

厚生労働科学研究費補助金（認知症政策研究事業）
分担研究報告書

見守り支援に資するテクノロジーに関する研究

研究分担者 桜井良太 東京都健康長寿医療センター研究所・研究員

研究要旨

本年度は、科学的に検証が行われているモニタリングシステムを同定するため、モニタリングシステムに関するシステムティックレビューを行い（①-1）、現在、社会実装されている見守り機器を調べた（①-2）。加えて、電気使用量を用いた見守りサービスを利用している独居高齢者特性を探るため郵送調査を行った（②）。システムティックレビューの結果、8つのモニタリングシステムの有効性を検証した先行研究が検出されたが、そのほとんどがプロトタイプのものであり、有効性が実証されたモニタリングシステムは全く社会実装されていないことが明らかになった（①-1）。また国内外では室内での移動を感知するセンサー型のモニタリングシステムが多く流通していることが確認された（①-2）。61名から回答を得た郵送調査から、電気使用量を用いた見守りサービスを利用している高齢者では他者との交流頻度が週1回未満の者（すなわち社会的孤立者）が約半数を占めていた。また、7割近くが自身の健康不安を抱えており、健康リスクが高い集団であることが明らかとなった。

A. 研究目的

本研究では、見守り支援に資するテクノロジーの使用状況から問題点までを明らかにし、社会実装可能なシステムの提案を大きな目的とする。本年度は、科学的に検証が行われているモニタリングシステムを同定するため、独居高齢者に対するモニタリングシステムに関するシステムティックレビューを行い（①-1）、現在社会実装されている見守り機器を調べる（①-2）。加えて、電気使用量を用いた見守りシステム研究のさらなるデータ収集のため、参加者募集を兼ねた独居者の特性を探るための郵送

調査を行った（②）。

B. 研究方法

【①-1 モニタリングシステムに関するシステムティックレビュー】

PubMed、IEEE Xplore、MEDLINE、Web of Science を用いて文献の検索を行った。検索は 2023 年 10 月に以下の式を用いて行った(検索式：older dementia patients) AND (remote monitoring OR home monitoring OR gerontechnology OR smart home technology OR surveillance technology OR living alone)。

検索は 2010 年以降に出版された独居高齢者を対象とした研究論文を対象に行い、施設入居者を対象としている研究や同居者がいる場合を想定している研究論文は除いた。また、単純に生活機能をモニタリングする研究、認知機能が低下した高齢者をスクリーニングするための比較研究、認知機能の低下進行を予測することを目的とした研究、リアルタイムのアラート生成をもたらさない技術を用いた研究(緊急通報に繋がらない研究)は除外した。

研究で用いられている機器の種類別に TRL (Technological Readiness Level: 技術の成熟度) を示した。TRL は技術の成熟度を報告することを一つの目的として、米国会計検査院が定義している指標である。米国会計検査院の基準に従い、機器の TRL をレベル 1 (運用に関する基本的な観察と報告がされているレベル) からレベル 9 (想定される使用条件が全範囲にわたって運用・実装されているレベル) に判定した。

【①-2 社会実装されている見守り機器】

高齢者の見守りに精通した 2 名の研究者が複数の検索エンジンを用いて機器の検索を行った。この際、高齢者向け/在宅/認知症患者向けモニタリング機器/技術/システムといったキーワードを用いて検索を行った。

【②電気使用量を用いた見守り研究対象者に対する郵送調査】

電気使用量を用いた見守りサービスを利

用している独居高齢者 120 名に対して研究協力依頼書とともに質問紙を郵送し、研究参加を依頼した。質問紙では、主観的健康感、主観的な物忘れ、主観的抑うつ傾向 (基本チェックリストにおける抑うつ 5 項目: 2 項目以上該当者を抑うつ者と定義)、他者との交流頻度 (同居者以外との交流頻度が週 1 回未満の場合、社会的孤立と定義)、外出頻度、エアコンの使用、生活不安等について調査した。

(倫理面への配慮)

調査においては、A) 本調査は学術的研究を目的に行うこと、B) 調査への参加はすべて自由意思に基づいていること、C) 回答内容は全て ID 管理され、個人情報には保有しないこと、D) 調査結果では個人が特定されないこと、について調査時に説明を行い、同意を得られた上で調査を行った。ヒトを対象とした②の研究計画は、事前に東京都健康長寿医療センター研究倫理審査委員会にて審査され、承認を受けている。

C. 研究結果

【①-1 モニタリングシステムに関するシステムティックレビュー】

論文検索をした結果、PubMed で 263 編、IEEE Xplore で 9 編、MEDLINE で 322 編、Web of science で 312 編、ハンドサーチで 11 編 (灰色論文含む) の論文がヒットした。重複論文等を除いた 701 編が一次の対象となった。アブストラクトおよび本文を精査した結果、最終的に 8 編の英文論文が組み入れとなった。論文検索にかかる PRISMA Flow Diagram を図 1 に示す。

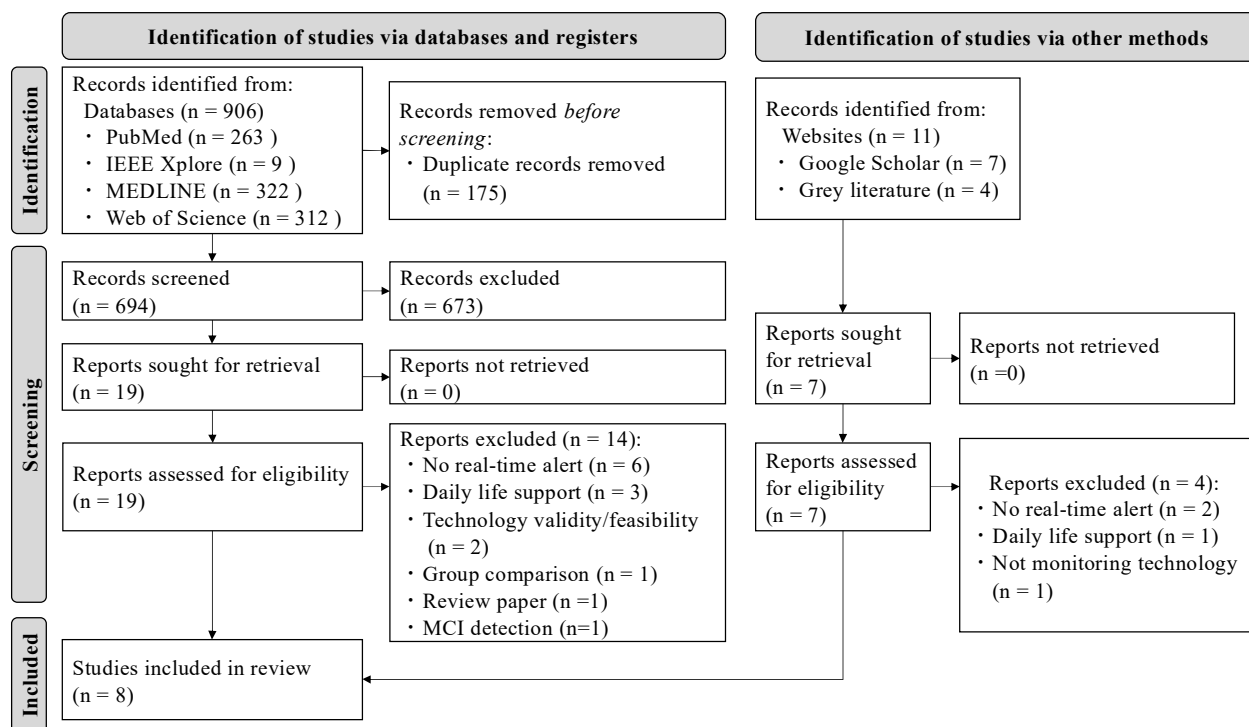


図 1. 論文検索にかかる PRISMA Flow Diagram

表 1. システムティックレビューのエビデンステーブル

著者 (年) 国	見守り機器	TRL	モニタリング内容	検証方法・デザイン	結果
Puaschitz et al. (1) (2023) Norway	【ソーシャルアラーム (SA)】 アラームボタンを内蔵したウェアラブルアクティブ センサーデバイス (ペンダントまたはリストバンド)	9 (自治体が提供)	ユーザーがアラームボタン を押すと、モニタリングセン ターとの通信が始まる	RCT (24ヶ月) SAを利用する介入群51名 SAを利用しない対照群31名 目的: 利用者の特性を検討	高齢および一人暮らしであることがSA の利用に関連していたが、認知症の重 症度とは関連していなかった。SAの認 知度は極めて低かった。
Mitchell et al. (2) (2020) USA	【RAMシステム】 6つの家庭内モーション・センサーと緊急通報ペン ダントの組み合わせ (アルゴリズムによって基本行動パターンを同定)	7 (一般に流通)	異常な活動パターンが検出 されると介護者・サービス提 供者にアラートが送信される	Single arm trial (18ヶ月) 利用する介入群30名 目的: 有用性と受容性を評価	認知症中期から後期の患者では、介護 者のストレスを軽減するが、それ以前の 段階に対してはあまり役に立たないと介 護者は感じている。
Tchallaet al. (3) (2013) France	【HB Tec-TSシステム】 有線センサー付きナイトライトバス & テレアシスタ ンスサービス付き電子ブレスレット	6 (一般に流通なし)	転倒等が検知されたらア ラート送信され、管理者から 介護者に連絡が送信される	RCT (12ヶ月) 利用する介入群49名 利用しない対照群47名 目的: 有効性と受容性を評価	システムの利用は屋内での転倒の発生 率を有意に減少させた。
Sokullu et al. (4) (2020) Turkey	【7つのセンサーと緊急通報システム (リストバン ド) による Ambient IoT システム】	6 (センサーは入手可能)	異常行動パターンが検出さ れると介護者にアラートが送 信される	実験室的な研究 目的: プロトタイプのテスト	システムは容易に設置することができ、 正確に活動を検出することができた。
Yilmaz (5) (2019) Turkey	【iCarus】Ambient 生活支援システム	6 (一般に流通なし)	徘徊らしき行動を検出する	実験室的な研究 目的: プロトタイプのテスト	システムに対する高いユーザー満足度 が得られた。
Muheidat & Tawalbeh (6) (2020) USA	【スマートカーベット】 カーベットによって転倒検知、歩行計測、来客数 などを検知	6 (一般に流通なし)	転倒の発生をリアルタイム で検出する	実験室的な研究 目的: システムの性能評価	転倒検知、歩行速度把握、来客数の予 測が可能となり、活動パターンや活動 の変化を検出することができた。
Oliveira et al. (7) (2021) Brazil	【非侵入型モニタリングシステム】	6 (一般に流通なし)	徘徊らしき行動を検出する	実験室的な研究 目的: 予測モデルの検証	予測モデルはある程度徘徊を同定する ことが可能となり、特定の動きに対する 機械学習を強化することができた。
Enshaeifar et al. (8) (2018) UK	【家庭内センサーによる総合健康管理システム】	6 (一般に流通なし)	データのモニタリングから患 者や介護者のニーズに対応 する	Single arm trial (3ヶ月) 目的: システムの検証	システムにより、リアルタイムの活動分 類が可能となり、活動パターンや活動 の変化を検出することができた。

表1に組み入れられた論文のエビデンステーブルを示す。全ての研究はTRLレベル6（専門家による関連環境での検証状態の段階）以上であった。

ウェアラブル端末のみの見守りシステムを対象とした研究は1件であった(1)。その他の研究(2~8)は家庭内センサーを含んでいるものであり、その多くはプロトタイプで一般流通していないものであった。研究は、米国からの報告が2件(2、6)、トルコが2件(4、5)、ノルウェー(1)、フランス(3)、ブラジル(7)、英国(8)がそれぞれ1件であった。このうち4件はシステムの有用性や利用者の満足度に焦点をあてたもので、ほか4件は異常行動検出のための機械学習アルゴリズムの開発と検証を目的とした実験的研究であった。

【①-2 社会実装されている見守り機器】

国内外で社会実装されている見守りシステム調べたところ、国外20件、国内15件のシステムが見つかった(資料1参照)。国外では、ウェアラブル端末(9件)や室内での移動を感知するセンサー(5件)での利用者の移動を把握するシステムが多く流通していた。一方国内では室内センサーでの見守りシステムが多く流通しており(6件)、次いで見守り用カメラが多く流通していた(5件)。

【②電気使用量を用いた見守り研究対象者に対する郵送調査】

調査票を郵送した120名のうち、回答を返信した者は61名(50.8%、女性26名、平均年齢75歳)であり、全員が電気使用量を用いた見守り研究への参加に同意した。

返信者の属性を見ると、抑うつ傾向を示すものが多く、47.5%が抑うつ傾向を有していた。また、社会的孤立者も多いことが確認された(42.6%)。加えて、約半数の回答者(45.8%)は主観的な物忘れを訴えているものの、主観的健康は概ね良好であった(健康ではないと回答した者は10.7%)。また、51%が暑く感じてもエアコンをつけないと回答した。回答者の生活不安に関する回答では、69%の回答者が寝たきりや認知症の発症にともない他者に迷惑をかけることに不安を感じていることが明らかとなった。

D. 考察

【①-1 モニタリングシステムに関するシステムティックレビュー】

本システムティックレビューから、科学的に検証がなされた独居高齢者に対する見守り機器はほとんど社会実装されていないことが明らかになった。これは本研究で抽出された8つの研究のうち、6つがTRL6レベル（専門家による関連環境での検証状態の段階）であることから明白である。また、今回レビューした研究のすべてが小規模サンプルを対象としており、イベント発生率も少ないことから、レビュー対象の機器に関しても社会実装に向けた有用性をきちんと検証できているとはいえない。

本研究で抽出された研究の多くは、機械学習やディープラーニングを用いて、緊急事態をより早く、正確に検知・予測を行い、事前・早期の緊急通報に繋げることを目的としている機器が多かった。これらの機器は認知症によく見られる日常生活パターンの変化、徘徊行動、興奮行動、転倒の察知を主に目的としているものが多く含ま

れていた。これらの機械学習を利用したシステムの将来性は高く、その有用性から今後の発展が大きく望める。そのためより早い大規模検証を経た社会実装が期待される。

【①-2 社会実装されている見守り機器】

本調査では国外 20 件、国内 15 件の実際に商業利用がなされている見守りシステムが抽出された。限られたキーワードを用いた検索による検索漏れの可能性があるため、解釈には注意が必要であるが、国内流通の多くは移動を感知するシステムによるものであった。他方で海外ではウェアラブル端末での見守りシステム（位置センサーや緊急通報が簡易にできる機器）が多く流通しており、傾向の違いが確認された。

システムティックレビューで多く散見された AI を用いたシステムはそれほど多くは確認されず、技術的に社会実装のレベルには至っていないことが改めて確認された。また、家電を用いた見守りシステムは本邦の製品しか確認されず、生活用品を通じた見守りといった観点は世界的ではないことが明らかとなった。

極めて少ないが、ロボット型の見守りシステムも確認された。最近では話し相手としてのチャットボットも注目されており、今後は孤立予防も含めた緊急通報の手段として、ロボット型システムの普及も進むのかもしれない。

【②電気使用量を用いた見守り研究対象者に対する郵送調査】

電気使用量を用いた見守りサービスを利用している独居高齢者を対象に行った郵送

調査から、回答者は「健康状態の悪化時の不安」といった独居特有の生活不安を抱えている者が多いことが明らかとなった。これは研究対象者が電気使用量を用いた見守りサービス利用者（電気使用のパターンが平常時と逸脱した場合、利用者に不慮な事故・健康状態の急変があったとみなし、緊急通報がなされるサービス）であることから自明な結果であるといえる。

また本調査では社会的孤立者が多く、抑うつ、主観的物忘れを訴える者の割合が多い傾向が認められた。電気使用量を用いた見守り研究では、熱中症の早期発見に加え、抑うつや認知機能の低下に伴う生活パターンの変化の同定も目的としている。今後は健康リスクが比較的高いと考えられる本集団を対象に電気使用パターンの観察を続け、その変化と健康状態の関連を明らかにしていく予定である。また本調査では半数の回答者が暑くてもエアコンを付けないと回答しており、高齢者の熱中症リスクの高さが明らかとなった。この点についても引き続き観察を行い、電気使用量から熱中症リスクを軽減できるかについて検討を行っていく。

E. 結論と今後の課題

今年度の調査から、科学的に検証された見守りシステムの社会実装は進んでおらず、AI をもちいた見守りも期待が大きいものの、社会実装まで至っていない現状が明らかとなった。今後は健康リスクが高いと考えられる高齢独居者の集団に対し、電気使用量パターンの変化を AI によって観察し、その変化と健康状態の関連を明らかにすることにより、AI を用いた見守りシ

システムの進展に貢献していく。

F. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

Kobayashi-Cuya K and Sakurai R: Surveillance technology for older adults with and without dementia. IAGG Asia/Oceania Regional Congress 2023. Yokohama, 2023. 7.12-15.

G. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

該当なし

2. 実用新案登録

該当なし

3. その他

該当なし

Reference

(1) Puaaschitz NGS, Jacobsen FF, Berge LI, Husebo BS. Access to, Use of, and Experiences with Social Alarms in Home-Living People with Dementia: Results from the Live@Home. Path Trial. *Frontiers in aging neuroscience* (2023) 15:1167616. Epub 2023/06/07. doi: 10.3389/fnagi.2023.1167616.

(2) Mitchell LL, Peterson CM, Rud SR, Jutkowitz E, Sarkinen A, Trost S, et al. "It's Like a Cyber-Security Blanket": The Utility of Remote Activity Monitoring in Family Dementia Care. *Journal of applied gerontology : the official journal of the Southern Gerontological Society* (2020) 39(1):86-98. Epub 2018/03/06. doi: 10.1177/0733464818760238.

(3) Tchalla AE, Lachal F, Cardinaud N, Saulnier I, Rialle V, Preux PM, et al. Preventing and Managing Indoor Falls with Home-Based Technologies in Mild and Moderate Alzheimer's Disease Patients: Pilot Study in a Community Dwelling. *Dementia and geriatric cognitive disorders* (2013) 36(3-4):251-61. Epub 2013/08/21. doi: 10.1159/000351863.

(4) Sokullu R, Akkaş MA, Demir E. Iot Supported Smart Home for the Elderly. *Internet of Things* (2020) 11:100239. doi: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100239>.

(5) Yilmaz Ö. An Ambient Assisted Living System for Dementia Patients. *TURKISH JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING & COMPUTER SCIENCES* (2019) 27:2361-78. doi: 10.3906/elk-1806-124.

(6) Muheidat F, Tawalbeh L. In-Home Floor Based Sensor System-Smart Carpet- to Facilitate Healthy Aging in Place (Aip). *IEEE Access* (2020) 8:178627-38. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3027535.

(7) Oliveira R, Feres R, Barreto F, Abreu R. Cnn for Elderly Wandering Prediction in Indoor Scenarios. *SN computer science* (2022) 3(3):230. Epub 2022/04/26. doi: 10.1007/s42979-022-01091-3.

(8) Enshaeifar S, Zoha A, Markides A, Skillman S, Acton ST, Elsaleh T, et al. Health Management and Pattern Analysis of Daily Living Activities of People with Dementia Using in-Home Sensors and Machine Learning Techniques. *PloS one* (2018) 13(5):e0195605. Epub 2018/05/04. doi: 10.1371/journal.pone.0195605.

資料 1. 一般流通している国内外の見守りシステム

○ウェアラブル型

商品名	国	値段	特徴
MG Move Smartwatch (New)	アメリカ	\$494/年	位置情報の把握やメッセージのやり取り可能。
Lively Mobile Plus	アメリカ	機器代: \$37.49 + emergency response only: \$24.99/月 or link to a family member: \$29.99 /月 or urgent care & fall detection: \$39.99 /月	位置トラッカー。介護者に通知を送信。
Classic Guardian (Medical Guardian)	アメリカ	\$329.45/年 or \$29.95/月	緊急時ボタン通知。
Out-and-About Classic GPS Alarm	イギリス	初期費用: £102.00 + £21.24 /月 or £254.88 /年	スピーカーマイク内蔵。位置トラッカー。
Digital Fall Alarm	イギリス	£28.79/月	転倒検知時自動警告。緊急時ボタン。
Apple Watch Ultra [GPS + Cellular 49mm]	アメリカ	124,800 円	アラーム機能、体温、血圧、activity tracker、テキストメッセージ、電話など。
Mini Guardian	アメリカ	\$494/年	位置トラッカー。1.38inches と小型。
Aloe Care Health system	アメリカ	①For Essentials (hardware cost of \$149.99 (Smart Hub & Care button) +\$29.99/月) ②Essentials Plus (機器代: \$249.00+\$39.99 /月) ③Total Care: \$49.99 and \$349.99 for the Smart Hub, Care	ウェアラブル型&センサー型。 通話用音声起動スマートハブ、位置トラッカー、 モーションセンサー、温度・空気品質モニター、 ウェアラブルヘルプボタン。

		Button, Mobile Companion, Smart Fall sensor & 2 motion sensors. Just the Mobile Companion (\$99.99 for the device and \$24.99 /月 for monitoring).	
4G ウェアラブル ウォッチ (mSafety)	日本	Not specified	脈拍、GPS、温湿度センサー、メッセージ受信機能
Bay Alarm Medical's SOS Home	アメリカ	landline,equipment use &24/7 operator service: \$24.95/月 LTE cellular, +faster connection speed, easy installation: \$29.95/月 LTE cellular, +auto fall detection-+\$30 fall device: \$39.95/月	位置トラッカー。ウェアラブルヘルプボタン。両方向の会話可能。



(Classic Guardian)



(Mini Guardian)



(Apple Watch Ultra)



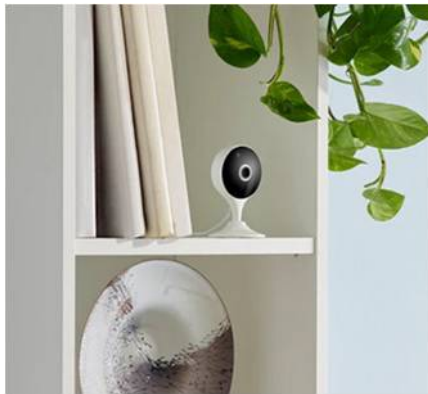
(Digital Fall Alarm)

○カメラ型

商品名	国	値段	特徴
みてるちゃん	日本	機器代: 6,888 円	簡易的な双方向会話、動作を検知しスマートフォンへ連絡、録画
HOME ALSOK アルボ eye	日本	2,750 円/月	簡易的な双方向会話、録画、スマートフォンからカメラの遠隔操作可能
みまもり CUBE	日本	5,390～7,920/月	ライブ映像、録画映像、簡易的な双方向会話、介護保険適用
Lorex 2K Indoor Wi-Fi Security Camera (Lorex Elderly Care Solutions)	アメリカ	\$39.99/台 or \$269.99/8 台	スマートフォンにて映像確認可能。
Lorex 4K Spotlight Indoor/Outdoor Wi-Fi Security Camera (Lorex Elderly Care Solutions)	アメリカ	\$179.99/台 or \$579.99/4 台	スマートフォンにて映像確認可能。ビデオ録画可能。視野角 140 度
ユーコとヨーコ	日本	4,500 円/月(10GB)、6,000 円/月(30GB)	ライブ映像、録画映像、簡易的な双方向会話
Tapo C210/A	日本	機器代: 4,390 円	簡易的な双方向会話、動作を検知しスマートフォンへ連絡、録画



(Lorex 4K Spotlight Indoor/Outdoor Wi-Fi Security Camera)



(Lorex 2K Indoor Wi-Fi Security Camera)



(HOME ALSOK アルボ eye)



(ユ-コとヨ-コ)

○センサー型

商品名	国	値段	特徴
leafee	日本	1,628 円/月	人感センサー。カメラタイプもあり。
LASHIC (ラシク) room	日本	2,178 円/月	温湿度、明るさ、起床就寝時間、部屋の様子を AI が認知。アプリ連動。
いまイルモ	日本	3,980 円/月	温湿度、明るさ、動きの様子を検知
Taking Care Safe Home Alert	イギリス	初期費用: £239.99 + £47.99 /月 or £575.85 /年	台所などに設置し、そこから検出された活動量や温度異常など、介護者に週 1 回メールを送信。
StackCare	イギリス	初期費用: £599 + £299 /年 別途追加: additional sensors (£49.95), help button (£49.95)	ウェアラブル型の機器もついており緊急時に知らせることが可能。
Aeyesafe Monitoring Alert System (AI sensors)	アメリカ	Not specified	AI による音熱センサーやレーダーセンサー、睡眠センサー。
Taking Care Sense	イギリス	初期費用: £11.99 + £13.79 /月 or £165.46/年	介護者に週 1 回メール。
envoyathome (sensors)	アメリカ	8 sensors: \$399 (追加: \$35/1sensors) + monitoring fee: \$99/月	危険な行動の警告と記録、介護保険適用あり
高齢者見守り支援サービス あなたの安心	日本	3,278 円/月	人感、温度、照度センサー。これらの情報から生活リズムをグラフにて確認可能。
みるモニ mirumoni	日本	2,600 円/月	TV の電源状態の検出、緊急ボタン、心拍数 (applewatch 所有者のみ)

スマ@ホーム システム 人感センサー	日本	機器代: 4,420 円(※別途ホームユニット、無線ルーター必要)	熱センサー型。長時間センサー無反応時の場合も通知
--------------------	----	-----------------------------------	--------------------------



(LASHIC-room)



(envoyathome)



(スマ@ホーム システム)



(Taking Care Sense)

・ロボット型

商品名	国	値段	特徴
Amazon Astro Household robot for home monitoring	アメリカ	\$1,599.99	ライブ映像、両方向の会話可能。ビデオ機能、アラート機能ありなど。
BOCCOemo	日本	①レンタルプラン; 2,970 円/月 ②購入プラン; 1,540 円/月+本体代; 50,600 円	リマインダー機能や介護者からのテキストデータの読み上げ。



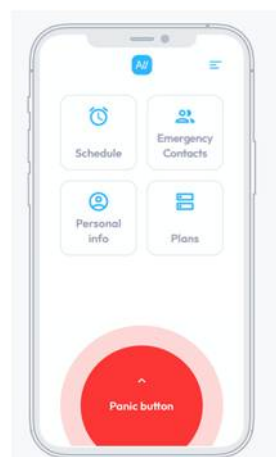
(Amazon Astro Household robot for home monitoring)



(BOCCOemo)

・その他

商品名	国	値段	特徴
Sentai	アンギラ	機器代: £49.99 + £9.99 /月, 別売り: Alexa and the motion sensors (£9.99)	smart voice companion。モーションセンサーやアレクサ(別売り)と連携させることでリマインダーやAIとの会話が可能。
GrandCARE system	アメリカ	システム利用代: \$899 + \$99/月	テレヘルス、活動センサー、医療機器接続、ビデオ通話&エンターテイメント
AllsWell App	アメリカ	\$9.99/月 or \$99.99/年	スマートフォンアプリ。緊急時ボタン、位置トラッカー。
Hello Light	日本	495 円/月	電気の使用状況から異常を感知しメールで通知。電球内に SIM を内蔵。Wi-fi 等不要。
みまもりホットライン iポット	日本	3,300 円/月	ポット使用時の情報が介護者側にメールで送られてくる



(AllsWell App)



(GrandCARE system)



116 (みまもりホットライン iポット)



(Hello Light)