

Spectral distortions of spherical data in the polar region

Jeong Woo Kim¹, Joong-Sun Won², Kyung Duck Min¹, Hye-Yun Kim¹

ABSTRACT

Sampling rates become inconsistent when spatial data in the spherical coordinate are re-sampled with respect to latitudinal or longitudinal degree for mathematical processes such as Fourier Transform, and this results in the distortions of the processed data in the wavenumber domain. This distortions are more evident in the polar regions. An example is presented to show such distortions during the recovery process of free-air gravity anomalies from ERS1 radar altimeter data in the Russian Arctic Barents Sea, and a method is present to minimize the distortion using Lambert Conformal Conic map projection.

개 요

일반적으로 인공위성, 항공, 또는 선상 지구물리탐사로부터 측정된 공간데이터(spatial data)는 위도 (ϕ), 경도 (λ) 및 고도 (r)로서 그 위치의 좌표를 표시하며 이러한 공간데이터를 처리함에 있어서 위도, 경도 및 고도로 표시되는 구면좌표계(spherical coordinate)를 이용하게 된다. 따라서, 측정된 데이터를 푸리에변환(Fourier Transform, FT) 등을 이용, 수학적으로 처리하거나, 혹은 단순히 이상도나 결과의 도시를 위한 지도제작을 위해서는 임의의, 불규칙한 지점에서 측정된 공간데이터들을 적절한 방법을 동원하여 보간, 또는 그리딩(griding)해야 한다. 예를 들어 FT를 시행하기 위해서는 측정된 데이터를 2, 4, 8, 16, 32등과 같은 2의 제곱수로 리샘플링(resampling)해야 하고, 따라서 리샘플링 된 개개의 측정점들은 새로운 구면좌표의 위치 및 그 점에서의 측정값을 갖게 된다. 그런데 일반적으로 이러한 과정은 원래의 공간자료가 갖고 있던 위도 및 경도를 기준으로 하기 때문에 리샘플링된 측정점들은 위도 및 경도 방향으로 일정한 각도의 증가분(increment)을 갖게 된다. 이러한 과정은 파동수영역(wavenumber domain)에서 변형(distortion)을 일으키는 원인이 되며, 특히 극지방의 데이터를 처리하는 과정에서 발생하는 변형은 심각하다.

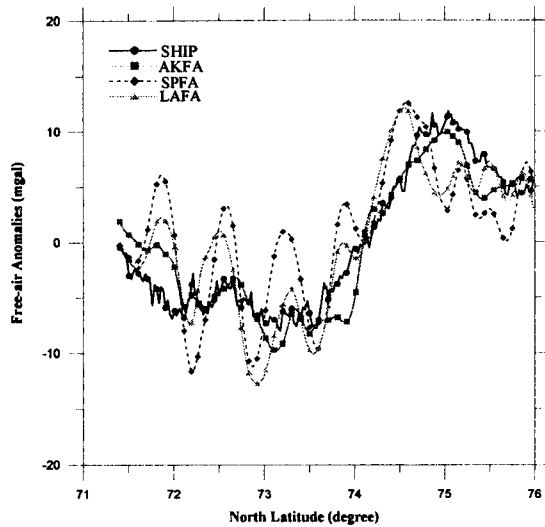
FT는 데이터영역(data domain)의 자료를 파동수영역, 혹은 주파수영역(frequency domain)으로, 혹은 그 반대로 전환하는 수학적 과정으로, 원격탐사나 지구물리데이터의 파워스펙트럼분석, 상향 및 하향연속이나 미분(Blakely, 1995), 파동수영역에서의 상관관계분석(Kim, 2000; von Frese et al., 1997), 자력이상의 reduced-to-the-pole(von Frese et al., 1981), quadrant-swapping에 의한 탐사측선잡음제거(Kim et al., 1998) 등 다양한 자료처리에 필수적으로 이용되고 있다. 파장(wavelength)과 반비례하는 파동수(wavenumber)는 물리적으로 데이터영역에서의 균일한 샘플링 간격, 즉 일정한 주파수/사이클(frequency/cycle)을 의미하며, 따라서 올바른 파동수의 계산을 위해서는 데이터의 샘플링간격이 일정해야 한다. 그런데 전술했듯이 지구 구면좌표계에서 리샘플링된 데이터들은 각도의 증가분이 정해진 방향으로 일정할 뿐, 측정 사이의 거리는 일정하지 않다.

1. Dept. of Earth Sciences and Research Institute of Geoinformatics & Geophysics, Sejong Univ.
2. Dept. of Earth System Sciences, Yonsei University

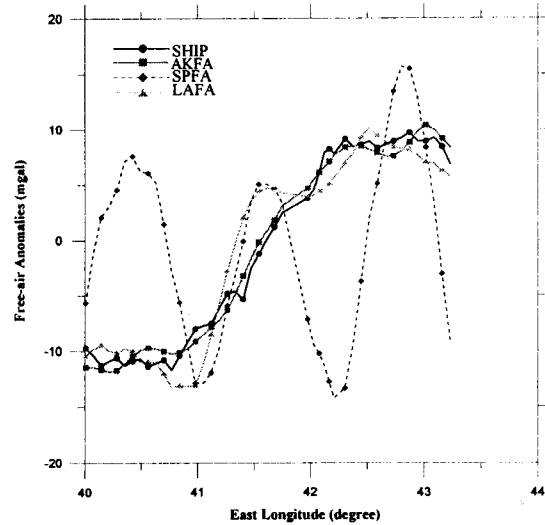
본 연구에서는 구면좌표계에서 처리된 공간데이터로부터 파동수영역에서 발생하는 변형을 인공위성 레이더 고도자료(radar altimeter data)로부터 중력 이상을 계산하는 과정을 통해 밝혔다. 레이더 고도자료는 고위도 지역인 러시아 북부 Barents Sea 및 Kara Sea 일부를 포함하도록 ($20^{\circ} - 70^{\circ} E, 68^{\circ} - 78^{\circ} N$) ERS-1 168-day Mission 데이터 모두를 택하여 총 231472개의 측정값을 사용하였다. 결과에서 제시된 연구지역은 이보다 훨씬 좁은 $40^{\circ} - 50^{\circ} E, 70^{\circ} - 76^{\circ} N$ 사이의 지역으로, 데이터 처리과정에서 발생할 가장자리 부분의 유실 및 edge effect를 고려한 결과이다. 레이더 고도자료로부터 중력 이상을 추출하기 위해서 우선 지오이드를 계산하여(Fig. 1A) 그로부터 Brun's formula와 Fundamental equation of geodesy(Heiskanen and Moritz, 1967)를 이용하여 중력 이상을 계산하는 Kim (1996)의 방법을 개선하여 이용하였다. 또한, Lambert Conformal Conic 투영법(LCCP)을 이용하여 측정 사이의 거리 증가분을 일정하게 하여 변형을 최소화한 후 결과를 비교하고, 끝으로 이들 두 결과를 Anderson and Knudsen (1998)의 중력 이상(Fig. 1B) 및 선상중력자료(Fig. 2)와 비교하였다. 선상중력은 1973년 8월 미국 Lamont-Doherty Earth Observatory에서 Graf-Askania GSS2-12를 이용하여 측정한 자료로서, 2개의 측선에 각각 190개와 46개의 측정값을 이용하였다(NGDC, 1998).

Fig. 2

A. Ship Line #01



B. Ship Line #02



a. Correlation Coefficients

	SHIP	AKFA	SPFA	LAFA
SHIP	—	0.9365	0.6960	0.8191
AKFA	0.9365	—	0.7227	0.8560
SPFA	0.6960	0.7227	—	0.8806
LAFA	0.8191	0.8560	0.8806	—

b. Correlation Coefficients

	SHIP	AKFA	SPFA	LAFA
SHIP	—	0.9346	0.0475	0.9517
AKFA	0.9346	—	0.0360	0.8926
SPFA	0.0475	0.0360	—	0.1629
LAFA	0.9517	0.8926	0.1629	—

Fig. 1

