

沿岸海域における長期水中ビジュアルモニタリング 手法の調査

(財)日本海洋科学振興財団 小藤 久毅

沿岸海域は漁業をはじめとして多目的に利用され、また人間活動の影響を強く受けることから、きめの細かい調査が必要である。無人水中カメラでの長期的な視覚的（ビジュアル）モニタリングで得られる映像情報は、環境をより具体的に把握し保全対策を考える上で有用な情報となり得る。しかしながら、沿岸の浅海域ではカメラのレンズ等光学面への生物付着による視界の悪化が大きな問題となること、更に長期観測では、データ量が膨大となり現場装置内だけでの記録が難しいこと、データを陸上に送信する場合の通信手段や電源の確保などの設備設置上の問題などがあり、実施例は限られる。また、記録された映像データについても、膨大な量のデータから特定のイベント発生部分など有用な部分を取り出す作業に大変な労力を要し、さらにそこから定量的な情報を引き出すにも大きな労力を要するという問題がある。

近年、光学機器の汚損対策、映像・通信・記録装置、画像解析技術などに著しい進展が見られ、長期の水中ビジュアルモニタリングを実施する上で問題を解決可能な個々の手法が整いつつある。本調査研究では、沿岸海域の環境保全に資する技術の充実を目的として、水中での長期ビジュアルモニタリングに関連した装置・手法・解析方法について調査・取りまとめを行い、更に、同手法を簡易に実施するための適切なシステムおよび効率的な解析方法について検討した。

具体的調査内容としては、①沿岸海域で水中カメラにより長期に映像情報を取得した実績のあるシステム、および、定点監視システム、水中映像システム、電源・通信システムといった水中ビジュアルモニタリングで用いられる機器および手法関連技術についての情報収集および取りまとめ、②長期の水中カメラでの撮影では、生物付着がどのように推移し、水中カメラでの撮影にどのように影響を与えていくかについての把握などを目的とした、沿岸域のブイをプラットフォームとして使用した長期間水中カメラ設置試験、③実際に取得した水中映像を元にした、長期水中ビジュアルモニタリングによって得られる膨大な映像データから、必要な情報を効率的に取得するデータ解析手法についての検討、を実施した。

長期間水中カメラ設置試験では、青森県太平洋側の沿岸（海岸からの距離 1.8km、水深 35m 地点）のブイ（直径 3.5m、3 点係留方式）をプラットフォームとして使用し、4 月 16 日から 8 月 27 日まで、途中にブイの陸揚げ整備による中断期間（6 月後半）を挟み、のべ約 4 ヶ月間水中カメラシステムを設置した。試験では、生物付着による映像の劣化状況把握のために、無線 LAN を介した地上からの操作によって動画撮影を行うとともに、沿岸域のビジュアルモニタリングでの通信方法の一つとしての無線 LAN の有効性を確認するため、陸上～海上間のネットワーク状況をモニターした。水中カメラ光学面への生物付着については、全く防止対策を行わなければ数ヶ月間の撮影は困難であった。また、付着生物は単調に増加するのではなく、付着珪藻の構造の異なる群体の遷移という過程を経て増加すると考えられた。ブイに設置した 2 台の水中カメラにおける生物付着状況には大きな差が見られ、その状況から、生物付着の増加を遅らせるためには、カメラ表面のなるべく多

くの面積を生物付着防止効果のある素材で被覆する、水流が激むような凹凸を減らしたカメラ形状とする、カメラは水流を遮る様な構造物からなるべく離して設置する、というような対策が有効であると考えられた。試験期間中無線 LAN の接続に問題は発生せず、沿岸近くにおいて振り回りの小さなブイを使用する場合は、通信手段として無線 LAN が十分利用可能であることが確認できた。

水中ビジュアルモニタリングで得られる映像データを効率的に解析する手法の検討を、長期水中カメラ設置試験で取得した水中映像を用いて行った。撮影された膨大な動画データを効率的に解析するには、まず撮影目的の対象や現象が写っているシーンの抽出が必要であり、この手法として監視カメラ等で使用される動体検出手法が利用可能か検討したが、魚を撮影対象とした水中映像の場合、魚種によっては魚体と背景のコントラストが低いため、一般的に使用されるフレーム間差分法や背景差分法は適用が困難であった。しかし、背景差分法に輪郭抽出を併用した手法を適用することで低コントラストの魚体も効果的に検出できることを確認した。更に、撮影場所付近のバイオマス把握に貢献するデータの一つである撮影された魚体数を、自動的に計数する方法についても検討した。水中の明るさ変化の影響を抑えた動体検出とフィルタによる魚体の鮮明化やノイズ除去などの処理を行うことによって、目視による計数結果とプログラムによる自動計数結果は概ね一致した。但し、低コントラストの映像では誤計数が多く発生しており、適切な自動解析のためには、十分なコントラストの映像取得が重要であった。

これまでの沿岸海域において水中カメラを用いて長期に映像情報を取得した搭載したシステム、および最近の技術的進展も踏まえた関連技術についての情報収集、実海域での長期間水中カメラ設置試験、さらに、データ解析手法についての検討から、長期の水中ビジュアルモニタリングを簡易に実施するためのシステムの各要素としては以下のような物が適切と考えられた。

・システムのハードウェア

水中カメラ) 市販水中カメラの実績が高いが、CCD カメラ基板を耐圧容器に入れたものでも数ヶ月の使用に耐え、魚種の目視判別が可能な解像度の撮影が可能である。但し、デジタルズームなどによって詳細な観察の観察を行う場合など、更に解像度が必要な場合は高画素でデジタル信号出力が可能なカメラを使用する必要がある。撮影された生物の位置や大きさなど、より定量的な情報把握可能なシステムとしてステレオカメラがあるが、現在のところ、水中動画データの自動的な三次元計測処理は困難であるため、通常はステレオカメラのうち一方のカメラのデータのみ解析しておき、必要なシーンのみ両方の静止面を抽出して三次元計測を行うような使い方が現実的である。

電源および通信機能) 陸上から電源ケーブルでの給電が容易な場合はそれを使用するが、それが困難な場所でシステムを運用する場合には、必要とする撮影時間、設置場所での設置のしやすさ(波浪・潮流などの海況条件や地形・水深) および発電効率に関する環境(日照・風況などの気象条件) から電池と発電設備のどちらを適用するか判断する。

映像にリアルタイム性を必要としない用途であっても、動画撮影では膨大なデータ量となり現場での長期蓄積は困難であるため、映像は逐次外部に伝送する必要がある。有線ケーブル以外

の通信方法としては、無線 LAN あるいは 3G 携帯電話網を用いたブロードバンドルーターによる方法が簡便かつ高速で適している。

生物付着対策) カメラ表面のなるべく多くの面積を銅合金あるいは生物付着防止効果を示す塗料で被覆する、さらに水流が激むような凹凸を減らした形状とするという対策が有効と考えられる。更に、光学面への対策としては、局所的な海水の電気分解による方法 (Local Chlorination) あるいは光触媒&紫外線 LED による方法が考えられる。電力的な制約が大きければ Local Chlorination の使用が適当であろう。

・データ解析方法

背景差分法に輪郭抽出を併用した手法は水中映像においても動体検出に有効であり、この手法で膨大な動画データから撮影目的の対象が写っているシーンを自動的に抽出することで、人間の目による確認が必要な、出現魚種の識別や出現時の詳細な状況の観察といった作業が大幅に効率化できる。更に、自動スクリーニングにより解析が必要なデータを絞り込むことによって、映像中に出現した魚体数の自動計数のような負荷のかかる処理も効率的に行うことができる。

このような手法を用いたシステムを整備することで、水中ビジュアルモニタリングをこれまでよりも遥かに長期間、容易に実施することが可能となる。そして、取得される膨大な映像データを効率的に解析することで、年間、あるいは更に長いスパンでの生物種や数の変化の把握が可能になる。これにより、例えば年に数回しか来遊しない様な極めて稀にしか見られない生物の観察や、産卵行動のように限られた時間しか見られない現象の観察などが可能になり、沿岸域の生態や環境を、より詳細かつ具体的に把握できるようになると考えられる。