

実験ドーム上映用 8K 水中映像撮影テスト

大阪芸術大学 写真学科 准教授 赤木正和

水中撮影に伴うドームポートと水中ブリンプ内臓レンズの考察 (全天ドーム映像を踏まえ)

水中撮影を行なうにあたって、超広角レンズでの撮影が有利であることはだれもが知るところであり、そのために前面にドーム状 (半球形) レンズポートを取り付けることで画角を確保し、撮影することは周知の技術であった。内蔵するレンズ第一面がセンターに来るようにドームを半球状態で置くことが光学的に優れたものになると理論上信じられ、過去のドームポートはそのように設計製作されてきたのである。水中から入射する光は平面ガラスの場合 1.33 倍の屈折を起こし、被写体を近く大きく見せることになる。つまり撮影画角が水中では狭くなることを意味している。それに対し半球のドームポートを用いれば理論上屈折が起こらず、どの入射角からもひずみが起こらないと考えられてきていた。ところが前面光学ガラスの厚み、材質形状によって周辺部の屈折率は異なり、周辺収差が発生していたのが従来からある市販品の水中ハウジング (スチール用) の欠点であった。

センターの光軸を変えず、内臓レンズを少しずつポートとの距離関係を変えることで周辺収差補正を行ない、良好な全天全円周撮影が行えるように、まずは市販品の光学設計の見直しを行なった。内蔵するカメラは和歌山大学が保有する世界にも類を見ない全天撮影用レンズ (テストモデルで 2 本しか製造されていない) を組み込んだ 4K カメラである。(これも世界に 2 台のみ) このカメラとレンズが入るように既存の水中ブリンプの内部を改造し、前面にドームポートを装備したものを製作した。この前面のドームポートは完全な半球ではなく光学ガラスを用いた 170 mm 径の曲率のやや少ないもので設計されており、完全な半球ドームではない。なぜ半球ではないものを使用しているかということ、水中での屈折率は光学ガラスを使用する限り必ずしも半球が最適な光学特性を発揮するものではなく、20%ほど曲率を下げたもののほうが、周辺の屈折率で歪みが少なくなることが判ったからだ。これは水とガラス面の屈折率が 1.33 倍になることと関係していて、完全な半球でドームポートを製作設計した場合周辺に行くにしたがって内部の空気中に入射光が入る際、屈折率が大きくなりすぎるのである。また、内蔵する全円周魚眼レンズも、入射光は必ずしも周辺水平方向いっぱいを入射してセンサー補方向に導かれるわけではなく、数パーセント最前面光学ガラスの周辺から内側に入った光が屈折してイメージセンサー方向に向けられることが判った。

したがってこの内蔵全円周魚眼レンズと、水と接触するドームポートは相互の距離関係にも影響されることが判っており、内蔵するレンズ設計によっても影響が起こる距離間隔が異なることも判っている。このレンズ設計はあくまでも空気中の撮影を前提としてされているものであり、水中から空気中へと光を導く大きな凹レンズともいえるドームポートの曲率と内臓レンズとの距離関係で周辺の収差補正が良好になるということが判った。

この結果、この 4K カメラで撮ることができる全円周画像は周辺部まで歪みが少ない良好なものとなった。これらの実験は、次世代のより高画質な 8K 技術を利用したものにつながる技術でもあり、ドームポートと内蔵する全円周魚眼レンズとの相関関係は同じ考え

方で進められるものであり、この実験結果はそのまま次世代高精細水中映像表現につながるものである。

第二項 実証実験の延長戦にある並行して行われた追加実験について

全円周魚眼レンズを用いて撮影された画像は、そのままでは湾曲した画像となって歪みそのまま視界に入ってくることになる。ところが全天ドーム内に同じく全円周魚眼レンズで投影することにより、この歪みが補正され、見たままの距離感、直線が戻り、没入感の高い VR (バーチャルリアリティ) 空間が生まれる。実験ドームではドームのセンターからの投射ではなく、左右対称の 180 度水平方向からの上面照射とし、半分をマスクし、センターでブレンディングを行なっている。2 台のプロジェクターサイドにはメインとなるホストコンピューターと同じ 4K 映像から変換されたデータが入っており、LAN を通じた同期で上映することでずれのないシームレス上映が可能になっているが、この投影手法はプロジェクションマッピングの技術の転用ともいえる。

実験ドーム内壁面に投射するにあたって、反射率の問題も実証実験でクリアにしている。4K プロジェクターから投射される実像の明るさが明るすぎると、ドームの場合、対角面に反射してしまう性質を持っているため全体のコントラストが低下してしまう。

第三項

今後の研究課題と問題点

すでに今回実験を行なっている 4K 全円周魚眼レンズでの撮影以外に、イメージセンサー部分がさらに 4 倍高精細な 8K カメラでの水中撮影も進めている。この 8K カメラは現在市販されている静止画デジタル一眼レフカメラとほぼ同性能の RAW データで毎秒 60 コマの記録ができる。このイメージセンサー、8K 記録方式を持つカメラを使用し、全天ドーム映像に転用すればより高精細な実験童夢映像を作り出すことが可能になる。理論上実画面領域では 8K カメラのイメージセンサーを使用した場合、縦方向 4320 画素、横方向で 7680 画素の縦方向有効面を正方形で切り取った 4320X4320 の有効画素数が活かせることとなるわけであるが、そのためには、全円周魚眼レンズを 8K に対応した形で新設計を行なう必要があり、そのレンズに合わせた最適な曲率を持った光学ドームレンズポートを新たに設計製作し、同レンズポートと内臓レンズの最適な距離関係を再び取り直す必要がある。このことが実行でき、光学補正が良好になれば 8K がもたらす高再現性は実験ドーム内映像の画質が飛躍的に向上することとなる。また映像表現上でも従来行なえなかった様々な高精細表現が可能となってくる。今後これらを実現するためには前述のように撮影時の光学設計見直しをしなければならないということと共に、投影するプロジェクターの性能向上 (4K から 8K 対応のもの) さらに投影するドームの内壁内面の面精度、平滑化が必要となる。

プロジェクターを 8K 化し、レーザー照射の 20000 ルーメンを超える明るさのものに変更した場合、このスクリーンの平滑性、正しい球面体を実現できれば、前項で述べている通り、スクリーン面でのグレイトーンを適切な明るさに合わせたものに変更しなければならないことは言うまでもない。