

## 共同研究報告書(2020 年度)

### 研究課題: 人間と住宅を一体モニタリングする IoT サービスの開発

研究担当者 北海道大学産学地域協働推進機構

特任教授 山本 強

**あらまし** 本研究提案は IoT により人間と住居施設を同時にモニタリングする統合サービスを実現し、日本が直面する高齢化社会の社会コスト増に対する IT 側からの対応を提案するものである。

21 世紀に入り、日本が対応を迫られる社会的課題が変化してきている。特に少子高齢化の進展が経済や社会に与える影響は大きく、高齢者に対するケアや介護に対する社会的コストの増大はすでに大きな社会的課題となっている。人間の高齢化だけでなく、物理的な社会インフラの老朽化も深刻化している。経済成長期ならば施設更新などで老朽化に対応できたが、経済が成長から縮小均衡に転換した状況下では維持管理コストを捻出することすら困難となりつつある。医療・介護分野、インフラ分野、交通分野などそれぞれに IT 化による維持管理コストの削減は検討されているところであるが、その縦割り構造が逆に全体コストを上げるという見方もできる。本研究ではそこに着眼し、生活を人間と住居の一体化ととらえ、一つのシステムで観測することにより安心と安全を低コストで実現することを意図している。

**キーワード** IoT, 少子高齢化社会、介護、メンテナンス、センサーネットワーク、Society 5.0

## 1. まえがき

高齢化社会の進行により、医療サービスコストが増加することは避けられない状況になっている。病院における高度な医療サービスが求められる一方で、未病段階や退院後の在宅での健康状態のモニタリングにより、医療機関が在宅の患者の健康状態を正確に把握することができれば、個人の健康管理だけでなく社会全体の医療コストを低減することができる可能性がある。

人間の高齢化だけでなく、道路、鉄道、建築物など社会インフラの老朽化も近年社会問題化している。人間と同様に建築物にも寿命があり、適正かつ低コストで維持することが重要になる。

IT 分野では情報ネットワークの普及と IoT, ビッグデータ、AI などの新技術の応用開拓が進んでおり、ヘルスケア分野やインフラの維持・管理での活用が期待されている。地域医療や高齢化社会対応として、IT 分野の新技術の活用は必然的な物であり、社会的要請を踏まえた実用化研究が活発化している。

在宅で健康状態をモニタリングする方法として、排泄の情報が重要であることは、健康診断で必ず検便が検査項目としてあることを見てもあきらかである。泌尿器科分野では、検便による便の成分分析だけでなく、排便頻度、便の外形なども重要な情報であり、それらを在宅で簡便にモニタリングする仕組みが求められている。入院期間中であれば、精密に排泄行動をモニタリングすることができるが、入院前や退院後はそういった管理は容易なことではない。排泄行動は極めてプライベートな情報であるし、数日単位のインタビューや記録では記憶の不正確さもあって、正確な排泄状況の記録は容易なことではない。患者の排泄に関する情報を IT 機器でリアルタイムかつ簡便にモニタリングできるならば、高齢者世帯や医療機関が少ない過疎地で生活する人たちの「生活の質 - Quality of Life」の向上に寄与することができる。

我々は今後重要になると予想される、高齢者世帯や過疎地の在宅ケアの質の向上のため

に情報システムを活用することを従来から提案しており、特に高齢者医療を目的とした在宅排泄状況の記録システム「かわや日記帳」の開発を進めてきた<sup>[1][2]</sup>。その成果を踏まえ、本研究ではその機能を一般化して、人間の健康管理と住宅の維持管理を一体化する可能性について研究を実施したので報告する。

## 2. 在宅排泄モニタリング用情報サービス「かわや日記帳」

排泄モニタリングについて、北大病院泌尿器科の専門医と IT 分野の研究者で必要要件を検討した結果、個人単位で最低限、以下の機能が実現できれば在宅健康管理上効果が大きいということが明らかになった。

1. トイレ入室の自動検出
2. トイレを使用した人の識別
3. 排泄行動の日時とトイレ滞在時間
4. 排便の状態のブリストルスケール(Bristol Scale)

排泄モニタリングは、IT 分野から見るとどうしても検便に相当する高度な検査を考えがちであるが、泌尿器科の専門家の立場では、目視レベルの情報(ブリストルスケール)に価値があるという意見があった。

個人識別に関しても、IT 分野では顔認識などによる個人識別技術が利用可能であるが、カメラによる撮影を前提としたシステムがトイレに持ち込まれるということに対する不快感があり、受け入れられにくいということも指摘があった。

また、このサービスを必要とするのは高齢者世帯や IT 環境が未整備な過疎地であることが多く、設置条件として Wi-Fi 環境や自宅内インターネット接続がある環境を前提にできない。3G/LTE による携帯電話ネットワークは過疎地までサービスエリアが整備されているが、通信コストが高くなりがちである。携帯電話ネットワークを無人で低コストで利用するという通信環境の実現も求められる。これらの条件を満たす全体システム設計がかわや日記帳では重要になる。IoT やセンサーネットワークというキーワードで検索すると、事例やサービスがたくさん出てくる。雑誌媒体でも Raspberry Pi や Arduino などのプラットフォームを応用した実装例が出てくるし、技術情報は沢山あるのだが、実例として出てくるのは LED 点滅と温度と明度のセンシングといった単純化された「サンプル」にとどまっている。「できることをする」と、「必要なことをする」の間に大きな隔りがある。

IoT に関してよくある誤解は、IoT を称するデバイスは超小型で軽いシステムであることから、IoT システム全体が小さくてシンプルなものだと思われることである。実際にシステム構築するとわかるのだが、IoT のエッジ部分は確かにシンプルで小さいのだが、システム全体は多層構造で大規模なものになることが多い。つまり、システムを一から作るのは多岐に渡る技術分野を理解することを求められるのである。

こういった議論を経て、かわや日記帳は自宅に設置されるトイレ設置端末、医師など医療従事者が仕様するドクター端末、そしてクラウド上で提供される API 群で構成される。かわや日記帳の基

本システム構成を図1に示す。

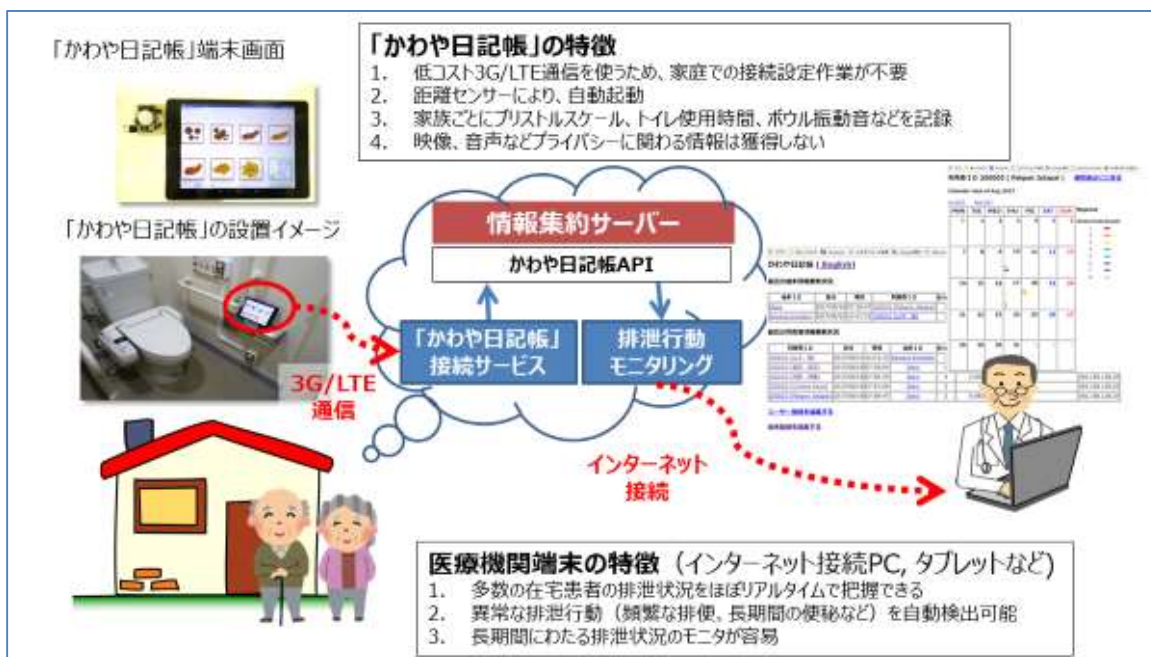


図1 かわや日記帳の基本構成

### 3. かわや日記帳端末システムの実装

トイレ端末の要求要件は IT 分野から見ると高度なものではなく、タブレットなど汎用の情報端末を流用して実現することも可能である。端末システムの基本仕様として、以下の機能を実現している。

1. 距離センサを用いた入出検出とそれによる端末自動起動
2. トイレ使用者の入力 (メニュー選択)
3. 目視確認したプリストルスケールの選択
4. トイレ在室時間の自動計測
5. 排泄状況のアップロード

我々はトイレ端末として標準的な Android タブレット端末を用いたものと、組み込み用 Linux システム Raspberry Pi を用いた専用端末の2機種を開発した。最終的には組み込みシステムとして Raspberry Pi を用いた端末システムを採用した、図2に端末の基本構成を、図3に試作した端末の実装例を示す。

試作した端末はインターネット接続を 3G/LTE 通信サービスで行っている。これは、想定している利用者が高齢者家庭であり、光回線などの固定インターネット接続環境が無いことが想定されること、Wi-Fi 環境があったとしても設置時の接続設定が家庭ごとに違うために管理が難しくなることを想定してのことである。3G/LTE 接続であれば、事前に通信設定を行っていれば設置場所では電源だけ確保できればよく、トラブルが少なくなる利点がある。インターネットや IT リテラシーに不安がある利用者でも自分で設置可能になる。

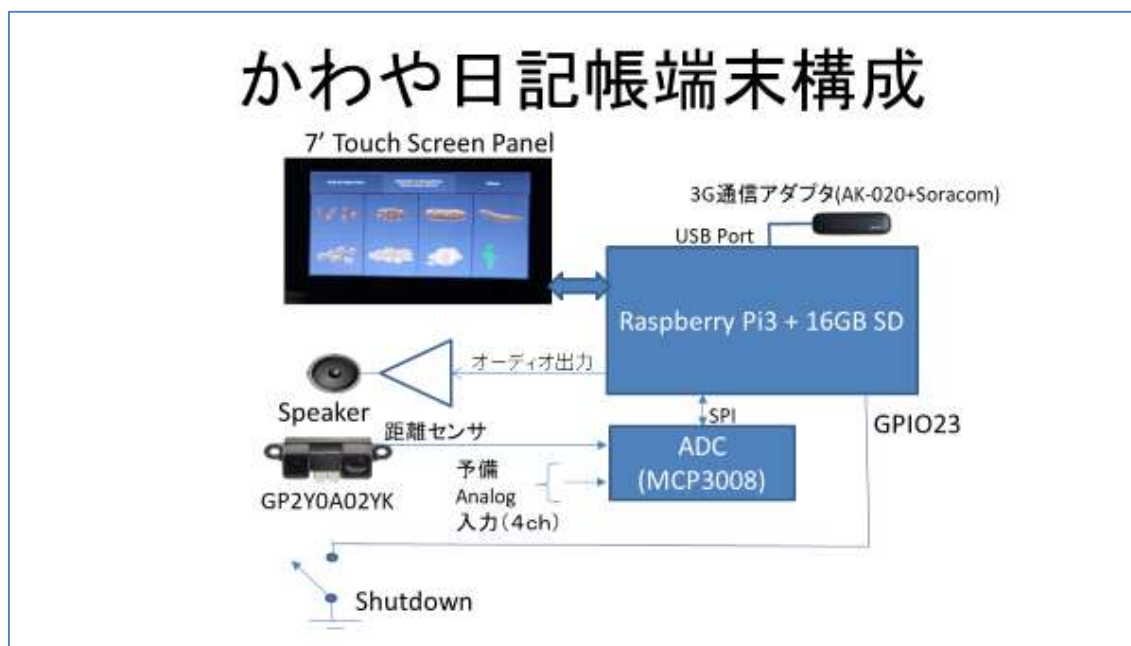


図 2, かわや日記帳端末構成



図 3. 組み込み用 Linux を用いた専用端末の実装例

かわや日記帳端末には距離センサー、明度センサー（トイレの照明状態検出）、温度センサーが装備されており、トイレ入室により自動的に起動し、利用者に排泄状況（Bristol Scale）の入力を促す。この時に、利用者がそれをしなかったとしても、トイレの滞在時間とある程度の行動（距離センサーによる位置変化）は自動的に記録されるようにソフトウェアは実装されている。

センサー入力用の AD 変換器は 8 チャンネル用意されており、必要に応じてセンサーを追

共同研究報告書(2020年度)  
 研究課題: 人間と住宅を一体モニタリングする IoT サービスの開発  
 研究担当者 北海道大学産学地域協働推進機構  
 特任教授 山本 強

加することができる。これにより、水道流量、商用電力消費量などの生活情報と関連する情報を獲得することができる。これにより、トイレだけでなく生活状況に関するデータも収集することが可能になり、健康だけでなく住居インフラに関する情報も集めることができる。

#### 4. かわや日記帳管理サービス

医療機関側では、かわや日記帳は WWW 上のデータベースサービスとして提供される。かわや日記帳のトップ画面には、稼働中のかわや日記帳端末のアクティビティ、登録者のアクティビティなどについて、多数のビューを提供している。

かわや日記帳の基本コンセプトでは、患者自宅側では設定などを行わない。従って、端末利用者登録などはすべて医療機関側で行うことを想定している。かわや日記帳ではデータベースアクセスの API を定義しているため、これを使って医療機関側のサービス画面を定義することができる。かわや日記帳の代表的画面を図 4.5 に示す。

Kawaya Diary (日本語)							
Rescent Device Activity							
Device ID	Date	Time	User ID	Bristol	Duration in Sec	Coordinates	IP
Kawaya RP1	2017/02/06	19:19:34	200004 (Yamada Taro)	5	0	/	133.87.132.68
name	2017/01/05	14:53:54	100001 (Tsuyoshi Yamamoto)	2	0	/	133.87.132.68
Kawaya RP2	2017/03/15	22:19:52	0 (Unknown User)	0	0	/	153.150.178.55
Kawaya RP3	2017/05/10	16:29:58	200001 (Cynthia Paule)	3	0	/	54.250.252.66
New Terminal(Default)	2017/05/02	13:05:30	300002 (匿名 2 (女性))	3	0	/	106.161.228.85
Kawaya RP3	2017/04/24	13:52:05	0 (Unknown User)	0	1	/	54.250.252.65
Kawaya RP4	2017/05/15	09:23:34	100004 (山本 強)	7	0	/	106.161.229.189
簡日記帳1号	2016/10/04	23:02:41	0 (Unknown User)	0	2	43.07694988/141.34968719	218.41.33.144
レッツノート S25	2017/04/20	16:53:59	100004 (山本 強)	5	30	43.0763316/141.3386866	192.50.101.187
簡日記帳2号	2016/08/17	21:19:15	100002 (Kitta Takuya)	2	0	43.0546/141.341	192.50.101.187
Rescent User Activity							
User ID	Date	Time	Device ID	Bristol	Duration in Sec	Coordinates	IP
0 (Unknown User)	2017/04/25	14:50:53	Kawaya RP3	0	6	/	54.250.252.97
100001 (Tsuyoshi Yamamoto)	2017/01/20	15:40:57	Kawaya RP1	3	0	/	133.87.132.68
100002 (Kitta Takuya)	2016/09/30	13:23:07	簡日記帳1号	2	4	43.0762384/141.3391251	106.181.127.152
100003 (Amano Maho)	2017/05/10	13:37:37	Kawaya RP3	3	0	/	54.250.252.66
100004 (山本 強)	2017/05/15	09:23:34	Kawaya RP4	7	0	/	106.161.229.189

図 4. かわや日記帳端末管理画面(端末稼働状況モニタ画面)

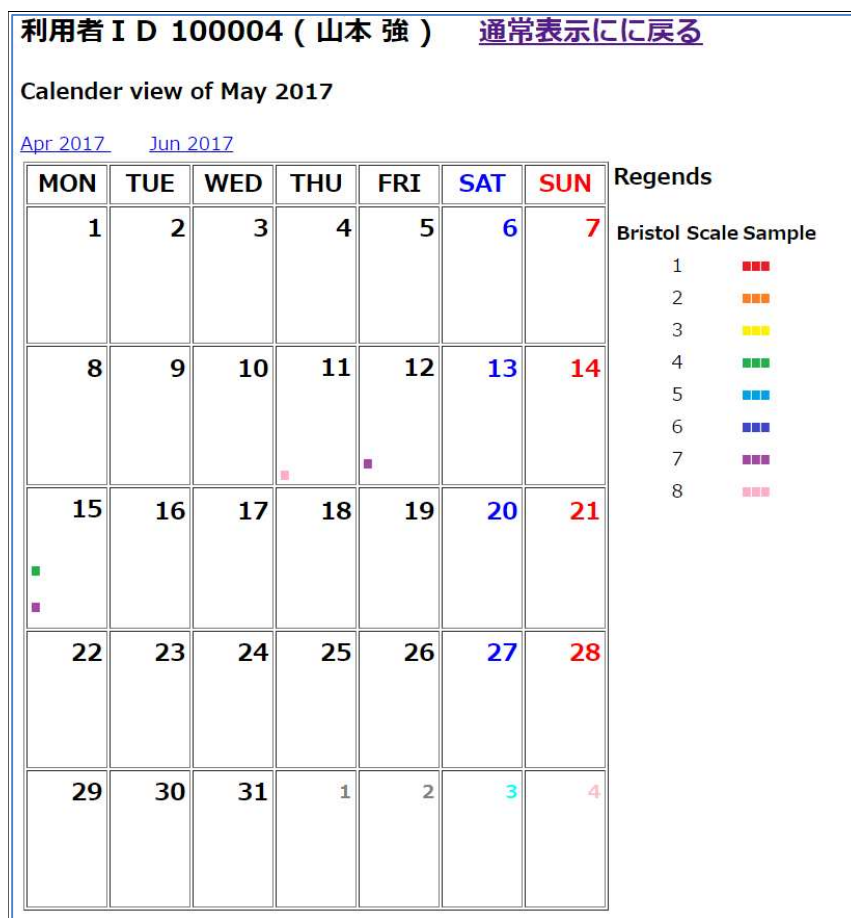


図 5. 患者アクティビティモニタ画面

## 5. かわや日記帳 API の実装

かわや日記帳の端末管理とデータベース集約はクラウド上の API (Application Program Interface) として提供される。かわや日記帳ターミナルは、起動時に自端末のデバイス ID をパラメータとして、端末に登録されている利用者情報 (利用者 ID, 利用者名) をダウンロードし、初期画面を作成する。

トイレで利用者がデータ入力を行うと、その情報はアップロード API によりデータベース登録され、その後端末は待機状態に戻る。

かわや日記帳 API は医療機関端末用の API も備えている。それを用いて各種サービスが実装されている。

## 6. かわや日記帳の他分野拡張

かわや日記帳は排泄行動モニタリングを意図して設計されているが、全体システムの構造は拡張性のあるデータベース API と情報収集端末であり、それらに破折行動モニタ以外の情報収集機能を付加することができる。



## 共同研究報告書(2020 年度)

研究課題: 人間と住宅を一体モニタリングする IoT サービスの開発

研究担当者 北海道大学産学地域協働推進機構

特任教授 山本 強

高齢者世帯には健康管理だけでなく、生活環境全体の維持管理という課題もある。高齢者の自宅の多くはその年齢に応じた築後年数を経たものが多く、上下水道、空調、電機などの建築物インフラも経年劣化していることが多い。健康管理において、病気になる前の段階でのケアの開始が医療コストを削減できると言われるのと同様に、建築物管理も障害が発生する前に劣化を検出できれば、維持管理コストを低減できると言われている。IoT 分野の応用としてビル管理サービスへの応用が提案されているが、それぞれの分野で複数の情報サービスが導入されるというのは、個人宅という環境を考えるなら投資対効果で見て利益が出ないことは容易に推察できる。

## 7. むすび

在宅で排泄行動のモニタリングを行う統合サービスシステムとして開発した「かわや日記帳」システムについて報告した。かわや日記帳は医療機関側で端末管理を行うため、設置される患者自宅では電源接続のみで利用を開始できる特徴があり、IT 機器に不慣れな高齢者や、ネットワーク環境が未整備な過疎地でも利用できるように設計されている。

高齢化世帯の健康問題は、生物としての人間の老化だけでなく、住環境としての家の人間も老化も一緒に考える必要がある。かわや日記帳の仕組みは今後の機能拡張により、統一したインターフェースで人と家の健康状態を一括して管理することを目指している

### 参考文献

- [1] 堀内龍、新藤泰斗、山本強、橘田岳也、篠原信夫: “かわや日記帳 : 在宅排泄モニタリング用端末と運用システムの開発”, 電子情報通信学会技術研究報告(ME とバイオサイバネティクス) 信学技報 117(94), 23-26, 2017-06-16
- [2] 堀内龍、山本強 ” かわや日記帳 : 医療情報向け IoT 端末の情報セキュリティ対応,” かわや日記帳 : 医療情報向け IoT 端末の情報セキュリティ対応 (ME とバイオサイバネティクス), 電子情報通信学会技術研究報告 信学技報 117(230), 21-24, 2017-10-07