

GNSS又はトータルステーションを用いた 相対高さによる滑走路の勾配評価

国土技術政策総合研究所 ○河村 直哉、荒井 淳希、坪川 将丈



- ・巨大地震後の空港は、輸送拠点としての役割を担うため、いち早い運用再開が必要。
- ・地盤に液状化等が発生すると、滑走路に変状が発生するため、**被害の迅速な把握が必要**。

地震後の空港舗装の点検・応急復旧マニュアル

航空機走行の支障となる変状



大規模な災害時の空港の機能

緊急輸送の拠点となる空港：

発災後3日以内に、
物資輸送機の受入

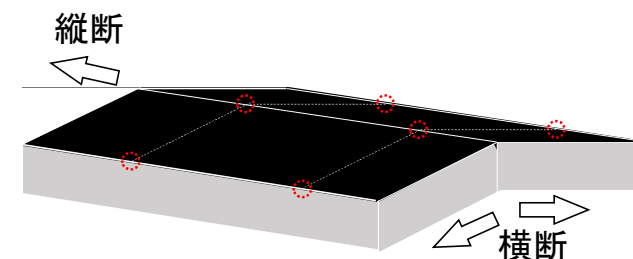
航空輸送上重要な空港：

発災後3日目途に、
民間機の運航



航空法施行規則 第79条(設置基準)

縦断勾配と横断勾配が規格値を満足すること

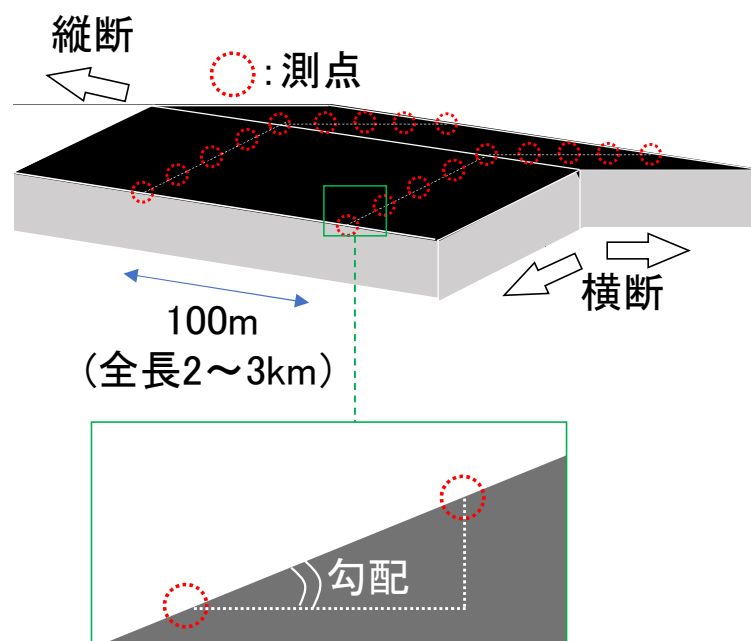


滑走路の勾配の迅速な計測方法が未確立

- ・ 空港施設測量はミリオーダー精度の標高が得られるが、時間を要する。

空港施設測量

- ・ 中心線測量
- ・ 仮BM設置測量
- ・ 縦断測量
- ・ 横断測量



測量に要する時間

平時:
滑走路長 3kmの場合、
往復観測で、**1週間程度**

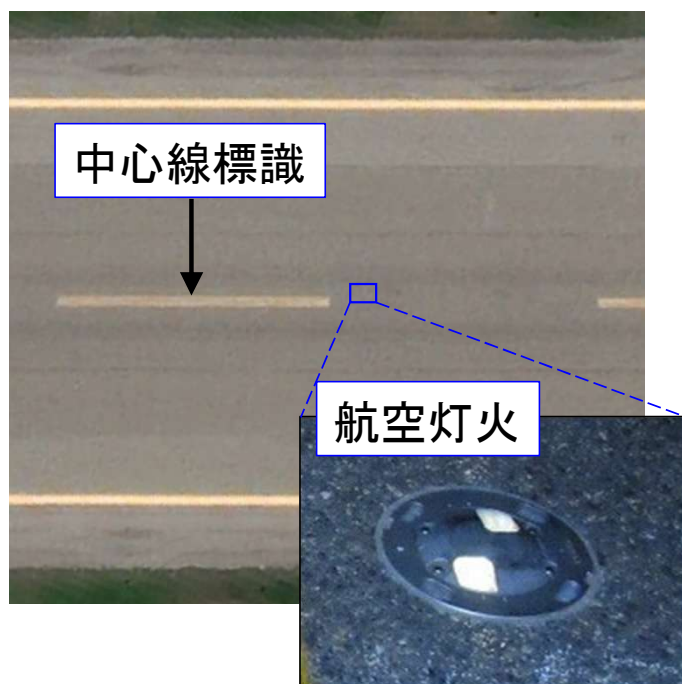


災害時:
いち早く
(できれば1日以内)

滑走路の勾配の迅速な計測方法の提案

アプローチ①：リモートセンシングの活用

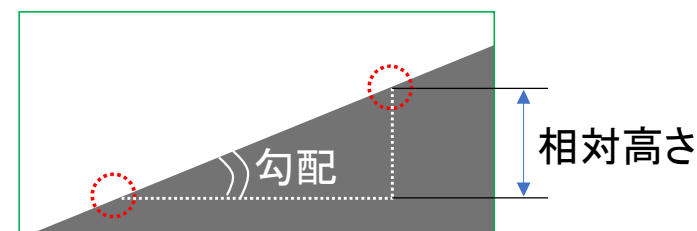
アプローチ②：勾配評価のための「空港施設測量」
の手順の簡素化



空港施設測量の手順

- ❌ ① 中心線測量(位置決め)
- ❌ ② 仮BM設置測量(標高の精度確保)
- ③ 縦断測量
- ④ 横断測量

→ 勾配評価で標高は必要ない
相対高さでよい



滑走路の勾配の迅速な計測方法の提案

アプローチ①：リモートセンシングの活用

アプローチ②：勾配評価のための「空港施設測量」
の手順の簡素化



空港施設測量の手順

- ❌ ① 中心線測量
- ❌ ② 仮BM設置測量
- ③ 縦断測量
- ④ 横断測量

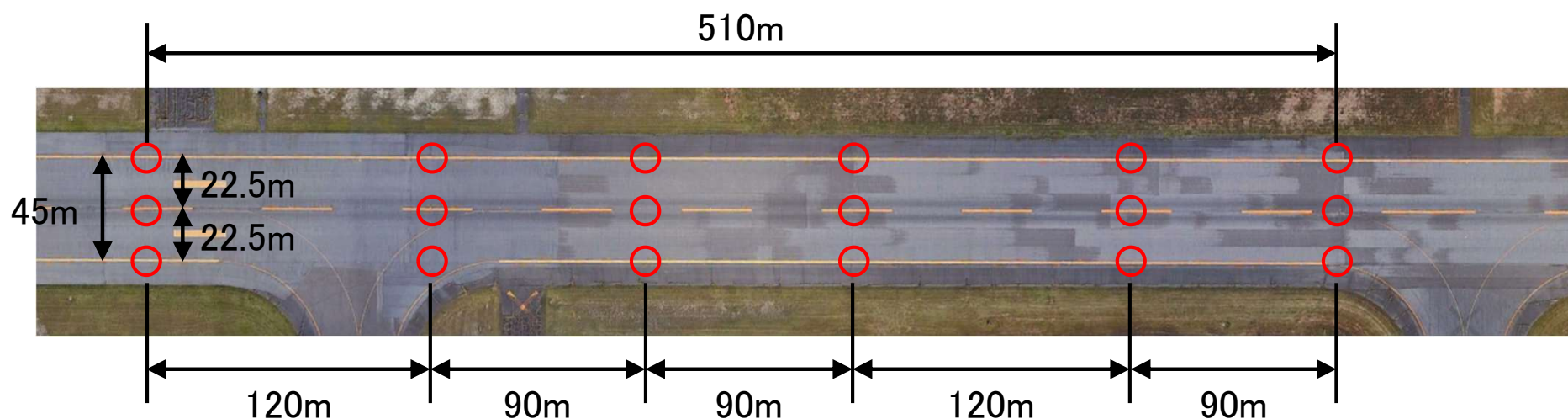


- GNSS又はTSの相対高さによる勾配評価
- 空港施設測量との結果の違いの確認



測量場所： 空港の滑走路の一部
(縦断方向:5区間、横断方向:6断面)

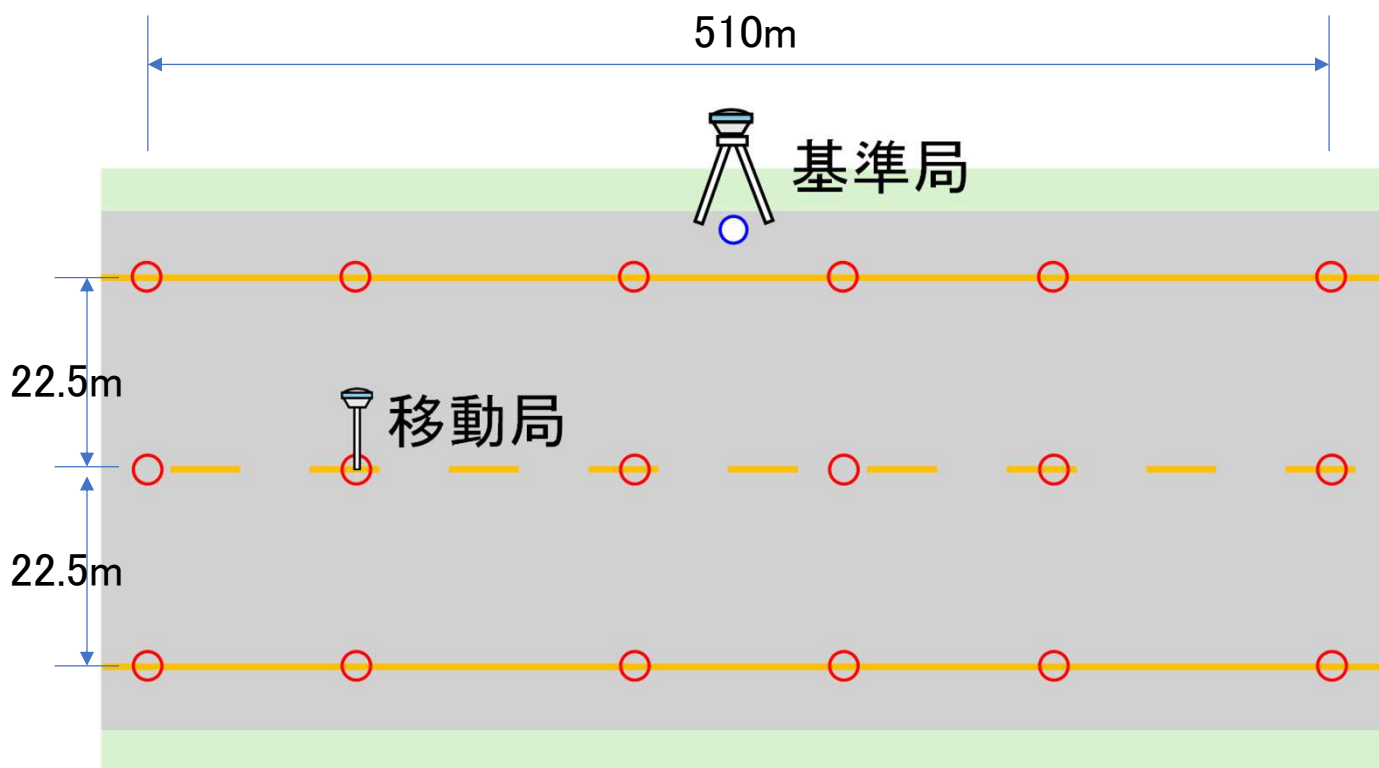
測量方法： ① 空港施設測量を簡素化した手順に基づく、GNSSによる測量
② 空港施設測量を簡素化した手順に基づく、TSによる測量
③ 空港施設測量



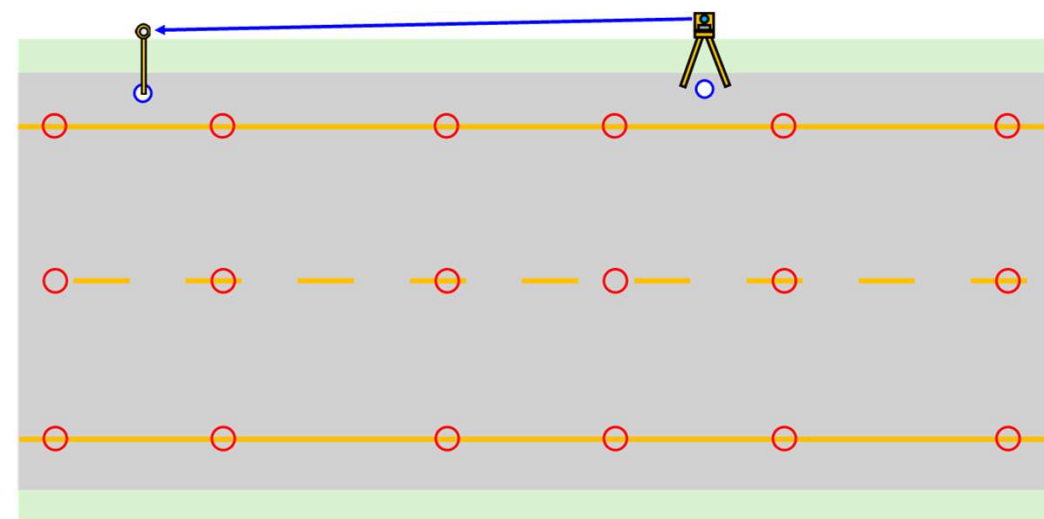
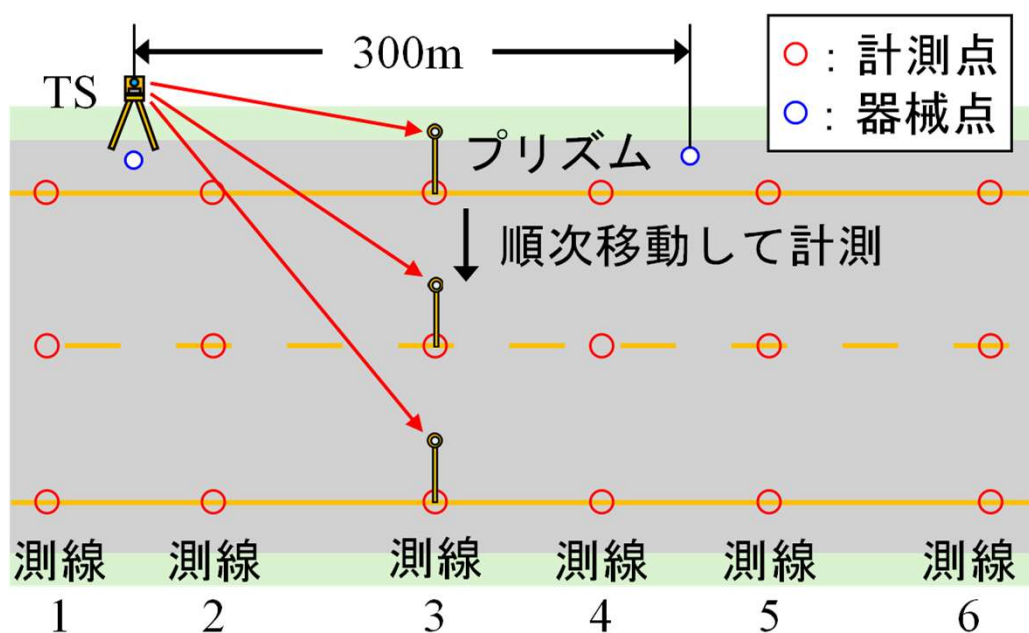
縦断勾配の
評価間隔

平時は、100m
今回は、30m間隔の航空灯火を目印に、100m前後

- RTK-GNSS測位で計測
(ネットワーク型RTK-GNSS測位は、災害時に適用できない可能性あり)
- 基準局、移動局ともに、ソキア製GRX3を使用
- 基準局は1点に固定

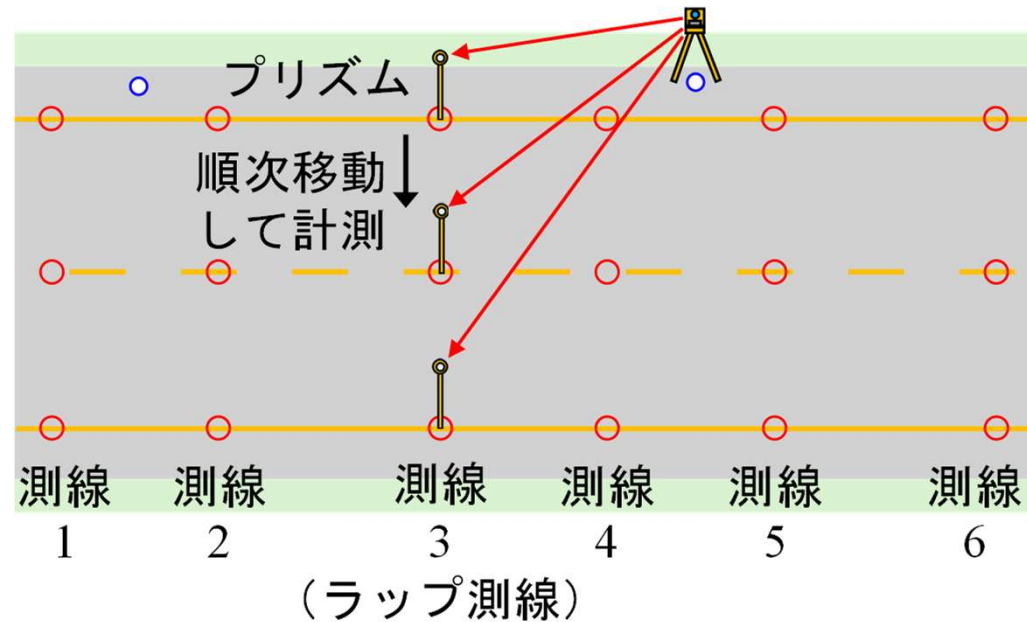


- ・ TSを据え付ける器械点を2点設置
- ・ 器械点にTSを据え付け、測線1～3の計測点にプリズムを合わせて、放射観測により、夾角、距離、鉛直角を計測
- ・ 次の器械点にTSを設置し、前の器械点との距離と比高差を計測



TSによる相対高さの計測方法

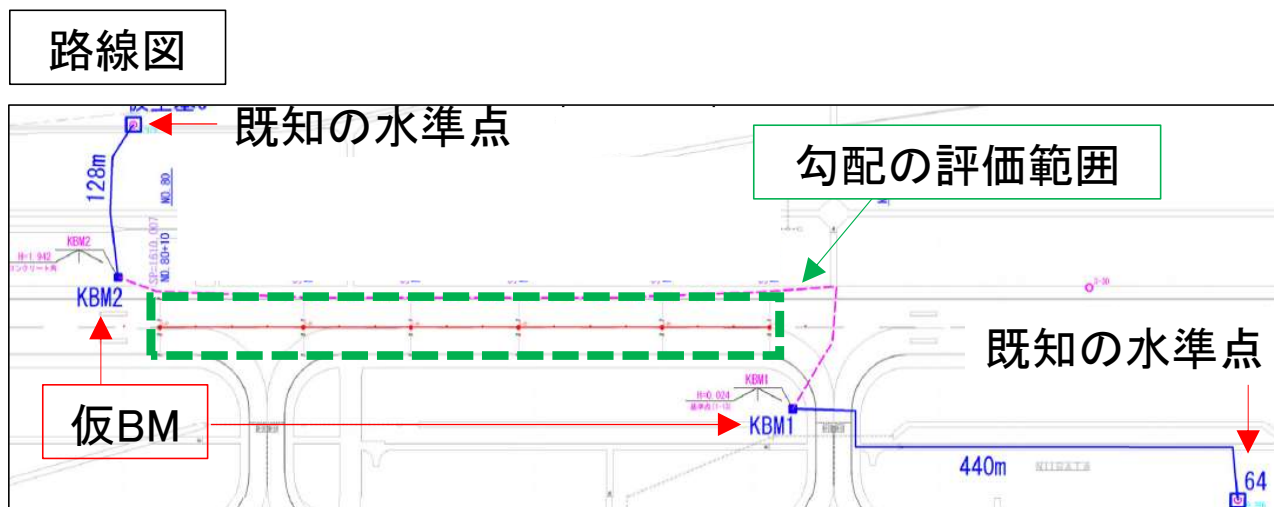
- ・ 測線4～6の計測点に計測点にプリズムを合わせて、TSにより夾角、距離、鉛直角を計測
- ・ 前の手順で既に計測した測線3も計測
(前の手順の計測結果との不整合を防ぐため)



- ・【空港土木設計・測量・地質土質調査・点検業務共通仕様書】に基づき、

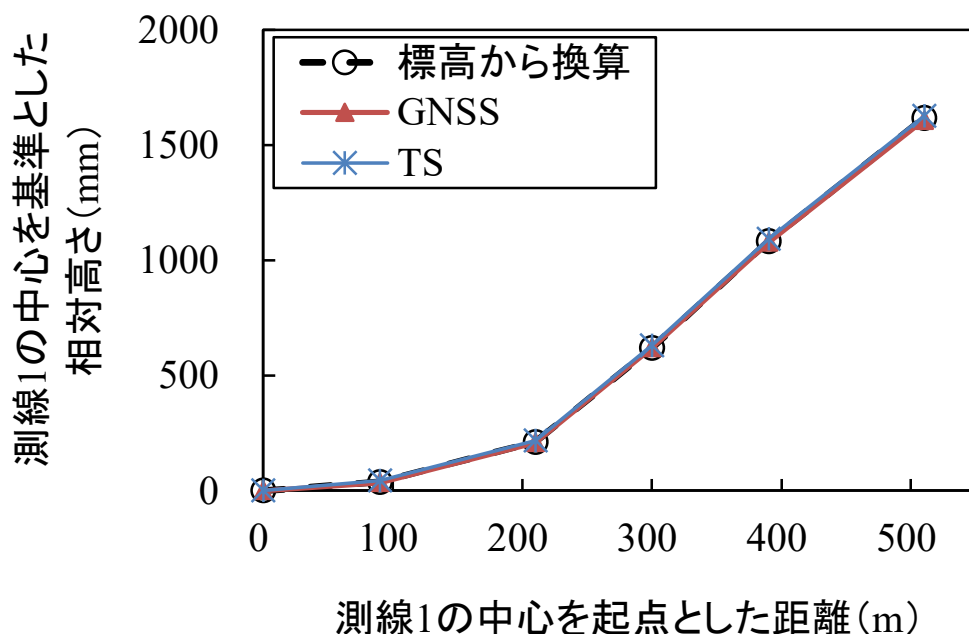
- ① 中心線測量 ← TS
 - ② 仮BM設置測量
 - ③ 縦断測量
 - ④ 横断測量
- } 電子レベル

- ・ 縦断測量は、閉合差と往復差が3級水準測量の精度を満足。
横断測量は、平地の精度を満足。

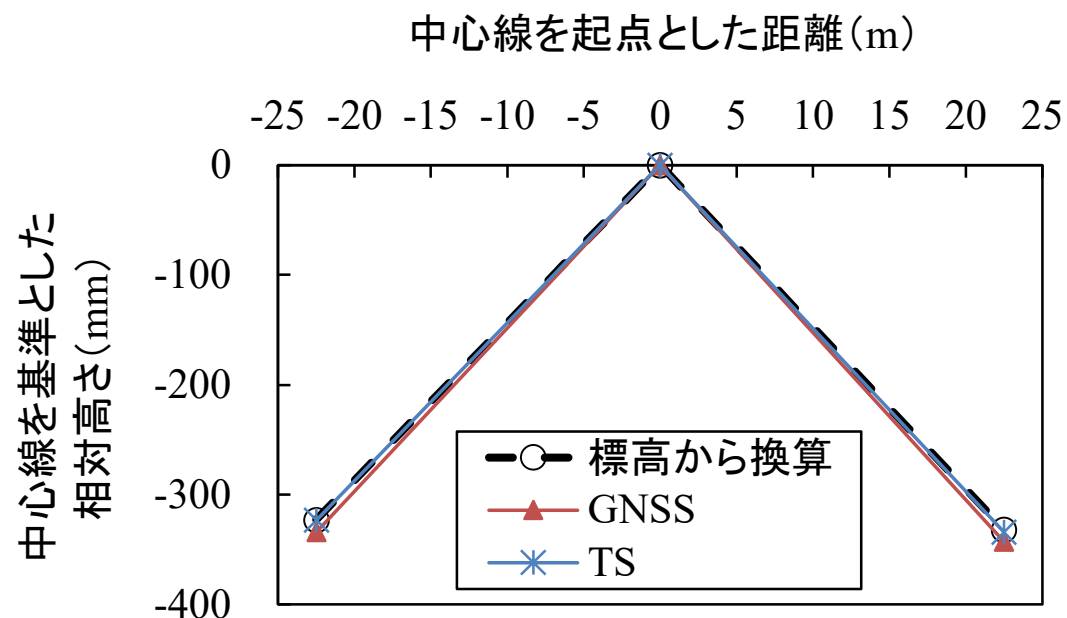


- ・ GNSS又はTSによる縦断方向の相対高さは、標高から換算した相対高さとはほぼ一致
(標高から換算した相対高さとの差は、GNSSで最大7mm、TSで最大6mm)
- ・ GNSS又はTSによる横断方向の相対高さは、標高から換算した相対高さとはほぼ一致
(標高から換算した相対高さとの差は、GNSSで最大11mm、TSで最大5mm)

縦断方向の高さ

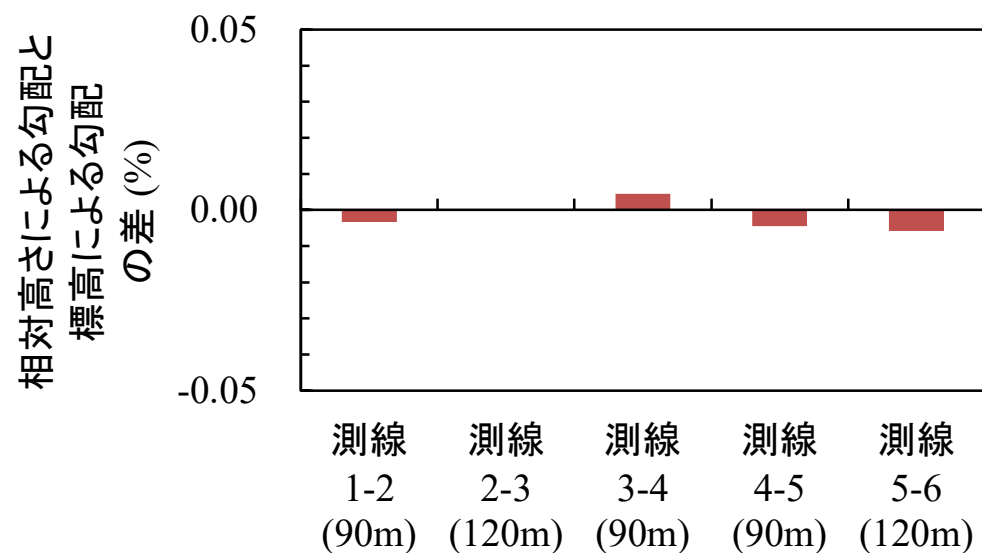


横断方向の高さ(断面4)

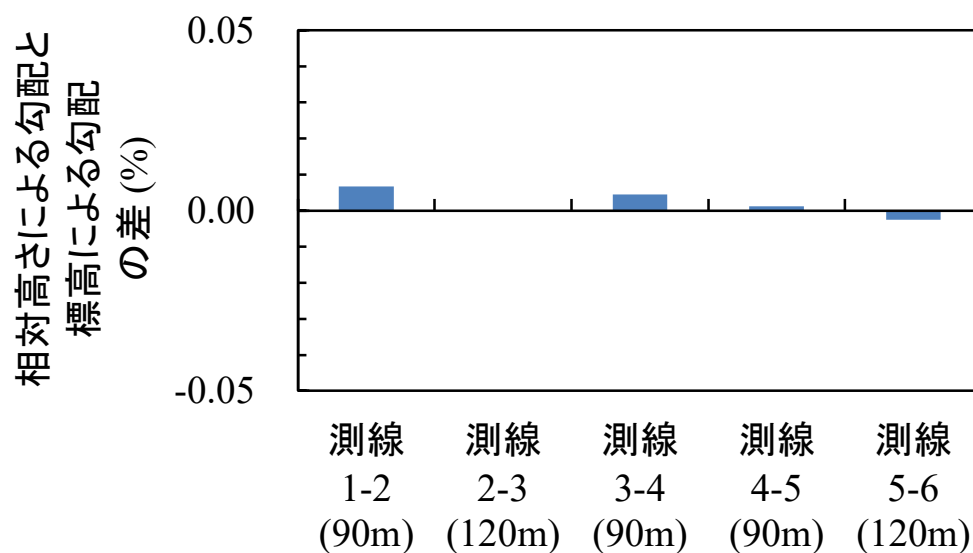


- ・ いずれの区間についても、空港施設測量との差は $\pm 0.01\%$ の範囲内であった.
- ・ 長さが1.8km以上の滑走路の縦断勾配は、1.25%又は0.8%以下と規定

GNSS vs 空港施設測量

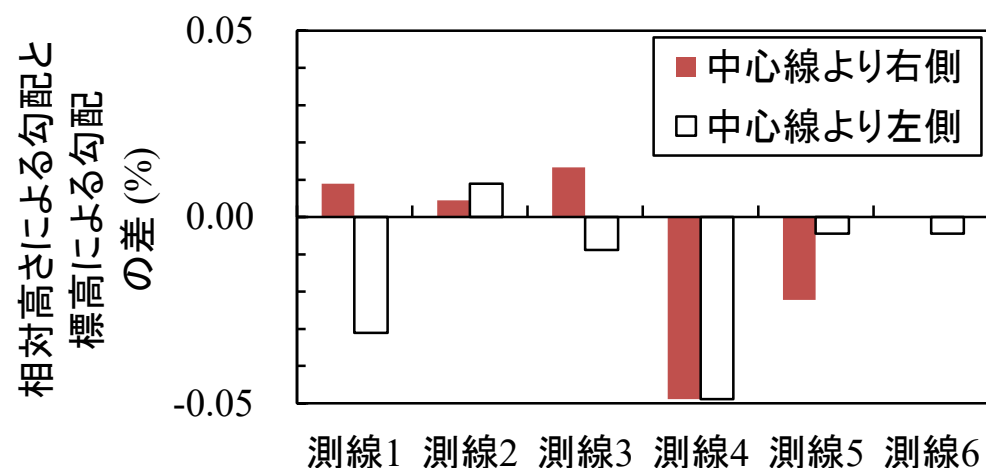


TS vs 空港施設測量

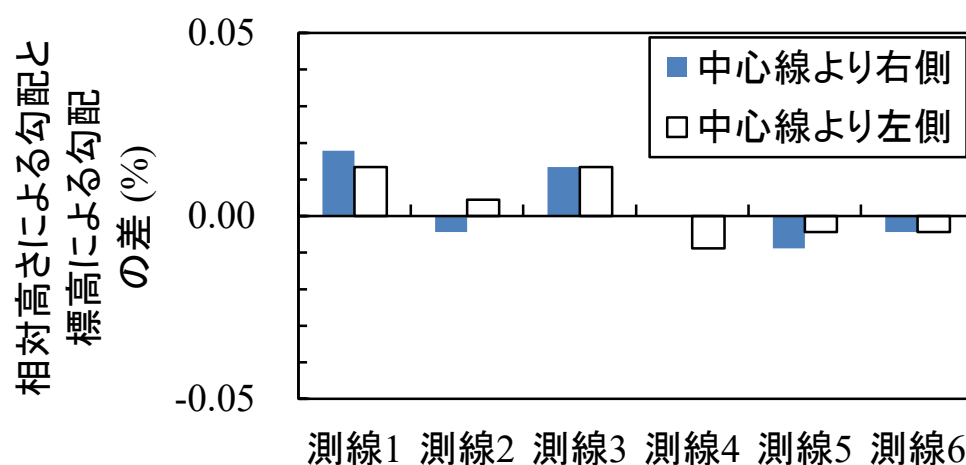


- ・ いずれの区間についても、空港施設測量との差は $\pm 0.05\%$ の範囲内であった.
- ・ 長さが1.8km以上の滑走路の横断勾配は、1.5%又は1.0%以下と規定

GNSS vs 空港施設測量



TS vs 空港施設測量



- GNSS、TSによる作業状況を動画撮影し、計測時間を確認
→ GNSSでは48分、TSでは85分。
- 滑走路3kmに換算すると、GNSSで5時間、TSで7.5時間
→ GNSSの方が迅速に計測可能

TSによる作業タイムテーブル

開始時刻	終了時刻	所要時間	作業内容
11:54:51 PM	12:02:01 AM	07分10秒	器械点のマーキング
降雨のため作業中断			
12:09:24 AM	12:39:17 AM	29分53秒	TSの据付（器械点A1）
12:39:17 AM	12:42:20 AM	03分03秒	断面1の計測
12:43:43 AM	12:48:01 AM	04分18秒	断面2の計測
12:48:01 AM	12:52:29 AM	04分28秒	断面3の計測
12:52:29 AM	12:56:40 AM	04分11秒	断面4の計測
12:56:40 AM	1:16:45 AM	20分05秒	TSの据付（器械点A2）
1:16:45 AM	1:21:00 AM	04分15秒	断面4の計測
1:21:00 AM	1:26:13 AM	05分13秒	断面5の計測
1:26:13 AM	1:29:16 AM	03分03秒	断面6の計測
合計		1時25分39秒	

- (1) GNSS又はTSによる相対高さは、空港施設測量で得た標高から換算した相対高さとはほぼ一致した。
- (2) 【相対高さによる勾配】と【標高による勾配】の差を比較した結果、
 - ・縦断方向では、両者の差はGNSSとTSのどちらでも $\pm 0.01\%$ の範囲内
 - ・横断方向では、両者の差はGNSSとTSのどちらでも $\pm 0.05\%$ の範囲内であった。
- (3) 動画撮影の結果に基づきGNSSによる計測時間とTSによる計測時間を積算したところ、GNSSの方が計測に要する時間が短いことを確認した。