

## Locating microseismic events using borehole data

G.A. Jones, J.-M. Kendall, I.D. Bastow and D.G. Raymer

Geophysical Prospecting, 2014, 62, 34-49

Date: 2014/11/21

Summarized by Yoojin Kim

---

미소지진의 진원의 위치를 정확히 결정하고 arrival time picking의 감도와 속도 모델의 불확실성을 계산하기 위해 Ekofisk 지역의 미소지진 실험을 시행하였다. 이 미소지진 자료는 1997년 4월 18일 동안 취합된 것을 사용하였고 이것은 해저에서 진행중인 지반침하를 알아보기 위해 시도하였다. 이 연구에는 속도 모델은 우물 2/4-C11a에서 코어(core)를 통해 조사된 지질학적인 구성과 compressional과 shear 음파 데이터를 이용하여 적용하였다.

EDT(Equal distance time)의 방법은 EDT surface의 최대값의 교차점이 진원의 위치로 규정하는 것이다. EDT surface의 허용오차의 적당한 두께를 계산하기 위해 256개의 이벤트를 적용하여 진원 결정을 하였다. 허용오차는 1-15ms에서 변하였고 허용오차 구역이 증가할수록  $Q_{EDT}$ 의 평균값도 증가하였고 평균 RMS의 residual값은 감소하였다.

Travel time의 계산, ray의 방위각과 속도 모델에서 에러의 영향을 test하기 위해 Monte Carlo arrival time error analysis를 시행하였다. Monte Carlo S-to-P arrival time의 최소값은 깊이( $-1.5 \pm 15.5$  m)에서 가장 큰 에러를 갖는다. 이 경우 EDT 방법을 적용하여 계산한 허용오차 값이 5ms일 때 수평방향의 Monte Carlo 에러가 ( $-0.06 \pm 14.6$  m)으로 최대가 된다. 도달시간(arrival time pairs)의 최소값의 결과로 깊이( $1.8 \pm 6.7$  m)와 우물로부터 수평 거리( $2.0 \pm 5.2$  m)에 가장 작은 에러가 계산되었다. 일반적으로 raypath의 길이가 증가할수록 에러도 증가한다.

Monte Carlo test는 속도 모델 error로 진원의 민감도를 계산하기 위해 수행되었다. 속도 모델과 연관된 에러는 도달 시간 변동 test에 의해 계산된 시간에 비해 1.5-2배가 되는 것으로 밝혀졌다.

이 연구에서는 단일 수직 센서 array를 통해 얻은 differential S-to-P arrival time을 이용하여 진원을 결정하는 방법을 보였다. 단일 수직 센서 array는 이상치(outliers)에 매우 예민한 불안정한 값을 갖게 한다. 이러한 solution의 불안정은 속도 모델과(또는) 도달시간에서 작은 동요(perturbation) 때문이다. 이것은 몇 가지 결과의 해석에 영향을 준다. 예를 들어 caprock이나 탄화수소 저장소 안의 변형의 결과로 생기는 event로 자신 있게 규정할 수 없다. 따라서 앞으로 쉽고 비용이 효율적인 수동적인 지진 분석이 필요하다.