

平成 27 年度研究開発成果概要書

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

採 択 番 号 : 178B03

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注目されたが、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に孤独死している。(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に関わっている。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、それらが絡み合っただけで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・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27年度（2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

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 100百万円（平成27年度 50百万円）※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発課題と担当

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）

項目2-2 生活行動センシングモデルの検証（金沢大学）

項目2-3 生活行動パターンと老年症候群との関連検討（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 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	4	2
	外国出願	0	0
外部発表	研究論文	2	1
	その他研究発表	11	6
	プレスリリース・報道	1	0
	展示会	2	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（金沢市企業局）

- ・ 市販の電子式メータの電池消費電力を抑えながら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した。また、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で、隔測器の電池寿命を改善した。これらにより、1 分毎の流量計測と 1 日毎の累積情報・アラート情報取得を行いつつ、単 2 電池 2 本で約 1.5 年の動作が可能な無線隔測器を実現した



水道無線隔測器



ガス無線隔測器

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）

- ・ 無線隔測器で実現した無線通信モジュールのスリープタイミングチューニングを屋内センサ（無線環境センサ、扉センサ）にも適用し、電池寿命を改善した。その結果、ネットワーク死活確認の定期通信と動き検知等のイベント送信を行いつつ、CR2 電池 1 本で約 4 ヶ月動作可能な環境・扉センサを実現した



無線環境センサ



無線扉センサ

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）

- ・ 実証実験で追加した5世帯に設置するセンシング装置65台を製造し、項目1-1、1-2で改良したファームウェアを搭載した上で各世帯（13台/世帯）への設置を完了した。また、設置済み世帯11世帯（総センサ数143台）についても予備機を活用し、回収・設置作業と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、全センサの更新を4日で完了した

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

項目1-4 マルチホップ型Aルートの実証（金沢市企業局）

- ・ 無線マルチホップ通信を使った世帯間通信経路を構築し、課金に利用可能なデータ通信の確保について評価を実施。無線の定常通信を前提に、市街地フィールドにおける無線マルチホップ通信ネットワーク構築の課題を明確化した。特に、小学校への無線基地局の設置は、装置事故発生の危険性回避に加え、小学校の防災防犯対策による鋼線入りガラスへの対応策が必須であることが明らかとなった。
- ・ 実証フィールドの無線通信状況の調査、地形や建屋等の環境を考慮した中継器の設置場所検討、中継器設置形態の改良を実施。さらに、電池容量を増やすことで中継器の長期間電池駆動を実現し、メンテナンス低減（約1年毎）を図った

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）

- 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。分析の結果、老年症候群の発症もしくは発症前段階にあると推察されるパターンの逸脱の仮説となる特性を抽出した。
- 歩行成分が100%とならない生活環境のもとで、生活歩行速度（2か所のセンサ間の距離の歩行速度）を計測した。生活歩行速度の分析は、高齢者の生活環境には物品が置かれていたり、段差があったり、また高齢者は必ずしも廊下をまっすぐに、かつ同じ速度で歩行しない、加えてセンサの前を通過する頻度が生活習慣によりばらつきがあることから中央値を用いた。

項目2-2 生活行動センシングモデルの検証（金沢大学）

- 追跡調査の結果、次のことが明らかとなった。第3期計測後に2名（16.7%）が転倒しており、うち1名は骨折（大腿骨）し、他の1名は打撲程度の受傷であったが2回転倒した。この2名は転倒に至る前の生活歩行速度が共に0.8m/sec以下に低下し、転倒につながる身体状態であることが示唆された。高齢者の0.8m/sec以下の歩行速度は筋肉量の減少、筋力の低下、活動量の低下と共にサルコペニアの判断基準の1つとなっている。
- 転倒により骨折した高齢者は89歳の女性であり、要支援1の介護認定を受けており、糖尿病、頸動脈閉塞症、骨粗鬆症の診断を受け薬剤治療を受けている。転倒状況は、新聞を玄関まで取りに行き、戻る際に段差につまずいた。図1は骨折者の人感センサ（無線扉センサ）反応回数と歩行速度（中央値）の推移を示している。転倒・骨折前の測定では生活歩行速度（中央値）は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。打撲者は0.867m/secから0.650m/sec後に転倒していた。

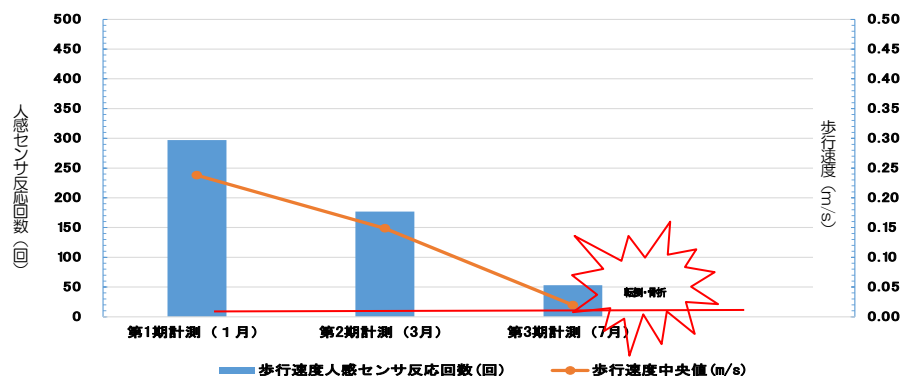


図1. 人感センサ（無線扉センサ）反応回数と歩行速度（中央値）の推移

項目2-3 生活行動パターンと老年症候群との相関検討（金沢大学）

- 本研究の対象者において、実証実験における歩行速度は膝伸展筋力（Spearman の順位相関係数：右 $\rho=-.643$ 、左 $\rho=-.531$ ）および膝屈曲筋力（右 $\rho=-.629$ 、左 $\rho=-.664$ ）に対して中等度の相関があり、活動量の参考となるロコモティブシンドロームに係るスケール（ロコモ 25：日本整形外科学会）の得点に対して強い正の相関（ $\rho=.876$ ）があったため、転倒につながる身体状態にサルコペニアが背景にあることが推察された。サルコペニアの判断基準が 1.0m/sec 以下という研究報告もあるため、歩行速度が 0.8-1.0m/sec 以下に低下した生活行動パターンが転倒につながる身体状態を推定する仮説として追跡調査を行うことや、2 つのセンサ間の距離や設置状況が生活歩行速度の信頼性や再現性に影響するのか今後検証する必要が明らかとなった。
- 人感センサ（扉センサ）の反応回数が、転倒につながる身体状態を推定するためだけではなく、低活動に係る老年症候群を捉えるためにロコモティブシンドロームの前段階を推定する活動量としての特性を捉えることに活用できることが考えられた。骨折者の人感センサの反応回数は経時的に 297 回→177 回→53 回へと減少し、ロコモ25の得点は 11 点→14 点→15 点へと増加しておりロコモティブシンドロームの危険域に至っており、活動量の減少が明らかとなっている。今後、追跡して明らかにする予定である。
- 人感センサが一部の被験者において利用時間が長くなる傾向や、時折、排尿回数・利用時間が多くなる日が確認された（図 2）。これが一時的な変化ではなく、増加傾向が続く場合には排尿機能の低下（膀胱、腎臓、前立腺など）、心臓など循環器疾患などが予測されるため、泌尿器科受診を促す等の支援行為につなげられることが考えられた。また、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た。トイレでの行為（衣服をおろす、座る、立つ、衣服をつける）は複雑で、トイレ 1 回あたりの利用時間と筋力の相関を想定するが、現時点では明らかとなっていない。そのため、リスクの指標・閾値の仮説策定などを含めて継続して研究し、心身機能の推移、季節による排泄行動の変化を捉える必要が分かった。

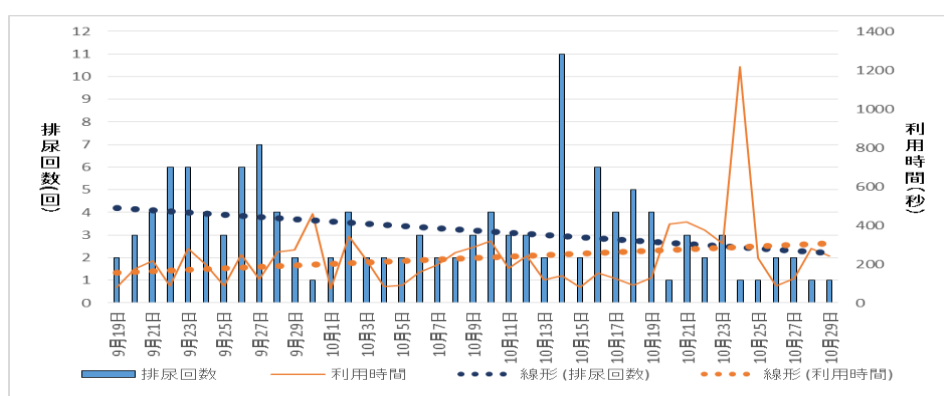


図 2. 人感センサ反応回数からみたトイレ 1 回あたりの利用時間と排尿回数の推移

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）

- ・ 生活上不可欠である水の使用情報を活用した生活環境のセンシングモデルを構築するために、高齢者ごとの水使用パターンの抽出方式を検討した。日々の水使用情報を時系列順に集計し、単位時間当たりの使用量の時間変化パターンを抽出する方式と、水の使用開始と終了タイミングを検出し、1回ごとの水使用量と使用時間をパラメータとして使用目的別に分類する方式の解析手順を開発した
- ・ 1日単位で水使用の開始時刻、使用有無を検出する方式についても検討し、解析手順を開発した。本方式では、検針に用いる水道隔測器のみの情報で屋外かつ遠隔から生活環境のセンシングが可能のため、導入障壁と運用コストが低減でき、独居高齢者など生活弱者世帯の見守りへ適応が可能と考えられる。

項目3-2 生活環境センシングモデルの検証（日本電気）

- ・ 実証実験で収集したセンサデータに対して項目3-1で構築した抽出方式を適用し、高齢者ごとの水使用パターンを解析した。1週間ごとに集計した使用パターンと当日の使用パターンを比較することで、普段と異なる突発的な変化や顕著な連続使用といった異変が検出できることを確認できた。
- ・ 実証実験で収集した水道隔測器の使用情報とトイレ内に設置した人感センサの反応情報を比較することで、水の使用目的のうち、特にトイレの使用状況を水使用量からの推定を試みた。1回あたりの流量と使用時間、および、1回の使用における流量の標準偏差をキーに分類することで、トイレ使用のうち、使用量が多い「レバー大」で流した場合の検出ができる見込みがあることを確認した。（図3）

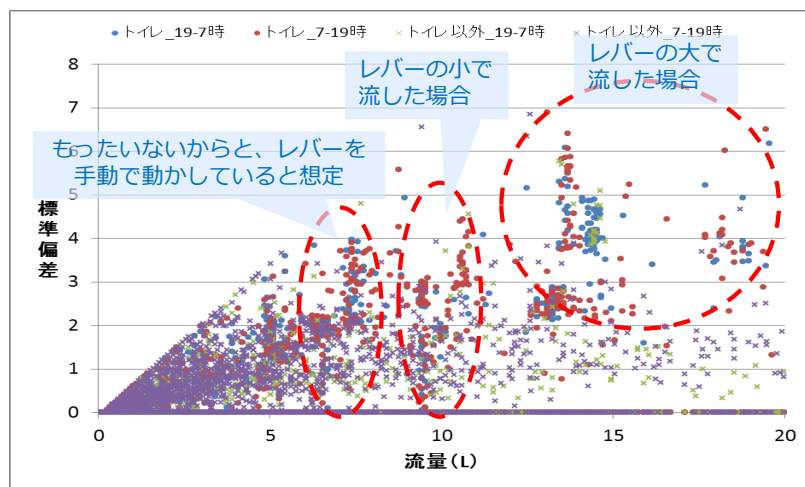


図3. 水使用量によるトイレ使用状況の推定

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)

- データ収集機能の信頼性向上し、低通信コストのまま、クラウド上のライフマネージメント基盤が欠損したセンサデータを補間できるように、水道メータ用無線隔測器に起動時からの水使用合計値を定期送信する機能を実装した。ライフマネージメント基盤上には水使用合計値の差分を用いて欠損したセンサデータを推定・補間できる機能を実装し、のライフマネージメント・データベース(DB)を構築した。
- ライフマネージメントDBを活用し、収集したセンサデータを、エンドユーザが直感的に把握できるようにする、水道およびガス使用量を時系列にグラフ表示する見える化インターフェース(図4)を開発した。使用量の変化を確認できる他、上記欠損したセンサデータの補間情報も表示可能となった。



図4. 水道およびガス使用量の見える化画面

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)

- 生活環境のもとで、2か所の人感センサが計測した人感反応の時系列データから、生活歩行速度(2か所のセンサ間の距離の歩行速度)を算出するエンジン機能を設計した。また、トイレ滞在時間を算出するため、トイレに設置した人感センサとトイレまでの動線上に設置したセンサが計測した人感反応の時系列データから、トイレの一回利用と推定される継続時間を算出するエンジン機能を設計した。
- 水使用の突発的変化を検出するため、項目3の検討結果を元に、独居高齢者ごとの水道使用量の平均・分散等を使って水使用パターンを抽出する方法を設計した。

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)

- 老年症候群予測に有効と考えられる歩行速度やトイレ滞在時間の変化を検出するため、項目4-2で設計した歩行速度とトイレ滞在時間を算出するエンジン機能をクラウド上のライフマネージメント基盤に実装した。実証実験において、ライフマネージメントDBにて収集されたセンサデータから歩行速度とトイレ滞在時間を算出できることを確認した。
- 水道使用量の突発的変化を検出するため、項目4-2で設計した水使用パターン抽出方法を実装した。実証実験において、ライフマネージメントDBに収集されたセンサの時系列データから水使用パターンが抽出できること、および、時系列データ中にパターンを逸脱した突発的変化が存在し、それが検出されることを確認した。