

複合現実空間に存在する擬人化エージェントの実現

穴吹 まほろ[†] 若月 裕子[†]
山本 裕之[†] 田村 秀行[†]

本論文では、複合現実 (Mixed Reality; MR) 空間に実現した擬人化エージェントに関して述べる。MR 空間とは、現実と仮想の世界が融合された空間のことである。体験者はシースルー型 HMD を装着することによって、現実と仮想の物体両方に対して主観的かつリアルタイムに対話操作が行える。このインタラクションに対し、擬人化エージェントを導入することを試みた。その第 1 段階として、リビングルームでのインテリア・シミュレーションを題材に、音声対話機能を持つロボット型エージェントに仮想家具の操作代行を行わせた。本論文では、実現した擬人化エージェントの設計および実装に関して記述する。また、MR 空間中を自由に動き回れるエージェントの振舞いや存在感は、従来のエージェントとはおおいに様相を異にすると考えられる。そうしたエージェントがユーザに与えるヒューマン・ファクタに関する考察についても記述する。

Design and Implementation of an Embodied Conversational Agent in Mixed Reality Space

MAHORO ANABUKI,[†] YUKO WAKATSUKI,[†] HIROYUKI YAMAMOTO[†],
and HIDEYUKI TAMURA[†]

This paper describes a new type of anthropomorphic agent who lives in mixed reality (MR) space, where the real and virtual worlds are merged seamlessly. In this MR space, people wearing a see-through head mounted display can subjectively interact with both physical and virtual objects in real time. In order to assist the interactions, an embodied conversational agent is introduced in MR space. As a case study of interior simulation in a living room, a robot type conversational agent is implemented to operate virtual furniture for the users. This paper describes the design and implementation of the agent. As well, the behavior and appearance of agent in MR space are different from previous agents. Human factors given to the users by this type agent are studied in this paper.

1. はじめに

複合現実感 (Mixed Reality; MR) は、現実世界と仮想世界を融合し体験する技術である¹⁾。従来の人工現実感 (Virtual Reality; VR) は主としてコンピュータ内に人為的に生成した仮想環境を扱ってきたが、我々人間が生活し行動する現実世界に立脚した MR 空間体験は、VR 技術の限界を打破するものとして大きな期待が寄せられている。現在、現実・仮想両空間の幾何学的・光学的な合成手法が活発に研究されている^{2),3)}。

VR は視覚・聴覚・触覚に訴える空間型メディアであり、ユーザが身体性を保ってリアルタイム対話できる新しいヒューマン・インタフェース技術として注目

を集めてきた。この特質をすべて継承し、目の前の現実世界とのインタラクションをも可能にした MR 技術は、ヒューマン・インタフェース研究にとってさらに興味深い題材を提供する。

一方、ヒューマン・インタフェース分野では、視覚化された擬人化エージェントが活発に研究されている⁴⁾。自律的に行動し、互いに交信できる多数のエージェントのうち、ユーザと接するインタフェース・エージェントに擬人化したキャラクタの姿を持たせようという試みである。

この 2 つの技術を組み合わせる、すなわち MR 空間内に身体的表示を持つインタフェース・エージェント (以下、MR エージェントと呼ぶ) を存在させることは、おおいに有用であり、研究的にも新たな知見が得られるものと期待される。MR 空間中を自由に動き回れるエージェントの振舞いや存在感は、コンピュータ・モニタ上のウィンドウの中のみ登場する擬人化

[†] 株式会社エム・アール・システム研究所
Mixed Reality Systems Laboratory Inc.
現在、キヤノン株式会社
Presently with Canon Inc.

エージェントとはおおいに様相を異にすると考えられるからである。

こうした観点から、我々は音声対話機能を持つ MR エージェントの具現化をめざした。その第 1 段階として、インテリア・シミュレーションを支援するロボット型エージェント Welbo を開発した。本論文では、MR エージェントの持つべき機能の検討から始め、Welbo の設計と実装、実際の運用から得たヒューマン・ファクタ面での知見について述べる。

2. 複合現実空間における擬人化エージェント

2.1 MR エージェント

現実の物理空間に仮想空間の情報を融合する MR システムでは、通常シーズルー型 HMD (Head Mounted Display) を用いて仮想データを重畳表示する。たとえば医療分野では、患者の体表面に体内の映像を重ね合わせて見ることにより、診断や手術計画に役立てる。また、建築物の景観シミュレーションでは、ビデオやコンピュータ画面で完成予想図を見るのではなく、直接現場で HMD をかけて合成シーンを体験できる。いずれの場合も、ユーザの主観的視点で MR 空間を長時間体験できるシステムが前提となっている。

こうした MR 空間に登場させるエージェントに期待する役割としては、

- (1) 利用体験の少ないユーザに対応し、利用法や背景知識を教示する、
 - (2) 仮想物の選択や操作を代行する、
 - (3) ユーザの移動に随行し、体験地点に応じた案内をする、
- 等が考えられる。

これまで研究されてきた擬人化エージェントの目的が、利用者にとっての対話の自然さ、身体表示を持つことによる表現力の向上、存在感や親しみやすさ等であるなら、これらは MR エージェントにもあてはまる。一方、MR エージェントならではの特長は、MR 空間という独自の環境に存在し、その中を自律的に移動する行動範囲の自由度であると考えられる。

従来の擬人化エージェントのほとんどは、コンピュータ・モニタ上に存在して TV ニュースのアナウンサのようにユーザに正対し、行動の範囲は四角い 2 次元画面に限定されていた。南カリフォルニア大学の Steve⁵⁾ は 3 次元仮想空間中を移動できるが、VR と MR の関係どおり、現実空間と関わりを持つことはできない。電総研のジョニー⁶⁾ は、ユーザの質問に答え、現実空間中の事物を指さすことができるが、その存在はモニタ画面上に限定されている。MIT メディアラボの

ALIVE システム⁷⁾ の自律エージェントは、ユーザと同一の空間内に存在するが、その様は客観視点の合成映像で表示され、ユーザ自身の主観視点で見ることができない。

これに対して我々の考える MR エージェントは、以下のような特長を有している。

- (a) 立体視、立体音響を用いることで、眼前の空間に高レベルの実体感を描出することができる。
- (b) ユーザと同一空間内で、現実と整合のとれた実寸の仮想物を扱い、自らも実空間のスケールでユーザと接することができる。
- (c) ユーザの周り 360° 自由な空間位置に存在でき、現実物体・仮想物体との 3 次元遮蔽関係も表現できる (すなわち、物体の陰に隠れたり、現れたりできる)。

これまで、複数人が現実空間と仮想空間を同時共有し、かつ実時間対話性を実感できる事例として組立て作業やゲーム等への応用が報告されている^{8),9)}。我々は、MR エージェントの具現化対象として、図 1 に示すようなインテリア・シミュレーションを選択した。これは、リビングルームを想定した 2.8 m × 4.3 m の物理的に存在する空間に実物の家具や調度品が配されていて、ここに電子カタログに存在する仮想物を追加配置するというビジュアル・シミュレーションである¹⁰⁾。スコアを競う対戦型のゲームや、ユーザ自らが手を動かす組立て作業よりも、MR エージェントの存在感や動作の代行を試すのに適した対象と考えた。

2.2 MR エージェントの機能と振舞い

我々が MR エージェントに与えた機能の概要は以下のとおりである。

- ユーザの発話を音声認識し、合成音声で答える音声対話機能を持つ。
- 擬人化された身体を持ち、関節を動かすことで動作を表現できる。
- ユーザの意図により、仮想物を選択し配置する動作を代行する。
- ユーザの指示がない場合も、自律的存在として MR 空間内で行動できる。
- ユーザの頭部位置・視線方向を知り、それに応じた行動がとれる。

この種の MR エージェントの存在や振舞いとして特に興味深いのは、どのような大きさのキャラクタが、空間内のどの位置で対応することが好まれるかである。すなわち、利用者に正対しながら対話するのか、横や後方に待機して補助するのか、姿は見せず声だけで語りかけるのか、等である (図 2)。また、ユーザの視



図1 MRリビングルーム
Fig.1 MR Living Room.

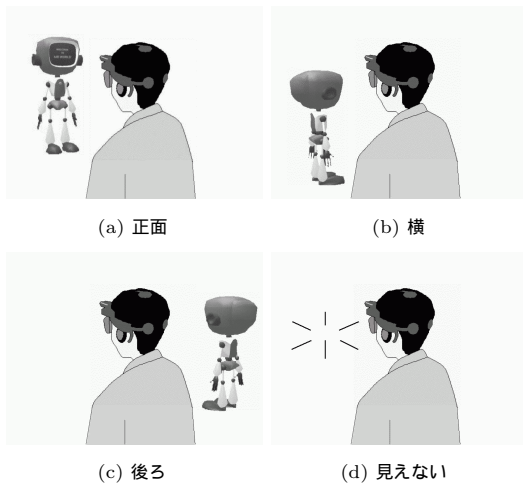


図2 エージェントの対応位置
Fig.2 Serving positions of agent.

点移動に対して、つねに視野内にいるべきか、さりげなく見えないところに待機するべきか等も検討に値する。個人差があることも想定して、こうしたヒューマン・ファクタを分析できるよう実装することにした。

3. MR エージェントの機能設計

3.1 キャラクタのデザインと選定

過去の研究例を参考にして、MR エージェントのキャラクタを3種類デザインした。図3に示すロボット型、小動物型（ニュースキャスター風）人物型である。これらのキャラクタに、実際に動きや音声を与えて、利用者の反応を見た。その結果、実時間CG描画の制約上リアルな人間は表現しにくいこと、関節の動きが分かりやすく動作が視認しやすいこと、合成音声との親和性が高いこと、を理由にロボット型が選ばれた。このMR エージェントを、Welbo（Welcome Robotの意）と名づけた。Welboには、64関節を持つ約2,000ポリゴンの幾何形状を与えた。

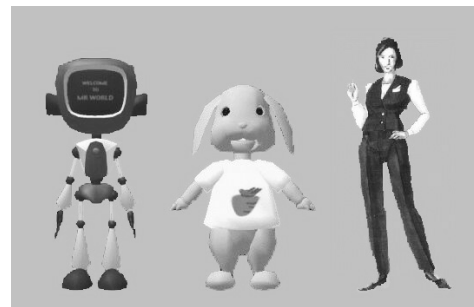


図3 エージェントのキャラクタ・デザイン
Fig.3 Character design of agents.

3.2 タスク設定

2.1節にあげたMR エージェントに期待する3つの役割のうち、役割(1)は一般的なエージェントも持つべき機能であるため、本論文では特に扱わないものとした。

利用したMRシステムの目的がインテリア・シミュレーションであることから、ここでの主なタスクは役割(2)に対応する仮想家具の配置代行とした。具体的には、以下の事柄を行うようにした。

- 仮想家具を他の家具の上や前等に動かす。
- 仮想家具を前後左右に動かす。
- 仮想家具の向きを変える。
- 新たな仮想家具を部屋内に追加する。
- 部屋内から仮想家具を取り除く。

また、役割(3)に対応するタスクとしては、簡単な情報提示(3.3節参照)と、ユーザの動きへの追従(3.5節参照)を実装した。

3.3 対話

ユーザとエージェントの間に成立する対話は、「挨拶」「情報提示要求」「タスク実行依頼」の3種類とした。「情報提示要求」とは、ユーザが新たに部屋に追加できる家具を尋ねる対話である。エージェントが認識できる文章は「挨拶」と「情報提示要求」に関して

表 1 エージェントの認識可能文とそれに対する応答文の例
Table 1 Sentenses of speech recognition and synthesis.

対話の種類	認識可能文	応答文
挨拶	こんにちは	こんにちは
挨拶	さようなら	また会いましょう
挨拶	ありがとう	どういたしまして
情報提示要求	他に何があるの	X と X' があります
情報提示要求	他の物を見せて	X と X' があります
タスク依頼	X を Y に Z して	X を Y に Z ですね
タスク依頼	Y に動かして	何を動かしますか

X, X' には家具の名前が入る。
Y には「机の上」や「右」等の場所や方向が入る。
Z には「動か(して)」や「回(して)」等の指示内容が入る。

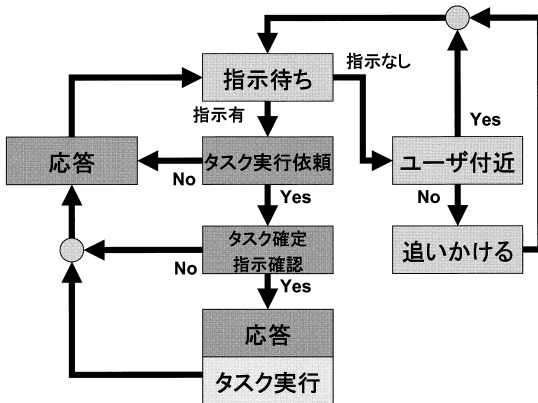


図 4 対話の流れ
Fig. 4 Flow of dialogue.

は定型文のみとした「タスク実行依頼」に関しては、ある程度型の限定された文章のみを認識するようにした。エージェントからの応答文は、認識文や状況に応じた定型文とした。認識文、応答文とも、同じ内容を表現するのに何通りかのバリエーションを持たせた。エージェントの認識可能文とそれに対する応答文の例を表 1 に示す。

対話はユーザの発声に対してエージェントが応える形で、図 4 に示すように進むようにした。「挨拶」と「情報提示要求」の場合は、対話はユーザの発話に対してエージェントが応えるという流れとなる。「タスク実行依頼」の場合は、ユーザの発話だけでタスクが確定しないときにはエージェントが不足情報を問い合わせるようにした。タスクが確定するときにはその認識内容を確認し、ユーザの了承後にタスク実行へと移るようにした。タスクが終了後には、ユーザの前に戻ってタスク終了を報告し、再びユーザの発話を待つようにした。ユーザとエージェントの対話例を表 2 に示す。

3.4 動作

ユーザの発声を待つ間は、エージェントをユーザ付近の MR 空間中に浮遊させることとした。ユーザが発

表 2 ユーザとエージェントの対話例
Table 2 An example of dialogue between user and agent.

ユーザ	花瓶を机の上に動かして	指示
エージェント	花瓶を机の上に動かすんですね	確認
ユーザ	はい	了承
エージェント	(うなずきながら)分かりました <花瓶を机の上に動かす> <ユーザの前に戻る>	タスク 実行
エージェント	(手をあげながら)いかがですか?	報告



図 5 飛行しながら仮想の家具を運ぶ Welbo
Fig. 5 Welbo flies carrying virtual furniture.

声したときには、エージェントをユーザの目の前に移動させてから応答させた。タスクの実行は、飛行しながら行うようにした(図 5)。フロア面に着地し歩く動作も考えられたが、リアリティが乏しいことを理由に結果的には採用しなかった。対話時には、手をあげたりお辞儀をしたり等の身振りを交えるようにした。Welbo の身振りの例を図 6 に示す。

3.5 状況に応じた待機

HMD の利用によって見回しが可能な 3 次元 MR 空間は、その広さに対して一度に観察できる領域が限られる。そこで、エージェントの位置を認識しやすい状況を作る「通常待機モード」と、MR 空間内の観察しやすい状況を作る「特殊待機モード」を用意した。通常待機モードでは、エージェントにユーザを追跡させながらつねに HMD の視界の端等の決まった待機位置に浮遊させ、ユーザが話しかけやすい状況となるようにした。ユーザの追跡を行わない設定も用意し、この場合は一度待機位置に移動した後は、ユーザの動きによらずその位置で浮遊しながら待機するようにした。ユーザの発声がないまま一定時間(デフォルト値は 90 秒)経過した場合には、ユーザの関心を引くために何らかの動作(例:手を振る)をさせた。さらに長時間(デフォルト値は 6 分)経過した場合には、しばらく仮想の家具移動は行われないと判断して「特殊待機モード」に切り替え、エージェントに室内を散歩さ

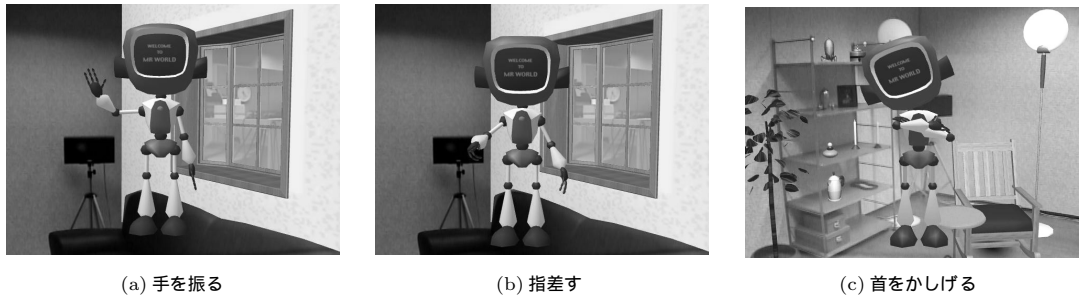


図 6 Welbo の身振り例
Fig. 6 Welbo's gestures.

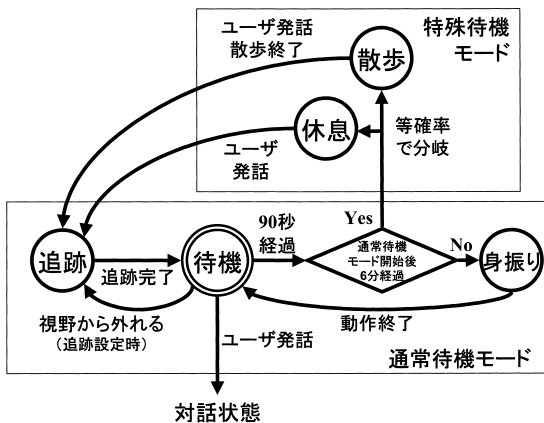


図 7 ユーザの発声を待つ間の状態遷移図

Fig. 7 State transition of waiting a user's utterance.

せたりソファで休息をとらせたりすることで、ユーザの視界内にあまりエージェントが入らないようにした。ユーザの発声を待つ間の状態遷移を図 7 に示す。

4. 擬人化エージェント Welbo の実現

MR エージェント Welbo を実現するシステムは、MR 空間を描出するリビングルーム・サブシステムと、Welbo を制御するエージェント・サブシステムとで構成した (図 8)。

4.1 リビングルーム・サブシステム

リビングルーム・サブシステムは、MR リビングルーム¹⁰⁾を拡張したものである。これは、次の 3 つのモジュールから成る。

4.1.1 ヘッドトラッキング部

ビデオシースルー型 HMD (自社製プロトタイプ) に取り付けられたマーカを光学式センサ (OPTOTRAK 3020, Northern Digital 社製) で計測し、ユーザの視点位置・姿勢を算出する。この測定誤差をリアルタイムで補正するため、リビングルーム内に配された補正用マーカを画像認識する方法を併用している¹¹⁾。

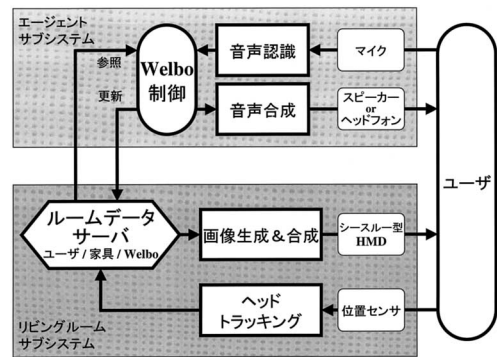


図 8 システム構成図
Fig. 8 System architecture.

4.1.2 ルームデータ・サーバ

ユーザの位置・姿勢、家具 (33 種類) の形状・位置・姿勢、エージェントの位置・姿勢・ポーズのデータ (ルームデータ) を管理する。仮想の家具だけでなく現実の家具についても形状データを管理し、隠蔽関係の表現を可能とする。また、エージェント・サブシステム内の Welbo 制御部との通信機能を持つ。

4.1.3 画像生成・合成部

ルームデータに基づいて仮想の家具とエージェントの CG 画像を生成し、ユーザ視点の写実映像と合成する。合成結果は、ビデオシースルー型 HMD (92 万画素、水平画角 51°) に立体映像として表示される。この HMD はユーザ視点との視差がない画像を取得する左右 2 台の CCD カメラと、補正マーカ認識用に 1 台の CCD カメラを装備している。

4.2 エージェント・サブシステム

エージェント・サブシステムは、下記の 3 つのモジュールから成る。

4.2.1 音声認識部

「ジョニー」と同様の対話モジュール (電総研製)¹²⁾を利用して音声認識と文章理解処理を行う。このモジュールは、あらかじめ定義した文節と文末の組合せ

表 3 音声認識用辞書の一部
Table 3 Speech recognition dictionary.

文法	A ₁ =	B ₁
文法	A ₂ =	B ₂ B ₃ C ₁
文節	B ₁ =	こんにちは
文節	B ₂ =	時計を
文節	B ₃ =	動か
文末	C ₁ =	して、してください

文法 A₁ から「こんにちは」が認識可能となる。
文法 A₂ から「時計を動かして(ください)」が認識可能となる。

表 4 音声指示データの例
Table 4 Speech instruction data.

認識文	内容	対象	場所	方向
こんにちは、ハロー	hello			
さようなら、バイバイ	bye			
どうもありがとう	thank			
他の物を見せて	menu			
はい	y			
いいえ	n			
花瓶を机の上に置いて	move	vase	table	on
机を右に動かして	move	table		right
イスを左に回して	rotate	chair		left
植木を取り替えて	swap	plant		
時計を出してください	move	clock		
イスを片付けて	move	chair	away	

からなる文法に則した文章のみを認識する。Welbo の場合、47 種類の文法、256 種類の文節、76 種類の文末を辞書に定義し、表 1 に示したような「挨拶」「情報提示要求」「タスク実行依頼」に関する文章、および「返事(はい、いいえ等)」のみを認識させた。辞書の一部を表 3 に示す。

認識結果は音声指示データに変換され、Welbo 制御部へ送られる。ここで、音声指示データとは[内容+対象+場所+方向]なる文法 1 つで全認識対象文を表現するデータである。「挨拶」「情報提示要求」「返事」に関する認識結果は、[内容]のみで構成されるデータに変換される。「タスク実行依頼」に関する認識結果は、助詞と助動詞を頼りに文節を切り出すことで、[内容][対象][場所][方向]を特定する。音声指示データの例を表 4 に示す。

4.2.2 Welbo 制御部

音声認識部からの音声指示データ入力やユーザとの対話の経過に応じて、図 9 に示すように状態を遷移させながら、前節で設計したように Welbo の振舞い(位置・姿勢・家具操作・身振り・発声)を制御する。

(1) 位置・姿勢・家具操作制御

Welbo の位置と姿勢の制御は、ルームデータ・サーバで管理されているデータの更新によって行う。Welbo

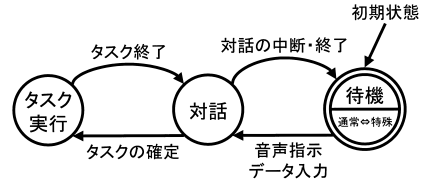


図 9 状態遷移図
Fig. 9 State transition.

が家具を操作する際は、仮想家具の位置と姿勢データを同時に更新する。前後左右への移動量はその家具の大きさに比例した値とし、回転量は定数値(たとえば 90°)とした。

(2) 身振り制御

身振り制御は、Welbo のポーズデータ(キャラクターの関節角度データ)を連続的に更新することによって行う。あらかじめ身振りのキーとなるポーズを時系列順に並べたものを、図 6 にあげたような身振り 24 種類について用意してデータベース化した。身振りを行う際には、このデータベースからポーズデータ列を取り出し、データ間を補完しながら必要な制御値を得て、ポーズを連続的に更新する。

(3) 発声制御

発声の制御は、音声合成部へテキストデータを送ることによって行う。モジュール内には、表 1 に示したような応答文テキストデータが 94 種類、起こりうる全状況分について用意してある。この中からユーザによって入力される音声指示データや対話の進み方に応じたデータを選択し、音声合成部へ送信する。「タスク実行依頼」の対話で利用するテキストデータについては、操作の対象や場所を示す家具名が入るべきスロットが空欄になっている。この空欄部分は音声指示データの[対象]や[場所]に従ってデータ送信時に補完する。語尾を変化させることや(「 ですね」から「 だね」への変化等)、別に用意した英語テキストデータの利用も可能である。

4.2.3 音声合成部

Microsoft Speech API および日本語音声合成エンジン(PureTalk, キヤノン製)を利用している。Welbo 制御部から入力されるテキストデータを音声合成し、部屋内に置かれた 1 対のスピーカ、もしくはユーザが装着するステレオ・ヘッドフォンから出力する。このとき、3 次元音響装置(RSS-10, ローランド製)を利用して、Welbo の存在位置から声が聞こえるように出力を調節する。

4.3 コンピュータ環境

リビングルーム・サブシステムでは、画像生成・合

成部に SGI 社 Onyx 2 (R10000/195 MHz), ヘッドトラッキング部とルームデータ・サーバに SGI 社 O2 (R10000/250 MHz), さらに補正用マーカ認識専用画像認識ボード (IP5005, 日立製) を搭載した PC (PentiumII/266 MHz) を使用している .

エージェント・サブシステムの音声合成部には PC (PentiumII/350 MHz) を, 音声認識部と Welbo 制御部には SGI 社 O2 (R10000/195 MHz) を用いている .

各コンピュータはイーサネット (100 BASE-T) のスイッチングハブに接続し, プロセス間通信に RPC と共有メモリを使用している . 使用言語は C++, グラフィック開発環境には IRIS Performer (SGI 社) と OpenGL を用いた .

表 5 エージェントの大きさと位置に関する実験

Table 5 Tests with agent's design variations in the body size and the distance to the subject.

項目	実験方法	結果
大きさ (身長)	20 ~ 160 cm 間を被験者が連続的に変化	40 cm 弱が好まれる
大きさ (印象)	コンピュータ画面利用と HMD 利用の比較	HMD 利用の方が大きいと感じる
エージェントとの対話位置	視線前方 30 cm ~ 3 m 間を被験者が連続的に変化	90 cm 付近が好まれる

5. MR エージェントの与えるヒューマン・ファクタ

5.1 エージェントの大きさと位置に関する考察

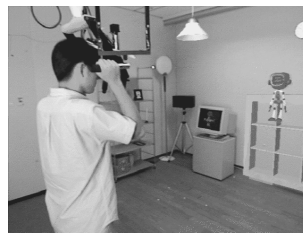
フルバーチャルの仮想空間は, なるべく忠実に現実空間を模倣する用途のほか, 空間や時間のスケールを恣意的に変化させて, 自然界では実現できない超常体験を演出することもできる . しかし, 目の前の現実空間と仮想空間を重ね合わせる MR 空間では, すべての事物は現実空間をもとにした絶対的な大きさを保つ必要がある . こうした臨場感が保たれた空間中では, エージェントの身体も実物スケールで考える必要がある .

そこまでの実在感を与えるには, 人間とほぼ等身大の存在が望ましいのではないかと予想されたが, 実際には人間よりかなり小さめのキャラクタが好まれることが判明した . 表 5 に, 十数名の被験者による実験の内容を示す . 以下は, この実験を通して得られた考察である .

- Welbo のデザインは頭部が大きいこともあるが, 他のキャラクタの場合でも人間大は好まれなかった . 本システムの HMD の視野角は 51° と限られているため, 視野に比して大きなエージェントは圧迫感を与



ユーザ視点画像



客観視点画像

(a) 距離が近いとき (20 cm)



ユーザ視点画像



客観視点画像

(b) 距離が遠いとき (150 cm)

図 10 ユーザからの距離による視野内の大きさの違い (身長 36 cm 時)

Fig. 10 Agent's size in user's view depends on the distance from the user (agent's height is 36 cm).

えてしまうようである。

- 同じエージェントをコンピュータ画面で見ると比べ、約半数は HMD 利用の場合に大きく感じると答えた。ここでも見かけの視野角が影響していると考えられる。

- 視野内の大きさは、絶対的なサイズとユーザからの距離の両方で制御できる。しかし、立体視可能な HMD の場合、ユーザからの絶対的な距離での存在感があるので、小さく見せるために遠くにエージェントを位置すると対話のしやすさが損なわれる(図 10)。

- この実験において、Welbo の身長と対話位置をユーザの好みで選択させたところ、身長は 40 cm 弱、対話位置は視点前方 90 cm 近辺が最も好まれた。個人差はあるが、総じて全身が画面内に入る程度の大きさが好ましいと考えられる。

- 正対して会話する場合に比べ、遠くで家具を運んでいる場合には、少し大きい方が動作は印象的になる。しかし、絶対的な大きさを状況に応じて変更するのは不自然なので、対話状態で望まれる大きさを Welbo の標準の大きさと考えた。

- ユーザの体験時にも大きさを調整できる機能を用意することも考えられる。しかし、エージェントを欲するのは面倒な動作を代行してほしいからであり、実用上は上記のようにデフォルト値に設定しておくのが望ましい。

5.2 エージェントの待機状態に関する考察

エージェントの待機状態に関して、3.5 節に示した「通常待機モード」の追跡設定あり/なしと「特殊待機モード」を十数名の被験者で実験し、体験者の反応をエージェントの大きさ・「通常待機モード」における待機位置・「特殊待機モード」における休息位置を変えながら調査した。その結果、体験者の半数以上から「呼んだときだけすぐに現れて、それ以外は邪魔にならないところに待機してもらいたい」との反応があった。しばしば視界の中に入ってくる追跡設定ありの「通常待機モード」は、かなり小さなエージェントを用いない限り好まれていない。ユーザは対話や指示した仮想物の移動時には Welbo を注視しているので、主体的にリビングルーム内を見回しているときは、動きのある追跡は煩わしい存在と感じられる傾向がある。

本実験で用いた MR 空間も想定したタスクもかなり限られているので、今回の体験者の感想が、あらゆる MR エージェントの待機状態に関する一般的な知見とするには無理がある。本実験で用いた MR リビングルームは狭く、どこにいてもすぐに Welbo の居場所は確認できる。このため、元の位置で待機するか、



図 11 仮想空間中のアバター

Fig. 11 Avatars in shared virtual space.

決まった位置に待機していれば十分である。今回のシステムでは、2.1 節の MR エージェントに期待する役割(3)にあげたユーザの移動に随行する機能は意味をなさなかったといえる。しかし、もっと広い空間が対象の場合、自分のエージェントを見失ってしまう恐れがある。そうすると「追跡はするが、視界には入らず、さりげなく近くに待機する」というエージェントが望まれることも考えられる。

我々はかつて、高速ネットワークに接続された多地点から複数人が仮想空間を共有し、参加者それぞれの存在をアバターで表示しながら、バーチャルモールでショッピングするシステムを開発した¹³⁾。この場合は、同伴者や対応してくれる店員が、仮想空間内でどこにいるのかを確認するのに、アバター表示がかなり有効であった。また、つねに会話の相手を視野内においておこうとする傾向があった。極端にデフォルメしたアバター表示であったにもかかわらず、存在感は大きかった(図 11)。

これに対して、「用がないときには現れないでくれ」と言われるのは、まだ MR エージェントが本当の対話相手と見なされていない証拠だろう。この種の擬人化エージェントは、見かけのリアリティの向上よりも、会話の自然さや、利用者にとって本当に役立つ存在となることの方が重要であると思われる。

図 2(c) で想定したような後方耳元での待機は、実装してみたが、今回のシチュエーションではあまり意味をなさなかった。後方からユーザに対して解説を加えるといったモードは必要なかったからである。

いずれにせよ、待機状態に関しては、もっと MR エージェントの機能を充実させ、実用性のある多様なタスクに遭遇したとき改めて議論すべき問題であると思われる。

6. む す び

現実世界と仮想世界を融合した MR 空間に擬人化エージェントを登場させる試みを、インテリア・シミュレーションを題材としたシステムで実現した。第 1 段階として、Welbo と名づけたロボット型のエージェントに音声対話機能と仮想物操作代行機能を持たせた。ユーザの主観視点で実時間対話可能な MR システムという枠組みの中で、擬人化エージェントの実現にもかなりの制約があったが、従来の事例と遜色ない機能を達成し、そのうえで MR エージェントならではの実在感を持たせた。

次に、この種のエージェントがユーザに与える影響・効果を確認した。MR 空間中の擬人化エージェントの大きさや位置については、事前の予想よりも小さな存在が好まれ、インテリア・シミュレーションにおいては必要のない限りユーザの視界に現れない方が好ましいことが判明した。これまで他に実施例がないだけに、まだこれ以上の結論を導き出すのは難しいが、MR エージェントという存在は今後もヒューマン・インタフェース研究に有益な知見を与えるものと思われる。実際、エージェントの空間中の移動速度や 3 次元音響効果等、その設計がインタラクションに影響を与える要素を多く持っている。

また、MR 空間では複数のユーザと複数の擬人化エージェントが同一空間に存在できる。複数のユーザのインタラクションを支援するエージェントや、複数のエージェントによるインタラクション支援の実現も今後の課題である。

謝辞 音声認識および言語処理モジュールの利用をご快諾いただいた電子技術総合研究所秋葉友良氏、伊藤克亘氏、長谷川修氏、速水悟氏に深謝します。日本語音声合成エンジン PureTalk は、キヤノン(株)情報技術研究所麻生隆氏の協力を得てシステムに実装しました。ここに記して謝意を表します。

また(株)MR システム研究所で有益な議論および御指導をいただいた佐藤清秀氏、内山晋二氏、大島登志一氏、CG キャラクタ制作を担当された角田弘幸氏、秋山由希子氏に感謝します。

参 考 文 献

- 1) 田村秀行, 大田友一: 複合現実感, 映像情報メディア学会誌, Vol.52, No.3, pp.266-272 (1998).
- 2) Ohta, Y. and Tamura, H. (Eds.): *Mixed Reality—Merging Real and Virtual Worlds*, p.418, Ohmsha & Springer-Verlag (1999).

- 3) 田村秀行(編): 「複合現実感」特集, 日本 VR 学会論文誌, Vol.4, No.4 (1999).
- 4) André, E. (Ed.): Special Issue on “Animated Interface Agents: Making them Intelligent,” *Applied Artificial Intelligence*, Vol.13, No.4-5 (1999).
- 5) Rickel, J. and Johnson, W.L.: Animated agents for procedural training in virtual reality: Perception, cognition, and motor control, *Applied Artificial Intelligence*, Vol.13, No.4-5, pp.343-382 (1999).
- 6) 長谷川修, 坂上勝彦, 速水 悟: 実世界知能のための人間型ソフトウェアロボットの試作, 第 4 回知能情報メディアシンポジウム論文集, pp.69-76 (1998).
- 7) Maes, P., Darrell, T., Blumberg, B. and Pentrand, A.: The ALIVE system: Wireless, full-body interaction with autonomous agents, *ACM Multimedia Systems*, Vol.5, No.2, pp.105-112 (1997).
- 8) 清川 清, 竹村治雄, 岩佐英彦, 横矢直和: 協調型仮想物体モデラ VLEGO II の共有 AR 空間への適用, 日本 VR 学会第 2 回大会論文集, pp.73-74 (1997).
- 9) 大島登志一, 佐藤清秀, 山本裕之, 田村秀行: RV-Border Guards: 複数人参加型複合現実感ゲーム, 「複合現実感」特集, 日本 VR 学会論文誌, Vol.4, No.4, pp.699-706 (1999).
- 10) 大島登志一, 佐藤清秀, 山本裕之, 田村秀行: MR リビングルーム—MR 空間の幾何的・画質的整合性に関する考察, 日本 VR 学会第 3 回大会論文集, pp.309-312 (1998).
- 11) Satoh, K., Ohshima, T., Yamamoto, H. and Tamura, H.: Case studies of see-through augmentation in mixed reality projects, *Augmented Reality—Placing Artificial Objects in Real Scenes (Proc. IWAR'98)*, pp.3-18, A K Peters, Ltd. (1999).
- 12) Itou, K., Hayamizu, S., Tanaka, K. and Tanaka, H.: System design, data collection and evaluation of a speech dialogue system, *IEICE Trans. on Information and Systems*, Vol.E76-D, No.1, pp.121-127 (1993).
- 13) 片山昭宏ほか: Collaborative CyberMirage: リアリティと相互アウェアネスを追求した仮想空間共有体験システム, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.5, pp.1484-1493 (1998).

(平成 12 年 3 月 9 日受付)

(平成 13 年 4 月 6 日採録)



穴吹まほる(正会員)

昭和49年生。平成10年東京大学大学院工学系研究科計数工学専攻修士課程修了。同年4月キャノン(株)入社。現在、同社MRプロジェクトMR研究室に所属。同年7月から13年3月まで(株)MRシステム研究所に出向。ユーザ・インタフェース、バーチャル・リアリティの研究に従事。日本VR学会会員。



若月 裕子

昭和46年生。平成8年東京工業大学大学院情報理工学研究科計算工学専攻修士課程修了。同年4月キャノン(株)入社。平成9年4月(株)MRシステム研究所に出向。人工知能、バーチャル・リアリティの研究に従事。平成11年退社。人工知能学会会員。



山本 裕之(正会員)

昭和37年生。昭和61年大阪大学大学院修士課程修了。同年4月キャノン(株)入社。現在、同社MRプロジェクトMR研究室室長。平成2年から4年までマクギル大学知能機械研究所客員研究員。平成9年2月から13年3月まで(株)MRシステム研究所に出向。3次元画像計測、コンピュータ・ビジョン、複合現実感の研究に従事。工学博士。ACM、電子情報通信学会、日本VR学会等会員。



田村 秀行(正会員)

昭和22年生。昭和45年京都大学工学部電気工学科卒業。通商産業省工業技術院電子技術総合研究所を経て、昭和61年キャノン(株)入社。現在、同社MRプロジェクト・チーフ(所長)。平成9年より(株)MRシステム研究所取締役を兼務(現在、専務取締役)。工学博士。画像情報処理、マルチメディア、バーチャル・リアリティの研究推進と実用化に従事。本学会昭和61年度論文賞等受賞。IEEE、ACM、電子情報通信学会、人工知能学会、日本VR学会等会員。