

採 択 番 号 : 178B03

課 題 名 : 課題 B 新たなソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術の研究開発

個別課題名 : ソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術の研究開発

副 題 : ライフラインデータを活用した高齢者の在宅生活を支援する
ライフマネージメント基盤の研究

(1) 研究開発の目的

日本は急速な少子高齢化社会を迎えている。2013 年の高齢化率は 23%、独居高齢者世帯数は 479 万世帯を超え、社会保障給付費は 2011 年度に 107 兆円を超え、国民医療費は過去最高の 38.6 兆円を超えている。一方で日本の総人口は減少に転じ税収も低迷、都市部とそれ以外の地域での人口格差や地域経済の格差は拡大し、地方行政の財政は厳しさを増している。

こうした環境下で地方行政は今後さらに少ないリソースで、高齢者や生活弱者への支援などに取り組みざるを得ず、一層の業務効率化と住民サービスの維持という困難な運営を行う必要がある。地域格差はあるが全国に共通する課題であり ICT による貢献が期待できる。

ICT を利用した行政サービスの一例として 95%以上の自治体が採用している高齢者向け緊急通報装置がある。1988 年の補助金制度を契機に普及したが、その普及率は高齢者世帯の 3.2%に留まり、行政は導入の課題として協力員の確保、自治体の費用負担、誤報件数の多さを挙げている。(2011 年第一生命レポート「高齢者の見守り」より) 2009 年の国民生活センターの報告でも通報の内、緊急だったのは 1%で、誤報を含む目的外利用が 36%と報告されており、機器費用や導入・運用にかかるコストと負担軽減が課題とあった。そうした課題を解決する手段として、Web カメラやセンサーを利用した見守りが着目されたが、矢野経済研究所の調査によると 2013 年度の利用世帯数は 5 万世帯弱と導入は低迷している。

低迷の理由として見守る側の負担の問題だけでなく、見守られる高齢者側の問題も大きい。現時点の高齢者層はまだ ICT への抵抗感や精神的な負担、新しい人間関係を忌避する傾向なども影響しているものと考えられる。特に地域コミュニティの希薄化が進む都市部では独居高齢者世帯の孤立化が進み、東京都では年間 3 千人以上の高齢者が自宅で孤独死している。(金沢市 長寿安心プラン 2012 より) 金沢市も高齢化率は全国平均より僅かに低いとはいえ、高齢単身世帯が約 15,000 世帯、高齢夫婦世帯が 17,000 世帯あり、平成 2 年と比較して 3 倍近くに増えており、対策として、地域支援体制の充実や健康作りと介護予防の推進、サービスの充実と、安心して暮らせる生活環境の整備などに取

り組んでいる。

しかし実態として、行政の施策やサービスを利用せず、地域コミュニティと距離を置く高齢者世帯も少なくない。こうした高齢者世帯にはセンサーや装置も受け入れられず、安否の状況把握も困難である。多様な価値観とライフスタイルを持つ高齢者が、住み慣れた環境で自分らしく安心して住まい続けるために、公助の役割を担う行政として上記課題を解決する、新たな仕組み作りが急務である。

更にこうした課題を解決するだけでなく、高齢者の生活機能の維持を図り、自律した生活を継続する支援機能も求められる。特に健康寿命の延伸は、高齢者の生活の質を担保する上で重要である。しかし、要介護認定を受けている高齢者は制度発足時（2000年）218万人から年々増加し、介護予防の重要性が掲げられ様々な事業は行われているが、2009年には469万人と2倍に増加している。介護予防という概念は、介護保険サービスを受ける状態になることの予防や要支援・要介護度の悪化を予防するだけではない。世界保健機関（World Health Organization）は、国際生活機能分類（International Classification of Functioning、2001）という新たな概念を示しており、人が生きていくための機能全体を「生活機能」として捉えている。

「生活機能」とは、「身体機能・身体構造」「活動」「参加」から成る。「身体機能・身体構造」が障害されれば「機能障害」、「活動」が障害されれば「活動制限」、「参加」が障害されれば「参加制約」となる。わが国が掲げている介護の予防の主題は「生活機能」のうち特に活動・参加の低下を予防することであると説明し、生活場面での自立や社会参加における、生き生きとした生活や人生を過せることであると定義している（厚生労働省）。

高齢者の介護が必要になった主な原因は、脳血管疾患(脳卒中)、認知症、高齢による衰弱、関節疾患、転倒・骨折となっており、不慮の事故死では交通事故、窒息、転倒転落、溺水となっている（厚生労働省 2012）。これらは、生活機能と密接に関わっており転倒転落では、加齢により徐々に低下する心身機能、精神活動ならびに環境が関わっている。主な転倒転落要因には、筋力や視覚など身体機能の低下や認知機能の低下のみならず、転倒恐怖感や抑うつなど精神活動、環境の不備があり、それらが絡み合って転倒転落は生じている。これらの機能低下は徐々に進行するため、独居や老老介護・認認介護の世帯では、早期発見と介入が遅れ、転倒転落による骨折などの損傷で発見される現状にある。地域高齢者の転倒発生率は20-30%であり、転倒による骨折は5%程度と報告されている（原田ら 2002）。高齢者では骨密度の低下が生じるため転倒転落による骨折のリスクは高く、予防が重要である。

このような高齢者の転倒転落は、老年症候群に含まれる。老年症候群は明確な疾患ではない。主要症候には、転倒・転落、骨折、褥瘡、嚥下障害、失禁、健忘症候群、薬剤の多剤併用の反応、低栄養、るいそう、掻痒感、寝たきり、

言語障害、視力聴力障害、骨粗鬆症、脱水、低体温、呼吸困難（呼吸器系・循環器系）、手足のしびれ、痛み、移動能力・日常生活動作能力の低下、不眠、めまい、骨関節変形、浮腫、うつ症状、せん妄などがあり、生活不活発症候群（廃用症候群）の症状と重なりあっている症候である。移動能力や日常生活動作能力の低下は、deconditioning（脱調整状態）により2次的に生じるものとされており、予防と早期発見の必要性が求められている。高齢者にあらわれやすく、心身機能低下と深く関係する一連の症状や病態であり、原因はさまざまであるが治療と同時に介護・ケアが重要となる一連の症状・所見のこと（鳥羽 2005）である。75歳以上の後期高齢者に急増する症候であり、日常生活活動能力の低下と密接な関連をもつ、介護を必要とする一連の症候群と定義されている。

老年症候群の特徴には、致命的な症状ではないが、全身状態や生活機能に影響を及ぼし、日常生活への障害は初期には小さく、「歳のせい」と思い本人が自覚しにくく、悪化するまで見過ごされやすい。易転倒転落状態にある程の機能低下が生じていても気付かない、転倒転落した後に動けるからと病院に受診せずにおり、その後なんとなく活動や食事摂取量が減少し屋内に閉じこもり、受診後に骨折が分かるなど、遅れて治療を受け要介護状態に至ることがある。

以上のことから老年症候群を早期発見し、要介護に至らないための早期発見のシステムを開発する必要がある。しかし、在宅では、認知機能が低下していたり、徐々に進行する症候を高齢者自らが捉えることは難しい。若い世代の家族との同居や、介護認定を受けている高齢者などでなければ医療福祉従事者が関わることはないため、見過ごされやすい現状にある。老年症候群の各症候に対する介入研究は多数ある。しかし、老年症候群のスクリーニングツール（Vellas 2013）などは開発されているものの、高齢者がそれを自分でチェックし必要時受診しなければ効果は発揮できない。特に独居高齢者世帯、高齢者夫婦世帯のうち、閉じこもり状態にある在宅高齢者の徐々に進行する老年症候や転倒転落による骨折などの発生を、高齢者の自己申告なくかつ倫理的に問題なく早期に発見するための手段は報告されていない。

そこで提案者である NEC ソリューションイノベータ株式会社・金沢大学・日本電気株式会社は、ライフラインの情報が高齢者の生活行動を反映していることに着目し、ライフラインの情報などを詳しく分析することで高齢者の生活活動に表れる生活パターンの変化から、老年症候群に係る健康問題をスクリーニングし、症候の早期発見が可能だろうと考えた。そのためには、連携研究者である金沢市企業局の協力の下、ライフライン情報などを収集し、収集したデータを詳細分析することで高齢者の生活活動を把握し、さらには高齢者の生活活動に結びつく症状を検索できる基盤が必須である。

ライフライン情報として着目する電気、ガス、水道などの情報収集は、スマートメータ化の検討が進んでいる。スマートメータ化による効果は、省エネルギー

ギー・低炭素化社会への貢献や、使用量のきめ細やかな把握・分析、遠隔検針による業務効率化、有収率の向上、昼夜間の人口変動への柔軟な対応が可能となる点などであり、利用者サービスとして利用使用量の見える化や漏水・ガス漏れの早期検知・通知などが考えられている。特に、利用者サービスには利用実績ログを活用した高齢者の見守りが広く検討されておりスマートメータ化の推進団体であるテレメータリング推進協議会からは見守りサービスの紹介が行われている。

しかし、電力のスマートメータ化の検討は震災の影響もあり急ぎ進められている一方で、水道・ガスのスマートメータ化の取り組みは、一部大都市で検討が進められている状況であるが、厳しい財源で人口密度の低い地域を含めてカバーする地域行政にこそ、低予算で効率的に遠隔検針を実施するニーズは高い。しかし導入を検討する上では、スマートメータ機器の導入など初期費用の負担だけでなく、地中に埋まっている水道メーターボックスからの通信経路の確立・確保が最大の課題と考えられる。

そこで、水道・ガスともに事業としている金沢市企業局も連携研究者として協力し、スマートメータ同等な無線通信路によって水道・ガスのライフライン情報を詳細に収集できるか、について検証を行うこととする。

(2) 研究開発期間

平成 26 年度から平成 29 年度（4 年間）

(3) 実施機関

NEC ソリューションイノベータ株式会社<代表研究者>

国立大学法人 金沢大学

日本電気株式会社

金沢市企業局（連携研究者）

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 199 百万円（平成 29 年度 50 百万円） ※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

項目1 ライフログ収集通信経路の考察

項目1-1 屋外ライフログ収集装置の設置・接続技術の検討(金沢市企業局)

項目1-2 屋内ライフログ収集装置の設置・接続技術の検討
(NECソリューションイノベータ)

項目1-3 ライフログセンシング装置の作製
(NECソリューションイノベータ)

項目1-4 マルチホップ型Aルートの実証(金沢市企業局)

項目2 生活行動による老年症候群の考察

項目2-1 生活行動センシングモデルの開発(金沢大学、日本電気)

項目2-2 生活行動センシングモデルの検証(金沢大学、日本電気)

項目2-3 生活行動パターンと老年症候群との相関(金沢大学)

項目3 生活機能情報収集ツールの開発

項目3-1 生活環境センシングモデルの開発(日本電気)

項目3-2 生活環境センシングモデルの検証(日本電気)

項目3-3 生活機能情報収集ツールの検討(日本電気)

項目4 ライフマネージメント基盤の開発

項目4-1 ライフマネージメントDBの開発
(NECソリューションイノベータ)

項目4-2 生活行動パターン検出エンジンの開発
(NECソリューションイノベータ)

項目4-3 情報可視化インタフェースの開発
(NECソリューションイノベータ)

項目4-4 老年症候群予測エンジンの開発
(NECソリューションイノベータ)

(6) 特許出願、論文発表等

		累計(件)	当該年度(件)
特許出願	国内出願	5	0
	外国出願	8	6
外部発表	研究論文	3	0
	その他研究発表	28	6
	プレスリリース・報道	1	0
	展示会	5	2
	標準化提案	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

項目1 ライフログ収集通信経路の考察

項目1-1 屋外ライフログ収集装置の設置・接続技術の検討

本研究での通信実験を通して、無線隔測器とそれぞれのメータとの取り付け方式を確立した。確立した取り付け方式を含め、ガス無線隔測器及び水道無線隔測器それぞれについて、実フィールド上での評価を実施した。将来的な事業化を見据えた上で、設置性、通信性及び継続性を評価項目として採用し、特に、取り付け方式及び実際に起こり得る様々な環境下での影響に重点を置くこととした。

水道メータは、地中からの通信経路の確立・確保が課題となる。その対策として、水道メータ用無線隔測器をアンテナ部と隔測器に分離し、アンテナを最も地中の影響の受けないメーターボックスの蓋の裏に設置し、隔測器をメーターボックスの空きスペースに置くこととした。



ガスメータの取り付け位置については、保安および維持管理上、ガスメータの立て管に固定した。市販の金具を用いて固定したことにより、年間を通して落下等の発生もなく、耐久性・強度の向上が確認できた。



ガスメータ用無線隔測器は中継機能を有し、常時受信待機の動作状態となっていることから、消費電力の低減化が困難な状態であり、電源の確保が重要である。ガスメータは感震遮断機能を有しているため、感震遮断機能の誤動作防止及び設置の容易性を考慮し、電池を無線隔測器内部へ実装せず、外部に電池ボックスを用意し、電源コードで無線隔測器に電源を供給する方式を採用した。さらなる対策として、アンテナ部と隔測器を一体化して風の影響を受ける面積を軽減した。その結果、感震遮断機能の誤動作は発生せず、防水・防塵性能についても、実用上、問題ないことが確認できた。また、様々な気象条件下においても、無線隔測器の動作に影響を及ぼすことは認められず、安定した通信が実現できた。

一例として、積雪時におけるガスメータ・水道メータ用無線隔測器への影響を図 1、図 2 に示す。図 1、図 2 は、2017 年度、2018 年度 2 月のガスメータ・水道メータ隔測器の通信状況を示したものである。

2018 年 2 月金沢市は、図 3 に示すとおり、2017 年度と比較し豪雪に見舞われ、ガスメータ・水道メータ用無線隔測器の動作に影響が出る可能性があった。実際、ガスメータ・水道メータ用隔測器における無線通信の通信路の安定性評価尺度の一つである受信電波強度を見ると、両隔測器とも 2018 年度の方が不安定であり、受信電波強度レベルも低くなっていることが分かる。

一方で、両隔測器が、15 分毎にサーバへ送信するデータの遅延時間を測定した所、積雪の有無に関係なくサーバへデータが送信されていることが判明しており、ガスメータ・水道メータの計量値を送信する通信路としては、問題なく使用可能であることを示している。

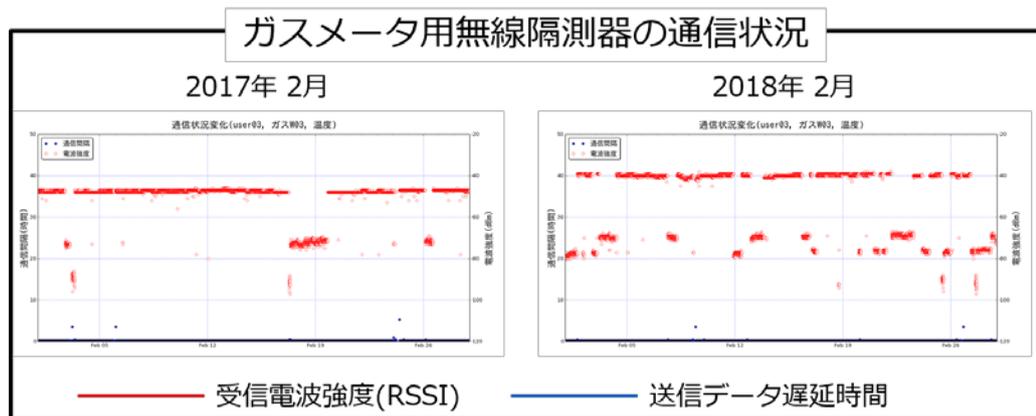


図 1 ガスメータ用隔測器の通信状況比較

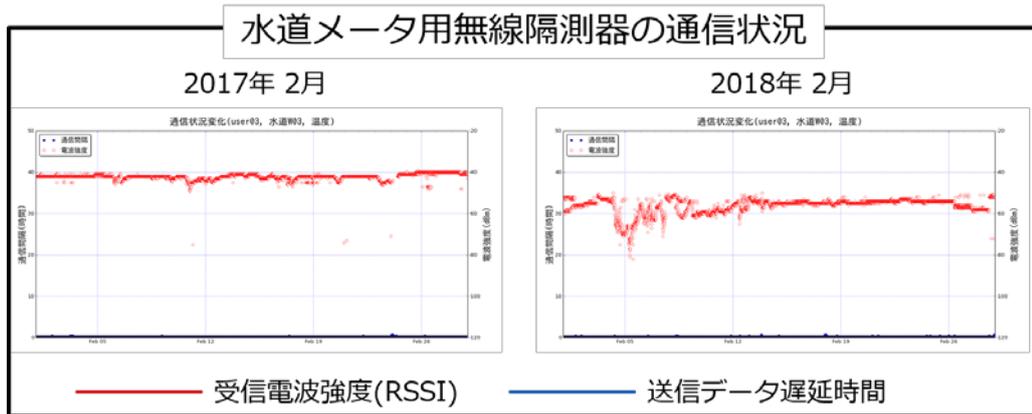


図 2 水道メータ用隔測器の通信状況比較



図 3 金沢市の最深積雪値(2月)の年度別変化

無線検針においては、収集データの正確性及び無線隔測器の安定した動作保証が必要である。その収集データの正確性の担保として、メータから出力される 8bit 電文を取得する。また、漏水検知等の様々なサービス提供の実現においても、時間分解能の高い流量情報を得るための流量パルス計測に加え、累積情報、アラート情報を取得するための 8bit 電文の取得が必要である。そこで、電池寿命の改善策及び市販の電子式メータの電池消費量を抑えながら、時間分解能の高い流量情報を得るための 8bit 電文による情報取得を行う無線隔測器ファームウェアを開発するとともに、Wi-SUN 通信モジュールのスリープタイミングをチューニングすることにより、無線隔測器の電池寿命を改善した。

項目1-2 屋内ライフログ収集装置の設置・接続技術の検討

屋内ライフログを収集のため、項目3-1で検討した要件から、表1に示す計測項目を計測可能な装置のハード仕様を設計した。

無線扉センサー、並びに電源タップは、弊社保有のセンサーを流用することで対応した。分電盤用無線隔測器、並びに無線環境センサーについては、弊社保有の無線扉センサーをベースとし、それぞれ計測項目にあるセンサーをアドオン出来るようハード改造を行った。

表1 屋内ライフログ収集装置

装置名	計測項目
分電盤用無線隔測器	電流量
無線扉センサー	扉の開閉有無(加速度による計測)
	人感有無
	温度
無線環境センサー	人感有無
	温度
	湿度
	照度
電源タップ	消費電力

項目1-3 ライフログセンシング装置の作製

上記で述べたような仕様を満たすセンシング装置を被験者20世帯分作製した。各世帯の基本台数構成は共通とし、水道、ガス、分電盤用隔測器は各1台ずつ、環境センサー、扉センサーは各4台ずつ、電源タップは各2台ずつ設置できるように、表2のような台数のセンシング装置を作製した。

表2 ライフログセンシング装置の作製

装置名	製造台数
水道メータ用無線隔測器	20
ガスメータ用無線隔測器	20
分電盤用無線隔測器	20
無線環境センサー	80
無線扉センサー	80
電源タップ	40

項目1-4 マルチホップ型 A ルートの実証

本項目では、ライフマネージメント基盤のうち、市内の小中学校様のご協力のもと、ライフログ収集における無線通信経路に係る課題の解決方法の検討を行った結果について報告する。

- 1) 通信ネットワークの長期運用に向け、無線中継器の低消費電力化を検討し、現状より10%削減を目指す

市内の小中学校の協力のもと、無線基地局を小中学校の屋内、無線中継器(以下、中継器)を小中学校の屋外に設置し、被験者宅に設置された無線隔測器を用いて構築した、マルチホップ型 A ルートのネットワークにて、本委託研究で開発した省電力技術を用い、効果を検証した。

省電力技術を用いる前の中継器の「温度センサー情報到達時刻差分」の時系列変化(2016/4/13 - 2016/09/28)を図 4 に、省電力技術を用いた後の「温度センサー情報到達時刻差分」の時系列変化と電波強度(RSSI)の時系列変化(2016/09/28-2017/03/23)を図 5 に示す。縦軸は「温度センサー情報到達時刻差分」、横軸はパケット受信日時である。

省電力技術適用前後においては、時刻差分が 15 分を超える回数が 1/3 以下に低減されており、再送及びネットワーク再構築にかかる消費電力の低減がなされていることが分かる。

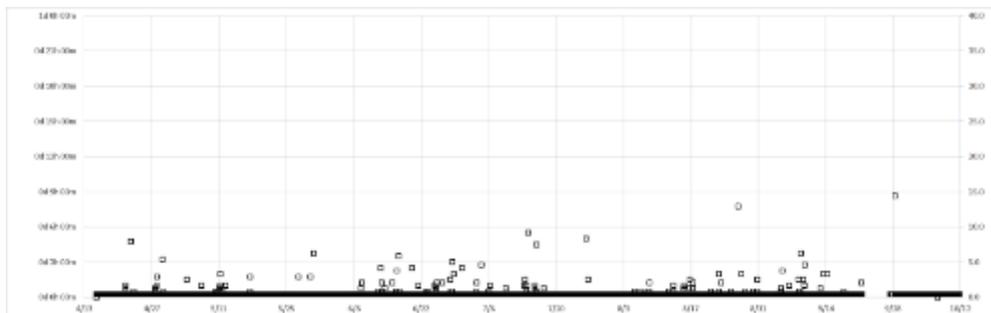


図 4 省電力技術適用前の中継器の温度センサー情報到達時刻差分

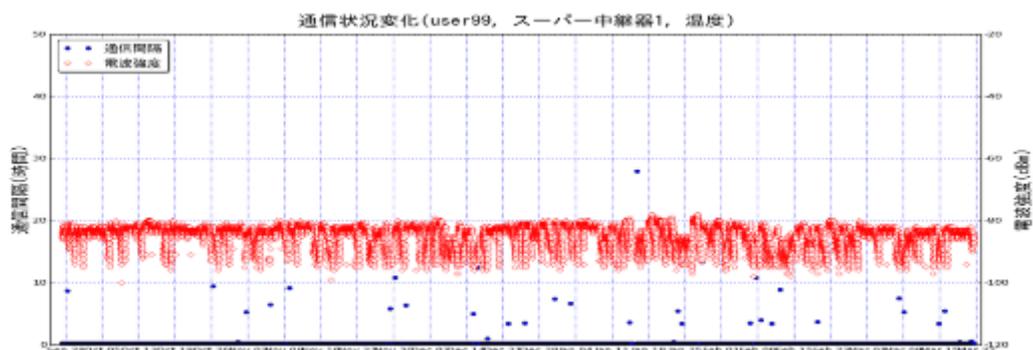


図 5 省電力技術適用後の中継器の温度センサー情報到達時刻差分と RSSI 値

2) 無線隔測器の設置モデルを組み合わせた無線マルチホップ通信ネットワークの構築モデルを設計し、実証実験にてモデル検証する

無線隔測器の設置モデルとして、周辺の遮蔽物が存在した時、 $-20 \sim -30\text{dBm}$ 相当のロスが発生する事が知られている。これを受け、金沢市企業局協力のもと、金沢市の集合住宅において、マトリクス上に無線マルチホップネットワークを構築した際に、本モデルと合致するかを検証した。

実験の内容としては、集合住宅におけるガスメータの無線による遠隔検針を行う想定で、集合住宅内のガス及び水道メータが設置されるパイプシャフトに3G通信を行う基地局、及び中継器として動作する試験用無線隔測器を計20台設置、各隔測器の上位ノード間のRSSI値ならびに通信ルートの変遷について確認した。図6に試験用無線隔測器と基地局の設置場所の概略図を示す。

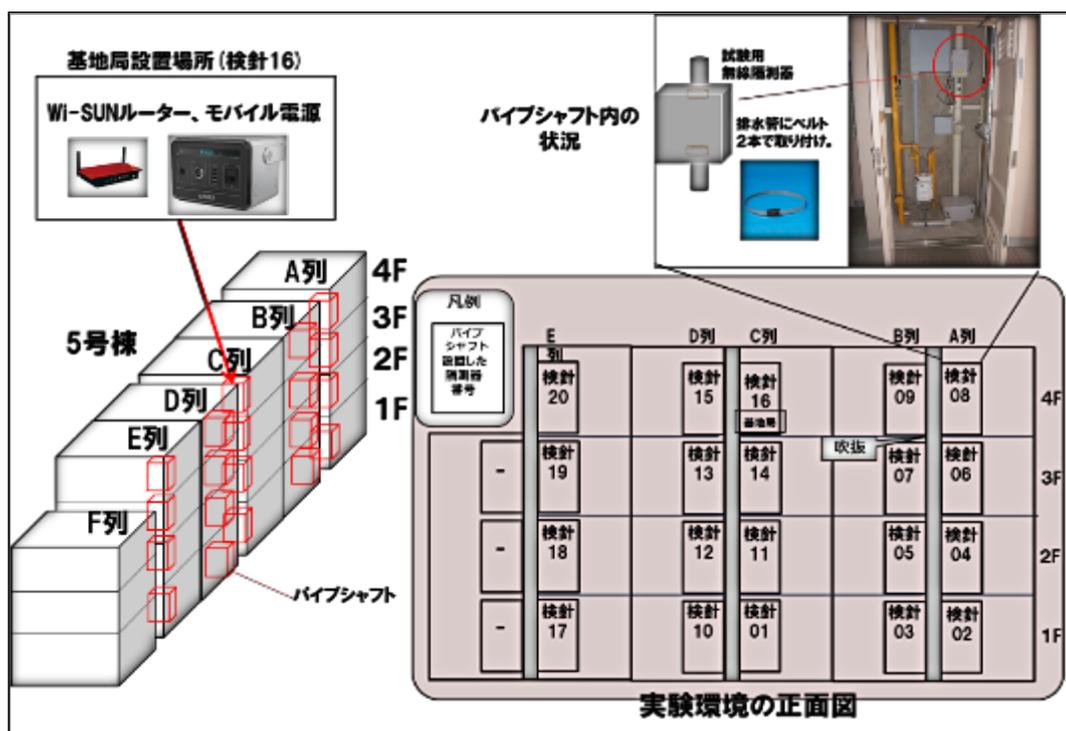


図6 パイプシャフト内の試験用無線隔測器 設置状況

実験をするに当たっての仮説は以下の通りである。なお、基地局及び試験用無線隔測器は $20\text{mW} (+13\text{dBm})$ 、最大受信感度は -105dBm として検討している。

(1) 設置モデルから、コンクリート、及び鉄パネルと言った障害が3枚以下で基地局に到達可能な場所に設置されている試験用無線隔測器は、常に基地局と直接通信する。

例えば、検針 16 内パイプシャフト設置の基地局から、検針 01 内パイプシャフトに設置された試験用無線隔測器(距離 7.5m 前後)は、机上計算で、自遊空間伝播損失-50dBm 前後、3 枚の障害を通過するとして-60dBm、従って検針 01 の RSSI 値は、13dBm + -110dBm = -97dBm 前後となり、最大受信感度を上回ることから基地局と直接通信すると考える事ができる。

(2) 基地局との通信路に居住区画が挟まる場合、通信状況が住人の生活行動によって変化し、場合によっては基地局と直接通信する。

例えば、検針 09 内パイプシャフトに設置された試験用無線隔測器は、通信距離(距離 5m 前後)から考慮すると、検針 01 内パイプシャフトに設置された試験用無線隔測器より、+5dBm ほど有利であるため、基地局と直接通信が可能であると考え事ができる。

(3) 試験用無線隔測器は、障害を挟んだとしても RSSI 値が高い基地局と直接通信する試験用無線隔測器と接続する。

これら仮説を元に、3 日間 20 台の試験用無線隔測器と、各隔測器の上位ノード間の RSSI 値の一例を図 7 に、通信ルートの変遷についてまとめたものを図 8 に示す。なお、通信ルートの変遷については、30 分毎に各ノードの接続先上位ノードの計測を行い、その情報を記載している(R は基地局を示す)。

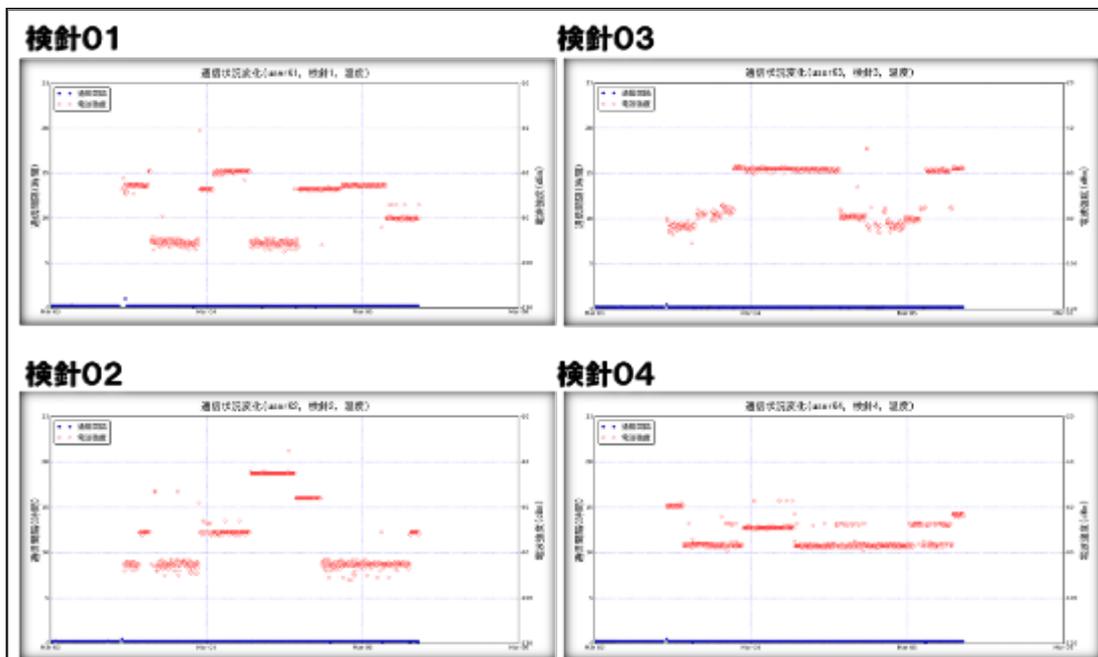


図 7 検針 01-04 の RSSI 計測値

	11:00	11:05	11:10	11:15	11:20	11:25	11:30	11:35	11:40	11:45	11:50	11:55	12:00	12:05	12:10	12:15	12:20	12:25	12:30	12:35	12:40	12:45	12:50	12:55
検針01																								
検針02																								
検針03																								
検針04																								
検針05																								
検針06																								
検針07																								
検針08																								
検針09																								
検針10																								
検針11																								
検針12																								
検針13																								
検針14																								
検針15																								
検針16																								
検針17																								
検針18																								
検針19																								
検針20																								

図 8 通信経路の変遷

これら結果から、仮説を検討すると、以下の事が判明した。

- (1) 設置モデルから、コンクリート、及び鉄パネルと言った障害が3枚以下で基地局に到達可能な場所に設置されている試験用無線隔測器は、常に基地局と直接通信する。
 - 障害が3枚以下で基地局に到達可能な場所に設置されている無線隔測器は、C列(01,11,14,16)及びD列(10,12,13,15)であった。
 - 基地局と直接通信を行った試験用無線隔測器は、B列(09)C列全て(01,11,14,16)、D列(12,13,15)であり、仮説は概ね正しいと言える。
 - 特に、基地局と検針01に設置された無線隔測器間のRSSI値は-95~-97dBm前後であり、これは仮説と合致する。
 - 一方で、D列10に設置された無線隔測器が直接基地局と通信できなかった点については、マルチパスによる通信障害が考えられる
 - また、基地局と同一のパイプシャフト内に設置された検針16が、検針12、もしくは検針15を経由して基地局と接続している時期があるため、マルチホップを実現する際に利用したアルゴリズムについても再考する必要が出てきた。
- (2) 基地局との通信路に居住区画が挟まる場合、通信状況が住人の生活行動によって変化し、場合によっては基地局と直接通信する。
 - 本内容に該当する無線隔測器は、A列(08),B列(07,09),E列(20)であった。
 - 基地局と直接通信を行った試験用無線隔測器は、B列(09)のみであったため、仮説は正しい。
 - 検針07,08は、基地局と同一のパイプシャフト内に設置された検針16と、また検針20は、検針12もしくは検針13とのみ接続していることが確認された。

(3) 試験用無線隔測器は、障害を挟んだとしても RSSI 値が高い基地局と直接通信する試験用無線隔測器と接続する

- 本仮説については、検針 20 の接続が反例にあたり、正しくない。
- 実際には、(2)の項目でも触れたが、検針 12 もしくは検針 13 としか接続しない。RSSI 値が高い試験用無線隔測器と接続するのであれば、検針 13 へ接続を切り替える理由がない。

3) 収集したデータの可視化を行い、データ収集の安定性・データの信頼性を実証実験にて評価する

マルチホップ型 A ルート通信について、データ通信の安定性及び信頼性について、実フィールド上で電池駆動の中継器による長期（1年）の通信経路延長によるデータ通信運用を実施。目標とした1年間について無停止運用を達成。長期間の通信状況の情報を蓄積、評価を行った。さまざまな気象条件下において、安定的に信頼性の高いデータ収集を実現、気象条件の影響を大きく受けないことが明らかになった。また、マルチホップ型 A ルート通信において蓄積した長期の通信状況を、時間帯別・曜日別に分けて分析し、1時間あたりに受信できた温度センサーの計測値から、通信の良し悪しの指標を導出した所、ある曜日、ある時間帯に通信状況が良好/不良になる現象が確認できた(図 9)。周辺の環境及び生活活動が通信に影響を与えていると考えられる

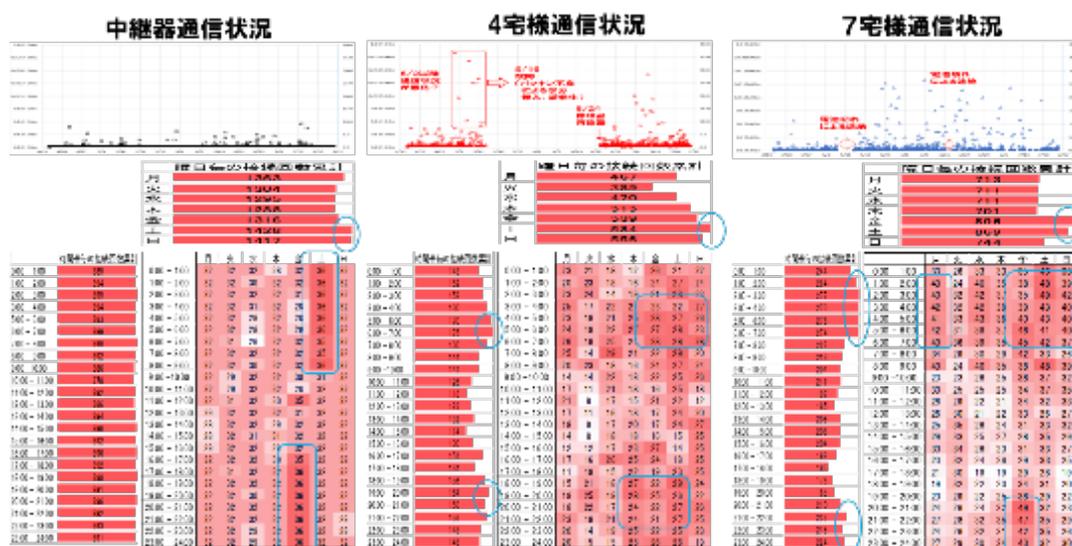


図 9 時間帯別曜日別無線通信指標

- 項目2 生活行動による老年症候群の考察
- 項目2-1 生活行動センシングモデルの開発
- 項目2-2 生活行動センシングモデルの検証
- 項目2-3 生活行動パターンと老年症候群との相関

1. 研究背景

高齢者が要介護状態となる主な原因は、脳血管疾患（脳卒中）、認知症、高齢による衰弱、転倒・骨折、骨関節疾患の罹患である。脳卒中は2割程度、認知症と高齢による衰弱はそれぞれ1.5割程度、転倒・骨折と骨関節疾患はそれぞれ1割を占めており、これらは毎年同じような分布である。平成25年度¹⁾は脳血管疾患（脳卒中）18.5%、認知症15.8%、高齢による衰弱13.4%、転倒・骨折11.8%、骨関節疾患10.9%である。介護度別では要支援1と要支援2の原因の第一位は転倒・骨折であり、要支援1は23.5%、2は18.2%となっている。早期から転倒など老年症候群の状態を発見し予防・介入できれば、介護認定の状態に至らない、もしくは進行する速度を低下させることにつながる。

老年症候群の初期症状は介入が必要にも関わらず自覚が乏しい²⁾ため、予防行動や受診行動に至ることが難しい。高齢者が歳のせいと思い、心身機能の低下を見逃ごすことになれば要介護状態に容易にいたってしまう。例えば、筋力・バランス能力や嚥下能力などが本人の自覚や家族の認識が伴わないで徐々に低下し、認識した時には既に転倒・骨折や誤嚥性肺炎として表れる。嚥下能力の低下は低栄養や誤嚥性肺炎につながり、治療をしている療養過程で不活発な生活から心肺機能や筋力などが低下し、そのため歩行能力や日常生活動作能力に障害を与える負のスパイラルがある。進行する前段階で捉え介入ができれば、介護予防や健康寿命の延伸につながる。

年々増加している在宅独居高齢者の徐々に進行する心身の健康問題を倫理的問題がなく、早期に発見するための効率的な手段は報告されていない。さらに、多様な価値観とライフスタイルを持つ高齢者が、住み慣れた環境で普段の生活の中から変化を捉えることができる妥当な方法も確立されていない。高齢者の安否や高齢者が要介護状態に至らないための早期発見、予防、対応のためのシステムを開発する必要がある。

2. 研究目的、意義

研究目的は、居宅内の生活に係る行動のセンシングおよびライフラインセンシングによりスクリーニングの用途として独居高齢者のための生活行動センシングモデルを開発することである。

研究の意義は、独居高齢者のプライバシーに配慮しながら、センシングにより老年症候群発症の前段階・もしくは発症の早期を捉え、健康寿命の延伸、介

護予防、孤独死の防止に貢献することであった。生活行動センシングは、扉の開閉や人がセンサーの前を通過したことを捉え、ライフラインセンシングは水・ガス・電気の使用量を経時的に計測した。明らかにする老年症候群は、フレイルに係わる転倒・転落（以下、転倒）、夜間頻尿、生活活動量に係る日常生活動作能力の低下についてであった。老年症候群の前段階もしくは発症の早期の捉えは、生活行動とライフラインのセンシングのデータと、実証実験における老年症候群に係る高齢者の心身機能や生活環境について3ヶ月ごとに実施した追跡調査（測定・聞き取り）のデータを用いて、予防介入の評価の推移について統計解析により明らかにした。

3. 倫理的配慮

本研究は金沢大学医学倫理審査委員会から承認（承認番号：754-2）を得ている。

4. 生活行動センシングモデルの概要

生活行動センシングモデルにおいて、高齢者の居宅内の生活状況から推定することを踏まえ、用語と定義を次のとおり設けた（主要な指標提示）。

- 生活歩行速度
 - 居宅内で寄り道をしないで日頃歩行する速度のこと。すなわち、寄り道をしないで日頃歩行する経路に、概ね1m程度もしくはそれ以上の間隔をあけて2カ所にセンサーを設置し、センサーの通過時間と距離から算出した歩行速度のこと。
- 生活行動速度
 - 居宅内で一連の生活行為（行為を済ませて往復して元の場所に戻る）を行うことに係る歩行速度のこと。すなわち、日ごろ習慣化している行為を遂行するために使用している歩行経路に、センサーを2カ所以上設置し、センサーの通過時間と距離から算出した歩行速度のこと。
- 生活移動速度
 - 居宅内である場所からある場所に移動した際に係る歩行速度のことであり、生活行動速度とは異なり片道の歩行速度のこと。すなわち、日ごろ習慣化している行為を遂行するために使用している歩行経路に、センサーを2カ所もしくは2カ所以上設置し、センサーの通過時間と距離から算出した歩行速度のこと。
- 生活起居速度
 - 居宅内でベッドもしくは布団から立ち上がるまでの速度のこと。

老年症候群の推定におけるモデルの枠組みとして次のものが示唆された。転

倒，身体的フレイル（サルコペニア）に係る生活行動・ライフラインセンシングモデルの指標は，生活歩行速度であり，センシングモデルにおけるセンサー設置方法は，宅内で寄り道をしないで日頃歩行する経路に，2カ所のセンサーを設置し，通過時間の差とセンサー間の距離から歩行速度を算出する。夜間頻尿に係る転倒は，就寝後～起床間のトイレ使用回数と水道使用回数であり，寝室に1カ所，トイレの扉に1カ所無線扉センサーを設置し，夜間のトイレ使用回数と水道使用回数の増減を捉える。日常生活動作能力の低下は生活動作能力を含む生活行動速度（生活行動速度に要する時間の推移）であり，生活行動速度に要する時間はセンサー通過のトータルの所要時間から算出し，その推移を捉える。夏季期間の熱中症の推定は温度・湿度を捉える。生活行動リズムの異変はセンサー作動回数の増減から捉える。

5. 研究対象者の概要

対象者は20名であり，うち男性7名（35.0%），女性13名（65.0%），平均年齢（平成29年度）は 80.7 ± 6.0 （72.0-91）歳であった。介護保険の利用者は13名（65.0%）であった。全員が何らかの疾患を有し受診をしていた。分析結果は以下のとおりである（調査時期により分析対象者数に相違あり）。

6. 生活歩行速度と転倒

ア) 解析の視点

平成27年度は生活歩行速度と従来の臨床評価指標（直線の歩行路での歩行速度やTimed Up & Go testなど）との関係を検討するとともに，“居宅ならでは”の移動状況の特徴として通常歩行のほかに緩慢歩行や性急歩行がみられることを明らかにした。

平成28年度は“居宅ならでは”の移動状況を示す「生活歩行速度」の特徴を季節（時期）による差や日中と夜間との差，生活場面の影響（トイレに行く／トイレから帰る）といった視点から詳細に分析した。また，「生活歩行速度」を老年症候群に陥るリスクの早期発見に活用することを目指して生活歩行速度の変化と転倒事故などの関連を検討した。

平成29年度は，研究の最終年度であることを踏まえ，過去2年間超のデータをつかって生活歩行速度の長期的な変化を明らかにするとともに，その変化から老年症候群の徴候を早期発見する方法を検討した。さらにロボットやタブレットを活用したホームエクササイズ支援システムを開発し，生活歩行速度の低下を防ぐことができるかどうかを検証した。

イ) 生活歩行速度の定義と解析項目

生活歩行速度はリビング側とトイレ側の2ヶ所のセンサーの反応時間の差

異とセンサー間の距離から算出されるため、センサーの応答順序から①リビングルームなどの側からトイレのある側へ方向で記録された歩行速度（トイレへ行くとき）とその逆に②トイレのある側からリビングルームなどがある側へ方向で記録された歩行速度（トイレから帰るとき）のデータが生じ、これらをあわせた③センサーの応答順序を考慮しない歩行速度のデータ（すべてのデータ）と計三種類のデータが生じる。一方、これらのデータを統合分布の全体像を観察すると「歩行速度」とは思えない遅すぎたり、速すぎたりする速度が多数含まれていた。このような数値が生じるのは、日常生活の中では二つのセンサー間で立ち止まる、とか、折り返す、物（例えば洗濯物など）を持って歩く、来客があって複数の人が同時に歩くといったことが生じているためと思われる。

平成 28 年度の研究ではまず「遅すぎたり、速すぎたりする速度」を取り除くためデータの分布と研究者の臨床的判断をもとに 0.1 m/s 以上、2.0 m/s 以下の範囲を「歩行速度」とみなすこととし、応答順序の問題については「③センサーの応答順序を考慮しない歩行速度」として解析した結果、このデータが転倒リスクや活動量と関連することが示唆された。

以上を踏まえて、平成 29 年度の研究では生活歩行速度を以下のとおり定義することとした。

生活歩行速度とは、居室(リビングルーム)からトイレへと向かう動線上で観察される歩行速度をいう。その算出は以下の 3 つの手順による。

1. 動線が平地かつ直線となる部分（廊下など）を計測区間としてその両端（リビング側とトイレ側）に同じ高さでセンサーを設置する。（センサー間距離は問わない）
2. これら二つのセンサーの距離(m)と反応時間の差異(s)によりセンサー間の移動速度を算出する。（センサーの応答順序は問わない）
3. 算出された移動速度のうち 0.1 m/s 以上、2.0 m/s 以下の範囲を生活歩行速度とする。

生活歩行速度のデータにはデータ個数（度数）、最小値、最大値、中央値、平均値、最頻値がある。

このうちデータ個数（度数）は、それが減った場合には居宅内での活動が不活発になったとも、外出機会が増えて居宅不在時間が増えたとも解釈できるといった曖昧さがある。加えて、各期の計測期間（日）の差異があること、期間中には対象者の旅行や入院のため居宅不在となったり、システムメンテナンスのためデータ収集ができない日が生じたりすること、センサーが稼動していても来客などにより本人以外のデータが収集されてしまうこと、といったセンサーによる計測では避けられない問題も影響する。

最大値、最小値については生活歩行速度がその定義において0.1以上、2.0以下としていることからそれらの値は事実上固定されており解析に用いることは不適當である。

中央値と最頻値については来客などのデータが紛れ込んだとしても、対象者は基本的に独居生活を営んでおり、計測期間もおよそ2ヶ月にわたっていることを考慮すると、それらの値は対象者の生活歩行速度を代表しているとみなせる。しかし、ほとんどのデータが1.0以下に分布するなかであって1.4付近にひとつの大きな山(分布)があることがわかる。また、生活歩行速度として抽出後のデータに示すように1.4付近とは別に0.7付近にも山(分布)がみられる。この背景にはたとえば、“トイレに行くときのやや急ぎ気味の歩行”などの存在がうかがえる。つまり日常生活のなかでさまざまな速さの歩行があるにもかかわらず“トイレに行くときのやや急ぎ気味の歩行”などはほぼ同じ速度で毎日繰り返されるために特定の速度の発生頻度としては高くなってしまふ、といった現象である。このようなデータが日々、集積した場合、データのほとんどは1.0以下なのにもかかわらず、そこから飛び離れた歩行速度に最頻値が生じる可能性がある。この可能性を考慮すると対象者の生活歩行速度を代表できるのは最頻値よりも中央値のほうが適していると考えられる。

平均値については中央値や最頻値に比べると来客などのデータの影響を受けやすいと考えられるが、対象者の全データ個数に比べればわずかな数しかデータが生じないと考えられるうえに、対象者と同じ程度の歩行速度であれば平均値への影響は極めて少なく、異なったとしても歩行速度が速い来客と遅い来客とで歩行速度の増減が相殺される可能性もあると考えられる。このため平均値については対象者の生活歩行速度を代表しているとみなせる。

以上のことから生活歩行速度に関する解析項目には平均値と中央値を用いることとした。

ウ) 解析方法 (使用データ)

本研究では生活歩行速度の経時的変化を明らかにするための対象者全体を一群とみなす解析(全体解析)と個々の事例のイベントの発生とその時々の生活歩行速度の特徴とをとらえる解析(事例解析)を行った。全体解析ではデータ収集が安定した第5期から介入(ホームエクササイズ支援システムによる運動トレーニング)が始まる第10期までのデータを用いた。事例解析では事例のデータ収集状況に応じてデータを使用した。

なお、以降の解析では計測時期をわかりやすく表現するため、その中心となった期間を月単位で表現したり、これを春(3~5月)、夏(6~8月)、秋(9~11月)、冬(12月~2月)の四季に対応させて表現したりする場合がある。

工) 全体解析—生活歩行速度の臨床的意義

①生活歩行速度の変化

生活歩行速度は季節の影響を受けつつ穏やかに低下していくことを示している。すなわち、第5期（冬(2015年)）から第6期（春(2016年)）、さらに第7期夏（2016年）にかけては生活歩行速度は速くなり、夏を過ぎて第8期（秋(2016年)）になると低下し、再び冬となる第9期（(2016年)）には、前年の冬（第5期（冬(2015年)））よりも低下してしまう。冬が過ぎ春となる第9期（2016年）から第10期（春(2017年)）にはまた歩行速度は回復するが、回復は失速し第7期夏（2016年）には前年の冬なみの水準まで低下してしまう。生活歩行速度の特徴は、速度の低下と回復を繰り返すものの年とともに低下の幅が大きく、回復の幅が小さくなり、全体としては緩慢に低下していくという特徴をもつと考えられる。なお、第11期（夏(2017年)）以降のデータには介入（ホームエクササイズ支援システムによる運動トレーニング）を受けたものが含まれるためその変化は事例解析において検討する。

②生活歩行速度と運動機能、認知機能との関連

各期の概ねの中間時点で測定され運動機能と認知機能と生活歩行速度との関連について Spearman の順位相関係数を用いて解析した。運動機能の評価には筋力に関する項目として膝伸展筋力とその体重比、握力といった筋力、バランスに関する項目として重心動揺の指標となる総軌跡長と矩形面積、Functional reach と、歩行に関する項目として5mの直線歩行路の通過所要時間で評価した通常歩行速度と最速歩行速度および総合的な移動能力の指標である Timed Up and Go test の成績を用いた。認知機能の評価には Mini Mental State Examination (MMSE) の得点を用いた。

各項目について対象者1人が最大5～11期の6個のデータを有するが、ここでの分析はすべてのデータを独立したものとみなし、相関分析をおこなった。その結果、生活歩行速度は中央値においても平均値においても矩形面積を除き運動機能とは相関係数0.4以上の中等度の相関があることが示された。認知機能については相関係数が0.306と運動機能に比べると低い相関にとどまったものの、関連があることが示唆される結果となった。

③生活歩行速度の臨床的意義

生活歩行速度と運動機能の相関関係があることを踏まえ、老年症候群のリスクとの関連を検討した。

具体的には転倒リスクとされる膝伸展筋力体重比の値0.35（体重費百分率で35%）と Functional reach の値20cmを指標に生活歩行速度（平均値）との散布図を描出し、それらの値に対応する生活歩行速度（平均値）を検討した。なお、Functional reach test については25cm以上の者は15cm未滿

のものに比べて転倒リスクが少ないとされていることを踏まえ、この目視では20cmを目安に検討した。

その結果、生活歩行速度（平均値）が0.6m/sがこれらの値と対応することが示唆された。生活歩行速度（平均値）が0.6 m/s付近を下回ると下肢筋力やバランスの観点からみて転倒リスクが高い状態にあると考えられる。

サルコペニアに関しては握力と通常歩行速度がスクリーニング検査として用いられている。握力については男女で異なるものの通常歩行速度については0.8m/sあるいは1.0m/sが用いられることが多い。5m歩行所要時間に換算するとそれぞれ6.25秒、5.0秒である。これらの値に対応する生活歩行速度（平均値）を検討したところ、その結果、生活歩行速度（平均値）が0.7m/sを超えると通常法速度1.0m/s以下のデータはみられなくなり、0.8 m/s以下のデータも少なくなることが示唆された。サルコペニアの診断には筋肉量の測定が不可欠であるが、スクリーニングということであれば生活歩行速度（平均値）が0.7 m/s付近を下回るとサルコペニアのリスクが生じている状態にあると考えられる。

生活歩行速度は居宅内での“ごく普通”の状態記録された歩行速度である。その値は“通常歩行速度”としてフィールドテスト環境(十分な空間的広さのなかで直線歩行路が設けられ、検査者がストップウォッチを用いて測定する環境)よりは、低く(遅く)なることは容易に想像できる。今回示唆された生活歩行速度の0.7m/sは、フィールドテスト環境での“通常歩行速度”の0.8 m/sや1.0 m/sに比べて、やや低め(遅め)となったことは数値として妥当な値と考えられる。

以上のことから、生活歩行速度は、その値が0.6~0.7 m/sあたりよりも低下した場合には転倒やサルコペニアのリスクが高まった状態にあることを示唆するものとする。

オ) 個別解析-生活歩行速度の変化と自覚的健康度と転倒事故

自覚的健康度はその人の総合的な健康状態を反映する臨床的意義の高い情報である。個別解析ではそれぞれの対象者の生活歩行速度の変化を時期別に棒グラフにて描出した。これに当該時期の自覚的健康度の背景にある健康状態や生活の変化と転倒に関わる情報を組み合わせることで、幅広く健康状態や生活機能の変化との対応を検証した。ここでは特に0.6 から0.7 ; 付近で変化が観察された事例に焦点をあてて、生活歩行速度が自覚的健康度や転倒事故と関連することを試みた。

なお、調査時期は各期のおおむね中間にあたる時期である。したがって自覚的健康度の変化や転倒事故などは当期あるいは次期の生活歩行速度に影響すると想定した。

7. 夜間排泄状況と転倒リスク

センシングで推定する老年症候群の1つとして、老人性夜間頻尿が係わる転倒に着目し、就寝後～起床時の排泄回数や水道の使用などを生活行動・ライフラインセンシングモデル指標として検討してきた。これまで、夜間排泄状況における転倒リスクを捉える生活行動・ライフラインセンシングモデル指標として、夜間排泄回数(回)、平均所要時間(分/回)、水道使用量(l/回)、寝室→トイレ間の移動時間(秒)に絞り、季節による変化を見守ってきた。

最終年度である平成29年度は、夜間排泄状況の長期的な変化を明らかにし、その変化から転倒リスクや老年症候群の兆候を検討した。さらに希望する対象者には、排尿日誌や残尿測定によるカウンセリングを行い、夜間排泄回数の軽減(=夜間頻尿の改善)ができるかどうかを検証した。

今回は5期(2015年12月)から12期(2017年9月)、各対象者の就寝から起床までのトイレ扉の開閉、寝室とトイレ間の歩行などを縦断的に計測できた12名を分析対象とした。

夜間排泄状況の長期的な変化をみた結果、冬季と春季は夜間の排尿回数が多く、トイレ1回の所要時間や寝室からトイレの移動時間が短くなっていた。一方、身体機能、心理・社会面機能は季節を問わず維持されていたため、夜間排泄状況の生活行動を見守ることで転倒リスクや老年症候群の兆候を早期に発見できる可能性がある。

8. 活動量と日常生活動作

身体計測値、ライフコーダ測定値、センシングの計量値等を2015年の秋(4期)と2017年の秋(12期)で比較することでセンシングモデル開発につながるかを検討した。

2015年の秋と2017年の秋の値の変化をみると、食生活の状況、総消費量(kcal)はほぼ変化がみられないにも関わらず歩数、歩行距離、活動時間等は有意に減少する一方でBMIが増加みられた。また、センシングデータから在宅での台所の人感1日合計、人感総合計が増加し分電盤のワット数の増加がみられ在宅での滞在時間が長くなっていると考えられる。さらに、ライフコーダの運動強度の分類の速歩程度で健康に良いとされる中強度の活動の中でも最も強い6程度が2年間で有意に減少し、歩数や歩行距離、運動強度4以上を示す活動時間が減少していることから、ゆっくりとした通常歩行やぶらぶら歩きの程度の運動時間が長くなっていると考えられる。これらのことから、在宅で過ごす時間が長くなっており、活動が鈍くなっていく可能性が示唆される。

在宅で過ごす時間が長くなっても健康によい程度の運動や活動を取り入れることが健康的に自律した生活を継続する上で必要であると考えられる。

9. センサー作動回数と活動能力

ここでは、8期から12期の比較をとおして運動実施群と非実施群におけるセンサー作動回数について検討した。

各期のセンサー作動回数間には中等度の相関がみられたが、センサー作動回数と心身機能の相関において夏季ではいずれの項目にも相関が低かった。屋外での活動が増える夏季期間は、日中の時間帯を除いて推定することが必要であると示唆された。

センサーの平均作動回数の推移は、両群ともに有意差(運動実施群： $p=0.007$ ，非運動実施群： $p=0.020$)がみられた(Friedman test)。各測定期における両群間のセンサー作動回数に有意差はみられなかった(Mann-Whitney U test)。

運動実施群はTUGの推移(Friedman test)において有意差があり($p=0.001$)，各期の比較(Wilcoxon検定)において，秋期どうしの比較(8期と12期間)では，9.46秒から8.38秒へと改善がみられた。一方，非運動実施群では12.58秒から11.18秒へと推移し($p<0.171$)，改善がみられなかった。

引用文献

- 1) 厚生労働省大臣官房統計情報部, グラフで見る世帯の状況, 平成26年 国民生活基礎調査(平成25年)の結果から, 2016
- 2) 大内大尉義 他編, 新老年学 第3版, 東京大学出版会, 524-528, 2010

- 項目3 生活機能情報収集ツールの開発
- 項目3-1 生活環境センシングモデルの開発
- 項目3-2 生活環境センシングモデルの検証
- 項目3-3 生活機能情報収集ツールの検討

1. 生活環境のセンシング

生活環境を計測するにあたって、まずセンサーの計測項目を決めるため、項目2で金沢大学と連携して老年症候群と関連する計測項目の仮説を立て、それをセンサーで計測することとした。具体的には2か所に設置した人感センサーを用いて生活歩行速度を計測することや、トイレに人感センサーを設置して排尿状況を計測することである。さらに、日常生活に必須となる電気や水道などのライフラインについても計測対象とした。

また、センサーを用いて生活環境を計測するにあたり、求められる重要な要件は次の2つである。1つ目は、高齢者の自然な生活を計測するために、生活を妨げないことである。具体的には、センサーを小型化し、高齢者が衝突・転倒する可能性を減らすことである。また、通信や電源確保のための配線を不要化することが必要である。配線は、転倒の原因となるだけでなく、設置の手間が増え導入のハードルがあがる。2つ目は、計測項目を効率的に収集できる場所を特定し、そこにセンサーを設置できるようにすることである。具体的にはセンサーを小型軽量化することで、設置場所に自由度を持たせる。これらの要件をもとにセンサーを項目1に示すとおり開発した。

2. 水道による見守りサービス

現在の日本では超高齢化社会を迎え、多くの見守りサービスが提供されている。このような見守りサービスは、高齢者世帯に設置した各種センサーや、電力・ガス・水道のようなライフラインの情報を用いて提供されている。本委託研究では、これらのなかから、まず、毎日確実に利用される可能性が高い、水道に着目した見守りサービスを検討した。

現状でも、水道を用いた見守りサービスは提供されているが、一定期間連続して水道が未使用の場合に異常として検知する程度の機能にとどまっている。このような見守りサービスでも孤独死の放置防止には役立つ。しかし、水道の使用目的(風呂やトイレ)まで推測できれば、例えば、トイレの回数が極端に下がってくると熱中症の疑いがある、といったように、老年症候群の予兆検知につながることも期待できるようになる。そこで本研究では、水道の使用量から使用目的の推測可能性を検証した。まずは、項目2による検証で、老年症候群と関連する可能性が示唆されたトイレの推測を試みた。その結果、図10に示すような、水道の時間経過にもなう流量の変化が対数曲線型となるものとはトイレである可能性が高いことが確認でき、使用目的を推測できる可能性が確

認できた。

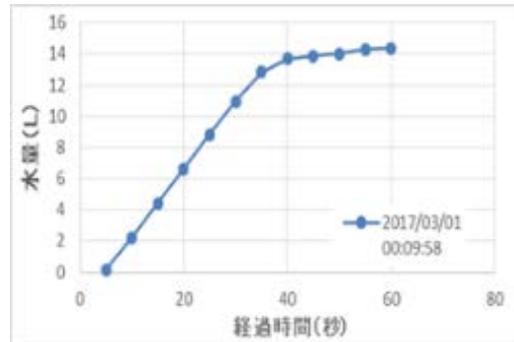


図 10 トイレの流量変化

3. 簡易セルフ・アセスメントツールの開発

項目2の成果から、センサーの計測により老年症候群の予兆検出の可能性が確認できた。しかし、健康寿命延伸を達成するためには、老年症候群の予兆にとどまらず、運動機能を改善する必要がある。

運動機能を改善するためには、筋力アップが期待できるトレーニングが効果的であるが、高齢者にとって以下3つの問題が発生し、自身の努力だけで実現することは困難である。

1. やり方がわからない
2. 誤ったやり方を実施して、体を痛める
3. 飽きてしまい継続できない

そこで、本事業では上記問題を以下の方針で解決することとした。

1. やり方がわからない
 - ➔ 運動コンテンツを用意し、コンテンツに従うだけで正しい運動ができる環境を提供する。
2. 誤ったやり方を実施して、体を痛める
 - ➔ 理学療法士等の専門家の意見を、運動コンテンツに反映させ、無理のない運動を促す。また、運動コンテンツ再生回数に制限を設け、体への負担を下げる。
3. 飽きてしまい継続できない
 - ➔ センサーで計測した生活行動歩行速度を見える化により、運動の効果を確認可能にする。運動コンテンツとともに、健康クイズを提供することで飽きさせない仕組みを提供する。

上記の解決方針を達成する仕組みとして、簡易セルフ・アセスメントツールを開発した。簡易セルフ・アセスメントツールの構成と機能を図 11 に示す。

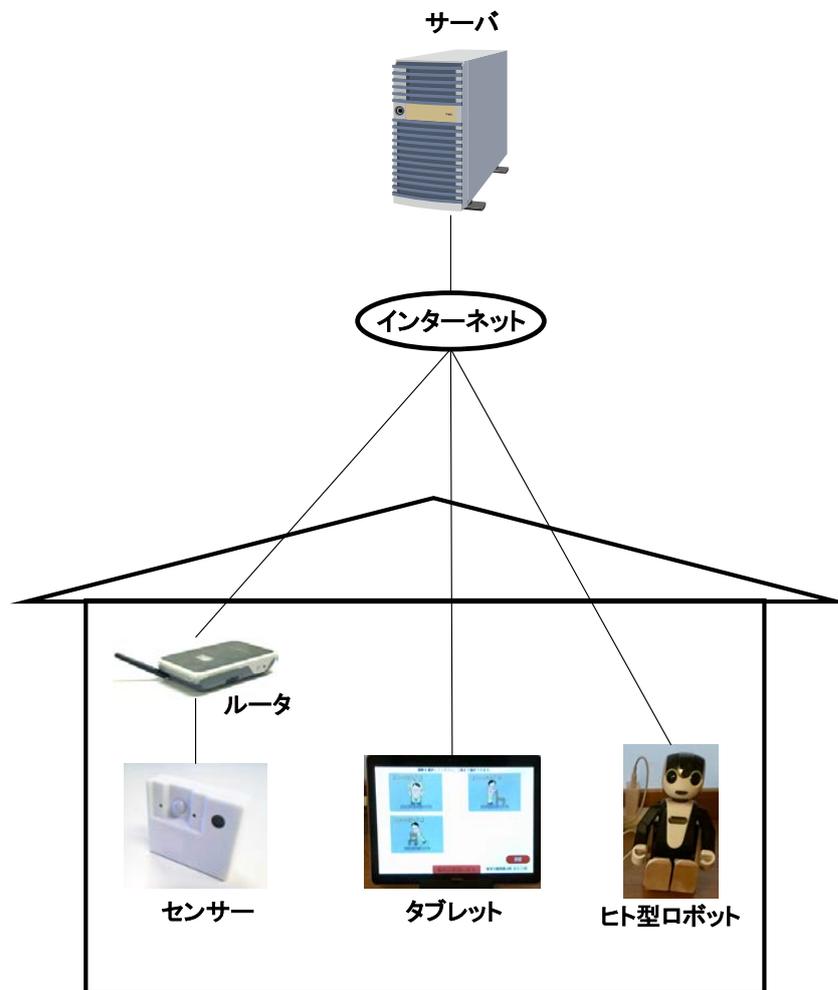


図 11 簡易セルフ・アセスメントツール構成

- センサー
人感反応や、温度など各種センサーデータを計測
- サーバ
センサーが計測したセンサーデータを収集。センサーデータの解析結果や、運動コンテンツ等をタブレットやヒト型ロボットに配信
- タブレット
サーバから取得した以下コンテンツを閲覧させる。高齢者の IT リテラシーを考慮し、誤って設定を変更させない機能、長押しタップをタップ操作とみなす機能、充電状況を監視する機能等も備える
 - 運動コンテンツ
図 12 に示すように、各高齢者に合わせた運動コンテンツを表示。1 日の再生回数に上限を設け、負担をかけすぎない配慮もしている



図 12 運動コンテンツ

➤ 生活歩行速度見える化

図 13 に示すように生活歩行速度を見える化。運動コンテンツ実施の効果が確認できるため、モチベーションアップが期待できる

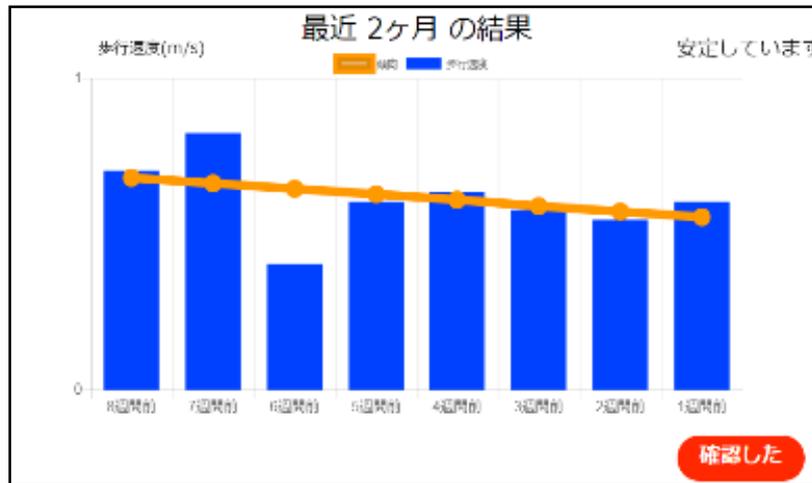


図 13 生活歩行速度の見える化

➤ 健康知識クイズ

図 14 に健康知識クイズのコンテンツを示す。毎日、違うコンテンツを提供することにより、タブレット操作を飽きさせない効果が期待できるとともに、脳に適度な刺激を与えることも可能となる

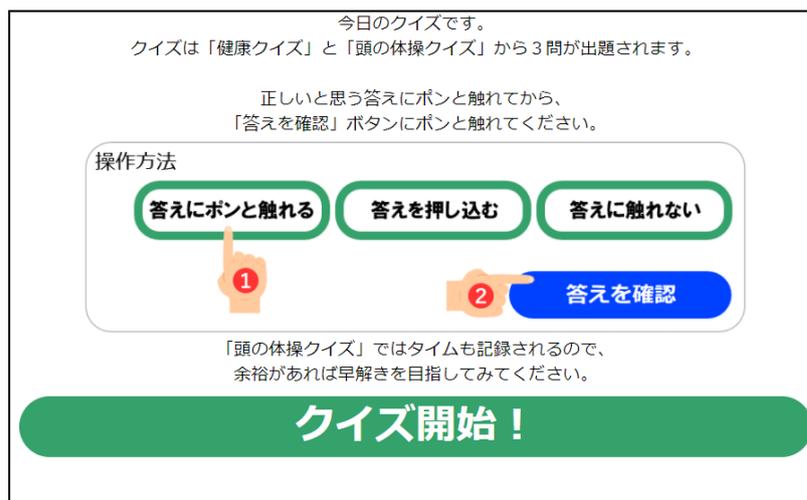


図 14 健康知識クイズ

- ヒト型ロボット

高齢者に対して重要度の高い情報(熱中症の危険など)を発話させる。
タブレットがプル型の情報提供であるのに対して、こちらはプッシュ型の情報提供を果たす

4. 簡易セルフ・アセスメントツールの実証と評価

簡易セルフ・アセスメントツールを被験者世帯に配布し、運動機能の改善について評価したところ、3か月間隔で実施している身体測定にて、改善効果が確認できるケースが発見された。また、簡易セルフ・アセスメントツールの枠組みを熱中症予防に応用した。具体的には、リビングや寝室で計測した温度・湿度をもとに、熱中症の危険度を解析し、危険な場合はヒト型ロボットによる発話を通じて、改善行動を促すものである。2017年の夏に実験を実施し、熱中症の危険度が警戒レベルの場合は、ほぼ100%高齢者が改善行動を実施したことを確認できた。このことから簡易セルフ・アセスメントツールは運動機能の改善に限らず、多様な応用が期待できる。

- 項目4 ライフマネージメント基盤の開発
- 項目4-1 ライフマネージメントDBの開発
- 項目4-2 生活行動パターン検出エンジンの開発
- 項目4-3 情報可視化インタフェースの開発
- 項目4-4 老年症候群予測エンジンの開発

ライフマネージメント基盤では、センサーを活用したIoTサービスをサポートすることで、IoTサービスの提供を容易にし、市場の活性化を図ることを目的とする。IoTサービスのサーバ側における基本機能を分類すると次の3つとなる。センサーから送信されたセンサーデータを受信し、DBに蓄積、また蓄積したデータを参照するための「データ収集」、収集したセンサーデータの解析した結果を出力する「データ解析」、収集したセンサーデータを使用し、見える化や異常検知時のアラート通知等のサービスを提供する「サービス固有機能」の3つである。

近年、これらIoTサービスの実装や構築を容易にするため、IoT向けBaaSが提供されるようになった。具体的にはサービス例としてはGoogleのFirebaseや、FacebookのParse(一般には非公開)などである。これらは、先に挙げたIoTサービスの基本機能の中では「データ収集」のみをサポートしている。ライフマネージメント基盤では、従来のIoT向けBaaSの「データ収集」に加えて「データ解析」をサポートする。

従来のIoT向けBaaSやIoTサービスでの、データ収集とデータ解析における問題点と、解決方針を表3に示す。

表 3 従来技術の問題点と解決方針

データ収集における問題	
問題	解決方針
センサーデータがどういう目的(例:どの場所)で計測されたものかを容易に管理できる仕組みがない	センサーを間取り等で管理するメタ情報「ライフマネージメントプロフィール」を定義
データ解析	
問題	解決方針
解析プログラムを自分で実装するため、解析ノウハウが必要だった。	・解析プログラムを解析プラグインとして共有・流用可能
即時性のあるサービス用に準リアルタイム処理をするためには、データ収集部からサービス固有機能までを作りこむ必要があり、実装が大変だった。	・センサーデータはストリーム処理され、準リアルタイム処理が可能 ・分散処理することで、高負荷でも遅延低減
解析対象とするセンサーデータを、センサー設置場所等から判断し、手動で指定する手間があった	・解析対象を「Aさんの廊下の人感」のように条件指定すれば、合致するセンサーデータを自動選択

上記の解決方針を達成するため、ライフマネージメント基盤では次の2つの機能を実現する。

- **ライフマネージメントプロフィール**
センサーの設置場所を間取り等で管理し、サービス提供に必要なセンサーデータを容易に検索するためのプロフィール。
- **解析プラグインと仮想センサー**
解析プラグインはセンサーデータをライフマネージメント基盤上で解析するプログラムを記述したプラグインで、クラウド上に構築されたライフマネージメント基盤上で共有される。仮想センサーは解析プラグインと解析対象となるセンサーデータの条件を、ライフマネージメントプロフィールを用いて指定して定義する。仮想センサーは定義に従ってセンサーデータを解析し、解析結果を出力する。解析プラグインと仮想センサーはクラスとインスタンスの関係となる。

ライフマネジメント基盤の構成を図 15 に示す。

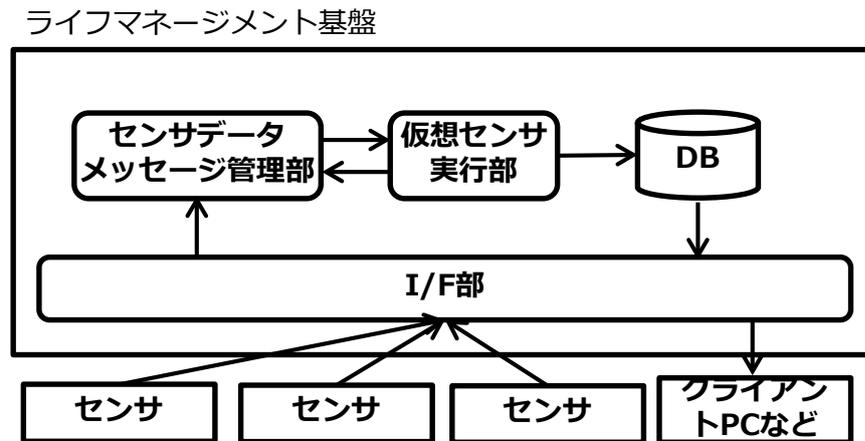


図 15 ライフマネジメント基盤の構成

- センサー
計測したセンサーデータをライフマネジメント基盤へ送信する。
- I/F 部
センサーから送信されたセンサーデータの受信や、DB に蓄積されたセンサーデータをクライアントへ提供する。I/F は一般的に普及している REST API を採用。
- センサーデータメッセージ管理部
I/F 部から受信したセンサーデータを、それを必要とする仮想センサーへ Push 配信する Pub/Sub。受信したセンサーデータをストリーミング的に Push 配信することで準リアルタイム処理を実現している。
- 仮想センサー実行部
どのセンサーデータとどの解析プラグインを解析するかを定義した仮想センサーを管理と実行を行う。
- DB
物理センサーの計測値や仮想センサーの解析結果であるセンサーデータを蓄積する DB。センサーデータはライフマネジメントプロファイルに基づいたデータ構造で管理される。NoSQL 型を採用し、膨大なセンサーデータを蓄積しても従来一般的であった RDB より高パフォーマンスで稼働させることが可能。
- クライアント PC
ライフマネジメント基盤に蓄積されたセンサーデータや解析結果を取得するクライアント。

ライフマネジメント基盤で用いる仮想センサーは、解析プラグインと解析に用いるセンサーの条件をライフマネジメントプロファイルで指定したものである。2 つの人感センサーを用いて、人感検知の時間差から歩行速度を解析する仮想センサーの例を図 16 に示す。これにより、仮想センサーでは、任

意のセンサーに対して解析プラグインによる解析を実施できるだけでなく、従来であれば解析対象とするセンサーを手動で選択する必要があったのに対して、解析対象とするセンサーをセンサーの識別子で指定する必要がなく、ライフマネジメントプロファイルで指定できるため、例えばユーザごとに設置場所が異なるセンサーであっても、センサーを手動で選択し直す手間を軽減できる。

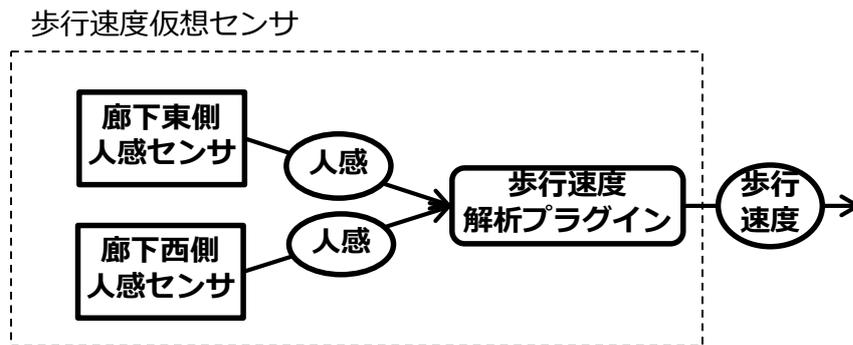


図 16 歩行速度を解析する仮想センサーの例

仮想センサーの解析対象とするセンサーは物理センサーだけでなく、仮想センサーを指定することもでき、複雑な解析を仮想センサーの組み合わせで実現することができる。仮想センサーの組み合わせ例を図 17 に示す。仮想センサーの組み合わせを可能とすることで、流用性が増している。

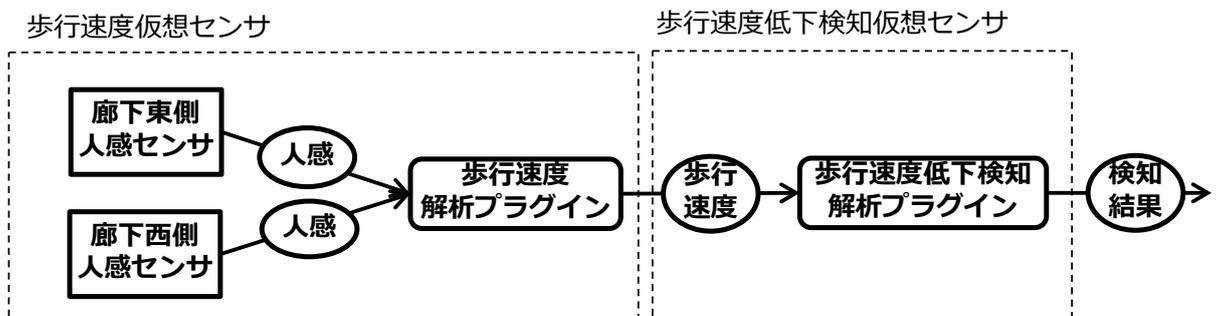


図 17 仮想センサーの組み合わせ

仮想センサーでは、転倒を検知した場合に通報するような即時性のあるサービスを提供するためには準リアルタイム処理の実現している。従来の一般的なIoTサービスの解析処理例を図 18 に示す。従来の各解析処理はバッチ処理で行われることが多く、図 18 に示した例では最大 5 分の遅延が発生してしまい、即時性のあるサービスには適用できない。

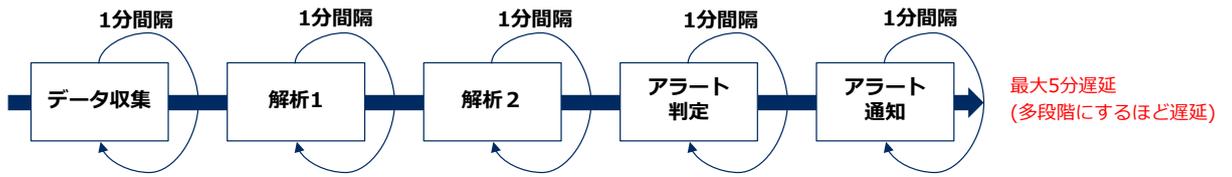


図 18 従来のIoT サービス解析処理例

準リアルタイム処理を実現するためには、図 19 に示すように、各処理で入出力されるデータをストリームで扱える必要がある。

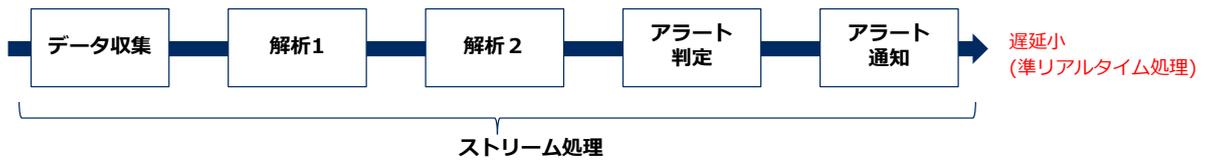


図 19 ストリーム処理例

従来のIoT サービスの解析処理がバッチ処理となってしまう原因は、図 18 に示した処理を図 20 に示すように DB を中心とした構成で実装しているためである。DB に蓄積されたデータは、一般的に Pull 形式で取得する必要があり、バッチ処理で実装せざるを得なくなる。また、DB は膨大なセンサーデータを蓄積するため、遅延を発生させる一因となりうる。従来の方式で準リアルタイム処理を実現するためには、データ収集からアラート通知の全てにおいて DB を介さない実装をする必要があり開発の負担が大きい。

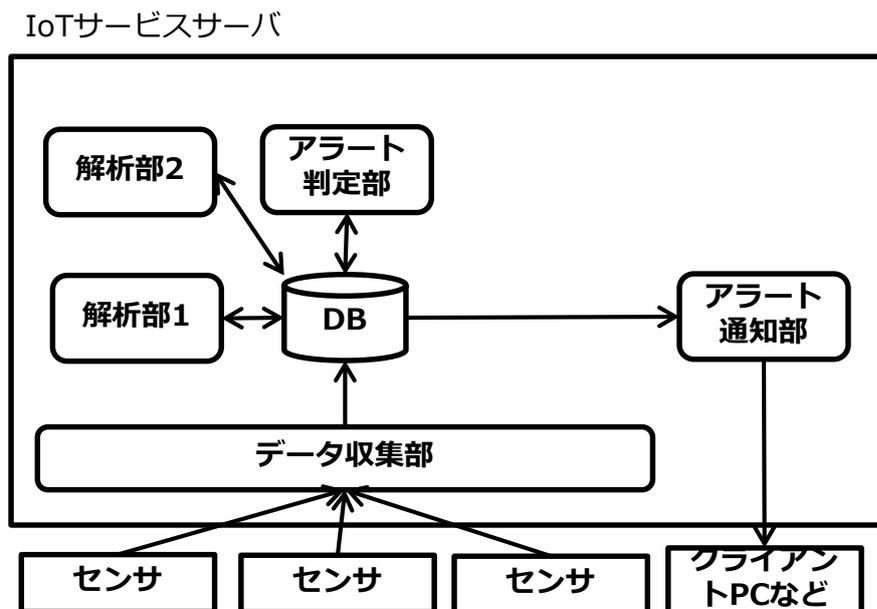


図 20 従来のIoT サービス構成例

そこで、ライフマネジメント基盤では、図 15 に示すようにセンサーデータメッセージ管理部を中心とした構成を採用している。センサーデータメッセージ管理部は、I/F 部から受信したセンサーデータを必要とする仮想センサー実行部へ Push 形式で配信することでストリーム処理を可能とする。仮想センサー実行部では図 19 の例で示した解析部 1、解析部 2、アラート判定部、アラート通知部を仮想センサーで実行可能としており、センサーデータメッセージ管理部からストリーム形式でデータを受信し、解析した結果をストリーム形式でセンサーデータメッセージ管理部へ出力することにより、準リアルタイム処理を実現する。尚、DB には永続的に管理しておきたいセンサーデータのみを蓄積する。

次に、ライフマネジメント基盤を用いた IoT サービスの実装と、実装の効率化について述べる。

基盤の評価を行うため、ライフマネジメント基盤を用いて、実装した 5 個の IoT サービス例を表 4 に示す。

表 4 実装した IoT サービス

老年症候群予測エンジン	
サービス名	詳細
歩行速度低下検知サービス	2 か所に設置した人感センサーの人感反応時間差から、歩行速度を検知し、歩行速度の変化傾向をお知らせするサービス
熱中症予防サービス	被験者の滞在部屋を検知し、滞在部屋の温度・湿度から熱中症指数を計算し、熱中症の危険がある場合は、被験者宅に設置したロボホンから注意を促すサービス
生活行動パターン検出エンジン	
サービス名	詳細
生活行動パターン変化検出サービス	家電の ON/OFF 回数、扉の開閉回数を曜日と時間単位で学習し、普段と回数が異なる場合に生活行動パターンが変化したとしてメールや Web 画面でお知らせするサービス
情報可視化インタフェース	
サービス名	詳細
水道・ガス使用量可視化サービス	計測した水道・ガス使用量を Web 画面で可視化するサービス
歩行速度可視化サービス	計測した歩行速度を Web 画面で可視化するサービス

上記 5 個 IoT サービスは図 21 に示す解析プラグインを構成することで実現した。

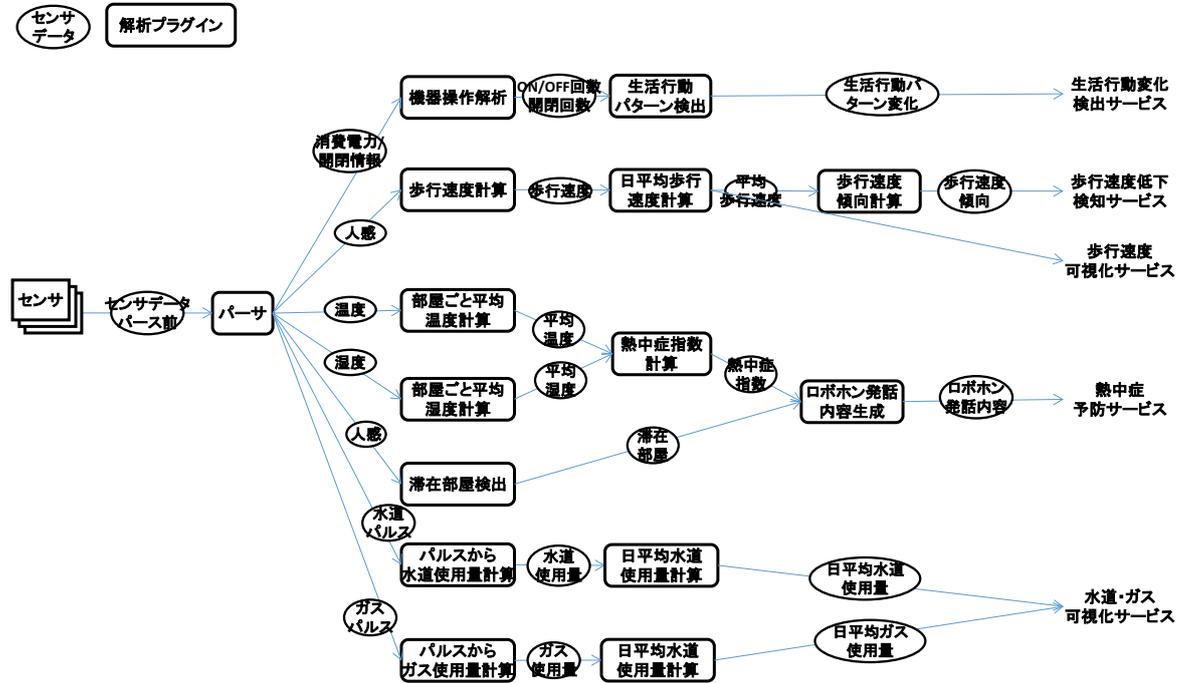


図 21 解析プラグイン構成

各解析プラグインは、容易に実装ができ開発者の負担を軽減することができる。歩行速度計算の解析プラグインを例にフローを図 22 に示す。

従来方式では、まず「1. ユーザごとに歩行速度計算対象となる 2 個のセンサー選択」で、歩行速度計算に用いるセンサーを、センサー設置場所等から選択する。これはユーザごとに設置センサーが異なるため、ユーザごとに作業する必要がある。次に「2. 1 で求めた 2 個のセンサーのセンサーデータを DB から取得」を実行する。次に「3. センサーデータを計測日時順にソート」で、取得したセンサーデータを計測日時順にソートする。次に「4. 人感検知時間差から歩行速度計算」で、ソートしたセンサーデータを 2 レコードずつ比較し、人感検知時間差を求め、歩行速度を計算する。次に「5. 計算結果を DB 登録」を実行して終了となる。

新方式では、まず、「1. センサーデータの条件登録」で、例えば「廊下の人感」のように必要なセンサーデータの条件をライフマネージメント基盤に登録する。これは、ユーザごとに条件を定義する必要はない。次に「2. センサーデータを取得(PUSH)」で、ライフマネージメント基盤から自動的に 1 の条件に合致するセンサーデータを PUSH 形式で与えられる。ストリーミング的に PUSH 形式で与えられるため別途ソートする必要はない。次に、「3. 人感検知時間差

から歩行速度計算」で、2 に取得したセンサーデータをもとに人感検知時間差から歩行速度計算を計算する。次に「4. 計算結果を DB 登録」を実行して終了となる。このようなフローとなるため、解析プラグインの解析者は実質 3 と 4 を実装するのみでよく、この例では従来方式と比較してコーディング量を 20%程度削減することができる。

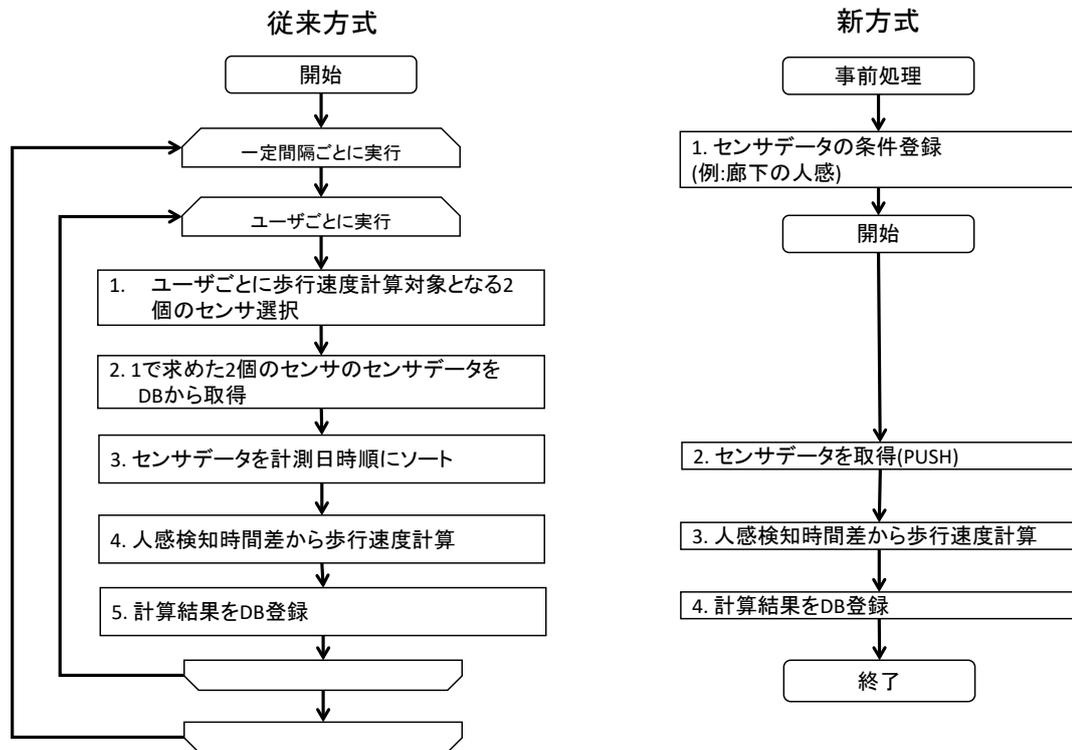


図 22 歩行速度計算フロー

以上