

5

高齢者のためのモニタリングシステム

太田 茂 川崎医療福祉大学医療情報学科

高齢者モニタリングはなぜ必要なのか

来世紀初頭の日本は4人に1人が高齢者という超高齢社会になると予想されている。急速な長寿化と少子化は必然的に独居高齢者数を増大させるが、高齢者の独居生活には不安要素が多々あるので適切な支援体制が必要である。

独居高齢者用のシステムとして名高いのは小型無線機を用いた緊急通報システムである。福祉先進国デンマークではこの無線機を些細な用件で利用してもかまわない¹⁾そうであるが、日本では応需体制の制約から命にかかわる場合のみ使うよう指導している地域が多い。不用意に触れることがないようにどこかにしまい込まれた発信機が緊急時に役立つかどうかとか、うまく機能したとしても、呼ばれた方に見れば突然の通報で過去の経過がよく分からないといった点が気になる。

独居高齢者を対象とした長期モニタリングの役割はそこにある。もっともモニタリングが必要なのは独居高齢者だけではない。夫婦2人とも高齢者という世帯も多いし、家族と同居していたり施設に入所している高齢者や障害者についても、家族や職員に代わり24時間連続して見守

る別の目があれば安心である。ただ、被験者数が2人以上の場合は個人識別機能が必要となり、システムが複雑になる。

また、高齢者や障害者の事故は宅内だけで起きるわけではない。高齢者のモニタリングで、最近、人気があるのは、徘徊癖のある高齢者の追跡を目的とするものである。しかし、屋外の広い範囲にわたって存在場所を特定し即座に通報するためには大がかりな仕掛けが必要である。そこで、本稿では、宅内モニタリングを中心に話を進める。

高齢者モニタリングのやりかた

一口に高齢者モニタリングといっても、実現方法は千差万別で、上記の徘徊老人追跡システムでは、広い範囲にわたる搜索を可能にするため、GPSやPHSを駆使する構成となっているが、無線機を常時携帯し、しかも、アンテナを衣服の表面に配置することは決して容易ではない。衣服に縫い込むにしても、機械部分を余程小さく軽くしなければ脱ぎ捨てられるかもしれない。体の一部、たとえば、頭頂に無線機を埋め込めば確実な通信が期待できるが世間が許すだろうか。

宅内に限っても、就寝中や入浴中の心電図とか、就寝中の体温や呼吸数、大小便の排泄量や排泄速度が計測可能であり、バイタルサインと呼ばれる生体情報が無拘束的に採取できるが、長期間の連続計測となると耐久性や経済性が気になる。また、扉や窓の開閉時刻や家電製品の使用時間、さらに、電力・ガス・水道の使用量等のライフライン情報の計測も技術的には可能であるが、冷蔵庫のように人の存在に関係なく起動停止する機器も多く、計測結果と被験者の生活状況との関連性が疑わしい。こうした背景から、我々は人の存在を検知する単純なセンサの方がむしろ適切だと考えている。以下、赤外線センサを用いたシステムについて述べる。

元気な高齢者の独り暮らし応援システム

我々は安価だが信頼性が高く被験者に負担をかけない方法で、独居高齢者の宅内における生活状況を連続的にモニタし異常時に備えるシステムを開発した。独り暮らしを続けるためには、家事遂行能力や気力が不可欠であるから、対象者を「元気な高齢者」に限定した。このシステムの目的は、独居高齢者の宅内行動を

毎日モニタすることによって生活状況を連続的かつ定量的に把握し、普段と異なる兆候を見つけることである。日常生活を妨げたり本人が負担に感じるような計測方法は長続きしないので無意識無拘束計測手段にこだわり、人の動きを検知するセンサを被験者宅に設置し、非接触で行動軌跡を観測している。

独居高齢者のお世話は居住地域の責任で行うべきだと思うが、介護保険で手一杯の市町村に元気な高齢者まで気を配る余裕があるだろうか。独居高齢者や高齢世帯の安否を本当に心配しているのは離れて住む家族あるいは親戚（以下、別居親族という）である。そこで、我々はインターネットを利用して別居親族に独居

高齢者の生活状況に関する情報を送信し、モニタしてもらうシステムを開発した。

システムのあらまし

このシステムは図-1に示す宅内装置、情報集積装置、Webサーバおよびモニタ装置で構成されている。独

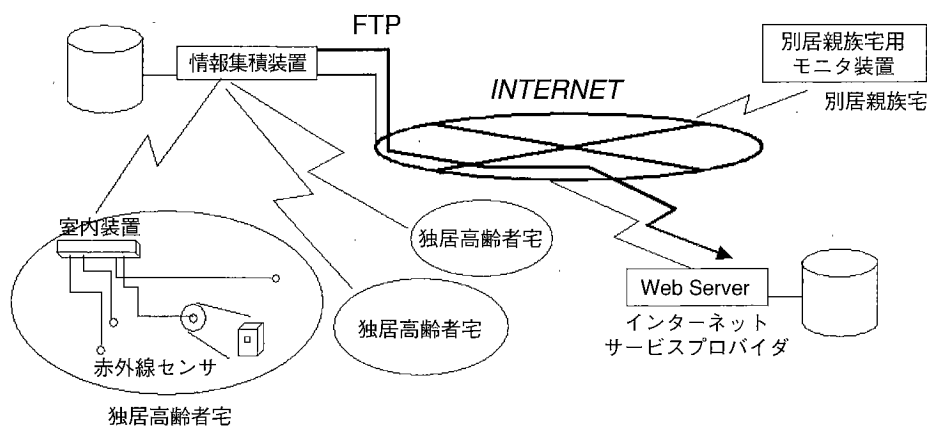


図-1 システム構成図

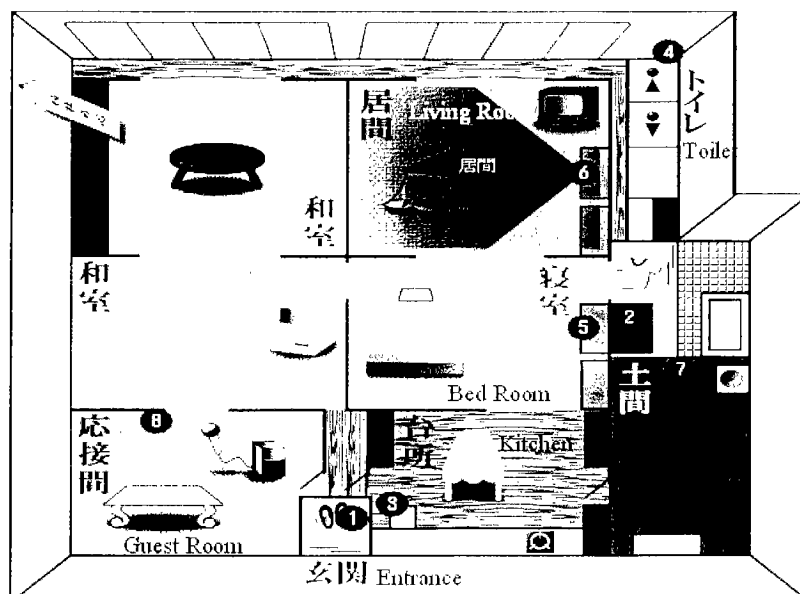


図-2 行動軌跡図

居高齢者宅に設置する宅内装置は各部屋に設置した行動検知センサの検知情報を一時記憶し、情報集積装置に間欠的に転送する。情報集積装置は、最新情報をWebサーバに伝送すると同時に全情報を蓄積して被験者の生活状態の解析に利用する。別居親族は自宅に設置したモニタ装置(中身は普通のパソコン)を用いてWebサーバから被験者情報を適宜取り出し、インターネット用のブラウザを利用して被験者の生活状況をモニタする。Webサーバの維持管理はプロバイダと呼ばれる通信業者に委託する。インターネットを利用する理由は通信コストの低減であるが、守秘性が問題となるので、プライバシーにかかわる全情報を暗号化して防護する。

モニタリングには、人体が放射する熱線(赤外線)を検知する焦電型赤外線センサを用いる²⁾。このセンサは人が検知範囲に入るとオンになり検知範囲から出るか静止するとオフになるので、この変化時刻を記録している。安価なので被験者宅の各部屋に設置することができ、移動の速度や距離も求められる。非接触で利用できるため長期間用いても負担にならないが、来客のみならず猫や鼠などの小動物にも反応する。来客は独居高齢者の健康確認に役立つが、鼠は完全な雑音源で困っている。この問題は個人識別信号を発する無線機の常時携帯で対応できるが無拘束性の度合いが弱まる。

浴室やトイレは事故が多いのでモニタリングの必要性はきわめて高いが、浴室等の高温多湿環境にセンサが長時間耐えられないため、脱衣場での応答から浴室の利用状況を推測

している。

本システムは、別居親族の協力さえ得られればすぐにも利用できる。万一の場合、たとえば、被験者の健康状態が少しでも疑われる場合には、電話で本人や近所の人に問い合わせ真因を究明し、病気や怪我の

場合には居住地域のホームヘルパーや救急車の出動を要請することで対応する。

体温・呼吸数・意識等のバイタルサインや、電力・ガス・水道等のライフライン情報は、こうした場合の判断に役立つので、経済的・心理的

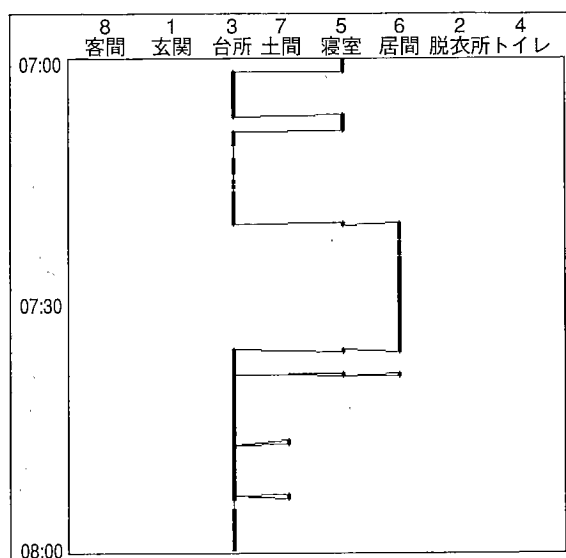
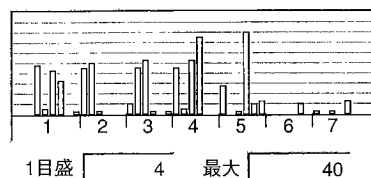


図-3 時刻別遷移図

指定日 1997.08.31 (日)

→	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	↑
[1]	-	19	2	17	13	-	1	-	-
[2]	18	-	20	1	-	-	-	-	-
[3]	4	18	-	21	1	-	1	-	-
[4]	18	2	21	-	30	-	-	-	-
[5]	11	-	1	32	-	4	5	-	-
[6]	-	-	-	-	4	-	-	-	-
[7]	1	-	1	-	5	-	-	-	-
推移回数合計									271回
移動距離合計									969.0m



平均 (30日分)

→	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	↑
[1]	-	13.1	2.8	3.4	2.1	0.6	0.5	-	-
[2]	13.2	-	18.3	2.7	0.2	-	-	-	-
[3]	2.5	19.7	-	25.0	0.7	0.1	1.2	-	-
[4]	3.3	1.4	26.2	-	25.3	0.1	0.2	-	-
[5]	2.4	0.3	0.6	25.1	-	4.6	6.8	-	-
[6]	0.5	-	0.1	0.3	5.5	-	-	-	-
[7]	0.6	-	1.1	0.3	5.9	0.8	-	-	-
相関係数									0.891609
推移回数合計									217.3回
移動距離合計									618.9m

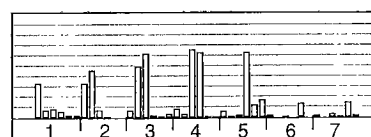


図-4 センサ間推移表

に問題なければ計測した方がよいが不可欠とは考えていない。

モニタリング結果の評価方法

我々は、前述したシステムを用いて80代後半の4名の独居高齢者の宅内行動を延べ40カ月間計測した。その評価方法について述べる。

(1) 行動軌跡の目視

図-2はある被験者宅の間取図で、各センサの応答状況をセンサ番号や検知範囲の色を変えて示す。過去の応答状況をビデオの早送り風に時間を圧縮して表示すると、被験者の宅内行動を動画的に把握することができる。人間のパターン認識能力はきわめて高いので、被験者の生活習慣を熟知している人なら、この動画から多くの情報を得ることができる。また、各センサの応答状況を図-3に示すようなグラフで表すと、各時刻における被験者の所在が一目瞭然になり、生活状況をより正確に推定することができる。

(2) センサ間推移表と宅内移動量

図-4の上左側はある被験者のセンサ間推移表、つまり、ある部屋から

別の部屋への推移量を要素とするマトリクスであり、右側はそれをグラフ化したもので、被験者の生活様式の一断面を示している。また、下側は過去30日間の平均値からなるマトリクスとグラフで被験者の平均的行動パターンを示している。2つのグラフから、連日の行動パターンがおおむね似通っていることが分かる。この類似性は多くの高齢者に認められる特性で、この事実から、最新情報を過去の蓄積情報と比較し、類似日の多寡によって平常日と非平常日を判別することができる。センサ間距離は既知であるから、推移表から宅内移動量も求められる。この値は病気で寝込んだ日や外出日に減少するので、被験者の健康状態を示す指標として利用できる。減少の理由は本人に聞けば簡単に分かるが、玄関センサの応答状況からも推測可能である。

(3) 応答状況グラフ

図-5のセンサ応答回数の時間的変動を示すグラフも被験者の行動様式の一断面を示している。被験者の起床、食事、就寝等の時刻は多少の変動はあってもおよそ決まっているか

ら、日々の変動パターンには強い類似性が認められる。時間的変動を含む信号波形の類似性判定は音声認識の世界では当然のことである。そこで、音声認識手法も利用して、各センサについて最新データを過去の蓄積データと比較すれば、類似日数の多寡によって平常日と非平常日とが判別できる。

(4) 滞留時間の監視

我々は、このシステムに過去の計測値に基づいて部屋ごとの最大滞留時間を設定し、自動的に警報を発する機能も組み込んだ。この機能はトイレや風呂では有用かつ不可欠である。閾値の設定が困難な居間や寝室などについても、過去の計測結果から、各センサの時刻別応答間隔の許容量を算出し、閾値を動的に変更することで対処可能である。

モニタリングで分かること

以前は我々も就寝中の心電図を計測していた。しかし、独居高齢者の宅内行動パターンが示す高い類似性から、バイタルサインなしでも過去の計測値と照合することで現在の生活状態がある程度推定できるので、今は赤外線センサを主体にしている。ただ、このセンサの計測結果から健康状態を云々することは難しく、我々は平常か否かという判断のみ行っている。

ここでいう「平常」とは過去の一般的傾向との類似状態を指している。したがって、以下に示す状態は「非平常」ということになる。

- (1) ある部屋の滞留時間が設定値を超過。
- (2) 計測値が統計的許容値を逸脱。

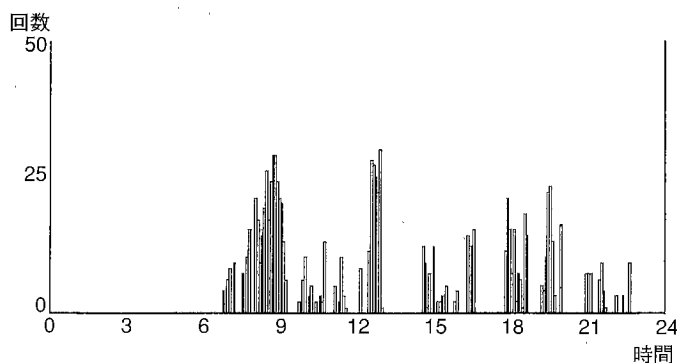


図-5 応答状況グラフ

(3) 最新の変動パターンが過去の平均パターンと不一致。

(1) の滞留時間は正確に計測でき自動検出や即時警告も可能であるが、その他の非平常状態は病気や怪我などの異常状態と必ずしも同義ではない。たとえば、日ごろ家に閉じこもっている人が外出すればセンサの検知回数は減少し来客があれば増加する。しかし、隣人や来客の目はセンサより信頼できるから、こうした日は問題ではない。外出や来客の有無は本人に確認すればすぐ分かるが計測結果からもある程度推測できる。

モニタ中に非平常状態が発生したら、その発見者はすぐに本人もしくは隣人に対して電話で問い合わせるなどの方法で真因を究明する。問合せの結果、健康状態への影響、たとえば、発病などが疑われる場合には、モニタ担当者である別居親族が、ホームヘルパや救急車の派遣を自ら要請しなければならない。こうした緊急事態に備え、別居親族は被験者居住地域の救急機関の利用方法を前もって調べておく必要がある。

前述したように、非平常状態には外出時や来客時も含まれ、センサの誤動作や雑音混入もあり得るので、あらゆる場合について人による確認を原則とする。疑わしい点を1つずつ確認してゆく手間をかけることで実態を明らかにする効果も期待できると思われる。



モニタリングシステムの 限界と展望

体調変化に敏感なバイタルサインは病気や怪我などの異常事態発生を瞬時に検知し通報する目的には有用である。しかし、前述したように、これについて多くのセンサがすでに存在するが、被験者の協力なしに採取できるバイタルサインは稀であるし、センサが高価だったり耐久性や操作性に難があって使いにくい。

また、モニタリングは一種の保険なので、丈夫で長持ちしなければならないが、経済的・心理的負担も最小限に止めなければ長続きしない。我々が用いている赤外線センサは産業分野で多用されており、安くて丈夫な上、非接触で計測できるので、我々が固執する無意識無拘束性に適している。それでいて、宅内何カ所かに設置すれば移動状況から独居高齢者の健康状態がある程度は推測できるので、カメラの必要性は特に感じない。心理的影響が少ない点では、ライフラインセンサも優れているが、如何せん、健康状態との関連性が薄すぎる。

鼠などの小動物に反応するという赤外線センサの欠点回避手段として前述した個人認識番号発信機を四六時中携帯するよう被験者に強いることは無拘束性に反する行為ではあるが、この筐体に多軸の加速度計を内蔵させれば姿勢や歩行状況、さらに、運動量等の情報が把握できて健康状態の判定が容易になる。幸い、加速度計は頑丈なセンサで価格も手頃なので、この価値を認めてくれる被験者については常時身に付けるようお願いするつもりである。ただ、協力

的な人でも携帯を忘れることは当然あり得る話である。さりとて、絶対に忘れないよう発信機を皮下に埋め込む方法は、「自分が望まないことは被験者に強要しない」という我々の基本方針に反するので採用する気はない。

おわりに

そもそも、高精度計測と無意識計測は本質的に矛盾する要素を持つ概念で、我々は測定精度よりも長期継続性を優先させ無意識計測にこだわってきた。その結果、安価なセンサを用いて、しかも、多少の雑音は覚悟しての計測にもかかわらず、高齢者の行動パターンの類似性が証明できた。何かを得るためには何かを諦めなければならないという好例ではなかろうか。

我々のシステムは既存の緊急通報システムの限界を補うものとして開発したが、実は両者を併用するとお互いに補完し合うので、より確実な独居高齢者の支援体制が実現できると思われる。

また、現行システムでは、モニタリング用に設置した宅内通信網の上りチャンネルしか利用していないが、下りチャンネルを有効利用すれば独居高齢者の孤独感や不安感軽減に役立つかもしれない。

参考文献

- 1) 大熊由紀子:「寝たきり老人」のいる国はない国, 35, ぶどう社 (1990)。
- 2) 太田 茂: 元気な高齢者の独り暮らし応援システム, バイオメカニズム学会誌, 22 (2), pp.61-66 (1998)。

(平成12年2月26日受付)

