

II-199

密度場の工学的非挿入ART測定法の開発

東京工業大学工学部 正 員 日野幹雄

東京工業大学大学院 学生員 日向博文

1 はじめに

密度場における密度の計測、特に塩分濃度場の測定は困難が伴う。通常は塩分濃度による電気抵抗の変化を電氣的に検出する方法によるが、プローブが密度場を乱すこと、プローブの有効濃度域が狭いこと、プローブでの溶質の電気分解や附着による精度の低下等の問題がある。また、シュリーレン法等従来の方法は定性的であったり、光軸方向の一様性が必要であったり、測定装置が高価で取り扱いにくいという欠点がある。そこで我々は塩水中に同時に複数の光線を入射し、塩分濃度の差異が光の屈折率の差異となることを利用し、光源からの光跡の変化から非接触・非挿入式で簡易に屈折率の分布を計測する方法の開発をシュミレーションを用いて行った。

2 研究の概要

(1) 光路から屈折率を求める逆問題には問題の設定が色々考えられる。光路の全体もしくは一本の光路上の数点が与えられるのはシュミレーション上は最も素直な逆問題であるが、ここでは次に挙げる条件の基にシュミレーションを行った。

- (a) 光源の位置と光線の放射角を与える。
- (b) 光の出口の座標を用いて逆推定する。
- (c) 屈折率分布は1または2次元とする。

また、密度場に屈折率が場所の関数として与えられたとき、光路の軌跡は次式により求められる。

$$\frac{d}{ds} \left(N \frac{d\mathbf{x}}{ds} \right) = \text{grad } N \quad (1)$$

ここにNは屈折率、sは光線の進行方向、 $\mathbf{x}$ は光路の座標である。

(2) 逆問題を解く手順(図1)・・・一点の光源から様々な角度で光を数本水槽に入射し、光が再び水面に現れた場所(出口)の座標求め、この出口の座標をデータZ(i)とする(図2)。次に屈折率分布の関数形をフーリエ級数を用いて仮定する。1次元、2次元の場合、それぞれ次のようになる。(H:水深)

$$N(y) = B_0 + \sum B_n \cos \frac{n\pi}{H} y$$

$$N(x, y) = \sum \sum A_{mn} \cos \frac{m\pi}{H} x \cos \frac{n\pi}{H} y + \sum \sum B_{mn} \sin \frac{m\pi}{H} x \sin \frac{n\pi}{H} y$$

$$+ \sum \sum C_{mn} \cos \frac{m\pi}{H} x \sin \frac{n\pi}{H} y + \sum \sum D_{mn} \sin \frac{m\pi}{H} x \cos \frac{n\pi}{H} y$$

次にパラメータBの値を仮定し(step1)、これを用いて順問題である式(1)を解き光の出口の座標Y(i)を求める(step2)。これをデータZ(i)と比較し、その二乗誤差を最小にするという判定基準 $\{Y(i) - Z(i)\} \rightarrow \text{MIN}$ によりパラメータの最良値を順次探し(step3)、屈折率分布の関数形を決定する。我々はこの様な最小二乗同定法としてマルカット法を利用した。

3 結果

一次元、二次元の推定結果をそれぞれ図3, 図4に示す。実線が我々が与えた任意の屈折率、点線がマルカット法で推定した屈折率分布である。データ数は12である。

4 最後に

比較的穏やかな屈折率分布を推定することはうまくいったが、光源の数を増やす等の方法により、より複

雑な屈折率分布を精度良く推定することが今後の課題である。

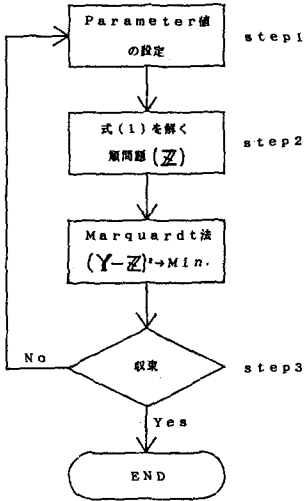


図1

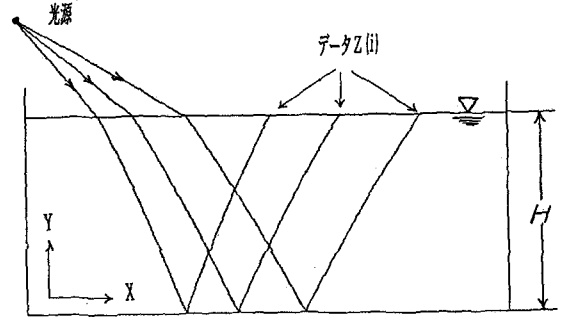


図2

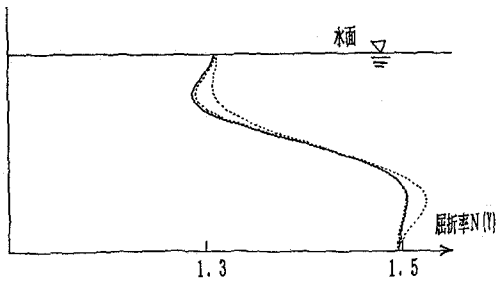


図3:推定結果 (1次元)

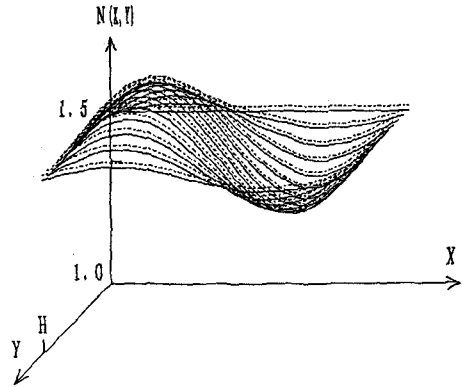


図4:推定結果 (2次元)

5 参考文献

- 1) 奥島基良：超音波計測の動向、計測と制御vol.128, No5, p2-p33, 1989
- 2) 竹内俱佳：海洋音響トモグラフィー、日本音響学会会誌42巻, 7号, p575-p585, 1986