

# 중규모 해양음향 토모그래피를 위한 군집분석 적용가능성 연구

유승기, 오택환, 오선택, 나정열  
한양대학교 지구해양과학과

## Applicability of clust analysis for solving forward problem in mesoscale ocean acoustic tomography

Seunggi Yoo, Taekhwan Oh, Suntaek Oh, Jungyul Na  
Department of Earth and Marine Science, Hanyang University

Email: yoosk@ihanyang.ac.kr

### 요약

본 논문에서는 중규모 해양음향 토모그래피의 선결문 제 해결을 위한 방법을 제안하였다. 선결문제 해결을 위 해 음속구조에 대한 군집분석 방법을 사용하였으며, 제 안된 방법의 성능 검증을 위해 동해 중규모 해양환경 역 산 모의실험을 수행하였다. 연구 결과, 제안된 방법을 사 용함으로써 중규모 해양음향 토모그래피 역산 성능이 향상됨을 확인하였다.

공간적으로 그 규모가 한정되어 있다.

⑤ 실험당시 음속 구조와 유사한 해역은 과거 어떤해 역에 반드시 존재한다.

표준해양 선정을 위해 1965~2000년의 한국해양자료 센터(KODC) 수온 자료중 8월의 자료를 이용하여 특수 성을 반영할수 있는 표준해양을 군집분석방법을 이용해 선정하였다.

선정된 표준해양을 이용해 모의실험의 역산에 이용하 였다.

### 1. 서론

한국 동해의 울릉도 부근에는 난수성 소용돌이가 계 절 및 동한년류의 육상과 무관하게 항상 존재한다. 일반 적으로 난수성 소용돌이의 직경은 75~250km 정도이고, 수심 50~250m 사이에 분포한다[6]. 동해의 해양음향 토 모그래피를 수행하면 일반적으로 표준해양을 평균 자료 를 이용하였다[3]. 표준해양은 선결조건(전파경로 안정 성, 증선 식별 능력, 수신 신호 분해능)을 만족해야 한다 [1]. 그러나 실험 해역에 eddy가 존재시에는 평균적인 음속구조와 전파경로가 다르게 되므로 정확도가 낮아지 게 된다. 따라서 중규모 변동성을 나타낼수 있는 표준해 양을 선정해야만 한다.

표준해양의 선정을 위한 가정은 다음과 같다.

- ① 동해의 음속 구조는 계절적인 특수성을 지닌다.
- ② Eddy의 분포는 시간적으로 변화 되어 나타나지만

### 2. 군집분석(Clustering analysis)

군집분석(clustering analysis)은 대상물이 지니고 있는 다양한 특성의 유사성을 바탕으로 동질적인 집단을 분 류하는 방법이다. 이 방법은 다수의 대상을 몇 개의 동 질적인 집단으로 분류함으로써 동일 집단 내에 속해 있 는 공통된 특성들을 조사하기 위한 목적으로 사용된다.

군집분석의 과정은 다음과 같다.

- ① 변수의 선정
- ② 각 변수의 유사성 및 거리 측정방법을 선정, 계산.
- ③ 군집들 간의 특성 차이를 유의하게 보여주는 군집 수를 선택(군집화).

#### 2.1 유사성 분석

각 자료가 지니고 있는 특성에 대한 측정치들을 하나

분석한 자료를 대표할 수 있는 군집의 수를 결정하기 위해 1~100개까지 군집수를 증가시켜 가며 대표 음속이 가지는 오차 범위를 살펴보았다(그림 4).

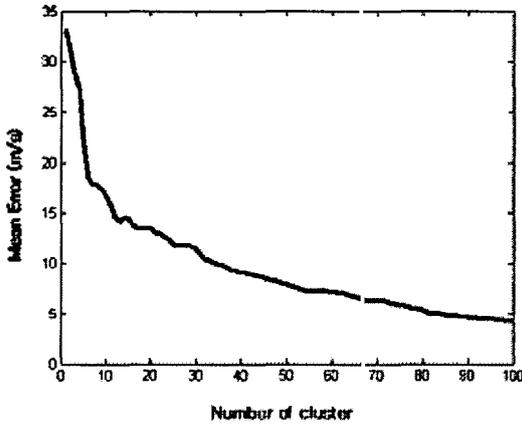


그림 4. 군집 수에 따른 음속의 평균 오차

오차 범위를 10m/s 미만으로 정하여 총 군집의 수는 35개로 설정하였다. 각 군집에서 선정된 35개 대표 음속을 이용하여 신호를 모의 하였다.

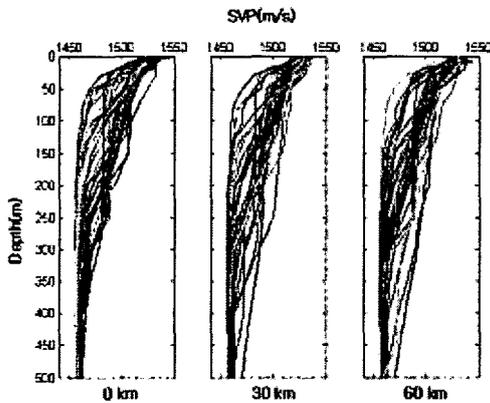


그림 5. 35개 군집의 대표 음속구조

#### 4. 모의실험 및 결과

모의실험은 1998년 8월 KODC 103 정선의 9~11 정점 자료를 이용하여 수행하였다(그림 6). 실험 환경은 그림 6. 예서와 같이 eddy의 중심부에 음원과 수신기를 위치하였다. 음원은 300 Hz 로 수심은 244m, 수신기는 270m에 단일 수신기를 설치하였다. 음원과 수신기의 거리는 60km이고 수심2000m으로 일정하다.

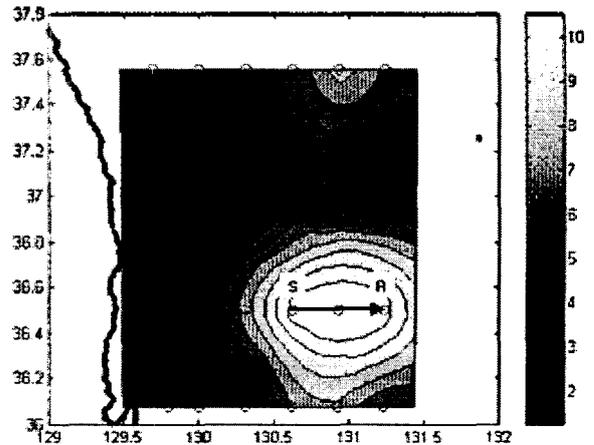


그림 6. 모의실험 해역 및 수심 150m의 수평적 수온 분포도

군집분석을 통한 대표음속을 사용하여 모의한 각 신호와 모의실험을 수행한 신호와 비교하였다. 유사성이 가장 높은 신호의 대표 음속을 표준해양으로 설정하고 대표음속이 속한 군집의 자료를 이용하여 파형 역산(기)을 수행하였다.

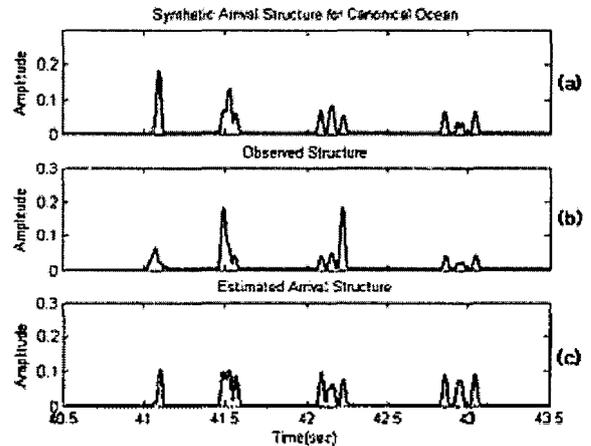


그림 7. 모의 수신신호 (a) 표준해양 (b) 모의실험 (c) 파형역산

역산 결과 eddy와 같은 중규모 해양 변동성을 반영 것을 알 수 있었다(그림 8). 하지만 최소음속층이 존재하는 수온약층의 하부 지역은 그 성능이 다소 떨어지는 것을 알 수 있다.

의 거리로 판단하여 측정하게 된다.

일반적인 측정 방법으로 유클리디안 거리 (Euclidean distance)가 있는데 이는 변수 값들의 차이를 제곱하여 합산한 거리로 다차원 공간에서 최단거리를 나타낸다.

$$D(A, B) = \sqrt{\sum_{j=1}^p (X_{Aj} - X_{Bj})^2} \quad (1)$$

여기서  $D(A, B)$ 은 대상 A와 B 사이의 거리를 의미하고  $X_{ij}$ 은 대상 i의 변수 j의 좌표를 나타낸다. p는 변수의 갯수이다.

### 2.2 계층적 군집화

유사성 분석으로 얻은 각 변수들의 거리를 이용해 가까운 변수를 끼리 묶어가는 병합적(aggiomerative) 방법과 먼 변수들을 나누어 가는 분할적(divisive) 방법으로 나눌 수 있다.

이러한 군집화 방법으로 최단연결법(Single linkage method), 최장연결법(Complete linkage method), 중심연결법(Centroid linkage method), 중위수연결법(Median linkage method), 평균연결법(Average linkage method) 등이 있다[1].

### 3. 동해 수온구조의 군집분석 적용

여름철 동해의 수온 구조는 150m 수심에서 약 60 m/s로 가장 큰 변화량을 보여준다(그림 1).

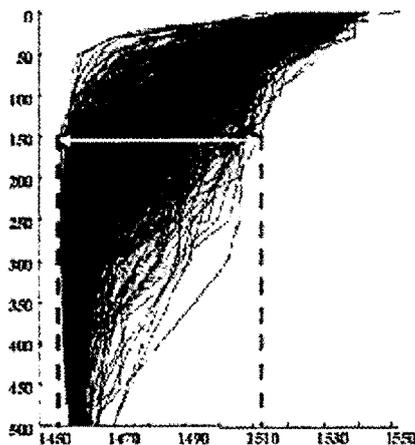


그림 1. 동해 8월 음속 구조와 변동량

이는 36년 동안의 수온자료를 경험적 직교함수(EOF) 분석을 이용하여 확인할 수 있다. 가장 큰 변화를 나타

내는 제 1 모드와 제 2모드가 수심 100~200m에서 변화 되는 것을 볼 수 있다(그림 2). 이러한 현상은 여름철 수온약층에서의 평균모적 변화가 대기압에 의한 표층의 온도 변화 보다도 크게 작용하기 때문이다.

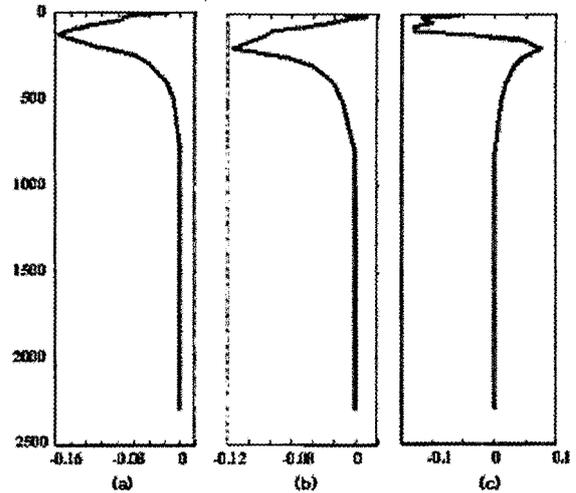


그림 2. 동해 8월 음속 구조의 EOF (a) 1st mode, (b) 2nd mode, (c) 3rd mode

8월의 평균모 변화를 적용할 수 있는 표준해양의 선정 을 위해 군집분석 수온 자료는 eddy의 발생 빈도수가 높은 KODC 102~105 정선의 7~11번 정점 자료를 사용 하였다(그림 3)

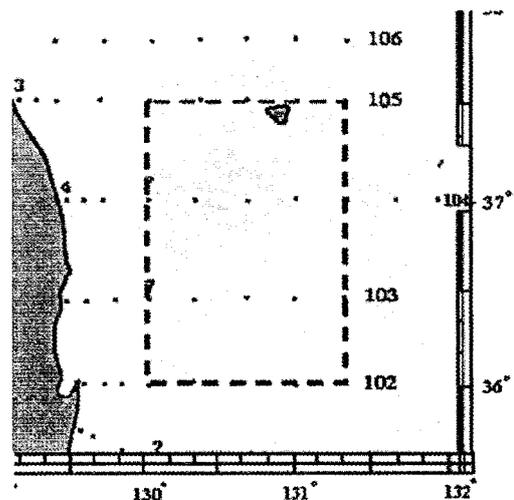


그림 3. 동해 수온 분포 분석 해역도

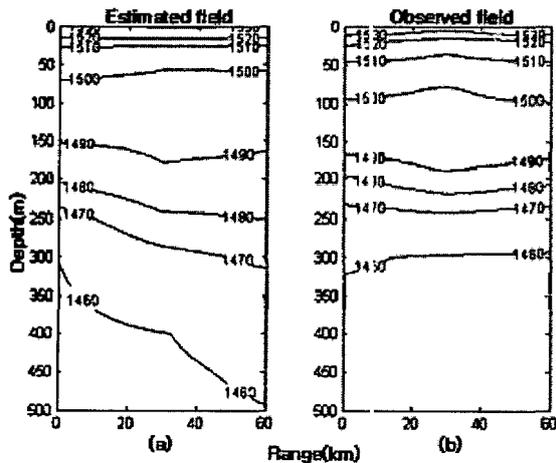


그림 B. 파형 역산 결과 (a) 파형역산에 의한 음장  
(b) 모의실험 음장

### 5. 결론 및 토의

본 논문에서는 eddy와 같은 중규모 변동성이 큰 해양 환경에서 역산의 정확성 향상을 위해 선결조건을 만족하는 표준해양률 군집분석을 이용해 선정하였다.

그 결과 eddy의 영향을 잘 반영하여 정확도를 향상시킬 수 있었다. 하지만 수온약층의 전치의 변화를 반영하지는 못했다. 이를 보완하기 위해 선배열 수신기를 가정하면 정확도를 더 높일 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. W. Munk, "Ocean acoustic tomography", Cambridge University Press, 1995
2. A. Tarantola, "Inverse Problem Theory", ELSEVIER SCIENCE B.V., 1994
3. 한상규, "동해에서 실시간 해일탐사를 위한 해양 음향 토모그래피의 응용", 한양대학교 대학원 박사학위논문, 1996
4. 오선택, 나정열, 오택관, "동해 극전선의 토모그래피 측정", 2002년 한국음향학회 정기총회 및 추계 학술 발표대회 모음집, 21, 2(s), 2002
5. F. C. Newman, Mandelberg M. D., Biondo A. C., and Croucher, A. R, "Progress on a Methodology to Support Enhanced Sensor Representation," Spring Simulation

Interoperability Workshop Papers, Volume I (98S-SIW-237), March 1998.

6. 평동국, "한국 동해에 출현하는 Eddy내의 수중음향 특성", 한양대학교 석사학위논문, 1993
7. 나정열, "토모그래피용 시호의 발생 및 매질에 의한 변형해석 연구(3차년도 최종보고서)", 국방과학연구소, 2001
8. 김종섭, "통계자료분석방법", 학문사, 1998