

拡張現実空間の構築に向けて

菅原研次[†] 木下哲男^{††} 白鳥則郎^{††}

[†]千葉工業大学情報工学科

^{††}東北大学電気通信研究所

本研究の目的は、オフィスや学校などの社会における人間の活動を支援するために、ネットワーク環境に拡張現実空間と呼ばれる仮想空間を構築する事である。ネットワーク技術、仮想現実技術、エージェント技術などを用いて、拡張現実空間で実現されている多くの機能を利用することにより、この空間に参加する人々の様々な社会的活動の能力を強化することができる。本論文では、拡張現実空間の概念の形式化、アーキテクチャの設計および人間の活動を支援する機能の定義を行っている。

Development of Augmented Realty Space

Kenji Sugawara[†], Tetsuo Kinoshita^{††}, Norio Shiratori^{††}

[†]Dept. of Computer Science, Chiba Institute of Technology

^{††}Research Insutitute of Electrical Communication, Tohoku University

The aim of this research is to develop an Augmented Reality Space which is a virtual reality space developed in a computer network system to support human activities in the real society such as offices, schools and so on. Many functions provided in the augmented reality space enhance abilities of persons who join the space, using the network technology, the virtual realty technology, software agent technology and so on. In this paper, we formalize a concept of augmented reality space, design the architecture and define the functions which support human activities.

1. はじめに

印刷技術の発展により、人間社会における記録の機能が強化され、通信技術の発展により情報の共有の機能が強化されてきた。これらの機能の強化は、人間の活動様式を変え、社会構造の変革に向かう強いインパクトとなってきた。インターネットに代表されるグローバルマルチメディアネットワーク技術と情報処理技術の発展は、人間の社会活動の能力を強化し、これに伴って、地球規模で社会構造の新しい変革を引き起こしつつあると言われている。

例えば、電子メール、ビデオ会議、WWWなどのマルチメディア通信技術は、人間の活動の空間的制約や時間的制約を取り払い、地球規模での新しい人間の関係を発現させ、このような技術の発展は、電子図書館、仮想企業、仮想大学などいわゆるサイバースペースと呼ばれるこれまで存在しなかった人間の協調作業やふれあいの場を形成しつつある。

サイバースペースを構築するために、マルチメディア通信技術や情報管理技術が実現するネットワークウェア技術と呼ばれる高度ネットワーク環境を構築する技術に加えて、ソーシャルウェア技術と呼ばれるサイバースペースの社会的枠組みを実現する要素技術と、パーセプチュアルウェア技術と呼ばれる、人間がサイバースペースに没入し、サイバースペースという場での活動をより簡単に効果的に行うための要素技術の概念とその体系が提案されている[JIP97]。

ソーシャルウェア技術、パーセプチュアルウェア技術およびネットワークウェア技術により構成されるサイバースペースは、人間の社会的活動を支援することを目的とする場を形成し、その社会的機能を協調する意味で、これはサイバー社会と呼ばれる。人間は、現実社会の活動とサイバー社会の活動を効果的に組み合わせ、より強化された新しい活動の場を形成することになるであろう。

この現実社会とサイバー社会を統合した場を拡張現実空間と呼ぶことにする。ソーシャルウェア技術やパーセプチュアルウェア技術は、現在実験の段階にあり、従ってこれによって引き起こされる現実社会の拡張も今のところ小さな度合いにとどまっている。しかし、この小さな拡張でさえ、電子経済の形成を引き起こしつつあり、文化や社会的活動におけるボーダーレス化あるいはグローバル化を促進しつつある。今後、この拡張の度合いの進展により、人間の活動様式の更なる変革が地球規模で進んでいくことになるであろう。

現実社会の拡張の方向はいくつか存在するであろうが、我々は、人間とソフトウェアエージェントの協調の場の強化に着目している。この強化は、最終的には人間-エージェント共生空間と呼ばれる空間を形成する[白鳥97]。以下、人間-エージェント共生空間を単に共生空間と呼ぶことにする。共生空間では、それぞれの人間の社会的活動を支援するため、人間とエージェントが対等の立場で協調しながらそれぞれの目的を達成し、さらにそれらの経験を社会的に蓄積し、再利用しながらより高度の知識や文化の共有を可能にする。

このような共生空間を実現するためには、工学だけではなく、社会科学、人文科学、環境科学などさまざまな分野の統合領域としての新しい科学技術領域を構築することが必要であると考えている。

本稿では、共生空間を実現するためのアプローチとして、人間の社会的活動をネットワークや人工知能などの技術を用いて強化し、新たな活動の場を形成する技術的課題に焦点を絞る。このように、形成された新しい場を現実の社会の拡張と考え、拡張現実空間と呼ぶことにする。このような技術の進展により、拡張の度合いは次第に増加し、さらに、これに他の領域の課題を統合することにより、最終的に共生空間が形成されるものと考えている。

2. 現実社会の強化と拡張

現実社会において、遠隔地に分散したメンバーの間で会議を行う場合には、互いのスケジュールを調整して日時を決め、交通手段を用いて移動し、集合することが一般的形態であろう。このように、多数の人間が協調作業を行う場合、さまざまな形態の空間的制約や時間的制約が存在し、これが協調作業の効率を阻害する原因になっている。

これに対して、ネットワーク技術やバーチャルリアリティ技術などを利用して、遠隔地に分散したメンバーが参加できる臨場感の高い仮想空間における仮想会議を実現できれば、これらのメンバーは空間的制約を乗り越えて、会議を開催できることになる[岸野92]。このように、現実空間に存在するさまざまな物理的制約に対して、これら乗り越える技術的手段を提供することは、これまで制約されてきた人間の社会的活動能力を強化することにつながり、物理的には存在しない仮想空間を社会的活動の場に利用できることは、現実社会を拡張していると解釈できる。

図1に現実社会の強化・拡張の模式図を物理的制約と社会的制約の2相平面上に示す。社会的制約とは人間が社会活動を行う上での規則や規範の強さ・多さを模式的に示した軸である。ここでは、現実空間は物理的制約の強い空間であり、サイバースペースとは必ずしも物理的制約に基づかず移動などの活動ができる空間である。サイバースペースは、ネットワークを利用することにより多数の人間が共有する仮想空間を意味するものとする。

現実空間では、社会的制約に基づいて活動することが要求される現実社会空間と、社会的規範に縛られない自由な活動をする空間に分類することにする。例えば、ディズニーランドなどが後者の例である。一方、サイバースペースも、社会的制約に基づいて活動することが要求されるサイバー社会の空間と、社会的規範に縛られない自由な活動をする空間に分類される。後者の例として、対

戦型ゲームを含むさまざまなアミューズメント空間が考えられるであろう。

サイバー社会では、現実社会で確立しているプライバシーなどのさまざまな権利を守るための機構が実現される必要があり、その条件のもとでネットワーク技術、情報処理技術、エージェント技術などを利用して実現される人間の社会的活動が強化される。商取引やオークションなどのサイバー社会における行為の結果は、現実社会での物の移動や、金銭などの対価の移動を引き起こし、また、現実世界で生じた事象はサイバー社会の状態に正確に反映されることが必要である。この、現実社会とサイバー社会の現実感を伴う対応関係の成立とこれを維持するメカニズムは、この二つを統合した拡張現実空間を形成する上で重要な要素となる。

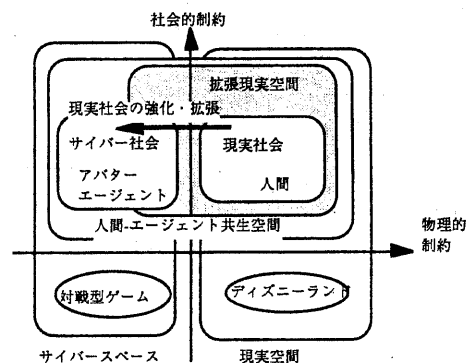


図1 現実社会の強化・拡張

3. 拡張現実空間の構成

図2に拡張現実空間の構成を示す。拡張現実空間は、現実社会、共生空間インターフェース、共生空間基盤およびやわらかいネットワークのサブシステムから構成される。

(1) 共生空間基盤

共生空間基盤とは、ソフトウェアエージェント(以下略してエージェントと呼ぶ)、オブジェクト(計算手続き、データ/知識)の集合であり、

現実社会から要求された情報処理を実現するソフトウェア集合である。共生空間基盤では、さまざまな役割や機能を持つエージェントが定義され、共生空間インタフェースのアバターを通して利用者の要求を協調的に処理する。エージェント間には協調・交渉のプロトコルが定義されており、必要に応じてこれらのプロトコルを用いて、協調処理を行う。また、エージェント化されない計算手続き、データ/知識などはオブジェクトとよばれ、エージェントにより利用される。

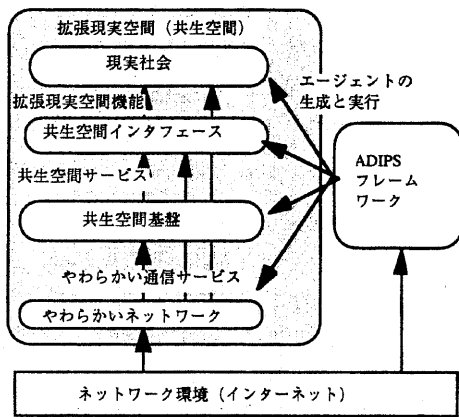


図2 共生空間アーキテクチャ

(2) 共生空間インタフェース

共生空間インターフェースは現実社会と共生空間の相互作用を行うための場であり、共生空間インタフェースはサイバー社会の現実感を形成する役割を持つ。共生空間インターフェースは拡張現実空間環境モデルと、その場で協調する人間やエージェントを表現するアバターの集合から構成される。現実社会で活動する人間は、さまざまな装置/パーソナルコンピュータを通して共生空間インタフェースにアクセスし、そこで定義されているアバターやオブジェクトと相互作用を行うことにより、目的としたサービスを受けることができる。

サイバー社会の現実感は、社会的現実感と感覚

的現実感を基本的要素として、これを組み合わせることにより得られる。社会的現実感はサイバー社会に参加する人間の間で共有される合意により形成される論理的現実感であり、この論理的現実感に基づいてサイバー社会の環境やものが定義される。サイバー社会の環境としては、現実社会の店舗やオフィスビルなどの町並みなどを模擬した空間構造の論理的モデルと機能のモデル、およびそこで守られるべき社会的規範のモデルが定義される。社会的規範は、現実社会のメタファとしてのサイバー社会の規範と、サイバー社会の機能を多数の人間が共有する上で必要なサイバー社会独自の規範に分類される。また、サイバー社会でのセキュリティ、安定性、頑健性などを維持する仕組みも必要である。

一方、感覚的現実感は、これらの環境やものに対して、知覚や感性を用いて、論理的に表現できない現実感の部分を個々の利用者ごとに形成する役割を持つ。すなわち、感覚的現実感は利用者個人とサイバー社会のインタフェースの感覚的側面を強化する役割を持つ。例えば、アバターの持つ雰囲気あるいは性格の表現などは感覚的現実感である。

(3) やわらかいネットワーク

やわらかいネットワークは、現実社会における直接的コミュニケーション、共生空間インタフェースを通じた人間間や人間エージェント間のコミュニケーション、共生空間基盤でのエージェント間のコミュニケーションを実現するための知的で柔軟な通信機能を提供する。やわらかいネットワークは、利用者の多様な処理要求やその変更に対して自律的にサービスを変更し、あるいはやわらかいネットワークの基盤となる通信プラットフォームの機能/性能の変動に対して、自律的調整・回復機能を用いて、安定したサービスを提供する機能を持つ。

4. 拡張現実空間の機能

拡張現実空間では、現実社会で行われるさまざまな行為を支援する機能、および現実社会では不可能ではあるがサイバー社会で必要となる新しい活動能力を実現する機能を実現することが必要である。以下に主な機能を列挙する。

(1) 仮想空間構成機能

多地点に分散する利用者や操作対象設備を一つの現実感を持った空間に組み込む機能。たとえば、仮想会議室、仮想教室、遠隔操作、遠隔治療、仮想コンサートホール、仮想競技場などの実現に使われる機能要素である。

(2) 協調場形成機能

企業やプロジェクトチームなど、共通の目的を持った人間の集団が作業計画に基づいて協同作業を行う場を提供し、これを支援する機能。ワークフローに基づいて作業過程を効果的に遂行できるオフィス環境の構成や、作業を支援するソフトウェアエージェントの提供を行う機能である。在宅勤務、バーチャルコーポレーション、協同設計、研究支援などの実現に使われる機能要素である。

(3) 利用者支援機能

利用者の要求を理解し、利用者に代わって、サイバー社会でのさまざまな作業を代行する機能。インターフェースエージェントやさまざまなタスクを処理するエージェントが必要となる。

(4) ふれあい支援機能

人間の偶然の出逢いを支援する機能である。公園、バーチャルショッピングモール、バーチャルスクールなどで、出会った人と情報を交換したり共感を形成する機能である。

(5) コミュニティ形成機能

趣味などのように、利潤を目的としないで自由に参加できる集団の活動を形成し、この場におけるさまざまな行為を支援する機能。

(6) 契約・売買行為等支援機能

バーチャルショッピングモールやオークション

などでの売買行為や、その他の契約行為を支援する機能である。現実社会での商品や原料や対価などの移動を引き起こす。また、これらの行為のセキュリティ機能は重要である。

5. 拡張現実空間構築へのアプローチと現状

本節では、我々の研究プロジェクトにおける、上記の拡張現実空間の構築に向けたアプローチについて述べる。本プロジェクトの最終目標である4章で述べた機能を実現するための人間-エージェント共生空間のアーキテクチャを図2に示す。現在、4章の機能の中で、番号の小さい順に優先して実現し、現実社会空間の拡張の度合いを増加させていく予定である。

拡張現実空間のサブシステムであるやわらかいネットワーク、共生空間基盤及び共生空間インタフェースはエージェント指向アーキテクチャを採用している。全体としては以下の機能設計および実現を行う。

(A) エージェント指向コンピューティング基盤の設計と実装

エージェントを設計し、プログラミングし動作させるためのフレームワークとして、ADIPSフレームワークを提案している[藤田96]。現在C++を用いて、実装したADIPS環境が提供されている。

(B) やわらかいネットワーク

やわらかいネットワークの概念の提案、および一般的設計モデルの提案が終了している[Shiratori94]。現在テストベッドとして、ビデオ会議サービスの領域を選定し、やわらかいビデオ会議システムの設計、実装、評価を行っている。今後、ネットワークサービスの領域を増やすことが課題となっている。

(C) 共生空間基盤

4章で述べた拡張現実空間の(1)(2)(3)の機能に対応するエージェントの設計を開始している。テストベッドとして、ビジネスワーク支援問題、教

育支援問題を選定している。

(D) 共生空間インタフェース

共生空間の構造とオブジェクトの基本モデルの提案と、アバターの役割・機能の提案を行っている。ビジネスワーク支援問題の例題として簡単なサイバーオフィスを試作中である。今後サイバースクールなどの例題も試作し、評価する予定である。

6. おわりに

ネットワーク環境を新たな社会的活動の場とすることにより、物理的制約を乗り越えて、個人が多様なそしてより効率的な活動を行えるサイバー社会の到来が期待されている。21世紀にいたる様々な社会的閉塞状況や環境問題に対処するためにも、より効果的なサイバー社会を提供することは、技術的にも極めて魅力的な課題である。このようなサイバー社会を構築するためには、工学だけではなく、社会科学、人文科学、環境科学などさまざまな分野の統合領域としての新しい科学技術領域を構築することが必要であると考えている。

本稿では、このようなサイバー社会（共生空間）を目指したアプローチとして、現実社会の機能を少しずつ強化して得られる拡張現実空間という概念を提案し、これを実現するための、我々の研究プロジェクトの基本構想と現状について述べた。

謝辞

本研究の一部は、情報処理振興事業協会の創造的ソフトウェア育成事業「インターネットによる教育・会議のためのやわらかい発想支援環境」プロジェクトの成果に基づいている。また、日頃御討論頂く、日本情報処理開発協会・「ネットワークAI」専門委員会の委員の皆様、およびFASE21プロジェクトの皆様へ深謝します。

参考文献

- [JIP97]大須賀, 他, 知的情報技術と利用の動向に関する調査研究報告書「ネットワークAI」, 日本情報処理開発協会, 1997年3月
- [白鳥97]白鳥, 木下, 菅原, 共生空間の実現にむけて「ポストモダン分散システム」, 電子情報通信学会誌, Vol.80, No.2, pp.165-168, 1997
- [藤田96]藤田, 菅原, 木下, 白鳥, 分散処理システムのエージェント指向アーキテクチャ, Vol.37, No.5, pp.840-852, 1996
- [Shiratori94]N. Shiratori, et al., "Flexible Networks: Basic concepts and architecture," IEICE Trans. Communi., Vol. E77-B, No.11, pp.1287-1294, 1994
- [岸野92]岸野, ヒューマンコミュニケーション「臨場感通信」, テレビジョン学会誌, Vol.46, No.6, pp.698-702, 1992