

NICT小金井における宇宙測地基準点のローカルタイ報告

#関戸衛¹, 森永貴之², 里村幹夫², 中園純一¹, 市川隆一¹, 國森裕生³

1: 情報通信研究機構; 2: (株) 日豊; 3: (株) アストロテラス

1.はじめに

国際地球基準座標系 (ITRF) や地球回転パラメータはVLBI, SLR, GNSSなどの宇宙測地技術を統合解析して作られており (Altamimi et al., 2023), それぞれの観測技術の基準点同士の相対位置の測量 (ローカルタイ) は, 異なる宇宙測地技術を統合するために各宇宙測地観測そのものと同様に重要である。NICT小金井では, 1988年に設置された1.5mの望遠鏡でSLR観測を開始し, 1994年より首都圏地殻変動プロジェクト (KSP) のVLBI, SLRおよびGPSの観測局が設置されて運用を開始した。

宇宙測地基準点を結ぶローカルタイ測量は, KSPでは1996年-1999年の間毎年現地測量が実施され, その後2013年に再び実施された。今回, 2022年に実施されたローカルタイ測量の結果を統合解析し, 過去の測量データ, およびITRF2020と比較を行った。

2.ローカルタイ測量

測量は, 2021年10-11月の期間, トータルステーション(TS:Leica Nova MS60)測量 (斜距離, 天頂角, 方位角), 水準測 (Trimble Navigation DiNi 0.3, 比高), GNSS観測 (Trimble R12, 相対測位) を使って日豊が実施した。測量の目的とする宇宙測地基準点を図1及び表1に示す。また, 対象区域の航空写真と測量ターゲットの写真を図2に示す。

3.ローカルタイ測量の解析

解析に使用した観測データの種類と点数を表2に示す。水準測量とTS及びGNSSのデータを使った統合解析は Land Information New Zealand (LINZ) が開発したコロケーション測量解析のソフトウェアpyaxisを使って最小二乗解析を行った。GNSS観測結果はGeoscience AustraliaのGNSSデータ解析サービスを使って解析した。得られた座標 (XYZ) をローカルな座標系(ENH)に変換し, KS2点を基準とした相対座標で図3に示す。座標はm単位だが, 誤差は0.1mm単位のスケールであることに注意。**コロケーション解析 (最小二乗) の1σは水平1mm以下, 鉛直2mm前後となった。**

4. ローカルタイ結果とITRFの比較

ローカルタイ解析の結果得られた宇宙測地基準点間の相対座標ITRF2020のそれとを比較した。但しITRFは観測に参加した期間でなければ座標値がないので, 複数の宇宙測地基準点間相対座標が得られる2011.0, 2013.0のエポックを使用し座標値を比較した(図5)。その結果(表3), 水平数mm, 鉛直数cmの差が見られた(PGPSの高さは要検討)。今回の測量結果がより正確なものと考えており, IERSに提出して, 宇宙測地技術の整合性改善に寄与したい。

表.1 測量の目的とする宇宙測地基準点。

図中記号 (station code)	説明	測量ターゲット
VLBI(7327)	小金井11m VLBI局	AZ/EL直交点に糸を張り、ターゲットマーカを取り付けた
PGPS(KGNI)	GNSS観測点	VLBI観測棟屋上中央に設置されたGNSS観測点 (IGS)
SLR-CP0 (KOGI/7328)	KSP 75cm SLR不動点	Key Stone Projectで設置されたSLR局
1.5m-CP0 (KOGC/7308)	1.5m 望遠鏡不動点	NICT光センターの1.5m口径望遠鏡
1.0m-CP0	1.0m 望遠鏡不動点	光衛星通信用 1.0m口径望遠鏡

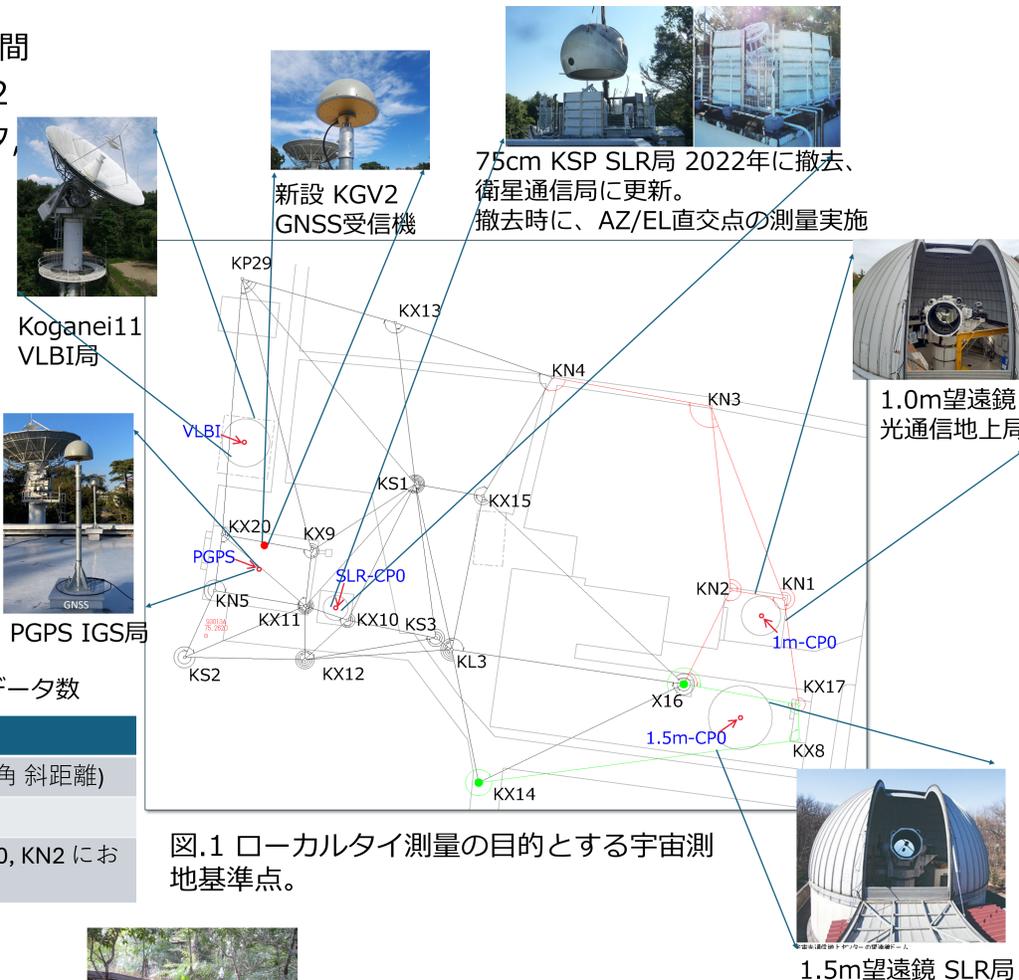


図.1 ローカルタイ測量の目的とする宇宙測地基準点。

表.2 ローカルタイ解析に使用したデータ数

Observation	Dataset
Total Station	154 観測 (水平角, 天頂角 斜距離)
水準測量	22 点
GNSS	観測点 X16, KX11, KX20, KN2 において1日の観測



図.2 ローカルタイ測量現場の航空写真 (@Google Map). 各現場ごとの測量基準点や宇宙測地基準点の測量ターゲットの設置状況を写真で示す。

表3. 小金井VLBI, SLR, GNSSのITRF一測量結果の座標差 [mm].

Column1	KOGL-KOGC	KOGL-VLBI	KOGC-VLBI	KOGL-PGPS	KOGC-PGPS	VLBI-PGPS
E	-2.7	-5.1	-2.3	-11.7	-8.9	-5.9
N	3.6	4.5	0.9	8.9	5.2	2.0
H	-14.9	-39.0	-24.1	119.0	133.9	150.2
dE	1.1	1.0	1.2	0.8	1.1	1.0
dN	1.2	1.2	1.3	1.0	1.1	1.1
dH	2.8	2.9	3.1	2.5	2.8	2.9

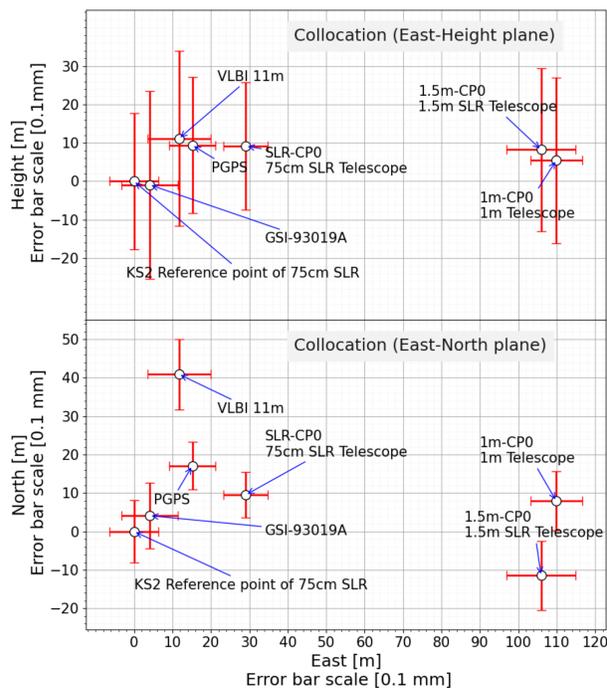


図3. 統合解析の結果得られたローカルタイ測量の結果。100m程度の範囲が水平1mm, 鉛直2mm程度の誤差で結合された。

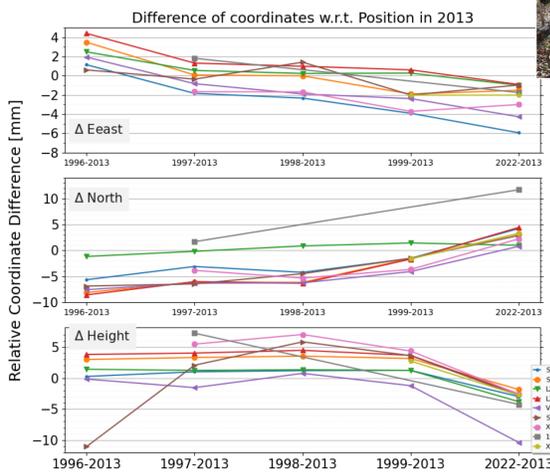


図4. 2022年の測量を過去の測量結果と比較した。2013年のKS2の側転点を基準とした相対ローカル座標で示している。VLBIの高さが今回1cm程度低い値になっている。

謝辞

本研究ではLINZ(ニュージーランド)のpyaxisを使用して解析を行った。GNSSの解析にはGeoscience Australiaの"Online GPS Processing Service"を使用した。コロケーション解析のやり方について国土地理院吉藤氏, および宇宙測地課の方々に指導いただきました。心から感謝します。

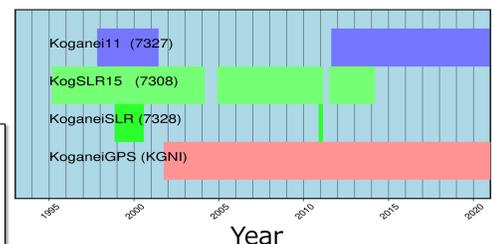


図5. 小金井のVLBI, SLR, GNSSのITRFに寄与した期間。