

## 論文の内容の要旨

論文題目 没入型水ディスプレイの研究

氏 名 杉 原 有 紀

本論文はアートおよび学際的な視点から、水膜で構成したドーム空間を新しい没入環境として提案するものである。流水を平板に衝突させると、半球状の水膜が生成される。この現象はウォーターベルと呼ばれており、造形の美しさから公園の噴水装置等に利用されている。しかし、その利用方法は観賞にとどまっており、人の触知を前提としていない。また、博覧会やテーマパークではウォータースクリーンが展示されているが、同様に観賞目的で作られており、水には人が容易に近付けない仕組みである。本研究では半球状の水膜を水ディスプレイとして定義し、水を映写スクリーンとして利用するだけでなく、人間の五感で楽しむインタフェースとして提案するものである。

水ディスプレイの特徴は、1) 球面性、2) シースルースクリーン機能、3) 水そのものの効果的な提示である。水ディスプレイの被験者はドーム状の噴水の内部に頭部を入れ、水の中に濡れずに佇むという特異な没入感を味わう。同時に全方位的な水音に包まれたり、涼感を肌を感じたりといった、水がもたらす複合的な刺激を受ける。また、水膜はシースルースクリーンとして機能する。近年、複合現実感の分野では、物理空間と情報空間を融合する技術が提唱されている。その中でも、AR(Augmented Reality)では、半透過のHMDに映像を表示し、観察者に物理空間と情報空間を重畳して提示する光学シースルー方式が提唱されている。水ディスプレイでは、水膜に投影した映像を透かして外部の風景を観察することが可能である。水ディスプレイを通じ、生活と情報とのシームレスな融合を目指す。本論文では従来の噴水やウォータースクリーン、メディアアート、建築環境で行われてきた水の提示方法に比べて、より人間に対して効果的で新規性のある親水空間として二つのアプリケーションを開発し、考察を行った。

水ディスプレイの生成原理は、落水が円形平板に衝突した時に半球状の水膜領域を形成するウォーターベル現象である。流水を衝突させるターゲットの形状、大きさ、使用するポンプの流量等の条件を変え、水膜の生成を観察した。その結果、水膜の直径は水量に依存して拡大することがわかった。毎分出力流量 50[l]のポンプに 44[mm]口径のパイプを接続した際に直径 70[cm]の水膜が形成される。そこで、水膜の中空の内部に人間の頭部を入れることのできるアプリケーション「かぶり型水ディスプレイ」を設計した。

かぶり型水ディスプレイは、水膜流で構成した空間の内部に人間の頭部を入れ、半球面の水膜のなかで人間が水から受ける知覚影響を体験するシステムである。従来行われてきた水の提示方法は、メディアアートでの容器に水を汲み水平な水面を提示する方式や、ウォータースクリーン用に屋外で散水して垂直な霧の層を作り出す方式に偏っている。それに対し、かぶり型水ディスプレイは頭部の周囲に水膜を配置するという水の曲面提示を行うものである。また、水ディスプレイに映像の投影を行い、新しい没入型映写環境としての表示特性を検証した。

かぶり型水ディスプレイの映写スクリーン機能として次の3点を確認した。

(1) 水膜後方向から投影を行った場合、後方から水膜は透明にしか見えないが、前方からは奥の面と手前の面の両方に映像が見えた。

(2) 水膜は球面鏡の役割を果たす。水膜を透過した光に対し、手のひらをかざすとはっきりとした反射像を膜面に見ることが出来た。

(3) 水膜はレンズとなって特定の場所で結像する。水膜空間内部からは外部環境が透けて見えたが、任意の地点から見上げた時のみ、明るい映像が確認できた。

実装にあたっては日本、アメリカ、フランスにて展示を行い、来場者のかぶり型水ディスプレイへの反応を調査した。1998年7月、フィリップモリス・アートアワード（東京国際フォーラム）に於いて11日間の展示を行い、1万7千人の来場者を迎えた。翌年1999年7月、SIGGRAPH'99(Los Angeles, U.S.A.)において7日間の展示を行った。映写コンテンツには10ヶ国語で水を意味する単語（Aqua/ラテン語、Wasser/ドイツ語など）と星模様の静止画を用意し、5秒単位で切り替えて投影した。その中では星模様が最も人気が高く、家族や友人を連れて再来場するリピータも現れた。体験者が第一声で指摘する「不思議さ」は、様々な知覚影響が複合的に作用して生み出した結果と考えられる。聴覚や触覚など単一の感覚を用いる場合、我々は能動的に情報を受け取るが、水ディスプレイは体験者に一度に複数の刺激を提示する。そこでシステムの体験者は水への没入感や、ドーム状の水のディスプレイ方法から水に対する認識を刷新するのである。記述による体験者の感想では「心地よい、涼しい、気持ちいい」といった水のアメニティ効果を高く評価する意見が99.1%を占めた。また、水ディスプレイを見上げた時に観察者が上方に移動したように感じられるオプティカルフロー、頭部を包むように響く水音、顔に降りかかる飛沫に関して、効果的であるとの評価が寄せられた。体験者はかぶり型水ディスプレイを映写スクリーンとして鑑賞するだけでなく、水膜と水音に包まれる親水空間として未知の没入感を体験する。本アプリケーションでは濡れることなく水に包まれる新しい臨場感を提示した。

次に、直径 8[m]の「ウォータードーム」を開発した。ウォータードームは水流で構成したドーム状の空間に 15 名程度の来場者が同時に入場し、その内部にて水から得られる感覚を共有、体験する没入型大型映写空間である。ウォータードームではポンプ水量の増大にともない、ドームを構成する水の流れは水膜から粒状の水の集合体へと変化した。しかし中空のドーム形状は保たれたため、引き続き没入型環境として実装を行った。1999 年 11 月にスパイラルガーデン（東京・青山）にてジャパン・アート・スカラシップ・グランプリ展覧会として 12 日間の展示を行い、13、356 人の来場者を迎えた。来場者は水のカーテンごしに外の世界を見たり、スーパーインポーズされた映像を眺めたりしながら、滝の裏側に立った時のような感覚を全身で味わう。幾何学模様のアニメーションを投影したところ、ドーム曲面で模様の大きさが変化して、歪み表示効果、二重投影効果が生まれた。参加者が水と映像で構成されたドーム状レイヤーの間に立っている光景は、通りがかりの人に対し入場を喚起する結果となった。体験者からは、水滴で構成するウォータードームは、かぶり型水ディスプレイよりも水に対する没入感、オプティカルフローが高まったという感想が寄せられた。

視野をドーム空間で覆い、視線を上方向へ導く手法はこれまでも宗教建築の分野で行われてきたが、ドームを流水で構成することにより、さらなる上昇感を演出したと考えられる。また、ドーム内部で足元から吹きあがるように風が生じたことも来場者に浮いているような錯覚を覚えさせる結果となった。内部の温度は 17 度、湿度は 70%であり、展示会場の平均に比べ、温度は 3 度低く、湿度は 40%増していた。しかしドーム環境を涼しく心地良いと感じる報告が寄せられた。

本研究では人間が水から受ける知覚の快適な側面に着目し、従来の水の提示では成し得なかった水の臨場的な提示を、没入型ディスプレイ空間によって実現したものである。

「かぶり型水ディスプレイ」では、直径 70[cm]の水ディスプレイを用いて、水を映写スクリーンとして活用するだけでなく、人間の頭部をその内部に入れた際に得られる、新しい水への没入感を検証した。「ウォータードーム」では、流水で直径 8[m]の水ディスプレイを構成し、映像と水に包まれる体験型ドーム空間を形成した。体験者は水膜に投影された映像を観賞したり、水に手を伸ばして触れたりするほか、着衣のまま濡れることなく水の下に立つという未知の体験を味わう。人間は水を目にするると本能的に近接欲求を覚えるが、没入型水ディスプレイで設定した人間と水との距離感は人間の身体欲求と安全性を同時に満たすものである。主体的にふるまえる水ディスプレイ空間は、体験者の年齢、国籍に関わらず、より快適で瑞々しい環境であるとの評価を受けた。

今後はプロジェクトの台数や映像ソースの数を工夫することによって、博覧会やテーマパークでのアプリケーション展開が考えられる。アミューズメント分野や、エンターテイメント分野への応用のほか、公園、病院、美術館等、公共施での活用を検討している。ウォータードームは、都市空間で従来の噴水が果たしてきた役割に加え、映像を表示するインフォメーションメディアとして活用し、水への没入感を体験できる環境型インタフェースを目指す。