

**アメリカ合衆国における超臨場感の実現に係る
映像系・音声系技術分野における研究開発動向
等に関する調査**

2010 年 3 月

NICT ワシントン事務所

委託先 **WASHINGTON | CORE**

目 次

1	アメリカ合衆国におけるコモン・バーチャル環境に関する研究開発の状況	2
1.1	コモン・バーチャル環境の主要技術	4
1.2	コモン・バーチャル環境 R&D サポートの経緯	6
1.3	連邦 IT R&D ポートフォリオにおけるコモン・バーチャル環境	10
2	連邦政府が支援するコモン・バーチャル環境に関する主要プログラムとその狙い	11
2.1	全米科学財団	11
2.2	国防高等研究計画局	16
2.3	その他の国防総省研究	18
2.4	国立衛生研究所	21
2.5	その他連邦政府機関	23
3	コモン・バーチャル環境に関する主要 R&D 研究機関のプロファイル	24
3.1	政府研究機関	24
3.2	大学研究機関	37
3.3	民間研究所	48
4	コモン・バーチャル環境に係る今後の R&D の展開・方向性	55
4.1	コモン・バーチャル環境における主な動き	55
4.2	コモン・バーチャル R&D 投資の傾向	56

1 アメリカ合衆国におけるコモン・バーチャル環境に関する研究開発の状況

米国では、「バーチャル・リアリティ (virtual reality)」または「コモンバーチャル (Common Virtual)」に対する一般的概念は、ここ 20 年強の間であまり変化していない。言葉自体は、1980 年代半ば、カリフォルニア州にある米航空宇宙局エイムズ研究所 (NASA Ames Research Center) で当時実施されていた没入型ヒューマン・コンピュータ・インターフェースに関する研究を説明するため、コンピュータ科学者の Jaron Lanier 氏が使ったことで一般に知られるようになった。バーチャル・リアリティ/コモン・バーチャルの従来の定義のひとつは、以下のようなものである：

オブジェクト(対象)が空間的臨場感を持つ双方向 3 次元 (3D) 世界の効果を創出することを目的とした、コンピュータ技術の利用

この定義は、バーチャル環境において、ユーザーとオブジェクトの間に存在する空間の視覚関係に焦点を置いている。現在のコモン・バーチャルに関する研究のほとんどは、視覚化に注目しており、他の感覚(聴覚、味覚、嗅覚、触覚)に訴えるシミュレーション構築には、あまり関心が向けられていない。例えば、ビジュアルとオーディオ・オブジェクトをエミュレートするヘルメット搭載型ディスプレイ (HMD: helmet-mounted displays) の開発には、現在も多額の投資が行われている。この技術は、サイエンス・フィクションのテレビ番組シリーズ「スタートレック:ネクスト・ジェネレーション (Star Trek: The Next Generation)」に登場する“ホロデッキ (holodeck)”に匹敵するような、臨場感が高く、また完全没入型の環境の実現からは、かなり隔たりがある。

グラフィクス処理技術とコンピュータ・レンダリング・アルゴリズムにおける最近の進歩は、没入型視覚体験の開発を、はるかに実現可能なものにした。その結果、研究開発 (R&D) 予算は、コモン・バーチャル技術の他のコンポーネント開発に充てられるようになってきた (1.1 章参照)。例えば、今では多くの民間企業が、触覚 (ハプティクス) ベースの製品、すなわち、ユーザーの体の動きや手のジェスチャーを使って、ソフトウェアのコントロールを可能にする技術をデモンストレーションしている¹。

¹ <http://www.nytimes.com/2010/01/12/technology/personaltech/12gesture.html>.

米国政府は通常、コモン・バーチャル技術それ自体の開発には資金を出さないが、政府機関に対しては、一部の広範なミッション達成への支援を約束している。最近まで、開発プログラムは主に、訓練を目的とするコモン・バーチャル環境の開発に焦点を置いていた。例えば、国防総省 (DOD: Department of Defense) にとって、軍事演習の実施は非常に高価で、また危険でもある。訓練シミュレーションにコモン・バーチャル環境を使えば、長期的に見て費用は格段に抑えられ、訓練によるケガや事故死を避けられる可能性がある。米航空宇宙局 (NASA: National Aeronautics and Space Administration) をはじめ、国立衛生研究所 (NIH: National Institutes of Health) は外科訓練のため、また、内務省 (DOI: Department of Interior) は消防士訓練のため、そして他にも多くの法執行機関が、訓練を目的としたコモン・バーチャル・シミュレーションに同様の関心を示している。同領域へ向けられた新たな関心は、特にイラクやアフガン戦争で負傷した復員兵を対象とした、フィジカル・セラピーとリハビリテーションのためのコモン・バーチャル環境の潜在的可能性によってもけん引されている。

ここ 3 年は、コモン・バーチャル関連ではあるが、やや異なる技術ドメインであるバーチャル世界 (virtual worlds) に対する政府投資額が大幅に増加した。バーチャル世界への関心は、「ワールド・オブ・ウォークラフト (World of Warcraft)」のような、大規模なマルチ・プレイヤー型オンライン・ロールプレイング・ゲーム (MMORG) の開発に端を発する。この傾向は、コミュニケーションとインタラクシヨンの新しいモードとしてのオンライン世界の台頭につながった。リンデン・ラボ (Linden Labs) 社の「セカンドライフ (Second Life)」は、そのようなプラットフォームの代表例である。

ほとんどのバーチャル世界プラットフォームは、没入型ユーザー・インターフェースに依存しないという点で、コモン・バーチャル環境とは異なる。代わりに、これらプラットフォームは通常、典型的なコンピュータ経由でアクセスが可能であり、ユーザーはバーチャル世界で“キャラクター”を創出する。キャラクター (アバター) は、それぞれ独自の外観を持ち、バーチャル世界におけるユーザーの分身となる。コモン・バーチャル環境では、ユーザーがソフトウェア・ベースのオブジェクトや環境とインタラクトする空間の創出に注力する傾向があるのに対し、バーチャル世界は、人間同士の交流を促す空間を創造する。

バーチャル世界とコモン・バーチャル環境は、異なる 2 種類の双方向プラットフォームだが、両者は融合しつつある。米国連邦政府においてバーチャル世界は、訓練と遠隔協調 (コラボレーション) の両目的に使用できるプラットフォームとして認識されている。没入型バーチャル世界の創造は、ユーザー体験を向上し、その結果、今日のシミュレーションよりもさらに大きな影響を持つ可能性がある。

本稿では、コモン・バーチャル環境の開発に関する現状と傾向について議論する。その一方で、バーチャル世界は異なるトピックだが、その領域で実施されている研究は、コモン・バーチャル環境の進化に多大な意味を持つ。従って、本稿では両トピックについて取り上げることとする。

1.1 コモン・バーチャル環境の主要技術

コンピュータ・ベースの没入型コモン・バーチャル環境の構築は、非常に複雑な作業である。1980年代に起きたコモン・バーチャル研究の最初のブームでは、ヘッド搭載型ディスプレイや、(手のジェスチャーでコンピュータを制御するための)コンピュータ“グローブ”、そして 360 度パノラマ・グラフィクスといった技術は、コモン・バーチャル環境に必要な全ての要素を提供すると考えられていた。研究者は間もなく、それらコンポーネントは、真に現実的なバーチャル環境構築に向けた最初の一步に過ぎないことを発見した²。

物理的実態を再現するため、技術開発者は、人間がその周辺環境といかにインタラクトするかに関する全ての要素を理解し、対処しなければならない。それら全要素を同定する方法の一つであり、またその実現に必要な技術は、コモン・バーチャル環境の認識(ユーザーの認識から、環境がどのように人工的にレンダリングされるか)と、環境とのインタラクション(ユーザーの行動が、バーチャル環境にどのように影響を与えるか)間の様々な知覚フィードバック・ループを解明することである。

² “Whatever Happened To...Virtual Reality?” at
http://spaceresearch.nasa.gov/general_info/21jun_vr_lite.html.

表 1: 没入型コモン・バーチャル環境に関するコンポーネント技術

知覚フィードバック	説明	インタラクション	代表的技術
視角関連	遠近感、明暗、意識、そして動きに基づきオブジェクトを見ること	視線、周辺視野	3D グラフィクス (3-D graphics) アニメーション(Animation) 360 度ディスプレイ (360-degree displays) 幾何学的モデリング (Geometric modeling) 視線追跡(Eye tracking)
聴覚関連	音生成の方向と距離に基づくステレオ・ヒアリング	音声で指示と会話をする能力	ステレオ音声レンダリング (Stereo sound rendering) 音声認識(Voice recognition) 音声合成(Speech synthesis) 音忠実度制御 (Audio fidelity control)
触覚関連	接触、熱、そして力などの皮膚の感覚を感じる能力	手とその他身体部位を使い環境を操作する能力	カフィードバック (Force feedback) ハプティクス(Haptics) 温度模倣 (Temperature emulation)
嗅覚関連	方向、距離、風、そしてその他要因に基づき匂いを嗅ぐ能力	バイオロジー(汗など)または行動(料理など)に伴う匂いの生成	嗅覚シミュレーション (Olfactory stimulation) 嗅覚模倣 (Olfactory emulation)
味覚関連	その性質に基づき環境に存在するオブジェクトを味わう能力	行動(料理など)に基づきオブジェクトの味を変える能力	味覚シミュレーション (Gustatory stimulation) 味覚の分析と模倣 (Taste analysis and emulation)
その他	環境からのその他の非視覚的キュー(合図)。バランス/均衡、動き、重力など	吐き気、病気、不均衡などに基づく環境認知の修正	前庭知覚シミュレーション(均衡) (Vestibular sensory stimulation (equilibrium)) 生理学的心理学 (Physiological psychology)

出典: ワシントンコア

これら技術のうち一部では目覚ましい進歩が見られたが、そうでないものもある。例えば、コンピュータ・レンダリングとビジュアル・ディスプレイは、政府と民間セクター双方から集中的に投資を受けてきた。最近の“アバター(Avatar)”のような人気 3D 映画の成功は、写真のように現実に忠実なビジュアル環境を創出する技術が商業化されているだけでなく、マス市場向けアプリケーションにおいても手頃な費用で利用される可能性があることを示唆している。視線追跡やハプティクスといった特定の形態のヒューマン・コンピュータ・インタラクションは、まだ極めて未発達ながら、近い将来に多大な進歩を遂げるところまで来ているように思われる。

一方、嗅覚あるいは味覚シミュレーション生成のためにコンピュータ技術を利用する試みは、ごく限定的に実施されてきたにすぎない。科学者たちは、人間が置かれた環境を理解し、それに反応するために非視覚的キュー(合図)を利用する際のプロセスを理解するための研究を、今も続けている。基礎生物学と生理学におけるいくつかの部分の理解が進むまで、それら感覚をコモン・バーチャル環境で実現する技術の開発は困難が予想される。

コモン・バーチャル環境構築において非常に重要な機能は、それら全ての技術を単一プラットフォーム、またはシステムへ統合することである。中でもソフトウェア・システムは、環境の全側面を追跡し、それらコンポーネントごとの機能を同期させる必要がある。例えば、ユーザーが椅子に触る場合、ソフトウェアはそれを検知し、ユーザーが椅子を押そうとすれば椅子の重さを模倣した力フィードバックを生成し、同時に椅子が床をこすっているような音を再生しなければならない。

1.2 コモン・バーチャル環境 R&D サポートの経緯

情報技術分野におけるその他多くのイノベーションと同じように、コモン・バーチャルは、政府機関が出資して大学で実施される研究として始まった。高度コンピュータ・グラフィクス、特に 3D モデリングに関する 1960 年代の初期の研究はマサチューセッツ工科大学(MIT)とハーバード大学で行われ、その後 1970 年代にはコタ大学で行われた。これらの研究には、主に全米科学財団(NSF: National Science Foundation)と国防高等研究計画局(DARPA)が出資した。ヘッド搭載型ディスプレイ第一号は、DARPA、海軍研究事務所(Office of Naval Research)、中央情報局(Central Intelligence Agency)、そして AT&T ベル研究所(AT&T Bell Laboratories)から資金を得て、1970 年代初めに開発された。空軍(Air Force)、ベル・ヘリコプター(Bell Helicopter)、そして MIT リンカーン研究所(MIT Lincoln Laboratory)は、機器支給の形で追加支援を行った。このことは、コモン・バーチャルが政府からだけでなく、企業や大学からも同様に資金を調達できることを実証した。

しかし、コモン・バーチャルの開発は、臨場感のある訓練シミュレーターといった、軍部や商業・アプリケーションの要件を満たすには、基礎技術が不十分だったことから、1980 年代に失速した。1990 年代に同分野は再び成長を始めたが、それは主に、ビデオゲームと娯楽業界におけるコンピュータ・グラフィクスの進歩に起因する。例えば、グラフィクス画像表示のための高度ソフトウェア・エンジンは、George Lucas 監督が所有する特殊効果スタジオであるインダストリアル・ライト・アンド・マジック (ILM: Industrial Light & Magic) で開発された。その技術は、ILM から分離独立して新設されたピクサー・アニメーション・スタジオ (Pixar Animation Studios) に引き継がれた。ピクサーは、最終的にレンダーマン (Renderman) ソフトウェア・パッケージを開発し、それを使って映画「トイ・ストーリー (Toy Story)」を制作した。トイ・ストーリーは、コンピュータ・アニメーションだけで作られた最初の長編映画である。

娯楽セクターによる投資に続き、コモン・バーチャルは DOD から新たなサポートを得ている。1990 年代後半、DOD は請負業者が開発する主要武器システム全てについて、試作品製造に入る前に、まずコンピュータ・モデルを作成することを求めた。DOD におけるコンピュータ・モデリングとシミュレーション・プログラム予算は、1998 年までに 25 億ドルに達した。2001 年以降は、911 同時多発テロに続く動きの中で、新たな軍事理論である“ネットワーク中心型戦争 (network-centric warfare)”に備え兵士を再訓練するため、軍部がシミュレーションの必要性を再び認識している。ネットワーク中心型戦争は、イラク侵攻が最初の大きな試験の場となった。2009 年現在のモデリングとシミュレーション研究予算は、陸軍だけで 30 億ドルを超えた。研究の大部分は、ビデオゲーム・ソフトウェア・システムに基づく戦争のシミュレーション・ゲームに焦点を置いており、複数の兵士グループが、共通の環境で一緒に訓練することができる。

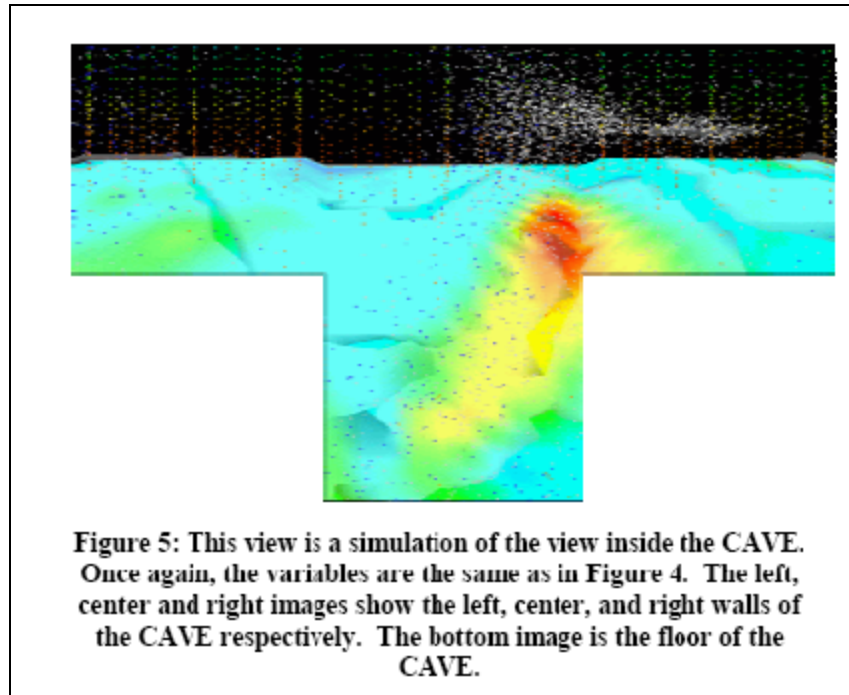
1990 年代後半からは、NIH などのバイオ医療研究機関も、没入型コモン・バーチャル環境開発への投資を増やしている。投資の主な動機は、医師と看護師を訓練するためのコモン・バーチャル・シミュレーションの利用である。外科処置が複雑さと精巧さを増す中、医療従事者は現実的な状況下で、しかし本物の人間の患者をリスクにさらすことなく、それら処置を実行できるようになる必要がある。バーチャル外科処置室は、外科チームが互いに、また擬似患者とインタラクトできるようにすることで、その実現を助けるものである。バーチャル外科処置室では、指導的立場にある外科医が、手術中の予期せぬ事態発生などの異なる種類の危機的状況を再現し、そうした状況への外科チームの対応を試すこともできる。

コモン・バーチャル環境のもう一つの有力医療アプリケーションとして、リハビリテーションとセラピーが挙げられる。DOD は、米統合ヘルス・サービス (U.S. Uniformed Health Service) と呼ばれる独自の医療サービスを手掛けており、重傷 (手足の切断や脳損傷など) を負った退役軍人について、彼らが退院する前に、その生活がいかに変わったかに慣れさせるにはどうすればいいか、軍医が模索を続けてきた。コモン・バーチャルは、外の世界で日常のタスクにいかに対処すればいいかについて、患者に現実的なアイデアを与えることができる。医療研究における別の新たな領域は、特に心的外傷後ストレス障害対策を含む、心理療法へのコモン・バーチャル環境の応用である。心理療法を受ける患者は、バーチャル環境で練習を積むことで自らをリスクにさらすことなく、不安や恐怖症の原因に直面することを学ぶことができる。

これらの比較的最近のアプリケーションは、コモン・バーチャルに対する新アプローチのケイブ自動バーチャル環境 (CAVE: Cave Automatic Virtual Environment) の開発によって前進した。CAVE システムは、制約を伴うヘッド搭載型ディスプレイやパワー・グローブ、そして同じように大きな入力システムの必要性を排除することで、より現実的な没入型環境の構築を目指している。それらの代わりにユーザーは、センサーと 3D 液晶メガネが装備されたボディースーツを着用し、大型プロジェクション・スクリーンが設置された部屋に歩いて入る。壁や天井、床にプロジェクターによって投影された画像は、システムのソフトウェアとユーザーの動きによって操作され、変更される。重い入力・出力機器の負担から解放されたユーザーが物理的空間を歩くことから、CAVE システムは、コモン・バーチャルの更に“自然な”形であると言える。3D 画像レンダリング技術によってユーザーの認知感覚が変わるため、CAVE に使われる部屋は、実際よりもかなり大きく見える。一方、CAVE の限界は、全ての画像が 2 次元の平面な壁に表示されるため、ユーザーはすぐ間近にあるように見えるオブジェクトに触れることができるという感覚を失うことである。CAVE 第一号はイリノイ大学で開発され、同大学が今も“CAVE”という言葉のトレードマークを所有する。CAVE システムは現在、フェイクスペース・システムズ (Fakespace Systems) 社など、イリノイ大学からライセンス供与を受けた数社から市販されている。

今では CAVE システムは、写実的コモン・バーチャル・シミュレーション以外のアプリケーションにも使われている。大規模データセットの視覚化と操作は、CAVE 技術が応用され伸びている領域の一つである。データが抽象的な 3D の形で表示されれば、科学者やエンジニアは、大量のデータをより簡単に理解できる。例えば、実験で生成されたデータは、位相的な“地形 (landscape)”として描かれ、その地形の“表面”にある山や谷が、特定の関心事項のパターン、あるいは現象を示す。

図 1. CAVE ディスプレイにおける気象データ・ビューのイラスト



出典: Jackson State University, Visualization Laboratory,
case study on Meteorology in Virtual Reality³

より最近では、セカンドライフやアクティブワールド (ActiveWorlds) といった比較的簡単なオンライン・バーチャル世界の人気急増が、連邦政府機関の関心を集めている。バーチャル世界は、そこに示されるものが、厳密には“本物”でないとしても、大規模なコミュニケーションと協調(コラボレーション)促進の機会を提示する。2008年以來、バーチャル世界のための連邦コンソーシアム (Federal Consortium for Virtual Worlds) は年次会議を開催し、連邦政府機関におけるバーチャル世界応用の可能性を探っている。

³ http://vislab.jsu.edu/VIS/metvr_8.pdf.

1.3 連邦 IT R&D ポートフォリオにおけるコモン・バーチャル環境

コモン・バーチャル環境に関する米政府の研究開発予算総額を推定する方法はない。何度か推定値の試算を試みたが、いずれも以下に示す 2 つの事情のために上手く行かなかった：

1. 1.1 章の表に示したコモン・バーチャル環境のコンポーネント技術は、非常に多様性に富む一連のプログラムの下、異なる研究の流れの中で開発される。それら技術に焦点を置く R&D プロジェクトは、多くの機関と多くの異なる研究イニシアチブにまたがっており、全機関の研究プログラムを系統的に検索して包括的サマリーを出すのは不可能である。
2. コモン・バーチャル環境技術に対する実際の投資額は、連邦 IT R&D 予算のうちの比較的小さな一部に過ぎない。従って、そのような研究の予算は、十分に詳細なレベルでは公開されない。例えば、省庁横断型の「ネットワーキングと IT R&D プログラム (Networking & IT R&D program)」では、コモン・バーチャル研究は、「ヒューマン・コンピュータ・インタラクションと情報管理 (HCI & IM: Human Computer Interaction and Information Management)」の研究目的の一部として分類される。詳しく言えば、コモン・バーチャルは、HCI & IMの下で実施される約 12 のイニシアチブの一つである「ヒューマン・イン・ザ・ループ (human-in-the-loop)」イニシアチブの約 8 つあるコンポーネントのうちの一つである。HCI & IMの総合予算は年間約 2億 5,000 万ドルだが、そのうちいくらコモン・バーチャル研究に充てられるかを特定する方法はない(少なくとも、比較的小さい割合であることは確かである)。

NITRD プログラム・オフィス (NITRD Program Office) は、コモン・バーチャル関連研究を行っている可能性のある機関として、NSF、DARPA、国立標準規格技術院 (NIST)、NASA、国立海洋大気圏局 (NOAA)、環境保護庁 (EPA) の 6 機関を挙げている。しかし、コモン・バーチャル環境に関する開発の大部分は、医療訓練とセラピー用、特に DOD の医療組織と退役軍人局 (VA: Department of Veterans Affairs) 関連のシミュレーションである。それらグループはいずれも NITRD プログラムに参画しておらず、また研究予算について詳細をあまり発表していない。個々の機関における特定プログラムを調べたところ、最大 15 の主要プロジェクトが明らかになった。それらの予算は平均で年間 100 万ドルから 500 万ドルのレベルである。これは、今日の没入型コモン・バーチャルの予算が、年間 1,500 万ドルから 7,500 万ドル程度であり、おそらくその下限に近いであろうことを意味する。次章では、機関レベルの予算に関する情報を、可能な限り各プロフィールの中で紹介した。

2 連邦政府が支援するコモン・バーチャル環境に関する主要プログラムとその狙い

前章で述べたように、没入型コモン・バーチャルに関する米連邦政府の R&D は、複数の機関にまたがり実施されており、それら多くの研究プログラムやプロジェクトを中央で調整する仕組みは存在しない。そのようなプロジェクトの多くは、兵士の訓練用シミュレーターの開発といった特定アプリケーションのプログラムに組み込まれている。このような事情から、この領域の R&D の一部は一般には見えてこない。以下の機関プロフィールは、コモン・バーチャル環境開発に最も関連性があるプログラムを検索し、そのような研究に対する各機関のコミットメントが明示されたプロジェクトを特定することによって作成した。

2.1 全米科学財団

全米科学財団(NSF)は、大学で実施される基礎研究に対する助成金分配を主に担っている。コモン・バーチャル・システム研究は、基礎研究というよりは、むしろ実際のシステム開発に比較的近い。しかし、コンポーネント技術の多くは、まだ初期段階にあり、研究者はそのような技術の構築方法について、限られた知識しか持たない。従って、コモン・バーチャル環境に関する研究の特定の側面は、NSF の視点から“基礎研究”と見なされる。

没入型コモン・バーチャルは、次に述べる 2 つの理由から、NSF プログラム内部で関心が高まっているトピックでもある。第一に、ソーシャル・システムと情報技術を統合したバーチャル世界とオンライン・ゲームには、大きな期待感があることが挙げられる。複数のコモン・バーチャル・プロジェクトが、バーチャル世界研究と関連付けて設計されている。第二に、真の没入型コモン・バーチャル環境の開発には、ソフトウェアとハードウェアを超え、生理学、心理学、そしてソーシャル・コミュニケーションを含む多くの異なる種類の知識の統合が必要不可欠である。NSF は、複数の学問分野に関する研究の一体化には、最も重要な発見をもたらす傾向があるという論理的根拠に基づき、学際的な研究トピックへのサポートを増やしている。コモン・バーチャル・システムは、学際的知識の応用成功例である。

学際的研究を推進しているとはいえ、NSF 自体は、従来の科学的領域に従った複数の局から構成される：

- 生物科学 (Biological Sciences)
- コンピュータ・情報科学・エンジニアリング (CISE: Computer and Information Sciences and Engineering)
- エンジニアリング (Engineering)

- 地球科学 (Geosciences)
- 数学・物理科学 (MPS: Mathematics and Physical Sciences)
- 社会的行動的経済科学 (SBES: Social, Behavioral and Economic Sciences)

コモン・バーチャルは、エンジニアリング局の電気エンジニアリング・セクションなどの複数の局に渡りアプリケーションの研究開発が実施されている。しかし、コモン・バーチャルの基礎技術は情報技術であることから、関連研究の大部分は CISE 局の出資で実施されている。

CISE 局 (CISE Directorate)

CISE 局は、以下に示す 3 部門から構成される：

- コンピューティングとコミュニケーション基盤部 (CCF: Computing and Communication Foundations division)。コンピューティング理論、アルゴリズム、およびコンピュータ・ハードウェアとソフトウェア向けアーキテクチャに注力。
- コンピュータとネットワーク・システム部 (CNS: Computer and Network Systems division)。統合システムとしてのコンピュータとネットワークに関する研究、およびコンピュータとネットワークの分析を可能にするツールと概念の開発をサポート。
- 情報とインテリジェント・システム部 (IIS: Information and Intelligent Systems division)。人間の活動、コンピュータ技術、および情報科学の共通部分を調査する。

コモン・バーチャル研究は、おもに IIS で集中して実施されている。IIS は、人間中心型コンピューティング (Human-Centered Computing) (ヒューマン コンピュータ・インタラクションを含む)、情報統合とインフォマティクス (Information Integration and Informatics) (人間によるデジタル情報とコンテンツの解釈を可能にする技術に注力)、およびグラフィクスと視覚化 (Graphics and Visualization) に関するプログラムを助成してきた。IIS が助成した最近のプロジェクトの一部を以下に紹介する：

表 2: コモン・バーチャル環境に関する IIS 助成プロジェクトのサンプル

プロジェクト名	研究者・機関	助成金額	概要
インターネットを利用した複数ユーザー共有触覚協調のための受動ベース分散型フレームワーク (Passivity-Based Distributed Frameworks for Multiuser Shared Haptic Collaboration over the Internet)	Dongjun Lee テネシー大学ノックスビル校 (University of Tennessee at Knoxville)	\$266,000	分散ロケーションの複数ユーザーを対象にした、共有バーチャル環境における触覚(触知性)インタラクションとコミュニケーション体験を可能にする論理的基盤とアルゴリズムの開発
物理的ベース・シミュレーションのためのサウンド・レンダリング (Sound Rendering for Physically Based Simulation)	Doug James コーネル大学 (Cornell University)	\$508,000	コモン・バーチャル環境において、物理的活動に現実的に呼応するサウンドを生成するアルゴリズムの開発(ユーザーが水溜りに足を踏み入れた時の水が跳ねる音など)
社交性のあるアバターの設計と評価 (Design and Evaluation of Socially Engaging Avatars)	Zhigang Deng ヒューストン大学 (University of Houston) James Blascovich (カリフォルニア大学サンタ・バーバラ校 (Univ. of California at Santa Barbara))	\$498,000	ユーザーの行動を受けて、非言語的ジェスチャーやその他の人間的感情表現をするデジタル・アバターの実現
触覚による形の識別、および器用な操作のためのハンド搭載型触覚ディスプレイ (Hand-Mounted Tactile Displays for Haptically Identifying Shape and Dexterous Manipulation)	Hong Tan パデュー大学 (Purdue University) William Provancher ユタ大学 (University of Utah)	\$1,200,000	コモン・バーチャル環境において、ユーザーのために現実的触感を生成するハンドヘルド機器開発に向けた初期研究

プロジェクト名	研究者・機関	助成金額	概要
マルチ・スクリーン没入型バーチャル環境におけるタイル型ディスプレイの性能への影響 (The Effect of Tiled Display on Performance in Multi-Screen Immersive Virtual Environments)	Ann McNamara テキサス A&M 大学 (Texas A&M University)	\$266,000	マルチ・スクリーン・コモン・バーチャル・ディスプレイに関するタイル型画像ディスプレイ・フォーマットと連続画像ディスプレイ・フォーマットのコストおよび性能比較
バーチャルな礼節、信頼、アバター—セカンドライフにおける民族学 (Virtual Civility, Trust, and Avatars--Ethnology in Second Life)	Eiko Ikegami ニュー・スクール大学 (The New School University)	\$149,000	セカンドライフの特定サイトが、オンライン・ユーザー間の共有文化発生とアバターの行動を通じ、いかにユーザー間の深い信頼レベル構築を推進できたかに関する研究

出典：NSF データに基づきワシントンコア作成

IIS の他にも、バーチャル環境構築を支援するハードウェアおよびソフトウェアの実際のシステムにより焦点を絞った形で、CNS もコモン・バーチャル・システムに関する研究の一部に出資している。最近のプロジェクトの一部を以下に示す。

表 3: コモン・バーチャル環境に関する CNS 助成プロジェクトのサンプル

プロジェクト名	研究者・機関	助成金額	概要
大規模マルチユーザー没入型コモン・バーチャル・シミュレーションの実現 (Enabling Large-Scale Multi-User Immersive Virtual Reality Simulations)	David Waller マイアミ大学 (Miami University)	\$313,000	巨大没入型バーチャル環境 (HIVE: Huge Immersive Virtual Environment) システムの機能改良。HIVE システムは広さ 1000 平方メートルの部屋であり、その中で複数ユーザーが、互いに衝突する心配なく共有環境でインタラクトできる。
没入型データ探索環境、アロスフィア (Allosphere) の配備 (Equipping the Allosphere, an Environment for Immersive Data Exploration)	Matthew Turk カリフォルニア大学 サンタ・バーバラ校 (Univ. of California at Santa Barbara)	\$309,000	アロスフィア開発への資金拠出。アロスフィアは、ユーザー 25 名を収容可能な橋がかけられた直径 10 メートルの球形ディスプレイ面で、球体内壁に 3D 画像化されたデータを、同期オーディオ出力とともに投影する。

プロジェクト名	研究者・機関	助成金額	概要
バーチャル世界におけるジェスチャー・ベースの研究用コモン・バーチャルシステムの開発 (Development of a Gesture Based Virtual Reality System for Research in Virtual Worlds)	Horea Ilies コネチカット大学 (University of Connecticut)	\$782,000	動き追跡システム開発への資金拠出。動き追跡システムは、バーチャル環境のユーザーのジェスチャーを検出し、それらジェスチャーを解釈してバーチャル・オブジェクトを操作する。ユーザーはハンド装着型入力デバイスを身に付ける必要がない。

出典: NSF データを基にワシントンコア作成

その他 NSF 組織

CISE 以外では、他の NSF 組織の一部がコモン・バーチャル環境関連研究開発に出資している。

SBES 局の行動と認知科学部 (Behavioral and Cognitive Science division) は、“触知覚インストルメント (Haptic Perceptual Instruments)”に関するプロジェクトに出資している。コネチカット大学で研究者が実施するこのプロジェクトは、視覚的キューというよりは、むしろ運動機能によって人間がいかに距離を判断できるか、例えば、歩幅と歩行メカニズムによって、どこまで歩いたかを測定する方法の研究などが含まれる。

エンジニアリング局の民生・機械・製造イノベーション部 (Division of Civil, Mechanical & Manufacturing Innovation) は、“バーチャル環境において構成要素の自然なインタラクションをサポートするハイブリッド手法 (A Hybrid Method to Support Natural Interaction of Parts in a Virtual Environment)”に関するプロジェクトをサポートする。アイオワ州立大学の研究者と農業機械製造業者のジョン・ディア (John Deere Company) 社は、製造環境においてオブジェクト間のインタラクションを現実的にシミュレートするアルゴリズムの開発で協力している。それにより、ユーザーがバーチャル部品を結合し、バーチャル空間でオブジェクトを組み立てられるようにする。

NSF 長官官房 (Office of the Director) 傘下の局横断組織であるサイバー・インフラ室 (Office of Cyber Infrastructure) は、ロード・アイランド州のブラウン大学 (Brown University) で実施される“科学のための次世代双方向コモン・バーチャル・ディスプレイ環境の開発 (Development of a Next-Generation Interactive Virtual-Reality Display Environment for Science)”に対し資金を出した。この研究では、科学データを 3D 表示するための 95 ピクセル大画面立体画像ディスプレイ (stereographic display) を開発し、触覚入力機器を使ったユーザーによるデータ操作を実現することを目指している。

エンジニアリング局の産業イノベーション・パートナーシップ室 (Office of Industrial Innovation and Partnership) は、ワシントン州に拠点を置くイノベガ (Innovega) の“オプティック・オン・アイ・コモン・バーチャル・ディスプレイ (Optic-on-Eye Virtual Reality Display)”に対し、フェーズ I 中小企業技術革新制度 (SBIR: Small Business Innovation Research) 助成金を出した。この資金は、ヘッド搭載型コモン・バーチャル・ディスプレイ・システムに匹敵するレベルの現実性と画質を提供する、ユーザーが目に装着したコンタクトレンズ上に画像を投影するコンピュータ・ディスプレイ・システム開発の実現可能性を探るために利用される。カリフォルニア州のミラクル・テクノロジーズ (Mirracle Technologies) 社が受け取った別の SBIR 助成金は、立体的な動きを検出し、その動きをインプットとしてコモン・バーチャル・システムに結び付ける、MEMS ベースのミラー・スキャナ・システムの初期開発に充てられる。

2.2 国防高等研究計画局

国防高等研究計画局 (DARPA) の使命は、米軍に貢献する画期的利益を創造し、更には 3~5 年以内に実行可能な運用システムへ発展する可能性のある技術をサポートすることである。本稿第 1 章で触れたコモン・バーチャルの歴史では、DARPA は、高度コンピュータ・グラフィクス技術とコモン・バーチャル・ディスプレイ開発をサポートする主要な貢献機関だった。

しかし最近では、コモン・バーチャル環境開発に関する研究は、DOD 内の他の機関に移転されている (2.3 章参照)。というのも、コモン・バーチャル環境に関する研究の大部分は、DARPA の使命に、もはや一致しないというのが DARPA の見解である。システムはすでに商業化が近いのか、あるいは CAVE バーチャル環境のように商業生産されているかの、いずれかである。触覚とオーディオ入力の現実的シミュレーションといったコモン・バーチャル環境技術の他の側面は、軍部が利用できるシステムとしての開発から、あまりにかけ離れている。そうは言うものの、現在も DARPA では、コモン・バーチャル環境の進歩への貢献が、間接的かもしれないが有望視される数件のプログラムが実施されている。これらプログラムは全て、情報処理技術室 (Information Processing Technologies Office) 経由で資金が拠出されている。情報処理技術室は、DARPA における大半の情報技術 R&D を担っている。以下にその例を示す：

マルチスペクトル適応ネットワーク型戦術画像システム (MANTIS: Multispectral Adaptive Networked Tactical Imaging System) : MANTIS は、可視 / 近赤外線 (VNIR: Visible/Near Infrared)、短波赤外線 (SWIR: Short Wave Infrared)、そして長波赤外線 (LWIR: Long Wave Infrared) センサーからのマルチスペクトルビデオ画像をリアルタイムで統合するとともに、ヘルメット内部に表示されるコンポジット・ビデオ・フィードを生成する、ヘッド搭載型システムの開発に取り組んでいる。将来的にそのようなシステムは、本部ロケーションにおける没入型環境へのマルチスペクトル画像転送に使用される可能性がある。

アーバンスケープ(UrbanScape) : MANTIS と同様に、アーバンスケープは多くの種類のビデオ入力を統合するが、アーバンスケープの場合、空中査察、衛星画像、そして車載カメラとセンサーなどの複数ソースが対象である。それら複数ソースからのトランスミッションは本部ロケーションに送られ、没入型 3D ディスプレイ環境において、都市部戦場のコンポジット・ビジュアル画像の作成に利用される。戦闘指揮官は、ユニットの動きの指揮、敵方の潜在的狙撃兵の特定、そして戦術計画の策定のためにビジュアル情報を利用する。

アーバン・リーダー戦術応答・認識・視覚化(ULTRA-Vis: Urban Leader Tactical Response, Awareness & Visualization) : ULTRA-Vis システムも、MANTIS によく似た兵士装着型情報システムである。このシステムは、ユニット・リーダーによる使用を想定している。システムはまず、ULTRA-Vis システムを装着したリーダーの手の動きやその他ジェスチャーを検出する。各ジェスチャーは、ユニットの兵士に対する指示を示している。次にシステムは、そのジェスチャーを適切な指示に変換し、適当な兵士に送信する。送信された指示は、透明なヘルメット搭載型警告ディスプレイ上に投影される。その結果、兵士はロケーションに関係なく、また音声による指示を必要とせず指示を受け取ることができる。このシステムは、兵士の目の前の状況を指揮官から受け取る情報と統合する目的で、触覚、無線通信、そして高度ディスプレイ・スクリーンを一体化するものである。

アーバン・フォトリック・サンドテーブル・ディスプレイ (UPSD: Urban Photonic Sandtable Display) : このプログラムは、実際に使えるホログラフィック画像システムを開発し、それにより、3D オブジェクトの実際の投影として情報を表示できるようにする。この研究は、直接発光型マイクロディスプレイに関する DARPA の過去の研究に基づくもので、ディスプレイ・スクリーン上ではなく、オープンな空間への画像投射を可能にする。DARPA によると、この研究は、“世界初のフルモーション・フルアスペクト 3D 画像技術システム”の開発に結び付く可能性がある。

2.3 その他の国防総省研究

陸・海・空軍の研究組織は全て、没入型コモン・バーチャル環境関連技術分野の広範な R&D に資金を拠出し実施している。そのような技術の主な応用先は、軍関係者のための訓練シミュレーション分野である。この分野の技術開発努力のごく一部は、戦闘立案者および指揮官を対象に、情報可視化、分析、そして理解に関する新モードを創ることを目的とする。

軍部のコモン・バーチャル環境研究における最も重要な進展の一つは、この研究資金における議会用途指定予算 (Congressional earmarks) が増加していることである。議会用途指定予算は、防衛予算に盛り込まれるプログラムだが、DOD 自身が要求するわけではない。これらプログラムは通常、議会メンバーが選挙区の組織に追加資金を提供するために作成し、そのメンバーと選挙区民に雇用創出やその他利益をもたらすこととなる。

陸軍研究

陸軍は、戦場指揮官の意思決定能力を高めるとともに、兵士と指揮官の訓練用に戦闘状態の現実的シミュレーションを開発する目的で設計されたコモン・バーチャル環境に関する研究をサポートする。

同分野における陸軍研究の主要センターは、ロサンゼルスにある南カリフォルニア大学 (University of Southern California) に設けられたクリエイティブ技術研究所 (ICT: Institute for Creative Technologies) である。ICT はカリフォルニア州内の娯楽業界 (映画制作およびビデオゲーム両業界を含む) と提携することでその立地を生かしており、その結果、ICT のプロジェクトは、コモン・バーチャル技術開発に、キャラクター、ストーリー展開、そして環境に臨場感を加える動悸付けを統合したシナリオ・シミュレーションと合成環境の設計を組み合わせることが可能になった。ICT は年間約 760 万ドルを予算として受け取っている。ICT 活動領域の一部を以下に紹介する：

- 訓練およびシミュレーションを目的とした、物理的および合成環境のリアルタイム写実的レンダリング実現のためのグラフィクス電算技術改良を目指す研究
- 軍隊訓練向けに現実性を向上させる音刺激を生成するための、没入の聴覚的側面、およびシミュレーション機器に関する開発
- ミッションの予行演習および軍事行動訓練のために使われる、合成環境の迅速な開発に応える技術と方法の研究

- バーチャル人間に本物の人間のジェスチャーまたは表情を理解させ、新たなバーチャル人間認知アーキテクチャ開発につなげるための技術の研究

フロリダ州オーランドの陸軍シミュレーション・訓練技術センター (STTC: Army Simulation and Training Technology Center) では、コモン・バーチャル環境を陸軍の訓練ニーズに応用するための R&D プロジェクトが実施されている。例えば、ライブ・バーチャル建設的シミュレーション (LVC: Live, Virtual, Constructive Simulations) プロジェクトは、異なる種類のシミュレーション技術を、シームレスな訓練活動に統合するものである。「ライブ訓練」とは、要員がエクササイズ・ミッションを実行する訓練システム、また、「バーチャル訓練」は一人の要員をタスクやシナリオなどに関して訓練するシステム、一方、「建設的訓練」は、一人の要員の行動が、プログラムされたバーチャル部隊の動きや成果に対して影響を及ぼすようなコンピュータ支援シミュレーションによる訓練システムである。また STTC は、北大西洋条約機構 (NATO) が指揮する合同・省庁間・政府間・多国間 (JIIM: Joint, Interagency, Intergovernmental Multi-National) シミュレーション環境における陸軍の参加を指導している。このプロジェクトは、NATO 軍が展開する異なる国のロケーションで、軍隊関係者が直面するかもしれない社会的状況および戦況を再現するため、地域特有の環境、バーチャル・ヒューマン・エージェント、そして代表的文化行為 / 影響を提供する適応学習環境の開発に取り組んでいる。STTC はこれら領域の研究予算として年間約 600 万ドルを受け取り、さらにバーチャル学習・訓練環境を作る実際の技術とシステムの開発を目的に、年間で推定 1,500 万ドルを追加で受け取っている。

陸軍は、合成自動バーチャル環境 (SAVE: Synthetic Auto Virtual Environment) にも資金を拠出している。これは、ニューハンプシャー州選出の Judd Gregg 上院議員および Paul Hodes 下院議員によって組み込まれた議会用途指定予算プロジェクトである。SAVE は、ニューハンプシャー州の車両訓練シミュレーター開発企業であるビークル・コントロール・トレーニング (Vehicle Control Training LLC) 社に 160 万ドルの資金を出している。

海軍研究

海軍は、複数のプログラムを通じ、コモン・バーチャル環境に関する研究に資金を拠出しているが、そのような研究のためのプロジェクトを明示しておらず、予算に関する情報も公開していない。当該研究に資金を出す主要プログラムには以下が含まれる:

- 防衛研究科学 (Defense Research Sciences) プログラムのヒューマン・システム (Human Systems) イニシアチブ。人の意思決定プロセスを調査するためのバーチャルおよび没入型環境を開発する。

- 海兵隊部隊上陸技術(Marine Corps Landing Force Technology)プログラムのヒューマンパフォーマンス・訓練・教育(Human Performance, Training and Education)イニシアチブ。分隊レベルの戦術シナリオのためのコモン・バーチャル訓練システムを開発中。
- 共通ピクチャ応用研究(Common Picture Applied Research)プログラムの人的要因・組織設計(Human Factors and Organizational Design)イニシアチブ。軍隊の異なる部門に所属するユーザーが、戦闘空間を 3D 表示した協調的没入型コモン・バーチャル環境において機能することを可能にする。
- 海兵隊員保護先端技術(Marine Corps Warfighter Protection Advanced Technology)プログラムのヘルシー・フィット部隊(Healthy and Fit Force)プログラム。戦場から帰還した兵士の急性心的外傷後ストレス障害治療のための没入型バーチャル環境利用に関する調査を実施。

海軍は、「パルス！！バーチャル・クリニック学習ラボ(Pulse!! The Virtual Clinical Learning Lab)」と呼ばれる議会用途指定予算プログラムにも資金を出している。コーパス・クリスティにあるテキサス A&M 大学(Texas A&M University)で実施されるこのプログラムは、経験的医療教育を実現するためビデオゲーム・ベースの技術を利用する。テキサス州選出の Solomon Ortiz 下院議員が後援するこのプログラムは、2005 年以降、バーチャル・クリニカル・ラボ・システム開発に 1,470 万ドルを投資した。同大は 2008 年、訓練と意思決定用ゲーム・ベース・システムを開発するメリーランド州のブレイクアウェイ(BreakWay Ltd.)社に対し、「パルス！！」のライセンスを供与した。

空軍研究

陸軍および海軍と同様に、空軍も訓練用没入型環境の開発に主に出資する。当該プロジェクトの例を以下に示す。

- ヒューマン・エフェクティブネス応用研究(Human Effectiveness Applied Research) プログラムの学習・組織協調(Learning and Organizational Collaboration) プロジェクトでは、大気、サイバー、そして空間ドメインを再現する LVC 環境へのシームレス、高忠実度、そして完全没入型の参加を可能にするシステムを開発する。同分野に対する関心の高まりを反映し、同プログラムの予算は 2009 年の 180 万ドルから 2010 年は 420 万ドルへの増額が予定されている。
- コマンド・制御・コミュニケーション(Command, Control and Communications) プログラムの次世代協調解決システム(next-generation collaborative decision systems) に関するプロジェクトでは、異なるロケーションの指揮官が、コモン・バーチャル技術を用いインタラクトおよび協調する場を提供する分散没入型バーチャル環境を開発する。
- 240 万ドルバーチャル医療トレーナー(\$2.4 million Virtual Medical Trainer) プロジェクトは、クルー・システムと人材保護(Crew Systems and Personnel Protection) プログラム中の議会用途指定予算プログラムである。同プログラムは、救急救命士向けコモン・バーチャル訓練システム開発に従事する、ペンシルバニア州ジョーンズタウンにあるマウンテン・トップ・テクノロジーズ(Mountain Top Technologies) 社へ資金を提供する。スポンサーは、ペンシルバニア州選出の故ジョン・マーサ下院議員。

2.4 国立衛生研究所

国立衛生研究所(NIH) は、バイオ医療アプリケーション向けツールとしての没入型バーチャル環境開発に関する研究に出資している。開発の主な領域は、ドクター向け外科訓練と、様々な身体的症状を持つ患者向けリハビリテーション・セラピーである。2009 年に実施された代表的プロジェクト数件を以下に示す:

表 4: コモン・バーチャル環境に関する NIH 出資プロジェクト例

プロジェクト名	研究者・機関	助成額	概要
双方向バーチャル環境を利用した脳卒中後の手のリハビリテーション最適化 (Optimizing Hand Rehabilitation Post-Stroke Using Interactive Virtual Environments)	Sergei Adamovich ニュージャージー工科大学 (New Jersey Institute of Technology)	\$294,000	手の運動制御を回復させるための回復エクササイズを実現する目的で、様々なコモン・バーチャル・アルゴリズムの利用を調査する。
IGRI のための真の 3D ディスプレイ (True 3D Display for IGRI)	Jason Geng Xigen LLC	\$150,000	中小企業技術革新制度プロジェクト。癌治療における画像誘導放射線インターベンションをサポートするための、Xigen 社独自の 3D 擬似ホログラフィック・ディスプレイに対する商業的可能性を調査する。
自閉症のためのコモン・バーチャルと拡張ソーシャル訓練 (Virtual Reality and Augmented Social Training for Autism)	Peter Mundy カリフォルニア大学デイビス校 (Univ. of California at Davis)	\$205,000	高機能自閉症児を対象に、一般社会で機能することを可能にするソーシャルスキルをディスプレイさせるための訓練を目的とした、シミュレーションにおけるコモン・バーチャル環境利用を探索する。
配列コモン・バーチャルを利用する脊髄外科シミュレーション・トランスレーショナル・リサーチ (Spinal Surgical Simulation Translational Research Using Collocated Virtual Reality)	Pat Banerjee イリノイ大学シカゴ校 (Univ. of Illinois at Chicago)	\$182,000	脊髄外科訓練のためのシミュレーション開発を目的に、配列コモン・バーチャルと触覚技術を応用する。

出典： NIH データを基にワシントンコア作成

2.5 その他連邦政府機関

その他の連邦政府機関は、没入型コモン・バーチャル環境に関する研究に資金を拠出している。そうしたプロジェクトのほぼ全てが、これらシステムの訓練的側面に焦点を置いている。

- 米疾病対策予防センター (Centers for Disease Prevention and Control) の一部である国立労働安全衛生研究所 (National Institute for Occupational Safety and Health) は、緊急時の鉱山退去のための安全手順と戦略について、鉱山労働者を訓練するためのコモン・バーチャル・システムを開発した。
- テキサス州の NASA ジョンソン宇宙センター (NASA Johnson Space Flight Center) に位置する飛行前適応・コモン・バーチャル訓練研究所 (Pre-Flight Adaptation and Virtual Reality Training Laboratory) は、宇宙飛行士を対象に、乗り物酔いや、その他の宇宙で遭遇する可能性のある状況を体験し、それへ対処できるようにするためのコモン・バーチャル・シミュレーターの開発を続けている。

3 コモン・バーチャル環境に関する主要 R&D 研究機関のプロファイル

5 つの知覚(視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚)と動きの全てを包括する没入型コモン・バーチャルのための統合システム関連研究に携わっていると想定される有力研究機関は存在しない。せいぜい、米国の研究機関には、没入型デジタル環境のこれら側面のうち 2 つ、あるいは 3 つに取り組めるだけの資金と幅広い能力を有するほどである。また、そのような技術とテレプレゼンスの一体化に注目する研究機関も、ほとんど存在しない。テレプレゼンスに関する現在の研究は、遠く離れた場所にいる参加者同士が、初期の 3D 環境下で交流できるといった“次世代ビデオ会議”として特徴付けられる。

それでも、マイクロソフト・リサーチ(Microsoft Research)社に代表されるような、バーチャル環境のいくつかの側面に注目する学際的研究機関も少数だが存在する。以下では、そのような研究機関を紹介する。

3.1 政府研究機関

先述のとおり、米国政府が支援するバーチャル環境関連研究のほとんどは、大学や民間企業などの外部組織によって実施されている。そのような研究を実施するための施設を独自に所有する政府機関は、僅か数機関しか存在しない。同分野の有力政府系研究機関の大半は、DOD に帰属する。DOD は、訓練とシミュレーション・システムにおけるこれら技術の利用に、直接的ニーズを見出している。同領域における主要研究テーマは、“分散インタラクティブ・シミュレーション(distributed interactive simulations)”である。そこでは複数の兵士が没入型コモン・バーチャル環境にリンクされ、コンピュータ生成シミュレーションに応じる形で実際の戦闘活動の訓練を受けられる。

政府系 R&D センターのもう一つの有力アプリケーションは、テレヘルス(telehealth)とテレメディスン(telemedicine)である。DOD では、テレサージェリー(医師がコモン・バーチャル・システムを利用して、手術用ロボットを操作して遠隔地の手術を実施する)と、戦闘経験に起因する心的外傷後ストレス障害(PTSD)やその他の心理的問題を治療するためのコモン・バーチャル利用の 2 つの領域に、特に関心を示している。

陸軍シミュレーション・訓練技術センター (Department of the Army, Simulation & Training Technology Center)

所在地	フロリダ州オーランド
組織	米陸軍研究開発・エンジニアリング司令部 (U.S. Army Research, Development & Engineering Command) シミュレーション・訓練技術センター (Simulation & Training Technology Center)
ディレクター	Craig G. Langhauser 大佐
研究者数	約 72 名 (研究・エンジニアリング)
予算	約 6,400 万ドル (2008 年)
URL	http://www.rdecom.army.mil/STTC/index.html

ミッション

シミュレーションとコモン・バーチャルに関する陸軍の主力研究施設は、ポール・レイ・スミス一等軍曹シミュレーション・訓練技術センター (STTC: Sergeant First Class Paul Ray Smith Simulation & Training Technology Center) である。同センターは、2003 年にイラクで戦士した名誉勲章 (Congressional Medal of Honor) 受賞者にちなんで命名された。STTC のミッションは、「学習、訓練、テスト、そしてミッション演習のための応用シミュレーション技術の研究開発を通じ、兵士の戦闘準備を向上させること」である。

経緯

2005 年に正式に設立された STTC は、1980 年代末から展開されてきた軍事シミュレーション訓練組織ネットワークの一部となっている。1980 年代末、陸軍の訓練デバイスのためのプロジェクト・マネージャー (Project Manager for Training Devices) は、オーランド近郊の中央フロリダ研究パーク (Central Florida Research Park) へ移転された。1991 年の湾岸戦争における米国が主導した多国籍軍の勝利は、軍隊のシミュレーション・ベース訓練の有効性が見直されるきっかけとなり、陸軍は 1992 年、オーランドにシミュレーション・訓練・器具司令部 (Simulation, Training and Instrumentation Command) を設立した。

2003 年、同司令部は再編されてシミュレーション・訓練・器具プログラム執行局 (PEO-STRI: Program Executive Office for Simulation, TRaining & Instrumentation) となり、訓練とシミュレーションにかかわる幅広い陸軍ユニットに対する権限を与えられた。2005 年には、シミュレーションに注力する研究グループが STTC に統合された。

組織と指導部

STTC の責任者は Craig G. Langhauser 大佐である。同大佐は、米国陸軍のリクルート・プログラムを監督する役職を歴任してきた。2005 年から 2008 年まで同大佐は、陸軍の全バーチャル訓練システムを管轄するリード・マネージャーを務めた。

STTC 職員は、5 つの中核コンピテンス (能力) ごとに組織されている：

- 組み込み型訓練 (Embedded Training)
- 医療シミュレーション技術 (Medical Simulation Technologies)
- ゲーム・ベース学習 (Game Based Learning)
- 合成環境ツール (Synthetic Environment Tools) (シミュレーション環境: Simulation Environments)
- 訓練のための研究進歩 (Advancement of research for training)

職員の大部分は、コントラクターによって実施される研究プロジェクトの管理に携わっている。STTC 職員の 2 大タスクは、南カリフォルニア大学 (University of Southern California) クリエイティブ技術研究所 (ICT: Institute for Creative Technology、3.3 章で詳述) を管理することと、技術研究と実験のためのモデリング・アーキテクチャ (MATREX: Modeling Architecture for Technology Research and Experimentation) を監督することである。

提携と関係

STTC は、陸軍研究開発・エンジニアリング司令部 (RDECOM: Army Research, Development & Engineering Command) 内部の 10 組織のうちの一つである。また、シミュレーション研究のための地方研究センターである“チーム・オーランド (Team Orlando)” の中心メンバーでもある。チーム・オーランドには以下が含まれる：

- セントラル・フロリダ大学 (University of Central Florida)
- 陸軍行動社会科学研究機関 (Army Research Institute for Behavioral and Social Sciences)
- 海軍空中戦センター訓練システム司令部 (Naval Air Warfare Center Training Systems Command)
- 海兵隊システム司令部の訓練システムのためのプログラム・マネージャー (Program Manager for Training Systems of the Marine Corps Systems Command)
- 国防総省共同開発統合施設 (Joint Development Integration Facility of the Department of Defense)
- 国土安全保障省米国沿岸警備隊 (the U.S. Coast Guard of the Department of Homeland Security)

他にも STTC は、DARPA (STTC 予算のうち 1,000 万ドルを拠出)、海軍研究局 (Office of Naval Research)、特殊作戦司令部 (Special Operations Command)、カナダ防衛 R&D (Defence R&D Canada)、そして英国防省 (UK Ministry of Defence) を含むその他助成機関に代わって研究プロジェクトの管理を行っている。

主要プロジェクトとイニシアチブ

STTC は、国防総省によってすでに限定的に使用されている、いくつかのシステムの開発に取り組んでいる:

- **非対称戦闘行為 バーチャル訓練技術 (AW-VTT: Asymmetric Warfare-Virtual Training Technology)**: コンピュータを利用して、またはセキュアな広帯域ネットワークを介して提供されるシミュレーション訓練を提供する。“非対称の脅威”、つまり非伝統的な敵 (テロリストや非制服暴徒など) による攻撃に対する軍事行動能力を向上させるため、AW-VTT は兵士にバーチャルな経験を提供する。ユーザーは、ホーム基地、移動中、または海外基地にいる兵士と双方向でやり取りしながら訓練を受けられる。シミュレーションは、異文化に留意した訓練を提供するように設計されており、同システムでシミュレートされる人間は、顔の表情を変えたり、多言語で会話することができる。以下の図は、ユーザーの視点からその環境がどのように見えるかを示したものである:

図 2. AW-VTT のディスプレイ・サンプル画像



出典: STTC

- **分散高度グラフィクス生成装置と組み込み型リハーサル・システム (DAGGERS: Distributed Advanced Graphics Generator and Embedded Rehearsal System)**: DAGGERSD は、分解組み込み型訓練システムのための概念実証システムである。兵士が装着できる携帯型システムであり、バイザーに、ヘッド搭載型ディスプレイ・ユニット、高度グラフィクス生成装置、そして装着可能ワイヤレス・アクセス・ポイントが統合された。DAGGERS ユニットの装着した兵士一団がライブ戦闘シミュレーション環境内(戦闘演習場など)を移動すると、シミュレートされた敵と武器による攻撃が各兵士のバイザー上に表示される。兵士一人ひとりがシミュレートされた攻撃に関する現実的眺めを、それぞれの置かれた状況から把握できるようにすることにより、兵士一団は、実際の脅威に直面しているかのように協調的行動が行える。

- 技術研究と実験のためのモデリング・アーキテクチャ (MATREX: Modeling Architecture for Technology Research and EXperimentation) プログラム:** 再生可能なソフトウェア・オブジェクト・ベースのシミュレーション・プログラムのプログラマーによる構築を可能にする、コンポーネント・ベースのソフトウェア環境を開発する。再生可能な各ソフトウェア・オブジェクトは、グラフィカル・オブジェクト、シミュレートされた人間、あるいはシミュレーション中の他の要素を示している。MATREX は、PEO-STRI が開発中のシミュレーションのための新興クラウド・コンピューティング・アーキテクチャを活用するように設計されている。各シミュレーション・センターは共有(コモン)クラウド・コンピューティング・リソースにアクセスして処理能力を増強することにより、あらゆる防衛施設においてバーチャル・シミュレーションを開発し運用することが可能になる。

モデリング・バーチャル環境とシミュレーション(MOVES)研究所(Modeling, Virtual Environments & Simulation Institute)

所在地	カリフォルニア州モンテレー
組織	海軍大学院 (Naval Postgraduate School) MOVES 研究所 (MOVES Institute)
ディレクター	海軍 Joseph Sullivan 司令官
研究者数	約 40 名 (教員 / 研究職)
予算	非公開
URL	http://www.movesinstitute.org/

ミッション

MOVES 研究所はカリフォルニア州モンテレーにある海軍大学院内にあり、学部(修士課程と博士課程)と研究機関の両目的に資することを目的とする。同研究所ではこれまで、コンピュータ科学とその他分野を組み合わせ、戦闘モデリング・システム、訓練システム、バーチャル環境、拡張現実、ウェブ技術、ネットワーク、そして相互運用性の分野で新しい能力(機能)を開発してきた。

その他の研究トピックには、エージェントと人工知能、ヒューマン コンピュータ・インタラクショと人的要素、教育、そして通信教育が挙げられる。同研究所のミッションは、「優れた訓練と分析製品、教育、そしてモデリングとシミュレーション分野における模範的研究を提供することにより、我々の軍隊と同盟国の軍事行動の有効性を向上させること」である⁴。

経緯

MOVES 研究所は 1996 年、海軍大学院の学問的プログラムとして設立された。MOVES 研究所はその後、PC ベースのゲームである「アメリカの陸軍 (America's Army)」を開発した。このゲームは、今では最も効果的な陸軍リクルート・ツールの一つとなっている。最近ではシミュレーションと訓練のためのゲーム関連に傾注しているが、バーチャル環境へは今も強い関心を持っており、独自の CAVE システムを擁している。

組織と指導部

MOVES 研究所の責任者は Joseph Sullivan 司令官である。Sullivan 司令官はヘリコプター・パイロットとして海軍でのキャリアを開始したが、キャリア開発の一環として 1998 年、コンピュータ科学修士号取得を目指して海軍大学院に進学した。当時は後に MOVES 研究所となる研究グループに所属していたが、2001 年にディレクターとして MOVES 研究所に戻っている。

MOVES 研究所の専任教員は僅か 7 名だが、多くの研究者や教員が海軍大学院の他の学部に所属する。MOVES 研究所の教員と研究者は、主に特定プロジェクトに関する研究に取り組んでいるが、中核コンピテンスは以下をカバーしている：

- 拡張現実とコンピュータ・ビジョン (Augmented Reality & Computer Vision)
- ヒューマン行動シミュレーション (Human Behavior Simulation)
- ヒューマン・システムと訓練 (Human Systems & Training)
- コンピュータ・ゲーム、ビジュアル、およびウェブ・ベース・シミュレーション (Computer Gaming, Visual & Web-based Simulation)
- 分析のためのシミュレーション・モデリング (Simulation Modeling for Analysis)

⁴ http://www.movesinstitute.org/about_background.html.

提携と関係

MOVES 研究所は、海軍研究局 (Office of Naval Research)、海軍航空司令部 (Naval Air Command)、そして連邦法執行訓練センター (Federal Law Enforcement Training Center) を含む様々なソースから助成を受けている。MOVES 研究所の教員は、必要に応じて外部組織と協力する。MOVES 研究所は最近、欧州の防衛コントラクターである European Aeronautic Defence & Space (EADS) 社と長期共同 R&D 合意 (CRADA: Cooperative R&D Agreement) を締結したほか、Raytheon 社の BBN Technologies 部門と協力し、海軍軍艦の船上ダメージコントロールのための新規訓練プログラムの開発を支援した。

主要プロジェクトとイニシアチブ

MOVES 研究所は、協調コモン・バーチャル環境に関する将来の研究の前進に寄与することを目的に、2 件の主要プロジェクトを実施している。

- **知的訓練のための行動分析と合成 (BASE-IT: Behavioral Analysis and Synthesis for Intelligent Training)**: BASE-IT は、ライブ訓練エクササイズの録画を自動化するシステムである。GPS と携帯型カメラを使ってエクササイズ中の兵士の動きを録画する共に、各兵士が任意の時点でどこを見ていたか、また銃をどこに向けていたかに関する詳細情報を記録する。BASE-IT は訓練修了後にその成果をレビューするために主に利用されるが、兵士が戦場でどのように行動するかについて、膨大な量のデータも生成している。それらデータは行動モデル生成に利用されており、将来のバーチャル訓練エクササイズにおいて、現実的なコンピュータ生成兵士を作るために役立てられる。
- **デルタ 3D (Delta3D)**: MOVES 研究所は、デルタ 3D の開発における主要プレイヤーでもある。デルタ 3D とは、ゲームとシミュレーション・ソフトウェア・エンジンの開発を目指すオープンソース・ソフトウェア・プロジェクトである。プログラマーはデルタ 3D ソフトウェア開発キットを利用することにより、ウェブリリース用の新シミュレーションと訓練指向ゲームを迅速に開発できる。

全米テレヘルス・技術研究所(T2: National Center for Telehealth & Technology)

所在地	ワシントン州タコマ
組織	米軍ヘルス・システム (U.S. Military Health System) 心理的健康と外傷性脳損傷のための防衛 COE (Defense Centers of Excellence for Psychological Health & Traumatic Brain Injury) 全米テレヘルス・技術研究所 (National Center for Telehealth & Technology)
ディレクター	Dr. Gregory A. Gahm
研究者数	約 20 名 (職員総数 120 名)
予算	非公開
URL	http://www.t2health.org/index.html

ミッション

T2 は、心的外傷後ストレス障害 (PTSD) と外傷性脳損傷 (TBI) が原因の戦争帰還兵が抱える深刻な問題に対処するために設立された。これまでの研究で、軍関係者はキャリアに汚点がつくことを恐れるあまり、心理的助けを必要でも求めないことが分かっている。T2 のミッションは、「米国軍人、復員兵、そしてその家族の生活を向上させるため、心理的健康と外傷性脳損傷のためのテレヘルスと技術ソリューションの開発を主導すること」である。

過去の研究の重要な発見の一つは、兵士は心理学者の元を実際に訪れるよりも、テレメディスンを利用する心理的サポートの方を好むということである。なぜならば、テレメディスンのセッションは、“普通の”仕事として説明しやすいからである。T2 センターは、心理的問題の治療と、医師と患者のコミュニケーション向上という両目的を掲げてコモン・バーチャル環境の利用の研究に取り組む、最も進んだ組織の一つである。

経緯

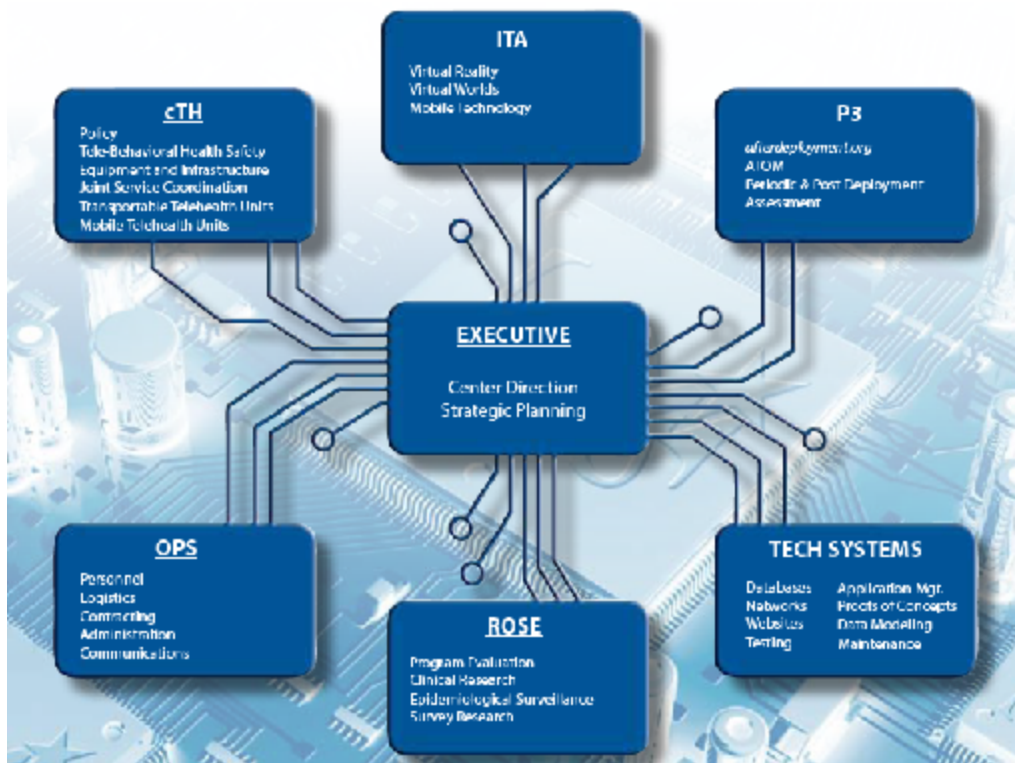
T2 は 2008 年、テレメディスン開発とデリバリー、とりわけ心理的サービスのためのテレメディスンに関する国防総省の複数イニシアチブの集約と調整を目的に設立された。当初は、外部研究の監督と、独自の内部研究の実施の両方を手掛けていた。

2009 年 9 月、外部研究の監督は、より広範な問題を扱う心理的健康と外傷性脳損傷のための防衛 COE (Defense Centers of Excellence for Psychological Health & Traumatic Brain Injury) に引き継がれた。T2 は現在、テレメディスンに関する新規の研究開発の実施だけに焦点を置いている。

組織と指導部

T2 センターの指導部は、民間人で所長 (Director) の Gregory Gahm 医学博士と、同じく民間人で副所長 (Deputy Director) の Mark Reger 医学博士、そして軍人で事務局長 (Executive Officer) である Debbie Johnson 少佐によって構成される。指導部は、総合戦略計画立案に携わり、事務的サポートを提供する。研究は以下の図に示す 6 部門で実施されている：

図 3. T2 センターの組織



出典: National Center for Telehealth & Technology, 2009 Annual Report

- **臨床テレヘルス部(cTH: Clinical Telehealth Division)**: 軍関係者にヘルスケアとカウンセリングを届けるための遠隔コミュニケーション(PC およびインターネット・ベース)利用に関する技術を開発し、ベストプラクティス指針を策定する。
- **運営部(OPS: Operations Division)**: ワシントン州とワシントン DC における全 T2 部門に対し、事務的、ロジスティカル、そして運営上のサポートを提供する。
- **研究・結果・観察・評価部 (ROSE: Research, Outcomes, Surveillance and Evaluation Division)**: 技術的ソリューション案に関するデータを蓄積する; 心理的健康と TBI 治療の有効性に関する共同研究と評価を組織し、自殺を含む関連問題の有病率に関するデータを収集、報告するための仕組みを提供する。
- **技術システム部(TS: Technology Systems Division)**: T2 センターのためのデータベース、ネットワーク、ウェブサービス、試験システム、そしてウェブ・ベース・ツールとサイトを管理する。TS は現在、14 のサイトとツールへのサービスと更新に携わっており、検討とレビューの様々な段階にあるプロジェクト 10 件に参与している。
- **人口と予防プログラム部(P3: Population & Prevention Programs Division)**: 帰還兵の適応懸念に対処する技術ベースのツールを開発し、調整、拡張させると共に、問題について専門家と直接会って助けを求めることを促し、更にモバイルおよびウェブ・ベース・アプリケーションを通じて支援を常時(always-on) 提供する。
- **革新的技術アプリケーション部 (ITA: Innovative Technology Applications Division)**: 心理的健康と外傷性脳損傷治療へ応用できるコモン・バーチャル環境に主に注力する。ITA の使命には、研究を通じた革新的技術の実証、コモン・バーチャル・ツールを使って訓練を受けた医療ケアサービスプロバイダーの数を増やすこと、そしてベストプラクティスの開発が含まれる。将来の計画としては、配置前の兵士の心理的弾力性をサポートするためのコモン・バーチャルの使用、コモン・バーチャルを通じた TBI 査定、そしてバーチャル世界を通じたケアへのアクセス拡大が挙げられる。

提携と関係

ITA 部はとりわけ、テレメディスンとコモン・バーチャル研究に従事する DOD 組織や外部団体と積極的に提携し、そこから得られる恩恵を活用している。コモン・バーチャル関連プログラムは、以下の団体と協力して実施されている:

- 海軍サンディエゴ医療センター (Naval Medical Center San Diego)
- キャンプ・ペンドルトン病院 (Camp Pendleton Hospital)
- 空軍テレヘルス・エンタープライズ・イメージング (Air Force Telehealth & Enterprise Imaging)
- ウォルター・リード陸軍医療センター (Walter Reed Army Medical Center)
- 海軍研究局 (Office of Naval Research)
- 陸軍テレメディスン・高度技術研究センター (Army Telemedicine and Advanced Technology Research Center)
- 南カリフォルニア大学クリエイティブ技術研究所 (Institute for Creative Technologies at USC)
- エモリー大学 (Emory University in Georgia)
- コーネル大学 (Cornell University in New York)

主要プロジェクトとイニシアチブ

コモン・バーチャル疑似体験療法 (Virtual Reality Exposure Therapy) に関する T2 プロジェクトでは、戦場での心的外傷体験を思い出させる状況において患者を誘導するためや、戦域からの帰還後、日常生活において不安やストレスを引き起こす状況に対処する方法を修得させるためにコモン・バーチャル技術を利用する。一次研究ではクリエイティブ技術研究所で開発された「バーチャル・イラク (Virtual Iraq)」と呼ばれるシステムを利用する。バーチャル・イラクは、イラクをバーチャルに再現したものである。患者は戦闘シミュレーションに没入し、長時間疑似体験をすることで、戦闘による心的外傷の記憶に対処する方法を学ぶ。T2 はコモン・バーチャル疑似体験療法の有効性を調べる期間 4 年の研究を、マディガン陸軍医療センター (Madigan Army Medical Center) と協力して実施中である。

図 4. バーチャスフィア・チェンバー (Virtusphere Chamber) 内でバーチャルイラクにアクセスする様子



出典: T2 Center, 2009 Annual Report

T2 のバーチャル世界研究プログラム (Virtual Worlds research program) では、兵士に教育とカウンセリングを提供するためのモードとして、セカンドライフのようなオンライン・バーチャル・プレゼンス・システムの利用に注目している。T2 はセカンドライフ内にすでにロケーションを設けており、TBI と PTSD に関する情報を提供している。兵士はセカンドライフのロケーションを利用して、オンライン環境でライブ・カウンセラーと会話することもできる。

T2 は、現行の心理的適性検査をコモン・バーチャル環境に適応させるため、クリエイティブ技術研究所と共同研究を開始した。既存の検査では、患者が PTSD あるいは同様の心理的障害を患っているかの判断はできるが、その機能的障害が患者の日常生活にどの程度影響を与えているかを定量化して示すことはできない。検査をコモン・バーチャル・シミュレーションに統合することにより、医師は患者が異なる種類のストレスにどのように反応するかや、ストレスが行動上の問題の引き金になるかどうかを観察することができる。

3.2 大学研究機関

コモン・バーチャル技術は、その実現のカギを握る技術(バーチャル世界のためのソフトウェア設計など)に対する基礎研究が今もまだ必要とされる段階にあり、更にはそのような研究を実施することによる商業的機会も限られることから、研究は主に大学で実施されている。一つの重要な問題は、協調的コモン・バーチャル環境の研究には、没入型ディスプレイを装備した部屋や、テレイマージョン(tele-immersion、臨場感通信)を実現するための高速ネットワークなど、高価なシステムが必要だということである。そのため、高度ディスプレイやバーチャル・エージェントなど、コモン・バーチャル環境の特定要素に言及する研究プログラムには多くの大学が取り組んでいるものの、没入型協調的コモン・バーチャルのための統合システムの構築を目指す包括的プログラムを実施する大学はごくわずかしかない。

USC クリエイティブ技術研究所(USC Institute for Creative Technologies)

所在地	カリフォルニア州ロサンゼルス
組織	南カリフォルニア大学(University of Southern California) ビタビ・スクール・オブ・エンジニアリング(Viterbi School of Engineering) クリエイティブ技術研究所(Institute for Creative Technologies)
ディレクター	Dr. Randall Hill, Jr.
研究者数	非公開
予算	2009～2016年ベース資金 7,850万ドル。この他にプロジェクト・ベースの資金あり
URL	http://ict.usc.edu

ミッション

クリエイティブ技術研究所(ICT)は、軍事技術と情報科学、そしてハリウッドの娯楽コミュニティを結集するために設立された。軍部のためのシミュレーションとコモン・バーチャル活用に注目する他の研究と異なり、ICTの研究は、科学と技術にストーリー作りのアートと、ヒューマン・エモーション(人の感情)と心理学研究を一体化して実施される。

経緯

ICT の概念は 1990 年代、Anita Jones 博士によって提案された。同博士は当時、国防総省でトップの R&D 管理職である国防研究技術本部長 (Director for Defense Research and Engineering) を務めていた⁵。同博士は、現実的かつ説得力のある戦争ゲーム・シナリオを開発するための、陸軍とパラマウント・スタジオ (Paramount Studios) 社の共同プロジェクト立ち上げを支援したが、両者の文化的違いが障害となり、研究は遅々として進まなかった。

1999 年、陸軍は南カリフォルニア大学 (USC) に ICT を立ち上げるため、5 年間の契約に署名した。USC が選ばれた理由としては、有力な研究プログラムを既に有していたことと (USC は、情報科学研究所 = Information Sciences Institute と、統合メディア・システム・センター = Integrated Media Systems Center の本拠地だった)、シネマ・テレビジョン学部 (School of Cinema-Television) とアネンバーグ・コミュニケーション学部 (Annenberg School of Communication) を通じ、映画、およびテレビ業界と強い関係を持っていたことが挙げられる。それ以来、ICT はハリウッドと米軍の両方を対象に、いくつかの画期的システムを開発してきた。最近では、極めて臨場感のあるデジタル・キャラクターの構築技術、ライトステージ (Lightstage) の共同開発に携わり、アカデミー賞を共同受賞した。同技術は「アバター (Avatar)」や「スパイダーマン (Spiderman)」などの映画に採用されている。陸軍研究開発・エンジニアリング司令部 (RDECOM: Army Research, Development & Engineering Command) は 2009 年 9 月、ICT 助成契約をさらに 7 年間延長した。

組織と指導部

ICT の責任者は Randall Hill, Jr. 博士である。Hill 博士は元陸軍オフィサーで、カリフォルニア州パサデナにある NASA のジェット推進研究所 (Jet Propulsion Laboratory) に研究者として勤務した経験がある。同博士は 1995 年、USC の情報科学研究所に参画し、2000 年 6 月、設立間もない ICT に加わった。そして、2006 年 10 月、ICT のエグゼクティブ・ディレクターに任命されている。

⁵ “Army, USC Join Forces for Virtual Research,” at <http://www.cs.virginia.edu/news/?item=47>.

Hill 博士の科学的指導力(リーダーシップ)は、ICT のクリエイティブ・ディレクターである Kim LeMasters 氏のリーダーシップと対を成す。LeMasters 氏はキャリアの大半を ABC 社と CBS 社のテレビ番組制作部で送り、ウォルト・ディズニー(Walt Disney Company)社で映画製作に短期間だが、係ったこともある。LeMasters 氏はその後テレビプロデューサーとして独立し、時にハリウッドの有力テレビスタジオのステイブン・J・カネル・プロダクションズ(Stephen J. Cannell Productions)と協力し、いくつかの人気テレビシリーズ制作に携わった。ICT に参画する直前は、デジタル・ビデオ・レコーダー(Digital Video Recorder)市場の先駆的企業であるリプレイ TV(ReplayTV)社の最高経営責任者(CEO)だった。

ICT 指導部の下、4 つの技術部門がアソシエイト・ディレクターによって管理されている。これら技術部門を以下に示す：

- グラフィクス研究(Graphics Research)：新しい動きキャプチャ、画像、およびディスプレイ・システムを開発する。
- バーチャル・ヒューマン研究(Virtual Humans Research)：バーチャル世界における独立ソフトウェア・エージェントの開発、および感情のコンピュータ分析に注力する。
- 社会シミュレーション研究(Social Stimulation Research)：意思決定、認知、そして社会的インタラクションに影響する技術を研究する。
- 医療コモン・バーチャル研究(Medical Virtual Reality Research)：身体的障害の治療とリハビリテーション、認知問題、記憶、実行機能、そして運動技能の治療のためにコモン・バーチャルを応用する

提携と関係

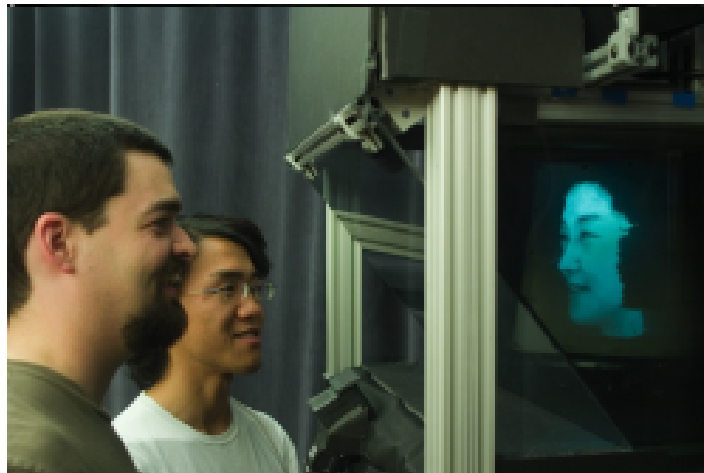
ICT は複数のスポンサーから資金拠出を受けているが、中でも国防関連機関からの助成額が大きい。プロジェクト・スポンサーには、空軍科学研究所、海軍研究局(Office of Naval Research)、米陸軍訓練教義司令部(U.S. Army Training and Doctrine Command)、全米科学財団(NSF)などが含まれる。

また、ICT プロジェクトには、外部協力者も数多く係っている。過去のプロジェクト参加機関としては、ローレンス・リバモア国立研究所(Lawrence Livermore National Laboratory)、情報科学研究所(Information Sciences Institute)、そしてビデオゲームと娯楽産業界の多彩な中小企業が挙げられる。

主要プロジェクトとイニシアチブ

- **フラットワールド(FlatWorld):** このプロジェクトは没入型コモン・バーチャル環境であり、利用者はシミュレートされた部屋や建物の中、通りを自由に動いたり走ったりできる。環境デザイナーは、フラットワールド・シミュレーション制御アーキテクチャ(FlatWorld Simulation Control Architecture)ソフトウェアを利用することにより、音声や効果をリアルタイム・グラフィクスと同期したり、ユーザーと物理的小道具のインタラクション(例えばドアや窓を開けたりなど)に呼応したりといったことが可能になる。ある場面における知覚没入感(sensory immersion)は、爆発や稲妻の光や振動をシミュレートするストロボ照明や触知性フロアスピーカーによって、さらに増強される。
- **3D テレビ会議(3-D Teleconferencing)システム:** ICT グラフィクス・ラボラトリー(ICT Graphics Laboratory)は、市販の部品を使って安く組み立てられる 3D テレビ会議システムを開発した。ブラッシュ・アルミニウムで作られた高速回転するミラーの上に、高速動画を投射することによって 3D 表示を可能にする。ミラーが回転することで、視聴者ごとに異なる、正確な画像が反射される(つまり、例えば、左側に立っている視聴者には投射物体の左側、右側に立っている視聴者には投射物体の右側が見えることになる)。回転面のサイズと形状、そしてマテリアル(素材)は、人の顔の実物大表示用に最適化されている。以下は 3D 画像のサンプルビューである。

図 5: 3D テレビ会議システム(3-D Teleconferencing System)



出典: ICT

- セント・カラー (Scent Collar)**：首の周りに装着する装置で、コンピュータ・プログラムからの指令を受けて様々な種類の匂いが放たれる。セント・カラーは嗅覚コモン・バーチャルのための最初の携帯型装置の一つであり、部屋全体に匂いを放つのではなく、コモン・バーチャル環境にいる特定ユーザーだけに特別な匂いをリリースできるのが特長である。セント・カラーは現在、メリーランド州シルバー・スプリングのアンスロトロニクス (AnthroTronix) 社によって製造されている。

UC バークレーの社会の関心にかかわる情報技術研究センター (UC Berkeley Center for Information Technology Research in the Interest of Society) — テレイメーション・プログラム (Tele-Immersion Program)

所在地	カリフォルニア州バークレー
組織	カリフォルニア大学システム (University of California System) CITRIS テレイメーション・プロジェクト (Tele-Immersion Project)
ディレクター	Prof. Paul Wright
研究者数	4 名
予算	CITRIS はカリフォルニア州から初期投資資金として 1 億ドルを受領。篤志家、業界、および連邦政府グラントから追加で 2 億ドルを受領。
URL	http://tele-immersion.citris-uc.org/

ミッション

社会の関心にかかわる情報技術研究センター (CITRIS: Center for Information Technology Research in the Interest of Society) は、カリフォルニア大学バークレー校に本拠を置くマルチキャンパス学際研究センターである。同センターは、カリフォルニア州における最も差し迫った経済的、社会的、そして環境的ニーズに対して IT ベースのソリューションを開発することと、それらソリューションの民間企業による商業化の加速を目的とする。

経緯

1990 年代末、カリフォルニア州の Gray Davis 知事は、カリフォルニア大学キャンパスをベースに大型の学際的研究センターを構築するプログラムを発表した。これらの研究センターは科学・イノベーション研究所(Cal-ISIs: Institutes for Science and Innovation)と呼ばれ、社会的、および経済的開発目標を達成するために高度技術を応用することと、カリフォルニア州内の企業と UC システムの優秀な教員との間の共同研究を進めることを目標に、新しい形の研究センターを供給することを意図して設立された。

James Demmel 教授、Richard Newton 教授(いずれも UC バークレー校、スクール・オブ・エンジニアリング)そしてその他教員 150 名が研究センター設立を提案する手紙を提出した。研究センターは、情報技術に関するアプリケーション集中研究を実施すると共に、ユーザーとサービス・プロバイダーの懸念に対処するために必要な主要機能(セキュリティ、信頼性など)を確実に実装した新技術の設計に携わる。CITRIS は現在、ヘルスケア・デリバリー、知的インフラ(運輸とエネルギー両方)、そしてサービス科学に関する研究に力を入れている。CITRIS 内のテレマージョン・プログラムは、2005 年に設立された。その目的は、遠隔教育、遠隔訓練、そしてダンスなどの芸術的パフォーマンスのトランスミッションと記録といった用途を念頭に、遠隔地にいる複数の参加者が没入型テレビ会議を通じてインタラクトできるバーチャル環境を作ることである。

組織と指導部

本プログラムの責任者は、CITRIS 元ディレクターの Ruzena Bajcsy 教授である。Bajcsy 教授の研究の焦点は、人工知能、機械ビジョン、そしてロボットである。ここでの研究は UC バークレー校電気工学部の Gregorij Kurillo 博士によって管理され、3 名の大学院学生研究者によってサポートされる。

プログラムでは、UC バークレー校に中央施設が構築された。部屋大のシステムには 360 度動画キャプチャ機能が装備され、人やオブジェクトの全身を 3D で再現する。データはリアルタイムでキャプチャされ、バーチャル・オブジェクトやシーン(場面)が統合されたバーチャル環境に投影される。必要な装置は、12 のステレオ・クラスターにアレンジされるカメラ 48 台などである。データはギガビット・インターネット 2 接続経由で他のコンピュータに転送され、そこで 3D シーンが作成される。施設には他にも、マイク 4 台、スピーカー 4 基、そして深さを検出するためのパターンを投射する赤外線 8 本が装備されている。同システムは、イリノイ大学アーバナ シャンペーン校の同様の施設にリンクされている。

提携と関係

プログラムの重要な提携関係は、イリノイ大学にある全米スパコン・アプリケーション・センター (National Center for Supercomputing Applications) とインターネット 2 同盟との関係である。同プログラムは、UC バークレー校のパフォーミング・アーツ・スクールのダンス学部と提携しているという点でユニークであり、ダンス・パフォーマンスをトランスミットしてアーカイブするためにテレ-immersion システムを利用している。

主要プロジェクトとイニシアチブ

サイバーアーキオロジー (CyberArcheology) に関するプロジェクトに関連して、テレ-immersion プログラム (Tele-Immersion Program) が UC マーセド (UC Merced) 校と協調的アプリケーションに関して協力関係を築いている。この協調的アプリケーションとは、テレ-immersion 技術を利用し、それぞれ離れた場所にいる考古学者が共有バーチャル環境を通じリアルタイムでインタラクトできるようにするものである。つまり、バーチャル博物館のようなもので、ユーザーは、博物館内を自らのアバターを使って歩いたり、埋蔵物の 3D 画像を博物館内の 1 箇所または複数箇所に展示するようアプリケーションをプログラムすることができる。

また、このテレ-immersion プログラムでは、双方向視覚化、調査、そして大型データセットの協調的分析を統合する**テレ-immersion 地球科学 (Teleimmersive Geosciences)** システムを開発している。同システムにより、複数ロケーションにいる地球科学者が、3D 空間に提示される共有データセットを共同で探索することが可能になる。

スタンフォード大学バーチャル・ヒューマン・インタラクション・ラボラトリー (Stanford University Virtual Human Interaction Laboratory)

所在地	スタンフォード大学、カリフォルニア州パロアルト
組織	スタンフォード大学 (Stanford University) コミュニケーション学部 (Department of Communication) VHIL
ディレクター	Prof. Jeremy Bailenson
研究者数	約 10 名
予算	非公開
URL	http://vhil.stanford.edu/

ミッション

バーチャル・ヒューマン・インタラクション・ラボラトリー (VHIL: Virtual Human Interaction Laboratory) のミッションは、没入型コモン・バーチャル・シミュレーション (VR) の中で行われる人のインタラクションのダイナミクスと含意、そして、メディア、コミュニケーション・システム、ゲームにおける人のデジタル的表現の別の形を理解することである。同ラボの研究は、以下に示す 3 つの基本的疑問に答えることを目標としている:

1. 没入型 VR コミュニケーション・システムを利用することで、どのような新しい社会的問題が生まれるか?
2. 対面インタラクションのニュアンスを調べる基本的研究ツールとして、VR をどのように利用できるか?
3. 法律実務やコミュニケーション・システムなど、日常生活を改善するために VR をどのように応用できるか?

経緯

VHIL は 2003 年、全米科学財団から 50 万ドルの助成金を獲得して設立された。スタンフォード大学に来る以前、Jeremy Bailenson 教授はコモン・バーチャルの心理的研究への応用のパイオニアとして知られる James Blascovich 教授の下、UC サンタバーバラ校に務めていた。

Bailenson 教授は、コモン・バーチャルが人の知覚をどのように形作り、その結果人の行動がどう変化し、人の認知とメモリーを増強するツールになるのかを調べるため、研究所を創設した。

組織と指導部

Jeremy Bailenson 教授はノースウェスタン大学から認知心理学の博士号を取得した。同教授は 2003 年、スタンフォード大学に加わり、コモン・バーチャルの認知含意 (cognitive implications) に関する研究を継続して実施している。同教授の研究は、博士課程修了後研究者と大学院学生によってサポートされている。

連携と関係

VHIL は、NSF、スタンフォード大学内部の学術研究資金、そしてシスコ・システムズ (Cisco Systems) 社、ワールドビズ (WorldViz) 社、また、日本企業の大日本印刷やオムロンを含む民間スポンサー数社から資金を得ており、スタンフォード大学の他のプログラムや、CITRIS テレイマージョン・プログラム (Tele-Immersion Program)、UC サンタバーバラ校などと共同プロジェクトを手掛けている。

主要プロジェクトとイニシアチブ

プロテウス効果 (Proteus Effect) と呼ばれるプロジェクトでは、ある人のアバターを魅力や身長異なるアバターに変えたとき、バーチャル環境において人の行動はどのように代わるかを調べる。またこの研究の延長で、没入型環境にいるバーチャル・ヒューマンが、例えば減量など、実際の人間を説得してポジティブな行動を取り入れさせるためのモデルになり得るかを検証する。

また、UC サンタバーバラ校のバーチャル環境と行動研究センター (Research Center for Virtual Environments and Behavior)、全米科学財団、および連邦司法センター (Federal Judicial Center) とも一連の共同研究に取り組んでおり、犯罪目撃者による容疑者特定を助けるようなコモン・バーチャルの可能性を検証している。**バーチャル・ラインアップ (Virtual Line-Up)** システムでは、容疑者の身体的特徴を持つバーチャル・アバターを目撃者に見せて修正を加えさせ、容疑者が異なる状況ではどのように見えるかを 3D モデルを使って比較したり、容疑者のアバターを使って犯罪現場を再現したりすることもできる。

イリノイ大学電子視覚化ラボラトリー (University of Illinois Electronic Visualization Laboratory)

所在地	イリノイ大学シカゴ校
組織	イリノイ大学 (University of Illinois) コンピュータ科学学部 (Department of Computer Science) 電子視覚化ラボラトリー (Electronic Visualization Laboratory)
ディレクター	Prof. Jason Leigh & Prof. Tom DeFanti
研究者数	約 10 名 (フルタイムおよびパートタイム教員)
予算	非公開
URL	http://www.evl.uic.edu

ミッション

イリノイ大学シカゴ校 (UIC) の電子視覚化ラボラトリー (EVL: Electronic Visualization Laboratory) は、高解像度視覚化とコモン・バーチャル・ディスプレイ・システム、ギガビット級ネットワークで利用される協調的ソフトウェア、そして高度ネットワーク・インフラの設計と開発に特化した研究を実施する。EVL は UIC の工学部 (College of Engineering) とスクール・オブ・アート・アンド・デザイン (School of Art & Design) の共同研究である。

経緯

EVL は 1970 年代、NSF から助成を受けて、コモン・バーチャル研究に携わる最初の研究所の一つとして設立された。1992 年、EVL は CAVE コモン・バーチャル・シアターを発明し、続いて 1995 年にイマーサデスク (ImmersaDesk) を、1998 年に PARIS システム (触覚フィードバックを備えた協調的増強リアリティ環境) を開発した。ネットワーク対応テレマージョン研究にも積極的に取り組んでいる。

組織と指導部

EVL は、Dan Sandin 名誉教授指導の下、Jason Leigh 教授と Tom DeFanti 教授が共同で指揮を執っている。この研究プロジェクトには大学の様々な学部から約 10 名の教員が参加しており、約 35 名の大学院学生によってサポートされる。

提携と関係

EVL は、NSF から大型助成を受けているほか、国立衛生研究所、イリノイ州、技術研究・教育・商業化センター (TRECC: Technology Research, Education, and Commercialization Center) を代表して海軍研究局、そして日本の NTT 光ネットワークシステム研究所を代表してパシフィック・インターフェース (Pacific Interface) から資金援助を受けて実施される。共同研究先としては、アルゴンヌ国立研究所 (Argonne National Laboratory)、シカゴの業務用コモン・バーチャル研究所 (Industrial Virtual Reality Institute)、高度インターネット研究のための国際センター (International Center for Advanced Internet Research)、オークランドのシネグリッド (CineGrid) 社、ゼネラル・モーターズ社、そしてメクダイン (MechDyne Corporation) 社などが挙げられる。

主要プロジェクトとイニシアチブ

テレマージョンとネットワーク分野の EVL の研究は、高性能コンピュータ、視覚化環境、高度アプリケーションをサポートするための高速ネットワークを介した遠隔機器と巨大データベースを統合するコンピューショナルおよび情報インフラの開発に結び付いている。CAVERNsoft G2 は、協調的ネットワーク・アプリケーション、または物流ネットワーク・アプリケーションを構築するための C++ ツールキットである。

EVL はまた、1991 年の初代 CAVE システム開発を皮切りに、高度視覚化機器の開発にも携わる。現在のシステムのジオウォール (GeoWall) は、低コストの教室ベースのコモン・バーチャルと視覚化技術によってサポートされる 3D モデルを利用して、地球科学データの理解を助けることを目的とする。ジオウォール・コンソーシアム (GeoWall Consortium) は現在、米国の大学、研究所、そして政府研究機において 70 のジオウォール・ユニットが設置されている。

EVL は UIC の VRMed ラボ (VRMed Lab) と提携し、頭部に外傷性のケガを負った患者に必要とされる頭蓋インプラントをデジタル的に構築するテレマージョン・システムの開発に取り組んでいる。イマーシブ VR とカフィードバック・ファントム (Phantom) 触覚装置と組み合わせることにより、義肢装具士が患者のインプラントを成形する様子をシミュレートする。ネットワーク対応機器を利用すれば、バーチャル成形プロセス中の動きをファントムに模倣させることにより、遠隔地の義肢装具士による訓練が可能になる。

3.3 民間研究所

マイクロソフト・リサーチ (Microsoft Research)

所在地	ワシントン州レッドモンド(メインキャンパス)
組織	マイクロソフト・コーポレーション (Microsoft Corporation) マイクロソフト・リサーチ (Microsoft Research) マイクロソフト・リサーチ・レッドモンド (Microsoft Research Redmond)
ディレクター	Dr. Rick Rashid, Senior Vice President, Microsoft Research
研究者数	800 名強 (Ph.D. 研究者、世界ベース)
予算	非公開
URL	http://www.research.microsoft.com

ミッション

マイクロソフト・リサーチ (Microsoft Research) は 1991 年、ソフトウェア、コンピューティング、および企業と社会的ニーズに応える情報技術アプリケーションに関するマイクロソフトの基礎研究開発センターとして設立された。同組織は世界 7 つの主要研究施設と、数多くの追加応用研究所と共同研究所によって構成される。

マイクロソフト・リサーチは、コンピュータ科学とソフトウェア・エンジニアリング分野の基礎および応用研究の両方を実施する。その目的は、コンピューティング機器に関するユーザー体験を向上すること、ソフトウェア開発と維持にかかるコストを削減すること、および画期的コンピューティング技術を発明することである。

図 6: マイクロソフト・リサーチ概要



出典: Microsoft Research

経緯

マイクロソフト・リサーチは、コンピューティング技術の基礎研究に注力する、おそらく最大の学際的民間研究所である。今やその規模は、約 500 名が基礎研究に従事する IBM リサーチ (IBM Research) を超える。同研究所は Rick Rashid 博士によって設立された。カーネギー・メロン大学コンピュータ科学学部の学部長であった同博士は、マイクロソフト・リサーチを率いるためその職を去ったという経緯がある。初期の研究トピックは、コンピュータ・セキュリティ、コンピューティング理論、ソフトウェア・エンジニアリング、音声技術、そしてグラフィクスなどであった。マイクロソフト・リサーチでは現在、約 100 の研究グループが活動を行っており、電子商取引経済からコンピュータ・アーキテクチャ基盤、そして高信頼性ソフトウェア開発に至るコンピューティング領域において、15~20 件の主要トピックに取り組んでいる。

協調的コモン・バーチャル領域に関しては、マイクロソフト・リサーチは 1998 年から 2001 年まで、協調的マルチメディア・システム (Collaboration and Multimedia Systems) 関連としてプログラムを展開していた。同分野では他に、テレミーティング (tele-meetings) や顔モデリング (facial modeling) 関連研究プロジェクトが実施されていた。コモン・バーチャル研究は現在、コンピューショナル・ユーザー体験 (Computational User Experiences) 研究グループ下で実施されている。同グループの研究は、機械学習、視覚化、センサー、および視覚 (ハプティクス) など、コンピュータ・ユーザビリティに関する幅広い問題を扱っている。

組織と指導部

コンピューショナル・ユーザー体験 (CUE: Computational User Experience) グループの責任者は、Desney Tan 博士である。Tan 博士の研究は、ヒューマン コンピュータ・インタラクションと生理学的コンピューティングに焦点を置いている。同士のチームは、約 8 名の研究者から構成される。CUE は、Mary Czerwinski 博士率いるビジネスと娯楽における視覚化とインタラクション (VIBE: Visualization and Interaction in Business and Entertainment) グループ内の 4 グループの 1 つである。CUE 所属研究者は、他の多くのマイクロソフト研究グループと協力関係にあり、CUE 内の各プロジェクトには、他グループから研究者が参加することもある。

提携と関係

マイクロソフトは、外部研究 (External Research) プログラムを非常に活発に展開しており、大学やその他組織の研究プロジェクトに資金を出している。ヒューマン コンピュータ・インターフェースと視覚化 (human-computer interfaces and visualization) 分野では、マイクロソフトはスタンフォード大学、カーネギー・メロン大学、ノースカロライナ大学チャペル・ヒル校などで大学教員が実施する研究を助成している。

主要プロジェクトとイニシアチブ

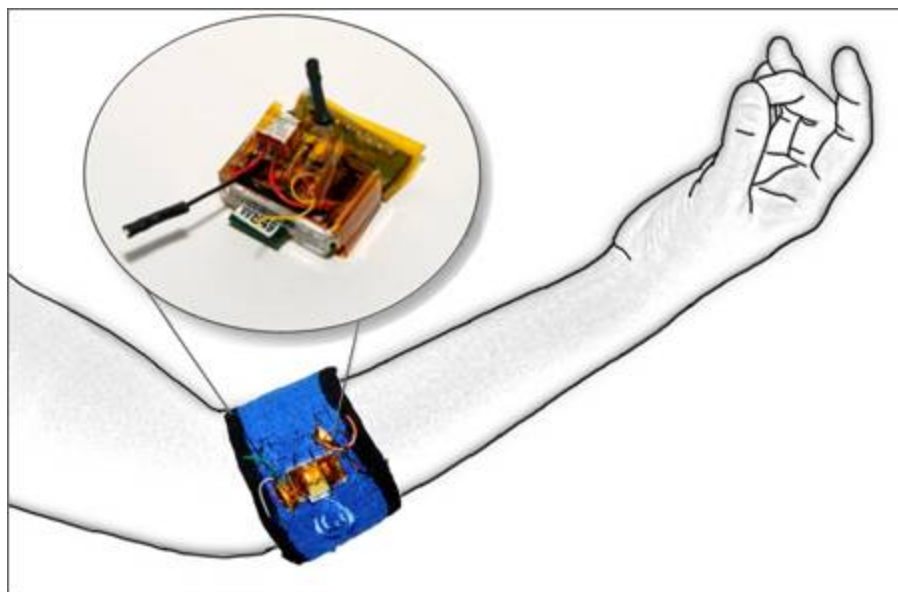
CUE グループは現在、「プロジェクト・ナタル (Project Natal)」の原点として最もよく知られている。プロジェクト・ナタルとは、マイクロソフトが最近ビデオゲーム業界見本市の E3 で一般に披露した技術である。プロジェクト・ナタルは“フル・ボディ (全身)”モーションセンサー・システムであり、ユーザーが体のどこかを動かすと、その動きが検出されてコンピュータ・システムのアクション (行為) が引き起こされる。

図 7: プロジェクト・ナタル動きセンサー・システム(Project Natal Motion Sensor System)

出典: Microsoft

Tan 博士は、生理的センサー機能付きナチュラル・ユーザー・インターフェース (Natural User Interfaces with Physiological Sensing) と呼ばれるプロジェクトを主導する。このプロジェクトは、筋肉の活動によって生成される電気信号を、皮膚と触れることで生じる音波と共に検出する装置を開発中であり、最終的に新しい形のヒューマン コンピュータ・インタラクションの提供を目的とする。具体的には、腕に装着する作動装置が腕の動きを検出し、ソフトウェア・コマンドに翻訳するといったものである。

図 8: 生理的センサー機能付きナチュラル・ユーザー・インターフェース
 (Natural User Interfaces with Physiological Sensing)



出典: Microsoft

リンデン・ラボ(Linden Lab)

所在地	カリフォルニア州サンフランシスコ
組織	リンデン・ラボ(Linden Lab)
ディレクター	Mark Kingdon, CEO
研究者数	10 名未満
予算	非公開
URL	http://www.lindenlab.com

ミッション

リンデン・ラボは、セカンドライフ (Second Life) の開発企業として最もよく知られる。セカンドライフはオンライン・バーチャル世界であり、何百人というユーザーがバーチャル・インタラククションを行うプラットフォームである。ユーザーは累積 10 億時間以上を同ウェブサイトです互いにインタラククションしながら費やしたとされる。同社の現在のミッションは、コミュニケーション、インタラククション、学習、そして創造のための画期的モードを開発することである。

経緯

リンデン・ラボは 1999 年、Philip Rosedale 氏によって設立された。同社を起業する前は、同氏はリアルネットワークス (RealNetworks) 社に最高技術責任者 (CTO) として勤めていた。Rosedale 氏は、3D グラフィクスと広帯域ネットワークの進化が一般消費者レベルのコモン・バーチャルを実現すると考えている。セカンドライフは、インタラククションのために主にデスクトップ・コンピュータを使用するシステムだが、そのグラフィクス能力は、拡張されて真の没入型コモン・バーチャルと統合されつつある。

組織と指導部

リンデン・ラボを現在率いるのは、CEO の Mark Kingdon 氏である。Mark Kingdon 氏は、コンサルティングと、デジタル・パブリック・リレーションズとマーケティング分野で経験のある起業家である。セカンドライフのシステム開発の主な責任者は、プラットフォームと技術 (Platforms and Technology) 担当バイスプレジデントの Joe Miller 氏である。同氏は現職以前には多くのソフトウェアおよびビデオゲーム開発会社に勤めていた。同技術の全体的方向性を決定するのは、グローバル・テクノロジー (Global Technology) 担当シニア・バイスプレジデントの Frank Ambrose 氏である。同氏はアメリカ・オンライン (America Online) 社で長いキャリアを積んだ後にリンデン・ラボに入社した。

提携と関係

リンデン・ラボはオープンソース開発手法を採用しており、多様なソフトウェア開発者の関心をセカンドライフに引き寄せるため、リベラルな開発者関係ポリシー (developer relations policies) を採用した。リンデン・ラボの最も戦略的提携は、IBM 社との提携である。IBM 社はセカンドライフの大半のコンピューティング・インフラを提供すると共に、バーチャル通貨システムを運用している。

主要プロジェクトとイニシアチブ

リンデン・ラボは、企業の日常業務でのセカンドライフ利用を支援するため、セカンドライフ・ワーク (Second Life Work) と呼ばれる法人部門を設置した。企業は、バーチャル会議やイベントの開催、世界の従業員や顧客向け訓練プログラムの実施、そして製品のプロトタイプやシミュレーション披露のためのプラットフォームとしてセカンドライフを利用することができる。

4 コモン・バーチャル環境に係る今後の R&D の展開・方向性

協調やコミュニケーションのために超現実的オンライン・コモン・バーチャル環境を創造するための米国における研究は、1990 年代初期からほとんど進化していない。開発の遅れの理由としては、そのような環境構築に必要とされる情報を転送できるだけの十分な帯域がないこと、環境を構築するためのコンポーネント技術の組み立てが複雑であること、などの要因が考えられる。しかし、それら障壁の一部は、今やそれほど大きな問題ではない。特に、コンピュータ処理能力とハードウェアの進化によって、没入型コモン・バーチャル・システムの構築は格段に安価で行えるようになり、その結果、コモン・バーチャルはより広く利用されるようになってきている。一方、広帯域インフラの欠如は、そのようなシステムの市場が今も比較的小さいことを意味する。また、触覚（ハプティクス）などの新しい種類のインターフェースが、共通（コモン）コミュニケーション・システムの一部になるには、それ以前により広範囲で適用される必要がある。

4.1 コモン・バーチャル環境における主な動き

今日、コモン・コモン・バーチャル環境に対する関心をけん引しているのは、セカンドライフとそれに類似した“バーチャル世界”プラットフォームの並外れた成功である。その他の成功例としては、メタバース（Metaverse）や、ワールド・オブ・ウォークラフト（World of Warcraft）のような大規模マルチプレイヤー型ゲームが挙げられる。それらプラットフォームは、オンライン環境に参加し、アバターや一人称（当人）のバーチャル・インターフェースを通じてインタラクトするのをいとわないユーザーが、非常に多いということを示している。グラフィクスやその他詳細の観点からは、プラットフォームは現実からはるかに遠いが、セカンドライフの台頭は、技術開発者に対し、これらプラットフォームを改良し、その経験により現実味を加えさせるだけのインセンティブを与えた。

同時に、真に没入型のコモン・バーチャル・システムに対する国防総省の莫大な投資は、将来の技術開発に重大な影響を及ぼすと考えられる。クリエイティブ技術研究所で開発された画期的イノベーションのいくつかは、商業化が始まっている。また、訓練と教育のためのバーチャル・シミュレーション利用の利点は、全ての大組織にとって明白である。そのようなシステムは、複数サイトでの同時訓練の実施を可能にする。更に、これらシステムは、救急隊員や外科医、兵士の訓練など、実際に行くと危険をとまなう可能性があるような状況での訓練に理想的である。

今後 2、3 年は、コモン・バーチャル・システム開発に必要とされる主要技術において、更に急速な進歩が期待される。コモン・バーチャルの心理的および社会的局面に関し実施されている研究は、非常に重要な意味を持つ。なぜならば、バーチャル環境を比較的安価な技術を使って構築するために、人間の知覚や認知をどのように操作するかに関するヒントが得られる可能性があるからである。また、センサー、ディスプレイ、そしてインターフェースの各種技術の急速な進歩は融合し始めており、コモン・バーチャル・システムにおいて真に包括的かつ統合された全身体験を約束する。

4.2 コモン・バーチャル R&D 投資の傾向

没入型コモン・バーチャル環境開発における最も新しい前進は、特に訓練シミュレーションと退役軍人の PTSD 治療に対する軍部のニーズから助成されたものである。オバマ大統領は、将来的に国防関連 R&D 予算を削減する方針を表明しており、そうなれば同領域の生産性も下がる懸念がある。しかし、シミュレーション技術の利用は、軍部と大規模組織にとってあらゆる種類の運営コストを抑えるための非常に明らかな方法である。技術が進歩し、コストの優位性が大規模に示されるようになった今、国防総省とその他政府機関は、没入型コモン・バーチャル R&D 投資削減を考える前に、まず他の研究領域の削減を検討するようになると思われる。