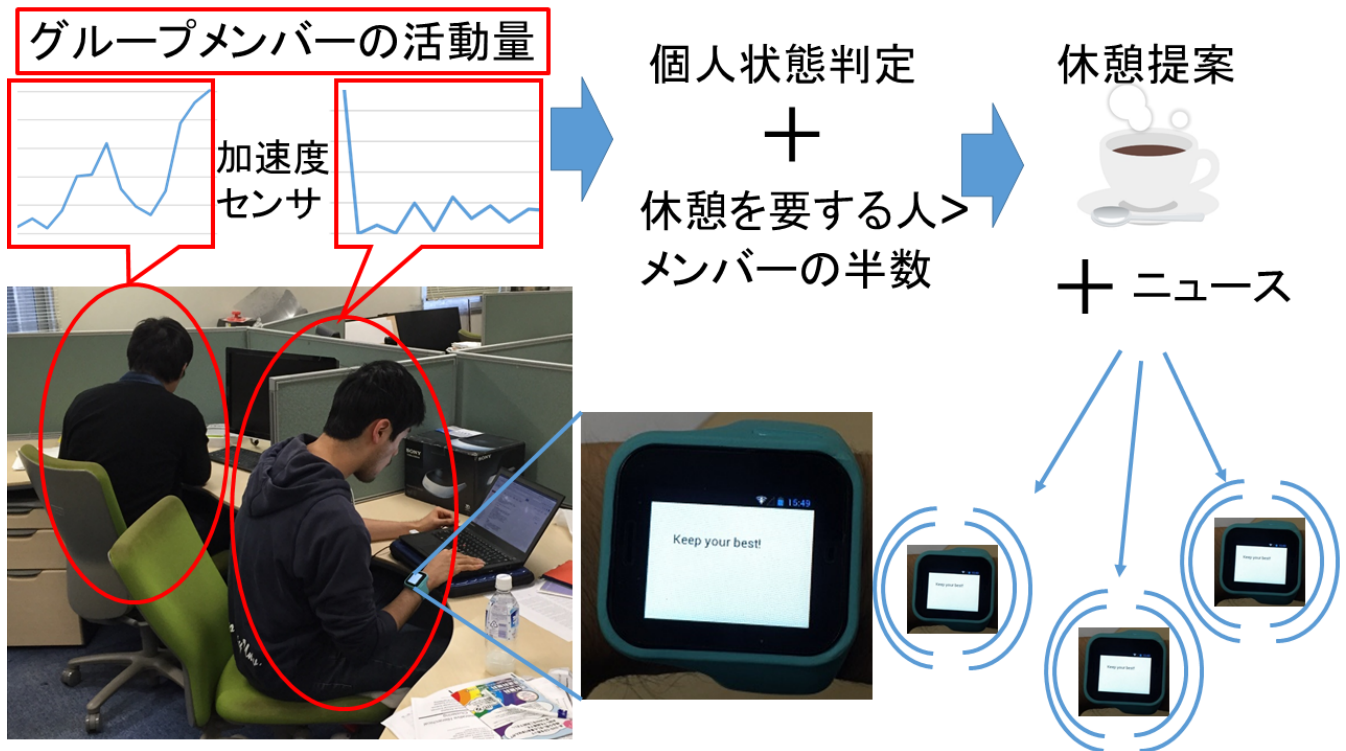


図 1 システム概要

考慮したうえで、円滑にコミュニケーションを行うと同時に、作業効率を改善することを目的とする。

2. システム概要

本システムは、グループメンバーに装着されたウェアラブル端末から得られる加速度情報を個々人の活動量としてリアルタイムにサーバへ転送し、サーバがグループ全体の作業状態を判定する。判定の結果、休憩が必要であると判断された場合はシステムがグループに対し休憩を促す。本システムにおいて、グループメンバーはウェアラブル端末を装着する(図1)。そのため、グループメンバーは全員利き腕の手首に端末を装着し、グループで作業を行う。休憩が必要であると判断されたグループメンバーにはコーヒーのアイコンや、ニュースピックを提供する画面が提示される。休憩が終わったら、再び業務中のメンバーの活動量を取得する。休憩から30分以上経過すると、以降は一分間隔で休憩が必要か否かの判定を繰り返す。

3. システム構成

3.1 概要

本システム中のソフトウェア概念図を図2に示す。グループメンバーは腕時計型ウェアラブル端末を身につけており、これらはWi-Fiによって、研究室内に設置されたサーバに接続する。端末はビッグローブ製のウェアラブル端末Cocolisを用いた。サーバは、利用者の活動状況を

データベースに蓄積するとともに、データ解析を行う。一定の条件が満たされたときにプッシュ型で利用者に通知を行う。プッシュ型の通知には、軽量プロトコルとしてMqttを用いた。Mqttはプロトコルヘッダーが小さく、軽量であるため、バッテリーの消費を抑えたモバイル向けの通信に適しているため、今回採用した。

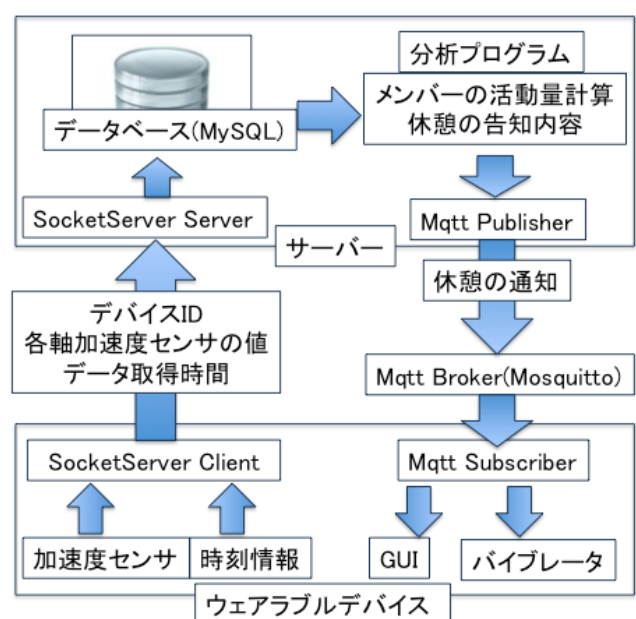


図 2 ソフトウェア概念図

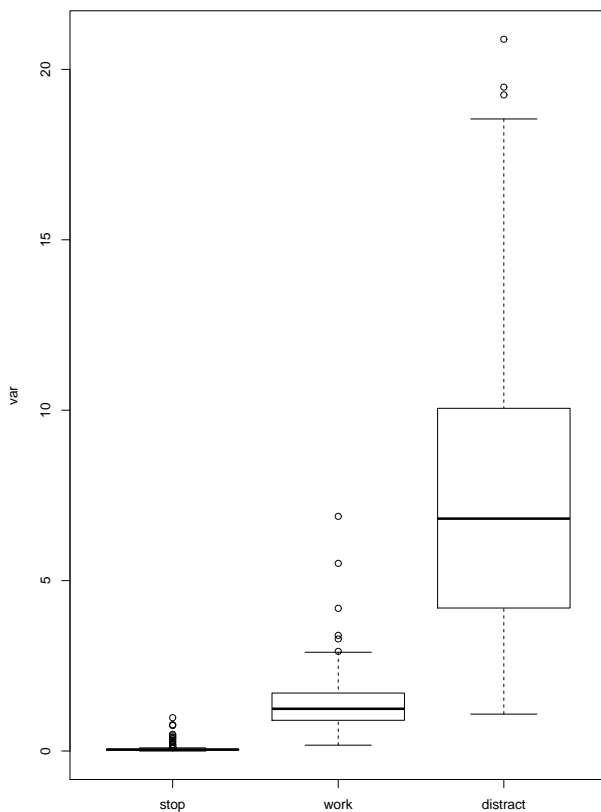


図3 予備実験のデータを3つに大別した場合の箱ひげ図

3.2 端末とサーバの通信

本研究では、端末がクライアントとして動作し、端末からサーバへとデータを送信している。サーバに送信されるデータは1秒毎に以下の5種類の値で構成され、サーバ内のデータベースに保存される。

- デバイス ID
- x 軸方向の加速度
- y 軸方向の加速度
- z 軸方向の加速度
- データ取得時間

加速度の取得は1秒毎に行う。端末は60秒ごとのWi-Fi無線通信を通じてサーバへと60秒分のデータを自動送信する。

3.3 予備実験

予備実験として、ウェアラブル端末から得られる加速度を用い、メンバーの活動量の指標となる行動が大まかに分類できるかを確かめた。実験では被験者の利き手の手首に端末を装着して、「静

止」「キーボードを打つ」「背伸びをする」など活動量の指標となる動作を行ってもらい、その際の加速度を1秒ごとに5分間記録した。表1に計測結果を示す。我々は、{停滞/作業/散漫}状態の3つの状態を主だった活動量の指標とみなし、それぞれの状態に代表的な動作として「静止」「机の上で寝る」/「キーボードを打つ」「文字を書く」/「鼻を触る」「背伸びをする」「手首をスナップする」を選択した。表1の左端は行動名を、2列目以降は5秒間の加速度の分散の最小値、中央値、平均値、最大値、標準偏差である。また、図3は予備実験データを停滞状態、作業状態、散漫状態の3つに大別した際の箱ひげ図である。表1、図3によると、停滞状態と作業中、および作業中と散漫状態では5秒間の加速度の分散値に差がみられ、加速度の分散値からメンバーの作業を停滞/作業/散漫状態の3つの主だった活動量に分類できることがわかった。

3.4 休憩判定

3.4.1 個人の休憩判定

格納されたデータを用いて、サーバ上で休憩が必要か否かの判定を行う。本研究では、グループメンバー全体の作業効率が落ちてきたシステムが判断したら、休憩提案のメッセージを送信する。そこで全体の休憩判定のため、個人の活動量から個人状態の判定を行う。個人状態は以下の3種類を用意した。

- 停滞:活動量が作業中状態より小さい
(作業が止まっている)
- 作業中:活動量は作業中であることを示す
(作業は順調である)
- 散漫:活動量が作業中状態より大きい
(疲れて作業以外の動作をしている)

図4に個人休憩判定のアルゴリズムを示す。休憩が必要かの判断は1分間の状態判定を10分間行った上で行う。1分間の状態判定は5秒間の活動量によって判定する。

加速度は1秒毎に x, y, z の3軸方向成分それぞれを測定する。そして各軸方向で5秒間の標本分散を求める。5秒間の各軸方向の分散の総和を $var[m^2/s^4]$ とおき、ある5秒間における活動量 A を予備実験(表1、図3)の結果から定義する。

3.4.2 予備実験による活動量定義

予備実験によると、その行動の加速度の5秒間の分散が小さい順に停滞、作業散漫状態に分類できると考えられるが、3つの状態を完全に分離することはできないと考えられる。なぜなら、停滞状態と考えられる行動の最大値よりも、作業状態と考えられる行動の最低値の方が小さいため、

表 1 5秒間の加速度の分散と各行動との対応

	5秒間の加速度の分散の3軸方向総和の絶対値					
	動作	最小値	中央値	平均値	最大値	標準偏差
停滞状態	静止	0.0152	0.03772	0.05614	0.46803	0.06891082
	机の上で寝る	0	0.04595	0.1068	0.97765	0.1813563
作業状態	キーボードを打つ	0.1718	1.2687	1.391	2.898	0.6783571
	文字を書く	0.2767	1.1825	1.4778	6.8865	1.156873
散漫状態	鼻を触る	3.483	4.709	4.846	7.434	0.7917793
	背伸びする	5.674	8.32	8.694	13.085	1.811885
	手首をスナップする	1.083	9.181	9.906	20.884	5.62036

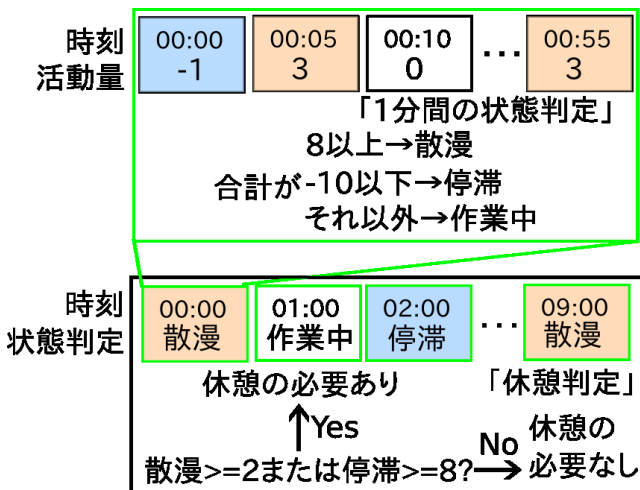


図 4 個人の休憩判定

各状態の最大値や最小値を基準にしきい値を設定して分類すると、どちらか区別できない場合が生じる。作業状態と散漫状態間にも同様のことがいえる。そこで、各予備実験データが想定した3状態へと分類できるようにしきい値2つを決定する。その際、各分類上のデータの外れ値を除くことでより適切な分類ができるよう考慮する。

まず、停滞状態と作業状態のしきい値を決定する。

図3左側の停滞の予備実験データを見ると0.1以上のデータはばらつきが大きく、86%のデータは0.1以下に収まる。また、作業状態の予備実験データの最小値は0.1より大きいことから、0.1未満のデータを観測した場合停滞、0.1以上の場合は作業中とする。

次に作業状態と散漫状態のしきい値を定める。図3中央の作業状態の予備実験データは4以上の値はばらつきが大きく、97.5%のデータが4未満の範囲に収まることから、4未満のデータを作業中とする。このとき、図3右側の散漫状態の予備実験データは、77%が4以上の値をとる。散漫状態として有効であると考えられるデータまでも作業状態に分類する可能性が考えられるが、作業状態をと考えられるデータを誤分類することを防ぐことを優先して、作業状態と散漫状態のしきい値を4と決定する。

さらに、散漫の予備実験データを見ると全体的にばらつきが大きく、同じ散漫状態と考えられる行動でも、その行

動が持つ意味合いは異なるのではないかと考えた。例えば加速度の5秒間の分散が12以上になる行動は発生頻度が小さく、こうした行動は作業とは明確に異なる動作であり、その人が作業を中断している可能性が高い。こうした情報は休憩を提案する上で重要な情報として考える。一方、加速度の5秒間の分散が4をわずかに上回るような行動は、作業状態の行動からそれほど離れておらず、この行動を観測した際に作業を中断している可能性は低い。このような観測データは休憩を検討する上で重要性は低いと考える。

そこで、散漫状態はさらに3つの分類を行い、停滞状態と作業状態を合わせて5段階の分類を考えた。5秒間の各軸方向の分散の総和を $var[m^2/s^4]$ とおき、メンバー i のある5秒間における活動量 A_i を式(1)の5段階で定義した。

$$A_i = \begin{cases} 3 & (12 \leq var) \\ 2 & (8 \leq var < 12) \\ 1 & (4 \leq var < 8) \\ 0 & (0.1 \leq var < 4) \\ -1 & (var < 0.1) \end{cases} \quad (1)$$

3.4.3 1分間の状態判定

活動量が求まったら、次に1分間の状態判定を行う。1分間中の状態は、1分間の活動量の合計が $-8/dur$ 以下ならば停滞、一方で1分間の活動量が $8/dur$ 以上ならば散漫状態と判定する。 dur は最後に休憩した時刻から時間とともに増加する変数である。これは時間が経過するほど休憩の必要性が高まると考えたため、最後の休憩からの経過時間が長いほど散漫状態、停滞状態である条件を緩めて、休憩判定を出しやすくしている。

さらに、メンバー個人に対して休憩が必要かの判定を行う。現在時刻から直近の10分間で、停滞状態が5分以上であれば、休憩が必要と判断する。同様に、散漫状態が2分以上あれば、休憩が必要と判断する。

3.4.4 全体の休憩判定

休憩が必要とされたメンバーの数が、メンバー総数の半数以上である場合に、メンバー全員へと一斉に休憩メッセージを送る。このとき、休憩の必要はないメンバーも含めた全員に休憩メッセージを送る。これは全員が一体となって行動し、コミュニケーションを促すためである。

4. 実験

4.1 目的

本システムを用いた休憩の効果により作業時間が増えたかを確認するために実験を行った。

本研究に置いて休憩に効果がある場合は大きく分けて以下の2種類が考えられる。

- (1) 休憩前に停滞状態であった被験者の活動が活発になる
- (2) 休憩前散漫状態であった被験者の活動が落ち着いて集中している状態になる

このような休憩の効果があるかを確認するため、実際にシステムを運用して休憩を行い、その際の加速度の5秒間の分散を計測する実験を行った。

4.2 実験方法

実験では被験者にデスクワークをしてもらいつつ、システムによって提案された休憩を行った。本システムはグループで利用するものであるから、被験者は3人を1グループとして4グループ、合計12名に対して行った。実験は全てのグループに対し、昼過ぎから夕方までの時間帯で4時間(例:14:00~18:00)行った。

実験時の手順を以下に示す。

- (1) 被験者は実験開始時に利き手首に端末を装着し、実験終了まで常に装着する
- (2) デスクワークを行う
- (3) 端末上に休憩を知らせるメッセージが流れたら、3人のグループ全員が一箇所に集まって休憩を行う
- (4) 10分間休憩したら、2に戻る

また、実験時の注意事項を以下に示す。

- 実験中はデスクワークならば基本的に何をしても良い、食事や工作作業は控えてもらう
- 休憩中は何をしても良い
- 実験は研究室で行い、休憩時以外は基本的に研究室から出ない

実験中は端末が各被験者一人ひとりの加速度の5秒間の分散を計測している。本研究では目的をどの程度満たしているか確認するため、休憩前5分間と休憩後5分間の加速度の5秒間の分散を比較した。

4.3 結果

4.1節の目的を達成したか検討するため、休憩前に加速度の5秒間の分散が低い場合は休憩後に分散が増加した

表2 休憩前に加速度の分散が低い場合における休憩前後での検定結果

データ番号	p値
1	10^{-10}
2	0.000031
3	0.007839
4	0.000015
5	0.003931

表3 休憩前に加速度の分散が高い場合における休憩前後での検定結果

データ番号	p値
1	0.471058
2	0.182096
3	0.769739
4	0.389089
5	0.000931
6	0.042856
7	0.000003
8	0.024270
9	0.590251
10	0.554448
11	0.016944
12	0.018109
13	0.230233
14	0.224056
15	0.349014

か、同様に休憩前に加速度の5秒間の分散が高い場合は休憩後に分散が減少したかを観察する。休憩前5分間のデータと、休憩後5分間のデータとで検定を行い、有意な差が存在するかを確認する。

まず実験を通じて、被験者合計12名が一日の実験につき3回の休憩を行ったため、合計で36状態の休憩前後の加速度の5秒間の分散のデータを得た。そのうちデータの消失があるものを除いて、30状態を有効なデータとした。その内20状態に休憩の必要性が考えられた。さらに、休憩が必要な20状態のデータの内、休憩前に加速度の5秒間の分散が低い場合が5状態、休憩前に加速度の5秒間の分散が高い場合が15状態存在した。

表1は休憩前に加速度の分散が低い場合の加速度の5秒間の分散への休憩前後の検定結果である。合計5状態のサンプルデータの内、全ての状態において休憩前よりも休憩後の方が加速度の5秒間の分散が高く、有意な差が見られた($p < 0.05$)。よって、今回の実験においては休憩前に加速度の分散が低い場合は効果があったと考えられる。

一方、表2は休憩前に加速度の5秒間の分散が高い場合の加速度の5秒間の分散への休憩前後の検定結果である。合計15状態のサンプルデータの内、6状態、つまり加速度の5秒間の分散が高い場合における40%の場合において休憩前よりも休憩後の方が加速度の5秒間の分散が高く、有意な差が見られた($p < 0.05$)。しかし、今回の実験におい



図 5 加速度の 5 秒間の分散の時系列データ
休憩前に加速度の 5 秒間の分散が低い場合

ては休憩前に加速度の分散が高い場合の 60%において休憩に効果がないと言える。

次節は実際に検定を行ったデータの例を示しつつ、考察を述べる。

4.3.1 休憩に効果がある場合

まず休憩に効果があると考えられる場合のデータを示す。

4.3.1.1 休憩前に加速度の 5 秒間の分散が低い場合

休憩前に加速度の 5 秒間の分散が低い場合のデータ例を示す。表 2 における 4 番のデータを示す。図 5 は上側が休憩前の加速度の 5 秒間の分散の時系列データ、下側が休憩後のデータである。このデータの箱ひげ図を図 6 に示す。図 6 の左側が休憩前のデータ、右側が休憩後のデータを示す。休憩前のデータは中央値が 0.04 であり、ほとんどの加速度の 5 秒間の分散データが 0.1 以下の値を示し、この結果から考えると、被験者は手をほとんど動かしていない。一方、休憩後のデータは中央値 1.17 を示し休憩前より活発に活動していると考えられる。

この 2 つのデータに対し検定を行い、 p 値を算出した結果、 $p = 0.000015 < 0.05$ であり有意な差が認められた。これは休憩の結果、停滞状態から作業状態へと被験者の活動が活発化したためであると考えられる。

この例も含めて休憩前に加速度の 5 秒間の分散が低い場合 5 つ全てのデータにおいて、同様に休憩の効果があったと考えられる。

4.3.1.2 休憩前に加速度の 5 秒間の分散が高い場合

休憩前に加速度の 5 秒間の分散が高い場合のデータ例を示す。表 3 における 7 番のデータを示す。図 7 は上側が休憩前の加速度の 5 秒間の分散の時系列データ、下側が休憩後のデータである。このデータの箱ひげ図を図 8 に示す。図 8 の左側が休憩前のデータ、右側が休憩後のデータを示す。休憩前のデータは中央値より大きい値において中央値から大きく離れた値を多く持ち、加速度の 5 秒間の分散のばらつきが大きい。これはデスクワークによる手の動きに

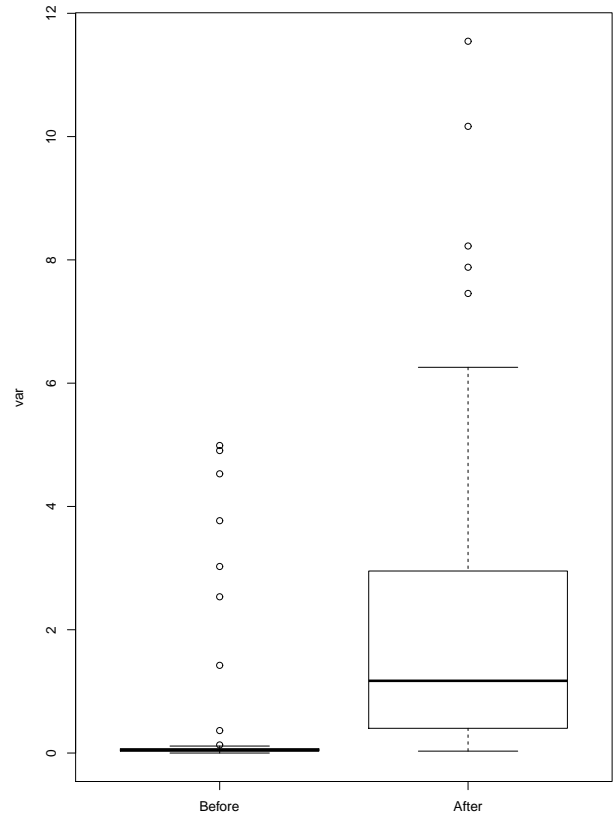


図 6 加速度の 5 秒間の分散データの箱ひげ図
休憩前に加速度の 5 秒間の分散が低い場合

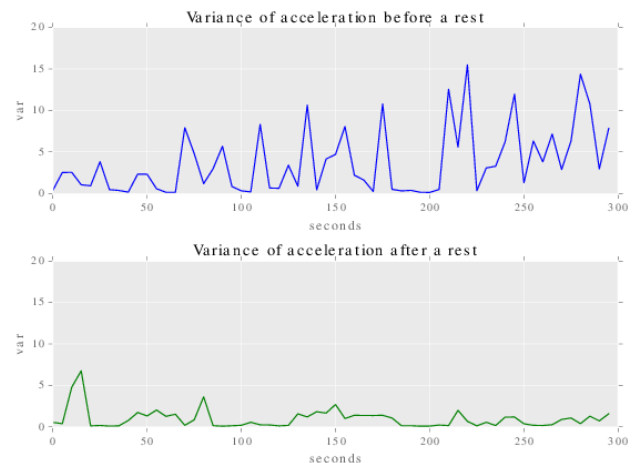


図 7 加速度の 5 秒間の分散の時系列データ
休憩前に加速度の 5 秒間の分散が高い場合

加えて他の動作が一部混ざってしまっており、作業に集中できていないためであると考えられる。一方、休憩後のデータはばらつきが小さく、集中して作業できていると考えられる。

この 2 つのデータに対し検定を行い、 p 値を算出した結果、 $p = 0.000003 < 0.05$ であり有意な差が認められた。これは休憩の結果被験者が散漫状態から作業状態へと集中し

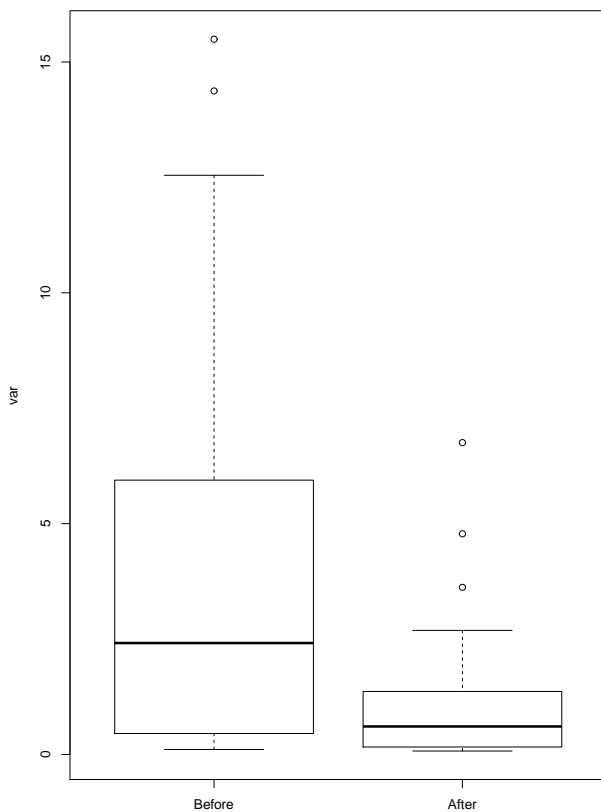


図 8 加速度の 5 秒間の分散データの箱ひげ図
 休憩前に加速度の 5 秒間の分散が高い場合

たためであると考えられる。

この例も含めて休憩前に加速度の 5 秒間の分散が高い場合 15 状態のうち、6 状態のデータにおいて、同様に休憩の効果があつたと考えられる。

4.3.2 休憩に効果がみられない場合

前節では目的を満たし、休憩の効果があるデータ例を示した。しかし、休憩前に加速度の 5 秒間の分散が高い場合、休憩の効果がみられないデータが半数以上を占めた。具体的にその一例として表 3 における 10 番のデータを示す。

図 9 は上側が休憩前の加速度の 5 秒間の分散の時系列データ、下側が休憩後のデータである。このデータの箱ひげ図を図 10 に示す。図 10 の左側が休憩前のデータ、右側が休憩後のデータを示す。

この休憩時におけるこの被験者は特徴的な挙動をしていた。具体的には頻繁に両手を組んで作業し、少し作業すると手を組んで動きを止めるという動作を繰り返していた。また、実験後に感想を尋ねた際にも集中できなかったという感想を述べており、作業に集中できていなかったと考えられる。

図 10 左側の休憩前のデータによると、加速度の 5 秒間の分散のばらつきは大きく、感想だけでなくデータからも

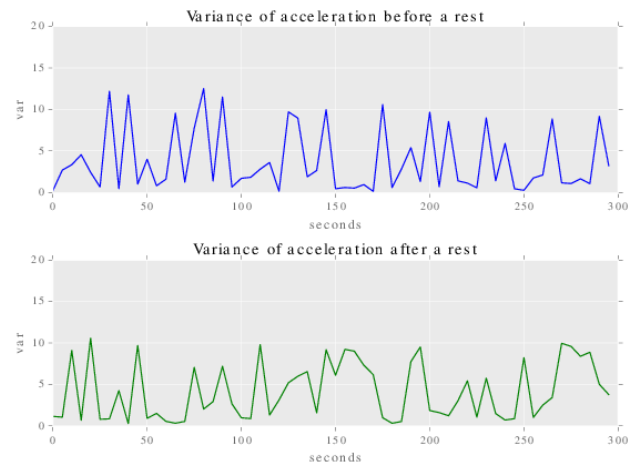


図 9 加速度の 5 秒間の分散の時系列データ
 休憩の効果がみられない場合

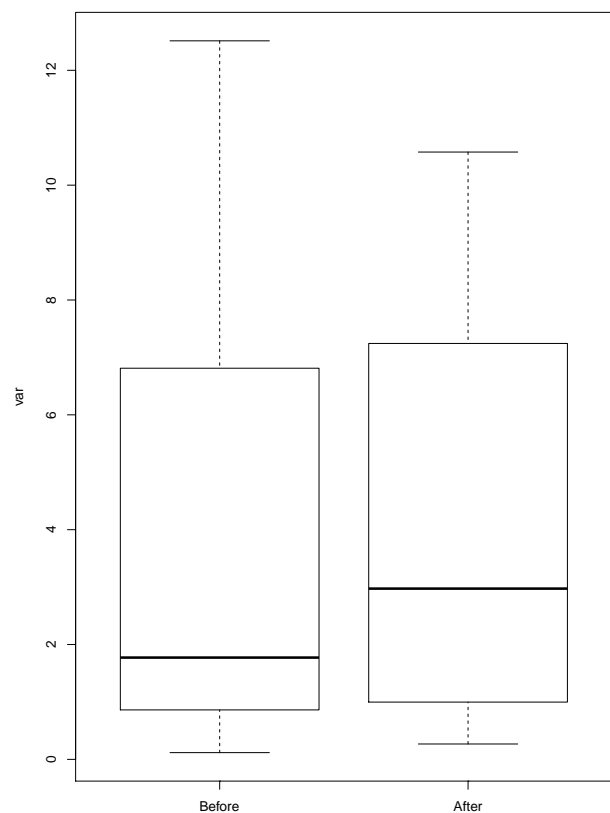


図 10 加速度の 5 秒間の分散データの箱ひげ図
 休憩の効果がみられない場合

集中していないことが窺える。しかしながら、図 10 右側の休憩後のデータによると、データのばらつきは大きいままであり、休憩後も大きな変化がないことが分かる。

休憩前と休憩後の 2 つのデータに対し検定を行い、 p 値を算出した結果、 $p = 0.554448 > 0.05$ であり有意な差は認められない。したがって、休憩後も被験者の状態は変化

がみられず、休憩の効果はなかったと考えられる。

4.3.3 休憩の効果に関する考察

本研究では実験を通じて休憩により利用者の状態がどのように変化するかを観察した。しかし、休憩の効果が見られない場合も多くその理由を考察する。大きく分けて2つの理由が考えられる。

- (1) 本研究で定義された状態(特に散漫状態)と実際の行動がずれている。
- (2) 休憩によって作業を改善できる可能性の限界

まず、一つ目の理由に関して考察する。

我々は予備実験のデータを元に加速度の5秒間の分散からその人が散漫であるかなどを判断したが、実際の人間の挙動は予備実験が想定した範囲を大きく超えて多種多様である。それゆえ、本研究におけるその人が散漫であるという判断への信頼性がまだ不十分ではないかと考える。例えば、デスクワーク中でも議論が活発に起きている場面ではユーザの動きは激しくなる。本研究ではこうした作業も「散漫状態」と判断してしまう。

こうした実際の行動と判定の齟齬は、理論の元となる予備実験の不足からきているのではないかと考える。本研究では散漫状態と考えられる動作を数種類想定したが、これでは不足であり、もっと幅広くデータを採る必要があったのではないかと考える。実際に被験者を募ってその行動データを採らせてもらい、作業を中断するときにする行動とは何か、作業を中断するときの加速度情報はどの程度かをしっかり調査した上で行動の散漫状態への分類が可能になるのではないかと考える。今後研究する上でこの点が大きな調査対象となる可能性がある。

また、本研究では加速度情報のみを用いて行動を分類している。実装の大幅な変更もあり難しい可能性があるが、行動をより正確に分類しようとするならば、心拍や音といった別な要因を分類の判断材料とすることも検討の余地がある。

もう一つの理由として、休憩によって作業が改善される可能性には限界があり、全ての作業停滞の場合に対応することはできないという問題がある。確かに、疲れや気分の停滞が原因で作業が滞った場合には、本研究が想定したように、休憩時にグループでコミュニケーションをとることが作業効率の改善に繋がることは考えられる。しかしながら、作業が効率が低下する場合というのは、作業において困難な課題に直面した場合など、休憩によっては解決し得ない場面が多々ある。本研究では作業が滞っている場合の解決手段としてグループでの休憩及びコミュニケーションを提案しているが、この方法では解決しない問題に対して休憩を提案することは適切ではない。システムの改善には、「作業が滞る 休憩を提案する」と単純化するのではなく、

より現実に即した休憩提案アルゴリズムを考案する必要があると考える。

5. 結論

本システムを使って実際に4組の3人グループに対して休憩提案システムを使って休憩をとってもらった実験を行い、休憩前後においてメンバーの状態がどう変化したかを評価した。休憩の前後でシステム利用者の状態の変化が観測され、休憩によってシステムの利用者の作業状態が改善される可能性が示唆された。一方、休憩により作業状態を改善できない場面も多いことや、利用者の状態判定に用いるデータや基礎理論に不十分な点が見られることから、今後改善の必要性がある。

参考文献

- [1] Robert Kraut, Carmen Egido, and Jolene Galegher, "Patterns of contact and communication in scientific research collaboration", Proceedings of the ACM conference on Computer-supported cooperative work, pp.1-12
- [2] 横山文雄, 福永忠明, 松尾谷徹, "チームビルディングとコミュニケーション・ツール", プロジェクトマネジメント学会秋季研究発表大会予稿集, pp.168-170 (2001)
- [3] "集団の幸福感に相関する「組織活性度」を計測できる新ウェアラブルセンサ", 日立製作所, <http://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2015/02/0209.html>
- [4] 岡田昌也, 鳥山朋二, 角康之, 間瀬健二, 小暮潔, 萩田紀博, "実世界学習における気付きの抽出・可視化" 電子情報通信学会技術研究報告, PRMU, パターン認識・メディア理解, 105(534), pp.77-82 (2006)
- [5] 岡久雄, 井上智紀, "3軸加速度センサによる身体活動モニタリング" 生体・生理工学シンポジウム論文集, 13, pp.331-334 (1998)
- [6] 比嘉良樹, 西山建人, 牧川方昭, "3軸加速度センサを用いた日常生活活動の長時間計測と評価", 福祉工学シンポジウム講演論文集 2002(2), pp.81-84 (2002)
- [7] 木下覚, 田中二郎, "つぶやきを用いた溜まり場でのインフォーマルコミュニケーション支援システム", マルチメディア・分散協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集, pp.617-624 (2013)
- [8] Toshihiko Nakano, Keita Kamewada, Jun Sugito, Yoshiyuki Nagaoka, Kanayo Ogura, and Kazushi Nishimoto, "The traveling cafe: a communication encouraging system for partitioned offices", CHI EA '06 CHI '06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp.1139-1144 (2006)