



分散型共有仮想環境

松田晃一
SONY



分散型共有仮想環境 (DSVE: Distributed Shared Virtual Environment) とは、コンピュータグラフィックス、映像、音、ネットワークを融合し、3DCGなどのUIを持つ共有仮想環境で、複数人のユーザが実時間のインタラクションを可能にするシステムである。ユーザは、その環境内での自分自身の表現 (アバタ、avatar) を操作しながら、環境内を動き回ったり、情報を探索したり、他のユーザとインタラクションしたりすることができる。このような DSVE の例としては、協調デザイン、分散型のトレーニング、テレコンファレンス、コミュニケーションツール、マルチプレーヤゲームなどがある。

本稿では、DSVEに関する最新トピックスをアバタ、マルチメディア、スケーラビリティの観点から概観し、筆者らが行ってきた共有仮想社会 PAW² の研究結果などとともに今後の展開について述べる。

1. 最近のトピックス

1.1 アバタ

DSVE 内では、各ユーザはアバタ (avatar) で表現される。DSVE でのアバタの基本的な役割は、環境内でのユーザの存在と向きと位置を示すことである。アバタ間のインタラクションは、言葉による情報 (バーバル情報) が主で、アクションやジェスチャなどのノンバーバル情報は、GUI のパネルなどを介してやりとりしていた。このようなノンバーバル情報の発信に、バーバル情報を用いる手法が提案されている。[1] では、会話文に含まれ

る (1) 頭字語 (LOL: Laugh Out Loudly) や (2) 感情アイコン (:-) など)、(3) ジェスチャ語 (ジェスチャを記述する文字列。*wave* のようにアスタリスクで囲まれる) を解釈し、これらの語が会話文中に含まれた場合に、システムが対応するジェスチャを自動的に発火させる方式が提案されている。また、[1] では、DSVE 内での会話グループを視覚的に分かりやすくする手法としてアバタを円卓状に配置し、状態をそこを照らすスポットライトの色で呈示する Conversation circle という概念を提案している。

アバタの表現は、3D の人型などが用いられることが多く、アバタを操作するユーザが予め決められたものから選択して使用する。このようなアバタの表現に、ユーザそのものの情報 (顔や身体形状など) が用いられることはあまりなく、ユーザの顔写真をアバタの顔にはる研究などがなされてきた。より臨場感を増す方向として、ユーザの姿そのものをアバタとして用いる方法が提案されている。例えば、[2] では、没入型ディスプレイ CAVE 間を高速ネットワークでつなぎ DSVE を構築して、カメラで手得した CAVE 内の画像から背景を取り除くことで DSVE 中にユーザそのものの姿をアバタ (いわゆる、ビデオアバタ) として投入することを可能にしている。ビデオアバタでは、環境内で表情や感情表現などを直接的に相手に伝えることが可能になる。

アバタの操作は、マウスやコントロールパネルなどの特殊な GUI で制御されることが多く、アバタを操作するユーザとアバタとの間に距離があった。この距離を縮

め、人間の身体性を導入し、ユーザの身体の動きをリアルタイムにアバタに反映させるものがある。[3]では、うなずき、身振りなどのノンバーバル情報と呼吸、心拍変動、顔面皮膚音などの生体情報からユーザの情緒を推定し、DSVE上のアバタの動きや顔色、表情に反映できる。

1.2 マルチメディア

DSVEへのマルチメディアの組込みは、ストーリーミングビデオや3D音源、QoSに関してさまざまな研究が行われてきたが、DSVEのジオメトリ(壁や建物の配置)に基づくリアルタイムな環境を実現するものはなかった。[4]は、ジオメトリの影響を受けた音の伝播を、リアルタイムの計算できるようにするものである。つまり、壁の向こうで話されている声が壁と関係なく直接聞こえるのではなく、壁に反射し聞こえる環境を実現する。

[4]では、従来のbeam tracing法に加えて、音響心理学的な人間の耳の特質とDSVEの特徴をアルゴリズムに適用してリアルタイムな環境を実現しようとする試みである。ここで用いられている人間の耳の音響心理学的な特性は、音が発生してから20msから80msまでの初期反射波に関してはセンシティブであるが、その後の残響波に関しては、センシティブではないこと、また、DSVEの特徴としては、音の発生源と受信先としてアバタ間に限定し、アバタはDSVE内を連続的に移動するという二つの特徴をベースにしている。80ms以上伝達にかかる音の計算はコストを下げ、アバタ間に限定することで、双方向にbeamを計算することができる。評価結果によると2桁のオーダーで計算コストを下げられたことが報告されている(R10000/156MHZを4つ持つSGI Onix2で、60sかかっていた計算が0.3sで可能)。

また、[16]では、風や香りといった新しいアウェアネスをDSVEに導入しようという試みである。これに関しては、本特集に論文があるのでそれを参照されたい。

1.3 スケーラビリティ

DSVEは、多人数が同時にアクセスするリアルタイムメディアであるため技術的にはスケーラビリティが大きな課題となる。これまで、スケーラビリティに関しては、オーラルアルゴリズムやSPLINEのロケール(locale)[5]といった世界内の空間的な論理構造などが導入されてきた。

水平分散型のDSVEであるMASSIVE-3では、SPLINEで導入されたロケールに加え、その中をさらに複数個のAspect(aspect)という付加情報を持つ構

造に分割できるようになっている[6]。Aspectは、いくつかのプロパティを持ち、アバタの表示の正確さ(Fidelity)などが指定できる。これに加え、DSVEの世界の構造を記述するロケール間のリンクにアウェアネス(awareness)を付加することでスケーラビリティを実現しようとしている。例えば、スタジアムの観客席とアリーナ間は、観客席からアリーナへのアウェアネスの方がアリーナから観客席へのそれよりも高く設定されている。これに加え、観客と選手の持つAspectを用いることにより、アリーナから観客席を見た場合には、観客は簡易に表示され、逆の場合は、選手はより忠実に表示されるという状態が実現できる。これにより、より多人数が同時にお互いを見ることができる。

また、[7]では、DSVE内の空間を部分構造に分割して管理するセル構造に、そのセル内の混み具合に応じて、そのセル及び隣接したセルを管理するサーバが通信しあってセルの大きさを動的に変更するモデルを提案している。セル構造の大きさの変更アルゴリズムは、六角形メッシュを用い、サーバの重み付けとメッシュ内の混み具合から凸形状を保持しながら変形を行う。

2. 共有仮想社会 PAW^2 の社会実験

筆者らは、DSVEをベースにした共有仮想社会PAW^2を用いた仮想社会実験を行っている[12]。PAW^2は、従来の同様な仮想空間サービスに加え、社会的・環境的インフラストラクチャを持ち、各ユーザが、そのユーザをサポートする犬型のパーソナルエージェントを必ず持つことを特徴とするインターネット上の仮想社会である(図1)。PAW^2を用いた仮想社会実験の中からいくつか興味深い研究結果を紹介する。

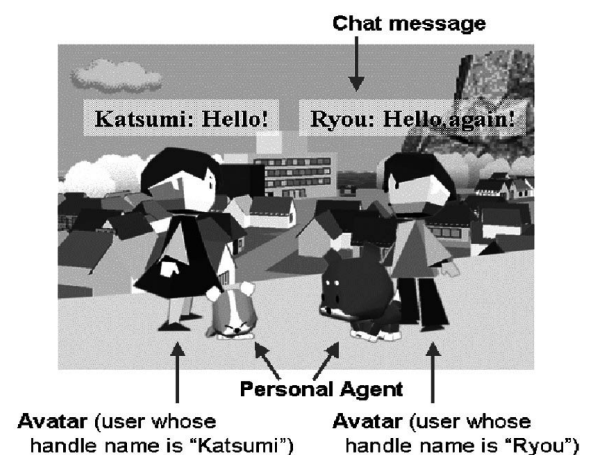


図1 PAW^2 (Personal Agent World)

2. 1 パーソナルエージェント

[13]では、PAW²に再訪問するユーザのアクセス要因をユーザのアクティビティを元に統計的な手法を用いて解析している。調査対象となったユーザのアクティビティは、パーソナルエージェントに関するものが9項目、コミュニケーションに関するものが4項目、イベントに関するものが10項目、アイテムに関するものが3項目となっている(PAW²でユーザが行えるアクティビティのほとんどをカバー)。これらのアクティビティを説明変数とし、ユーザのPAW²へのアクセス回数を目的変数として、どのアクティビティが最もユーザのアクセスに寄与しているかを多変量解析を用いて調べている。調査対象は、1ヶ月の調査期間中に1回以上アクセスしていたユーザ全6,497人から外れ値を含むレコードを除いた全5,170人である。この結果、パーソナルエージェントに関するユーザのアクティビティがアクセスに寄与する比率が最も高く、使用歴別に見ると、初期のユーザは、パーソナルエージェントに関するものがユーザの行動モデルに与える影響が大きく、その後、徐々に、コミュニケーション及びイベントに関するものへと行動モデルがシフトしてくることが報告されている。

また、believable agentという観点から次の報告がある。PAW²では、3Dの仮想空間という特性を生かして、ロケーションベースのイベントを行っている。例えば、現実世界でのオリエンテーリングをPAW²の世界でイベントとして実施している。イベントに対するユーザの評価は高く、参加率も高い。イベント実施日には多くのアクセスが集中し、最大同時アクセスもイベント時に観測されている。ここで、興味深いのは、ユーザに対して行った、イベントに関する情報の入手源に関するアンケート結果である[12]。イベントに関する情報は、(1)オフィシャルなホームページ、(2)仮想世界内のテロップ、(3)メーリングリスト、(4)パーソナルエージェントからのメールを用いて同じ情報がユーザに提示される。これに関して、「どの情報源から得た情報をもとにイベントに参加したか」というアンケート結果から、情報の入手源は、パーソナルエージェントからのメールが約50%を占め、次のホームページが25%であることが分かった。パーソナルエージェントがユーザとPAW²の世界をつなぐ絆になっていることが分かる。

2. 2 eコマース

これまでのネットワーク上での物販は、現実の物やソフトウェアなどの販売を仲介するものであった。最近になって、電子メールによるニュース配信などの情報の販

売が広まってきたが、純粋に仮想の物の物販はまだない。[8]では、PAW²内で、仮想の物を持ちいたeコマース実験の結果を報告している。

本実験では、PAW²の社会インフラのひとつであるアイテムを共有仮想社会の中で意味づけし、1個100円～300円で販売した結果が報告されている。アイテムは、実際には、32x32のビットマップであり、PAW²の社会の中では、アクセサリや機能を持つアイテムとして機能するが、PAW²の社会を出てしまうと外では意味を持たない(図2)。2ヶ月の試行の結果、約8000個(約120万円弱)の販売が行われた。中でも、アバタのアクセサリ、パーソナルエージェントの機能アイテムが売上の主要であったことが興味深い。



図2 アクセサリ

2. 3 文化の形成

これまでDSVEの研究で行われてきた、システムアーキテクチャやプロトコル、UIの研究は、仮想社会を構築する上で必要不可欠である。しかし、それだけでは、社会を作り出すことはできない。「社会」は、ユーザがその世界で社会活動をする上で必要な様々な社会的・環境的インフラストラクチャが十分に整って初めて実現できるものである。[11]では、そのような観点から自己完結型の仮想社会(Self-contained virtual society)の可能性を探っている。自己完結型の仮想社会とは、その中だけで、コンテンツ(文化)がユーザによって開発され、それが他のユーザを惹きつけ、他のユーザによって、そのコンテンツ上に新しいコンテンツが開発されていき、それがまた他のユーザを惹きつけるようなポジティブフィードバックループを持つ世界を構築するにはどのような仕組みが必要かである。

[11]によると、PAW²のユーザは、あるユーザとチャットを行い、次の話し相手が見つかるまでエージェントと遊んだり、イベントに参加するというよう

にPAW²の機能を組み合わせて利用し、長時間利用する間に自分なりの楽しみ方を確立していくようである。例えば、PAW²の情報誌のように、長期間利用しているユーザの中には、仮想社会内で他のユーザにインタビューしたり、自らストーリーを創作して、現実世界でそれを発信するユーザもいる。このように、ユーザ自らが楽しみ方を発見し、その行動がコンテンツになるという有益なチェーン構造が見出され、仮想世界そのものが一種のメディアとして機能していることが報告されている。これを助長するには、仮想社会そのものを変える仕組みが必要であるが、反面、そのような自由度は、反社会的行為にも利用されやすいことも報告されている。

3. 今後の展開

ネットワークのブロードバンド化、インターネットの広がり、CPUの高性能化や3Dアクセラレータの進歩により、ようやく3DCGを用いたDSVEがコンシューマレベルで手軽に使える環境が整ってきた。これまでのさまざまな研究成果が生かせる時代となり、特に、ブロードバンドネットワークのサービスソリューションとしてDSVEは今後さらなる展開に期待できる。

3.1 さまざまなメディアとの融合

今後の重要な展開の一つに、さまざまな端末が遍在する中でのDSVE、DSVEと他のメディアとの融合がある。携帯電話やPDAなどさまざまな環境からDSVEへアクセスする可能性が増えてきている。例えば、DSVE内のユーザと携帯電話のユーザが同じインターネットの情報にアクセスし協調作業できるような環境が必要である。携帯電話でアクセスしているユーザは、DSVE内では、仮のアバタなどで表現し、携帯電話側では、他のアバタの声は音声で聞こえるなどである。メディアとの融合という観点では、TVとDSVEの融合が重要である[9]。DSVE自身を放送コンテンツとしてとらえ、社会性を持つDSVE内の出来事をそのまま放映してもよく、DSVE内にTVそのものを取り込むこともできる。新しい参加型のTVコンテンツである。

3.2 eコマースの可能性

社会性を持つDSVEは、唯一、仮想の物に対して見た目と意味付けが付与できるメディアであり、その中で仮想物の販売、仮想商品のライフサイクル、DSVEならではの販売方法、ユーザとのビジネスモデルの共有などが今後の課題になるだろう。例えば、販売方法に関

しては、DSVE内で出会った他のユーザが持っているものをその場でクリックすることで購入できたり、看板やショーウィンドウなどからの直接購入が考えられる。また、ビジネスモデルに関しては、2.2で紹介したPAW²のeコマース実験で、ユーザが作り出したアイテムをPAW²で販売することにより、作成者とシステム運用者側でレベニューシェアすることなどが考えられる。

3.3 拡張現実や複合現実との融合

拡張現実(Augmented Reality)や複合現実(Mixed Reality)とDSVEとが融合したシステムの研究が期待できる。DSVEは、ユーザが参加する基本となる環境自身も仮想の環境であり、一方、拡張現実、現実世界を基本環境とし、そこに仮想物体や情報を導入する[10]。DSVEの基本環境に現実世界を用い、拡張現実の環境に仮想物体だけでなく、遠隔からアクセスしているユーザをアバタで表示し、遠隔のユーザには仮想環境として現実環境を提示する融合システムである。現実環境へのアクセスは、ユビキタスコンピューティングの領域である[15]。会議室で隣に座っている人がアバタであり、実世界のプロジェクトと仮想世界のプロジェクトが連動する日もそう遠くないであろう(その場合には、プロジェクト自身が必要ないかもしれない。アイコンとしては必要であろう)。将来的に、仮想と現実が常に並存し、区別のない世界が来るのは必然であり、そのような世界が実現された場合の社会的・技術的な研究が望まれる。

3.4 自己完結型の仮想社会

DSVEをコミュニケーションメディアとしてとらえた場合、単にDSVEをインターネット上で公開してもなかなかメディアとしては機能しにくい。これは、DSVE内の社会を構成するインフラストラクチャが不十分なことが考えられる。今後の一つの大きなDSVE研究の方向性としては、社会性を持つDSVEを実現するのに必要な社会的・環境的インフラストラクチャの研究とそこでのユーザの社会行動の分析が考えられる。次世代のDSVE研究の課題としては、自己完結型のDSVEの研究をあげたい。文化を生み出すためにシステムはどのような機能を持つべきか、そして、それを提供することでどのような文化が生まれるのかを実験、評価していく必要がある。特に、社会的に許容可能な機能やインタフェースに関する研究は、今後、ネットワーク社会が浸透するにつれますます重要な研究課題になっていくと考えられる[11]。また、そのような環境内のパーソナルエージェ

ントの研究は、将来、現実社会に AIBO などの実体を持つパーソナルエージェントが導入される場合の基礎研究となりうる [12]。

3.5 その他

仮想世界をより現実世界に近づけるアプローチとしては、風や香りの導入など新しいアウェアネスの導入研究が重要である [16]。また、CAVE などの高品位な表示装置との組み合わせも重要である。

スケーラビリティに関しては、意味構造や動的な管理構造の変更の導入がキーになると思われるが、そのオーバーヘッドやトレードオフがどの程度か、今後の評価、研究結果に期待したい。

アバタに関しては、今後さまざまな研究が期待できる領域である。特に、アバタ間及びアバタと DSVE 内の物との有機的なインタラクション、DSVE 内のコンテキストに応じたアバタの自律的な振る舞い (一種の DSVE 内のコンテキストにアウェアな行動干渉装置や行動拡張装置の導入) の研究などが興味深い。それにより、コミュニケーションが拡張され、よりリッチなコミュニケーションが期待できる。コンテキストに依存したサービスという観点では、例えば [14] では、DSVE に非共有性を導入することでそのようなサービスを可能にしている。この考え方は、AR や MR でも応用可能である。

4. まとめ

DSVE に関して、最近の動向、今後の展開を述べた。ブロードバンド+ユビキタスコンピューティング時代を迎えますますます重要な本分野における活発な研究を期待したい。

参考文献

- [1] Salem, B., Earle, E., "Designing a Non-Verbal Language for Expressive Avatars", Proc. of CVE'2000, pp. 93-102 (2000)
- [2] OGI, T., YAMADA, T., TAMAGAWA, K., HIROSE, M. Video Avatar Communication in a Networked Virtual Environment, http://www.isoc.org/inet2000/cdproceedings/4c/4c_3.htm
- [3] Watanabe, T., Okubo M. An Embodied Virtual Communication System for Human, Interaction Sharing, Proc. of IEEE SMC'99, pp. 1060-1065 (1999)
- [4] Funkhouser, T., Min, P., Carlbom, I. Real-Time Acoustic Modeling for Distributed Virtual Environments, Proc. of SIGGRAPH'99, 1999, 365-374.
- [5] Nitta, T., Sterns, I., Yerazunis, W., Diamond Park and

- Spline: Social Virtual Reality with 3D Animation, Spoken Interaction, and Runtime Extensibility. Presence, Vol. 6, No. 4, pp. 461-480 (1997).
- [6] Greenhalgh, C., Purbrick, J., Snowden, D. Inside MASSIVE-3: Flexible Support for Data Consistency and World Structuring, Proc. of CVE'2000, pp. 119-127 (2000)
- [7] Pekkola, S., Robinson, M., Korhonen, J., Hujala, S., Toivonen, T. Collaborative Virtual Environments in the Year of the Dragon, Proc. of CVE'2000, pp. 11-18 (2000)
- [8] 松田晃一、杉野浩之、上野比呂至、パーソナルエージェント指向仮想社会 PAW における課金実験とその評価、信学会論文誌 B、Vol. J84-B No. 12, pp.2392-2400(2001)
- [9] Benford, S., Greenhalgh, C., Craven, M., Walker, G., Regan, T., Morphet, J., Wyver, J., Bowers, J. Broadcasting on-line social interaction as inhabited television, Proc. of ECSCW'99, pp. 179-198 (1999)
- [10] Broll, W., Meier, E., Schardt, T. The Virtual Round Table - A Collaborative Augmented Multi-User Environment, Proc. of CVE'2000, pp. 39-46 (2000)
- [11] Matsuda, K., Miyake, T., Kawai, H. Culture Formation and Its issues in Personal Agent-oriented Virtual Society --- "PAW^2". Proc of CVE'2002, pp. 88-95 (2002)
- [12] Matsuda, K. Evaluation of Personal Agent-oriented Virtual Society - PAW, Presence, Vol.10, No. 2 pp.160-174, (2001)
- [13] 松田晃一、谷島亘、パーソナルエージェント指向仮想社会 PAW^2 におけるユーザアクティビティの分析と考察、DICOMO シンポジウム, pp.775-780, (2000)
- [14] 松田晃一、非共有型共有仮想世界、情報処理学会第 62 回全国大会 特 1, pp. 99-102(2001)
- [15] Weiser, M. Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing, CACM, Vol.36, No.7, pp.74-84(1993)
- [16] 重野寛、本田新九郎、大澤隆治、永野豊、岡田謙一、松下温、仮想空間における風と香りの表現手法 -- 仮想空間システム Friend Park、情報処理学会論文誌、Vol. 42, No.7, pp. 1922-1932(2001)

【略歴】

松田 晃一 (MATSUDA Kouichi)

1996 年、NEC よりソニーコンピュータサイエンス研究所を経て、ソニー (株) へ。現在、ネットワークソフトウェアテクノロジーセンター担当部長 / システムアーキテクト。主に、分散仮想環境、CHI、エージェントに興味を持つ。ACM、情報処理学会、電子情報通信学会各会員。