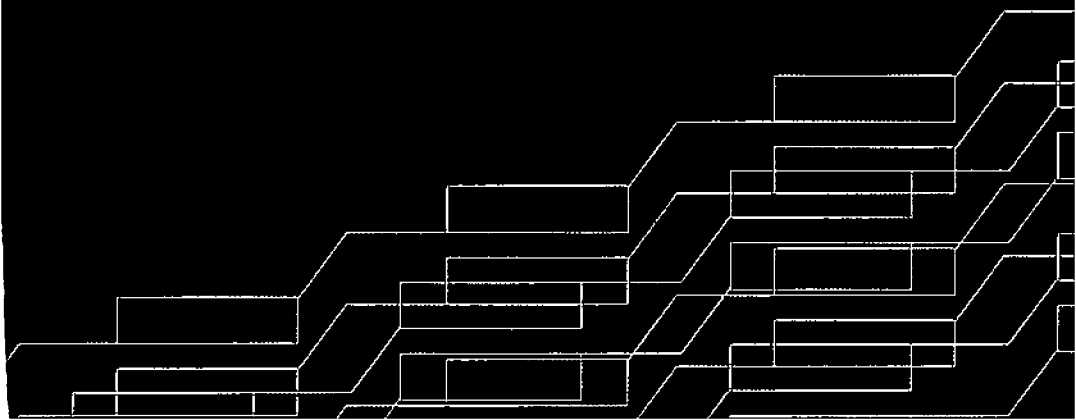


第 **1** 部

次に来るネットの革命



ARの可能性と未来

author: 暦本 純一

東京大学大学院情報学環教授 理学博士
 ソニーコンピュータサイエンス研究所インタラクショナルラボラトリー室長
 クワジット株式会社 共同創業者兼特別顧問



私はソニーコンピュータサイエンス研究所で約14年間、実世界と仮想世界を結び付けるヒューマン・インタフェースの研究をしてきました。“仮想世界と現実世界の結合”が大きなテーマです。この研究はいろいろな広がりを持っているのですが、今回は現実世界に仮想世界をオーバーレイするようなタイプのAugmented Reality (AR)を中心にお話したいと思います。

ARは「ターミネーター」や「ドラゴンボール」のスカウター、最近では「電腦コイル」のように、SFの世界では繰り返し表現されてきたコンセプトです。ARという言葉にはいろいろな解釈がありますが、私は「現実世界や人間の身体を何らかのテクノロジーで増強、拡張する」という意味で使っています。この意味では、マーク・ワイザー氏が提唱したユビキタス・コンピューティングの概念に非常に近いと思っています。

人間は「物を見る」など現実空間と常にインタラクション(相互作用)しています。そこにコンピュー

ターミネーター=米国で制作されたアーノルド・シュワルツェネッガー主演のSFアクション映画。1984年公開。

スカウター=ドラゴンボールに出てくるメガネのようなデバイス。相手の戦闘力を計測する機能がある。

ユビキタス・コンピューティング=1988年に米ゼロックス パロアルト研究所のマーク・ワイザー氏が提唱した概念。ユビキタス

(ubiquitous) は、同時に至るところにある、遍在する、あちこちに姿を現わす、といった意味を持つ。マーク・ワイザー氏は、コンピュータの利用形態には三つの段階があると考えた。第1段階は大型コンピュータを多数のユーザーが利用する、第2段階は1台のコンピュータ(パソコン)を一人が利用する、そして第3段階は一人のユーザーが多数のコンピュータを使う「ユビキタス・コンピュータリング」であると位置付けた。

タの力が介在し、現実世界に人間が働き掛ける能力にコンピュータが何かを付加してくれるものが人間強化型のARと言えます。

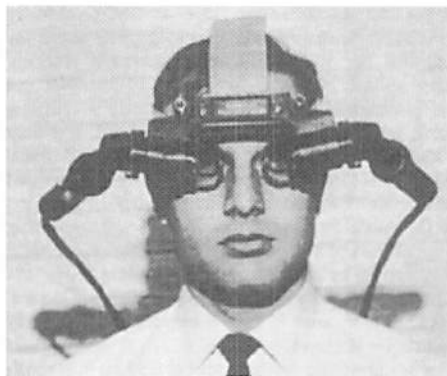
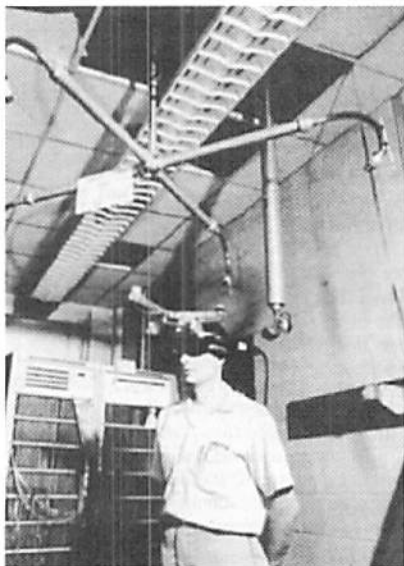
なお、最近話題となっている実画像と仮想情報の合成はARの一部にすぎず、より専門的にはMixed Reality (MR) とも呼ばれます。

■ VR と同時に研究が始まった AR

ARの研究は1990年代に第1次ブームがありましたが、歴史的には1965年にアイバン・サザランド氏が開発した「The Ultimate Display」(写真1.1)に遡ります。これはバーチャル・リアリティ(VR)の元祖なのですが、同時に世界初のシースルー型ARシステムでもありました。

■ 写真 1.1 VR と AR の元祖「The Ultimate Display」

アイバン・サザランド氏が1965年に開発。



アイバン・サザランド氏はコンピュータ・グラフィックス(CG)やインタラクティブ・コンピューティング研究の開祖で、非常に重要な研究をされた方です。有名なのは60年代に作られた「Sketchpad」というGUIのシステムです。その後、サザランド氏は世界初のヘッド・マウント・ディスプレイ(HMD)を開発しました。

The Ultimate Display は頭に HMD を付けるのですが、HMD にロッド(棒)が接続されており、ロッドの角度を測ることで機械的に位置を算出できます。また、HMD はハーフミラーを採用しており、横に付いているディスプレイの映像が視界と光学的に合成されるようになっています。つまり、頭を動かすと、シースルーで見える現実世界といっしょにCGの仮想世界も動くというものです。他にも別のロッドを操作することで現実世界と仮想世界のインタラクションがある程度できるようになっていました。

The Ultimate Display は 60 年代の非常に先駆的な研究でした。その後 90 年代に入ると、もっと明確に AR や MR を意識した研究が多くなります。

「KARMA」(次ページの写真 1.2) はコロンビア大学のステイブン・ファイナー氏が 1993 年に開発したものです。プリンタを修理するときに、コンピュータが「この部分を引き出せばいいのですよ」と CG で指示してくれます。これは超音波センサーを使い、プリンタと頭の位置を測定し、現実の視界と仮想の映像をハーフミラーで合成することで実現しています。

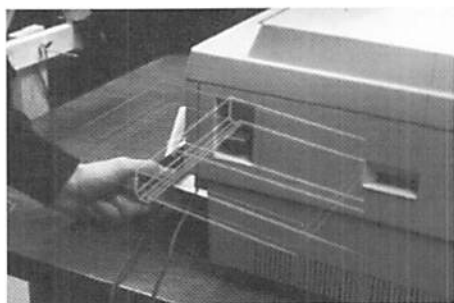
☞アイバン・サザランド＝米国のコンピュータ工学。CGやVR研究の先駆者。後のCGやGUI技術に多大な影響を与えた。チューリング賞を受賞している。

☞シースルー＝See Through。透過の意味。ARのシステムでは、ハーフミラーを使って現実の視野とCGを光学的に重ね合わせる光学式、またはカメラで撮影している映像にリアルタイムでCGを合成するビデオ式でシースルーを実現している。

☞GUI＝Graphical User Interface。

☞ヘッド・マウント・ディスプレイ＝頭に装着するディスプレイで、ゴーグルやヘルメットのような形状をしている。

■写真 1.2 米コロンビア大学のスティーブン・ファイナー氏が1993年に開発した「KARMA」修理方法を表示する。この頃から「現実と仮想のオーバーレイ」が実現されていく。



■ 歌舞伎座で気付いた コンテキスト・アウェア

ARのインタフェースで重要なのは、「コンテキスト・アウェア・コンピューティング」(状況連動型コンピューティング)という思想です。これは利用者が今、何をしようとしているのか、どんな場所にいるのか、近くにどんな人がいるのかなど、利用者の周りのコンテキストをコンピュータが察知(センシング)し、コンピュータの力で、例えばデータベースから状況に適した情報を瞬時に引き出してくるようなコンピューティングです。

私がコンテキスト・アウェアを明確に意識したのは、実は20年ほど前に歌舞伎座へ行ったときが最初です。歌舞伎座へ行くとイヤホン・ガイドを貸してくれます。歌舞伎を見ながらイヤホンを付けて聞くシステムなのですが、実際に芝居で演者が台詞をしゃべっているときはほとんど何も言いません。演者がちょっと間を空けたときに、ぱっとそのときのコンテキストに応じて、例えばこの後ろにあるこの様式は何という様式ですとか、時代背景はこうで

すといった情報を補足説明してくれます。非常にローテクな技術で実現していたものですが、これを現実世界に適用できればコンテキスト・アウェアのインタフェースになると感じました。

■ ARの本質的なアイデアは90年代に出そう

コンテキスト・アウェアという発想の下で、私がソニーコンピュータサイエンス研究所に入った1994年頃に開発したのが「NaviCam」(写真1.3)です。実現したかったのは、ビデオに映っている現実に対してコンテキストに合った情報を表示したい、ということでした。

とはいえ、当時はカメラ付き携帯電話が登場するはるか前です。「ザウルス」のようなPDA(携帯情報端末)はありましたが、カメラは内蔵されていません。そこで液晶テレビとカメラを無理やり組み合わせ、携帯型の端末を作成しました。ただ、端末にコンピュータは入っておらず、ケーブルで米SGI製のコンピュータにつないでいました。

情報を表示させたい対象物にはIDとして1次元バーコードを貼り付け、それを認識させる方法をと

☞ザウルス＝シャープが開発し、1993年から発売を始めたPDA。

☞SGI＝米国のシリコングラフィックス社。ジム・クラークが創業。「Indy」などのグラフィックス・ワークステーションで一世を風靡し、3次元コンピュータ・グラフィックスの進歩に大きく貢献した。

■写真 1.3 厩本氏が1994年にソニーコンピュータサイエンス研究所で開発した「NaviCam」ID認識によるAR。ハンドヘルド型ARとして世界初だった。



④ ジャイロセンサー＝物体の角速度を検出することで、物体の向いている方向を取得できる。ジャイロスコープとも呼ばれる。

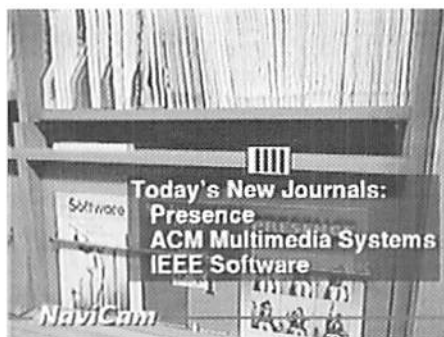
りました。現在の技術なら、例えばレンブラントの絵ならレンブラントの絵として認識し、関連する情報の表示が可能です。しかし当時はコンピュータの計算能力がまだ足りなかったので、少ない計算量で認識できるバーコードを使う必要がありました。

その後、NaviCamに④ ジャイロセンサーを付けました。バーコードから得た絶対位置とジャイロセンサーから得た相対位置によって、空間に矢印などの情報を映すナビゲーションを実現しました。

また、空間や特定のモノに情報を貼り付けることもできました。例えば誰かが本棚に対してメールを送っておくと、その本棚の前を通りかかった人はNaviCamによってその情報を取得できるということが可能でした(写真 1.4)。

現在話題となっているARの本質的なアイデアは、当時のこういった研究でかなりの部分が出ていたと思います。その後のハードウェアや携帯電話サービスの進化で、最近になって現実的なビジネスとして、再びこういった技術が見直されているのではないのでしょうか。

【写真 1.4 NaviCam を使った「Augmented Bookshelf」】



■ スケーラビリティの確保が課題

NaviCamの次に、複数の人が同じものを共有する仮想空間、仮想作業環境をARで作りました。1996年の「TransVision」(写真1.5)というシステムです。

TransVisionはVRでよく使われていた^④地磁気センサーを利用しました。地磁界を発生する装置があり、その周りでは地磁気センサーによって位置を計測できるというものです。磁気センサーをシースルー型のディスプレイとカメラに取り付ければ、それらの位置が分かります。

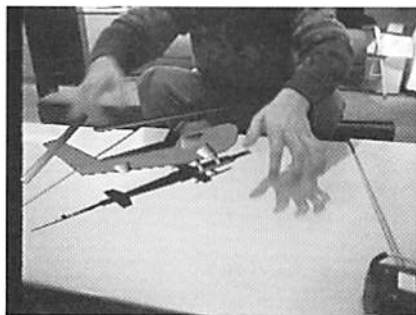
描画するCGはすごくシンプルなのですが、背景が現実世界で、CGの大きさに空間的な整合性を持たせたので結構リアルに見えます。CGの影をテーブルの位置に合わせて落としているので、テーブルに対してCGがどれくらいの大きさかが分かります。当時は「借用現実感」などと呼んでいました。

さらに、相手がどこを指差しているのかといった空間的な情報も共有できます。同じようなシステム

④地磁気センサー＝地磁気を利用して方位を測定するためのセンサー。磁気センサーとも呼ぶ。

■ 写真 1.5 1996年開発の「TransVision」

実世界中で仮想オブジェクトをマルチユーザーで共有できた。



を VR で実現すると、お互いの手の形などがすべて消えてしまい、CG だけになります。それよりもシースルー型の AR で作った方が、はるかに高い共有感が得られます。

TransVision は現在の技術で作り直せば、新世代のハンドヘルドのエンターテインメントのような展開が可能だと思っています。

インタラク션을共有できる TransVision は非常に可能性があるシステムだったのですが、磁気センサーには問題がありました。精度があまり良くなく、位置をトラッキングできる範囲もかなり限られていたのです。閉鎖された空間の中では利用できるのですが、広い空間では使えませんでした。今後、携帯電話などで展開されてゆく AR のシステムも、スケーラビリティ(拡張性)をどのように確保するかが重要なポイントになると思います。

■ 96 年にマーカー型 AR 「CyberCode」を開発

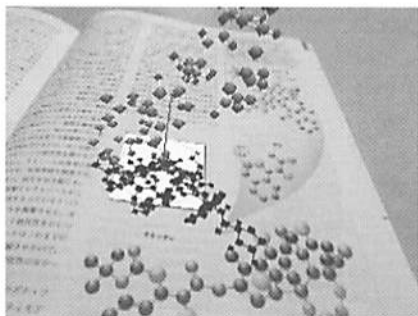
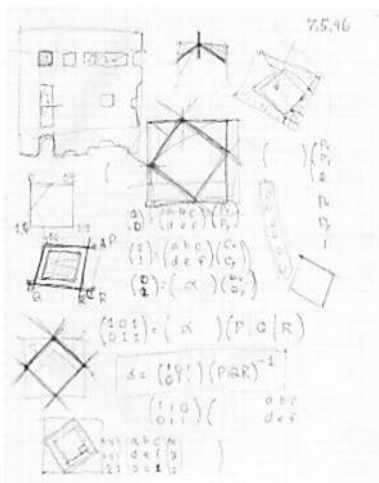
1996 年には「CyberCode」(写真 1.6)というマーカー型の AR も作りました。私が知る限り、おそらく世界初のビジュアル・マーカー型の AR システムです。

2 次元バーコードをマーキングする仕組みで、中に描かれているバーコードからどのような物体かを読み取ると同時に、全体の四角形の変形具合から、空間の中でどの角度からカメラが見ているかを逆算しています。逆算によって位置と方向が分かれば、あとは CG を描画するだけです。現実世界にマーカーさえ貼ってあれば、カメラによる画像認識によって 3 次元空間の中で整合された AR が非常に簡

☞ マーカー=maker。楕円。2次元バーコードのような白黒パターンや登録した画像などを使う。

写真 1.6 1996 年に開発した世界初のマーカー型 AR「CyberCode」

左は開発段階のメモ。



単に実現できるのです。磁気センサーのような高価なハードウェアは必要ありません。

マーカーのサイズを大きくすれば、CG もそれに合わせて大きくなるので、CG のソファを実物大で部屋の中に配置する家具のレイアウト・シミュレーションといった応用が考えられます。また、立方体の全表面にマーカーを貼れば、ちょうど立方体の中にCGが入っているような感じで描画できます。

現在では、マーカー型の AR は既に完成された技術と言えます。エンターテインメントでの活用など、いろいろなアプリケーションがあると思います。

1998 年にソニーは「VAIO CI」という、最近 (2009

年)話題になっている「VAIO type P」の祖先に当たるようなカメラ内蔵の横長型のノートパソコンを発売しました。実はその中に CyberCode を製品として入れていて、カードをかざすと 3次元 CG が表示されるといった機能がありました。

しかし、あまりにも時期尚早で、ノートパソコンのビジネス的な使用目的と CyberCode のエンターテインメント的な目的が必ずしもマッチしなかったこともあり、それほどブームにはなりません。ただ、コンシューマ向け製品に入った AR システムとしては、おそらく世界初だったと思います。

その後、ソニーの中では CyberCode を使った新しいエンターテインメントを作ろうという話があり、過去数年間、PLAYSTATION の企画担当者と協議を続けています。2007 年には PLAYSTATION3 で「THE EYE OF JUDGMENT」(写真 1.7) というゲームを発売しました。CyberCode のテクノロジーを使い、カードの上に CG を描画しています。ピ

■ 写真 1.7 2007 年に発売された PLAYSTATION3 用ゲーム「THE EYE OF JUDGMENT」



ジュアル・マーカーを使い、ネット対戦ができ、ARを複数のユーザーで共有しようという、いろいろな研究のエッセンスが全部入ったゲームです。また、カード以外にも指を認識しており、指でバーチャルなキャラクタを動かすという技術も入っていません。

NaviCamの頃はワークステーションの計算能力を必要としていたシステムが、今ではコンシューマ向けのゲーム機で何の問題もなく処理できます。ハンドヘルドのゲーム機で同様のシステムを実現することも、まったく問題のない水準に到達していると思います。

THE EYE OF JUDGMENTは、大規模な商品の中でARを一般の方に体験してもらえた点が大きな意味を持ちました。世界初の本格的なARエンターテインメント・コンテンツであったと思います。

■ ARと相性がよい可視光通信

研究の視点からは、ビジュアル・マーカー以外にもさまざまなアイデアがあります。例えば、ソニー木原研究所(当時)と共同で「ID Camera」という研究を行いました。

これは可視光通信を使うものです。照明がLEDになると、LEDの高速点滅にIDの情報エンコードして乗せることができます。カメラは通常の60フレーム/秒といったものではなく、4万8000フレーム/秒などの高速撮影できる機器を使えば、自然の映像と同時に、LEDの点滅にエンコードされている情報を取り出せます。LEDのピクセルごとに異なる情報に乗せることも可能です。

可視光通信とARは非常に相性が良いと考えてい

可視光通信＝人の目に見える「可視光」を利用した通信技術のこと。実用化に向けた動きが加速しつつある。技術的には、LED照明を使い、人間の目で分からないほど高速に光を点滅させたり、光の強度を調整したりすることで情報を送る。伝送速度は数M～数十Mビット/秒。実証実験では高速通信用LEDを利用することで1Gビット/秒以上の伝送速度を実現したケースもある。最大の特徴は、送信機に照明器具を利用できること。あとは、携帯端末などに受信機を付加するだけで情報を配信できるようになる。照明器具は元々、見通しの良い場所にあることが多く、設置スペースや電源の問題は生じない。

LED＝Light Emitting Diode。発光ダイオード。

☞ PlaceEngine = クウジットが提供する無線 LAN を利用した位置情報サービス。接続している無線 LAN アクセス・ポイントから現在位置を特定する。

☞ クウジット = 2007年7月設立。位置情報を獲得する PlaceEngine などの事業を展開している。

☞ ビーコン = 無線 LAN アクセス・ポイントが一定間隔で発信する識別信号。

ます。未来のネオンサインは、人間に見えるネオンを発光するだけではなく、人間の眼には分からないほど高速点滅することで、情報を発信する源にもなるのではないのでしょうか。

■ 屋内の位置測位は無線 LAN で

私は「☞ PlaceEngine」というテクノロジーを進めている☞ クウジットに参加しています。Place Engine は無線 LAN のアクセス・ポイントの情報を分析して、そこから現在地を取得する技術です。

もともと実現したかったのは、空間に写真やタグ、ポストイットを貼り付けることです(写真 1.8)。これを何とかしてスケラビリティを上げて実現したいと考えました。最初は PHS 基地局のフィンガープリント(電波の指紋)の信号パターンと位置情報を結び付けて、現在地を求めていました。最近では無線 LAN が高密度に普及していますので、無線 LAN アクセス・ポイントが発信する☞ ビーコンを受信して三角測量で現在地を計算しています。現在、PlaceEngine のプロジェクトが持つデータベースには、東京近辺だけで 100 万個以上の位置情報と

■ 写真 1.8 1998年にソニーコンピュータサイエンス研究所で試作した「空中ポストイット」

