

(続紙 1)

京都大学	博士（ 情報学）	氏名	Lala, Divesh
論文題目	The design and implementation of dynamic interactive agents in virtual basketball （仮想バスケットボールにおける動的インタラクティブエージェントの設計と実装）		
(論文内容の要旨)			
This thesis addresses design, implementation and evaluation of dynamic interactive agents (DIAs) that can embody both interactivity and presence, drawing on the framework of embodied conversational agents (ECAs) and video game agents. Chapter 1 provides an introduction to the thesis. It portrays the concept of DIA, identifies the major technical challenges in building DIAs, and presents a roadmap for the rest of the thesis. The goal of the thesis is specified as threefold: building an experimental environment, realization of DIAs, and the evaluation of the DIA communication. Chapter 2 reviews related work on ECAs and non-player characters (NPCs) in video games where the ECAs feature multi-modal interactions, while NPCs are endowed with rich mobility. Study on DIAs leverages ECA and NPC technologies to explore communicating intentions among humans and agents by multi-modal interaction in a shared virtual space. Chapter 3 addresses the type of virtual and physical environment that adheres to the properties of DIAs. Virtual basketball is introduced as a perfect testbed for investigating critical aspects of DIAs such as navigability and collaboration. The hardware and software architecture of the virtual basketball system is presented together with key technologies including a recognizer of the body motion of the user, an environment for training data collection, and a physical simulator for the basketball game. Chapter 4 introduces the Clark’s joint activity theory (JAT) as a basis for DIAs. It presents a conceptual framework for modeling activities of players in the virtual basketball using theoretical devices of JAT including joint activities, signals, and the action ladder. It proposes that body movement needs to be incorporated into JAT as an integral signal among players, and the activities of players can be modeled at four levels: the perception, identification, recognition, and uptake. Chapter 5 describes a macro-behavior analysis in the virtual basketball domain. Distinction between explicit and implicit signals is introduced and findings obtained from observation of the games conducted by participants and questionnaire analysis are reported. First, a positive correlation was found between the frequency and variation of explicit signals and attempted passes as collaboration. Second, it was found that explicit signals were used to express emotional feedbacks. Third, it was suggested that the focus of attention was expressed by implicit signals. Fourth, patterns of behaviors for explicit and			

implicit signals were found. The principles are shown for designing DIAs based on the above mentioned findings.

Chapter 6 presents micro-behavior analysis of human-human interaction in the virtual basketball. It focuses on the use of multi-modal signals to coordinate behaviors of the passer and the receiver in the activity of passing. The relative body rotation between the ball possessor and the partner was investigated. Patterns were found from the observation data that indicated transitions between individual and collaborative tasks. In addition, it was found that successful passes were preceded by the decreasing relative rotations while unsuccessful passes were more variable. It was also found that at least one of the participants turned away after a pass was complete. A conceptualized JAT model for passing is formulated based on these observations and a communication model for DIA is presented.

Chapter 7 describes user evaluation of the JAT communication model. For comparison, a task-competent agent is introduced which has limited communication but higher task-competence in terms of movement and action speed and shooting accuracy. The result of a user study indicates that the participants preferred the communication-competent agent to the task-competent agent as a team mate in terms of likeability and intention recognition.

Chapter 8 discusses the common ground for DIA. A method is proposed for building a common ground by imitating a team mate in a context-dependent fashion. As a result of simulation study, it was found that the ratio of imitated to observed contexts increased over time and that the imitation allowed the learning agent to properly identify the shooting context. The result of a user study weakly suggested that imitative behaviors appeared to have a positive effect on the perceived intelligence of the agent, while implicit signals seemed to have a weak correlation to the recognition of team mate intent. They are left for further study.

Chapter 9 provides a comprehensive discussions concerning the results obtained in this thesis, regarding the distinctiveness of the concept of DIA, the utility of the computational environment for DIAs, the strength and weakness of JAT in designing DIAs, the perception of DIA's from the user's perspective, and usefulness of DIAs. Following these discussions, a list of potential questions for the future research is provided.

Chapter 10 concludes the thesis.

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(続紙 2)

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、共有仮想空間内でのタスクを遂行するために自然なコミュニケーション手段を用いて人と円滑に協調する能力を持つ動的インタラクティブエージェント (dynamic interaction agent, DIA) の設計, 実装, 評価に関わる一連の研究について述べている. この研究で得られた主な成果は次の通りである.

1. DIAの設計と評価を効果的に推進するために、複数の人が実験に参加し、仮想空間内を自由に動き回り、身体的なコミュニケーション手段によって複数のDIAのなかから所望のDIAと相互作用するためのインタフェースとして機能する没入型インタラクション環境を開発した. この環境は、ユーザを取り囲む大型ディスプレイにKinectセンサと圧力センサを用いて計測したユーザの身体動作に応じた仮想空間内オブジェクトとDIAの挙動をリアルタイムで表示できるものであり、DIA評価実験環境として高い機能性と汎用性を有している.

2. 共同行為論に基づいて、仮想バスケットボールのプレイヤーのコミュニケーション行動のモデル化を行った. 実験参加者による評価により、明示的なシグナルと非明示的なシグナル使用の文脈依存性や、意図の認識能力と使用される社会的シグナルの種類の相関など、共有仮想空間における非言語コミュニケーションに関わる有用な性質を明らかにした. また、パスの成功・失敗時におけるプレイヤーの身体動作データを分析することにより、プレイヤーたちが身体の向きを社会的シグナルとして用いて、モダリティが限定された状況でも、共同行為論で規定された連携動作を行っていることを明らかにした.

3. 実験参加者による評価で得られた知見に基づき、実際にDIAを構築し、タスク遂行能力の高いタスクエージェントとの比較実験を行い、好感度と意図伝達の点でDIAがタスクエージェントより高い評価を得ることを示し、設定された仮想バスケットボールタスクにおいて、コミュニケーション能力の高さがチームメイト役のエージェント実現にとって重要であることを明らかにした. また、実験参加者による評価により、文脈依存行動の模倣によって人間・エージェントコミュニケーションにおける共通基盤構築が進み、人にとってのエージェントの知能の感知と存在感が高まることが示唆されることを示した.

以上の通り、本論文は、仮想バスケットボールにおいて、高いインタラクション能力と存在感をあわせもつ動的インタラクティブエージェントが実現可能であることを実証した点に意義がある. 本研究の成果は、仮想バスケットボールという特定のタスクだけでなく、非言語コミュニケーションによる協調タスク遂行能力が必要とされるエージェントの実現への一般化が高く期待されるものであり、学術上・実際上寄与するところが少なくない. よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める. 平成27年2月19日実施した論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた.

注) 論文審査の結果の要旨の結句には、学位論文の審査についての認定を明記すること。
更に、試問の結果の要旨(例えば「平成 年 月 日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。」)を付け加えること。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日: 年 月 日以降