

# リストバンド型センサで取得した運動データを用いた 生活比較による生活の変化検出の検討

後藤 佑一郎<sup>1,a)</sup> 新谷 隆彦<sup>1,b)</sup> 大森 匡<sup>1,c)</sup> 藤田 秀之<sup>1,d)</sup>

**概要：**我々は加速度センサが搭載されたリストバンド型センサで人の生活行動に伴う動きを 24 時間 365 日連続して測定し、いつからいつまでどのような運動状態であったかを示す運動データを収集している。これまでに運動データを解析することによって人の生活を比較する手法の研究を進めてきた。この手法ではユーザが指定した異なる 2 つの期間に現れる運動データのパターンの違いによって生活比較した。本研究では、生活比較の手法を適用して全期間の中でどこで生活が変化したかの検出を試みる。本報告では、生活比較の手法を適用するとどのような形で変化を検出できるかを議論し、報告者の運動データを用いて生活の変化を検出することが出来るか調査した結果を報告する。

**キーワード：**変化検出, ライフログ, エピソードマイニング, データマイニング

## 1. はじめに

近年の情報技術の発展により、パーソナルコンピュータや小型化・軽量化された端末、安価なセンサの普及が進み、運動量、心拍数、血糖値、体重といった人の生活に関する情報がライフログとして大量に蓄積されるようになってきている。この蓄積されたライフログデータを活用することによって、生活の振り返りによる生活の質の向上や生活改善を図ったサービスが注目されている。例えば、Fitbit[1]、Jawbone UP[2] など加速度センサを搭載したリストバンド型の端末を装着することによってユーザの運動状態に関するデータを蓄積し、単位時間当たりの運動量、一日の歩数、消費カロリー、睡眠時間などの情報をグラフなどで可視化する製品、サービスが広まっている。これらのサービスを使うことで、ユーザは過去の生活を振り返ることが出来る。

これまでのライフログを用いたサービスは、過去の一時点のライフログデータを提示することによってその当時の生活の振り返りの支援を行っていた。ユーザは過去のある時点でどのようなことをしていたかなどを思い出すことが可能となる。しかし、過去の一時点のライフログを見ることは、数週間、数か月といったある程度の長い期間におい

てのどのような生活をしてきたかを振り返ることは困難である。我々は、数週間以上の長期間での生活の振り返りを支援するためのライフログ活用手法の研究を進めており、ライフログを解析することによって 2 つの期間の生活を比較する手法の研究を進めてきた [3]。生活の比較とはどの程度同じような生活をしてきたかを評価することである。ある期間の生活を振り返る際に同じ生活をしてきた期間や異なる生活をしてきた期間が分かれば、その期間にどのような生活を送ってきたかを振り返ることに役立つ。この生活比較では、ユーザが指定した 2 つの期間について、それぞれの期間で同じ行動が多く行われていた場合には同じ生活、違う行動が多く行われていた場合には違う生活をしてきたとし、それぞれの期間に行っていた行動の違いによって生活を比較するアプローチを採った。

本研究では、過去の 2 つの期間の違いを知るのではなく、生活がいつ変化したかに着目する。同じような生活がある期間継続し、その後にはそれまでとは異なる生活がまたある期間継続したことを生活の変化と考える。蓄積したライフログを解析することによって、連続する期間で異なる生活を見つけ出すことによって、生活の中でいつ変化が起きたかを検出する。人の生活がいつ変化したかを知ることで、全期間の生活を俯瞰する形での長期間の生活の振り返りが期待できる。本報告では、ライフログとしてリストバンド型センサで取得した運動データのパターンによって異なる生活を見つけ出すことによる生活の変化検出を検討した。さらに、報告者が加速度センサを搭載したリストバンド型

<sup>1</sup> 電気通信大学大学院情報システム学研究所  
Graduate School of Information Systems, The University of  
Electro-Communications

a) y.goto23@hol.is.uec.ac.jp

b) shintani@is.uec.ac.jp

c) omori@is.uec.ac.jp

d) fujita@is.uec.ac.jp

の端末によって蓄積した 503 日間のライフログを利用して生活の変化を検出することが可能かを調査した。

## 2. 本研究で使用するライフログデータ

本節では、本研究で使用するライフログとして、加速度センサを搭載したリストバンド型端末で取得した運動データについて述べる。

### 2.1 運動データ

本研究では、株式会社日立製作所のリストバンド型生活モニタ装置 HT-PB3[4] を利用する。

HT-PB3 は加速度センサが搭載されていて、ユーザが常時装着することで動きに関するデータを 24 時間 365 日連続して記録することができる。報告者も、HT-PB3 を常時装着することで、503 日間のデータを取得した。

HT-PB3 は 3 軸加速度や温度を常時測定すると共に、この加速度データからいつからいつまでどの程度の運動状態を続けていたかを示すデータを算出する。この運動状態のデータを運動データと呼ぶ。運動データはある日時  $t_s$  からある日時  $t_e$  まで ( $t_s < t_e$ ) の間の運動の激しさの程度を 9 種類の運動状態に分けて表されるデータであり、途切れることなく連続して得ることが出来る。1 件の運動データは運動状態  $m$ 、開始日時  $t_s$ 、終了日時  $t_e$ 、運動時間  $d = t_e - t_s$  を持つ。時刻と運動時間の単位は「分」である。運動状態の種類は 1. 静止、2. 安静、3. デスクワーク、4. 軽作業、5. 作業、6. 運動、7. 歩行、8. ジョギング、9. 非装着の 9 種類である。1. 静止から 6. 運動までは順に激しい運動を激しい運動をしていたことを示している。7. 歩行と 8. ジョギングは周期的な運動をしていたことを示しており、特に 8. ジョギングは周期的で強い運動をしていたことを示している。9. 非装着は、HT-PB3 を装着していない状態を示す。運動データの例を表 1 に示す。

表 1 の各行は 1 件の運動データを示している。例えば、2014 年 7 月 21 日 6 時 36 分から 7 時 8 分までの運動状態が安静であったこと、その後に 2014 年 7 月 21 日 7 時 8 分から 7 時 26 分までの運動状態が軽作業、2014 年 7 月 21 日 7 月 21 日 7 時 26 分から 7 時 34 分まで歩行と続いたことを示している。

## 3. 生活の変化

人の生活は日々行った様々な行動の蓄積である。行動が目的を持って行った一連の活動であると考えることが出来る。例えば大学生の生活では、大学へ通学する、旅行へ行く、アルバイトをするなどの行動が行われており、大学へ通学する行動は、家から駅まで歩くこと、電車に乗ること、駅から大学まで歩くことの一連の活動である。そのため、人の生活は其中で行った行動によって特徴づけることが可能となる。

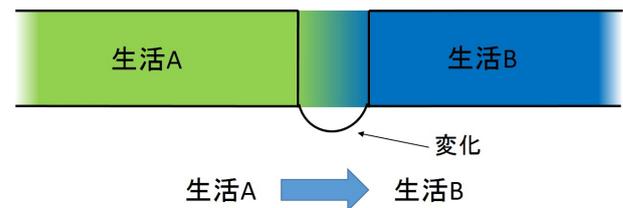


図 1 生活の変化のイメージ

しかし、人は常に同じ生活を行っているわけではなく、その時期の目的によって異なっており、ある程度の期間を継続して行った生活が次のこれまでとは異なる生活に移り変わっていくことで構成される。例えば、毎日大学に通うだけの生活、大学に通いながらアルバイトをしていた生活、就職活動を行っていた生活など様々な生活を行っており、授業期間や夏休み期間、学年などによって生活が変わってくる。そのため、ある生活がある程度の期間継続し、その後それまでとは異なる生活がある程度の期間継続することを生活の変化と考えることが出来る。例えば、夏休みで旅行へ行くことが多かった生活が 1 か月半継続した後、後期の授業が開始され、学校で講義を受けることが多かった生活が数か月継続する形で、生活が変化している。図 1 に生活の変化のイメージを示す。生活 A が一定期間継続し、その後に生活 A とは異なる生活 B に移行変わる場合、生活 A と B の間の期間が生活の変化となる。

本研究では、所定の期間以上継続した生活が行われ、連続してその後にそれまでとは異なる生活が所定の期間以上継続したとき、前後の生活の間の期間を生活の変化とする。ここで、前後の生活が異なるとは、前後の生活で違う行動が多く行われていたこととする。生活は其中で行われた行動で特徴づけられるため、前後の生活で同じ行動が多く行われてる場合は同じ生活、違う行動が多く行われていれば異なる生活をしていたと考えることが出来る。

## 4. 生活変化の検出

本節では、生活変化を検出するアプローチを説明する。

### 4.1 2つの期間の生活比較

生活の変化を検出するには、前後の生活を比較し、同じ生活であるか異なる生活であるかを判断しなければならない。我々は 2 つの期間の生活を比較する手法 [3] を研究してきた。人の生活は其中で行われた行動で特徴づけられるため、2 つの期間についてそれぞれの期間で実際に行った行動の違いによって生活を比較した。普段日常的に行われた行動 (日常行動と呼ぶ) に着目し、それぞれの期間においてどの日常行動がどのくらい行われていたかを取得する。そして両方の期間に共通する日常行動がどのくらい存在するかによって生活を比較する。行動として、運動デー

表 1 運動データの例

| 運動時間   | 開始日時            | 終了日時            | 運動時間 |
|--------|-----------------|-----------------|------|
| 静止     | ...             | ...             | ...  |
| 安静     | 2014年7月21日6時36分 | 2014年7月21日7時8分  | 32分  |
| 軽作業    | 2014年7月21日7時8分  | 2014年7月21日7時26分 | 18分  |
| 歩行     | 2014年7月21日7時26分 | 2014年7月21日7時34分 | 8分   |
| デスクワーク | 2014年7月21日7時34分 | 2014年7月21日8時12分 | 38分  |
| 歩行     | 2014年7月21日8時12分 | 2014年7月21日8時26分 | 14分  |
| 軽作業    | 2014年7月21日8時26分 | 2014年7月21日8時42分 | 16分  |
| 歩行     | 2014年7月21日8時42分 | 2014年7月21日8時49分 | 14分  |
| 安静     | 2014年7月21日8時49分 | 2014年7月21日9時58分 | 7分   |
| 歩行     | ...             | ...             | ...  |

タのパターンを用いる。人が実際に行った行動の内容を長期間に渡って人手で記録し続けることは困難であるため、人手で記録した詳細な行動内容を用いて生活を比較することは現実的ではない。ライフログである運動データは実際に行われた行動に伴う動きを表しているため、運動データを活用して生活を比較することは、実際に行った行動を考慮して生活を比較することに相当する。

以下に、生活比較手法を示す。

(1) 日常エピソードの抽出:

まずはじめに日常行動を表す運動パターンをユーザの全ての運動データからエピソードマイニング [5] によって抽出する。1つの行動は複数の運動データによって構成されるため、運動データの順序パターンが1つの行動となる。この運動データの順序パターンを運動パターンと呼ぶ。日常行動は、全期間の中で行われた回数が多い、または、その行動に多くの時間を費やした行動であるため、全期間の運動データにおいて現れる回数が多い運動パターン (頻出エピソードと呼ぶ) と運動時間の長い運動パターン (長時間エピソードと呼ぶ) を抽出する。頻出エピソードはユーザによって指定された頻度の最小値 (最小頻度) 以上となる運動パターンであり、従来のエピソードマイニング [5] によって抽出する。さらに、閾値としてユーザによって指定された総継続時間の最小値 (最小総継続時間) を考慮することによって長時間エピソードを抽出する [6]。運動パターンが運動データに現れる位置をインスタンスと呼び、個々のインスタンスの開始日時から終了日時までが継続時間であり、1つの運動データについて、そのすべてのインスタンスの継続時間の総和が総継続時間である。また、生活比較に用いる頻出エピソードと長時間エピソードを日常エピソードと呼ぶ。すべての頻出エピソードと長時間エピソードを日常エピソードとはせず、頻出エピソードと長時間エピソードのうち極大な運動パターン [7] であるもののみを日常エピソードとする。

(2) 各期間で局所的に頻出または長時間となる日常エピソードの取得:

それぞれの期間で局所的に頻出となる日常エピソード、および、長時間となる日常エピソードを取得する。局所的に頻出である日常エピソードは、その期間内での頻度が最小頻度 \*  $\frac{\text{その期間の長さ}}{\text{全期間の長さ}}$  以上となる場合である。また、局所的に長時間である日常エピソードは、その期間内での継続時間の和が最小総継続時間 \*  $\frac{\text{その期間の長さ}}{\text{全期間の長さ}}$  以上となる場合である。

(3) それぞれの期間の日常エピソードの集合の類似度を算出:

それぞれの期間で局所的に頻出または長時間となった日常エピソードの集合から、類似度として Jaccard 係数を算出する。ここで、集合  $X$  と  $Y$  の Jaccard 係数は  $\frac{X \cap Y}{X \cup Y}$  である。2つの期間に同じような生活をしていった場合、共通する日常エピソードが多くなり、類似度の値が 1 に近くなる。2つの期間に異なる生活をしていった場合、共通するエピソードが少なくなり、類似度の値が 0 に近くなる。

4.2 生活比較手法を用いた生活変化の検出

生活の変化はある生活が期間  $n$  以上継続し、連続してその後それまでとは異なる生活が期間  $n$  以上継続したときの前後の生活の間の期間である。この生活の変化は、期間  $n$  以上の2つの連続する期間の生活が異なることを判別することによって検出することが出来ると考えられる。本研究では、連続する2つの期間に前述した生活比較手法を適用することによって異なる生活を見つけ出し、その2つの期間の間を生活の変化として検出することとする。

連続する2つの期間の生活の類似度は、類似度が所定の閾値以下となった期間を生活の変化として抽出する。生活比較を行う前後の期間 (比較期間と呼ぶ) と類似度の閾値はユーザが設定しておく。類似度の閾値は同じ生活と認める類似度の最小値とする。連続する2つの期間の生活の類似度が高い場合には同じような生活が続いていることになるが、生活の類似度が低い場合には異なる生活であったことになる。前の生活からその後の異なる生活に移り変わる場

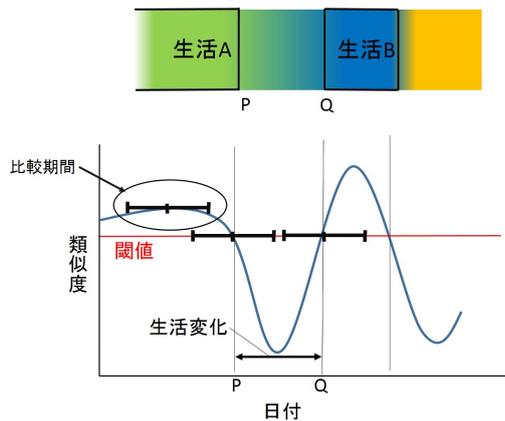


図 2 生活変化の期間

合、前の生活を行っている間は類似度が高い値となるが、後の生活にさしかかるところで類似度が低くなり、前の生活が終わり後の生活になるに従って類似度が高くなると思われる。例えば、図 2 に示すような生活 A から生活 B への移り変わりである。生活 A を行っている期間は類似度が高いが、生活比較を行う期間が生活 A と B にまたがるところでは類似度が低くなり、生活 B を行っている期間は高くなる。このとき、類似度が閾値と交差する日 P の前後で異なる生活となるため、生活 A は P まで続くことになる。また、類似度が次に閾値と交差する日 Q の前後まで異なる生活となるため、次の生活 B は Q から始まることになる。P から Q の間が生活の変化の期間となる。

以上を踏まえて、生活変化の検出アプローチをまとめる。

- (1) 全期間の運動データを用いて日常エピソードを抽出する。
- (2) すべての日について、その日の前後の期間の生活の類似度を算出する。
- (3) 類似度が閾値以上となる日の前後の期間を除いた期間を生活の変化として抽出する。

## 5. 実データを用いた実験

本節では、自身が取得した運動データを用いて前述のアプローチで生活変化を検出できるかを実験した結果と考察を示す。

### 5.1 実験内容

報告者がリストバンド型センサを装着して収集した 503 日間の運動データを用いて、前述したアプローチで生活変化を検出する。生活期間を 1 ヶ月とし、すべての日についてその前後での類似度を算出した。異なる生活と判断する閾値を 0.55 としたときに類似度が交差する日を求め、生活変化を検出した。ここで、全期間での日常エピソードを抽出する時の最小頻度を 215、最小総継続時間を 43029 分とする。最小頻度は週に 3 回以上行われること、最小総継続

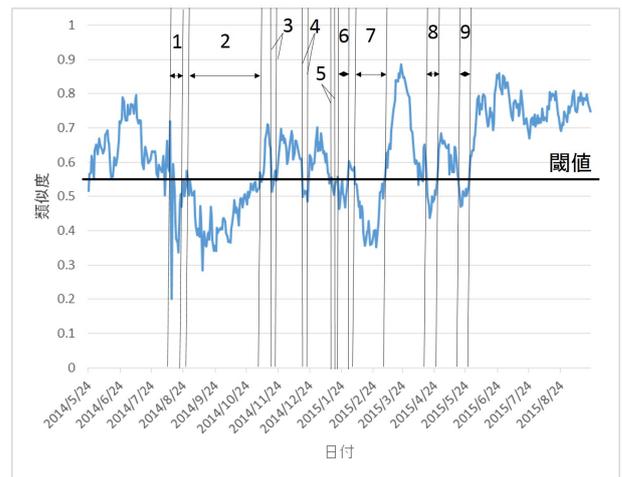


図 3 生活比較手法を適用した生活変化検出の実験結果

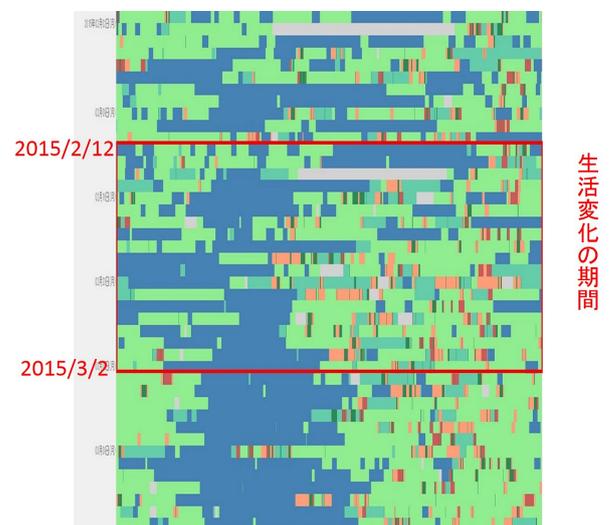


図 4 生活変化 9 の期間の前後の運動データ

時間は週に 600 分以上行われることを想定して設定した。

### 5.2 生活変化の検出結果

それぞれの日の前後での生活比較による類似度を算出した結果を図 3 に示す。ここで、縦軸は類似度、横軸は前後の期間で生活比較を行った日付である。生活変化として、図 3 に示すように 9 つの生活変化が検出された。検出された 9 つの生活変化は報告者が自身の生活を振り返ったときに生活が変わったと考えられる期間である。例えば、図 3 の 9 の生活変化の期間は外出する機会が多く、長い時間座っているということが少なかった生活から、中間発表の準備のために研究室と学内企業説明会のために会場を歩き来ることが多かった生活に移り変わった時期であり、報告者自身も実際に生活が変わったと考えている。図 4 に図 3 の 10 の生活変化の期間前後の運動データを示す。1 行が 1 日を表しており、運動データは分類毎に異なる色で表示されており、色が最も暗い運動データが睡眠を表す。図 3 の

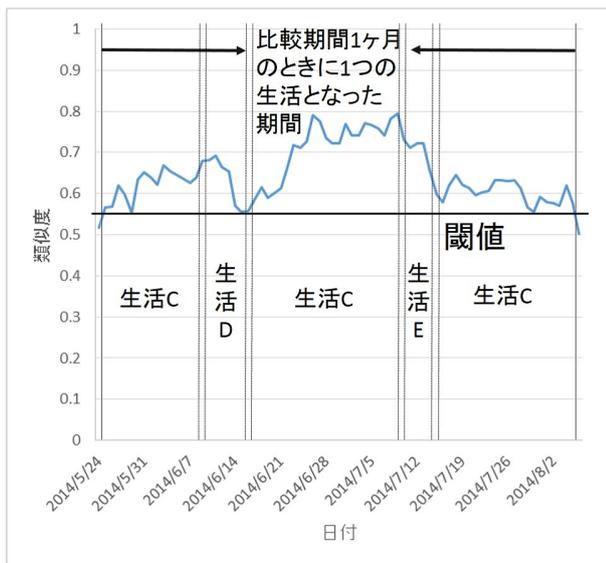


図5 生活変化が検出できなかった期間 (5/24 から 8/6)

4の生活変化の期間は2015年2月12日から3月2日であり、2015年3月2日までが長い時間座っているということが少なかった生活、2015年2月12日以降が研究室と会場を行き来することが多かった生活である。図4を見ても、生活変化の期間の前後で運動データの分布が変わっていることが確認できる。

### 5.3 考察

報告者の運動データから9つ生活の変化が検出された。しかし、報告者が生活を振り返ったときに生活が変わったと考える期間がその他にもあるため、前述のアプローチでは検出できない生活変化がある。検出できなかった生活変化は大きく2つの場合に分けられる。

1つ目はある生活が続いた後に短期間だけ異なる生活が行われその後に前と同じ生活に戻る場合である。その生活変化の1つを図5に示す。図5に示すように実験結果では5月25日から8月5日まで1つの生活が行われたことになっている。しかし、報告者が生活を振り返るとこの期間は全体的には同じような1つの生活であるが、途中で短期間の異なる生活が複数あったと考えられる。このようにある生活Aが続き、その後に生活Bに変わるが、すぐに生活Aに戻ってしまうとき、比較期間の長さに対して生活Bの期間が短過ぎることで、頻出エピソードと長時間エピソードの分布が大きく変わらないため、類似度に影響が及ぼされることが原因であると考えられる(図6)。この場合、比較期間の長さを短く設定することで生活変化の検出が可能となると考えられる。

比較期間を短くした場合に検出された生活変化を図7に示す。ここで、生活期間は5日とした。比較期間を5日とした場合、比較期間を1か月とした場合には1つの生活となった期間に5つの生活変化が検出されている。しかし、

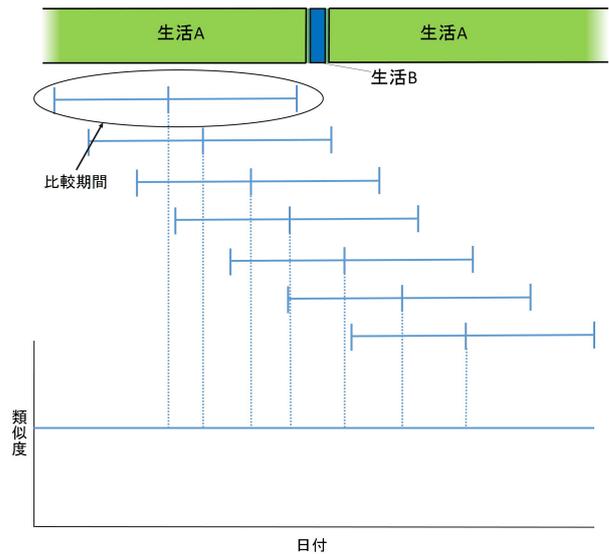


図6 比較期間に対して生活期間が短すぎるために生活変化を検出できなかった場合

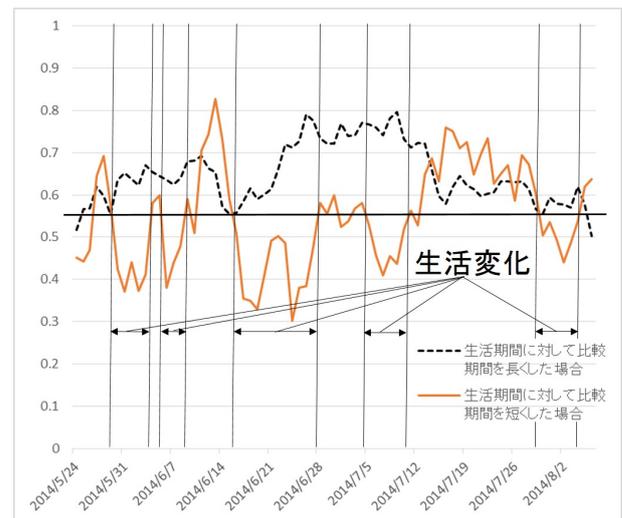


図7 比較期間を短くした場合の変化検出の結果

報告者自身が生活を振り返って考えたときに生活が変わったと考えられるのは3つのみである。比較期間を短くすることで短期間の異なる生活が起きたときの生活変化を検出できるようになるが、間違っ生活変化が検出される場合が起きている。比較期間を短く設定して生活比較を行う場合、局所的な頻出エピソードと長期間エピソードを誤って考えてしまうことが考えられる。比較期間が短いために、局所的な最小頻度と最小総継続時間がその期間の長さに相対して小さくなる。数回程度でも局所的に頻出になってしまうことなどが起きるため、生活比較の精度が低下してしまう。

2つ目は生活変化の期間が長い場合である。その生活変化の1つを図8に示す。図8に示すように実験結果では11月20日から12月16日まで1つの生活が行われたことに

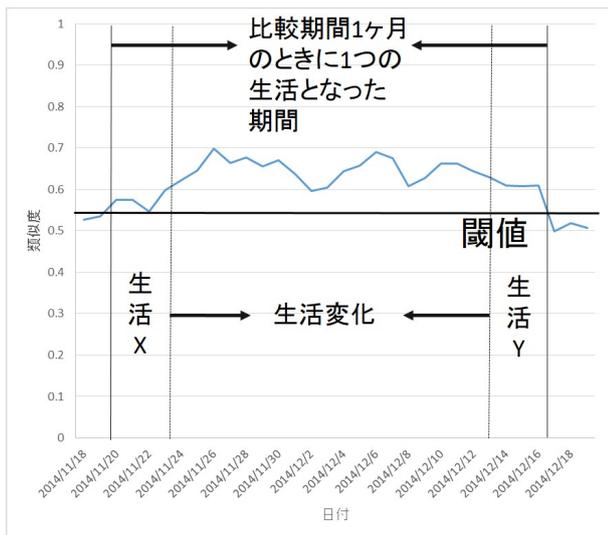


図 8 生活変化が検出できなかった期間 (11/18 から 12/19)

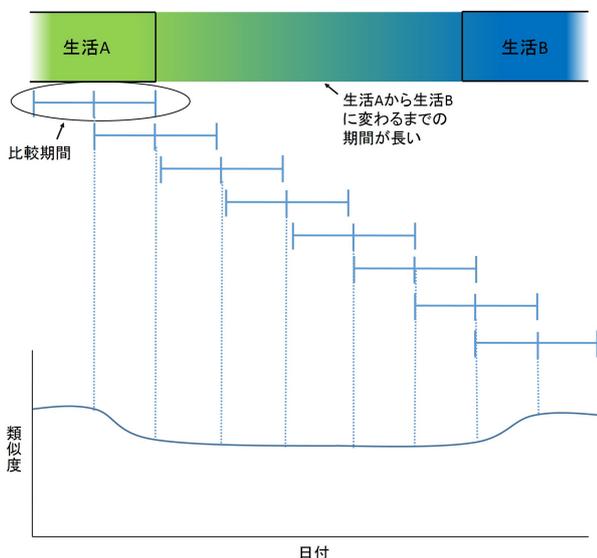


図 9 生活変化の期間が長い場合変化検出ができなかった場合

なっている。しかし、報告者が生活を振り返るとこの期間は就職活動があり、長い期間をかけて徐々に面接の回数が増えていったため、この期間の最初の時期と最後の時期では生活が違うが、その間の変化の期間がとても長かったと考えられる。このようにある生活 A の後に異なる生活 B になるまでの期間が長いとき、比較期間に対して生活変化の期間が長すぎることで、前後の期間の生活の差が少なくなるため、類似度が下がらないことが原因であると考えられる (図 9)。この場合は比較期間を調整するだけでは解決できず、前述とは異なるアプローチが必要となる。

## 6. おわりに

本研究では、生活がいつ変化したかを検出することを目的として、2つの期間の生活の比較手法を用いて生活変化

の検出を試みた。ある生活が継続し、連続してその後にそれまでとは異なる生活が継続されたとき、その前後の生活の間の期間を生活変化とした。前後の期間の生活比較による類似度から異なる生活となったとき、生活変化として検出したリストバンド型センサから取得した9種類の運動状態からなる運動データを用いて実験を行った結果、報告者自身の生活で実際に起きていた生活の変化を検出することができた。しかし、生活期間が短い場合と生活変化の期間が長い場合に生活の変化を検出できないことが分かった。今後の課題として、このような生活変化を検出可能とするためのアプローチを検討していく。

## 謝辞

本研究は、JST、CREST の支援を受けたものである。

## 参考文献

- [1] Fitbit, <https://www.fitbit.com/jp>
- [2] Jawbone UP, <https://jawbone.com/up>
- [3] 磯村洋, 新谷隆彦, 大森匡, "運動状態のパターンを用いた異なる期間の人の生活特性比較に関する一考察", DEIM Forum, E5-4, 2013
- [4] 鈴木敬, 栗山裕之, 山下春造, 矢野和男, "ライフ顕微鏡: 20人のライフタペストリーが語る人とセンサとITの未来," 日立評論, 2007年, 12月号.
- [5] H. Mannila, H. Toivonen, and A. I. Verkano, "Discovery of Frequent Episodes in Event Sequences," Data Mining and Knowledge Discovery, vol.1, no.3, pp.259-289, 1997.
- [6] 櫻田滋大, 新谷隆彦, 大森匡, 藤田秀之, "継続時間を閾値としたエピソードマイニングの提案" 電子情報通信学会 2015年総合大会講演論文集, 2015
- [7] R. Bayardo, "Efficiently mining long patterns from databases" ACM SIGMOD international conference on Management of data, pp.85-93, 1998.