

## In-Lineホログラフィック技術による水中パーティクル・イメージング・システム (LISST-HOLO)

○福田秀樹 (東大 大気海洋研)

キーワード：デジタルIn-line ホログラフィ、現場型水中パーティクル・イメージング・システム、懸濁粒子

### ホログラフィ式水中粒子画像システム (LISST-HOLO)

LISST-HOLO は米国セコイア・サイエンティフィック社製の現場型水中パーティクル・イメージング・システムであるが、同社のLISST-100や-100Xが懸濁物質による散乱光の小角度強度分布と照射光の透過度を用いて懸濁粒子のサイズ別現存量を出力するのに対し、LISST-HOLOはデジタルIn-line ホログラフィの原理を用いることにより、水中に懸濁する粒子の三次元像を計測し、写真とは異なる完全な三次元像の再生を可能にするシステムであることから、比較的大きめの粒子、複雑な形状を成す凝集体粒子及びフロック、プランクトンなどの生物起源の粒子測定に適しているとされている。

図1に検出部に存在する懸濁粒子と参照光、散乱光、Image Planeの関係を示す。Image Planeには参照光と散乱光の干渉縞が記録され、光の電場の振幅のほか、通常の写真では失われてしまう光の位相が記録される。図2左上に試験的に *Artemia* を撮影した際の干渉縞を示す。得られた干渉縞に対して専用のソフトウェアにより、検出部 (1.86 cm<sup>3</sup>) に存在する全ての粒子 (等価粒径：25~2500 μm) の三次元像を再構築させることが出来る。再構築される三次元像は、奥行き50 mmの検出部に対し、最小で1 mm間隔で51枚の画像として得ることが出来る。図2右上、左下に図2の干渉縞中の四角で囲われた領域より再構築した画像を示す。図2右上は50 mmの奥行のうち、深度7 mmの画像を示しており、画像中央部に *Artemia* が見られる。一方で図2左下は深度22 mmの画像で、糸状の珪藻が見られており、ホログラフィでは両者の位置関係を知ることが出来る。得られる画像については干渉縞の段階で1ピクセルあたり4.4 μm、1600 x 1200 画素に相当するとされている。図2右上、左下の各図の一边は512ピクセルとなっているため、約2.25 mmに相当することになる。

これらのホログラフのサンプリングレートはカタログでは最速2 Hzとなっているが、実際の運用では最速で0.25 Hzとなっているため、注意が必要である。取得する干渉縞は一枚当たり1.83 MBの大きさを持ち、これらの画像は内蔵されているデータ記録用にフラッシュメモリードライブ (容量32 GB) に記録できるほか、コネクタエンドキャップ上に装備可能な外付けメモリーモジュール (容量32 GB) に記録することも出来る。野外観測時には外部バッテリーパックを取り付け、水深300 mまで下ろすことが可能である。参考までに図4に講演者が用いているシステム一式を紹介する。本システムにはLISST-HOLOのほか、JEEアドバンテックのCTDとLISST-100Xも組み込まれている。LISST-HOLOの使用最大流速は1.2 m/秒となっていることから、ウィンチでの繰り出し・巻き上げの線速は少なくともこの値よりも遅くする必要がありそうである。講演者は0.15 m/秒の線速で上げ下げを行っているが、単純計算では鉛直方向に60 cmの解像度があることになる。しかしながら、直径数十 μm以上の粒子に対して検出部に容積が1.86

cm<sup>3</sup>と、現場型水中パーティクル・イメージング・システムとしては比較的小さなものであることから、線速などは用途に応じて検討する必要があると思われる。講演では大槌湾での観測事例なども紹介する。

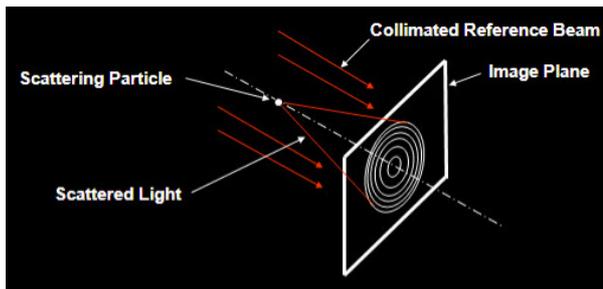


図1 LISST-HOLOの検出部の位置関係。検出部内の全ての粒子の散乱光と参照光の干渉縞はImage Planeで検出され、画像データとして保存される。

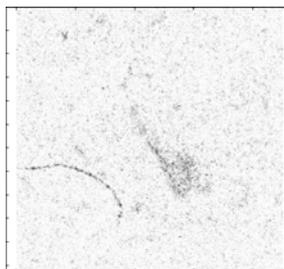
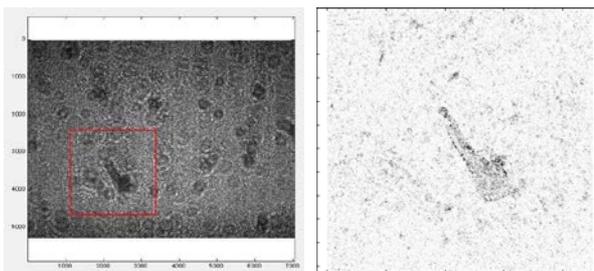


図2 LISST-HOLOを用いて *Artemia* を撮影した際の干渉縞 (左上) および干渉縞中の四角で囲われた領域より再構築された画像 (右上、左下)。右上は深度7 mmの位置、左下は22 mmの位置のもの。



図3 現場観測時のLISST-HOLO。左図の左側列が黒色の装置がLISST-HOLOと外部バッテリーパック。右側の黒色の装置がLISST-100Xで上部に銀色のCTDが取り付けられている。右図は観測時の風景。

参考：メーカーHP

[http://www.sequoiasci.com/products/fam\\_LISST\\_HOLO.cmsx](http://www.sequoiasci.com/products/fam_LISST_HOLO.cmsx)