

学位論文題名

A Study on Applying Language Acquisition Ability to a
Dialog Robots

(言語獲得能力の対話ロボットへの応用に関する研究)

学位論文内容の要旨

ロボティクスの発展により、ヒューマノイドロボットが実社会において人間に代わってタスクを行うことが期待されており、その分野は介護や教育、公共サービスのみならず、メンタルケアやエンターテインメントにまで広がっている。対話パートナーとしてメンタルケアやエンターテインメントを提供するロボットを実現するために解決すべき課題の一つは、ロボットの印象をコントロールすることである。一般のユーザに受け入れられるためには、ユーザのロボットに対する不安感や嫌悪感を取り除き、好ましい印象を与えることが必須となる。

「メディアの等式理論」によって、人間はコンピュータシステムを擬人化し、あたかも人間とコミュニケーションしているように接する傾向があることが明らかにされた。この理論に基づき、人間同士のコミュニケーション作法を踏襲した人間らしい振る舞いをするロボットが開発されており、これらのロボットがユーザに好ましい印象を与えることが報告されている。このことから対話パートナーとしてのロボットのデザインにおいて、人間らしさを付与することは、印象改善のための有効な戦略の一つであると考えられる。

これまでに、ロボットの顔や体などの身体的な特徴や表情、音声の特徴、視線の使用法などを人間らしくすることにより、ロボットの印象が改善されることが明らかにされている。また、ユーザの顔や対話履歴の記憶を利用した対話や、表情による感情の表出などによる人間らしさの表現も、ユーザとロボットの関係を良好にすることが確認されている。

しかしながら、ロボットの言語能力を人間らしくすることによる影響については十分に研究が行われていない。特に、新たな言葉の意味を少ない用例から学習し、応用できる言語獲得能力は最も人間らしい能力の一つであると多くの人が認識している。そのため、言語獲得能力はロボットを人間らしくみせる効果的な能力であると考えられるが、言語獲得能力をロボットに付与し、ユーザとのインタラクションにおいて評価する研究はこれまでに存在しない。

本研究は、ユーザとの自然なインタラクションを通じて新たな単語を学習するロボットの実現と、言語獲得能力をユーザとロボットのインタラクションに応用し、ユーザ満足度の高い対話パートナーロボットを実現することを最終的な目的とする。

著者は、これらの目的達成へ向けて、以下の3つの課題について研究を行った。(1) ロボットにおける言語獲得手法の開発、(2) ロボットの言語獲得能力がユーザの知覚に与える影響の評価とユーザのメンタルモデルの提案、(3) 自然なインタラクションにおける言語獲得のための、非言語情報がロボットの印象に与える影響の評価。本論文ではこれらの研究結果について報告する。

第一に、ヒューマノイドロボットにおける身体操作を表現する動詞の獲得手法の提案を行った。本手法で提案した動詞の意味表現モデルは、動作主点と対象点の関係を記述した6つの特徴量から構成される。この意味表現モデルを用いることにより、動作主点の軌道に依存しない動詞の表現が可能になる。このモデルを利用した動詞獲得能力をロボットに実装し、実験を行った結果、ユーザからの

教示を通じて、「置く」「近づける」「離す」「触る」の4つの動詞の意味を獲得可能であることが確認された。しかしながら、本手法では単文による言語理解が限界であり、動詞が2つ含まれるような複文を理解するためには接続詞の理解が必要となる。そこで、著者はヒューマノイドロボットにおける独自の接続語獲得手法の提案を行った。性能評価実験の結果、ユーザから入力された接続語のうち7割を獲得可能であることが確認された。

第二に、言語獲得能力がユーザの知覚に与える影響を評価する第一歩として、動詞獲得能力が、ユーザの知覚する愉快性、親近性、充実感、人間らしさに与える影響の調査を行った。また、動詞獲得能力によりロボットを人間らしく知覚することでその他の印象を変化させる、ユーザのメンタルモデルを提案する。ロボットが動詞「置く」「離す」を獲得するインタラク션을シミュレートする実験システムを構築し、参加者48名が7段階評定により印象評価実験を行った。実験の結果、動詞獲得を行うロボットの印象が、予め動詞の意味をインプットされているロボットと比較して、親近性において0.76ポイント、充実感において0.52ポイント、人間らしさが0.65ポイント向上することを明らかにした。また、人間らしさを媒介して、愉快性、親近性、充実感を向上させるユーザのメンタルモデルは統計的に妥当性があることを確認した。

第三に、自然なインタラク션을通じたロボットの言語獲得へ向けて、非タスク指向対話において、非言語情報がユーザに与える影響の評価を行った。研究の第一歩として、ジェスチャーが発話と合わせて出力されることによってユーザにどのような印象を与えるかを実験によって調査した。本実験では、ロボットのジョークに自動的にジェスチャーを生成する独自の手法を提案し、ベースラインシステムとの比較を行った。実験参加者75名がジェスチャーの適切さを比較した結果、提案手法によるジェスチャーはベースラインによるジェスチャーと比較して、適切であると評価した意見の一致度が11ポイント上回った。また、ロボットがジェスチャーを用いることによりジョークの面白さが5段階評定において0.2ポイント向上することも明らかにした。

さらに、タスク指向対話における非言語情報の影響についての調査も行った。タスクにはロボットによる道案内を設定し、話者視点からのジェスチャーと聞き手視点からのジェスチャーについて影響を調査した。実験参加者75名が7段階評定により印象評価した結果、ジェスチャーを用いることによって、ロボットの印象が親近性において1.31ポイント、信頼性において1.51ポイント向上し、ロボットが好ましく知覚されることが明らかになった。また、話者視点からのジェスチャーにより、聞き手視点からのジェスチャーと比較して、ロボットの印象が親近性において1.4ポイント、信頼性において0.64ポイント向上し、好ましい印象が得られることを明らかにした。

これらの実験結果は、ロボットにおける言語獲得手法を対話パートナーロボットのインタラクシオンに応用することによって、より印象を好ましくし、ユーザ満足度の高いシステムを実現可能であることが示唆している。また、その際のインタラクシオンには、タスク指向、非タスク指向に関わらず、非言語情報を人間同士のコミュニケーション作法を踏襲して利用することにより、好ましい印象を与えることが可能であることが明らかになった。

動詞獲得において獲得される語彙の増加、行動の失敗やインタラクシオンの時間がロボットに与える影響の調査、及び、非言語情報を用いたインタラクシオンにおけるロボットの言語獲得能力の開発が今後の課題である。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 荒 木 健 治
副 査 教 授 山 本 強
副 査 教 授 長 谷 山 美 紀

学位論文題名

A Study on Applying Language Acquisition Ability to a Dialog Robots

(言語獲得能力の対話ロボットへの応用に関する研究)

ロボティクスの発展により、ヒューマノイドロボットが実社会において人間に代わってタスクを行うことが期待されている分野は、介護や教育、公共サービスだけでなく、メンタルケアやエンターテインメントにまで広がっている。会話パートナーとしてメンタルケアやエンターテインメントを提供するロボットを実現するために解決すべき重要な課題の一つは、ロボットの印象をコントロールすることである。一般のユーザに受け入れられるためには、ユーザのロボットに対する不安感や嫌悪感を取り除き、好ましい印象を与えることが必要である。

ヒューマンコンピュータインタラクションにおける「メディアの等式理論」によって、人間はコンピュータシステムを擬人化し、あたかも人間とコミュニケーションしているように接する傾向があることが明らかにされた。この理論に基づき、人間同士のコミュニケーション作法を踏襲した人間らしい振る舞いをするロボットが開発されており、これらのロボットがユーザに好ましい印象を与えることが報告されている。会話パートナーとしてのロボットのデザインにおいて、人間らしさを付与することは、印象改善のための最も有効な戦略の一つであるといえる。

このような観点から、ロボットの身体的な特徴や振る舞いを擬人化する試みが行われており、これまでに、ロボットの顔や体などの外見的特徴や表情、音声の特徴、目線の使用法などを人間らしくすることにより、ロボットの印象が改善されることが明らかにされている。また、非身体的な振る舞いによる人間らしさの表現も行われており、長期間のインタラクション、ユーザの顔や対話履歴の記憶、感情の表出などの影響の調査も行われている。

しかしながら、ロボットの言語能力を人間らしくすることによる影響については十分に研究が行われていない。特に、新たな言葉の意味を少ない用例から学習し、応用できる言語獲得能力は最も人間らしい能力の一つである。そのため、言語獲得能力はロボットを人間らしくみせる効果的な能力であると考えられるが、言語獲得能力をロボットに付与し、ユーザとのインタラクションにおいて評価する研究はこれまでに存在しない。

本研究は、ユーザとの自然なインタラクションを通じて新たな単語を学習するロボットの実現と、言語獲得能力をユーザとロボットのインタラクションに応用し、ユーザ満足度の高い会話パートナーロボットを実現することを最終的な目的とする。

著者は、これらの目的達成へ向けて、次の3つの課題について研究を行った。(1) ロボットにおける言語獲得手法の開発、(2) ロボットの言語獲得能力がユーザの知覚に与える影響の評価とユーザのメンタルモデルの提案、(3) 自然なインタラクションを通じた言語獲得へ向けた、非言語情報がロボッ

トの印象に与える影響の評価。本論文ではこれらの研究結果について報告する。

第一に、ヒューマノイドロボットにおける身体操作を表現する動詞の獲得手法を提案する。本手法で提案する動詞の意味表現モデルは、動作主点と対象点の関係を記述した6つの特徴量から構成される。この意味表現モデルを用いることにより、動作主点の軌道に依存しない動詞の表現が可能になる。このモデルを利用した動詞獲得能力をロボットに実装し、実験を行った結果、ユーザからの教示を通じて、「置く」「近づける」「離す」「触る」の4つの動詞の意味を獲得可能なことを確認した。しかしながら、本手法では単文による言語理解が限界であり、動詞が2つ含まれるような複文を理解するためには接続詞の理解が必要となる。そこで、著者はヒューマノイドロボットにおける独自の接続語獲得手法を提案し、実験の結果、ユーザから入力された接続語のうち7割を獲得可能であることを確認した。

第二に、動詞獲得能力が、ユーザが知覚する愉快性、親近性、充実感、人間らしさに与える影響の調査を行った。また、動詞獲得能力によりロボットを人間らしく知覚することでその他の印象を変化させるユーザのメンタルモデルを提案する。ロボットが動詞「置く」「離す」を獲得するインタラクションをシミュレートする実験システムを構築し、実験を行った結果、動詞獲得を行うロボットは、予め動詞の意味をインプットされているロボットと比較して、親近性、充実感、人間らしさについてより高い評価を得ることを明らかにした。また、人間らしさを媒介して、愉快性、親近性、充実感を向上させるユーザのメンタルモデルは統計的に妥当性があることを確認した。

第三に、自然なインタラクションを通じたロボットの言語獲得へ向けて、非タスク指向会話において、非言語情報がユーザに与える影響の評価を行う。研究の第一歩として、ジェスチャーが発話と合わせて出力されることによってユーザにどのような印象を与えるかを実験によって調査した。本実験では、ロボットのジョークに自動的にジェスチャーを生成する独自の手法を提案し、ベースラインシステムとの比較を行った。実験の結果、提案手法によるジェスチャーはベースラインによるものよりも高い評価を得た。また、ロボットがジェスチャーを用いることによりジョークの面白さが向上することも明らかにした。

さらに、非タスク指向対話における非言語情報の影響調査に加えて、タスク指向対話における非言語情報の影響についての調査も行った。タスクにはロボットによる道案内を設定し、話者視点からのジェスチャーと聞き手視点からのジェスチャーについてその影響を調査した。実験の結果、ジェスチャーを用いることによってロボットの印象が好ましく知覚されることが明らかになった。また、話者視点からのジェスチャーが、聞き手視点からのジェスチャーと比較して、好ましく知覚されることを明らかにした。

これらの研究結果より、ロボットにおける言語獲得手法を会話パートナーロボットのインタラクションに応用することによって、より印象を好ましくし、ユーザ満足度の高いシステムを実現可能であることが示唆されている。また、その際のインタラクションには、タスク指向、非タスク指向に関わらず、非言語情報を人間同士のコミュニケーション作法を踏襲して利用することにより、好ましい印象を与えることが可能であることが明らかになった。

これを要するに、著者は、対話ロボットの開発について、言語獲得能力、及び非言語情報によるインタラクション性能の向上に関する新知見を得たものであり、自然言語処理工学及びヒューマンロボットインタラクション工学の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格あるものと認める。