

屋内位置情報に基づく認知症高齢者の 長期的行動変化の分析

FINDING LONG TERM TENDENCIES IN DAILY ACTIVITIES OF PEOPLE WITH
DEMENTIA BASED ON LOCATION DATA

藤波 努¹・杉原 太郎²・三浦 元喜³・高塚 亮三⁴

¹Ph.D. (科学技術) 北陸先端科学技術大学院大学 准教授 知識科学研究科 (E-mail: fuji@jaist.ac.jp)

²博士 (工学) 北陸先端科学技術大学院大学 助教 知識科学研究科 (E-mail: sugihara@jaist.ac.jp)

³博士 (工学) 九州工業大学 准教授 工学研究院 (E-mail: miuramo@mns.kyutech.ac.jp)

⁴博士 (理学) 老人介護マトリックスとまり木 理事長 (E-mail: tkkr@sepia.ocn.ne.jp)

近年, radio frequency identification (RFID) など非接触でタグを認識するセンシング技術が普及してきている。センシング技術を家庭に導入して居住者の健康維持や安全確保に役立てるスマートホームも現実味を帯びてきた。超高齢化社会となった日本では高齢者の見守りへの適用が有望視されているが, 長期的にデータを蓄積した場合, どのような利点があるかは明らかではない。我々はRFIDを使った位置情報記録装置をグループホームに敷設し, 入居者5名の位置情報を30ヶ月に渡って収集した。データを分析したところ, 夏に行動量が低下するといった季節的変動, および衰弱や転倒前の緩やかな行動量減衰を見いだした。これらの結果はデータ分析により高齢者の体調に適した環境を整えられる可能性を示唆している。

キーワード: 認知症, 介護, センシング技術, 位置情報

1. はじめに

日本を始めとした先進国では高齢者が増えるに従い¹⁾, 介護の問題が深刻化している。高齢者の自立は大いに奨励されるべきであるが, 徐々に衰えていって他者による介助が必要となる時がやってくることは避けられない。高齢者が衰弱するほど介護者の役割は重要性を増す。

介護者はそれぞれの高齢者についてその人の生活の質を高めるために何をしたらよいかを知っているべきであり, そのためには日々注意深く行動を観察する必要がある。認知症高齢者の場合, 観察は特に重要である。なぜなら認知症の人は自分の望みを言葉で表現できないことが多いからである。優れた介護者は観察によって深刻な事故を予感し, 適切な対応策を取ることができる。

よい介護をおこなうには介護者の直感が必要であることは言うまでもないが, 証拠に基づいて判断を下すことも重要である。認知症高齢者は自らが望んでいることを適切に表明できないことが多いため, 本人の願いを周囲が汲み取る必要がある。介護方針は日頃本人と接している介護者および長年生活を共にしてきた家族が相談して決めることが望ましい。そのような話し合いの場において介護者の意見に加えて, 日頃の本人の暮らしぶりがわかるデータがあれば家族も判断を下しやすくなる。「証拠」を重視するアプローチは当初, 医療や看護の分野から出

てきたものである。「証拠に基づく医療」では医師の経験的知識に加えて, 厳密な方法により得られた客観的証拠を重視する²⁾。同様の考え方を介護に導入すると, 本稿で示すようなデータ収集方法と分析結果の介護への利用が構想される。

高齢者からデータをとることは証拠を重視する方法論からは正当化されるが, どのようなデータを集めると介護を受ける人にとって益となるのかは未だ明らかではない。介護される人自身はデータを扱えないのでデータの有用性に関する問いは次のように整理できるだろう。即ち, どのようなデータを集めたら介護者にとって有用な情報を提供できるのかという問いである。

本稿は位置情報に注目する。位置情報とは人の居場所に関する時系列データである。位置情報に注目する一つの理由としてそれがプライバシー侵害の問題を比較的起こしにくいということが挙げられる。介護に情報通信技術を導入する際, そこには常にプライバシーと利益のトレードオフが存在する。どのようにバランスをとるかは重要な問題であるが, 侵襲の度合いが少ないほど好ましいことは言うまでもない。

つまり, 介護の場に持ち込む情報通信機器は最低限にしなければならない。介護者も介護を受ける者も同様に装置が発する威圧感に脅かされてしまうからである。この点は重要であるが技術者は見逃しがちである。位置情

報の取得はカメラを使って容姿を撮影することに比べてプライバシーを侵害する度合いが少なく、介護者や入居者の抵抗感も和らげられる。少ない情報量でどれだけの利点を生み出せるかが介護へ情報通信技術を適用していく上で重要な視点である。

位置情報の取得には radio frequency identification (電波による個体識別) 技術を用いる (以下では RFID と略記する)。RFID タグをスリッパに装着し、グループホームの床に所々アンテナを埋め込んで入居者の位置を特定した。本稿で扱う位置情報はグループホームの建物内に限る。GPS (全地球測位システム) など屋外で位置を特定する技術もあるが、外出時の居場所については研究の範囲外である。屋内の位置情報特定については IMES (屋内測位システム)³⁾が提案されているが対象者に器機を保持してもらう必要があり、本研究の目的には適さないので使用していない。

位置情報から取り出す情報は入居者の身体的衰えを推定するために利用する。運動能力の低下は転倒など深刻な事故に結びつきやすいため、本研究では、長期にわたって位置情報を収集することで運動能力の低下を検出し、深刻な事故を予防できるのではないかと考えた。現在の技術レベルでは、計算により転倒の時期が完全に予測できるとは考えられないので危険が高まった時に介護者に注意を促すことを目的とする。介護者の注意力が高まれば介護を受ける者にとっても益となる。

本稿はセンシング技術を使うと入居者らの生活のどのような側面が見えてくるのかを明らかにするため、実際のグループホームにてデータを収集して分析した結果を報告する。基本的な立場は入居者らの生活を把握することであり、そのために技術を用いる。フィールドから出発する立場をとり、トップダウンに技術から始めることはしない。介護が人と人とのつながりを重視していることを尊重するからである。また分析にあたっては介護者の意見を取り入れ、見るべきポイントを絞っている。すなわち技術的には可能であっても介護者が必要としない情報は以下では省いている。そのようなアプローチをとることで、介護にセンシング技術を適用していく可能性を介護者の役割も考慮しつつ検討することに本稿の特色がある。

本稿の構成は次の通りである。次章では認知症介護におけるセンシング技術について述べる。3章でデータ収集の方法を、続く第4章では収集したデータについて述べ、どのような前処理を施したかを説明する。第5章ではデータからどのような情報を引き出せるかを提示する。第6章では二つの事例を取りあげ、位置情報がどのように活用されるかを議論するとともに、残された課題について述べる。

2. 認知症介護におけるセンシング技術

2.1. 認知症介護における行動推定の意義

センシング技術は高齢者の健康維持や安全確保に使えるほか、介護者が注意力を養う上でも有用である。長期にわたって緩やかに起きる変化は感知しにくい。観察では気づきにくい僅かな変化をデータ分析により検出すれば介護者を益することとなる。

技術が介護を受ける高齢者を直接的に利するのが理想なのか、それとも介護する者を支援して間接的に被介護者に利するのがよいのかは議論を要する点であるが、介護者のための技術に重点化していくのではないかと指摘もある⁴⁾。本研究では後者の立場を取り、介護者に役立つ情報提供を目指した。

特に終末期の始まりや体力低下で転倒の危険性が高まった時などは高齢者に自制を求めるより、周囲の者が配慮して安心して行動できる環境を整備する方が望ましい。行動推定は高齢者の体力や体調に応じて適切な対応を取る上で重要な技術である。

2.2. 認知症介護におけるセンシング技術の現状

Pervasive computing の技術を高齢者が住み慣れた場所で長く暮らすために使おうとの試みは数多くなされている^{5), 6), 7)}。そういった研究は家庭にセンサーを埋め込み、転倒などの事故を検出することを目的としている。行動認識はそのような応用において重要な要素技術である^{8), 9), 10), 11), 12), 13)}。

我々はそこからさらに一歩進めて、介護の仕方を変えて事故を未然に防ぐことを狙っている。行動認識の技術を使って転倒などを検出することは有益であるが、事故が起きる前に防いだ方が良いのは言うまでもない。介護の現場で行われているのも予防的な措置であり、入居者の衰えに気づいたら家具の配置を変えたり、家の一部を改築したり、入浴介助の人員を増やしたり、目が届きやすい位置に居室を移したりしている。

重要なことは介護を受ける人のニーズに過不足無く適

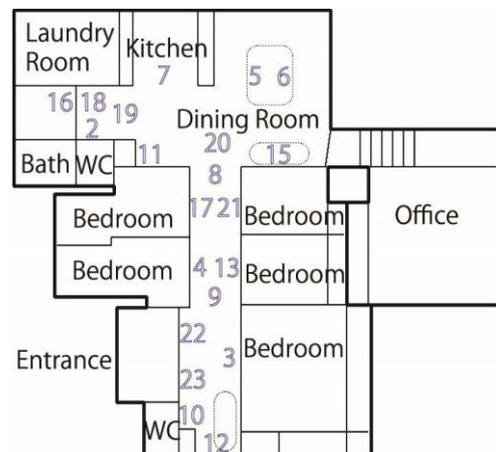


Fig1. グループホーム見取り図とアンテナ位置

切に応えることである。過剰に関与すれば自立を損なうから、できる限り自分のことは自分でやれるよう見守らなければならない。本当に必要とされる時だけ、介助することが求められる。被介護者の状態を正しく知ることが、適切な介入レベルを把握するために必要不可欠である。

必要な介助のレベルを把握することは介護者の能力の核となる。技術の役割もそのような介護者の能力を支援することにある。

3. データ収集の方法

石川県内のあるグループホームが調査に協力してくれた。グループホームとは認知症の高齢者が介護者の助けを受けながらできる限り以前と同じ生活を続けていくことで残された機能を維持しつつ、一般家庭に近い落ち着いた雰囲気のなかで穏やかに暮らす場所である。

協力してくれたグループホームは 60 年ほど前に一般家屋として建てられ、10 年ほど前に 6 名の高齢者が住めるよう改築されたものである。常時、2 名から 3 名の介護者が詰めており、入居者を介助している。(夜間は 1 名である。)

このグループホームに 21 基のアンテナを埋め込んだ(アンテナ位置については Fig. 1 を参照のこと)。入居者らには RFID タグが装着されたスリッパを履いてもらい、位置を検出・記録した。このシステムは本来、入居者ごとに異なったルールで介護者に警告を出すものである¹⁴⁾。

データ収集に当たっては本学のライフサイエンス委員会に計画を提出し、倫理上の配慮について認可を得た上で実施した(認可番号 21-002)。実験内容は入居者本人、その家族、および介護者らに説明し、書面にて了解を得た。

行動に影響を与えることを避けるため、長期的にデータを蓄積することの意図は説明しなかった。30 ヶ月のデータ収集後に、施設の経営者に対して結果を説明した。

4. 収集したデータおよび前処理

2008 年 6 月から始めて約 30 ヶ月後の 2010 年 11 月初旬までに収集したデータを解析の対象とする。RFID タグから収集したデータ数は 1,946,264 である。システムが記録するのは特定のタグがあるアンテナの検出範囲に入ってきた時間とそこから出て行った時間のみである。これらのデータを前処理して、ある入居者が特定の場所に滞在していた時間と、ある場所から別の場所へと移動し

ていた時間とを割り出した。

アンテナの検出範囲に入った時点を IN、出て行った時点を OUT とする。これらの時点が正確に入居者の通過を示すのが理想であるが、同じ場所で足踏みするとその都度 IN と OUT の記録が残るという問題がある。60 秒以内であれば、IN-OUT の集合を 1 つのイベントとして扱うことにした。

移動の推測には困難が伴う。1 つのアンテナから別のアンテナで捕捉されるまで記録が残らないため、その間を歩いていたことが保証されない。実際に収集したデータをもとに実験を繰り返し、30 秒以内に 2 つのアンテナで反応があれば、その間に移動したと判断することとした。

前処理を施した結果、滞在情報を 568,517 抽出した。また移動情報を 432,676 抽出した。RFID タグから得たデータからこれらの情報を抽出する方法についてはより洗練された方法も存在するが¹⁵⁾、上記の比較的単純な前処理を施すに留めた。データ数が膨大なので多少の誤りがあっても分析結果を大きく左右することはないからである。

5. データ分析

長期的な変化をみるため、データの収集期間である 2008 年 6 月 1 日から 2010 年 11 月 6 日までを 4 週間ごとに区切って、32 の小区間に分けた。分析の視点は定着性と移動性の 2 点である。定着性とは入居者がどこにいたことが多いかという傾向を意味する。移動性はどの程度屋内を移動したかを意味する。

5.1. 定着性

Fig.2 は 5 名の入居者 A から E について、時系列で居場所に関する情報を表したものである。横軸は時間経過を、縦軸は居場所を捕捉した時間長を示す。2008 年 6 月 1 日から 2010 年 11 月 6 日まで、4 週間ごとに滞在時間を集計し棒グラフで示している。時間長の単位は秒である。50 万秒は約 140 時間に相当し、28 で割って一日あたりの滞在時間長を算出すると約 5 時間である。ゆえに棒グラフが 50 万秒に達しているところは平均で一日 5 時間の居場所を、また 100 万秒に達しているところは一日 10 時間の居場所を把握していることになる。なお滞在時間の内訳がわかるよう、検出したアンテナによって陰の付け方を変えている。

図をみると入居者 A について、時点 1 で変化があったことがわかる。影の付け方からアンテナ 6 番と 5 番から得られたデータが判別できるが、これらはいずれもダイニングにあるテーブルの直下にある (Fig. 1 参照)。ただ

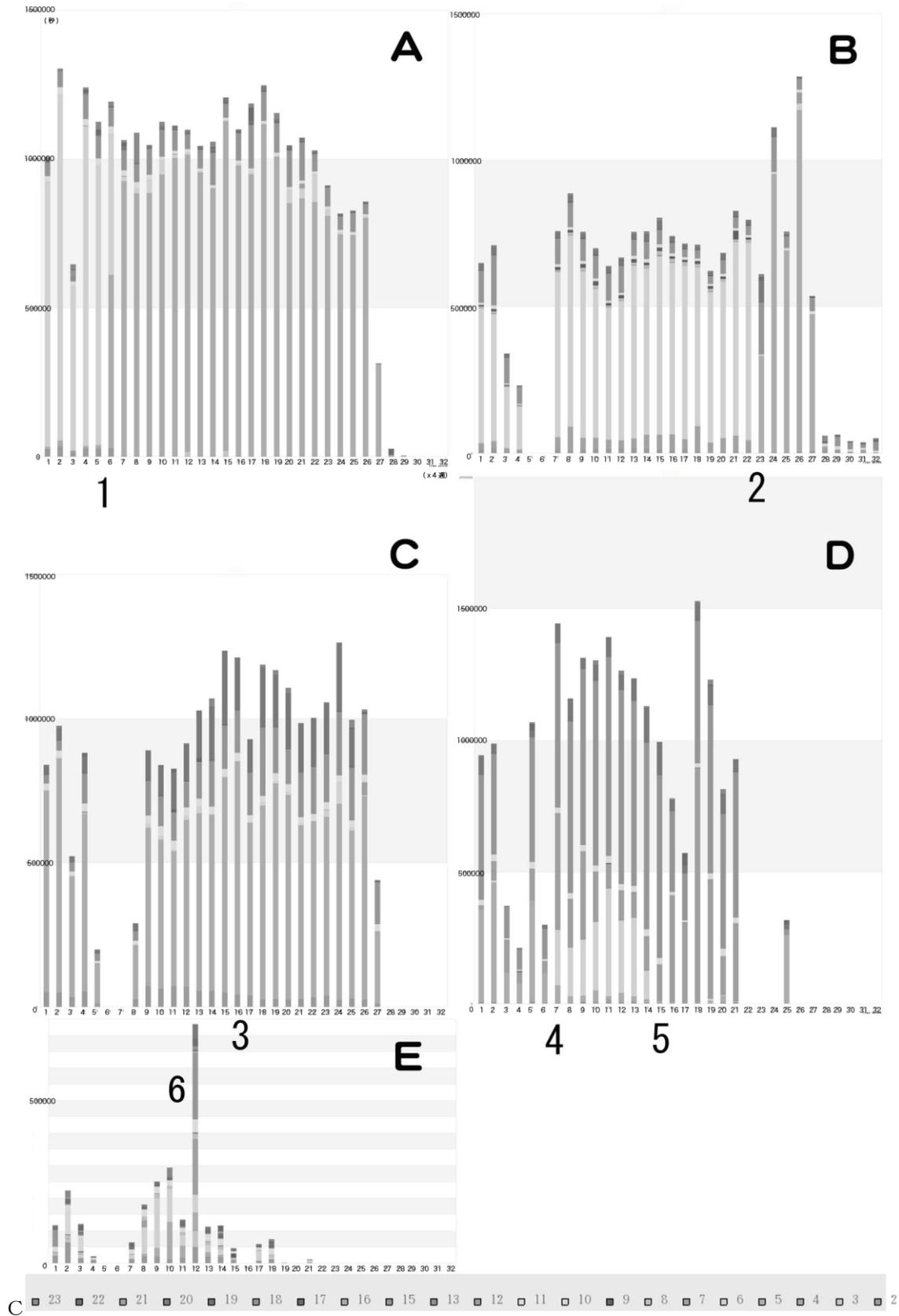


Fig. 2 入居者 A から E の居場所の変化

し両者はテーブルを挟んで互いに別の側に位置する. Fig. 2-A をみると, 入居者 A はテーブルで座る位置を 6 番か

ら 5 番に変えたことがわかる. またその後, 徐々に低下して突然落ち込んでいる時点がある. この時期, 入居者

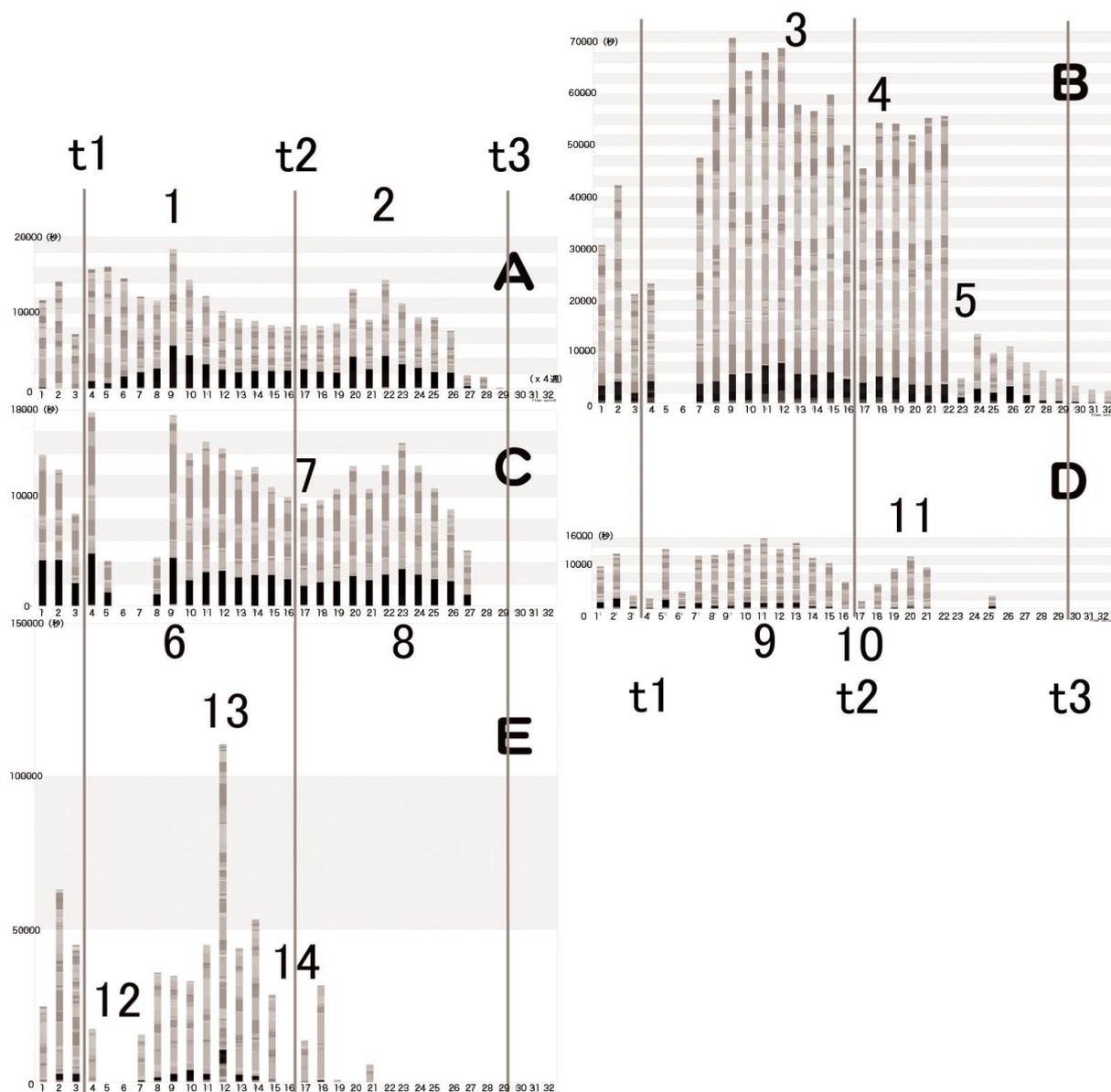


Fig.3 入居者 A から E の移動量の変化

A は体調を崩してほとんど自室で過ごしていた。グラフより、いつ頃から A が体調を崩し始めたのがわかる。それは約 1 年かけて起きた、ゆっくりした、しかし確実な衰弱の過程である。入居者 B も時点 2 において同様の变化をみせている。その時、B は自室にて骨折事故を起こしており、グラフの変化はその事故の影響で B が座る場所を変えたことを示している。また事故後、棒グラフが極端に低くなっており、自室で過ごす時間が増えたことを物語っている。

入居者 C は安定した傾向を示しており、時点 3 においてややピークをみせている。グラフからは自室で過ごす時間が増えていったことが読み取れる。入居者 D もまた比較的安定した傾向をみせている。時点 4 と 5 の間でゆるやかなピークを示している。よく見ると、D は座る場

所を変えていることがわかる。時点 4 で 5 番から 6 番に変え、さらに時点 5 で 6 番から 7 番に変えている。ただし D からのデータ収集は途中で辞めざるを得なかった。好奇心が強く、スリッパに挿入された RFID タグを見つけて取り出そうとするからである。取り出す際にスリッパを壊すので適用は無理であった。

入居者 A から D までの 4 名に比べると、入居者 E の行動は安定していない。時点 6 では突如として高いレベルを示し、その間は 15 番に近いところにいたことがわかる。これはダイニングのソファ近くを示す。介護者からの聴き取りにより、この変化の背後には介護者らによる積極的な働きかけがあったことがわかった。E は自室に籠もっていることが多かったため、介護者らがリビングに出てきて過ごすよう促したのである。入居者 E につ

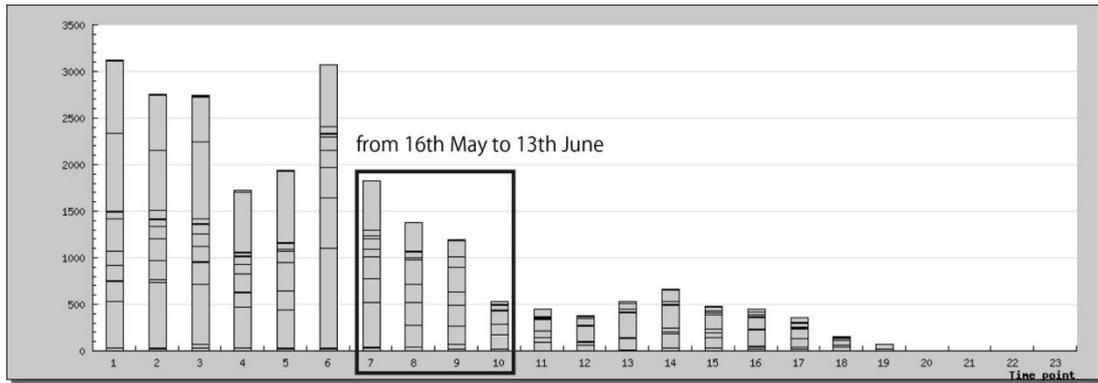


Fig. 4 入居者 A の移動量変化 (週単位)

いてもデータ収集を途中でやめた。足が悪く、強く接地面を打つように歩くため、すぐにスリッパが壊れてしまったのである。

5.2. 移動性

Fig. 3 は移動性に関する傾向を表示したものである。棒グラフの高さは入居者の移動時間に比例する。影の付け方によってどのアンテナからアンテナへの移動なのかを区別しているが、400 以上の組み合わせがあるので影の違いで移動を区別することはしていない。

入居者 A の移動については時点 1 と 2 でそれぞれピークにあることが読み取れる。入居者 B は以前、入居者のうちで最も活動的であったが、時点 3 でピークに達した後、緩やかに減少し、時点 4 あたりで安定している。しかしながら転倒事故で骨折した時点 5 以降、劇的に活動レベルが低下している。

入居者 C は時点 6 と 8 あたりで緩やかなピークをもつ安定した傾向を示しており、時点 7 でやや減少している。入居者 D は時点 9 あたりでピークを示している。時点 10 で活動レベルが低下したが、時点 11 に向けて回復している。入居者 E は時点 13 においてもっとも活動的であった。時点 12 と 14 では活動が低下している。

興味深いのは季節的な変動が見て取れることである。時点 t1, t2, t3 は 8 月を示している。8 月は日本ではもっとも暑い時であり、すべての入居者で活動レベルが低下している。逆に冬は活発になっているように見受けられる。ただしこれらの増加傾向は夏の減少傾向に比べると顕著ではない。

6. 考察

上で示した分析結果を介護者らに提示していたなら、

どのように役立てられたであろうか。この点をみるために、入居者 A と B に焦点をあてて検討する。A はデータ収集中に逝去した。また B は自室にて転倒し骨折した。これらの出来事がデータから推測できたかどうかを検討事項である。

6.1. 衰弱の様子

Fig. 3-A からは最後の 3 ヶ月間、A が徐々に活動レベルを落としていった過程が見て取れる。屋内の移動経路を詳しく見ると、この期間、ほとんど自室にて過しており、ごく稀にダイニングに出てきていた程度であったことがわかる。

Fig. 4 は 4 週間ごとに棒グラフにしていたものを 1 週間ごとに改め、時間解像度を上げた結果を示す。全期間を示すことはできないため、4 月 4 日から 8 月 15 日までに限定する。Y 軸の値は「分」である。グラフによると、2010 年の 5 月 16 日から 6 月 13 日にかけて活動が低下し、その後ももとは戻らなかったことがわかる。その後、二ヶ月間、低いレベルで安定していた。このことから 2010 年の 5 月 16 日から 6 月 13 日までの期間に入居者 A の衰弱の始まりに気づけたかもしれないと思われる。

毎週、定期的に行動変化をグラフにして介護者らに提示していれば、6 月 13 日頃には介護者らも A の変化に気づけたのではないかと推測される。その変化は顕著であり、見逃すことは難しいだろう。

時間解像度をさらに上げて、日単位で変化をみたらどうなるだろうか。Fig. 5 がその結果であるが、却って変化が見づらくなってしまった。変化は単調ではなく、緩やかなアップダウンがある。そのため衰弱しているのか回復しているのかわからない。

この結果は時間のスケールが重要であることを意味している。日単位では傾向が見えず、少なくとも週単位で

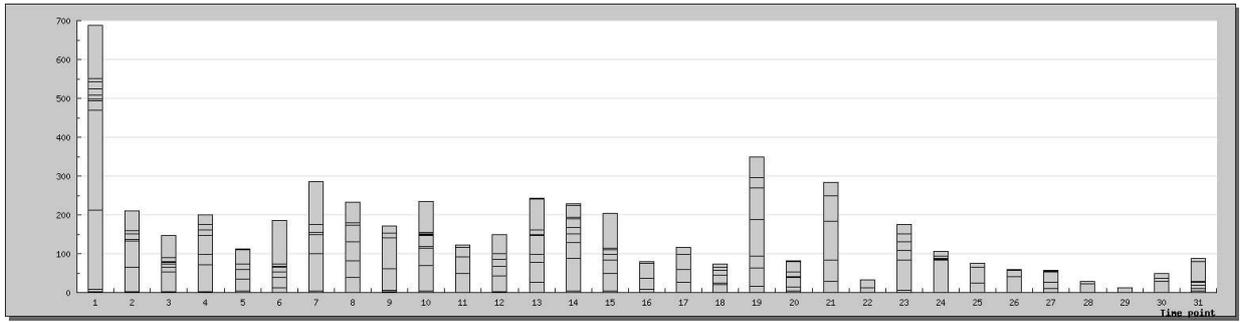


Fig.5 入居者 A の移動量変化 (日単位)

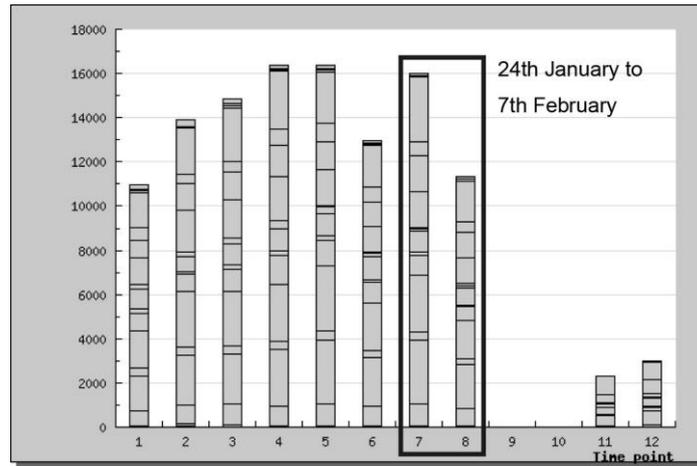


Fig.6 入居者 B の移動量変化 (週単位)

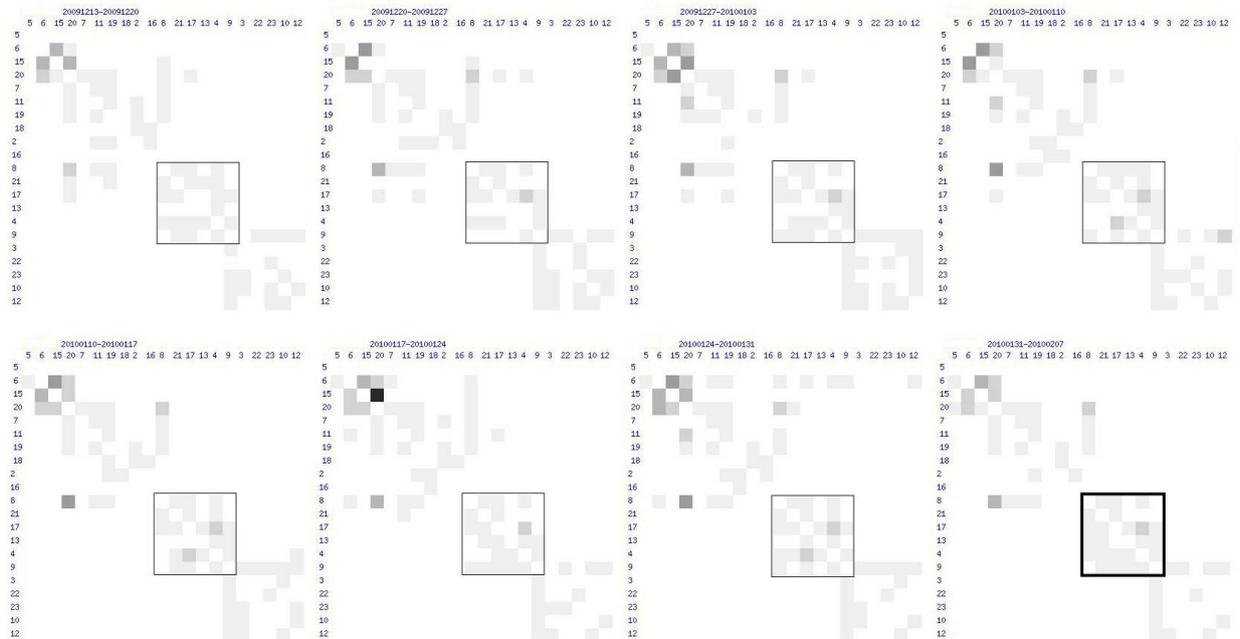


Fig.7 入居者 B の経路ごとの通過頻度

グラフ化する必要がある。また少なくとも 4 ヶ月から 5 ヶ月間、データを取り続ける必要がある。

ここで示した結果はデータ分析が介護に有益であることを意味する。4 ヶ月から 5 ヶ月かけて徐々に進む変化

は知覚困難である。データがなくとも、半年くらい前に比べて何となく元気がないと気づくかもしれないが、それがどのくらい急激な変化なのかはわからないだろう。またそこから回復が望めるかどうかもわからない。

仮に入居者 A の状態変化に早期に気づいていたなら、十分な覚悟を持って A の最期に備えることができたであろう。最期の時であることに気づいた介護者もいたかもしれないが、証拠がない状況でそのようなことを口にするのは憚られるのが普通である。普段接触がない、離れた所に住む家族にとっては尚更であろう。データの蓄積と分析はターミナルケアの開始時期を判断するために有益である。

6.2. 転倒について

転倒は入院が必要となることが多く、高齢者の生活の質を著しく落とすことになりやすい。認知機能の低下にもつながりやすいので避けなければならない。ゆえに転倒防止は非常に重要である。

転倒リスクの軽減は多くの研究者が関心を持つところである。本節では収集したデータがリスク軽減に役立っているかどうか、入居者 B の事例をもとに検討する。

Fig. 3-B で入居者 B の移動性をみると、二度目の夏(時点 4)以降、B の回復が遅かったことがわかる。時点 5 直前のレベルは 1 年前(時点 3)と同程度までには回復しなかった。時点 3 から 5 にかけて、約 1 年で活動レベルは 2 割低下している。これだけでも前年に比べて衰弱していることがわかるが、転倒の危険性を予知できるほどの情報は読み取れない。

事故が起きた時点から 2 ヶ月遡ってデータをもう少し詳しく調べてみる。Fig. 6 は 2009 年 12 月 13 日から 2010 年 3 月 7 日にかけて、週ごとに移動レベルを表示したものである。B は 2010 年 2 月 5 日に転倒しているの、8 番目の棒がその日を含んでいることになる。図をみると、1 月 24 日から 2 月 7 日にかけて急激な減少が起きたことがわかる。(矩形で囲ってその期間を強調しておく。)

B の行動変化をみるため、別の角度からグラフを書き直してみる。Fig. 7 は入居者 B の経路ごとの通過頻度を示したものである。Fig. 1 に図示したアンテナ位置を、上方右(ダイニング位置)から下方(入り口に相当)にかけて直線化する。すなわち、5, 6, 15, 20, 7, 11, 19, 18, 2, 16, 8, 21, 17, 13, 4, 9, 3, 22, 23, 10, 12 の順になる。垂直軸が IN 点(経路の入り口)、水平軸に OUT 点(経路の出口)である。経路の入り口と出口が同じである経路は存在しないので対角線上のセルは空白となる。

1 月 31 日から 2 月 7 日までの一週間に注目し、下段右端のマトリックスを調べると中央に近い、太線で囲った部分に特徴がみられる。すなわち、アンテナ番号でいうと 8, 21, 17, 13, 4, 9 でつながれた領域が濃く塗られてお

り、これらの場所を入居者 B が頻繁に通ったことがわかる。これらの場所は B の自室に近いところであり、特に 17 番は自室出入りに配置されている。

Fig. 6 に見られる活動レベルの低下と Fig. 7 で濃く塗られた部分とを考え合わせると、入居者 B は頻繁に自室を出入りするも廊下を歩いただけですぐに部屋に戻っていたと推測される。ダイニングなど共用スペースに足を踏み入れていなかったという点で、活動範囲が狭まったといえる。推測の域を出ないが、B は自室から出たものの不調を感じ、共用スペースに顔を出さず気分にならなかったのであろう。

Fig. 8 は粒度を細かくして 1 月 24 日から 2 月 5 日までの行動を日単位でグラフ化したものである。減少している区間を矩形で囲んだ。最初は 1 月 26 日から 28 日にかけて、次に 1 月 30 日から 2 月 4 日にかけての期間である。間に挟まれた 2 月 1 日から 3 日の間は僅かながら上昇している。二度目の減衰の直後、2 月 5 日に転倒している。

Fig. 8 を転倒直前、たとえば 2 月 4 日に見たとして、事故を予測できただろうか。第 1 と第 2 の減衰は期間の長短が違っただけでそれ以外の特徴を見いだせない。

以上の試みから、入居者 B の体調が落ちていることは週単位で傾向をみないとわからないといえる。逆に言えば週単位でなら転倒の危険性が上がっているか否かを推定できる可能性を示唆している。

6.3. 介護者の気づき

上に述べたことを介護者が気づいていたかどうかを調べるため、介護日誌と照合しようとした。しかしながら該当するようなことを介護日誌に書く習慣がなく、分析結果を文書記録と照合することはできなかった。介護日誌は日々の出来事を記録するものなので長期的な傾向について記述することは稀である。

介護者らに何か気づいていたことはなかったか聞いたところ、入居者 A の衰えには気づいていたものの、それ

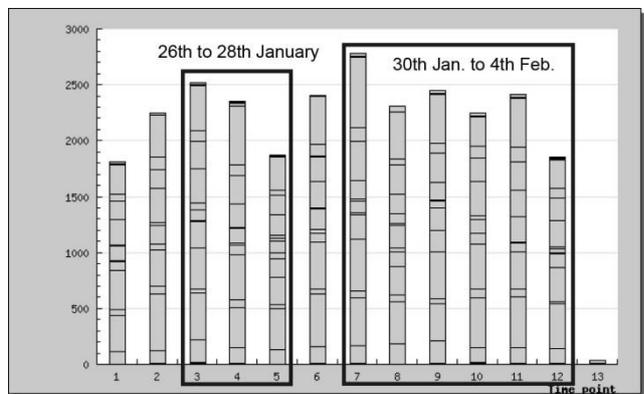


Fig. 8 入居者 B の移動量変化 (日単位)

がいつ頃から始まったかは意識されていなかった。分析結果に対しては、漠然と感じていたことがデータとして示され、腑に落ちたとの感想を得た。また入居者Bの転倒について特別な注意は払われていなかった。入居者Bは食べ過ぎの傾向があったので、糖尿病を防ぐためにも運動を勧めていたほどで転倒を予期させる出来事は観察されていなかった。

介護者は日々の生活を世話しているので、トイレの利用回数や水分摂取量など注意深く観察し記録するが、長期的な変化については介護者間で感想を述べ合うに留まる。具体的な行動データがあれば、長期的な変化について介護者らが深く議論できるものと期待される。また訓練を受けた介護者であっても思い込みで左右され、些細ではあるが重大な変化を見落とすことがあり得る。見落としを避けるには介護者間の議論が不可欠であり、データはそのような議論の助けとなるであろう。

6.4. 介護におけるセンシングとプライバシーの関係

研究の目標は重大事故の危険性を推定する手法の開発にあるが、そのためには統計的処理が可能となる程度の大規模なデータが必須である。しかし、大規模なデータ収集はプライバシー侵害が懸念される。認知症介護において、センシング技術をどのように組み込むか、またその際どのようにプライバシーを確保するかは大きな問題であり、十分に研究がなされていない¹⁶⁾。

RFID 技術のようなセンシングは常に対象者のプライバシーを侵害する危険性を伴う。介護では介護を受ける者の私的領域に立ち入らざるを得ず、プライバシーを常に侵していると言っても過言ではないが、それに見合う益があることによって正当化される。したがって問題はプライバシーを侵害することではなく、プライバシー侵害により被る損失を補って余りある利益が被介護者にもたらされるかという点にある。

介護において重要なのは当事者である認知症高齢者の気持ちに寄り添い、本人が必要としていることを読み取って提供していくことである。時に自分の要求を表現することが困難な認知症高齢者に対しては周囲が歩み寄り、気持ちを汲む必要があるが、当事者を理解することについて、現状は介護者の経験的知識に頼るところが大きい。

介護者の能力を過小評価するわけではないが、いかなる人間であれ見落としや思い違いはある。介護者の思い違いで介護を受ける人に害を与える可能性は除外しきれない。裸眼での観察に加えて、センシングによってデータを収集し解析することで、当事者に関してより多くの情報を集められる。センシングは当事者主権というもっとも重要な理念を実現する手段である。

一方でセンシングが入居者の行動を制約することに使われる恐れがある。そのような人権侵害を防ぐには介護

者の行動を監視する必要がある。RFID 技術は介護者の行動を追跡するためにも使えるが、これは労働問題に発展しうるので扱いは慎重に行う必要がある。経営者が査定などに使うことのないよう、情報管理の仕組みを整えなければならない。

要点はセンシングによって集めた情報を誰が管理し、アクセスをどのように制限するかにある。理想は介護保険制度において保険者である地方自治体に情報管理部門を設け、そこで一元的にアクセスを制御することだが、現状では介護保険制度自体が情報機器の活用を前提として設計されておらず、実現は困難である。今後、被介護者の権利保護と介護資源の適切な利用に向けて制度改革とともに進めていく必要がある。我々はこういった問題にも取り組んでおり、技術者だけでなく福祉制度や介護者の労働問題の専門家らと議論を重ねている¹⁷⁾。

7. おわりに

本稿では30ヶ月におよぶ位置情報の収集により、長期的にデータを集めることでどのような利益がグループホームで暮らす認知症高齢者にもたらされるのかを確認した。グループホームにRFIDを用いた位置検出・記録システムを設置し、タグをスリッパに挿入して入居者らの位置を検出した。データを分析したところ、暑い夏の時期に活動が低下することを見いだした。データ収集以前は寒い冬の時期に活動が低下すると予測していたので、これは我々にとって意外な結果であった。

季節変動を把握することは重要である。なぜならその影響を分析時に取り去らないとその人本来の活動の変化がわからないからである。季節の影響は地域によって異なるので、予測では地域性（より具体的には気候）を考慮する必要がある。

本稿では5名の入居者のうち、さらに入居者AとBに注目し、衰弱死と転倒という出来事がデータにどのように反映されているのかを調べた。入居者Aの事例は、数ヶ月にわたって衰弱が進行することを示しており、その変化は週単位でみた時に知覚できる。入居者Bの事例は、同じく週単位で見れば転倒事故の直前に活動レベルが急激に低下していることを示している。週単位であれば転倒事故を予測できるかもしれない。

本稿で紹介した結果は少ない事例に基づいたものであり、今後より多くのデータを集めて検証していく必要がある。しかしながらデータを長期的に蓄積することで高齢者に益する情報が得られることは示せたと考える。異変がみられれば介護者に注意を促し、活動レベルに応じて住環境を適切に調整できるようになる。

データに基づいた予測を検証するのは現実的には困難

である。転倒などの危険が予測されれば介護者が状況を改善しようと努力するからである。したがって手法の正しさは事故減少や長寿など効果を測ることによって間接的に確認できるに留まる。より本質的には住居、介護、および本人の状態という三要素をそれぞれに類型化し、その間の相互作用を分析することが研究の目標となる。今後はそのような方向へ研究を進めていく。なお住居構造と介護の関係については別項で考察している¹⁸⁾。

RFID の利用に関しては有用な情報を抽出できないとの報告もあるが¹⁹⁾、それは 10 週間のデータ収集を根拠としている。本稿で示した結果から、10 週間ではデータ量が十分ではなかったと結論づけられる。

RFID 技術を利用することの利点は行動の見落としが避けられることにある。介護者は多くの作業を同時並行で進めており、常に入居者の行動を見られているわけではない。古い建物を改造した場合は死角もあちらこちらに存在する。RFID 技術は介護者の目となり、記憶を支援する。

冒頭で触れたように、介護では受けられるサービスと失うプライバシーとの間にトレードオフがある。どこでバランスをとるかを決めるにあたって、利用者の体調を知っておくことは有益である。衰えにより転倒など事故の危険性が高まった時、身に付けるタイプのセンサーを装着してもらって日々の活動をより詳細にモニターするといった手順も考えられる。装着型の装置は数多く提案されている^{20), 21), 22), 23)}。モバイル型の注意喚起装置²⁴⁾も有用であろう。しかしながらこれらの装置を採用するに当たっては利用者に負荷をかけないように注意しなければならない。

研究者からは技術開発に集中するあまり、実際の利用者のニーズに答えられていないのではないかとの反省がある²⁵⁾。高齢者とその介護者を支援する技術は数多く提案されてきているが、いつどのような技術を使うのが適切なのかを論じたものはほとんどない。そのような議論をするには技術者と介護者の密な関係が必要であり、データに基づいて意見を交わすことが望ましい。本稿で紹介した結果がデータに基づく介護の普及につながることを期待する。

参考文献

- 1) United Nations, Department of Economics and Social Affairs (2010). Selected Demographic Indicators: Population Ageing.
- 2) Sackett, D. L., Rosenberg, W. M., Gray, J. A., Haynes, R. B., and Richardson, W. S. (1996). Evidence based medicine: what it is and what it isn't. *British Medical Journal*, 312, 71-72.
- 3) Manandhar, D., Okano, K., Ishii, M., Torimoto, H., Kogure, S., & Maeda, H. (2008). Development of ultimate seamless positioning system based on QZSS IMES. *In ION GNSS*, pp. 16-19).
- 4) van Hoof, J., Kort, H., and van Waarde, H. (2009). Housing and care for older adults with dementia: a European perspective. *Journal of Housing and the Built Environment*, 24, 369-390.
- 5) Lin, C. C., Chiu, M. J., Hsiao, C. C., Lee, R. G., and Tsai, Y.S. (2006). Wireless Health Care Service System for Elderly With Dementia. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, 10(4), 696-704.
- 6) Lin, Y. J., Su, M. J., Chen, S. J., Wang, S. C., Lin, C. I., and Chen, H. S. (2007). A Study of Ubiquitous Monitor with RFID in an Elderly Nursing Home. *International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 336-340.
- 7) Mateska, A., Pavloski, M., and Gavrilovska, L. (2011). RFID and Sensors Enabled In-Home Elderly Care, *34th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics*, 285-290.
- 8) Kasteren, T. L., Englebienne, G., and Kröse, B. J. (2010). An activity monitoring system for elderly care using generative and discriminative models. *Personal Ubiquitous Computing*, 14, 489-498. (<http://dx.doi.org/10.1007/s00779-009-0277-9>)
- 9) Kröse, B., Oosterhout, T., and Kasteren, T. (2011). Activity Monitoring Systems in Health Care. In: Salah AA, Gevers, T., editors. *Computer Analysis of Human Behavior*. Springer London, 325-346.
- 10) Biswas, J., Tolstikov, A., Jayachandran, M., Foo, V, Wai, A., and Phua, C. (2010). Health and wellness monitoring through wearable and ambient sensors: exemplars from home-based care of elderly with mild dementia. *Annals of Telecommunications*, 65, 505-521.
- 11) Hein, A., and Kirste, T. A. (2009). Hybrid Approach for Recognizing ADLs and Care Activities Using Inertial Sensors and RFID. In: Stephanidis, C. editor. *Universal Access in Human-Computer Interaction. Intelligent and Ubiquitous Interaction Environments*, vol. 5615 of Lecture Notes in Computer Science. Springer Berlin / Heidelberg, 178-188.
- 12) Vuong, N. K., Chan, S., Lau, C. T., and Lau, K. M. (2011). A predictive location-aware algorithm for dementia care. In: *15th International Symposium on Consumer Electronics*, 339-342.
- 13) Zouba, N., Bremond, F., and Thonnat, M. (2009). A computer system to monitor older adults at home: Preliminary results. *Gerontechnology*, 8(3), 129-139.
- 14) Miura, M., Ito, S., Takatsuka, R., Sugihara, T., Kunifujii, S. (2009). An Empirical Study of an RFID Mat Sensor System in a Group Home. *Journal of Networks (JNW)*, Academy Publisher, ISSN : 1796-2056, 4(2), 133-139.
- 15) Srivastava, L., and Zmo, D. (2009). AGE@HOME:

- Radio-Enabled Environments for Independent Ageing. *Wireless Personal Communication*, 51, 761–791.
- 16) Niemeijer, A. R., Frederiks, B. J. M., Riphagen, I. I., Legemaate, J., Eefsting, J. A., and Hertogh, C. M. P. M. (2010). Ethical and practical concerns of surveillance technologies in residential care for people with dementia or intellectual disabilities: an overview of the literature. *International Psychogeriatrics*, 22(7), 1129–1142.
- 17) 藤波 努 編集, 社会福祉と情報技術研究会メンバーによる共同執筆 (2011), 認知症高齢者介護と情報技術 1. JAIST Press, ISBN 978-4-903092-27-0.
- 18) Sugihara, T., Fujinami, T. Jones, R., Kadowaki, K., Ando, M. (to appear 2013). Enhancing Layers of Care House with Assistive Technology for Distributed Caregiving, Proc. of AAAI 2013 Spring Symposia.
- 19) Logan, B., Healey, J., Philipose, M., Tapia, E. M., and Intille, S. (2007). A long-term evaluation of sensing modalities for activity recognition. In: *Proceedings of the 9th international conference on Ubiquitous computing. UbiComp '07*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 483–500.
- 20) Guenterberg, E., Ghasemzadeh, H., Loseu, V., and Jafari, R. (2009). Distributed Continuous Action Recognition Using a Hidden Markov Model in Body Sensor Networks. In: *Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Distributed Computing in Sensor Systems. DCOSS '09*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 145–158.
- 21) Chen, Y. C., and Lin, Y. W. (2010). Indoor RFID gait monitoring system for fall detection. In: *2nd International Symposium on Aware Computing*, 207–212.
- 22) Bowen, M. E., Craighead, J., Wingrave, C. A., and Kearns, W. D. (2010). Real-Time Locating Systems (RTLs) to improve fall detection. *Gerontechnology*, 9(4), 464–471.
- 23) Hijaz, F., Afzal, N., Ahmad, T., and Hasan, O. (2010). Survey of Fall Detection and Daily Activity Monitoring Techniques. *Electrical Engineering*, 10(6):1–6.
- 24) Huang, C. N., Chiang, C. Y., Chang, J. S., Chou, Y. C., Hong, Y. X., and Hsu, S. J. (2009). Location-Aware Fall Detection System for Medical Care Quality Improvement. In: *Third International Conference on Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 477–480.
- 25) Soar, J., and Seo, Y. (2007). Health and aged care enabled by information technology. *Annals Of The New York Academy Of Sciences*, 1114(1), 154–161.

謝辞

本研究の一部は文部科学省知的クラスター創成事業石川ハイテク・センシング・クラスターにおける「アウェアホーム実現のためのアウェア技術の開発研究」プロジェクトの一環として行われた。また JSPS 科研費 23500646 の助成を受けている。(課題名: 認知症対応型介護施設における入居者および介護者の行動推定手法の開発)

FINDING LONG TERM TENDENCIES IN DAILY ACTIVITIES OF PEOPLE WITH DEMENTIA BASED ON LOCATION DATA

Tsutomu FUJINAMI¹, Taro SUGIHARA², Motoki MIURA³,
and Ryozo TAKATSUKA⁴

¹Ph.D. (Science and Engineering) Associate Professor, Japan Advanced Institute of Science and Technology, School of Knowledge (E-mail:fuji@jaist.ac.jp)

²Doctor. (Engineering) Assistant Professor, Japan Advanced Institute of Science and Technology, School of Knowledge (E-mail:sugihara@jaist.ac.jp)

³Doctor. (Engineering) Associate Professor, Kyushu Institute of Technology, Faculty of Computer Science and Systems Engineering (E-mail: miuramo@mns.kyutech.ac.jp)

⁴Doctor (Science), Director, Care Matrix Tomarigi (E-mail: tktkr@sepia.ocn.ne.jp)

The development of radio frequency identification (RFID) technology makes it possible to track the daily activities of residents when installed in a residential home. We studied what valuable information can be extracted from location data of the daily activities of residents collected over several years. We installed antennas into a group home housing six people with dementia and asked them to wear slippers into which RFID tags were inserted. Data was collected over thirty months. We found a seasonal trend with all residents but one person who was wheel-chaired. For example, their activity level was lowered during summer. We identified a resident whose activity was in rapid decline three months prior to her death. For another resident who fell down, we identified a rapid decline in activity decline a week prior to the incident. Both also showed a change in their behavioral patterns. Long-term data collection is useful for assessing residents' health conditions. With sufficient data, we can detect abnormalities.

Key Words: *Dementia Care, Smart Home, RFID*