

목시조사의 확률밀도함수 추정에 사용되는 발견율함수 모델들의 특성

박겸준 · 장창익 · 김장근*

부경대학교 · *국립수산과학원 고래연구소

서론

목시조사는 한 조사지역에 동물이나 식물의 분포와 개체군 밀도를 추정하는 직접적인 자원량 조사방법의 하나이다. 목시조사에서 수집된 거리표집 자료는 조사라인으로부터 수직거리가 멀어 질수록 발견개체수가 감소하는 경향이 나타난다. 이러한 발견율의 감소를 추정하는 모델로, 최근 Hazard-rate 모델 (Buckland, 1985)과, Uniform 모델 (Anderson and Pospahala, 1970), Half-normal 모델 (Quinn, 1977), Exponential 모델 (Gate, 1969)이 일반적으로 사용되고 있다. 본 연구에서는 3개의 거리표집 자료를 사용하여 거리에 따른 발견율함수 $g(x)$ 를 4가지 모델과 3개의 보정항을 이용하여 추정하고 각 모델의 특성에 대해 논하였다.

자료 및 방법

수직거리 자료에 따른 발견함수 $g(x)$ 는 조건부 확률로, 일반적으로 거리가 멀어지면서 관찰되어질 확률이 감소한다. 4가지 모델을 통해 발견함수 $g(x)$ 추정하여 거리 0에서의 확률밀도함수 $f(0)$ 를 추정하고, 유효조사넓이(ESW : Effective survey width)를 추정하였다. 발견율함수 추정에 사용된 모델은 Hazard-rate 모델(식 1), Uniform 모델(식 2), Half-normal 모델(식 3), Exponential 모델(식 4)이다.

$$\text{Hazard-rate 모델} : 1 - \exp(-x/\sigma)^b \quad (1)$$

$$\text{Uniform 모델} : 1/w \quad (2)$$

$$\text{Half-normal 모델} : \exp(-x^2/2\sigma^2) \quad (3)$$

$$\text{Exponential 모델} : \exp(-x/\lambda) \quad (4)$$

$g(0)=1$ 로 가정하고 거리 0에서의 확률밀도함수 $f(0)$ 는 식 (5)와 같다.

$$f(0) = \frac{1}{\int_0^w g(x)dx} \quad (5)$$

모델에 적용시킨 자료는 2004년 우리나라 서해 연안과 근해에서 각각 수행된 상괭이 목시조사와 2005년 우리나라 서해 연안에서 수행된 상괭이 목시조사에서 수집된 거리표집 자료이다 (NFRDI, 2005).

결과 및 요약

모든 조사자료에서 Hazard-rate 모델이 추정된 확률밀도함수 값(절삭자료의 경우)이 가장 높았는데, 2005년 연안조사에서 0.058(0.071), 2004년 연안조사에서 0.061(0.080), 2004년 근해조사에서 0.011(0.014)로 추정되었다. 그 다음으로 Exponential 모델이 2005년 연안조사에서 0.023(0.029), 2004년 연안조사에서 0.030(0.032), 2004년 근해조사에서 0.009(0.010)로 높았다. 유효조사넓이는 Hazard-rate 모델이 2개의 연안조사에서는 20 m 이하로 추정하였고 근해조사에서는 80m 대로 추정하여 다른 모델에 비해 가장 작은 값을 보였다. Hazard-rate 모델은 발견율함수가 조사라인으로부터 일정거리까지 평행한 형태를 갖게 하기 위해 유도된 모델이지만, 본 연구에서는 Hazard-rate 모델이 평행한 형태의 발견율함수를 보이지 않았으며 Exponential 모델과 유사한 형태를 보였다. 가장 작은 확률밀도함수 값을 추정한 Uniform 모델은 가장 낮은 변동계수(CV)값을 보였지만 과소추정하는 경향이 있었다. Half-normal 모델은 Uniform 모델과 비슷한 확률밀도함수를 추정하였는데, 과소추정의 위험이 적었다.

참고문헌

- Anderson D.R. and R.S. Pospahala. 1970. Correction of bias in belt transects of immotile objects. *J. Wildlife Management*, 34, 141-146.
- Buckland, S.T. 1985. Perpendicular distance models for line transect sampling. *Biometrics*, 41, 177-195
- Gates, C.E. 1969. Simulation study of estimators for the line transect sampling method. *Biometrics*, 25, 317-328.
- NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute). 2005. Ecological study of finless porpoise in Korean waters. NFRDI Subject Report, pp. 108. (in Korean)
- Quinn, T.J. II 1977. The effects of aggregation on line transect estimators of population abundance with application to marine mammal populations. MS thesis, University of Washington, WA, USA, 116pp.