NHK 特集「富山湾 不思議の海をさぐる」の 番組制作技術

正会員 小 島 一 至[†], 正会員 国 重 静 司^{††}

NHK 富山放送局を中心する技術スタッフは、富山湾に存在するいくつかの不思議な自然現象のテレビカメラによる撮影に成功するとともに、これらの現象の“謎解きの鍵”といわれる富山湾の海底地形を、コンピューターグラフィックス画像処理により、3次元アニメーション映像として生成するなど、多様な制作技術とローカル放送局の特色を生かした番組制作を行った。

1. ま え が き

標高 3000 m の北アルプス、立山連峰から滝のように流れ落ちる河川を通じて冷水が流れ込む富山湾は、蟹気楼、ホタルイカなど、他では見られないいくつかの不思議な自然現象が発生し、それらのほとんどが謎につつまれている。

番組の最も大きなねらいは、極めて撮影が困難なこれらの自然現象を、鮮明で、かつ美しいテレビ映像としてとらえるとともに、富山湾のもつ謎をテレビという眼を通して解き明かすことであった。

NHK 富山放送局を中心にした技術スタッフは、過去のフィルム、日頃から蓄積している多くのデータなどをもとに周到な撮影準備を行い、蟹気楼、ホタルイカなどのテレビカメラによる撮影に成功した。

また、いままでの技術では困難であった富山湾の複雑な海底地形をコンピューターグラフィックスの画像処理により、3次元アニメーション画像として生成し、この地形がいくつかの不思議な現象に大きな影響を与えていることをあらためて確認することができた。

本文では、蟹気楼、ホタルイカの撮影、およびコンピューターグラフィックスによる富山湾海底地形の3次元画像生成を中心に述べる。

2. 蟹 気 楼 現 象

蟹気楼は、ヴィンスの現象により、対岸物がその上空高く重なるように見える現象で、富山湾で発生するものは図1に示すように、立山連峰から急速に流れ込む雪解け水で海表面が部分的に帯状に冷やされ、下冷上温（下密上粗）の状態になった時に発生する倒立像である。

蟹気楼現象の発生する条件は、過去のデータによれば、発生の前日が、高気温あるいは風雨によって大量の融雪があり、当日は気温・湿度がともに高く、かつ気温と海面の水温の差が大きく、さらに微風または無風の状態が保たれていることなどであり、非常に厳しいものである。

筆者らは、これらのデータを参考にしながら周到な準備を行い、撮影に臨んだ。

2.1 テレビカメラによる撮影

テレビカメラを据えた撮影地は、図2に示すように富山市から約21 km 北東にある魚津港で、蟹気楼の観測地は、撮影地から約18 km 南西にある草島の火力発電所方向の対岸である。

図1 ヴィンス現象（蟹気楼）

[†] NHK 富山放送局

^{††} NHK 送出技術局

“Picturizing and Computer Graphics Techniques for TV-Production in NHK Special Programs —Mysterious Natural Phenomena in Toyama Bay—” by Hitoshi Kojima (NHK Toyama, Toyama) and Seiji Kunishige (Technical Operation and Control Department, NHK, Tokyo)

図 2 取材地域

写真 1

富山湾の蜃気楼は午後に発生することが多い。したがって、撮影から観測地の方向は逆光となるので、この場合の蜃気楼の映像はモノトーンに近く、また空とのコントラスト比も小さい。さらに蜃気楼現象は、撮影地から約 18 km 離れた地点に発生しているので、テレビカメラの被写体としては、かなり小さく、かつモヤにもつつまれているので、これを撮影地側から見通すことのできる周囲の美しい風景と調和した理解しやすい映像とすることは、多くの困難があった。

しかし、筆者らはこの映像化を目指して、NHK 富山放送局で過去に撮影したスチール写真、16 mm フィルムなどの蜃気楼に関するあらゆる映像素材をもとに、幾度かの実験を行った。

その結果、写真 1 に示すようなテレビカメラの特殊なガンマおよびニースロー特性、ニーポイントを設定して撮影を行い、写真 2 に示すような蜃気楼現象の最適映像を得ることができた。

この映像は、標準に調整されたテレビカメラで撮影した映像と比較して、グレースケールの 100% の映像

写真 2 蜃気楼現象、画面中央の建物が伸び上っている

写真 3 蜃気楼証明実験

レベル付近において約 7 割のコントラスト比の改善がみられ、 S/N の良い映像となった。

2.2 蜃気楼現象の証明実験

蜃気楼現象が図 1 に示すように、対岸物の倒立像であることは前項で述べた。では、どうして倒立像ができるのであろうか。

蜃気楼は、光の屈折で発生する現象である。

富山湾には、冷い河川の水が流れ込んでいるため海面は冷くなっており、その海面に接する空気は冷やされている。一方、上空の空気は暖かい日差しによって温められている。

したがって、この両者の間には温度差のある空気の境目が生じ、これがレンズの働きをして光を屈折させ倒立像ができるのである。

筆者らは視聴者に、この光が蜃気楼の中をどのようにして進むのかを明確に理解させるために、反射鏡を使用した単純でわかり易い実験方法を考案した。

図 2 において、撮影地から約 14 km 離れた実験地に設置した鏡の反射角を変化させて、テレビカメラで撮影される反射光を観測した。

その結果、通常1つしか観測できない光の点が、蜃気楼の発生時には、写真3に示すように4つが縦に重なって見え、蜃気楼が光の屈折により発生していることを容易に知ることができた。

3. ホタルイカの撮影

暗闇の中で妖しく光るホタルイカは、約1000個の微弱な発光器と長足にある最も明るい2個の発光器を有しているが、その光は通常のテレビカメラで撮影するには全く不十分であった。そこで、このような超低照度のシーンの撮影に適する高感度カメラ（SITカメラ）を使用して撮影を行った。

一般にSITカメラは、S/N、粒状ノイズ、ブルミング現象等により画質が問題となる。

ホタルイカの撮影は、発光器の光を浮き立たせるとともに、ホタルイカの身体についてもその形状を損なわないような映像とするため、カメラのビーム量、照明の光量などを最適状態に設定して行った。写真4にホタルイカの映像を示す。

4. コンピュータグラフィックスによる富山湾海底地形の画像表示

画像処理技術は、ランドサットなどの衛星を利用したリモートセンシング、あるいは医学診断など、多くの分野で利用されている。

今回の番組では、富山湾のいくつかの不思議な自然現象に大きな影響を与えているといわれるこの海底地

写真4 ホタルイカの映像

形を、よりリアルに、かつ理解しやすく表現するために、コンピュータグラフィックス技術による画像処理を行った。

この方法は、リモートセンシングの分野でよく使用されるデジタル化した白/黒の2値画像にカラーの濃淡、あるいはエッジを付けるなどの処理を施して美しい画像を得る方法とは少し異なり、海上保安庁から提供の、メッシュ状に並んでいる海底地形の深さのデータ（以下、メッシュデータとする）を利用して、カラーの濃淡を付けた3次元アニメーション画像をコンピュータグラフィックスにより生成するものである。

4.1 画像生成

(1) 3次元メッシュデータの生成

図3に、海底地形の画像生成の過程を示す。まず、磁気テープに記憶されている深さの情報のみを有するメッシュデータ（EBCDICコード）を計算処理がしやすいように、バイナリーデータへ変換する。

次に、海底地形を立体的に表現するためのデータを生成する。これには、“奥行き”、“広がり”、“深さ”の3次元の情報をもたなければならないので、深さの情報のみしかもたないバイナリーデータに、他の2つの情報を付加して3次元のデータとしている。

この場合、海底地形の凸凹を理解しやすくするために、湾の最両端間の距離と深さの最大値との比および、陸地から沖までの距離と深さの最大値との比を実際の縮尺より約10倍に強調した。

このようにして生成した3次元のメッシュデータは図4に示すように、約33,000ポイントであった。

(2) 海底地形の表示

一般にコンピュータグラフィックスでは、物体を多角形の集まりとして表現することが多いが、富山湾の場合もこの手法を用いている。

図4において、メッシュ上の位置ベクトルを P_{ij} （成分： P_x, P_y, P_z ）とすると、海底の地形を構成する多角形 M_k は、4個の位置ベクトル $P_{ij}, P_{i,j+1}, P_{i+1,j+1}, P_{i+1,j}$ で定義される。

海底地形は、富山湾の真上に光源を設定し、多角形 M_k の法線ベクトルと光源の単位ベクトルの内積によって得られる輝度¹⁾の色で塗りつぶされた多角形の集まりで、写真5に示すような濃淡の付いた3次元画像として表現されている。

図3 富山湾海底地形の画像生成過程

図 4 3次元メッシュデータ

写真 5 コンピュータグラフィックスで生成した富山湾の海底地形

(3) アニメーションの制作

富山湾の海底地形の3次元画像を、視点（どこから見るか）および注目点（どこを見るか）などのパラメータを変化させてアニメーション化することにより、大陸棚が少ない、深くえぐられた海底谷が複雑に沖に向かって伸びている地形を、さらによく確認することができた。

アニメーションのパラメータの設定は、6個の制御点で決定される3次スプライン曲線により行い、約7秒間のアニメーションを2種類制作した。

5. む す び

富山湾の不思議な自然現象の取材は、限られた取材機器と要員の厳しい条件のもと、地元の情報あるいは過去のデータから、現象の発生があらかじめ予測される日には、通常のローカル番組の取材中でも、現象の発生時には撮影現場へ直行するという臨機応変な取材体制をとりながら進めた。

これにより得た映像は、本文中で紹介した蜃気楼、ホタルイカの他に、潜水撮影や深海調査船「深海2000」で得た富山湾だけに生息する深海生物、あるいは世界最古の埋没林など、数多くの貴重な学術資料であった。

また、富山湾の海底地形を表示したコンピュータグラフィックスによるメッシュデータファイルの画像化の手法は、たとえば色の設定を変更することにより、海底だけでなく、陸地を表示することも可能となるなど、今後もテレビ放送に有効に利用されるものと考えられ、筆者らはこれらのソフトウェアの蓄積を進めて行くことにしている。

最後に、この番組の取材に多大な御協力ならびに有益な御助言をいただいた魚津市の方々、またホタルイカに関する多くの情報を提供していただいた富山県水産試験場の方々、さらにコンピュータグラフィックスの画像処理において御協力をいただいたNHK総合技術研究所・情報処理研究部の関係者に感謝の意を表します。

(昭和59年5月17日受付)

【参 考 文 献】

- 1) 堀井：“対話型コンピュータアニメーションシステム IMAGES II”，NHK 技研月報，26，1，pp. 12-18 (Jan., 1983)