

RK-001

高齢者の歩行に着目した移動情報取得システム Acquisition of Movement Information Focusing on Walking of Elderly People

中井 崇人[†]
Takato Nakai

原田 史子[†]
Fumiko Harada

島川 博光[†]
Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

筆者らの研究プロジェクトは、センサ等の技術により、遠隔地で暮らす家族や、医療機関に対して高齢者の見守りを可能にし、高齢者の安心した生活の実現を目的としている。本研究では、屋内の床などにパッシブ型RFIDタグが敷詰められており、その空間で人がRFIDリーダを搭載したスリッパを履いて生活する環境を想定する。本論文では、高齢者に起こる危険な状態の検知とその前兆発見の双方を支援する高齢者の移動情報を取得する手法を提案する。生活空間に敷詰められた各RFIDタグには、各タグを敷いた位置と関連付けられた情報が書き込まれている。スリッパ型RFIDリーダを装着した人が、タグ空間を歩行することで、タグから読み出された情報やタグの認識が発生した時間から移動情報を取得する。これらが正確に取得できれば、高齢者の身に起きる危険の検知、その前兆発見の支援が可能となる。

取得データの有効性を検証する実験により、位置情報としての利用に十分なタグの認識が得られた。また、歩幅に着目して分散分析をおこなった結果、行動ごとの歩幅に特徴があることがわかり、取得した歩幅が、歩行情報として利用するのに十分正確であることを示せた。

以下、2章で高齢者の現状と高齢者支援について述べる。3章では、RFIDを用いた移動情報取得を提案し、既存の位置検知システムについて述べる。4章では本手法の検証実験とその結果・評価について述べる。

2. 高齢者支援

2.1 遠隔見守り

高齢者は加齢とともに身体機能が低下し、少なからず生活に支障が生じる。子供などが同居している世帯においては、高齢者に異常が生じたさいに同居者がその異常を発見、対処することが可能である。しかし近年、高齢者単独、もしくは高齢者夫婦から構成される高齢者世帯が増加している。これらの世帯において、高齢者の身に生じた何らかの異常や危険に対処することは困難である。また、高齢者の世帯の多くは、子供が、仕事や結婚のために、遠隔地で暮らすことにより生じており、この状況下で、子供が高齢者の健康状態を見守ることは困難である。

一方、近年におけるセンサ技術や通信技術の発展はめざましく、センサ技術を用いて高齢者に異常がないかを検査するシステムや異常を遠隔地に住む家族に伝える通信システムの開発が可能となっている。これらの技術を組み合わせた遠隔見守りが実現すれば、子供、高齢者共に安心して生活することができる。子供がいない高齢者世帯においても、自分たちの万が一の事態に備えて、医

療機関や福祉機関からの遠隔見守りサービスを受けることができれば、安心である。

2.2 危険な状態の検知

高齢者世帯、特に高齢者の単独世帯においては、高齢者が疾患による意識不明や転倒等の危険な状態に陥ったさいに誰も救護を行うことができない。危険な状態に陥った高齢者が、自らその状況を外部に通知することは困難であり、早急に対応しなければ、最悪の事態も起こりかねない。これらに対処するには、高齢者の危険検知において人手を必要としないものが必要であり、現在、高齢者の身に起きた危険を検知し通報するシステムが多数存在する。

実用化されているものとして、カメラ画像等を用いて高齢者の動作を監視するもの、緊急通報装置などが挙げられる。また、センサを用いて転倒を検知するもの [1]、生活パターンに着目し、高齢者の非日常状態を検出するもの [2] が研究されている。これらの利点としては、高齢者世帯においても高齢者の危険状態を検知することで、早急に対応できることである。しかし、これらは危険発生後に通知する事後認識システムである。対象が高齢者である限り、危険発生を検知通報し、一命をとりとめたとしても入院状態や要介護状態に陥る可能性が高い。体力の低下している高齢者は、その状態から異常発生前の状態に戻ることが困難である。そのため、これらの事後認識だけでは、高齢者の見守りには不十分であると考えられる。

2.3 前兆の発見

高齢者の望む自立生活期間を延長するには、危険状態の検知にくわえて、その状態に至る前の異常や前兆をできる限り早く発見することが必要である。前兆を発見できれば、早期に医師の診察、治療や家族の介護を受けることが可能となり、死亡や入院、要介護状態へとつながる危険の発生を予防することができると考えられる。

前兆を発見するためには、高齢者が健常なときから、日常的にデータを取得する必要がある。期間も長期に及ぶ。そのため、高齢者にとっては、前兆発見を支援するためだけのデータ取得は負担が大きく、利益が少ないように感じられる。前兆発見のためのデータ取得と同時に、高齢者が危険状態に陥ったさいには、その状態を検知し、通報する危険検知システムとして動作するシステムならば、健常状態でのデータ取得も高齢者に負担なく受け入れてもらえる。したがって、危険検知と前兆発見のためのデータを同時に取得し、状況に応じたデータ選択、使用を行い、適切なサービスを提供できれば、高齢者の自立を支援することに加え、離れて暮らす家族や、介護サービスを提供する人の負担を軽減することができ、双方に利益がもたらされる。

[†]立命館大学情報理工学部

[‡]立命館大学大学院理工学研究科

3. 高齢者を見守るための移動情報

3.1 手法の位置づけ

本論文では、高齢者の危険な状態を検知するシステムと前兆の発見を行うシステムの双方に必要な情報を提供する基盤システムを提案する。このシステムは、双方のシステムに有用な基盤情報として、位置情報を取得し、さらに、それらから高齢者の歩行情報を導出する。本研究では、位置情報と歩行情報をあわせて、移動情報と呼ぶこととする。提供するサービスやデータの使い道によって異なる精度の位置情報を提供する。歩行情報は、高い精度で測定された位置変化の記録より提案システムが計算する。変化量により歩幅が導出でき、変化に要した時間がわかれば歩行速度が計算できる。

3.2 既存の位置検知システム

本研究で取得する位置情報のうち最も精度の高いものは、具体的に足の着地位置を特定できる程度であり、この精度の位置検知が行えるシステムを使用する必要がある。既存のものとして、GPS、Bluetooth、ZigBee、WLANを用いた位置検知システム [3] が存在するが、誤差が1m以上あるため、前述の精度を満たす位置情報取得には至らない。また、無線技術の中で比較的精度の高いUWBを用いた位置検知を行うシステム [4] を用いても、30cm程度の誤差が生じるために、本研究での位置検知に向かない。RFIDを用いた位置検知システム [5] も存在するが、大まかな位置検知が目的である。大まかな位置情報を用いることで、危険認識システムを支援することはできると考えられるが、本研究で必要となる位置検知精度を得ることができないため、歩行情報取得による危険認識システムや前兆発見システムの支援を行うことは困難である。

3.3 移動情報取得システム

本研究では移動情報取得にRFIDを用いる。図1に示すよう、RFIDリーダを足に装着した人がパッシブ型RFIDタグの敷詰められた空間を歩行することでタグを認識する。具体的には、足に装着されたリーダが、敷かれているタグに近づく、もしくは、接触することでタグを認識し、取得したIDからタグの敷かれている位置を特定する。このシステムの対象となる空間は屋内であり、屋内において認識されたタグの位置を示すX、Y座標、タグが認識された時刻がシステムにより記録される。足の着地位置という精度の高い位置情報を取得することで、歩行速度や歩幅といった歩行情報までもとめることができる。

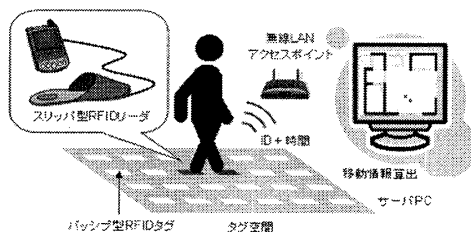


図1: システム概要

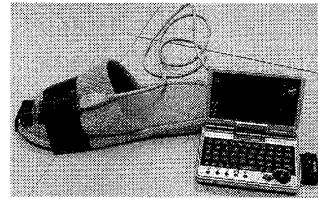


図2: スリッパ型RFIDリーダ

3.4 タグ空間

データ取得の対象となる空間は、床や畳、カーペットといった屋内で人が歩行する空間であり、それらにタグを敷詰める。タグには、室内におけるX、Y座標や、部屋を示すIDから構成されている位置情報と関連付けられたIDが登録されており、そのIDと敷詰められたタグ間の間隔から具体的な位置情報と歩行情報を特定することができる。また、本手法の目的は高齢者支援における、状況に応じた位置情報の提供であり、必要となる位置情報の中で最も高精度のものは、人の足の着地位置を特定するものである。そのため、1度の着地に対してタグの認識が1回生じることが理想であり、タグの間隔は3cmと狭くなっている。

3.5 スリッパ型RFIDリーダ

本研究では、フラッシュメモリ型RFIDリーダを用いてタグ認識を行う。データ取得デバイスとして、図2に示すスリッパ型リーダを作成した。スリッパ型リーダはリーダを動作させるための携帯端末と接続されており、データ取得のさいには携帯端末を所持することとなる。高齢者を対象としている限り、装着に負担や、違和感なく、常時装着可能であるデバイスが望ましいが、今回は取得データの有用性評価が目的であり、リーダの強度、データ取得の精度を重視したため、スリッパ型とした。歩行によりタグが認識されるよう、リーダに接続された自作アンテナがスリッパの裏側に内蔵してある。

3.6 危険状態検知における移動情報

現在、危険状態検知を行う研究やシステムは多数存在する。危険検知システムは、高齢者の状態をリアルタイムで知る必要があるため、行動認識を行うことが少ない。行動認識ができれば、高齢者が普段通り生活しているかを管理することができ、高齢者が危険状態に陥れば、それを検知することができる。トイレや入浴といった場所が限られる行動は、位置情報のみで特定することができる。場所に縛られない行動においても、位置情報は、行動認識に有用な指標であり、行動の認識精度を向上させることができると考えられる。

センサを用いて高齢者の姿勢や転倒等の危険状態を検知するシステムにおいては、その状態が起こっている場所が、その行動の危険度を判定する上で重要となる。たとえば、同じ横になるといった姿勢でも、その場所が居間とトイレでは危険度が大きく異なると考えられる。前者は特に問題はないが、後者は非常に危険な状態である。そのため、危険判定において状態を示すデータのみでは不十分であり、多くの危険検知システムにおいて、位置情報は有用なデータであると言える。

3.7 体力低下を測る高齢者の歩行

高齢者は、一度入院状態や要介護状態に陥ってしまうと、その状態からの回復が困難であり、再び自立生活を送れる状態に復帰できる可能性は高くない。そのため、入院状態や要介護状態に陥らないことが理想といえる。これらに陥る原因としては、病気や歩行異常による転倒、骨折等が挙げられる。そのため、日々の歩行状態から、高齢者が歩行異常にいたるまでの傾向や足腰等の身体機能の低下などを見つけることが可能であると考えられる。また、高齢者にとって歩行は生活の要であり、歩行が通常に行えることが自立した生活を送るための基盤となる。歩幅、歩行速度、歩数、移動距離といった高齢者の日常的な歩行に関する情報を取得することができれば、高齢者の屋内における活動状況を把握することができると考えられる。これらを長期的に収集すれば、それらの推移や変化から、高齢者の体力低下や足腰の衰えを見つけ出せると考えられる。

4. 評価

4.1 日常生活に基づくデータ取得

本研究では、高齢者支援に用いるデータの有用性を評価するため、実装したシステムによりデータを取得した。タグ空間上を無意識に歩行するだけでは、得られたタグの認識や取得した移動情報の有用性を示すためには不十分であると考えられる。そのため、日常生活に基づくデータ取得を行い、高齢者支援に用いるために必要なタグ認識と、移動情報が得られれば、システムが有用であると考えられる。また、日常生活に基づくいくつかの行動ごとにデータを取得することで、行動ごとのタグ認識やデータの違い、高精度な位置情報から得られる行動時の特徴が見つけられる可能性がある。

4.2 実験内容

本実験の被験者として20代男性4名、20代女性1名の計5名を対象とし、図3に写真と間取りを示すダイニングと居間からなる空間上で実験を行った。間取り図には、タグが敷かれている部分が示してある。実験のさい、被験者は両足にスリッパ型リーダを装着し、携帯端末を2つ所持した状態でタグ空間上を歩行した。

はじめに、通常歩行時と行動時のデータ比較、通常時の歩行データに占める行動時の歩行データの割合等を求めるために、タグ空間上の周囲を10周歩行してもらい被験者ごとの通常歩行時のデータを取得した。

次に、1日の行動を短縮したものを1セットとし、1人あたり計10セットの行動時のデータを取得した。実験時には、タグの認識と歩数の一致度を計るために、カウンタを用いて実際の被験者の歩数を測定した。被験者には歩数測定のさいに万歩計を装着してもらい、万歩計による歩数認識も行った。

4.3 タグ認識率

本研究におけるタグ認識率はカウンタによる測定値に占めるシステムによる認識回数で計算し、万歩計においても同様の方法で認識率をもとめた。被験者ごとに認識率をもとめ、基本歩行における認識率を表1に、行動時を図4に示した。余分認識とは、1度の着地のさいに隣接するタグを2つ以上認識した場合の合計値である。

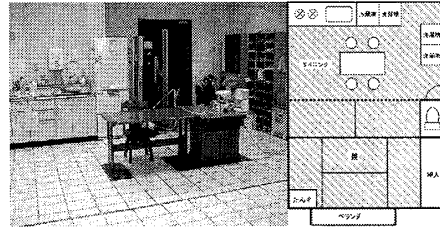


図3: 実験空間と間取り図

表1: 基本歩行におけるタグ認識率

	A	B	C	D	E
万歩計	88.2	77.7	81.1	44.6	75.5
システム	77.0	73.4	80.0	82.9	78.2
余分認識	0.6	0.4	0.1	2.6	0

表1から、基本歩行における認識率は、万歩計の認識率が比較的高いことがわかる。図4に、各行動における被験者ごとの万歩計とシステムによる認識率を示す。行動の種類によっては、足を小さく動かすことが多くなり、余分認識ではなく隣接するタグを認識することがあると考えられる。そのため、行動時においては、余分認識をもとめることができない。行動時における認識率においては、全体的に万歩計に比べ、システムの認識率が高くなっており、基本歩行時と同様に、行動時においても被験者Dの認識率は他の被験者に比べ高くなっている。

4.4 歩行情報の算出

実験では、歩行情報のうち歩幅に着目し、基本歩行時と行動時の歩幅を計算した。歩幅の計算方法としては、両足のデータを用いて認識したタグ間の距離で計算したものと、左右ごとに分けてタグ間の距離を計算し、2で割ったものの計3つの方法を用いた。行動によっては、極端に歩幅が短いものが、通常の歩幅に入り混じることがある。両極端な歩幅の影響を除外するため、取得データの平均値に加えて、中央値をもとめた。行動時の歩幅の代表データとして、両足のデータを用いて計算した歩幅の平均値を図5示す。

本実験において、着目した歩幅が、行動ごとに正確に取得できていないことを示すために、歩幅率という指標を考え、歩幅率の値が行動ごとに特徴を持つことを示すために分散分析を行った。歩幅率は、被験者の基本歩行で取得した歩幅に占める行動時の歩幅の割合であり、これを用いることで、分散分析のさいに歩幅の個人差を考慮する必要がなくなると考えられる。この分散分析の結果を表2に示す。

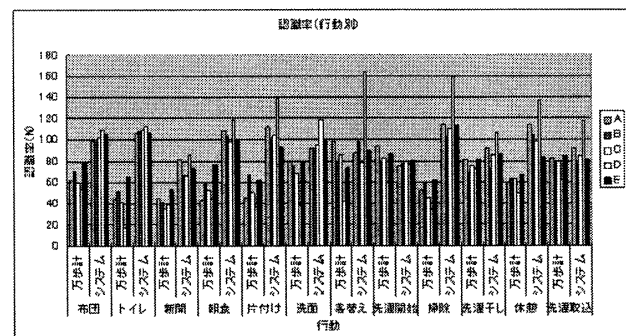


図4: 行動時のタグ認識率

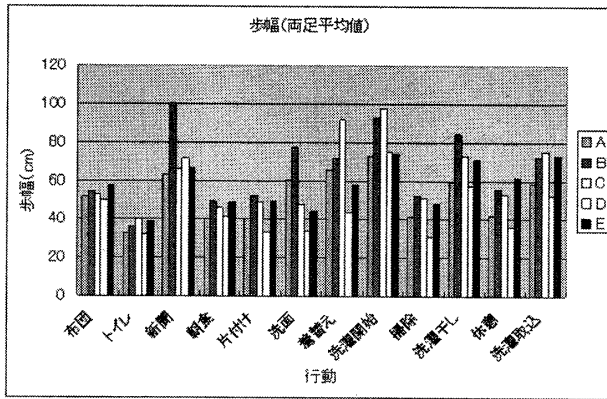


図5: 両足のデータを用いた行動時における歩幅の平均値

5. 議論

5.1 位置情報としての利用可能性

図4に示した結果より、万歩計において、行動時の速度が通常歩行と比べて遅いと考えられる行動の認識率が低下した。システムでは、速度が遅いと考えられる行動において高認識であった。実験における行動のうちいくつかは行動の中身がない。これは単なる移動であることを意味し、その行動において認識率が比較的低かった。また、基本歩行、行動時共に認識率が高かった被験者Dは女性であるため、歩行速度の違いから認識率に変化が出たと考えられる。このことは、表1に示した基本歩行のデータ取得時に同様の距離を歩いたにもかかわらず、被験者Dのみ歩数が多かったことからわかる。

これらより、タグ認識が歩行速度に依存しているといえる。本研究の対象となる高齢者の歩行速度は本実験における被験者と比べて遅いと考えられるため、データ取得において、高い認識率が期待できる。行動時のタグ認識率において、システムの認識回数を着地回数を上回るケースが生じた。これは、一度の着地で複数のタグを認識したことを意味し、その多くがすり足もしくは、足が地面に接近した状態での歩行であると考えられる。

この実験で得られた程度の認識率があれば、人間が足を数歩動かせば、屋内の具体的な位置情報を知ることができ、それを危険認識システムの精度向上や、危険判定の要素の1つとして用いることができるといえる。

5.2 歩行情報としての利用可能性

図5に示す、行動時の歩幅を示すグラフにおいて、行動時の歩幅は、タグの認識率同様に、移動に近い行動と、速度が低下すると考えられる行動で変化が生じた。計算

表2: 行動ごとの歩幅率における分散分析結果

歩幅率	分散比
両足のデータを用いた歩幅の平均値	9.9
右足のデータを用いた歩幅の平均値	15.5
左足のデータを用いた歩幅の平均値	9.9
両足のデータを用いた歩幅の中央値	10.2
右足のデータを用いた歩幅の中央値	19.7
左足のデータを用いた歩幅の中央値	11.8

方法としては両足のデータを用いたものが片足ごとに計算した方法に比べて大きい値となった。また、歩幅の値が比較的小さかった行動においても、速度低下によりすり足が生じ、値が小さくなったと考えられる。

移動に近い行動では歩幅はその被験者の通常歩行時に取得した歩幅に近い値となっており、すべての被験者において、行動ごとの歩幅値に同様の傾向があるように見える。これは、表2に示した分散分析の結果を用いて証明することができる。分析結果として、計算方法とデータの取出し方が異なるすべての歩幅率において、必然と偶然の分散比がF値境界値を上回っている。(F(11,48)=2.0 p<.05)これは、行動ごとに歩幅率が変化していることを示す。結果として、どの被験者においても、行動の種類による歩幅値の変化に同傾向があり、行動時における歩幅が正確に取得できていることの証明になる。

本実験において、歩幅の計算方法とデータの取出し方異なる6つの方法で歩幅値を算出したが大きな違いはなかった。そのため、データ取得において、リーダの装着は片足のみでも十分可能である。行動ごとの歩幅値に傾向は生じたものの、取得した歩幅のみを用いて、行動の種類を特定することは困難であると考えられる。しかし、歩幅値の違いや、基本歩行時との比較により、何か動作を行っているときと、単に移動しているときとの切り分けは可能であり、日常データとしての利用にくわえて、行動認識等への使用も可能であると考えられる。

6. おわりに

本論文では、高齢者世帯において、高齢者の身に起きる危険状態とその前兆検知の双方を支援する基盤情報として移動情報に着目し、RFIDを用いた移動情報取得を提案した。本手法を用いて、高齢者支援において取得した移動情報の有用性を検証した。その結果、位置情報としての利用に十分な認識率が得られ、歩行情報としての利用に十分な行動ごとの歩幅の特徴が同定された。今後は、実際に高齢者を被験者として、長期的なデータ取得により、本手法の有効性を検証していく予定である。

参考文献

- [1] 吉村拓巳: 転倒解析支援システムの開発, NAIST-IS-DT0061026, (2002).
- [2] 青木茂樹, 大西正輝, 小島篤博, 福永邦雄: 独居高齢者の行動パターンに注目した非日常状態の検出, IEEJ Trans.SM, Vol125, No.6, (2005).
- [3] 山中康正, 橋浦正樹, 上村進, 佐藤誠治: Bluetoothによる位置情報提供システムの開発とその評価, シヤープ技報, No87, (2003)
- [4] 堀江亘, 眞田幸俊: UWBを用いたアドホックネットワークのための位置情報を利用したルーチング方式, 電子情報通信学会論文誌A, Vol.J86-A, No.12, pp.1493-1501 (2003).
- [5] 渡辺英俊, 遠田敦, 林田和人, 渡辺仁史: 行動追跡技術としての床面に敷設されたRFIDの読み取りに関する研究, 日本建築学会 大会学術講演梗概集 E-1 分冊, pp.923-924 (2007).