

先端科学技術研究科 修士論文要旨

所属研究室 (主指導教員)	ユビキタスコンピューティングシステム (安本 慶一 (教授))		
学籍番号	2411014	提出日	令和 8年 1月 19日
学生氏名	池野 敦哉		
論文題目	LLMエージェントを用いた宅内デジタルツインに基づく人感センサ配置設計の評価フレームワーク		
要旨			
スマートホームにおける居住者の行動認識 (Human Activity Recognition: HAR) は、エネルギー管理や高齢者見守りなどの文脈適応型サービスを実現する基盤技術として注目されている。カメラやマイクを用いた手法は高精度である一方、プライバシー侵害の懸念が大きく、日常生活空間への導入には課題がある。これに対し、受動型赤外線 (Passive Infrared: PIR) センサは非侵襲かつ低コストな手法として有望であるが、検出精度が設置位置や環境条件に強く依存するため、配置設計は経験的に行われているのが現状である。このため、設置前にセンサ配置の妥当性を定量的に評価し、必要に応じて配置を比較・改善できる手法が求められている。 本研究では、宅内環境を3Dモデルとして再現したデジタルツインに基づく仮想住宅環境を構築し、実機PIRセンサの特性を反映した仮想人感センサを実装することで、センサ配置を事前に評価可能なフレームワークを提案する。Unity上に住宅モデルを構築し、壁設置型 (WNX-40PI-BOX) および天井設置型 (WFX-360-1B) センサを、RaycastおよびConeColliderを用いてモデル化することで、遮蔽物や設置角度を考慮した現実的な検知挙動を再現した。 評価実験では、1LDKの実験用スマートホームを対象に、実センサと仮想センサを同一配置条件下で比較した。被験者が住宅内のチェックポイントを巡回するシナリオを複数回実施し、両環境で得られた検出ログを1秒ウィンドウ単位で整合させて比較した。その結果、Precision 0.62, Recall 0.72, Accuracy 0.87を達成し、仮想センサが実センサの検出傾向を高い一致度で再現できることを確認した。また、壁設置型センサでは高い再現性が得られる一方、天井設置型センサでは検出範囲の広さに起因する過検知傾向が確認され、センサ種別や設置条件が検出特性に与える影響を定量的に明らかにした。 さらに、妥当性が確認された仮想センサモデルを用い、行動認識に必要な空間的カバレッジ率を指標として、住宅内における全てのセンサ候補配置 (35候補から5台選択) を網羅的に評価した。その結果、行動認識に必要な空間的カバレッジ率に基づく評価スコアは平均0.43から最大0.80まで広く分布し、センサ配置の違いが認識性能に与える影響が顕著であることを定量的に示した。また、評価条件の多様化を目的として、住宅環境および居住者条件に基づく日常行動シナリオを自動生成する仕組みを導入した。生成されたシナリオは、仮想住宅環境上で直接実行可能であり、特定の固定シナリオに依存しない形で、行動パターンの違いがセンサ配置評価に与える影響を分析可能な基盤を構築した。			