

介護予防対象者のトータルモニタリングシステムの開発 Development of Total Monitoring System for Preventive Care Service

藤田 彬† Fujita Akira 金子 つばさ† Kaneko Tshubasa 佐藤 貴子† Satou Takako
野村 明美‡ Nomura Akemi 田村 直良† Tamura Naoyoshi 有澤 博† Arisawa Hiroshi

1. はじめに

近年大都市では、高度成長時代に開発された住宅団地等で一気に高齢化が進み、独居高齢者や高齢者夫婦が激増している。その中には、身体機能の低下により閉じこもりがちになるなど心身のサポートを必要とする「特定高齢者」や「要支援 1・2」など「介護予防対象者」が多く含まれている。そこで情報センシング技術を駆使して彼らの生活動態（日常生活における行動の巨視的傾向）を把握すると同時に、インターネットを経由して地域の各種サポート機関と連携できる情報プラットフォームを開発し、これを中心に据えた心身両面における生活の質向上をもたらせるような、トータルモニタリングシステムのひな型を提案する。

介護予防対象者の生活動態を把握するため、介護医療の立場から見て必要な身体情報収集ができるセンサ機器、すなわちウェアラブル加速度センサや通信機能付きの体重計、血圧計などを対象者宅に設置し、ここから自動的に情報収集を行うネットワークの仕組みを開発する。対象者宅の双方向ユビキタス端末によってセンサ情報を一括収集し、ネットワークを通じて地域センターの情報集約プラットフォームに蓄積し、24 時間体制で異常事態の検出や長期的な生活動態傾向の分析を行う。実際に被験者を依頼し、小規模の臨床実験を行い、プラットフォームの最適化について考察した。

介護予防対象者の見まもりを目的とする既存のシステムには、「たてやまみまもり eye」[1]や「e みまもり」[2]などが挙げられる。これらのシステムに対し、本研究で提案するシステムは、緊急事態の発見・連絡や静止/歩行時間の計測と言った単純なものだけでなく、長期的かつ詳細な生活動態データを特定箇所に集積して、見まもり者や介護予防対象者自身に有用な情報を提供できる点で、新規性を有する。

2. システムの設計

2.1 ウェアラブルセンシング・ネットワークシステムの基本センシングシステムの設計

ウェアラブルセンサとしては 3 軸加速度センサ（1 個ないし 2 個装着）を用い、定期的な計測用の固定センシング機器としては血圧計と体重計を用いる。介護予防対象者の身につけるウェアラブルセンサは、24 時間装着しても違和感が少ないよう、軽量・強固で装着しやすく、ワイヤレス仕様（バッテリー駆動、外部とは Bluetooth 等の無線通

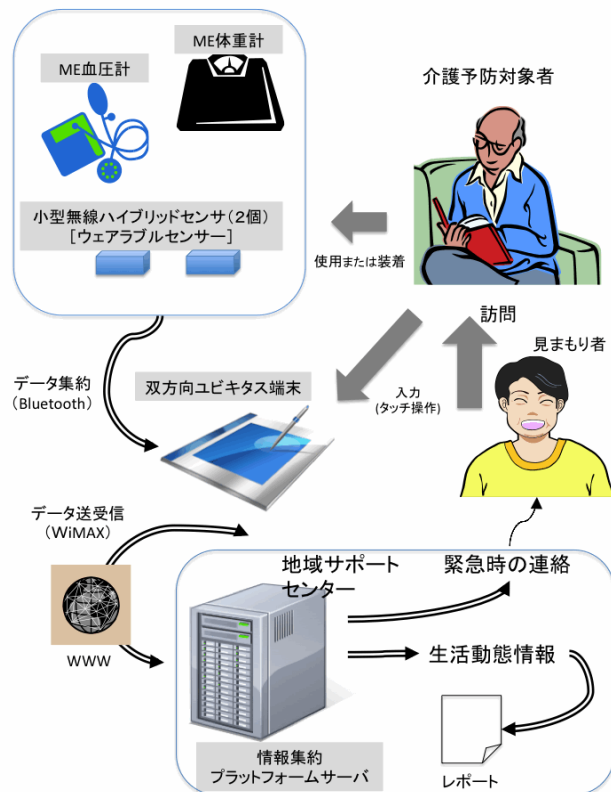


図 1 双方向ユビキタス端末と情報集約プラットフォームのネットワーク伝送の形態

信を行う）である上で、24 時間連続モニタリングができること（電池の交換または充電が必要であっても 1 日 1 回以内）を条件とする。看護・介護の領域では、生活動態のもっとも基本的な分類は、寝ている、座っている、立っている、（歩く、走るなど）動いている、の 4 状態であるとされる。ウェアラブルセンサのセンシングデータからは、少なくとも、この 4 状態を識別できる必要がある。

介護予防対象者宅に設置する双方向ユビキタス端末のプラットフォームとしては、Windows ベースのノート型・タッチパネル付きの PC 上に、操作が簡便なユーザーインターフェースを開発することとする。本研究においては双方向ユビキタス端末を単なるセンサ情報の中継機器とは考えず、介護予防対象者に対して計測を促したり、対象者に地域センター等から様々な情報を伝えたり、また対象者からの質問やコメントを受け付けたりと、センターと対象者間

† 横浜国立大学, Yokohama National University

‡ 横浜市立大学, Yokohama City University

に潤沢なコミュニケーションの場を供与するための重要な機器と位置づけている。

これらの構想に基づいてシステムを設計する。システムにおける、各種センサからのデータ取得から情報集約プラットフォームへのデータ伝送の形態は、図1の通りである。

2.2 双方向ユビキタス端末および地域センターの情報集約プラットフォームのソフト開発

「双方向ユビキタス端末」は、ウェアラブルセンサおよび固定センシング機器の情報を収集し、ネットワークを通じて地域センターの「情報集約プラットフォーム」に情報を集約し、異常事態の検出や長期的な傾向の分析を行うってもらうための基本機器である。

双方向ユビキタス端末および地域センターの情報集約プラットフォーム上で動くソフトウェアの基本的な機能を設計し、開発した。

これらのソフトウェアには、次の機能が実装される。

- ウェアラブルセンサを状態変化の激しいときに絞って適切にセンシングするように電源コントロールすることで、センサのバッテリー消費を抑制する機能。
- 介護予防対象者が直接操作可能な、ほぼ全ての操作を画面のボタンを押すのみで行うことが出来るユーザインタフェース（図2）。
- ウェアラブルセンサから得られるデータをもとに、前記の寝、座、立、動の4つの状態を判別する機能。
- ウェアラブルセンサと固定センシング機器の両方をBluetooth通信により簡便かつ安定して双方向ユビキタス端末に収集でき、かつそれを自動的に情報集約プラットフォームに送信できるプロトコル。
- 情報集約プラットフォーム上で異常監視や個人別の時系列統計データの集約を可能とする基本エンジン。

予備実験により、センサ数が2個であれば寝、座、立、動の4状態を判別でき、1個だと全体的に分解能が悪く、かつ「座」の状態の検出が難しいことが分かった。なお、装着位置については、1個の場合は左胸、2個の場合は左胸と左膝上（腿の前面）が最良と判明した。（図3）

以上の考察を元に実際に前出の寝、座、立、動（歩）の4つの状態が判別できるかをセンサ1個の場合及び2個の場合について実際にソフトウェアを開発し実装したところ、良好な結果が得られた。（図4、図5）



図2 双方向ユビキタス端末（タッチパネル型PC）の画面

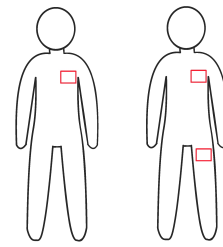


図3 センサの取付位置

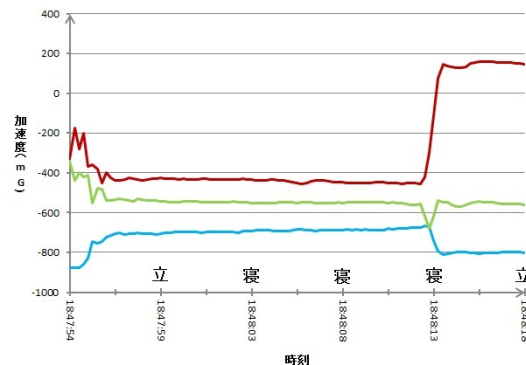


図4 センサーデータに基づく寝座立動の判定の例（センサ1個の場合）

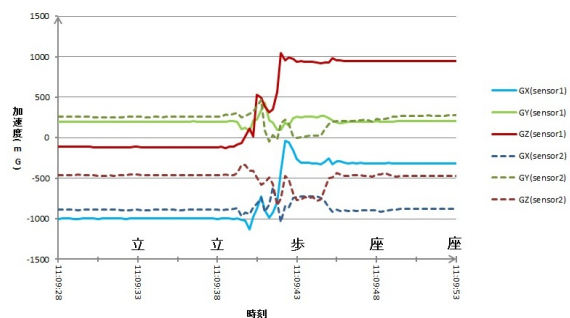


図5 センサーデータに基づく寝座立動の判定の例（センサ2個の場合）

2.3 センサデータからの状態判定アルゴリズム

今回用いたウェアラブルセンサは加速度検出範囲 $\pm 8g$ （3軸）、サンプリング周波数が最大1KHzである。

ウェアラブルセンサでセンシングされるデータから、装着者の状態を判定する手法について述べる。

ウェアラブルセンサからはXYZ軸方向への加速度が検出されるので、事前キャリブレーション時にこの3軸から、重力方向を同定し、かつセンサと体表との位置関係を規定する。加速度のデータはあらかじめ設定したサンプリング間隔ごとに取得し、ある一定の時区間に一度、その時区間中の加速度の平均ベクトルと各軸との余弦に基づいて、センサの向き（姿勢）を6クラスで判定する。また、3軸の加速度を合成した値の時区間中における分散に基づいて、その時区間でのセンサの動き（動作）を、「静止」、「動(小)」、「動(大)」の3クラスで判定する。このセンサの「姿勢」と「動作」の分類クラスの組み合わせから、一意に装着者の状態を判定する。

今回はセンサの加速度のサンプリング間隔は4回/s、すなわち、250msおきにXYZ軸方向の加速度データを取得

した。双方向ユビキタス端末ではこの加速度データを蓄積し、5 秒間を 1 時区間としてセンサの姿勢と動作を判定し、時区間ごとの装着者の最終的な「状態」を判定することとした。

3. システムの実証実験

3.1 双方向ユビキタス端末の臨床実験 1

モデルケースに基づく検討として、独居高齢者 1 名を対象に双方向ユビキタス端末の臨床実験を行った。

【実験の目的】開発した双方向ユビキタス端末を高齢者が使用するケースにおいて、実際のデータを収集するとともに、使用感や不都合な点を聞き取り調査する。

【被験者】85 歳女性、一人暮らし、理解力は良好で、身辺のことは自ら行っている。日常生活動作は、自立しており、歩行時屋外では杖を使用している。

【実験方法】加速度センサーを被験者の左胸に袋に入れて着衣に縫い付け、センサーの固定及びセンサー交換が容易にできるようにした。実験は 3 日間、各日 24 時間ずつ連続して行った。

【実験結果】

- データの取得に関して：実験で求めたいデータ、24 時間の活動状態・休息状態の把握はできている。実験中転倒場面があったが、これもデータ上で判別可能であり、情報集約プラットフォームで発見可能なことが、確認できた。屋外に出た場合、家の周りの掃除くらいであれば、データの取得は可能であった。
- 操作に関して：タッチパネルの画面には、食事、薬、洗面、トイレ、風呂などが絵入りで表示されており、被験者が軽くタッチすれば登録されるため、使用しやすく、また薬の飲み忘れがなくて良いとのことであった。

3.2 双方向ユビキタス端末の臨床実験 2

前記 3.1 と共に、双方向ユビキタス端末の有効性、課題を探るために臨床実験を行った。

【被験者】被験者は 6 名で内訳は、A: 85 歳 女性、B: 86 歳 女性、C: 76 歳 男性、D: 64 歳 男性、E: 55 歳 男性、F: 84 歳 女性である。特に高齢者には、付添いの状態でモニタリングを行った。

【実験方法】双方向ユビキタス端末には 1 ないし 2 個の加速度センサーによる状態、体重計、血圧計のデータが自動収集され、これとは別に 起床、食事、服薬、風呂、トイレ、就寝等のイベントを被験者自身のボタン入力で記録できる（図 2）。特に今回はセンサーによって状態把握が正しく行え、生活動態が統計的に集約できるかに注目した。2 個のセンサーを用いたときに把握できる状態としては表 1 の 10 個を挙げ、また 1 個の場合には「座」の検出を省略した。さらに「寝」の状態が続く時には寝返りも検出する。

【実験結果】被験者別、昼夜別の状態判別例を図 6 に、寝返りの検出を表 2 に示した。なおこの例では一部のみを示したが、実際の検証は被験者毎に数日におよび、1 日の中でも 1 回 6 時間程度まで連続して計測を行っている。

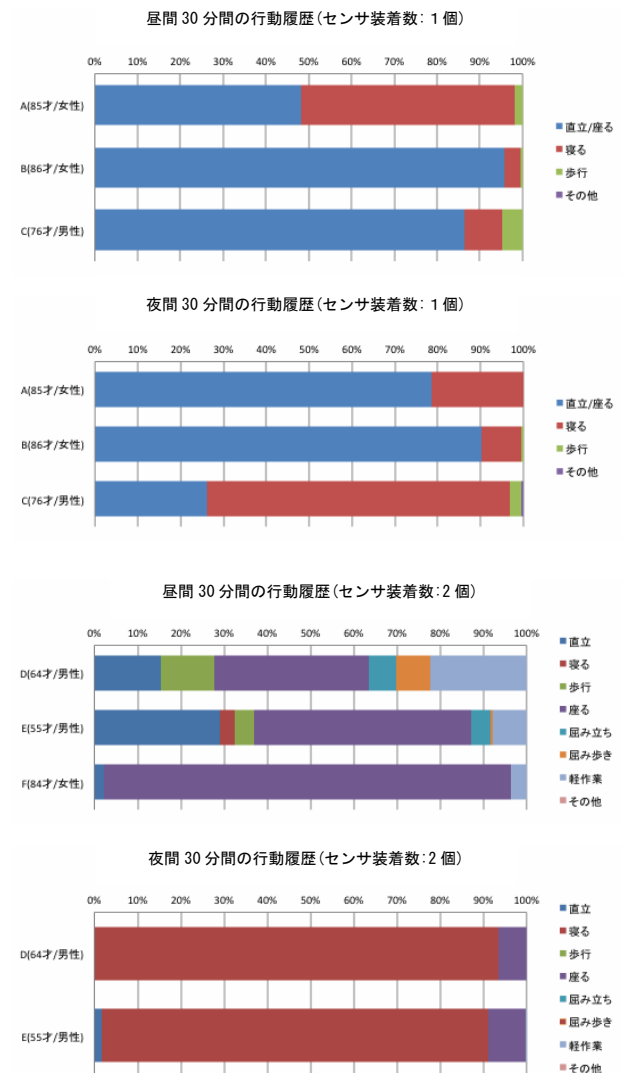


図 6 センサー解析によって得られた行動履歴（合計 6 名、昼夜）

表 1 双方向ユビキタス端末で判定可能なセンサ装着者の状態の分類

大分類	細分類
寝	うつぶせ
	あおむけ
	左を下にして寝る
	右を下にして寝る
座	座り
立	立ち
	屈み
	軽作業
歩	歩き
	屈み歩き

全体として、必要な状態の判別は的確に行われており、生活動態の把握には十分に活用できると考えられる。

なお、この実証実験実施においても、被験者に対しては事前に十分な説明や準備（練習）を行うことはもちろん、

表 2 寝返りの検出例

	昼					
	A(85才/女性)	B(86才/女性)	C(76才/男性)	D(64才/男性)	E(55才/男性)	F(84才/女性)
寝返り回数	5	0	1	0	0	0
備考(サンプリングレート)	1sample/30sec	1sample/5sec	1sample/5sec	1sample/5sec	1sample/5sec	1sample/5sec

	夜					
	A(85才/女性)	B(86才/女性)	C(76才/男性)	D(64才/男性)	E(55才/男性)	F(84才/女性)
寝返り回数	2	0	5	0	0	0
備考(サンプリングレート)	1sample/30sec	1sample/5sec	1sample/5sec	1sample/5sec	1sample/5sec	1sample/5sec

高齢の方に対しては実際には依頼人が付き添って計測を行った。

被験者からは「面白かった」、「測定していると却って生活のハリになった」等、肯定的な評価が得られた。

3.3 状態判別機能の精度に関する実験

ウェアラブルセンサで測定される加速度データから装着者の状態を判定する処理の精度について、実験を行った。

【被験者】大学院生 1 名

【実験手法】被験者が 2 個のウェアラブルセンサを前述の位置に装着して行動する様子を映像に記録し、双方向ユビキタス端末において判定された状態クラスと、映像に記録された被験者の状態を比較し、状態判定の精度を測定する。被験者は、表 1 に示した状態クラス毎に、その状態として考えられる様々な状態に沿って行動する。精度は、被験者の状態別に測定する。映像上である状態にあると人手により判断された時区間(正解の時区間)のうち、システムが正しく状態判定を行った割合(正解の時区間に含まれるサンプルのうち、システムにより実際に正しい判定が行われた時区間に含まれるサンプルが占める割合)を精度とする。

【実験結果】表 3 に状態判定機能の精度を示す。表 3 から、概ねの状態について高い精度で判定できると考えられる。しかしながら、「体育座り」、「中腰」、「立ったまま腰を曲げる」、「腰を曲げて歩く」といった状態については、判定精度が低い。これらの状態における装着者の姿勢は、他の状態と比べて、いずれかのセンサが地面に対して斜めになる姿勢である。本システムでは、どの軸で重力を検出するかに基づいてセンサの向きを判定するため、センサの向きが斜めである場合、状態の判定が困難である。このことについては、今後改善する必要がある。

4. おわりに

本研究に於いては、ウェアラブル(加速度)センサー、双方向ユビキタス端末、インターネット回線、情報集約プラットフォームなど、ICT 技術を駆使して、独居高齢者の生活動態把握を行い、これをもとに地域包括支援センター等の行政の枠組みと見守り者の連携により包括的に支援していく枠組み(モデル)を提案した。ここで開発した ICT 技術、特にセンサーデータの解析・判断の技術は、寝返りまで判別できるなど、従来よりも精度が高いものであり、介護機器など多くの応用製品への応用が考えられる。また情報集約プラットフォーム上では今回よりも多様の情報を取り出せる可能性があり、今後の新しい支援ビジネスへの波及効果が期待できる。

なお今回は双方向ユビキタス端末を家庭内に置くタッチパネル型 PC と想定した。しかしこれを最近急速に普及しつつある、モバイル型のスマートフォンに実装することが考えられ、そうすると、屋外の活動モニタリングも含めて、より広範な利用が可能になり、さらなる発展が期待される。

表 3 状態判定機能の精度

状態クラス	被験者の状態	判定に成功したサンプル数	全体のサンプル数	状態判定精度
立ち	棒立ち	152	152	1.00
うつぶせ	うつぶせ	116	124	0.94
	ベッド上でうつぶせ	107	107	1.00
あおむけ	あおむけ	163	163	1.00
	ベッド上であおむけ	158	158	1.00
左寝	左寝	119	164	0.73
	ベッド上で左寝	133	135	0.99
右寝	右寝	148	148	1.00
	ベッド上で右寝	161	161	1.00
歩き	普通で歩くと歩く	131	131	1.00
	ゆっくり歩く	148	148	1.00
軽作業	立ったまま机を片付ける	113	137	0.82
座り	あぐら	100	100	1.00
	正座	84	92	0.91
	横座り	98	101	0.97
	体育座り	0	116	0.00
	中腰	32	123	0.26
	椅子に座る	119	123	0.97
屈み	立ったまま腰を曲げる	0	101	0.00
屈み歩き	腰を曲げて歩く	0	139	0.00

本システムの精度向上のため今後改良する点としては、サンプリング間隔を狭めてより詳細な(転倒衝撃など)状態把握をすること、長周期的な変化成分を利用して(歩行速度、体バランス等)生活動態の傾向/変化を検出できるようにすること、また、センサそのものも改良し、生活動態情報抽出のためにより潤沢なデータを利用できるようにすることなどが挙げられる。

本研究により、センサネットワークを経由してセンサデータの 24 時間モニタリングと集約が可能になったが、センサデータの組み合わせから、心身の状況、活動度、休息度を定量的に測定するアルゴリズムの研究開発については、緒に就いたばかりであり、今後精緻化が必要である。今回測定ができると判断された項目と生活動態の相関についても、まだ定性的に示された段階であり、これで十分であるかも今後今後の研究課題が残されている[3]。

タッチパネルの表示は、利用者個々に応じて、追加や変更ができると個別性への対応が可能になる。24 時間センサーの充電が、起床から就寝までの 18 時間くらいの対応が可能であれば、使用中の充電切れの心配が不要になる。今回、活動状態・休息状態の把握は、可能なことが実証できた。今後実用化に向けて、情報集約プラットフォームの開発、連携が課題である。

謝辞 本研究の一部は総務省 平成 22～23 年度「戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)」『生活動態センシングと情報集約プラットフォームを用いた地域保健医療トータル支援システムの研究開発(102303004)』(研究代表者:有澤博)の支援のもとに実施されたものである。関係各位に謝意を表します。

参考文献

- [1] 立山科学グループ. “たてやまみまもり eye”, http://www.tateyama.jp/product/sy_eye.html(2008).
- [2] 日本電気株式会社. “24 時間見守り支援サービス「e みまもり」”, <http://www.nec.co.jp/solution/healthcare/catalog/emimamori.html>(2011).
- [3] 野村明美, 柳澤尚代. “ICT 技術を活用したモデルケースの検討”, 第 70 回日本公衆衛生学会総会(2011).