



# Wi-SUNを活用した在宅高齢者の ライフマネジメント技術

NECソリューションイノベータ株式会社 イノベーション戦略本部 本部長代理

かい まさよし  
甲斐 正義



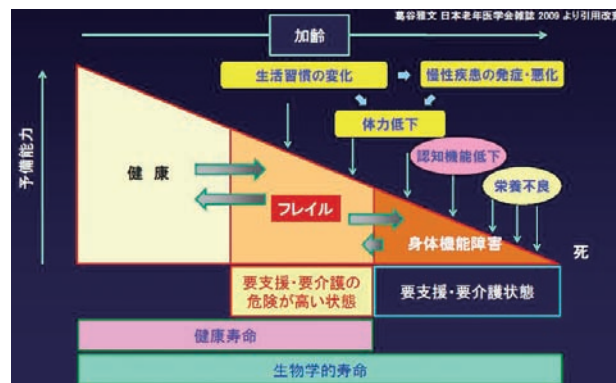
## 1. はじめに

近年、「少子高齢化」「無縁社会」「超高齢化社会」、団塊の世代の方々が75歳以上となり全人口の18%を占める「2025年問題」、人口は9000万人を下回るが65歳以上の人口が40%となる「2060年問題」など、高齢者の多い時代を示すキーワードに溢れており、現在はこれらの前兆を示すように高齢者を対象とした「徘徊」「逆走」「介護殺人」などのキーワードも増えてきている。

健康とは「生活機能」全体が高い水準にあることであり、加齢に伴う心身機能の衰えは誰しもが抱える課題であるが、近年では生活水準や生活環境の向上もあり、生活機能は世代を追うごとに向上し、同じ年齢の高齢者であっても年々に健康になっていると言える(図1)。

一方、介護保険制度における要介護者または要支援者と認定された高齢者は年々増えており、厚生労働省 平成28年度版高齢社会白書によれば、高齢者の要介護・要支援認定者数は2003年度末に370.4万人であったが2013年度末で569.1万人となっている。さらに、前期高齢者(65～74歳)で要介護・要支援の認定数は4.4%であるのに対して、後期高齢者(75歳以上)では32.1%であり、急激な増加となり、特に要介護認定者数が3%から23.3%へと大きく上昇している。

健康の状態は多くの場合、活動的であり元気な状態から、フレイル(虚弱)な状態を経て、要支援・要介護の状態へ

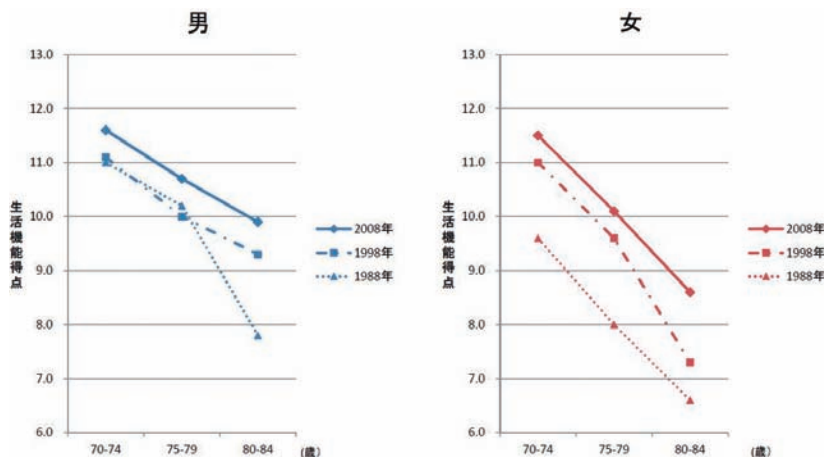


■図2. 加齢に伴う身体機能変化と慢性疾患(佐竹昭介、国民健康保険中央会 平成27年度 都道府県在宅保健師等会 全国連絡会 2016年2月3日 資料No.2より引用)

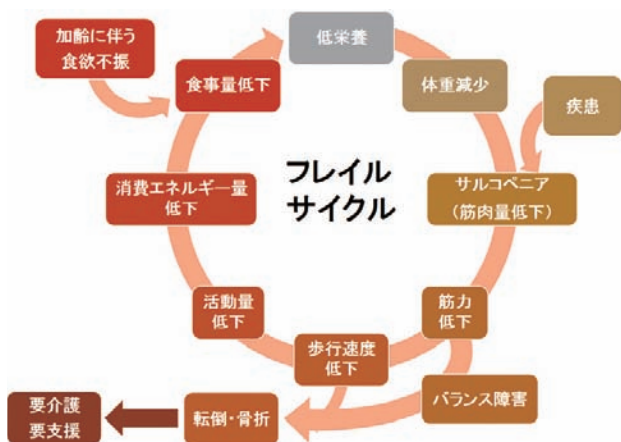
移行する(図2)。フレイル状態にある高齢者は、全高齢者の9%であり、フレイル予備軍も含めると32%になる。(日本老年医学会 高齢者総合的機能評価、鳥羽研二作成;2015年6月改訂版 座学テキストより)

また、フレイルの状態には、ある程度回復する力が残っており、健康な状態に回復する可能性があることから、高齢者3200万人(2013年10月)のうち1000万人は要介護・要支援の予備軍であり、これらフレイルな高齢者を早期に発見し、早期に生活機能を維持・向上することが、要介護・要支援への予防にとって、非常に重要だと考えている。

フレイルの状態は、図3に示すような悪循環により成り立っていると考えられている。



■図1. 生活機能の時代変化(鈴木隆雄、厚生労働省 市町村セミナー 2016年6月17日 資料より引用)



■図3. フレイルサイクル

このうち、歩行速度低下・活動量低下に着目し、センシングによるフレイル状態の早期発見を試みている。

歩行速度が0.8m/secを下回るとサルコペニア(筋肉量低下)であるとの判断となり、転倒の危険性が高まる。また、歩行速度の低下は健康寿命の短縮につながる(図4)。

これら、個人のバイタルデータである歩行速度・活動量を計測しフレイルの状態を早期発見することは、高齢者にとってのヘルスケア的なライフマネジメントであり、ライフラインなど生活全般から得られる活動量に比例するデータも収集・管理することは、総合的なライフマネジメントでもある。以下に、ライフマネジメントにおける技術を紹介する。

## 2. 小型センサ

筋力量や歩行速度などは、医療機関などにおける定期的な身体測定により把握され、フレイルであるかを診断して

いる。高齢者の健康状態は本人だけでなく、家族・友人など周囲にとっても関心事でもあり、気になれば常に状態を知りたくなる。

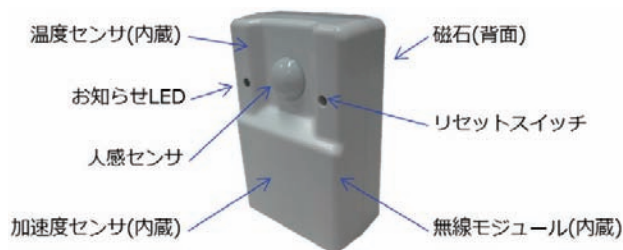
身体測定は一般的な機材によって実施可能であるが、定期的な所定会場での測定は高齢者にとって容易ではない。そこで、普段の日常生活において高齢者が測定を意識することなく、小型センサによる歩行速度や生活行動の計測を実現した。

小型センサ(図5)は、W60×D40×H22(mm)、約40gであり、金属壁には背面の磁石により設置可能である。

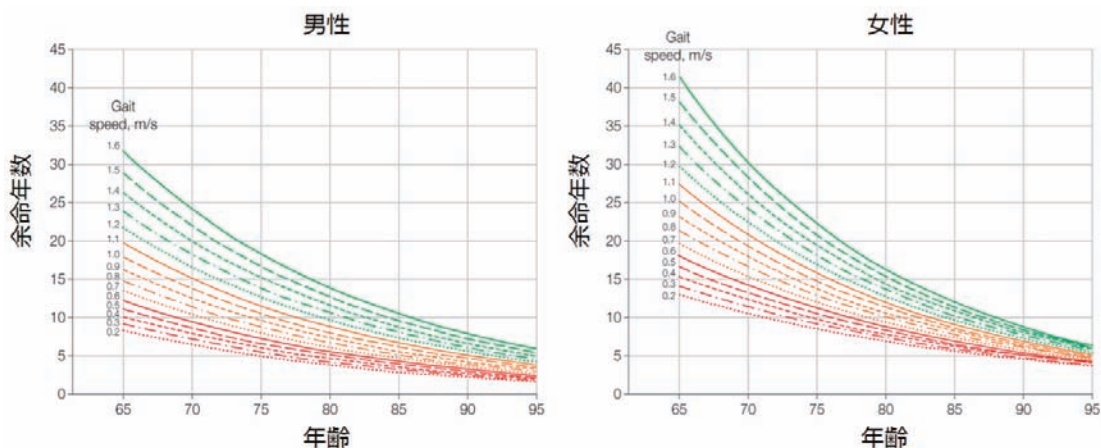
温度センサ・焦電型人感センサ・3軸加速度センサを内蔵しており、設置位置の温度を15分ごとに計測し、前面を通過するヒト体温の検知が可能である。さらに、設置位置が扉である場合、扉の開閉も検知可能である。

いずれの計測・検知においても、計測・検知するたびに、計測・検知した時刻と値を無線送信する。

小型センサには、設置時の動作確認用としてLEDを装備している。そのほかにリセットスイッチも装備しているが、高齢者もしくは家族などによる宅内への設置において、で



■図5. 小型センサ



■図4. 年齢と歩行速度による予測平均余命の中央値 (Stephanie Studenski etc, Gait Speed and Survival in Older Adults, JAMA. 2011; 305 (1) : 50-58.doi : 10.1001/jama.2010.1923. より引用改変)



きる限りの手順操作を不要にし、電池挿入にて計測開始となるようにしている。

無線モジュールにはWi-SUN 20mW/100kbpsを利用し、無線送受信に係る低消費電力化を実現している。この結果、現時点において、ボタン型電池（CR2450）1つで90日間の連続動作が可能である。

### 3. 無線隔測器

従来において活動量は、高齢者に活動量計を保持してもらい計測していた。しかしながら、日常生活において常に活動量計を保持してもらうことは困難である。そこで、小型センサによる移動範囲の計測に加え、水道・ガス・電気のライフライン計測によって、生活全体の活動量の算出を試みている。水道・ガスに関しては、それぞれのメータ計測値を収集する無線隔測器を実現した。電気に関しては、分電盤にて総消費電流を計測・収集する無線隔測器を実現した。

いずれの無線隔測器も入力信号は異なるが、装置としては同じものである（図6）。

無線隔測器は、屋外設置することもあり、防水・防塵対策し、さらには、マルチアンテナを採用することで無線の接続性を高めている。また、設置時の動作確認用としてLEDを装備しており、小型センサ同様に、メータ設置事業者が容易に設置できるよう、簡単な操作のみで計測開始となるようにしている。

無線モジュールには、小型センサ同様にWi-SUN 20mW/100kbpsを利用し、無線送受信に係る低消費電力化を実現している。

現在は、1分ごとの流量計測、1日ごとの無線送信を行っ



■図6. 無線隔測器

ている。また、メータとの接続においては、メータからの異常値取得なども行っている。この結果、現時点において、単2電池2本にて、1.5年動作する。

### 4. 無線親機

日常生活の計測は、高齢者の宅内に小型センサ及び計測情報を収集する無線親機を設置し、実施する。

高齢者の居宅は戸建てや団地などレイアウト・広さも様々であり生活スタイルも様々であることから、無線親機を階段下や宅内の中心などの無線的な理想環境に設置できるとは限らない。

木造家屋・軽量鉄鋼家屋それぞれの宅内に小型センサと無線親機を任意に設置し、通信状況を確認したところ、1階・2階各部屋から無線親機への通信は非常に良好であり、高齢者の嗜好に合わせた場所（本棚上や、電話機BOXの脇など）に配置しても、情報収集可能であった。

### 5. 生活歩行速度の計測

宅内における歩行の速度は、

- A) 生活歩行速度：扉や段差など歩行を妨げるものが無い状況での歩行速度
  - B) 生活移動速度：扉や段差など歩行を妨げるものがある状況での歩行速度
  - C) 生活行動速度：扉や段差などを含み、トイレ・炊事など生活行為を含む速度
- の3種類に分類できる。

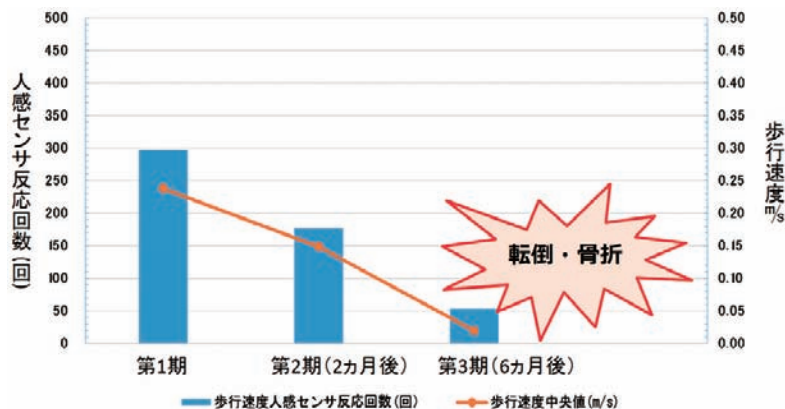
このうち、生活歩行速度の計測においては、焦電形人感センサの複眼レンズ（フレネルレンズ）は一眼だけとしたスリット加工することによって、検知範囲を絞っている。

計測のスタート・ゴールに配置する小型センサは、検知範囲が重ならないように設置する必要があり、最小の水平間距離は50cmであった。また、小型センサによる歩行速度の計測と、身体測定時における従来のストップウォッチによる歩行速度と比較すると、 $\pm 0.2 \sim 0.5$ secであり、手動計測誤差範囲内であった。

小型センサを高齢者宅内の廊下に設置し、年間を通じて生活歩行速度を計測した結果、最初0.24m/secであったが、その後0.15m/secへ、さらに転倒・骨折に至る直前には0.02m/secまで低下していたことを確認できた（図7）。

身体測定における歩行速度は、筋力測定を目的としたMAXスピードであり、転倒リスクが高まる基準値は0.8m/secであるが、生活歩行速度は、はるかに低い。





■ 図7. 人感センサ反応回数と歩行速度(中央値)の推移

これは日常生活における歩行が、主に急ぐ必要性が無い状況下での歩行であり、歩行に要する筋力すべてを利用したものでないことなどが考えられる。現在は、生活移動速度や生活行動速度を加味し、さらなる分析を進めているところである。

## 6. 生活行動速度の計測

日常生活における複雑な動作を必要とする行動にはトイレがある。これまでの研究においてトイレ行動と筋力の相関は明らかとなっていないが、所要には、衣服をおろす・座る・立つ・衣服をつける動作があり、細かさや素早さも必要であり、筋力と相関すると考えている。

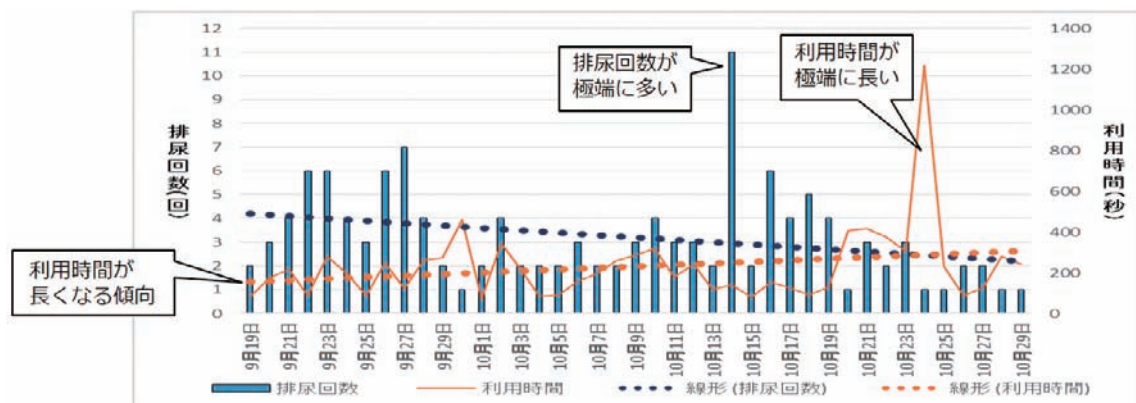
小型センサをトイレ内に設置するにあたっては、トイレ扉と焦電型人感センサの向きに注意する必要がある。焦電型人感センサは、人の体温から発する赤外線を検知しており、小型センサに搭載した焦電型人感センサでは木や壁など厚い遮蔽物を透した赤外線は検知できない。しかしながら、遮蔽効果の低いガラスの場合、小型センサの焦電型人感セ

ンサでも難なく検知できる。この結果、トイレ扉にガラス窓がある場合、トイレ前を横切ただけでも、トイレ内に設置した小型センサが反応することもある。そのため、トイレ内への設置は、扉を背にするなどのトイレ外を検知しないようにする必要がある。

さらにトイレ行為は最高位のプライバシーでもあり、小型センサの焦電型人感センサでは個々の行為を判別できないにもかかわらず、レンズを要していることから、カメラ同様行為そのものを細かく見られていると感じられる方が多い。そのため設置時においては、高齢者や家族への十分な説明による精神的配慮ならびに同意も欠かすことはできない。

トイレ内に設置した小型センサの計測結果から、日常生活におけるトイレ行動には、利用回数が減少するにも関わらず利用時間が長くなる、突然に利用回数や利用時間が多くなるなど、いくつかの特徴あることが分かった(図8)。

突然に利用回数や利用時間が多くなることに関しては、食事が大きく影響していることも考えられる。また、利用回数が減少するにも関わらず利用時間が長くなることに関



■ 図8. トイレ行動時間



しては、季節変化も影響していることも考えられる。いずれにしても継続した計測と分析が必要であり、筋力との相関を含めフレイルサイクルへの影響について、さらなる分析を進めている。

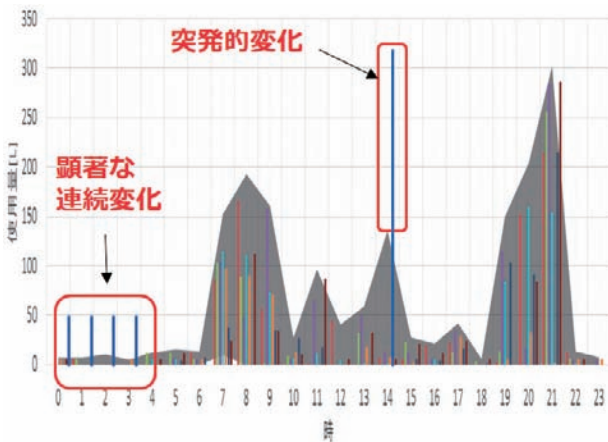
## 7. ライフラインの計測

ライフラインの計測による死活判断ならびに蛇口など利用末端での計測による活動計測は従来より行われている。

高齢者の健康状態を把握するにあたって、個別行動を明らかにする以前に全体傾向から、活動量の変化を把握することが重要である。

ライフライン（水道）を計測した結果を図9に示す。

これら活動パターンの時間的減少・量的減少が、日常生活における高齢者の活動量低下を示すと考えている。また、活動パターンにおける、突発的変化や顕著な連続的変化も、日常生活における高齢者の健康を低下させる要因だと思えるが、今後のさらなる分析を進める。



■図9. ライフライン（水道）の計測結果

## 8. 外出帰宅計測

宅内活動の計測において、外出したことを検出することは非常に重要である。そこで、小型センサを玄関扉に設置し、外出検知している（図10）。

## 9. サービスへの展開

在宅での歩行速度・活動量の計測値は、医療・看護の学術的知識向上に役立てるとことに加え、リハビリ施設などでの健康サービス向上に適用できると考えている。また地域包括ケアサービスへの情報提供により、社会的側面から高齢者の健康寿命延伸に適用できると考えている。



■図10. 外出帰宅の検知

さらに、宅内の人感計測により宅内への在宅状況を把握でき、子供の帰宅管理やライフラインのパートタイムな不必要判断などさまざまな日常サービスへの展開を図ることが可能である。

また、無線にWi-SUNを利用しており、Wi-SUNはスマートメーターによって、各戸への普及が進むことから、小型センサとスマートメーターとが直接的な情報共有することによって宅内にてデータ分析処理を完結させ、結果だけをクラウドへ送信することも可能となり、ICTサービスの課題である通信費用の低減も可能となる。

## 10. おわりに

小型センサ・無線隔測器ならびに宅内実験は、国立研究開発法人情報通信研究機構から受託したプロジェクト「ソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術の研究開発」の一環として実施したものである。最後ではあるが、本稿執筆にあたり、同研究に尽力いただいている金沢大学 加藤先生・北岡先生・正源寺先生、首都大学東京 浅川先生、仏教大学 植村先生、金沢市企業局、日本電気 小林マネージャ、NECソリューションイノベータ 石田マネージャ、稲垣主任、宮崎主任に感謝の意を表する。