

中塚 正・駒澤 正夫・広島 俊男

地質調査所

Tadashi NAKATSUKA, Masao KOMAZAWA and Toshio HIROSHIMA

Geological Survey of Japan

Abstract: SPECG 1988, a new standard procedure for evaluating the correction of gravity at the Geological Survey of Japan (GSJ), was developed by the GSJ Gravity Survey Group(1989), in order to compile gravity maps of new series publication at GSJ. The procedure prescribes the computation scheme and formulations for normal gravity, free-air reduction, atmospheric correction, lithospheric correction, and Bouguer and terrain corrections, which are reviewed in this paper.

1. はじめに

SPECG 1988 は、地質調査所の新「重力図シリーズ」の出版にあたって、重力の各種補正の標準化のために定式化した重力補正標準手順である。

この手順では、各補正とも 0.1 mGal の精度の確保を原則的目標としており、①フリーエア勾配の2次勾配まで考慮すること、②大気補正とともに海水準以下の重力測定に対する大地補正を導入すること、③ブーゲー及び地形補正においては地球の球面効果を考慮すること、④地形補正では、測点に近い側でより精密な地形の影響を反映させ、遠い側でより単純なモデルに近似する手法をとっていることに特徴がある。

この手順の詳細については、地調月報に発表される予定(地質調査所重力探査グループ, 1989)であるが、その概略について以下に述べる。

2. 標準重力場

標準重力場の緯度変化としては、1980年の測地基準系(GRS1980)に基づく正規重力式

$$\begin{aligned} \gamma_0 = & 978032.68 + 5163.07 \sin^2 \phi_0 \\ & + 22.76 \sin^4 \phi_0 \quad (\text{mGal}) \end{aligned}$$

を用いる。

標準重力の高度変化は、従来よりフリーエア勾配として知られ、正規重力場の鉛直勾配と与えられるが、その勾配自体も高度に依存する。萩原(1978)の理論式等を用いて、高度 H_0 の標準重力場は、

$$\begin{aligned} \gamma_N = & \gamma_0 - \beta H_0 + \alpha H_0^2 \\ \beta = & 0.30878 - 0.00043 \sin^2 \phi_0 \quad (\text{mGal/m}) \\ \alpha = & 0.07 \times 10^{-6} \quad (\text{mGal/m}^2) \end{aligned}$$

となる。すなわち、フリーエア補正 F は、

$$F = \gamma_0 - \gamma_N = \beta H_0 - \alpha H_0^2$$

である。

3. 大気補正・大地補正

大気補正Aについては、坪井(1979)を踏襲し、

$$A = 0.87 - 0.0000965 H_0 \quad (\text{mGal})$$

(H_0 の単位はm)

とするが、これは正の標高に対してのみ適用される。海底重力計の測定のように標高が負($H_0 < 0$)となる場合には、大気に加えて測点よりも上方にある地殻の影響を考慮する必要がある、これに対する補正を「大地補正」と呼ぶ。大地補正量 L は、測点よりも浅い部分の球殻の質量分が地球の中心に凝縮されたものの重力効果に等しく、

$$L \approx -4\pi G \rho H_0 (1 - H_0/R_m)$$

と与えられる。ここに、 R_m は測点位置での平均曲率半径である。

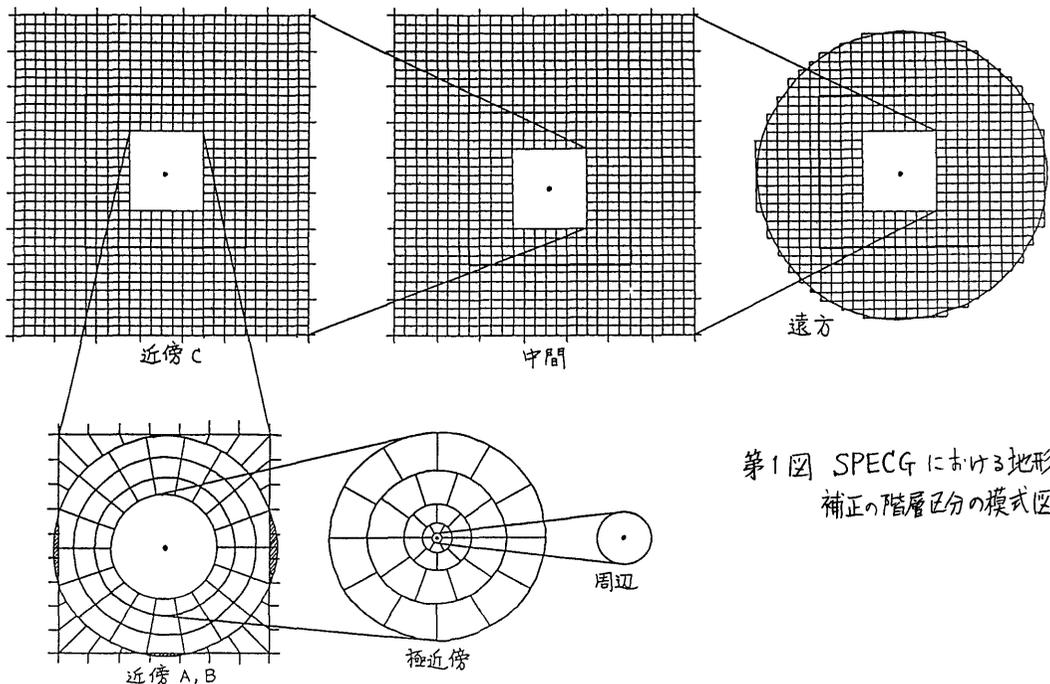
4. ブーゲー補正

地形の凹凸の影響を補正する作業は、通常、ブーゲー補正と地形補正に分けて行われる。ブーゲー補正は、単純に $2\pi G \rho H_0$ で計算される例が多いが、これは、萩原(1978)が示しているように、地球の球面の影響を考慮して、それを100km前後の距離範囲で打ち切った部分球殻ブーゲー補正に対する近似計算と考えた方がよい。従って、その場合、地形補正においても球面の効果を考慮すべきであろう。

SPECG では、地形補正の範囲に合わせて半径60kmの部分球殻の影響をブーゲー補正とする。このブーゲー補正量 B は、萩原(1978)の厳密式を展開し

第1表 SPEC G における地形補正方法の概要一覧

区分	距離範囲(m)	水平断面形状	使用高度情報	補正方法	備考
周辺	0 - 20	円形	スケッチ	スケッチに基づき数値積分	平地では0とする
極近傍	20 - 70	扇形 (1/6)	小縮尺の地形図から読取	円形補正板による標高読取に基づいて扇形柱モデルで計算	平野部では仮想円盤を適用する
	70 - 155	" (1/8)			
	155 - 290	" (1/10)			
	290 - 500	" (1/12)			
近傍A	500 - 650	扇形(1/18)	地形メッシュ 標高ファイル	仮想円盤による扇形柱モデルで計算	各扇形の中央点の標高を、その周囲4点と測点自体の計5点の標高データの加重平均で与える
	650 - 850	"			
	850 - 1050	"			
近傍B	円形と矩形の遷移領域		"	2つの五面体の引算で近似	
近傍C1	(1k - 2k)	矩形	"	角柱モデルを考え、これを第1図の太線の内側に相当	周辺～近傍C2 に対しては球面効果は考慮しない
近傍C2	(2k - 4k)	"			
中間1	(4k - 8k)	"	平均標高ファイル(中間用)	する位置では4線質量近似で、その外側に相当する位置ではKane(1962)の方法で	球面の沈み込み効果を考慮する
中間2	(8k - 16k)	"			
遠方1	(16k - 32k)	"	平均標高ファイル(遠方用)	近似計算	
遠方2	(32k - 60k)	"			



て、

$$B \approx -2\pi G \rho \{ |H_0| (1 - H_0/2S) + (H_0/R_m)(S/2 - H_0) \}$$

$$(S = 60 \times 10^3 \text{ (m)})$$

によって計算できる。

5. 地形補正

地形補正における基本的な補正領域の区分は、従来のものを踏襲しているが、中間～遠方域において球面の効果を考慮に入れるとともに、角柱の重力の計算に用いる近似方法に改善をはかっている。地形補正の領域区分とそれぞれの計算方法は、第1図と第1表に示す通りである。

球面の効果としては、地面の高さが遠くで沈み込むことによって高さが異なってくる点だけを考慮すれば十分であり、沈み込みの深さ h_s は、距離 D に対して、

$$h_s \approx D^2 / 2R_m$$

で与えられる。

一方、角柱の重力を高精度かつ効率よく近似計算するため、測点に相対的に近い領域（第1図で太線の内側）に対しては中塚・広島（1988）による4線質量近似を用い、その外側では、Kane（1962）による等断面積扇形柱近似を用いている。

6. 地球楕円体上での距離及び面積の計算

地形補正の計算においては、各小区画ごとにその区画の面積及び測点までの距離を与える必要がある。回転楕円体としての地球でこれらの計算を厳密に行うことも可能であるが、実用的でない。ここでは、精度の検討に基づいた実用的な近似式を導き、それを使用している。

緯度 ϕ_0 に重力測点Pがあるものとし、これから緯度 ϕ 、経度 λ だけ隔たった点Qまでの距離 D は、緯度 ϕ_0 での卯酉線曲率半径を N 、地球楕円体の離心率を e として、

$$D \approx N [\phi^2 + \lambda^2 \cos^2 \phi_0 - \phi \lambda^2 \sin \phi_0 \cos \phi_0 - 2e^2 \phi^2 \cos^2 \phi_0]^{1/2}$$

である。この式において、大カッコ内の第4項を無視すると、卯酉線曲率半径を半径とする球面での距離計算近似式となり、この第4項が回転楕円体の場合の補正項となっていることがわかる。この近似計算式の誤差は、距離 60km に対しても 3.5m未満、すなわち 60ppm 未満の誤差である。

点Qのまわりの微小な緯経度範囲 $\Delta\phi, \Delta\lambda$ の面積 ΔS は、

$$\Delta S \approx R_m^2 \Delta\phi \Delta\lambda (\cos \phi_0 - \phi \sin \phi_0)$$

で与えられる。この近似計算による誤差は、点Pからの距離が 60km までの範囲で 200ppm 程度以下である。

7. おわりに

SPECG では、波長100km前後までの地殻の地質構造に関連した重力異常分布の抽出・解析を主たる目標に設定し、超遠方の地形及びジオイド高に対する補正は行わないこととしている。

また SPECG は、とくに地形補正に関して、地形高度情報数値化の現状に束縛されつつ設定したものである。より精密な地形情報データが全国的に利用できる状況に至ったときには、重力補正手順についても改訂が必要となろう。なお、本手順による地形補正の精度の見積りに関しては別の機会に検討することとする。

文 献

地質調査所重力探査グループ(1989) 地質調査所重力補正標準手順 (SPECG 1988) について。
地調月報, (投稿中)。
萩原幸男(1978) 地球重力論. 共立全書, 242p.
Kane, M.F.(1962) A comprehensive system of terrain corrections using a digital computer. *Geophysics*, vol.27, p.455-462.
中塚 正・広島俊男(1988) 角柱の重力異常の4線質量による近似計算。
物理探査, vol.41, p.309-315。
坪井忠二(1979) 重力第2版. 岩波全書, 274p.