

改 正 後	改 正 前
衛星 SAR による上下変動測量マニュアル 令和 7 年 9 月 国土交通省国土地理院	衛星 SAR による上下変動測量マニュアル 令和 7 年 4 月 国土交通省国土地理院

【改訂履歴】

マニュアル名称	年月	備考
衛星 SAR による上下変動測量 マニュアル	令和 6 年 6 月	制定
	令和 7 年 4 月	日本測地系 2011 から日本 測地系 2024 への改定に伴 い改正
	<u>令和 7 年 9 月</u>	<u>計算プログラム利用のため のユーザー登録が不要とな ったことに伴い改正</u>

【改訂履歴】

マニュアル名称	年月	備考
衛星 SAR による上下変動測量 マニュアル	令和 6 年 6 月	制定
	令和 7 年 4 月	日本測地系 2011 から日本 測地系 2024 への改定に伴 い改正

(略) 序 (略) 2. 衛星 SAR 地盤変動測量成果について (略) 南行軌道、北行軌道の各衛星視線方向、準上下方向、準東西方向の 4 つの変位速度を衛星 SAR 地盤変動測量成果として公開・提供している。今後も、「だいち 2 号」及び <u>2024 年に打ち上げられた先進レーダ衛星</u>「だいち 4 号」<u>(ALOS-4)</u> の観測データを用いて、定期的に測量成果を公開・提供する予定である。 (略) 3. 本マニュアルの概要 (略) 2) 本マニュアルの構成 本マニュアルは、測量技術としての干渉 SAR 時系列解析結果を用いた測量に対する理解を深め、その利用の普及・促進を図るため、条文、運用基準のほかに解説を加えている。 なお、本マニュアルの全体構成は、以下のとおりである。 ① 第 1 章 総則 本マニュアルの目的、干渉 SAR 時系列解析を用いた測量を実施するにあたっての条件及びデータの<u>取扱い</u>等について規定している。 ② 第 2 章 衛星 SAR 地盤変動測量成果等を用いた上下変動測量 衛星 SAR 地盤変動測量成果等を用いた上下変動量計算を実施するにあたっての工程別作業区分及び作業手法について規定している。 ③ 第 3 章 干渉 SAR 時系列解析 国土地理院の公開・提供する衛星 SAR 地盤変動測量成果を用いず、SAR 干渉解析による SAR 干渉画像の作成、作成した SAR 干渉画像を用いた干渉 SAR 時系列解析を実施するにあたっての作業手法について規定している。 ④ 第 4 章 資料 衛星 SAR 地盤変動測量成果等を用いた上下変動測量を実施するにあたっての精度管理のための標準様式を規定する。また、本マニュアルを補足するための資料として、参考資料を添付している。 (略)	(略) 序 (略) 2. 衛星 SAR 地盤変動測量成果について (略) 南行軌道、北行軌道の各衛星視線方向、準上下方向、準東西方向の 4 つの変位速度を衛星 SAR 地盤変動測量成果として公開・提供している。今後も、「だいち 2 号」及び<u>その後継機の</u>「だいち 4 号」の観測データを用いて、定期的に測量成果を公開・提供する予定である。 (略) 3. 本マニュアルの概要 (略) 2) 本マニュアルの構成 本マニュアルは、測量技術としての干渉 SAR 時系列解析結果を用いた測量に対する理解を深め、その利用の普及・促進を図るため、条文、運用基準のほかに解説を加えている。 なお、本マニュアルの全体構成は、以下のとおりである。 ① 第 1 章 総則 本マニュアルの目的、干渉 SAR 時系列解析を用いた測量を実施するにあたっての条件及びデータの<u>取り扱い</u>等について規定している。 ② 第 2 章 衛星 SAR 地盤変動測量成果等を用いた上下変動測量 衛星 SAR 地盤変動測量成果等を用いた上下変動量計算を実施するにあたっての工程別作業区分及び作業手法について規定している。 ③ 第 3 章 干渉 SAR 時系列解析 国土地理院の公開・提供する衛星 SAR 地盤変動測量成果を用いず、SAR 干渉解析による SAR 干渉画像の作成、作成した SAR 干渉画像を用いた干渉 SAR 時系列解析を実施するにあたっての作業手法について規定している。 ④ 第 4 章 資料 衛星 SAR 地盤変動測量成果等を用いた上下変動測量を実施するにあたっての精度管理のための標準様式を規定する。また、本マニュアルを補足するための資料として、参考資料を添付している。 (略)
---	--

(観測の実施)

第 1 4 条 観測点において地上測量を実施し、標高を算出する。

＜第 1 4 条 運用基準＞

準則第 2 編第 3 章（レベル等による水準測量）に基づき実施する。

【解説】

衛星 SAR 地盤変動測量成果等で得られる変動量は、準上下方向であること、広域かつ長期的な変動は差し引いていることから、地上測量で得られた上下変動量とは系統的な差が含まれる。そのため、地上測量によって得られる上下変動量を用いて衛星 SAR 地盤変動測量成果等による変動量の調整を行う必要がある。

（略）

(変換パラメータの算出)

第 1 8 条 前条までに得られた地上測量による上下変動量と衛星 SAR 地盤変動測量成果等による準上下方向の変動量の差から変換パラメータを算出する。

＜第 1 8 条 運用基準＞

変換パラメータの計算には、以下の計算式のほか、これと同精度又はこれを上回る精度を有することが確認できる場合には、当該計算式を使用することができるものとする。

なお、地上測量により得られた上下変動量は全て計算に使用することを標準とする。

変換パラメータの計算式

$$\begin{aligned}d_0^S - d_0^I &= a_0 + a_1 x_0 + a_2 y_0 + a_3 x_0 y_0 \\d_1^S - d_1^I &= a_0 + a_1 x_1 + a_2 y_1 + a_3 x_1 y_1 \\d_2^S - d_2^I &= a_0 + a_1 x_2 + a_2 y_2 + a_3 x_2 y_2 \\&\vdots \\d_n^S - d_n^I &= a_0 + a_1 x_n + a_2 y_n + a_3 x_n y_n\end{aligned}$$

ここで、 $d_i^S - d_i^I (i = 0, 1, \dots, n)$ は、地上測量を実施した観測点位置（経度、緯度： x_i, y_i ）における衛星 SAR 地盤変動測量成果等による上下変動 d_i^S と地上測量（2 級水準測量相当以上）による上下変動 d_i^I の差、 $a_j (j = 0, \dots, 3)$ は、変換パラメータを表す。この式を最小二乗法で解くことにより、変換パラメータを求める。

以上の計算には、国土地理院が提供する計算プログラムを用いることも可能である。
(<https://sarprod.gsi.go.jp/toolsProvided>)

(観測の実施)

第 1 4 条 観測点において地上測量を実施し、標高を算出する。

＜第 1 4 条 運用基準＞

準則第 2 編第 3 章（レベル等による水準測量）に基づき実施する。

【解説】

衛星 SAR 地盤変動測量成果等で得られる変動量は、準上下方向であること、広域かつ長期的な変動は差し引いていることから、地上測量で得られた成果とは系統的な差が含まれる。そのため、地上測量によって得られる上下変動量を用いて衛星 SAR 地盤変動測量成果等による変動量の調整を行う必要がある。

（略）

(変換パラメータの算出)

第 1 8 条 前条までに得られた地上測量による上下変動量と衛星 SAR 地盤変動測量成果等による準上下方向の変動量の差から変換パラメータを算出する。

＜第 1 8 条 運用基準＞

変換パラメータの計算には、以下の計算式のほか、これと同精度又はこれを上回る精度を有することが確認できる場合には、当該計算式を使用することができるものとする。

なお、地上測量により得られた上下変動量は全て計算に使用することを標準とする。

変換パラメータの計算式

$$\begin{aligned}d_0^S - d_0^I &= a_0 + a_1 x_0 + a_2 y_0 + a_3 x_0 y_0 \\d_1^S - d_1^I &= a_0 + a_1 x_1 + a_2 y_1 + a_3 x_1 y_1 \\d_2^S - d_2^I &= a_0 + a_1 x_2 + a_2 y_2 + a_3 x_2 y_2 \\&\vdots \\d_n^S - d_n^I &= a_0 + a_1 x_n + a_2 y_n + a_3 x_n y_n\end{aligned}$$

ここで、 $d_i^S - d_i^I (i = 0, 1, \dots, n)$ は、地上測量を実施した観測点位置（経度、緯度： x_i, y_i ）における衛星 SAR 地盤変動測量成果等による上下変動 d_i^S と地上測量（2 級水準測量相当以上）による上下変動 d_i^I の差、 $a_j (j = 0, \dots, 3)$ は、変換パラメータを表す。この式を最小二乗法で解くことにより、変換パラメータを求める。

以上の計算には、国土地理院が提供する計算プログラムを用いることも可能である。
(<https://sarprod.gsi.go.jp/toolsProvided>、[要ユーザー登録](#))

(点検計算)

第 1 9 条 前条で計算した変換パラメータは、点検計算を行うものとする。点検計算の結果、許容範囲を超えた場合は、再計算や再測を行う等適切な措置を講ずるものとする。また、変位速度が周囲よりも大きい地点等については、地点ごとに干渉 SAR 時系列解析で得られる時系列変位データを取得し、季節的な上下変動や短期間に生じた上下変動の有無を確認する。

＜第 1 9 条 運用基準＞

点検計算は、次のとおり実施するものとする。

1. 地上測量を実施した全観測点について、衛星 SAR 地盤変動測量成果等で得られる準上下方向の変動量に変換パラメータを適用して、調整済み上下変動量を算出する。調整済み上下変動量の計算には、以下の計算式のほか、これと同精度又はこれを上回る精度を有する変換パラメータを算出した場合には、当該パラメータの使用に適した計算式を使用することができるものとする。

調整済み上下変動量の計算式

$$\begin{aligned} d_0 &= d_0^S - (a_0 + a_1 x_0 + a_2 y_0 + a_3 x_0 y_0) \\ d_1 &= d_1^S - (a_0 + a_1 x_1 + a_2 y_1 + a_3 x_1 y_1) \\ d_2 &= d_2^S - (a_0 + a_1 x_2 + a_2 y_2 + a_3 x_2 y_2) \\ &\vdots \\ d_N &= d_N^S - (a_0 + a_1 x_n + a_2 y_n + a_3 x_n y_n) \end{aligned}$$

ここで、 $d_k(k = 0,1,...,n)$ は、地上測量を実施した全観測点における調整済み上下変動量、 $a_j(j = 0,...,3)$ は、変換パラメータを表す。

2. 地上測量による上下変動量と調整済みの上下変動量の差を算出し、全観測点の当該差の標準偏差（以下「差の標準偏差」という。）を求め、許容範囲以内であることを確認する。許容範囲は 3mm 以内とする。

3. 適切な措置に資する情報として干渉 SAR 時系列解析で得られる時系列変位データを取得し、調査対象期間における調査対象範囲の変位の時間変化を確認する。

4. 第 2 項の許容範囲を超えた場合には、周囲と異なる変動をしている観測点（地上測量による上下変動量と調整済みの上下変動量の差が 9mm を超える点を標準とする。以下「異常点」という。）を確認し、異常点における地上測量の上下変動を除いて変換パラメータの再計算及び第 1 項及び第 2 項の計算を行う。差の標準偏差が許容範囲内になる場合には、その結果を採用する。

5. 前項において、許容範囲を超える場合には、再測を行う。国土地理院が提供する衛星 SAR 地盤変動測量成果を用いた場合には、地上測量の再測を行う。本マニュアル第 3 章に基づく干渉 SAR 時系列解析結果を用いた場合には、干渉 SAR 時系列解析の再解析又は地上測量の再測を行う。

(点検計算)

第 1 9 条 前条で計算した変換パラメータは、点検計算を行うものとする。点検計算の結果、許容範囲を超えた場合は、再計算や再測を行う等適切な措置を講ずるものとする。また、変位速度が周囲よりも大きい地点等については、地点ごとに干渉 SAR 時系列解析で得られる時系列変位データを取得し、季節的な上下変動や短期間に生じた上下変動の有無を確認する。

＜第 1 9 条 運用基準＞

点検計算は、次のとおり実施するものとする。

1. 地上測量を実施した全観測点について、衛星 SAR 地盤変動測量成果等で得られる準上下方向の変動量に変換パラメータを適用して、調整済み上下変動量を算出する。調整済み上下変動量の計算には、以下の計算式のほか、これと同精度又はこれを上回る精度を有する変換パラメータを算出した場合には、当該パラメータの使用に適した計算式を使用することができるものとする

調整済み上下変動量の計算式

$$\begin{aligned} d_0 &= d_0^S - (a_0 + a_1 x_0 + a_2 y_0 + a_3 x_0 y_0) \\ d_1 &= d_1^S - (a_0 + a_1 x_1 + a_2 y_1 + a_3 x_1 y_1) \\ d_2 &= d_2^S - (a_0 + a_1 x_2 + a_2 y_2 + a_3 x_2 y_2) \\ &\vdots \\ d_N &= d_N^S - (a_0 + a_1 x_n + a_2 y_n + a_3 x_n y_n) \end{aligned}$$

ここで、 $d_k(k = 0,1,...,n)$ は、地上測量を実施した全観測点における調整済み上下変動量、 $a_j(j = 0,...,3)$ は、変換パラメータを表す。

2. 地上測量による上下変動量と調整済みの上下変動量の差を算出し、全観測点の当該差の標準偏差（以下「差の標準偏差」という。）を求め、許容範囲以内であることを確認する。許容範囲は 3mm 以内とする。

3. 適切な措置に資する情報として衛星 SAR 地盤変動測量成果のうち時系列変位データを取得し、調査対象期間における調査対象範囲の変位の時間変化を確認する。

4. 第 2 項の許容範囲を超えた場合には、周囲と異なる変動をしている観測点（地上測量による上下変動量と調整済みの上下変動量の差が 9mm を超える点を標準とする。以下「異常点」という。）を確認し、異常点における地上測量の上下変動を除いて変換パラメータの再計算及び第 1 項及び第 2 項の計算を行う。差の標準偏差が許容範囲内になる場合には、その結果を採用する。

5. 前項において、許容範囲を超える場合には、再測を行う。国土地理院が提供する衛星 SAR 地盤変動測量成果を用いた場合には、地上測量の再測を行う。本マニュアル第 3 章に基づく干渉 SAR 時系列解析結果を用いた場合には、干渉 SAR 時系列解析の再解析又は地上測量の再測を行う。

(調査対象地域の上下変動量の算出)

第 2 0 条 調査対象範囲内の衛星 SAR 地盤変動測量成果等で得られる準上下方向の変動量に変換パラメータを適用し、調整済みの上下変動量を算出するものとする。

<第 2 0 条 運用基準>

変換パラメータに基づく調整済み上下変動量の計算には、以下の計算式のほか、これと同精度又はこれを上回る精度を有する変換パラメータを算出した場合には、当該パラメータの使用に適した計算式を使用することができるものとする。

調整済み上下変動量の計算式

$$\begin{aligned} d_0 &= d_0^S - (a_0 + a_1 x_0 + a_2 y_0 + a_3 x_0 y_0) \\ d_1 &= d_1^S - (a_0 + a_1 x_1 + a_2 y_1 + a_3 x_1 y_1) \\ d_2 &= d_2^S - (a_0 + a_1 x_2 + a_2 y_2 + a_3 x_2 y_2) \\ &\vdots \\ d_N &= d_N^S - (a_0 + a_1 x_N + a_2 y_N + a_3 x_N y_N) \end{aligned}$$

ここで、 $d_k(k = 0,1,...,N)$ は、調査範囲内の衛星 SAR 地盤変動測量成果等の全点における調整済み上下変動量、 $a_j(j = 0,...,3)$ は、変換パラメータを表す。

以上の計算には、国土地理院が提供する計算プログラムを用いることも可能である。
(<https://sarprod.gsi.go.jp/toolsProvided>)

(変換パラメータファイル及び上下変動量ファイルの作成)

第 2 1 条 前条までに得られた情報を変換パラメータファイル及び上下変動量ファイルに保存する。

- <第 2 1 条 運用基準>
- 変換パラメータファイル及び上下変動量ファイルは、本マニュアルで規定する様式に基づき作成するものとし、記載する項目は、次を標準とする。
- 変換パラメータファイル
 - 地上測量の観測点の位置情報（緯度、経度）
 - 地上測量の観測点における地上測量の上下変動量及び衛星 SAR 地盤変動測量成果等で得られる準上下方向の変動量並びにそれらの変動量差
 - 変換パラメータ
 - 変換パラメータ計算時の分散共分散行列
 - 上下変動量ファイル
 - 調査範囲内の地上観測点全点の位置情報（緯度、経度）
 - 衛星 SAR 地盤変動測量等による上下変動量

(調査対象地域の上下変動量の算出)

第 2 0 条 調査対象範囲内の衛星 SAR 地盤変動測量成果等で得られる準上下方向の変動量に変換パラメータを適用し、調整済みの上下変動量を算出するものとする。

<第 2 0 条 運用基準>

変換パラメータに基づく調整済み上下変動量の計算には、以下の計算式のほか、これと同精度又はこれを上回る精度を有する変換パラメータを算出した場合には、当該パラメータの使用に適した計算式を使用することができるものとする。

調整済み上下変動量の計算式

$$\begin{aligned} d_0 &= d_0^S - (a_0 + a_1 x_0 + a_2 y_0 + a_3 x_0 y_0) \\ d_1 &= d_1^S - (a_0 + a_1 x_1 + a_2 y_1 + a_3 x_1 y_1) \\ d_2 &= d_2^S - (a_0 + a_1 x_2 + a_2 y_2 + a_3 x_2 y_2) \\ &\vdots \\ d_N &= d_N^S - (a_0 + a_1 x_N + a_2 y_N + a_3 x_N y_N) \end{aligned}$$

ここで、 $d_k(k = 0,1,...,N)$ は、調査範囲内の衛星 SAR 地盤変動測量成果等の全点における調整済み上下変動量、 $a_j(j = 0,...,3)$ は、変換パラメータを表す。

以上の計算には、国土地理院が提供する計算プログラムを用いることも可能である。
(<https://sarprod.gsi.go.jp/toolsProvided>、[要ユーザー登録](#))

(変換パラメータファイル及び上下変動量ファイルの作成)

第 2 1 条 前条までに得られた情報を変換パラメータファイル及び上下変動量ファイルに保存する。

- <第 2 1 条 運用基準>
- 変換パラメータファイル及び上下変動量ファイルは、本マニュアルで規定する様式に基づき作成するものとし、記載する項目は、次を標準とする。
- 変換パラメータファイル
 - 地上測量の観測点の位置情報（緯度、経度）
 - 地上測量の観測点における地上測量の上下変動量と衛星 SAR 地盤変動測量成果等で得られる準上下方向の変動量及び変動量差
 - 変換パラメータ
 - 変換パラメータ計算時の分散共分散行列
 - 上下変動量ファイル
 - 調査範囲内の地上観測点全点の位置情報（緯度、経度）
 - 衛星 SAR 地盤変動測量等による上下変動量

- 三 変換パラメータによる調整量
- 四 調整済み上下変動量

(略)

(衛星 SAR 観測データの取得)
第 2 4 条 調査対象範囲及び調査対象期間を含む人工衛星により取得された SAR 観測データを取得する。

＜第 2 4 条 運用基準＞
北行軌道及び南行軌道ともに、調査対象範囲をカバーするデータを取得する。また、調査対象期間を含む期間に観測された北行軌道、南行軌道それぞれについて 8 観測以上のデータを取得することを標準とする。

【解説】
「だいち 2 号」の観測データを用いる場合には、必要に応じて過去の観測データを用いることで 8 観測以上を確保すること。「だいち 4 号」等の高頻度観測衛星のデータを用いる場合には、入手可能な調査対象期間の前後 1 か月の間に観測されたデータを全て用いることを標準とする。

(略)

(成果等の整理)
第 1 条 成果等は、次の各号のとおりとする。
一 変位速度データファイル
二 作業記録
三 その他資料

＜第 2 9 条 運用基準＞
作業記録は、SAR 干渉解析、干渉 SAR 時系列解析に適用した解析条件（使用衛星データの諸元情報、干渉ペアの選択条件、使用観測データの一覧、干渉ペアの一覧等^レ）をまとめた資料とする。

(略)

- 三 変換パラメータによる調整量
- 四 調整済み上下変動量

(略)

(衛星 SAR 観測データの取得)
第 2 4 条 調査対象範囲及び調査対象期間を含む人工衛星により取得された SAR 観測データを取得する。

＜第 2 4 条 運用基準＞
北行軌道及び南行軌道ともに、調査対象範囲をカバーするデータを取得する。また、調査対象期間を含む期間に観測された北行軌道、南行軌道それぞれについて 8 観測以上のデータを取得することを標準とする。

【解説】
「だいち 2 号」の観測データを用いる場合には、必要に応じて過去の観測データを用いることで 8 観測以上を確保すること。「だいち 4 号」等の高頻度観測衛星のデータを用いる場合には、入手可能な調査対象期間の前後 1 ヶ月の間に観測されたデータを全て用いることを標準とする。

(略)

(成果等の整理)
第 2 条 成果等は、次の各号のとおりとする。
一 変位速度データファイル
二 作業記録
三 その他資料

＜第 2 9 条 運用基準＞
作業記録は、SAR 干渉解析、干渉 SAR 時系列解析に適用した解析条件（使用衛星データの諸元情報、干渉ペアの選択条件、使用観測データの一覧、干渉ペアの一覧等をまとめた資料とする。

(略)