

## 平成28年度研究開発成果概要書

採択番号：178B03

課題名：ソーシャル・ビッグデータ利活用・基盤技術研究開発

個別課題名：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

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ション株式会社・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・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（実施責任者 教授 加藤真由美）  
日本電気株式会社  
金沢市企業局

(4) 研究開発予算（契約額）

総額200百万円（平成28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・NECソリューションイノベータ）
- 項目1-2 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1-3 マルチホップ型Aルートの実証  
（金沢市企業局・NECソリューションイノベータ）

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）
- 項目2-2 生活行動センシングモデルの構築（金沢大学）
- 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）

(28-1)

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 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4-3 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) これまで得られた成果(特許出願や論文発表等)

		累計(件)	当該年度(件)
特許出願	国内出願	5	1
	外国出願	2	2
外部発表	研究論文	3	1
	その他研究発表	22	11
	プレスリリース・報道	1	0
	展示会	3	1
	標準化提案	0	0

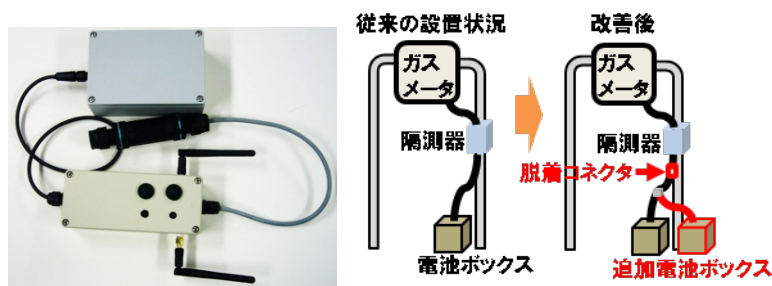
## (7) 具体的な実施内容と成果

## 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

(金沢市企業局・NECソリューションイノベータ)

- ・ ガス無線隔測器及び水道無線隔測器それぞれについて、実フィールド上の評価を実施した。ガス無線隔測器について、市販の金具を用いてガスメータの立て管に取り付けた。金具を用いて固定することにより、従来の方式に比べ、耐久性・強度が大きく向上した。また、風雨、積雪等の環境条件下においても、防水、防塵性能は十分であり、実用上、問題ないことが確認できた。
- ・ ガス無線隔測器の電池交換運用について、電池交換の期間が短く、多くの世帯に対応することが困難な課題が発生した為、電池ボックスを1個から2個に増設、電池交換期間を2倍とし、電池交換の頻度を下げて運用改善を行った。また、電池ボックスは大きく、重量があり取り扱いが難しい為、電池ボックス交換時のコネクタ脱着でコネクタの誤挿入による破損、コネクタ内部に水分が入って錆が出るなどのトラブルが発生した。対策として、ガス無線隔測器と電池ボックスを繋ぐ電源ケーブルの途中に脱着が容易で、防水性に優れた脱着コネクタを取り付け、電池ボックスを地面に置いたまま交換を可能とした。作業が容易になった事とコネクタの改善で電池交換運用のトラブルを無くすことが出来た。



従来のガス無線隔測器

- ・ 水道無線隔測器について、水道メーターボックスを鋳鉄製から樹脂製に変更した場合、通信状況はどれくらい変化するか調査した。ある被験者宅で水道メーターボックスを鋳鉄製から樹脂製に変更したところ、鋳鉄製のときは通信途絶が頻発していたが、樹脂製に変更することで通信途絶が無くなることを確認した。
- ・ 水道メーターボックス内に水道無線隔測器を設置しているが、水道メーターボックス内の設置は、設置者及び水道メーターボックス内の状況により設置方法が一定ではない。設置方法による通信への影響を低減するため、取り付け方法の容易化と標準化の必要性が明らかとなった。
- ・ 運用中の無線センサ、無線隔測器のファームウェアを改良して消費電力の削減、データ通信品質の向上を行った。消費電力の削減については通信の種類、通信間隔を見直し、ネットワーク経路の確認通信など運用に大きく影響しない通信については通信の削除や通信間隔の見直しを行い、通信量を減らすことで消費電力を削減した。また、通信品質の向上について、重要なデータはLBRに着信確認を行い、通信障害などで情報が届いていない場合は無線センサ、無線隔測器に一時的に保存している送信情報を再送できる様に改良を行った。

## 項目1-2 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)

- ・ 実証実験で追加した4世帯に設置するセンシング装置52台を製造し、項目1-1で小電力化、データ通信品質の向上に対応した改良ファームウェアを搭載、各世帯(13台/世帯)への設置を完了した。また、設置済み世帯16世帯(総センサ数208台)についても予備機を活用し、回収・設置作業と項目1-1で改良したファームウェアの書き換え等の改造作業を同時並行で行い、データ収集停止期間を1日以下に抑

えつつ、全センサの小電力化、データ通信品質の向上対応を5日間で完了した。

項番	品名	台数（1世帯）
1	水道無線隔測器	1
2	ガス無線隔測器	1
3	分電盤センサ	1
4	電力センサ	2
5	無線環境センサ	4
6	無線扉センサ	4

計13台/世帯

- 追加で作成した無線扉センサ、無線環境センサは従来外付けの電池ケースで実装していたCR電池をケースに内蔵した。



無線扉センサ



無線環境センサ

### 項目1-3 マルチホップ型Aルートの実証

(金沢市企業局・NECソリューションイノベータ)

- マルチホップ型Aルートで長期評価中の中継器、無線隔測器について項目1-1で改良したファームウェアを適応、消費電力の削減、データ通信品質の改善を行った。
- 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の情報を分析したところ、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。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。

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)

項目2-2 生活行動センシングモデルの構築 (金沢大学)

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)

生活行動センシングモデルを構築するために、生活行動とライフラインのセンシング、および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追跡調査を行った。実証実験における追跡調査は3ヵ月ごとに実施した。生活行動センシングは、扉の開閉や人がセンサ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する。対象者20名(男性6名、女性14名)の分析の結果を次のとおり示す(被験者の都合により、データ収集が困難な期間があったため、分析時期により分析対象者に変更あり)。

・ 居宅内移動(歩行)状況

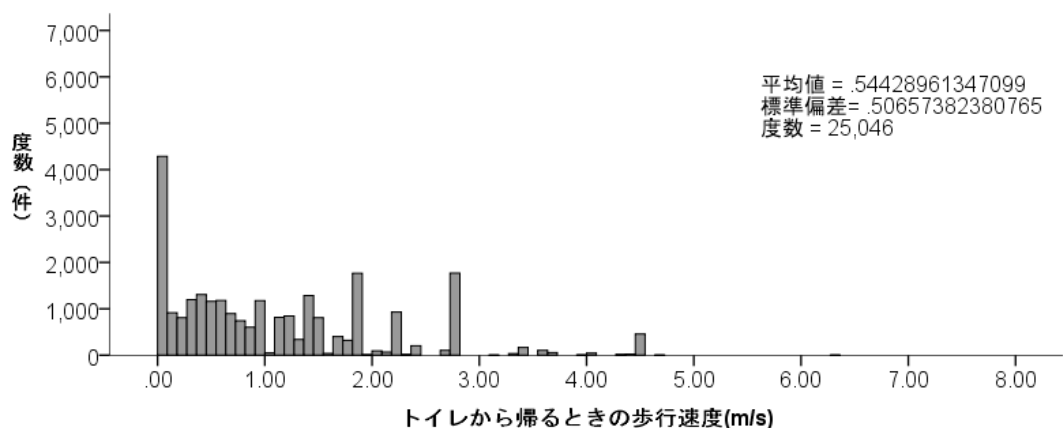
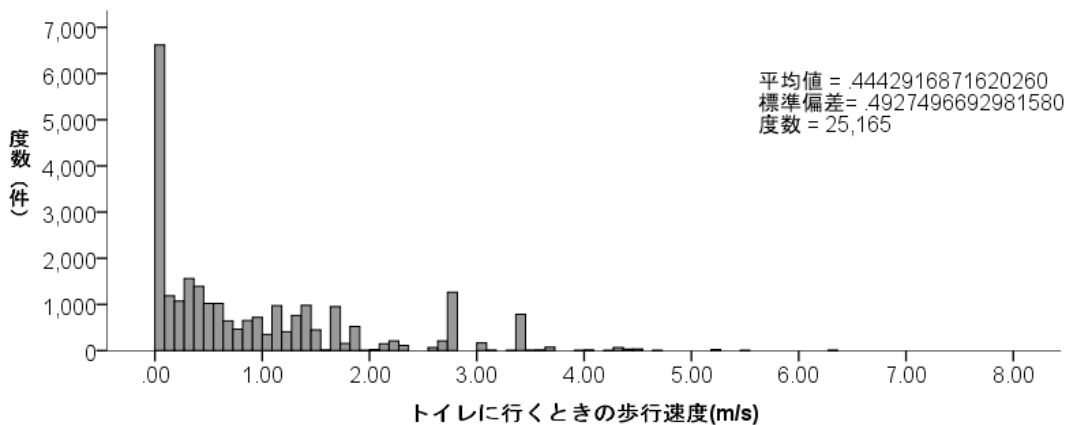
ア) 解析の視点

今回のセンシングのデータは、本研究の対象者の基本的な居宅内移動手段が歩行であることを踏まえと名づけている。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」を老年症候群の予防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。

### イ) 解析データ

「生活歩行速度」としてセンサーの応答順序からリビングルームなどの側からトイレのある側への方向で記録された歩行速度（便宜上、トイレへ行くときの歩行速度と表現する）とその逆にトイレのある側からリビングルームなどがある側への方向で記録された歩行速度（便宜上、トイレから帰るときの歩行速度と表現する）のデータを用いた。それぞれの平均値、標準偏差、度数、分布は以下のとおりであった。



### ウ) 「生活歩行速度」の特徴

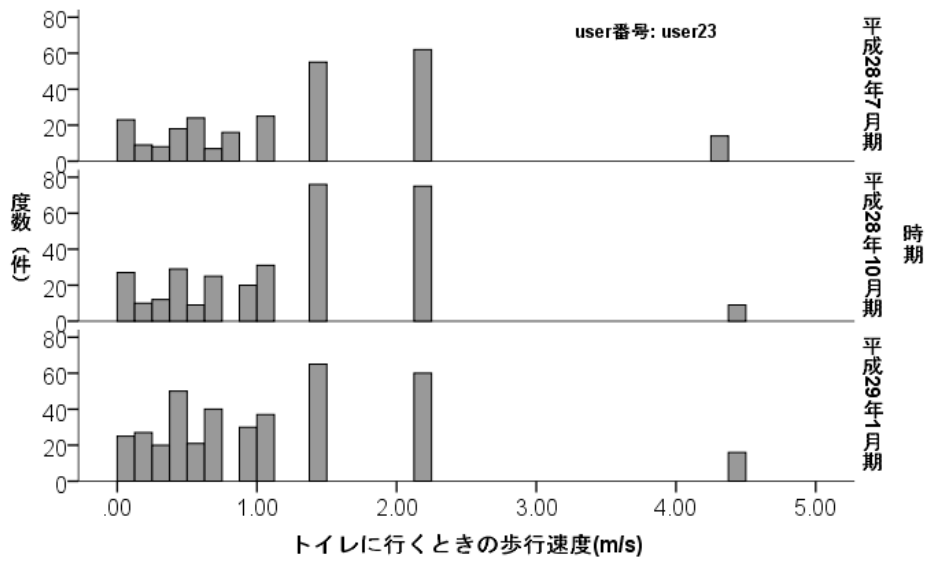
#### ①季節（時期）による差

生活歩行速度のうちトイレへ行くときの歩行速度を用いて夏季(7月)、秋季(10月)、冬季(1月)の3期について検討したところ、個人差が大きいことが判明した。典型例を以下に示した。

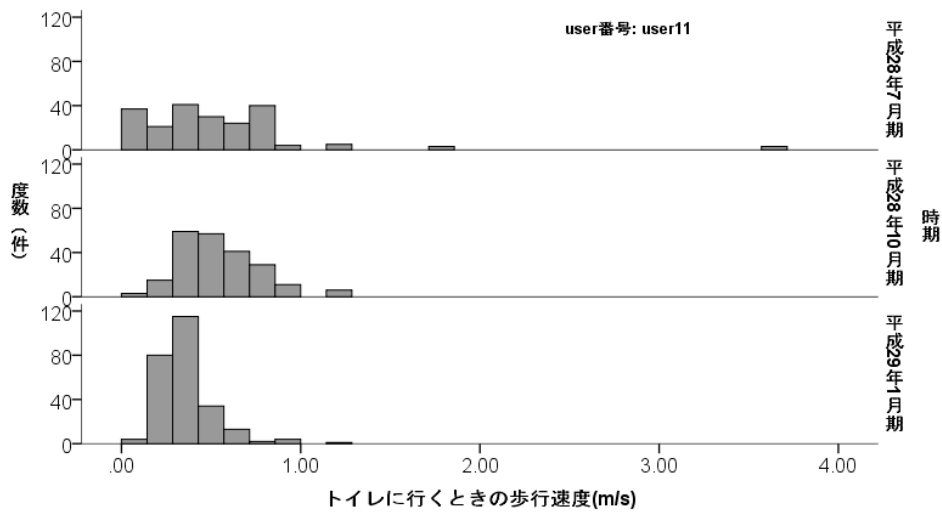
上段は季節（時期）による影響が少ない事例である。夏季より秋季、秋季より冬季のほうが度数（「」が記録された回数）は高まる傾向があるものの大きな変化は認められない。一方、下段は季節（時期）による影響が大きい事例である。夏季あるいは秋季に比べて冬季になると遅い歩行の度数が急増している。また夏季と秋季を比べると秋季の度数は正規分布様であるのに対して夏季の度数は平坦分布様である。



### 季節（時期）による影響が少ないケース



### 季節（時期）による影響が大きいケース

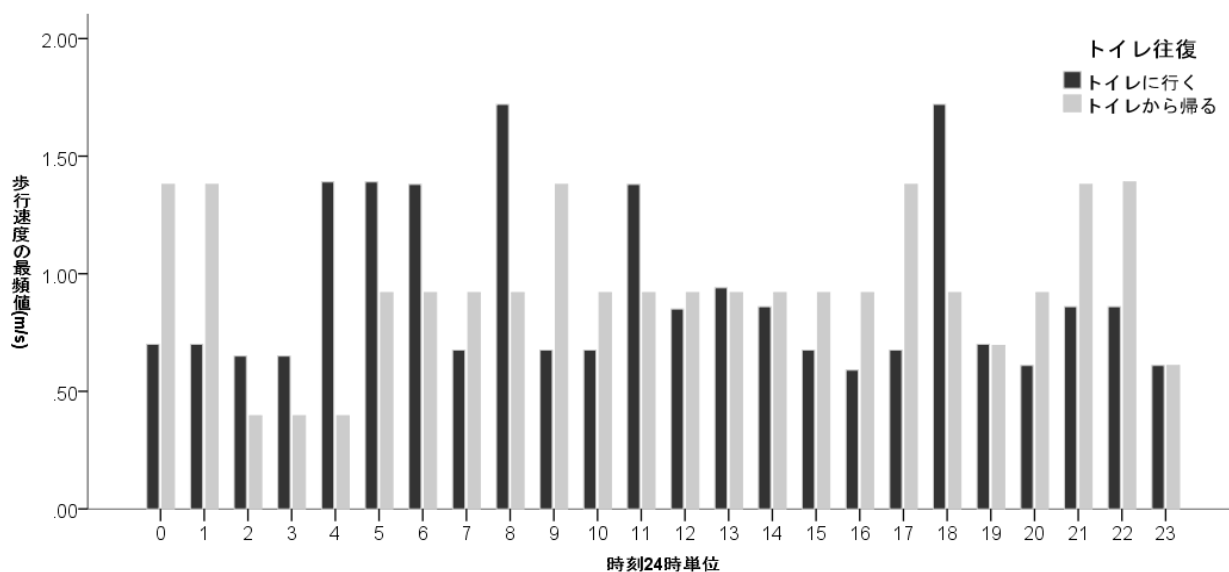


#### ②日中と夜間との差および生活場面の影響

トイレに行くときとトイレから帰るときの2種類の生活歩行速度について最頻値を用いて1時間ごとに比較した。

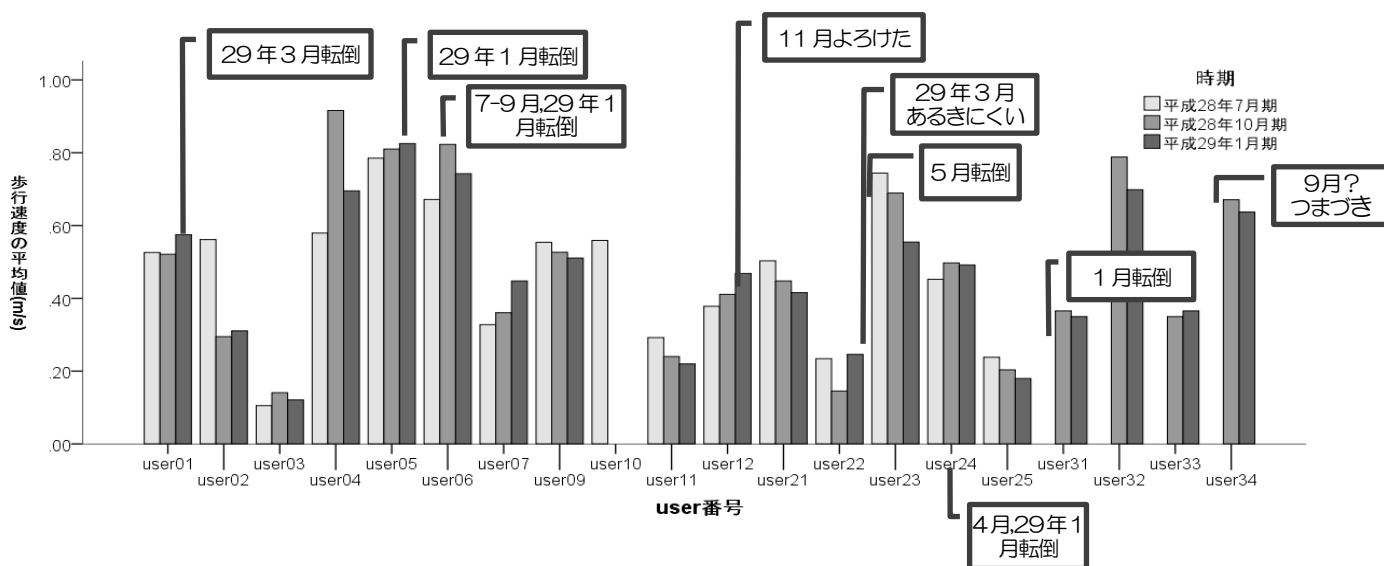
両者の差は夜間、早朝で大きくなる傾向がみられた。具体的には21時、22時、0時、1時といった時刻ではトイレから帰るときのほうがトイレに行くときよりも歩行速度が速くなり、4時、5時、6時、8時といった時刻ではそれが逆転していた。

全体的な傾向としては12時か16時までの歩行速度は安定しており、これに比べて17時から11時の間は速かったり遅かったりと不安定な状態になる傾向がみられた。



### 工) 生活歩行速度と転倒の関連性

トイレに行くときとトイレから帰るときに2種類の歩行速度を統合したうえで、立ち止まりや小走りといった現象を排し、家の中を“ふつうに歩いている”のに相当する歩行能力について検討するため仮に0.1m/sから2.0m/sまでの範囲にあるデータの平均値を対象者の歩行能力とみなすこととした。その平均値の3期にわたる変化と体力測定の際に実施した転倒の有無に関する問診の結果を重ねたところ、以下の3つの知見を得た。



- ① 対象者のなかでは相対的に生活歩行速度が速めのuser05、user06、user23、user34に転倒、つまづきなどが発生している。
- ② 生活歩行速度の変化が前の期よりも後の期のほうが速めになったuser05、user12に転倒、つまづきなどが発生している。

- ③ 転倒、つまづきなどを経験したuser06、use23、user31、user34は生活歩行速度が徐々に低下している。

このうち①と②の知見はこれまでの仮説（転倒に先行して生活歩行速度の低下が生じるのではないかと）とは逆の可能性あることを示唆する知見である。これまでの仮説と今回得られた①および②の知見を包含する新たな仮説として「数か月間のうちに生活歩行速度が変化（速くなる、あるいは、遅くなるは問わない）しつづけた後に転倒事故が生じる」といった仮説を検証する必要がある。また③の知見については転倒後症候群として知られている転倒後の心身の不調、生活活動性の低下といった現象をとらえている可能性がある。

センシングから得られる生活歩行速度のデータは、転倒リスクの評価といった転倒前の情報だけでなく、転倒後症候群などの転んだ後に関する情報としても活用できる可能性がある。

#### ・ 活動量に関して

総消費量、歩数、運動強度等の身体活動状況について、1週間のセンシング及びライフコーダ<sup>®</sup>のデータを収集した。身体計測(BMI、握力)、面接調査(介護保険の有無、ロコモ度、抑うつ状態、調理時間等)データ収集としては台所でのセンシング、ライフコーダ<sup>®</sup>GS装着。分析方法：面接調査の結果で1)介護保険を利用せず、ロコモ度が正常範囲、握力が18Kg以上、抑うつ症状(QIDS-J)が5点以下の条件で生活機能低下のローリスク群：A群、2)介護保険を利用し、ロコモ度が境界域9点以上、握力が18Kg以下、抑うつ症状(QIDS-J)が6点以上の条件を満たせば生活機能低下のハイリスク群：B群、3)A群とB群の間をミドルリスク群：C群の3群に分け、台所でのセンシング(台所反応回数)、調理時間、ライフコーダ<sup>®</sup>GS装着データ(総消費量、運動量、歩数、活動時間)について比較した。3群比較はKruskal-Wallis test、多重比較はScheffe testを用いた。統計学的分析にSPSS23 for windowsを使用した。

3群の内訳は、A群が4人で平均年齢(SD)は71.4(4.0)歳、B群が4人で81.4(6.9)歳、C群が7人で80.1(6.5)歳。BMIの25以上が4人の内、3人がB群であった。3食の調理時間では3群間に有意差はみられず、A群は3食とも調理し、BC群では昼食での調理時間は短くセンサの反応回数が少ない。総消費量、運動量、歩数では3群間に有意差はみられず、活動時間ではA群の411.5分とC群の73.7分で差がみられた( $p=0.031$ )。台所のセンシング反応回数について1日の平均値(SD)をみると、A群が146(89.3)回とC群の58.3(21.4)回で反応回数に有意差がみられた( $p=0.041$ )。

台所に設置したセンサの反応回数から台所での動きによる反応は調理にかかる時間や食生活パターンに関連するセンシングのモデル指標として使用できる可能性が示唆される。

次に、身体活動状況に関連した調査から総消費量、歩数、運動強度等の身体活動状況と季節との関連を明らかにし、在宅生活行動の支援に向けたセンシングモデルの開発につながるかを検討した。

【方法】縦断的フィールド研究。対象者：A市に在住する65歳以上で生活自立度が自立から要支援2までで本人及び家族の同意が得られた独居高齢者。調査期間：2015年1月～2017年1月。調査方法：冬期(1月)3回、春期(3～4月)2回、夏期(7月)2回、秋期(9～10月)2回で各期に1週間ライフコーダ<sup>®</sup>GS(スズケン)を装着。調査内容：ライフコーダ<sup>®</sup>のデータから総消費量、歩数、運動強度(1～9)を収集。強度は4秒毎に活

動の程度をカウントした回数を分類。分析方法：四期の総消費量、歩数、運動強度について一元配置分散分析し、多重比較はscheffe testを用いた。統計学的分析はSPSS for windowsを用いた。

今回の分析対象者は14人で男性2人・女性12人。平均年齢(SD)は2017年1月で77.6(6.4)歳。自立度は、自立が6人で介護保険利用者は8人。全員が主治医有。総消費量の平均値(SD)は、冬期が1484(144)kcal、春期が1525(163)kcal、夏期が1488(161)kcal、秋期が1497(158)kcal ( $p=.806$ )。歩数の平均値(SD)は、冬期が4484(1632)歩、春期が5812(3000)歩、夏期が5803(2834)歩、秋期が5495(2795)歩 ( $p=.183$ )。運動強度は、強度1~3の「ゆっくり通常歩行」程度の平均値(SD)は、冬期が505(141)、春期が633(280)、夏期が747(349)、秋期が672(283)である( $p=.011$ )。多重比較から冬期と夏期で有意差がみられる( $p=.015$ )。更に、「ぶらぶら歩き」程度の運動強度1, 2は、強度1の冬期が134(46)、夏期が194(69) ( $p=.002$ )、強度2は冬期が245(80)、夏期が347(175) ( $p=.007$ )である。強度3の「目的をもった移動などの歩行」は各期で差がみられない( $p=.509$ )。健康に良いと言われる「中強度活動の範囲」である速歩程度の運動強度4~6と「ジョギング程度の強い運動の範囲」である強度7~9を合わせると冬期が170(148)、春期が246(253)、夏期が174(205)、秋期が189(216)である( $p=.578$ )。運動強度1~9の合計でみると季節による違いはみられない。

ライフコーダ<sup>®</sup>の運動強度を分類別にみると強度1と2では冬期には夏期に比べカウント数が少ないことから、ぶらぶら歩き程度の軽い運動は冬季に減少する。その一方で目的を持った移動歩行や健康に良い程度の運動強度、また総消費量や歩数に関しては季節による違いがみられない。今回の結果は、センシングモデルの開発にむけて調査継続中の歩行速度や室内における滞在時間などと季節との関連性を詳細に検討するうえで活用できることが示唆される。

#### ・ センサ作動状況による就寝後の排泄状況と転倒リスク検知

独居高齢者の転倒リスクを捉えるセンシングモデル開発において、夜間頻尿を改善(頻度を低減)することで、夜間の排尿行為に起因する転倒リスクの軽減が可能と考え、経時的に季節による排泄行動の変化を見守ってきた。今年度はさらに、就寝後の排泄状況に加えて、水道使用量、寝室からの移動が有用な指標となると考えた。

そこで、宅内に設置した無線センサから、トイレの人為的操作による扉の開閉回数、水道使用量、寝室-トイレ間の歩行距離・速度など、通信ネットワークを介したサーバーからデータ収集し、排泄動作を抽出した。

その結果、夜間の排泄状況として、就寝から起床までの排泄回数は $2.0 \pm 1.1$ 回、所要時間は $2.7 \pm 1.6$ 分/回。夜間排泄時の水道使用量は $7 \pm 3.2$ l/回。移動時間は、寝室→トイレが $34.3 \pm 28.5$ 秒/回、トイレ→寝室が $61.1 \pm 67.6$ 秒/回であった。

表 . 就寝後の排泄状況および水道使用量、移動状況		N=16	
項目	平均 ± SD	MIN-MAX	
夜間排尿回数(回)	2.0 ± 1.1	(0.4 - 4.4)	
平均所要時間(分/回)	2.7 ± 1.6	(0.8 - 6.8)	
水道使用量(l/回)	7.0 ± 3.2	(1.5 - 12.5)	
移動時間(秒) 寝室→トイレ	34.3 ± 28.5	(12.5 - 123.5)	
トイレ→寝室	61.1 ± 67.6	(17 - 269)	

移動時間は、寝室の人感センサが最後に反応した時間からトイレの人感センサが反応した時間までとした。バラツキが大きかったため各被験者の中央値を採用し、平均値とした。

排泄行動センシングモデルとして、就寝後の排泄回数および所要時間に加えて、水道使用量や寝室からの移動状況などが把握できた。寝室からトイレにむかう移動の方が復路に比べて速く、転倒リスクを検知する指標候補として考えられた。また、夜間の水道使用量から排泄状況を見守れる可能性が示唆され、今後さらに検討を重ねる必要がある。

- 生活起居動作からのリスク探知

生活起居動作能力を推定するために、起居動作に要する時間について検討した。起居動作能力は歩行能力と相関が高く、日常生活動作能力との相関があることが推測される。老年症候群で問題となる要介護状態の日常生活動作能力低下の推定に、居宅環境で日頃行う生活起居動作を用いることができないかを検討した。

センシングにおいて、対象者は昼寝をする者がいる一方で、要支援の高齢者の場合、居宅にて週2回程度ヘルパーによる掃除介護が実施されており、また、日中は家族や友人が居宅を訪れるなどセンサ作動に影響を与えると予測されることから、日中のセンシングデータの使い方を検討する必要がある。そのため、起居動作に要する時間を用いたセンシング指標の開発において、どの時間を用いて指標として推定するかをまず検討する必要がある。起居動作に要する時間について、全く選別しないデータと独居高齢者のみが活動する夜間から朝までのデータを2週間比較したところ0.9程度の一致がみられた。表はID2の対象者の状況であり、平均値、標準偏差、中央値、最頻値が高い割合で一致していた。

ID2 2週間の起居動作に係る時間(全てのデータ)

	15日	16日	17日	18日	19日	20日	21日	22日	23日	24日	25日	26日	27日	28日
平均値	4.9	5.6	6.3	5.0	5.2	4.9	5.5	5.1	4.9	5.2	5.2	5.6	4.9	5.6
標準偏差	2.4	2.7	2.9	2.3	2.3	2.6	2.4	2.4	2.0	2.5	2.7	1.8	2.4	3.0
中央値	5.0	5.0	7.0	5.0	5.0	4.5	6.0	4.5	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	6.0
最頻値	2.0	4.0	7.0	3.0	2.0	2.0	7.0	4.0	3.0	3.0	2.0	4.0	4.0	2.0

ID2 2週間の起居動作に係る時間(夜間-朝までのデータのみ)

	15日	16日	17日	18日	19日	20日	21日	22日	23日	24日	25日	26日	27日	28日
平均値	4.8	5.6	6.2	5.0	5.2	5.0	5.4	4.9	4.9	5.0	5.2	5.6	4.9	5.7
標準偏差	2.4	2.6	3.0	2.3	2.3	2.7	2.5	2.2	2.1	2.4	2.7	1.7	2.6	3.2
中央値	4.5	5.0	7.0	5.0	5.0	4.5	5.5	4.0	5.0	4.5	5.0	5.0	4.0	6.0
最頻値	2.0	4.0	7.0	3.0	2.0	2.0	4.0	4.0	3.0	3.0	2.0	4.0	4.0	2.0

3ヵ月間の起居動作に要する時間の分析期間についても検討が必要であり、1ヶ月間から取り出した2週間と1ヶ月間との相関を確認したところ、 $\rho=0.758$  ( $p<0.01$ )と高い相関がみられた。

3ヵ月間の起居動作に要する時間の期間ごとの推移について同様に検討したところ、どのデータでも概ね一致していた。

表 起居動作に要する時間のデータによる推移の比較

	10月	1月
全てのデータ	5.83 ± 0.58	5.70 ± 0.47
2週間のデータ	5.82 ± 0.65	5.60 ± 0.59

どの時間を用いて起居動作能力を推定するかは重要なことである。起床時と推定され

る時間に焦点化して分析を進める必要がある。

生活起居動作に要する時間の主な相関の状態は、膝関節伸展運動にて $\rho=.559$  ( $p < 0.05$ )、重心動揺の矩形面積において $\rho=.420$  ( $p < 0.05$ )、最速の歩行速度において $\rho=.525$  ( $p < 0.05$ )、日ごろ歩いている歩行速度において $\rho=.414$  ( $p < 0.05$ )、歩行能力とバランス能力を測定する Timed-Up and Go Test において $\rho=.534$  ( $p < 0.05$ )、認知機能を測定する Mini-Mental State Examination において $\rho=-.516$  ( $p < 0.05$ ) と中等度の相関がみられた。起居動作もセンシング指標として組み込むことも示唆された。

- ・ 運動機能の維持について

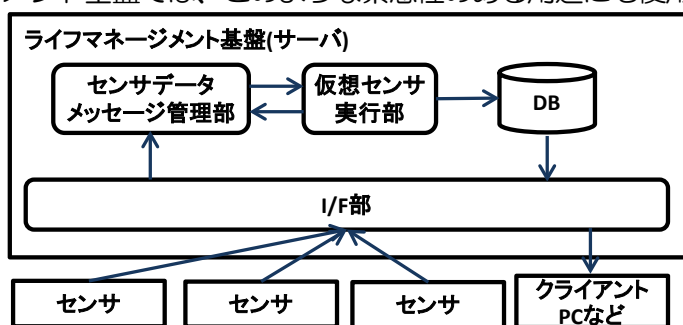
モデルの構築結果をもとに、平成 29 年度に転倒等を防止する目的の介入を行っていかうえで、運動機能を維持する方法の検討を行った。

独居可能な状態にある高齢者の運動機能維持や転倒予防を目的に、在宅で、人からの声かけが無くても自主的に、わかりやすく簡単で安全な運動を、適度なタイミングに適度な負荷で、継続的に実施できる介入手段の検討を行った。運動プログラムの内容、在宅での実施状況の確認方法、モチベーションの維持について検討を行った結果、介入群にはタブレットで宅内センサから算出した生活移動速度などの変化を表示するだけでなく、多様な声かけを行うロボット型 Android 端末も活用してモチベーションの維持・向上に取り組むこととした。また、運動実施状況と宅内生活移動速度の分析により効果を継続的に評価することとした。

#### 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)

- ・ ライフマネージメント基盤の構成を下図のように設計し、実装した。I/F部はREST API を備え、センサからのセンサデータ受信や、蓄積したセンサデータをクライアント PC や他のサーバなどから参照することを可能としている。仮想センサ実行部では、例えば2つの人感センサのセンサデータをから、歩行速度を出力するように、新たな付加価値をつけたセンサデータを生成する仮想センサを定義することができる。仮想センサは、利用者が実行したい機能を後から追加・削除することができる。また、仮想センサ A の出力を、仮想センサ B の入力とすることを可能とすることで、複雑な解析を仮想センサの連携で実現できる。仮想センサは入・出力するセンサデータをストリームとしてリアルタイム処理することが可能している。例えば、DB に蓄積されているセンサデータに対してバッチ処理で解析する場合は、解析 A の結果を用いて解析 B を行う場合に、解析 B の実行前に解析 A が終わるのを待つ必要があり、転倒時に通報のような緊急性のある用途には使用できなかったが、本ライフマネージメント基盤では、このような緊急性のある用途にも使用できる。



ライフマネージメント基盤構成

- ・ 収集したセンサデータを解析し、目的の情報を得るためには、入力となるセンサデータが、誰の、どの部屋の、どこに設置されているセンサなのか等の間取り情報が必要となる。この間取り情報は、平面図のような形式で管理すると、センサ設置時のセンサ設置者の負担になるばかりでなく、DB 上での管理が複雑となり、目的のセンサを検索することがかえって難しくなる。センサ設置者の負担が極端に大きくなることなく、かつ解析時に目的のセンサを検索するが可能な表現形式を設計し、ライフマネージメント DB 上に実装した。
- ・ 本実証実験では、20 世帯から 1 年で収集するセンサデータは 1 億 2 千万レコードを超える。サービスを支障なく提供するためには、センサデータが膨大であっても、「センサデータ収集」、「センサデータ検索」が高パフォーマンスで実行できる必要がある。本ライフマネージメント DB では蓄積時のデータ構造を見直すことで下表に示すように、パフォーマンスを従来方式と比較して 10 倍以上向上した。また、将来の世帯数増加を考慮し、基盤を構成する「I/F部」「センサデータ管理部」「仮想センサ実行部」「DB」は全てスケールアウト可能とした。尚、評価環境には、Intel XeonCPU X3430@2.40GHz、メモリ 8GB のサーバを用いた。

## パフォーマンス評価

	旧方式	新方式
<b>センサデータ収集</b>		
1年分※1のセンサデータ登録	12日49分	51分17秒
<b>センサデータ検索</b>		
1ヶ月分※2のセンサデータ抽出	29.305秒	0.082秒
1ヶ月分※2のセンサデータ抽出し、特定のセンサデータ種別※3のみカウント	207.634秒	20.080秒
1ヶ月分※2のセンサデータ抽出し、計測日時順※3にソート	38.943秒	0.083秒

※1 123,408,560レコード

※2 10,554,130レコード

※3 インデックス化済

#### 項目4-2 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4-1で実現した仮想センサは、情報可視化インタフェースにおける、バックグラウンド処理で使用することも想定して設計・実装している。例えば水道メータ用無線隔測器から収集したセンサデータを、1時間単位の水道使用量に変換する仮想センサを用いることで、水道使用量の情報可視化インタフェースに適用することができる。情報可視化インタフェースは、用いるユーザが、高齢者や、見守る人、支援する人と変わったり、表示する項目が、水道、ガス、生活リズムなどと変わったりしても、バックグラウンド処理の変更は、用いる仮想センサの変更だけで可能となった。
- 水道やガスなどの事業者が、天気予報を用いた需要予測をすることを想定し、天気と水道やガス使用量の間に相関があることを調べるために、それらを効率的に確認するためのWebインタフェースを設計した。

#### 項目4-3 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)

- 項目4-1で実現した仮想センサを用いた老年症候群予測エンジンの最初の実装として、項目2の金沢大学での検討結果である歩行速度などの算出と評価を行う機能を実装した。実現したライフマネジメント基盤上で仮想センサが実行できること、追加削除ができること、仮想センサにより、ライフマネジメント基盤上で様々な解析方式を追加できることを確認した。