The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Pre-touch and Touch Behavior Modeling for Improving Human-Robot Interaction
Author(s)	Cuello Mejia, Dario Alfonso
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/92980
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

Form 3

Abstract of Thesis

Name （CUELLO MEJIA DARIO ALFONSO）	
Title	Pre-touch and Touch Behavior Modeling for Improving Human-Robot Interaction (人・ロボット間インタラクションにおけるプレタッチ・タッチ動作のモデル化に関する研究)

Non-verbal communication cues are fundamental for a proper interaction and adaptation in society and one of the most common cues in human relations is the reaction when someone approaches for a touch interaction. Also, this reaction behaviors significantly affect how they are perceived, and although these situations are essential to achieve natural touch, they receive less attention than after-touch situations, specifically in interactions between people and humanoid agents.

In the first study, the pre-touch reaction distance for human-agent interaction around the face was studied, obtaining not only a comfortable reaction distance but also evaluating the preferences towards it. Two groups were defined based on preferred pre-touch distance: “Near” and “Far” group. Next, the effect on participant’s perception towards agent’s reaction was evaluated, showing that a shorter pre-touch reaction distance from agent is perceived as more friendly and that the participant’s pre-touch distance defined their preferences regarding the agent’s behavior.

For the second study, the results obtained in previous works were extended, investigating the minimum comfortable distance around touchable upper body parts, i.e., shoulders, elbows, and hands, based on human interaction. Distance around the hands is significantly smaller than the distance around the shoulders and elbows, and speed and acclimation affect this distance. On the other hand, gender and approach side do not significantly affect the pre-touch reaction distance. Finally, the results were implemented in a male-looking android and confirmed that it reacted toward pre-touch based on the obtained model.

In the third study previous finding were used for studying the factors that define pre-touch reactions from a humanoid avatar and how it can influence people’s perceptions. Two experiments were defined in a VR environment to assess the differences between approaches from inside and outside the field of view and implemented four different gaze behaviors, evaluating the participants’ preferences. Results showed that a two-step gaze behavior was perceived as more human and more natural from both inside and outside the field of view and that a face-first looking behavior in a one-step gaze movement was preferable to hand-first looking behavior from inside the field of view. Regarding the location of the approach, a relatively complex gaze movement, including a face-looking behavior, is fundamental for improving the perceptions of agents in before-touch situations.

Finally, in the fourth study, human to agent touch interaction was analyzed using whole-body touch sensor suit, evaluating different machine learning algorithms and comparing the results with human classification based on video footage. The data collection experiment included eight different touch behaviors and seven different machine learning algorithms implemented: The results obtained showed that a Fully-Connected Neural Network has the best performance and its results were considerably better than human classification.

This thesis presents a series of studies evaluating the effects of before-touch and touch behaviors in human agent interaction, showing that pre-touch reaction behavior can be used for improving human agent interaction and that is possible to identify relatively complex touch interaction using a whole-body sensor suit.

様式７

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（CUELLO MEJIA DARIO ALFONSO）		
論文審査担当者	（職）	氏　名
	主 査　教 授	石黒　浩
	副 査　教 授	佐藤 宏介
	副 査　教 授	飯國 洋二

論文審査の結果の要旨

非言語コミュニケーションにおける社会的シグナルは、人同士の適切な相互作用の実現に必要不可欠である。特に、人同士が触れあう前の予備動作である対接触前動作や、触れ合いそのものの理解が、人同士の自然なタッチインタラクションにおいて重要となる。しかしながら、タッチインタラクションに関する社会的シグナルは、ロボットやCGキャラクターなどのエージェントとのインタラクションにおいて研究が進んでいない現状がある。

本論文では、人のような外見を持つエージェントによる、タッチインタラクションに関する社会的シグナルである対接触前動作に加えて、タッチインタラクションの識別に関連する 4 つの研究を実施し、対接触前動作の実装が人型エージェントとのより自然なインタラクションの実現に貢献できること、およびタッチセンサスーツを活用することで様々なタッチインタラクションの高精度な識別が可能であることを明らかにした。

第1の研究では、仮想空間における人とエージェントのインタラクションにおいて、顔の周りの対接触前距離を調査し、人にとって望ましい距離を計測するとともに、距離の違いによる親しみやすさの変化についても評価を行った。個人によって望ましい対接触前距離は異なっており、自身と似通った対接触前距離で反応するエージェントがより好まれることを明らかにした。

第2の研究では、先行研究で得られた結果を拡張し、人同士のインタラクションに基づいて、実空間で上半身部位（肩、肘、手）に対する対接触前距離を調査した。その結果、手に対する対接触前距離は、肩や肘に対する対接触前距離よりも有意に小さくなるとともに、速度や慣れが対接触前距離に影響することがわかった。一方、性別や接触時の立ち位置は、対接触前距離に有意な影響をもたらさないことも明らかとなった。これらの成果を統合し、男性のような見た目を持つアンドロイドロボットに対接触前距離で反応する動作を実装した。

第3の研究では、仮想空間における適切なエージェントの対接触前動作として、視線動作の設計を行った。視界の範囲内・外による違いを評価するために、仮想空間上で2種類の実験を実施した。実験では、4つの異なる視線行動を実施し、被験者による評価を行った。その結果、視界の範囲内・外にかかわらず、触れようとする手とその相手の顔のそれぞれ視線を向ける、2段階の視線動作がより人間的かつ自然であると評価された。

第4の研究では、タッチセンサスーツを用いて、人とエージェントのタッチインタラクションに関するデータを収集し、機械学習アルゴリズムを用いて高精度な識別を行うシステムの開発である。8つの異なるタッチ動作に対して、7つの異なる機械学習アルゴリズムを実装し、Fully-Connected Neural Networkが最も優れた性能を示した。さらに、ビデオ映像に基づく人間の識別結果よりも高い精度で識別を行えることも明らかとなった。

以上のように、本論文では、人型エージェントを用いた適切な対接触前動作と、タッチセンサスーツを用いた高精度なタッチインタラクション識別技術を実現した。本研究は、人型エージェントと人々のより自然なタッチインタラクションの実現につながる。したがって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値があると認める。