

論文の内容の要旨

論文題目 状況認識機能を有する生活支援ロボットのシステム構成法の研究

氏名 得 津 覚

本論文は、生活支援ロボットの自律的な支援行動の実現を目指し、生活支援ロボットの状況認識機能における問題点とそれを解決するためのシステムの構成法を示したものである。

生活支援ロボットの状況認識機能においては、それまでの自律ロボットにはなかった「生活空間における状況の多様性」という問題を取り扱わなければならない。ロボットは生活空間内を移動することで認識する場所も変わり、その場所ごとに人の行為から発生する現象や、物体が表現する状況などは多数存在する。この多様な状況を認識することで、はじめてロボットは、それぞれの状況にあった支援を選択し実行することができる。

本論文では、状況の多様性という問題に対し、次のアプローチを取る。(1) 生活音情報を認識すること、(2) 空間・場所情報を利用すること、(3) 行為の対象となる日用品を認識すること、(4) 記述形式で対応すること、(5) 文脈を考慮すること。これらの機能を用いることで、状況をより効率的に認識できることを示す。

第1章「序論」では、状況認識の研究の背景について述べ、主題となる問題の説明、その問題を取り上げた理由と必要性、また現在の自律的なロボットやシステムによる状況認識機能について現状の研究の取り組みについて述べた。また、本論文の問題に対するアプローチとして、生活音情報・空間場所情報・日用品認識情報を利用するシステムの提案を行った。

第2章「自律的生活支援ロボットにおける状況認識機能」では、状況の有する多様性について実例を用いて説明を述べ、それらの実例の中で必要な認識機能について明らかにした。またそれらの実例を実装上の難易度によって段階付けを行うことで、多様な状況を認識する問題の全体像の縮図と目指すべき機能の位置付け、示すべき認識機能について明らかにした。多様な状況を認識する機能として、(1) 生活音情報を認識すること、(2) 空間・場所情報を利用すること、(3) 日用品を認識すること、(4) 記述形式で対応すること、(5) 文脈を考慮すること、の有効性を強調し、これらを統合したシステムによる解決法を提案した。

第3章「生活音認識に基づく生活支援環境認識」では、生活音が支援ロボットの状況認識機能の中で状況を理解する手がかりとして有用であることを示すために、次の4点を示した。(1) 音圧の小さい生活音の特徴を認識可能な生活音認識機能の概要、(2) 生活音認識による環境の変化・状態に気づく機能の実現と実ロボットを用いた検証、(3) 生活音を手がかりとして、聴覚以外の認識行動による音源確認行動を組み込んだシステムの提案とその有効性、(4) 能動的に物体から音を発生することにより、視覚では得にくい物体の情報を聴覚から獲得する機能の実現とそれに基づくゴミの材質を判断するゴミ分別支援行動の実現。

第4章「空間情報を利用した生活音認識と状況認識」では、空間情報が状況を判断するための根拠として有効であることを示すために、(1) 人の位置情報と三次元的な行為情報を同時に取得するために、3D環境計測デバイスを用いたシステムの提案、(2) 生活音と場所情報の統合により、生活音の認識機能が向上すること、を示した。人の位置情報は、それによって起こりうる状況を限定できるため、状況を効率的に認識することを可能とする情報である。3D計測デバイスには、注意対象領域を効率的に走査可能な、レンジセンサ搭載型の無限回転パンチルトヘッドを用いることで、人の位置情報と人の三次元的な行為情報を同時に計測可能なシステムを示した。また状況認識における空間情報の利用による有効性を示すために、空間情報と生活音認識を統合し、場所に応じて生活音判別空間を構成することで、生活音を効率的に認識するシステム構成法を提案した。

第5章「日用品物体認識に基づく状況認識」では、ロボットの目の前にある未知の物体がどの日用品分類に当てはまるのかを判断することで、状況認識における状況を判断する根拠となる「人の操作対象」や、「生活空間における物体の状態」に関する情報を認識することを目的とし、次のことを示した。画像処理分野で広く行われている個体を認識する方法とは異なり、三次元的形状の特徴を捉えることで、形状の評価と物体の分類を行うシステムの提案を行った。その中では、(1) 形状特徴量分散処理システムに基づき開発効率を向上させるシステム環境、(2) 実データに対応するために、拡張ガウス像による特徴量同士の相関計算をロバスト化する手法、(3) 基本形状群との類似度評価による、拡張ガウス像を用いた絶対的な形状の特徴評価手法、を示した。

第6章「生活音・空間情報・物体認識を統合する確率的状況認識」では、これらの情報を確率的因果関係表現に基づいて統合することで、状況をその場の環境を表現したものとして認識可能なシステムを提案した。また状況をより効率的に認識するために次の点を示した。(1) 状況の表現形式を文章により構造化することで、一般的な表現形式である行為情報(What)に加え、さらに場所情報(Where)、時間情報(When)、主体情報(Who)が加わり、場所や時間などの情報を利用した状況の効率的な認識が可能になる。(2) 文脈を考慮することで、類似した状況に対しても間違えずに認識することが可能になる。(3) 対象物、生活音の情報に基づくことで、人の動きを詳細に捉えずとも、支援選択のための状況推定が可能である。文脈を考慮するために、状況同士の確率的因果関係をベイジアンネットワーク上に表現することで、状況の時間的連続性を考慮し、その瞬間に取得できる環境情報だけでは間違えやすい状況に対しても、ロバストに認識するためのシステムの構成法を提案した。実験では、状況を定める判断根拠に「生活音」、「人の場所情報」を利用し、同じような操作対象物—食器類—が登場する状況として、「皿洗い」と「調理」の状

況の違いが認識できることを示した。また、文脈を考慮した効果として、「調理中に使用するための皿を洗う動作」、「皿洗い中に皿を棚にかたづける動作」などの瞬間的な判断だけでは間違えやすい状況下でも、時間的な連続性を考慮することによって間違えずに各状況を認識できるロバスト性を示した。

第7章「結論」では、各章の内容から本論文を総括した上で、本論文の成果と貢献を示した。日常生活で人が居る様々な場面における状況の多様性に対処するために、状況判断の根拠を得るための手がかりとして生活音、空間位置、操作物体にロボットの注意を向けられる環境注意機能をロボットの注意を向けられる選択的知覚機能を搭載し、「いつ」「誰が」「どこで」「何を」の4要素をもつ状況センテンスを導入し、ロボットの選択的知覚機能はその4つの要素を埋めることで状況認識を行ってゆく状況認識と、状況に対して行うべき支援選択リストを設け行うべき支援を選択し環境記憶に基づいてロボットが行うべき具体的な基本動作要素を生成するプランナ機能を統合するというシステム構成法を示した。このように、状況記述要素を絞り込み、ロボットがその状況記述要素を得るために生活音、空間場所、操作対象に着眼できるようにシステムの構造化を行い、状況に対応した支援選択リストを保持することで日常生活支援の多様な状況の認識とそれに対する支援候補の選択を効率的に行えることを示した。提案システムの評価に関しては、人と複数の動作対象物が存在し、複数の支援の中から選択して行うことを想定した日常環境としてのキッチンダイニングで生じる状況に対し、生活音・対象物・場所情報を用いることで、(1)対象物に対する作用、人の姿勢の動きを直接、画像処理、三次元点群処理によって認識せずとも、それらの情報を生活音、対象物の情報を手がかりにすることで、状況を推論することが可能であることを、キッチンにおける調理の状況、皿洗いの状況の認識と、ダイニングにおける状況の実例の中で示し、(2)同じ対象物が登場する状況においても、空間情報に応じてあらかじめ状況候補を限定しておくことで、効率的に状況を認識することが可能であることを、キッチン、ダイニングの異なる場所における状況認識に対し有効であることを実例の中で示した。