

ミリ波センサーとAIを使った高齢者の見守りとUIの提案

A Proposal for Monitoring Elderly People and UI Based on Millimeter Wave Sensors and AI Technology

鄧 佳培 DENG Jiapei

デジタルハリウッド大学大学院 修了生
Graduate of Digital Hollywood University, Graduate School

劉 徳勝 Liu Desheng

エーテルケア株式会社
AetherCare Inc.

鈴木 篤志 SUZUKI Atsushi

エーテルケア株式会社
AetherCare Inc.

築地 祥世 TSUKIJI Sachiyo

エーテルケア株式会社
AetherCare Inc.

藤本 紅征 FUJIMOTO Kosei

エーテルケア株式会社
Aethercare Inc.

橋本 昌嗣 HASHIMOTO Masatsugu

デジタルハリウッド大学大学院 特任教授 / ビジュアル・グラフィックス株式会社
Digital Hollywood University, Graduate School Project Professor
/ Visual Graphics Inc.

監視カメラを使った高齢者の見守りは、トイレやお風呂場では難しい。ミリ波センサーを利用すると、部屋への入退室、転倒、呼吸・心拍数、離・臥床、睡眠の質が検出可能で、高齢者の見守りが可能である。また、AppleWatchのようなデバイスを身につける必要もなく、充電の必要もない。エーテルケア社の協力のもと実施したミリ波センサー「MotionCatch」を使った実験結果を示す。さらに、実験の結果を踏まえ、ミリ波センサーを使ったスマートホームシステムを設計し、高齢者にも使いやすいUIの提案を行った。

1. はじめに

1.1 研究の背景

社会の高齢化が進むなかで、日本をはじめとする多くの国において、医療資源の不足や介護負担の増加が深刻な問題となっている。特に、高齢者をどのように見守るのかは、社会的課題である。

これらの課題に対処するためには、スマートホーム技術を活用することが有効であると考えた。高齢者は、慣れ親しんだ自宅で質の高い独立した生活を送りたいと考えるが、年齢とともに身体能力や健康状態が衰えることが懸念される。このようなニーズに対応するため、健康管理機能や遠隔操作機能を備えたスマートシステムを開発することが求められている。これにより、高齢者にとって便利で安全な生活環境を提供し、外部の介護サービスへの依存を減らすことができると考えた。

1.2 研究の目的

本研究は、スマートホーム技術の1つであるミリ波センサーを基盤にしたシステムを設計・検証し、高齢者の生活の質と安全性の向上を目指す。健康管理、転倒検知、呼吸状態モニタリングなどの機能を統合し、高齢者の健康問題を迅速に発見することを実現するだけでなく、スマートホームデバイスを活用して、より便利で安全な生活環境を提供する。

2. ミリ波センサー技術について

2.1 ミリ波とは

レーダーを使ったセンシングは、たとえば自動車の衝突被害軽減ブレーキでの障害物検知に使われており、さらに最近は側方や後方などのセンシングにも使われている。レーダーは明暗や気温に左右されないという性質のほかに、物質によっては透過するため、目立たないようにバンパーの内部に組み込むことも可能となる。

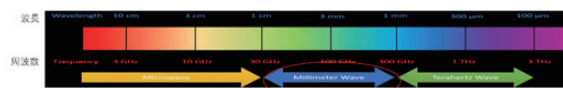


図1：ミリ波について

図1にミリ波の周波数を示すが、自動車には24GHz帯と76GHz/79GHz帯が使われている。産業用およびコンシューマ用としては、24GHz帯向けおよび60GHz帯向けのレーダーソリューションがあり、そのなかでもアプリケーションとして大きな可能性を秘めているのが60GHz帯といえる。24GHz帯は帯域が0.2GHzに限定されたナローバンドだが、60GHz帯は7GHzもの広い帯域が使えるため、きわめて精度の高い検知が可能となる。

60GHzミリ波レーダーの特性としては、「透過性」や「環境性能」が挙げられる。通常のカメラに使われるイメージセンサーと異なり、電波を使用するレーダーは木やプラスチックや衣類を透過するほか、強い光や暗闇や周囲の温度にも影響を受けにくい特性がある。ミリ波のなかでも、60GHzミリ波レーダーは、従来のレーダーより感知精度が高い。60GHz帯は76/79GHz帯に比べて、最小感知距離が短く、距離分解能力がよい。そのため、60GHzミリ波レーダーは、用途が幅広い。それを利した「センシング提案」が可能である。

2.2 ミリ波センサー技術の概要

ミリ波センサーは、高周波の電磁波を利用して対象物の動きや状態を検知する技術である。この技術は、対象物から反射される電磁波の変化を解析することにより、非常に精度高く物体の動きや位置を特定することができる。従来のウェアラブルデバイスは、事前に充電が必要で、ユーザが装着することが前提であり、身体への負担や不便さを伴うことが多かった。しかし、ミリ波センサーは非接触型であるため、ユーザがデバイスを身体に装着する必要がなく、データ収集を行うことができる。これにより、ユーザは装着感や不快感を感じることなく、自然な生活を送ることができる。また、この技術は、呼吸数や心拍数、転倒の検知など、さまざまな生体データを高精度

でモニタリングすることが可能であり、特に高齢者や身体的な制約がある人々にとって、大きな利便性を提供することができる。ミリ波センサーの非接触型特性は、特に高齢者の健康管理において、ユーザの負担を軽減し、日常生活での使用が容易であるため、非常に有効であるといえる。

3. エーテルケア社のミリ波センサー MotionCatch

3.1 ミリ波センサー MotionCatch の特長・検知項目

エーテルケア社が開発したミリ波センサー「MotionCatch」は、精度の高いミリ波技術とAI技術を組み合わせることで、業界初のモニタリング項目や緊急時の機器と管理端末間のリアルタイム双方向通話を可能としている。MotionCatchで可能なことを図2に示す。

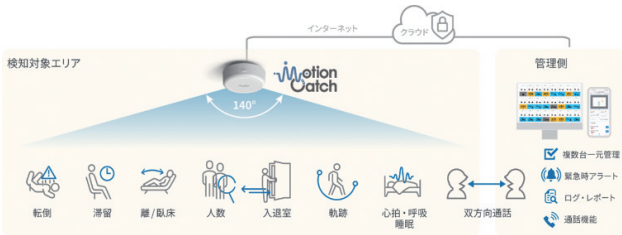


図2：エーテルケア社のMotionCatchにできること

ミリ波センサーは直進性が高いため、照射点から距離が進むと狭まる。そのため、広範囲かつ高精度で検知をするためには照射角が重要になる。心拍数・呼吸数などのバイタルデータの取得は高精度での物標検知が必要だが、MotionCatchは照射角の調整とAIのサポートによって広い範囲（24㎡）での検知が可能となった。

そのため、図3に示すように、取得した生の波形から、ノイズを削除し、機械学習によって得られたモデルより心拍数などを推定して再現している。周波数の低い電波では、取得できる情報が不足となる。

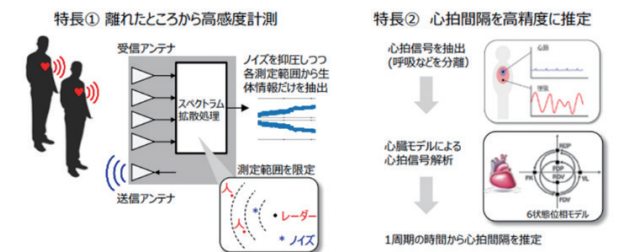


図3：バイタル取得イメージ

図4にMotionCatchの可能検知範囲のイメージを示す。MotionCatchの照射角は、全角150度を実現している。超音波センサーの検出角度は全角16～60度程度である。3.5m以内（図4）であれば、バイタル（呼吸・心拍数と睡眠データ）が取得可能である。転倒検知と入退室検知を両立させるため、バイタルデータの取得はセンサー近傍のみに設定してある。

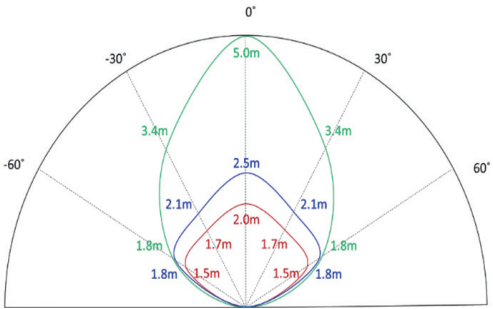


図4：ミリ波センサーでの可能検知範囲のイメージ

3.2 ミリ波センサー MotionCatch のデバイス概要

MotionCatchの外観を図5に示す。



図5：ミリ波センサーMotionCatch外観

MotionCatchの設置概要は表1の通りである。

表1：MotionCatchデバイス設置概要

検知項目	・ 人体 ・ 転倒 ・ 呼吸数（1名のみ） ・ 心拍数（1名のみ）
検知範囲	・ 天井設置時：前後2m×左右3m（24㎡） ・ 壁面設置時：正面4m×左右3m
アンテナ対象範囲	・ 水平140°
最大検知人数	・ 8人
サイズ	・ 直径70mm×厚さ28mm
重量	・ 260g
稼動温度域	・ -10℃～45℃
JIS保護等級	・ IP65

MotionCatchの検出範囲を図6に示す。

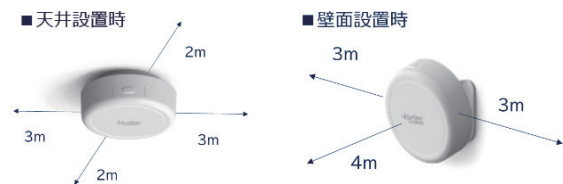


図6：MotionCatchの検出範囲

3.3 ミリ波センサー MotionCatch の機能比較

ミリ波センサー製品の機能比較を表2に示す^{[1][2][3]}。エーテルケア社のミリ波センサーが高機能であることがわかる。

表2：ミリ波センサー製品の機能比較

	エーテルケア社 MotionCatch	Vayyar 社 (イスラエル)	Tellus 社 (米国)
人体検知	○	○	○
転倒検知	○ 最大8名	○ 1名のみ	×
入退出	○	○	×
呼吸・心拍数	○	△	○
離・臥床	○	○	○
睡眠の質	○	△	○
検知範囲	4m×6m 24㎡	4m×5m 20㎡	5m×5m 25㎡

4. ミリ波センサー MotionCatch での実験

4.1 実験の概要

高齢者の日常生活を模擬した環境でシステムの動作を検証した。本実験では、高齢者が直面する可能性のある転倒シーンを再現し、システムが転倒をどれほど正確に検知できるかを評価した。また、転倒検知に関しては、システムの反応時間や検知精度を測定し、リアルタイムでの対応能力がどの程度実用的であるかを確認した。

4.2 実験の部屋

実験を実施した部屋の図面を図7に示す。

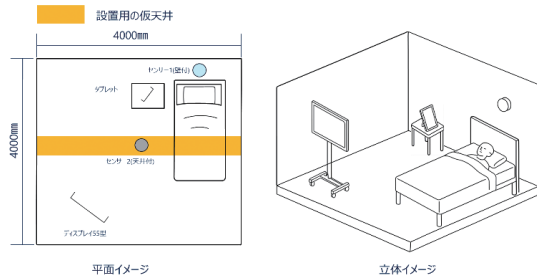


図7：実験を実施した部屋

また、検出可能な範囲を図8に示す。

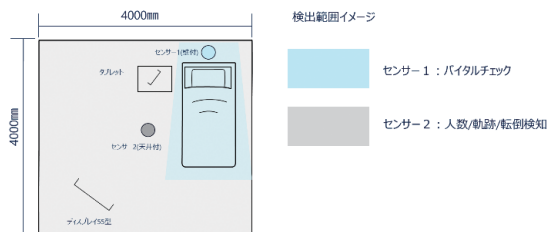


図8：ミリ波センサーの検出可能範囲

5. ミリ波センサー MotionCatch の評価

本実験では、転倒を迅速に検出し、緊急時の対応を適切に行うことができるかどうかを実証することができた。さらに、健康モニタリング機能においては、心拍数や呼吸数をリアルタイムでモニタリングし、そのデータ収集精度を測定したこの実験により、システムが提供する健康データがどれほど正確で信頼できるかが確認され、健康

管理の精度を向上させるための基盤が整った。実験結果から、システムが高齢者の安全を効果的にサポートできることが明らかになり、今後の実用化に向けた重要なデータが得られた。

5.1 転倒検知の評価

ミリ波センサー MotionCatch を用い、図9に示すような転倒検知の実験を行った。実験の結果、転倒検知機能は高い精度を持ち、転倒を30秒以内に正確に検知することが可能であることが確認された。このシステムは、転倒が発生した際に即座に反応し、迅速に緊急連絡を行うことができるため、高齢者の安全性を大きく向上させることが期待される。特に、転倒が発生してからへの対応速度が重要であり、システムはその重要な要素を満たしていることが確認された。

さらに、図10に示すように転倒検知実験は100%成功し、転倒検知機能の誤検知率は非常に低い。この低い誤検知率は、システムが高い信頼性を持っていることを示し、実際の使用において不必要な通知や誤報を減らすことができる。これは、ユーザにとって非常に重要であり、システムに対する信頼感を高める要因となる。また、誤検知が少ないことで、緊急対応のリソースを無駄にせず、必要な場合に迅速に対応することができる。このように、転倒検知機能は実用性が高く、現実の状況でも十分に利用可能であることが実証された。特に高齢者にとっては、転倒後の早急な対応が命に関わることもあるため、本システムの導入により、安心して自立した生活を送ることができる可能性が高い。今後は、さらなる精度向上と応答時間の短縮を目指して、システムの改善を進める必要があるが、現時点でも非常に実用的であることが確認された。



図9：転倒検知実験の記録

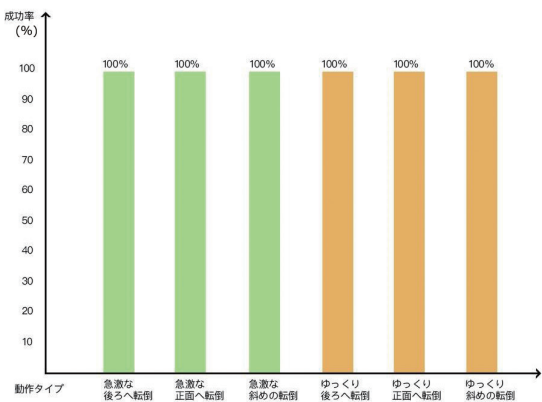


図10：転倒検知実験データ

5.2 健康データモニタリングの精度評価

心拍数と呼吸数のモニタリング機能は、表3に示すよう MotionCatch によるミリ波センサーとウェアラブルデバイスの比較テストを行った。その結果、非常に高い精度を示し、異常を検出する

迅速性が確認された。このシステムは、図 11 のように、リアルタイムでユーザの心拍数や呼吸数を継続的に把握し、通常の範囲から外れた場合には即座に警告を発することができる。実験結果では、健康状態に異常が発生した際、システムは短時間で異常を検知し、適切な対策を講じることができることが示された。このことは、高齢者の健康管理において、早期発見の重要性に貢献できることを証明しており、心拍数や呼吸数の変動を早期に察知することで、重大な健康問題を未然に防ぐことが可能である。

表3：ミリ波センサーとウェアラブルデバイスを用いた呼吸数と心拍数の測定データ

モニタリング内容・テスト対象の状態	ミリ波センサーテスト結果		ウェアラブルデバイスのテスト		テスト番号 (1-30)	アラーム時間	
	呼吸数	心拍数	呼吸数	心拍数		時刻	年月日
呼吸数と心拍数 この人がモニタリングベッドに横たわっている状態で、呼吸数は5cm以下)におおわれている状態で、時間は5分、10回の結果を記録する	17	76	17	76	1	11:24:00	2024/11/10
	16	75	16	75	2	11:25:00	2024/11/10
	17	75	17	75	3	11:26:00	2024/11/10
	19	75	19	75	4	11:27:00	2024/11/10
	17	75	17	75	5	11:28:00	2024/11/10
	16	75	16	75	6	11:29:00	2024/11/10
	17	75	17	75	7	11:30:00	2024/11/10
	17	75	17	75	8	11:31:00	2024/11/10
	16	87	16	87	9	11:32:00	2024/11/10
	16	85	16	85	10	11:33:00	2024/11/10
	16	74	16	74	11	11:34:00	2024/11/10
	16	73	16	73	12	11:35:00	2024/11/10
	16	77	16	77	13	11:36:00	2024/11/10
	16	75	16	75	14	11:37:00	2024/11/10
	17	76	17	76	15	11:38:00	2024/11/10
	18	77	18	77	16	11:39:00	2024/11/10
	18	87	18	87	17	11:40:00	2024/11/10
	18	88	18	88	18	11:41:00	2024/11/10
	18	75	18	75	19	11:42:00	2024/11/10
	18	74	18	74	20	11:43:00	2024/11/10
	18	75	18	75	21	11:44:00	2024/11/10
	18	77	18	77	22	11:45:00	2024/11/10
	16	75	16	75	23	11:46:00	2024/11/10
	16	83	16	83	24	11:47:00	2024/11/10
	18	83	18	83	25	11:48:00	2024/11/10
	17	75	17	75	26	11:49:00	2024/11/10
	19	75	19	75	27	11:50:00	2024/11/10
	17	75	17	75	28	11:51:00	2024/11/10
	17	74	17	74	29	11:52:00	2024/11/10
	17	77	17	77	30	11:53:00	2024/11/10

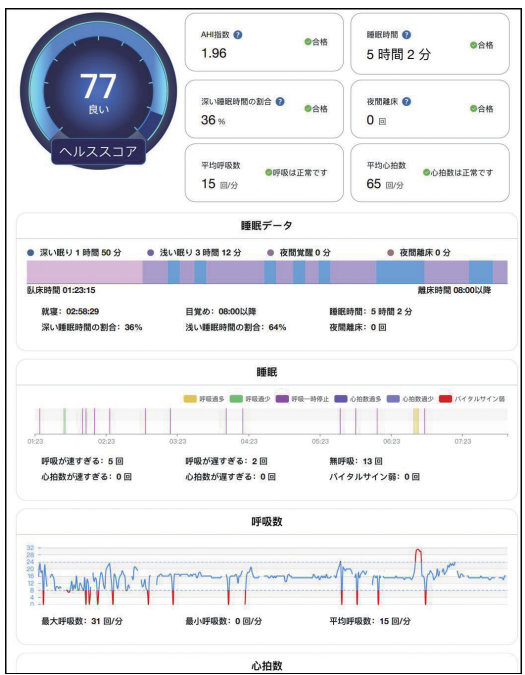


図 11：ミリ波センサーによる睡眠時モニタリング技術

6. スマートホームシステム

6.1 スマートホームシステムの設計

スマートホームシステムは、ミリ波センサーとデータ分析アルゴリズムを組み合わせることで構築される。このシステムは、高精度な非接触型モニタリングを実現するために、ミリ波センサーを使用しており、これにより高齢者の動きや姿勢を詳細に検出することが可能である。転倒検知機能は、特定の動きや姿勢をリアルタイムで分析することによって実現されており、転倒が発生した際には迅速に検知し、必要な対応をとることができる。このリアルタイム分析により、システム

は転倒の検知を即座に行い、緊急連絡機能も迅速に作動することが可能である。また、システムは健康データの可視化機能を備えており、ユーザの心拍数や呼吸数、睡眠状態などの健康情報を視覚的に表示することができる。さらに、異常検知機能が組み込まれ、健康状態に異常があった場合には、即座にアラートを発信する仕組みが導入されている。

直感的なスマートフォン向けユーザインタフェース（以下UI）のデザインを図 12 に示す。複雑な操作を必要とせず、誰でも簡単にシステムを利用できるように設計した。このシステムは高齢者の安全と健康を支援するために、高度な技術と使いやすさを兼ね備えている。

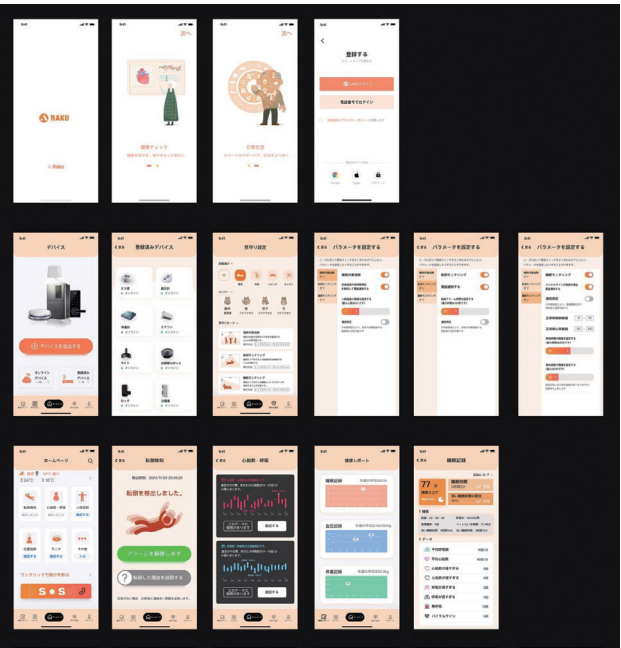


図 12：設計したスマートホームシステムのスマホアプリのUI

6.2 ユーザインタフェースの有用性

図 13 に示すUIは、直感的で使いやすく、リアルタイムでデータを可視化する機能を備えている。このUIは、視覚的にわかりやすく整理された情報が提供され、ユーザは健康状態やシステムの稼働状況を直感的に理解することができる。また、データがリアルタイムで表示されるため、ユーザは自分の健康に関する最新の情報を即座に把握することができ、必要に応じて迅速に対応することが可能である。このような設計は、特に高齢者やテクノロジーに不安を感じるユーザにとって非常に便利に効果的であり、日常的に使用する際にもストレスなく利用できる点が大きな特徴である。シンプルでありながら高機能であるため、使い勝手の良さが保証され、ユーザの生活に自然に溶け込むことができる。



図 13：ユーザインタフェース

7. まとめ

本研究では、ミリ波センサーを活用したスマートホームシステムが高齢者の健康と安全を支援する有用なツールであることを示した。高齢者は身体能力や健康状態が衰えていることが多く、そのため、日常生活において転倒や健康問題への対応が重要な課題となる。このような状況において、スマートホームシステムは、リアルタイムでの把握と迅速な対応を提供する手段として非常に有望であると考えられる。具体的には、実験において転倒検知機能と健康モニタリング機能の精度を検証した。転倒検知機能は、ミリ波センサーを利用して高精度で転倒を検知することができ、検知率は100%であった。これにより、高齢者が転倒した場合にも迅速に対応する体制が整えられる可能性が確認された。また、転倒が検知された際には、緊急連絡が速やかに行われる仕組みが構築されており、緊急連絡の遅延を最小限に抑えることができると考えられる。さらに、健康モニタリング機能についても高い精度が確認された。心拍数や呼吸数をモニタリングすることにより、異常を迅速に検出できるため、健康状態の管理がより効率的に行える。特に、心拍数や呼吸数の変動は高齢者の健康に直結した重要な指標であり、これらをリアルタイムで検知することによって、異常の早期発見が可能となる。これにより、医療機関に連絡する前に予兆を把握することができ、高齢者の健康リスクを減少させることが期待される。本研究は、ミリ波センサー技術とスマートホームシステムを組み合わせることで、高齢者の日常生活の質を向上させる可能性があることを示唆している。今後、この技術をさらに発展させることで、高齢者の健康と安全をサポートする新たな手段として、より広範な社会での導入が期待される。

謝辞

本稿に掲載した図1、2、3、4、5、6、7、8および11については、エーテルケア株式会社の許諾を得て使用しました。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- [1] エーテルケア株式会社: ミリ波ソリューションMotionCatch
<https://aether-care.com/motioncatch/> (Accessed 2025-10-07).
- [2] Vayyar: 次世代の高齢者ケアテクノロジー
<https://vayyar.com/jp/care/> (Accessed 2025-10-07).
- [3] Tellus You Care: POMで安心体験を。
<https://tellusyoucare.com/ja/> (Accessed 2025-10-07).