

社会心理学実験のための仮想空間環境

伊藤 英明^{†,††} 中西 英之^{†,††} 石田 亨^{†,††}
スコット ブレイブ^{†††} クリフォード ナス^{†††}

我々は、計算機の高度な専門的知識を使わずに短時間で仮想空間を用いた社会心理学実験のための環境を実現できる、3次元仮想空間環境を開発した。社会心理学実験を仮想空間において行う利点は次の2つである。1つは、ネットワークを介することで地理的な制約が解け、従来ではできなかった、国際的な協力関係のもとでのコラボレーション実験や異文化間コミュニケーション実験が可能となることである。2つめは、実空間と比較し、社会心理学実験のための実験環境の実現が容易であることである。先行研究により、仮想空間が社会心理学的研究に耐えられるものであることは分かったが、それらの研究では実験環境の実装をハードコーディングで行っていたため、実験環境の準備には計算機分野の専門的知識が必要であった。そこで、こうした専門知識を持たない研究者でも仮想空間を用いた社会心理学実験が可能となる仮想空間環境を設計・実装した。その後、この仮想空間環境をスタンフォード大学と京都大学との共同クラスとして行われた社会心理学実験で使用することでその評価を行った。その結果、社会心理学の実験デザインに沿った実験環境の実装を従来より短時間で、また高度な専門知識なしに行うことができた。

A Virtual Space Environment for Social Psychological Experiments

HIDEAKI ITO,^{†,††} HIDEYUKI NAKANISHI,^{†,††} TORU ISHIDA,^{†,††}
SCOTT B. BRAVE^{†††} and CLIFFORD I. NASS^{†††}

We developed a 3D virtual space environment for social psychological experiments. By using this, researcher can conduct social psychological experiments quickly in the virtual space even if they don't have much knowledge on computer. There are two advantages for us to conduct these experiments in the virtual space. One of the advantages is elimination of geometrical barrier. Virtual spaces can connect experimenters and subjects overseas so that international collaborative cross-cultural experiments become much easier. The other is that it is much easier to construct setup for social psychological experiments in virtual spaces than in real worlds. Recent investigations have demonstrated that virtual environments can be useful in the social psychological studies. However in those researches, the researchers need special knowledge on computer science because they have to implement the virtual environment by themselves. Therefore the purpose of this study is to design and implement the virtual space environment by which nonspecialists on computer science can conduct social psychological experiments easily. We evaluate this virtual space by using in the joint class on social psychology between Stanford Univ. and Kyoto Univ. As a result, our software showed great efficiency and students in the class can prepare the virtual environments more quickly and easily according to their designs of experiments.

1. はじめに

我々は、計算機の新専門家であっても簡単に、短時間で仮想空間を用いた社会心理学実験のための環境を実装できる、3次元仮想空間環境を開発した。

社会心理学実験を仮想空間で行う利点は大きく分けて次の2つである。1つめは、ネットワークを介することで地理的な制約が解け、従来ではできなかった国際的な協力関係のもとでのコラボレーション実験や、異文化間コミュニケーション実験が可能となることである。また2つめは、実空間と比較し実験に必要な環境の実現が容易であるため、低コストで実験環境を準備、運営することができる点である。

こうした仮想空間で実現される社会心理学実験環境は、実空間の代替としての仮想空間と、近年活発に利用されているサイバースペースに特有な社会心理学的

† 京都大学社会情報学専攻

Department of Social Informatics, Kyoto University

†† JST CREST デジタルシティプロジェクト

JST CREST Digital City Project

††† スタンフォード大学コミュニケーション学科

Department of Communication, Stanford University

知見を得るための実験環境という、2つの異なる可能性をあわせ持つものである。前者は、従来の社会心理学研究と同様に、人と人の関わりについてより深い知見を得ることに役立つ。後者は、仮想空間環境が人に与える心理学的影響や、従来の社会心理学的研究ではそれほど扱われなかった人と人以外の社会的存在（社会的エージェント）との関わりについて、社会心理学的な知見を得ることに役立つ。

我々が開発した仮想空間環境はこうした利点を生かすことで、実空間の社会心理学実験と比較して次の3点において優れており、かつ、計算機科学の非専門家にも簡単に使用できるという特徴を持つ。

(1) サイバースペース特有な人間行動の実験環境

近年のネットワークの普及により、ビジネスおよびエンタテインメントの両面でサイバースペースの利用が注目されている。しかし、最近の研究の結果、サイバースペースでの人間行動は実空間における人間行動に完全には一致しないことが分かってきた。

たとえばビジネスの分野では、グループウェアをはじめとするグループ活動支援を目的としたソフトウェアの開発が進み一般に普及しているが、Spearsらの研究¹⁾によれば、サイバースペースは実空間に比べ、合議による意思決定の結果が、元々の各個人が持っていた意見に比べてより極端な方向へシフトする、いわゆる集団極化が生じやすい。よって、グループウェアを使用することで、作業グループ内の中庸意見が弱くなる可能性が考えられる。これはグループウェアを用いた作業の有効性を議論するうえで重要な問題である²⁾。従来この分野の研究では、テキストチャットやビデオ会議システムなど、比較的単純な装置が使用されてきた。しかし今後、サイバースペースの中心が三次元空間を用いたものに移ることが予想され、三次元仮想空間が人の行動にどのような影響を与え、実空間とはどのような違いがあるのかという知見が重要となる。

その一方、サイバースペースにおけるエンタテインメントに関しては、世界各地のデジタルシティ^{3),4)}のように、仮想空間に実世界の観光地や都市を再現し、その中で世界中のユーザがインタラクションを行うシステムが多数研究されている。このように、多様な国の人々がサイバースペース上に再現された都市に集まり、観光や他の参加者らとのインタラクションを楽しむことは魅力的であるが、実際には言語以外にも文化的背景の違いが原因

となる問題が予想される。このような異文化間コミュニケーションにおいて、人同士のインタラクションにエージェントを介在させることで、人同士のインタラクションを円滑化できる可能性がある⁵⁾。

このほか、ネットワークゲームの世界でエージェントが社会的役割を担うことでコミュニティを活性化させた例⁶⁾など、ネットワークエンタテインメントにおいてエージェントは大きな可能性を持つ。こうした可能性をさぐり、目的とするエージェントの設計に必要なエージェントの性質に関する知見を得るためには、仮想空間における社会心理学の実験環境は不可欠である。

(2) 異文化間コミュニケーションの研究支援 インターネットの普及によりチャットやビデオ会議システムが一般化し、個人が手軽に地球規模のコミュニケーションを行えるようになった。しかし、こうした技術は遠隔地の人々とのコミュニケーションにおいて物理的な制約を取り除くことはできるが、各人が持つ文化的背景の差を埋めることはできない。文化的な違いを無視したコミュニケーションは誤解を生じやすく、よって異文化間コミュニケーションに関する社会心理学的な知見が重要となる。

実空間でこうした研究を行うことは地理的な制約により難しいが、仮想空間であれば、複数の国に住む被験者が同時にインターネットを介して実験に参加することができ、異文化間コミュニケーション実験を簡単に実施することができる。

(3) 実験環境の実装や実験運営の支援 社会心理学実験では実験で操作する特定の要因以外の差をすべて統制し、その要因が結果の差を生み出すことを明らかにすることを目的とする。だが、実空間で、完全に統制された空間を準備し、正確な要因操作を行う実験者を訓練することは、実験運営側の大きな負担となる。

本システムは、仮想空間における被験者の映像、対話、移動を統制する機能を持つ。またソフトウェアエージェントにより、実験の手順や進行を管理したり、要因の操作を行ったりすることができる。仮想空間をもちいた実験の運営は、実験者の負担を減らし、各実験ごとの要因操作を正確に同一条件の下で行える利点がある。

さらに仮想空間により、実空間では倫理的問題や手続き、コスト的問題などの理由で実施することが難しい実験を行うことができるという利点もあ

る。こうした実験の代表的なものに、社会的に問題となる群集行動の実験がある。社会的に問題となる群集行動には、災害からの避難時における逃走パニックから、横断歩道での信号無視まで、規模の違いはあるがいずれも人身に関わる重大な問題であり、社会心理学的知見によりその発生を未然に防ぐことが重要である。しかし、こうした群集行動を引き起こす実験を実空間で行うことは倫理的に問題があり、また多数の被験者で大きかりな実験を必要とする場合には、被験者の確保やコスト上の問題も発生するため、ほとんど研究が行われていない。だが、仮想空間を実験環境に用いれば、実験者は実験に最適な構造を持つ空間を簡単に構築でき、さらにエージェントで何百人という群集を表現することもできる。したがって、被験者のアバタが群集とどういったインタラクションをとるかを調べることで、群集行動に関する知見を得ることができる。

本稿では、社会心理学実験環境としての仮想空間環境を設計・実装し、実際に社会心理学実験に使用されたいくつかの例を通じてその評価を行う。

2. 仮想空間環境の設計

2.1 先行研究

仮想空間を社会心理学実験に適用した先行研究には、ヘルパーエージェントの実験がある⁵⁾。この実験は、国籍の異なる2人の人間のインタラクションにエージェントが介在する環境で、エージェントが安全な話題を提供する場合と危険な話題を提供する場合に分け、エージェントが人同士のインタラクションに与える影響を詳細に分析したものである。この実験の結果、仮想空間が社会心理学的研究に耐えられることが明らかになった。また、実験の実装を通じて、提案環境のように簡単に使用できる社会心理学実験のための仮想空間環境の必要性を我々が感じるきっかけとなった研究であり、本稿と深い関係のある研究である。

実験中、被験者は音声およびビデオ通信によりもう1人の被験者とコミュニケーションをとるよう指示される。その際、被験者間の会話に沈黙ができると、エージェントが被験者に近寄り、吹き出しにより適当な話題を提供し、被験者の間のインタラクションを活性化させることを試みる。図1は、エージェントが被験者へ話題を提供している様子を示したものである。参加者Aが犬の姿をしたエージェントに質問され(1)、Aが返答し(2)、その返答にエージェントがコメントし(3)、参加者Bが質問される(4)。

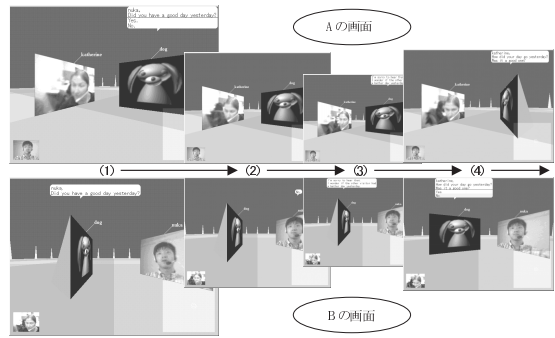


図1 ヘルパーエージェントの実験の様子
Fig.1 Screen shot of Helper Agent experiment.

こうした、人とインタラクションを行うエージェントの実装は、既存の三次元コミュニケーションツールを直接変更することで行われた。この修正には、熟練したプログラマ1人で1カ月の期間が必要であった。また、この修正により新たに1,600行以上のC++によるソースコードが追加された。こうした作業は計算機科学の非専門家には困難であり、たとえ熟練したプログラマにとっても大きな労力となり再生産性も低い。

仮想空間を社会心理学実験に適用することが、先に述べたような利点があるにもかかわらず、従来はほとんど行われていない大きな理由として、こうした利用の難しさがあると考えられる。特に、社会心理学的研究に興味を持つ研究者の多くは計算機科学の非専門家であるため、現状では実際に仮想空間をもちいた実験環境を実装することは難しい。そこで我々は、高度な専門知識なしに効率良く社会心理学実験のための仮想空間が実現できる仮想空間環境を目的とし、その設計・開発を行った。

2.2 設計の要件

我々が社会心理学実験のための仮想空間環境を設計した際に用いた方針は、次の2点である。1つは、計算機科学の非専門家にも利用可能な実験環境とすることである。そしてもう1つは、過去、社会心理学の分野で一般的に行われてきた実験の内容を、仮想空間で実現するための機能を提供することである。

この方針に従って、社会心理学実験を行うために仮想空間に要求される条件については、次の3つが考えられる。

- (1) リアルなコミュニケーション空間の実現 実空間の代替として仮想空間を社会心理学実験に用いるには、仮想空間内において複数のアバタやエージェント間でリアルなコミュニケーションが実現できなければならない。
- (2) 被験者の行動の統制 社会心理学実験において

は、実験操作と結果との関連を明確にするため、実験中は被験者の行動を厳密に統制する必要がある。

- (3) 実験環境の使用が容易であること 社会心理学実験の専門家は、多くの場合計算科学の非専門家である。そのため、実験環境は計算機に関する高度な専門的知識がなくても使用できるものでなければならない。また、生産性を高めるためにも、他の研究者による実験環境の実装内容を別な研究者が容易に理解できるものであることが望まれる。

以上の3つの要件を満たすため、本システムでは

- (1) 視覚的・聴覚的にリアルなコミュニケーション空間 (2) スクリプト言語で操作できるエージェント機能、の2つを実装した。

次に、これらの機能の設計に関して述べる。

2.3 視覚的・聴覚的にリアルなコミュニケーション空間

仮想空間では、複数のユーザが音声および映像通信により同時にコミュニケーションを行う機能を持つ。また、群集行動の実験などを行う際はエキストラとして多数のエージェントを表示することで仮想空間内に群集を再現する機能を持つ。さらに、こうしたエージェントは、他のエージェントやアバタと音声や映像、文字による通信を行う機能を持ち、被験者とエージェントとのインタラクションが可能である。

また仮想空間内の構造は、VRMLにより記述された空間ファイルを読み込むことで表示する。空間を共有するすべてのアバタとエージェントは、同一の空間データファイルを使用しなければならない。この空間データファイルは、実験環境が起動時に読み込む設定ファイルにパスを記述して指定する。

さらに、仮想空間内のすべての音は、音源と聞き手との距離に応じてその大きさが減衰される。すなわち、近くのアバタと遠くのアバタでは近くのアバタの声の方が大きく聞こえ、離れた所にいる相手に話しかけるときには、大声を出さなければならない。こうした処理は、音声コミュニケーションのリアリティを向上させるとともに、仮想空間をより日常的な空間へと近づける効果を持つことが確認されている⁷⁾。

図2は、京都市中心部四条通りの構造を再現した仮想空間において、数体のエージェントやアバタがコミュニケーションを行っている例である。この例で使用している空間データでは、実際の都市と同様の構造を持つVRMLモデルを作成し、さらに高解像度のデジタルカメラで撮影した四条通りの写真をテクスチャ



図2 京都市四条通りの仮想空間の様子

Fig. 2 A virtual space of Shijo Street, Kyoto City.

としてモデルに貼り付けている。これにより、店に近づけばショーウィンドウ内の商品や看板の文字すら読みとれるほど、視覚的にリアルな仮想空間が実現している。さらにこうした空間内で、アバタどうしが音声で会話をし、エージェントは後述するスクリプトで記述されたシナリオに従い、アバタに話しかけたり、移動したりする。また前述のように空間内の音は音源との距離が反映されているために、同時に多数のアバタが空間を共有しても、近くの会話相手の声しか聞こえないため問題はなく、逆に会話の際は相手に近づいて会話を行うという自然な行動が再現できる。

2.4 スクリプト言語で操作できるエージェント機能

本システムでスクリプトにより操作できるエージェントを実装する目的は(1)実験を支援するため(2)サイバースペースでエージェントが人間に与える社会的心理学的な影響を調べるため(3)仮想空間内のユーザの行動を制御・統制するため、の3つである。

このうち(1)のエージェントを使った実験の支援では、実験進行を管理させたり、実験の要因を操作させたりすることを目的とする。その利点は前述した、実験者の負担を減らし、各実験ごとの要因操作を正確に揃えることである。

(2)に関しては、Computer-Human-Interactionやエージェントの研究領域ではサイバースペースにおけるエージェントの振舞いが人間の感情や行動に影響を及ぼすという研究が数多くある^{5),6)}。このことは、サイバースペースにおいて、人間はエージェントに対しても自分と相互依存関係にある社会的環境であるという認識を持つことを意味する。これは、エージェントがサイバースペースの魅力や臨場感を高める可能性を持つことを示唆するとともに、危険な知見でもある。なぜなら、エージェントの振舞いはその開発者により

自由に決められるものであり、将来、エージェントによりサイバースペースに参加するユーザの行動や意見が操作される可能性があるからである。よって、サイバースペースにおける社会的環境としてのエージェントが人に与える影響についての知見を知ることは重要である。

さらに(3)のように仮想空間内のユーザの行動を制御・統制する目的にもエージェントが使用される。通常、ユーザは仮想空間との接点としてアバタを使用することで、空間内を移動し、他者とインタラクションを行う。しかし、社会心理学実験を行う実験者にとっては、被験者が自由に仮想空間で行動できることは好ましくない。そのため、本環境では被験者と仮想空間の接点として、アバタの代わりにエージェントを用いても他のユーザと映像・音声によるコミュニケーションができるようエージェントの機能を設計し、スクリプトによりこのエージェントを操作することで、被験者の仮想空間内での行動を実験者の意思により操作できるようにした。

こうした目的でエージェントを使用するためには、エージェントは1人芝居をするのではなく、アバタや他のエージェントの行動を観察し、その結果に応じて適切な行動をとらなければならない。よって我々はエージェントの持つ機能として、他のアバタやエージェントの行動を観察する動作(「見る」「聞く」「位置や向きを調べる」と、エージェント自身が行動する動作(「移動する」「音声で話す」「チャットウィンドウを表示する」「表示中の画像を変更する」「ユーザのキー入力を得る」)の2つを設計した。

こうしたエージェントの機能を使用するには、まずスクリプトによりエージェントを定義・生成しなければならない。たとえば、Hanako というエージェントを生成するには、

```
(defagent Hanako
  scenario-Hanako)
```

```
(defscenario scenario-Hanako (
```

```
<エージェント Hanako に要求する行動>)
```

のように、エージェントの名前(Hanako)や、そのエージェントに対する要求をまとめたシナリオの名前(scenario-Hanako)を定義し、さらに scenario-Hanako の内容を記述したスクリプトファイルを作成する。そのファイルを実験環境に読み込むことで、仮想空間にエージェント Hanako が生成される。ここで、scenario-Hanako の内容は、前述の“観察”と“行動”という2つの動作の組合せで記述する。

たとえば「自分から5mの範囲内に、Taro という

アバタがいれば、Taro に近づき、お辞儀をする動画(ojigi.avi)を表示した後で、“こんにちは”という音声ファイル(konnichiwa.wav)を再生する」というシナリオは、以下のように記述される。

```
((?position :name_s Taro
  :relative_range '(0 5))
  (!approach :to_s Taro)
  (!change :shape "ojigi.avi")
  (!speak :to_s Taro :file "konnichiwa.wav"))
```

また「自分の前方に誰かが来るか、または他のエージェントから話しかけられるか、あるいは他のエージェントが歩き出したら、する」といった、複数の観測条件を並列に待ち受けることもできる。

さらに、エージェントによる仮想空間内のユーザ行動の統制にも、このスクリプトを使用する。たとえば、「もし Taro という司会者エージェントが話をしたときには、被験者のキー操作に関係なく、Taro へ近づいていく」という動作は、次のようにたった2行のスクリプトを被験者が操作するエージェントに与えればよい。

```
((?observe :name_s Taro :action "speak" )
  (!approach :to_s Taro))
```

実験者はこの例のように、エージェントの名前および状態(話中か?位置はどこか?どんなキー入力があったか?実験開始から何秒たったか?)を条件として、エージェントを通じて被験者の行動を強制的に制御できる。また、被験者が操作するエージェントは、アバタと同じく計算機に接続された CCD カメラによる映像通信が可能であるが、この機能は、(!change "video") という命令で有効となる。一方、映像通信を中止して静止画像(Taro.bmp)を表示するには、(!change "Taro.bmp") という命令を用いる。

こうしたシナリオの記述は、仮想空間環境のソースコードを直接変更する作業に比べて非常に容易であり、記述のパターンがほぼ決まっているため、計算機科学の非専門家が利用することも困難ではない。また、後述するスタンフォード大学との共同クラスでは使われなかったが、Microsoft Excel の表を用いてシナリオを記述するためのツールがすでに開発されており、このツールを使用すればエディタでスクリプトを記述するより簡単に実験のシナリオを準備することができる。

なお、本環境で我々が使用するスクリプトは、エージェントのインタラクション記述を目的として研究されている Q 言語⁸⁾の仕様に準拠しているため、スクリプトの詳細な仕様は Q の文献を参照していただきたい。

3. 仮想空間環境の実装

3.1 概要

仮想空間環境は、仮想空間に存在するユーザ情報を管理するサーバモジュールと、三次元空間やエージェントが実装されたクライアントモジュール、および Q 言語処理系とのインタフェースとなる Q インタフェースからなる。

各モジュール間のデータのやりとりを示したのが、図3である。サーバモジュールとクライアントモジュールはインターネットを介し、仮想空間へのアバタの登録および退場に関する情報や、エージェントからの吹き出しチャットのテキスト、その他エージェントの状態変化に関する通信を行う。また、クライアントモジュールどうしの通信により、すべてのクライアント間でアバタおよびエージェントの発話音声や映像、位置や向きといった情報が共有される。一方、クライアントモジュールへリンクされる Q インタフェースは、クライアントモジュールとは別プロセスとして起動される Q 処理系と共有メモリを介した通信を行い、仮想空間内のエージェントの制御を行う。

これら2つのプロセスを分けた主な理由は、 Q 言語が scheme を使用するために生じる garbage collection (GC) 処理の負荷により仮想空間の描画処理が遅れ、社会心理学実験の結果に悪い影響を与えることを防ぐためである。

前節で述べた設計要件のうち、リアルなコミュニケーション空間はクライアントモジュールにより実装され、エージェントをスクリプトで操作する機能は Q インタフェースを介して Q 処理系を使用することで実装した。

3.2 クライアントモジュール

クライアントモジュールは、マルチユーザ環境において音声および映像で通信ができる既存の3次元コミュニケーションツール⁷⁾をもとに以下の変更を加えることで実装した。

まず、VRMLモデルの表示機能を実装するため、QvLibでVRMLファイルをパースし、その結果をOpenGLライブラリを用いて3次元仮想空間として描画した。この際、QvLibはVRML1.0までにしか対応していないため、VRML2.0で追加された新機能のうち、社会心理学実験への利用価値が高そうなアニメーションに関するものを中心に、そのいくつかに対応するよう独自にQvLibを拡張した。

エージェントに関しては、“観測”と“行動”からなるその機能を Q インタフェースから呼び出される関

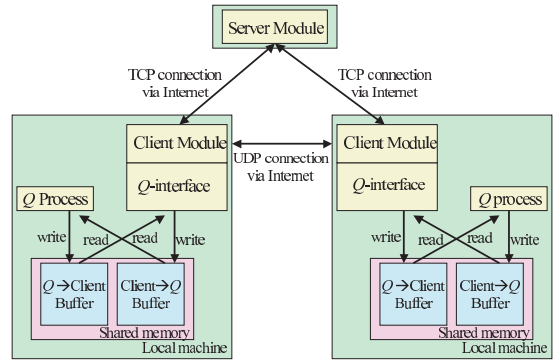


図3 仮想空間環境のモジュール構成

Fig. 3 Module architecture of virtual space environment.

数として実装し、またユーザの行動を制御する目的でアバタの代わりにエージェントが使用できるよう、計算機に接続された動画カメラからの映像やマイク入力の処理を実装した。さらに、アバタやエージェントが行う音声通信に仮想空間内の距離を反映させるため、他のアバタやエージェントへ音声データを送信する際には自分と相手の座標から距離を計算し、その距離に応じて音量を減衰させる処理を実装した。

3.3 Q インタフェース

Q インタフェースは、エージェントをスクリプトで操作するために、クライアントモジュールと Q プロセス間のメッセージ交換のためのインタフェースとなる関数群を提供する。まず Q プロセスは、実行環境にエージェントのスクリプトが読み込まれた際にクライアントモジュールによって作られる。その際、図3に示すような共有メモリ上の2つのバッファも作成され、以後 Q 処理系とクライアントモジュールはこのバッファを通じてデータの交換を行う。

実験中、 Q 処理系はスクリプトを解析し、エージェントに対する命令をバッファに書き込む一方、命令の実行結果をクライアントモジュールから受け取り、その結果に従って、次のエージェントの行動を決定する。またクライアントモジュールは、 Q 処理系からの命令をポーリングし、新しい命令を受け取った際はエージェントの機能を使い命令を実行した後、その結果を Q 処理系へ送る。本実装では、こうした手順でエージェントのスクリプトを処理する。

4. 社会心理学実験への適用

4.1 概要

本節では開発システムが社会心理学実験に使用された例として、スタンフォード大学—京都大学の共同クラスで行われた2つの社会心理学実験について触れ、

その後それぞれの実験において仮想空間環境のどの設計や機能が役立ち、どういった問題があったかを考察する。

4.2 実験の内容

2001年11月から約3カ月にわたり行われた、京都大学社会情報学専攻とスタンフォード大学コミュニケーション学科との異文化間コミュニケーションに関する社会心理学の共同クラスにおいては、両大学の学生による社会心理学実験デザインのためのミーティング、および実際の実験ツールとして本実験環境が使用された。

この実験に際し両大学の学生は、エージェントグループと空間グループの2つに分けられた。エージェントグループは、エージェントがサイバースペースにおいて人に与える影響に関する知見を得ることを目的とし、空間グループは、仮想空間と実空間が持つ性質の差を調べることで、実空間の代替として仮想空間を使用することの可能性を探ることを目的とした。その後各グループで、実験の要因や仮説、手順などを、ビデオ会議と電子メールによるディスカッションにより決定した。

エージェントグループの実験では、Tajfelらの社会的カテゴリー化と類似性の研究⁹⁾に注目し、仮想空間においてエージェントの国籍と被験者の国籍との一致/不一致という要因の違いが、エージェントと人の間で内集団/外集団効果を引き起すかを調べた。

実験では司会者エージェントが吹き出しにより被験者2人に課題を与え議論するよう求める。その後議論の途中で定期的にエージェントが登場し(図4)、「早く考えろ」、「それは最低な答えだ」などと失礼な発言をして退場する。このエージェントには、アメリカ人の顔画像を表示したアメリカ人エージェント(図5)と、日本人の顔画像を表示した日本人エージェント(図6)の2種類があり、被験者には実験開始前にどちらの国籍のエージェントが登場するかを知らせる。

実験後、被験者には質問紙によりエージェントの印象を評価してもらい、そのデータを1元配置分散分析(ANOVA)により分析した結果、エージェントへの好意の尺度に関し強い交互作用が見られた($F(1,38)=8.59, P=0.001$, 被験者数42)。その後下位検定を行ったところ、アメリカ人学生のエージェントへの好意はエージェントの国籍にはほとんど影響されないのに対し、日本人学生のエージェントへの好意には、エージェントの国籍において強い有意差が認められた($t=-3.77, P=0.001$, エージェント国籍が日本の被験者数12, 平均値15.4, エージェント国籍がア



図4 エージェントグループの実験の様子
Fig. 4 Screen shot of agent-group experiment.



図5 アメリカ人エージェント
Fig. 5 U.S agent.



図6 日本人エージェント
Fig. 6 Japanese agent.

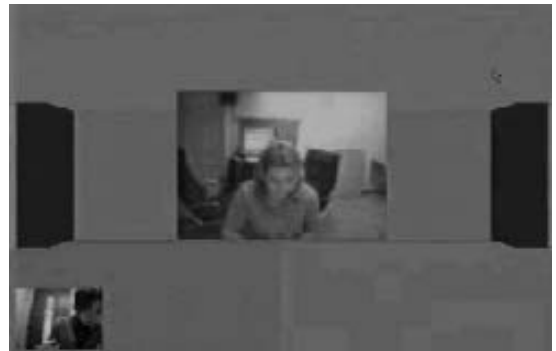


図7 空間グループの実験の様子
Fig. 7 Screen shot of space-group experiment.

メリカの被験者数12, 平均値22.1)。

一方、空間グループでは、Hallによる個人空間のプライバシーに関する文化差¹⁰⁾に注目し、仮想空間においても、こうした近接学(proxemics)上の日米の文化差が存在するかを調べる目的で実験を設計した。

実験開始時、2人の被験者が仮想空間内に作成された部屋(図7)の中で向き合う。一方の被験者に対し、与えられた課題について考えるよう姿を消したエージェントが音声で指示する。この際、条件1の実験では被験者が向き合ったまま実験が進むが、条件2の実験では課題を考えるよう指示された被験者は、自動的に部屋の外へ移動し、1分30秒後に再び自動的に部

屋の中へと戻り相手の被験者と向き合う。これをもう一方の被験者と交互に繰り返す。

実験後、パートナーの印象に関する質問紙を実施し、そのデータをエージェントグループと同様にANOVAにより分析した。その結果、5%有意ではパートナーの印象に関する交互作用は見られなかった。しかし、油断ならない—率直なという質問項目において、10%有意で交互作用が見られた ($F(1,38)=3.81, P=.058$, 被験者総数 42)。その後、下位検定を行ったところパートナーが思考時に部屋の外へ出る条件2でのみ、被験者の国籍によりパートナーの印象に有意な差が見られ、日本人は部屋の外へ出て思考する相手を油断ならないと感じるのに対し、アメリカ人は部屋の外へ出て思考する相手を率直であると感じた ($t=-2.9, P=0.09$, 日本の被験者数 11, 平均値 6.8, U.S の被験者数 10, 平均値 9.1)。

4.3 考察

4.3.1 エージェントグループ実験

実験の仮説は「人は自分と同じ国籍のエージェントを内集団と見なして仲間意識を持つ」というものであった。そして実験の結果、人は仮説どおり同じ国籍のエージェントを内集団と見なすという知見に加え、この内集団効果には、日米の学生間に有意な差があり、日本と比べ多民族国家であるアメリカの学生では内集団効果は弱まるという、両国の文化差に及ぶ深い観察が可能となった。実験によって得られた明確な有意差は、「エージェントの外見による国籍の違いの表現」という実験の要因操作が仮想空間内で十分な影響力を持てたことを示す。

提案環境の機能のうち実験に用いたものは、アバタ間の映像・音声通信と、スクリプトによるエージェントの制御機能である。実験中、エージェントは要因操作の手段であると同時に、実験を進行する司会者の役割を果たした。スクリプトで使用したエージェントの機能は、時間の管理、画像の表示機能、移動や回転動作、吹き出しによる文字通信の4つである。

このうちエージェントが時間を管理し、動き回って実験を進行する機能により、実験中、実験者は実験環境を起動するだけでよく、実験者1人で1回90分の実験を日に4回行うスケジュールを無理なく進めることができた。また、画像を表示してエージェントの国籍を表現したことと、吹き出しによるエージェントの不愉快な発言は、被験者のエージェントに対する印象を有意に操作できた。

さらに、スクリプトによりエージェントを記述する機能がどれほど実験環境の実装を容易にしたかを評価

するため、この実験と同様に仮想空間内でアバタ2体とエージェント1体を用いて社会心理学実験を行ったヘルパーエージェントの実験⁵⁾と、実装にかかったコストを比較した。その結果、ヘルパーエージェントの実験では前述のように熟練のプログラマーが1カ月を要し、1,600行以上のC++プログラミングを行う必要があったのに対し、本実験ではスクリプトに用いたQ言語の知識を持たない一般的な学生で2週間を要し、230行のスクリプトを記述することで実装できた。以上から、本実験環境は、従来より簡単に短期間で社会心理学実験のための環境を実装するという目的を達成することができたといえる。

4.3.2 空間グループ実験

実験の仮説は、「空間的なプライバシーを重視するアメリカ人は、部屋の外で思考する相手にポジティブな印象を持つのに対し、日本人は、部屋の外で思考する相手を不審に感じ、ネガティブな印象を持つ」というものであった。そして結果は、10%有意で仮説を支持する交互作用が認められたものの、エージェントグループのような明確な有意差は認められなかった。

こうした結果の原因には、強い有意差を得るには要因操作のインパクトが足りなかったためか、あるいは近接学上の知見に関して仮想空間は実空間と異なる性質を持ち、その性質の違いが結果に表れたためという2つの可能性が考えられる。しかし、弱いながら実空間で得られている知見と同様の傾向を示す結果が得られたことから、今回の実装では空間に関する要因操作が不十分であったのではないと思われる。

実験では提案環境の機能のうち、それぞれの被験者が操作する2体のエージェント間での映像・音声通信や、そのエージェントのスクリプトによる制御を行い、さらに仮想空間に小さな部屋のモデルを表示した。またスクリプトで使用したエージェントの機能は、時間の管理、合図のチャイム音や被験者への指示音声の再生、移動や回転、およびエージェントの位置確認の4つである。

このうち、時間の管理およびチャイムや音声の再生機能を用いることで、エージェントに実験の進行をすべて任せることができ、エージェントグループ実験と同様の実験スケジュールをスムーズに進めることができた。

一方、被験者と仮想空間の接点としてエージェントを使用してスクリプトで操作する機能により、条件2では定期的に被験者を部屋の外へと移動させて要因操作を行った。しかし前述のように、実験ではこの要因操作の影響が不十分であった可能性がある。その理由

としては、図7からも分かるように、実験で用いた部屋のモデルは非常にシンプルであり、それゆえに相手被験者との距離感がつかみにくく、被験者が自分のプライベートスペースを意識しにくかったものと考えられる。

実験の実装にかかったコストはエージェントグループ実験とほぼ同じく、一般的な学生で2週間ほどを要し、210行ほどのスクリプトの記述を必要とした。また、空間内の部屋のモデル作成は、1日で終了した。この結果より、空間グループの実験においても、エージェントグループと同程度の容易さで実験環境の実装が完了したといえる。

5. おわりに

提案環境により、従来の仮想空間を用いた社会心理学実験と比較して、計算機の高度な専門知識を持たない実験者にも短期間で社会心理学実験のための仮想空間環境の実装ができた。さらに、スクリプトの記述によりエージェントに実験の進行を管理させることで、実験の円滑な運営を行うことができた。

一方、異文化間コミュニケーション実験という仮想空間でのみ実現できる性質の実験に関しても、被験者の国籍の差が実験結果に有意に影響を与えたことから、提案環境の有効性を示すことができた。

空間の近接学に関する実験で明確な有意差が得られなかったのは、仮想空間のモデルにリアリティが不足していたことが一因だと思われる。しかし、現在の技術で可能な仮想空間では実空間に比べて身体性に乏しくならざるをえず、こうした仮想空間の性質は、特に他者との位置関係の差を直接的な要因とする実験には不向きな面がある。しかし、エージェントの社会性に関する実験では、被験者は写真1枚からエージェントの国籍を確信し、自分の国籍と一致する場合には内集団効果を示している。よって、見た目の差を要因とする実験は要因操作によるインパクトを与えやすく、仮想空間に適した実験であることが予想される。

謝辞 共同クラス実施にあたっては、参加した日米両学生の多大なご協力をいただいた。

また、本システムは、科学技術振興事業団(JST)戦略的基礎研究推進事業:デジタルシティのユニバーサルデザインプロジェクトの一環として開発された。

参考文献

1) Spears, M., Russell, L. and Lee, S.: Deindividuation and group polarization in computer-mediated communication, *British Jour-*

nal of Social Psychology, No.29, pp.121-134 (1990).

- 2) Wallace, P.: *The Psychology of the Internet*, NTT 出版 (2001).
- 3) Diberder, F.L.: bit 特集 デジタルシティ— ル・ドゥーリエム・モンド, Vol.33, pp.21-24, 共立出版 (2001).
- 4) Ishida, T.: Digital City Kyoto: Social Information Infrastructure for Everyday Life, *Comm. ACM*, Vol.45, No.7, pp.76-81, ACM Press (2002).
- 5) Isbister, K., Nakanishi, H., Ishida, T. and Nass, C.: Helper Agent: Designing an Assistant for Human-Human Interaction in a Virtual Meeting Space, *CHI-00*, pp.57-64, ACM Press (2000).
- 6) Foner, L.: Entertaining Agents: A Sociological Case Study, *International Conference on Autonomous Agents (AGENTS-97)*, pp.122-129 (1997).
- 7) Nakanishi, H., Yoshida, C., Nishimura, T. and Ishida, T.: FreeWalk: A 3D Virtual Space for Casual Meetings, *IEEE Multimedia*, Vol.6, No.2, pp.20-28 (1999).
- 8) Ishida, T.: Q: A Scenario Description Language for Interactive Agents, *IEEE Computer*, Vol.35, No.11, pp.42-47 (2002).
- 9) Billig, M. and Tajfel, H.: Social Categorization and Similarity in Intergroup Behavior, *European Journal of Social Psychology*, No.3, pp.27-52 (1973).
- 10) Hall, E.T.: *The Hidden Dimension*, Doubleday (1966).

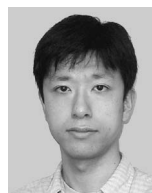
(平成 14 年 7 月 9 日受付)

(平成 14 年 12 月 3 日採録)



伊藤 英明 (学生会員)

1999 年京都大学工学部資源工学科卒業。現在、同大学大学院情報学研究科社会情報学専攻博士課程在学。デジタルシティ、仮想空間および複合現実感に興味を持つ。



中西 英之 (正会員)

1996 年京都大学工学部情報工学科卒業。2001 年同大学大学院情報学研究科社会情報学専攻博士課程修了。同年同専攻助手となり現在に至る。博士(情報学)。仮想環境、社会的エージェント、デジタルシティ等に興味を持つ。



石田 亨(正会員)

1976年京都大学工学部情報工学科卒業。1978年同大学大学院修士課程修了。同年日本電信電話公社電気通信研究所入所。現在、京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻

教授。工学博士。人工知能、社会情報学に興味を持つ。



クリフォード ナス

1986年プリンストン大学博士。現在スタンフォード大学コミュニケーション学科教授。インタラクティブ技術に対する社会的・感情的な反応、人とロボットのインタラクション等

に興味を持つ。



スコット ブレイブ

1998年MIT Media Laboratory修士課程修了。現在スタンフォード大学コミュニケーション学科博士課程在学。仮想空間における非言語コミュニケーションや具現化エージェントの感情表現に興味を持つ。

の感情表現に興味を持つ。

