

高齢者の「先回り見守り型」支援を実現する電波型超高感度人感センサー技術

橘 素子 平本 美智代
前野 蔵人

現在、日本の少子高齢化は世界に例を見ない速さで進んでいる。既に総人口の4人に1人が65歳以上の高齢者となり、若年人口の減少とも相まって、45年後には2.5人に1人になると推計されている。こうした中でさらに、要介護者や独居・独身の高齢者の急速な増加が指摘されており¹⁾、老後の安心と社会的負担軽減の両立が課題となっている。

この先の少子高齢化の進展は、医療介護負担の増加要因となるほか、支援の手を十分に届けられないリスクを拡大する。このため、支える側と支えられる側のバランスを保つための施策が必要となる。OKIは、この課題解決をICTにより実現する「先回り見守り型」支援を提案する。本稿では、まず本支援のコンセプトを紹介し、その要となるマイクロ波を用いた電波型超高感度人感センサー技術を説明する。

「先回り見守り型」支援

老後の生活の質の維持と、医療介護負担の軽減を両立するためには、健康を維持し、病気になっても早期かつ十分に回復することが重要である。しかし現実には、身体機能の低下と共に徐々に虚弱化し、健康維持が困難となっていく例が多々ある。例えば退職などの社会的責任からの解放と人間関係の変化が、社会参画意欲の低下につながり、そこから外出頻度や活動の低下が始まることある。活動を維持しなければ筋力やスタミナが保てなくなるため、身体機能がさらに低下し、睡眠の質の低下などの活動の質の変化へとつながる。気力・体力の両面での低下が、さらなる外出頻度低下につながり、これらがスパイラルとなり虚弱化が進む(図1)。これが進行すると、ささいな病気でも回復が遅れがちとなり、生活の質の低下と医療介護の負担増につながっていく。このような傾向に歯止めをかけ、長く自立した生活へシフトするために、高齢者の生活活動にわずかな異常の兆候が表れた段階で適切な支援を図り、このスパイラルを断ち切ることが重要である。

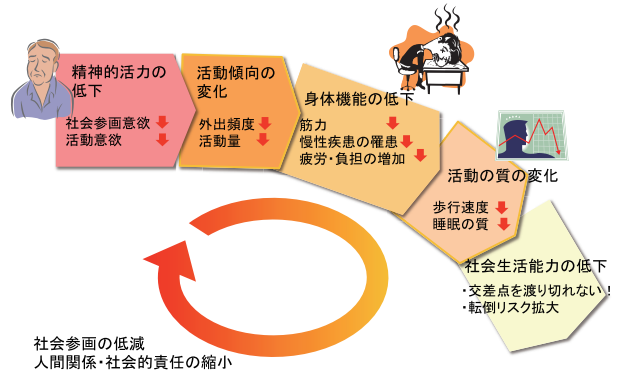


図1 高齢者の虚弱化の流れ

現在、少子高齢化に伴う社会的課題に対し、ICTによる支援の側面から様々な手法が提案されている。それら既存の手法を、高齢者自身の手間と、異常発生前後の観点で4つの象限に整理すると、前述の支援に最適象限が手薄であることに気付く(図2)。既存手法の象限をそれぞれ「健康管理型」「緊急通報型」「見守り型」、既存手法では手薄である象限を「先回り見守り型」と名付け、これら4つの型の特徴を以下に述べる。



図2 高齢者へのICT支援技術

(1) 健康管理型

歩数計・活動量計の装着や、ヘルスメーター等による体重・血圧測定などで健康管理を行うタイプである。健康意識の高い層でのユーザーは多く、健康が損なわれる前に対策を打つことができる。しかし、高齢者自身

による能動的な操作が必要なため、モチベーション低下や飽きによる利用中断などに課題がある。

(2) 緊急通報型

緊急時に、高齢者自身が能動的にボタンを押下する必要のあるタイプや、毎日自発的に装着する必要のあるタイプである。これらは、異常時に素早く助けを呼ぶことができる一方で、異常時に操作できる状態や、装着されている状態にある必要があり、そうでない場合に適切に機能しないという課題がある。

(3) 見守り型

生活時に必ず使用する空間に照度センサーやドア開閉センサーなどを取り付け、一定時間反応のない場合に異常とするタイプや、ガスメータや水道メータといったライフラインの使用状況を監視し、一定時間利用のないことを異常とするタイプである。これらは、高齢者がICTの存在を特に意識する必要なく、異常時にはそれを知らせるといったことが可能である。しかしながら、多くのシステムは、異常の検知に時間を要するといった課題がある。

(4) 先回り見守り型

高齢者が普段どおりの生活をする中で、高齢者の健康異常の兆候から予防的に運動促進や生活改善への支援を行う新しいタイプである。日々の生活の中で体調の変化を自動的に検知し、医療の手を借りる前に客観的な気づきを与えられる。また万一病気になった場合も、体力的な回復状況を客観的に見守ることができ、病気を契機とした不活発を防ぐことができる。

この「先回り見守り型」支援を実現するためには、生活活動状況を煩わしさをなく詳細に把握する必要がある。そのために、非接触で詳細に状況を記録できる技術をこの分野へ適用していくことが重要と考えている。

電波型超高感度人感センサー技術

OKIでは、マイクロ波レーダーを用いた生体計測に関する一連の技術群を、電波型超高感度人感センサー技術と呼び、研究開発を進めている²⁾。マイクロ波の反射による動体の検知技術は、古くから車両の速度計測などの用途で使われているが、高価・大型で宅内用途には適していなかった。近年、マイクロ波回路の小型化とプロセッサの処理能力向上により、宅内に容易に設置できるサイズのセンサーに高度な統計的信号

処理を搭載可能となった。これにより、天井付近に設置するセンサーで宅内での生活状況を細かく把握し、「先回り見守り型」の支援を実現できるようになった。以降では、これに適用するための2つの技術を紹介する。1つ目は、活動量計と同様の機能を人に装着せずに非接触で実現する活動量推定技術、2つ目は、就寝中の微細な活動を非接触で高精度に検知し、睡眠深度や睡眠の質を出力する睡眠状態推定技術である。

活動量推定技術

本技術は、活動量の指標であるメッツ (METs) を、電波で非接触に推定する技術である。メッツは、装着型の活動量計などで数多く採用されている実績のある指標であり、本技術でメッツを採用することは、多様な健康課題に対する知見を取込むことにつながる。

(1) メッツの推定

センサーを体に装着しない本技術には、非接触ならではの難しさが存在する。例えば、センサーと計測対象の位置関係は状況に応じて変化するため厳密に規定することが困難だが、センサーの反応はその影響を強く受ける。そのため、位置関係によらず活動量を捉えるための工夫が必要となる。例えば、反射波を検波した信号の大小はあまり意味を持たないが、その時間的な変動は重要な意味を持つ。こうした多様な切り口で活動の影響を捉える特徴 (活動特徴量) を抽出し、それらで構成される多次元空間上で、活動との関連性を抽出する非線形変換が必要となる (図3)。

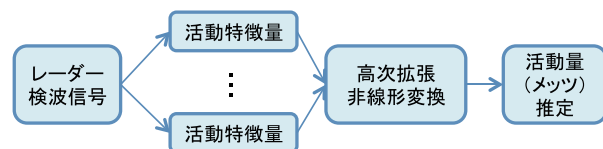


図3 活動量推定処理の流れ

現在研究開発中の技術ではあるが、一例として図4に活動特徴量の一つである検波信号の時間変動成分と、比較のために収集した装着型活動量計の出力 (メッツ) の関係を示す。図4は、日常動作 (読書、家事、ゆっくりした歩行など) や屋内で行うエクササイズなどをそれぞれ3分程度継続して収集したデータを用いたものであるが、両者には十分な相関関係が確認できる。このため、電波を用いた非接触な計測でも装着型と

同様に活動量をメッツとして推定することができる。近年の研究では長時間安静にしている状態（座位活動）が健康状態に悪影響を与えることがわかってきており、そのような状態を示す1~2メッツ程度の推定を重視して研究開発を進めている。

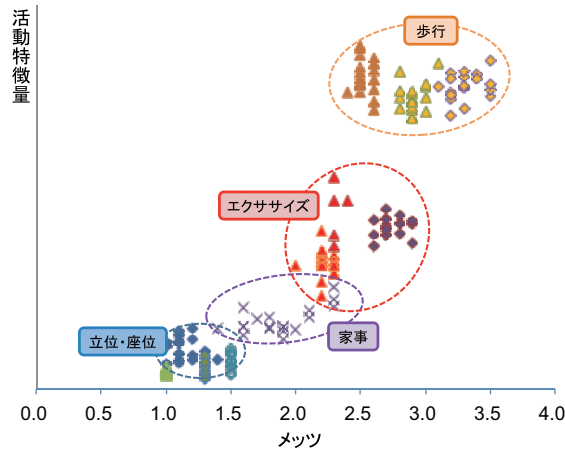


図4 メッツと活動特徴量の関係

(2) 生活活動の長期傾向

活動量を常時計測すると、生活活動の長期傾向を可視化できる。図5は、OKI社員宅に設置したセンサーで約2ヶ月間連続して取得した活動量の履歴例である。横軸が1日24時間を示し、縦軸が日付で約2ヶ月間であることを示している。

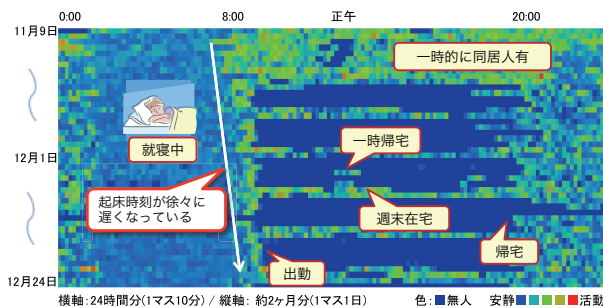


図5 2ヶ月間の活動量からの生活活動の見える化

平日の昼間は出勤のため室内が無人状態となる。また、一時帰宅や就寝・起床時刻などの変化が見える。就寝中は後述の睡眠状態推定技術により、詳細な睡眠のリズムの可視化が可能となるが、ここでは活動量により就寝中か起床後かを推定できる。7~8時頃に起床し、その後の出勤による外出が確認できるが、11月~12月にかけて急激に気温が低下(図6)する中で、起床

時刻が徐々に遅れ、出勤までの時間短縮なども確認できる。生活による活動量変化には、このような季節性の変動も含まうることがわかる。

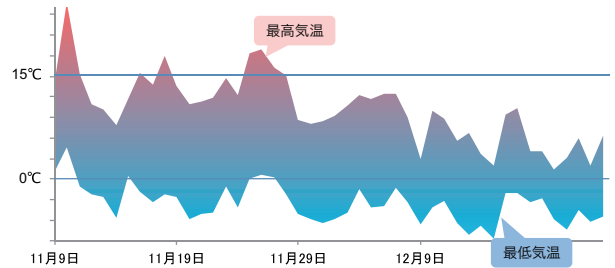


図6 11月~12月の気温変化

高齢者の生活においては、こうした活動履歴を蓄積し、客観的に把握することでさまざまな異常の兆候を可視化できる。例えば、起床時刻の変化や睡眠期間中の活動などは健康状態や認知症の疑いを示し、日中活動量と睡眠の質のバランスや在宅中の座位活動の継続傾向は身体機能の低下や生活習慣病へとつながるリスクを示す³⁾。本技術を用いることで、このような指標から生活改善を図る方向への支援が可能となる。

具体的な例では、例えば65歳以上の高齢者の健康維持には、3メッツ以上の身体活動を毎日40分間行うといった基準⁴⁾も示され、このような身体活動の継続が、生活習慣病のリスクを下げることも示唆されている。活動変化には気温の変化などの季節性要因も含むため、年単位の長期的な計測が重要である。このため、煩わしさを伴わずに長期的に計測が可能でセンサー技術が、今後ますます重要となると考えている。

睡眠状態推定技術

本技術は、前記技術と同様に電波を用いて睡眠の深度と睡眠の質を推定する技術である。呼吸や微小な体の動きを検知し、それらの変動から睡眠深度を推定する(図7)。

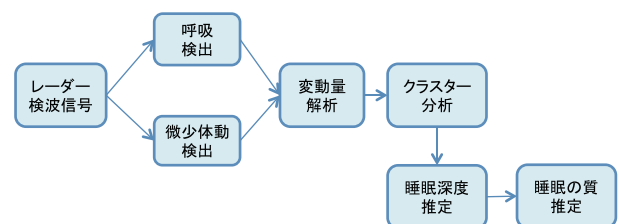


図7 睡眠の質推定までの処理の流れ

呼吸の周期は、睡眠深度と関係する自律神経活動の影響を受ける。一般的には、ノンレム睡眠時には周期が長く安定し、レム睡眠時には短い周期が現れ変動も多くなると言われている⁵⁾。また、寝返りなどの体動も同様に、睡眠深度との関係が指摘されている。この両要素を用いることで、より正確な睡眠深度の推定が可能となる。睡眠深度の推移から終夜の睡眠の質を推定し、夜間覚醒や睡眠サイクルの乱れといった睡眠の質の低下を発見することは、健康異常の予兆を捉えることにつながると考えている。

実際に、高齢者の睡眠時のデータを使用して呼吸周期と体動の量を抽出した例を図8に示す。睡眠深度は、これらの特徴量からクラスター分析により抽出できる。睡眠の質は、睡眠深度の変化パターンによりある程度分類が可能であるが、睡眠の質の高低を示すにはさらなる研究が必要と考えている。



図8 睡眠時の呼吸周期と体動量

まとめ

本稿では、少子高齢化の社会課題に対して「先回り見守り型」支援のコンセプトを提示し、その要となる電波型超高感度人感センサー技術として、活動量推定技術と睡眠状態推定技術を紹介した。本技術は、高齢者が長く自立した生活を送ることのできるように支援するものであるが、例えば医療・介護施設においては、きめ細やかな人的サービスの実現にも貢献可能である。今後は、実証実験等による多くのデータ蓄積により、様々な健康課題に対応した知見を抽出し、健康で安全な社会の実現に貢献する研究開発を行っていききたい。◆◆

参考文献

- 1) 内閣府(2013)、“平成25年度版 高齢社会白書”、<http://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2013/zenbun/index.html>(2014年7月29日)
- 2) 保田浩之 他、“スマート社会実現のためのOKIの

センシング技術”、OKIテクニカルレビュー第219号、Vol.79 No.1、p.12-15、2012年

3) 厚生労働省(2014)、“健康づくりのための睡眠指針2014”、

www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000042749.html (2014年7月29日)

4) 厚生労働省(2013)、“健康づくりのための身体活動基準2013”、

<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xp1e-att/2r9852000002xpqt.pdf> (2014年7月29日)

5) 出口明広 他、“呼吸情報と心拍情報を指標とした睡眠状態の推定”、第25回生体・生理工学シンポジウム論文集、SY0008/10/0000-0093(2010)、P93-96、2010年9月

筆者紹介

橘素子：Motoko Tachibana. 研究開発センタセンシング技術研究開発部

平本美智代：Michiyo Hiramoto. 研究開発センタセンシング技術研究開発部

前野蔵人：Kurato Maeno. 研究開発センタセンシング技術研究開発部

TiPO 【基本用語解説】

METs (Metabolic Equivalents)

身体活動におけるエネルギー消費量が安静時の何倍に当たるかで活動の強度を示したものである。

レム睡眠

急速眼球運動 (Rapid Eye Movement) を伴う浅い眠り。身体は休息しているが脳は覚醒に近い状態で、夢を見るのはこの期間である。

ノンレム睡眠

ぐっすり深い眠り。眠りの深さにより更に細かな段階に分けられる。通常、ノンレム睡眠とレム睡眠が交互に現れる。