

表-1 本研究で用いたデータのまとめ

データの種類	成分	データ数	誤差 (mm)	重み (%)	RMS (mm)
GPS 連続観測点	水平	46	2.4*	22	7.3
	上下	23	10	2.7	6.1
GPS 機動観測点	水平	12	10	1.4	6.7
	上下	6	20	0.3	15
三角点での GPS 測量	水平	22	20	1.4	23
水準測量		49	5.8*	9.8	6.7
干渉 SAR		1601	30	62	8.0
合計		1759		100	

*平均値

表-2 推定された断層パラメータ

	緯度* (°)	経度* (°)	深さ (km)	長さ (km)	幅 (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	すべり量 (m)
領域 1	38.479	141.219	0.7	5.3	7.9	181	38	108	0.95
領域 2	38.425	141.187	3.4	3.1	6.3	234	40	93	1.32

*座標系は、世界測地系 (JGD2000) にもとづく。

矢本観測点の観測誤差は、分散から計算したものの5倍とした。水準測量の観測誤差でランダムなものは、通常 $\alpha\sqrt{L}$ mm (L は水準点間の距離を km 単位であらわしたもの) で与えられる。 α は、鎖部の往復差から計算される標準偏差である。本研究では、実際の α の計算を省略し、1.0 という値を用いた。これは1990年代における1等水準測量から計算された標準偏差の約2倍である (大滝三夫, 私信)。他のデータセットについては、観測誤差を簡便に見積もる方法がないので、以下の通り仮定した。まず、GPS 機動観測点の水平・上下成分はそれぞれ10mmと20mm。三角点の水平成分は20mm、干渉 SAR のデータについては、ほぼ1波長分の30mmとした。干渉 SAR のデータについては、非常に多くの地点での変位量が得られているので、適当に間引くことによって1601点分のデータを使用した。

データ数、観測誤差、各データセットの重みは、表-1にまとめられている。データセットの重みから、インヴァージョンの結果は、主に干渉 SAR データ、次いで GPS 連続観測点の水平変位、そして水準測量データに左右されていることがわかる。他のデータセットについては、それほどインヴァージョンの結果には影響しない。

3. 2 インヴァージョン手順と結果

本研究では、Matsu'ura and Hasegawa(1987)による非線形インヴァージョン手法を用いて、矩形断層のパラメータ推定を行った。矩形断層による地表での変位の計算には、Okada(1992)による半無限均質弾性体を仮定して定式化されたものを用いた。研究を始めた当初は、1枚の矩形断層で観測データの説明を試みたが、観測データを良く説明するモデルを作ることは不可能であった。水準測量のデータからは、水準路線に平行な北東-南西走向

の逆断層が示唆されるが、GPS データからは、南北走向の逆断層が示唆される。どちらか一方のデータを説明するモデルは、他方のデータを説明しないのである。次に、矩形断層を2枚仮定してモデル化を行い、全てのデータを説明することができた。走向の異なる2枚の矩形断層を用いることにより、1枚の断層のみを仮定したモデルの約半分まで残差を小さくすることができる。また、余震分布からも余震域の南北で断層の走向が異なることが見出されており、次章で詳述することにする。本研究で行っているような非線形インヴァージョンでは、推定されたパラメータがその初期値に依存することが一般的に知られている。また、そもそも本研究で用いているインヴァージョン手法では、パラメータが初期値から大きく離れないような拘束条件を課している。しかし、本研究ではデータが豊富であり、パラメータの初期値に対する拘束は非常に弱く設定してあるので、インヴァージョン結果の初期値依存性はそれほど問題にはならない。実際、いくつかの初期値の異なる組み合わせで、インヴァージョンを行ってみたが、推定されたパラメータにそれほど大きな差はなかった。

推定されたパラメータは、表-2にまとめてある。地殻の剛性率を30GPaと仮定すると領域1、2の地震モーメントはそれぞれ、 1.1×10^{18} N・m と 0.6×10^{18} N・m である。合計では 1.8×10^{18} N・m となり、モーメントマグニチュード (M_w) は、6.1 である。地殻変動の観測データと断層モデルによる計算値の比較は、図-2、3、4、5に示してある。また、データ種類別の二乗残差平均(RMS)は、表-1に示してある。図や表からわかるように、観測値と計算値の合い具合は良好であるが、三角点のデータのように、合っていないものもある。三角点のデータに関しては、近接している三角点の変位ベクトルにもかなりの