

カンボジア国
土地管理及びインフラ開発のための
電子基準点整備プロジェクト
プロジェクト業務完了報告書

2024年12月

独立行政法人
国際協力機構(JICA)

株式会社パスコ

社基
JR
24-144

目 次

1. プロジェクトの概要	1
2. 活動内容	3
2.1. プロジェクトフローチャート	3
2.2. プロジェクト作業計画及び実績	4
2.3. JPT メンバーの従事実績	5
2.4. プロジェクト全体にかかる活動	5
2.5. 成果 1: 電子基準点(全 5 点)及びデータセンターの整備に係る活動	14
2.5.1. 各活動の実施内容及び成果	14
2.5.2. 各活動の評価	35
2.6. 成果 2: 地籍地理総局による電子基準点及びデータセンターの運営維持管理能力の強化に係る活動	37
2.6.1. 各活動の実施内容及び成果	37
2.6.2. 各活動の評価	51
2.7. 成果 3: 電子基準点データの政府機関や民間企業での利用促進に係る活動	52
2.7.1. 各活動の実施内容及び成果	52
2.7.2. 各活動の評価	68
3. プロジェクトの評価	69
3.1. プロジェクト目標の達成度	69
3.2. DAC 評価 6 基準に基づくプロジェクトメンバーによる自己評価	73
4. 上位目標達成に向けて	75
4.1. 取り組むべき課題	75
4.2. 上位目標達成に向けた提言	77
5. PDM	80
6. その他	94
6.1. 再委託業務	94
6.2. 機材調達	94
7. 別添資料	96

プロジェクト実施時為替レート
(2024年12月 JICA統制レート)

1USD = 151.605000 円

1KHR = 0.038380 円

図表目次

図 1-1 本プロジェクトの目標及び期待される成果	2
図 2-1 プロジェクト実施フロー.....	3
図 2-2 第 1 回本邦研修の写真.....	8
図 2-3 第 2 回本邦研修の写真.....	12
図 2-4 JCTM の写真	14
図 2-5 プノンペン市街地の地形図(地図情報レベル 5,000)	16
図 2-6 INDIAN 1954 で整備された地形図(地図情報レベル 100,000)	16
図 2-7 INDIAN1960 で整備された地形図(地図情報レベル 50,000).....	17
図 2-8 ITRF の Web サイト	18
図 2-9 国土地理院の Web サイト	18
図 2-10 選点資料(MLMUPC 前)	20
図 2-11 選点風景	20
図 2-12 チェックリストを含む選点記録の例	21
図 2-13 発注時の CORS 仕様とネットワーク図	22
図 2-14 施工風景	24
図 2-15 PNH100KHM 局の建築設計図	24
図 2-16 完成した CORS と DC	25
図 2-17 5 点の CORS の配置	25
図 2-18 5 点の CORS の座標値を計算するための測量網図	27
図 2-19 PNH100KHM の座標変化(地心直交座標、赤:X、青:Y、緑:Z 方向)	28
図 2-20 PNH100KHM の座標変化(平面直角座標、赤:N、青:E、緑:H 方向)	28
図 2-21 PNH100KHM の日々の座標値の例(南北、東西、上下成分。曲線は 5 次多項式の近似曲線)	30
図 2-22 0 級、1 級、及び 2 級基準点の配点図.....	31
図 2-23 測量網図(左上:プノンペン周辺、右上:シェムリアップ、左下:ストゥントウレン、右下:国境付近)	32
図 2-24 CGD09 と CGD23 の変位ベクトル(水平方向)	33
図 2-25 測量値と座標変換値の差分ベクトル	34
図 2-26 地域ごとに適合したパラメータを作成するための地域区分を判断する方法.....	35
図 2-27 GDCG の SWOT 分析(一部抜粋)	37
図 2-28 運営維持管理計画、ロードマップ(一部抜粋).....	39
図 2-29 運営維持管理マニュアル案(クメール語版、一部抜粋).....	40
図 2-30 現地でのデータ取得検証作業風景	42
図 2-31 Khmer GEONET の利用者登録数の推移	42

図 2-32 データ品質管理にかかる技術移転.....	43
図 2-33 実証プロジェクトの活動の様子.....	48
図 2-34 ユーザーへの Web アンケートフォーム案.....	51
図 2-35 Khmer GEONET の Web サイト.....	53
図 2-36 Web サイトの利活用ページ(セミナーの動画).....	53
図 2-37 Telegram グループと Telegram チャンネル.....	54
図 2-38 Khmer GEONET 紹介リーフレット(クメール語版).....	54
図 2-39 利活用事例のリーフレット.....	55
図 2-40 第 3 回プロジェクトセミナーのデモの様子.....	55
図 2-41 展示会の様子.....	56
図 2-42 CORS や GNSS 技術は認知度の確認.....	56
図 2-43 Khmer GEONET を今後利用する可能性について.....	57
図 2-44 利活用促進計画の一部(Khmer GEONET の紹介リーフレット).....	57
図 2-45 利活用ガイドラインの一部(英語版).....	59
図 2-46 GNSS 測量マニュアルの表紙と目次.....	60
図 2-47 第 1 回イベントの様子.....	64
図 2-48 第 2 回イベントの様子.....	65
図 2-49 第 3 回イベントの様子.....	67
図 3-1 各成果とプロジェクト目標の達成.....	69
図 3-2 登録ユーザー数と筆界測量数の推移.....	72
図 4-1 プロジェクト上位目標、指標、評価方法.....	75
表 2-1 作業計画及び実績.....	4
表 2-2 JPT メンバーの従事計画及び実績.....	5
表 2-3 研修カリキュラム.....	6
表 2-4 第 1 回本邦研修の研修員.....	7
表 2-5 第 2 回本邦研修のカリキュラム.....	9
表 2-6 第 2 回本邦研修の研修員.....	10
表 2-7 JCTM の概要.....	12
表 2-8 CGD03 の緒元.....	14
表 2-9 CGD09 の緒元.....	15
表 2-10 CGD23 の緒元.....	19
表 2-11 Bernese ソフトウェアの基本操作手順の概要.....	26
表 2-12 5 点の CORS の座標値(CGD23、地心直交座標系).....	29
表 2-13 5 点の CORS の座標値(CGD23、経緯度と楕円体高).....	29

表 2-14	5 点の CORS の座標値 (CGD23、UTM Zone48、標高、及びジオイド高)	29
表 2-15	CGD09→CGD23 の座標変換パラメータ (7 パラメータ)	33
表 2-16	CGD09→CGD23 への座標変換パラメータ (3 パラメータ)	33
表 2-17	0 級と 1 級基準点の測量値と座標変換値の差の統計結果	34
表 2-18	成果 1 に係る各活動の評価項目と達成状況	36
表 2-19	Khmer GEONET 運営維持管理計画	38
表 2-19	実証プロジェクトの応募者と選定結果 (地籍測量以外)	45
表 2-20	実証事業の選定プロセス	45
表 2-21	実証プロジェクトの実施概要	46
表 2-22	Khmer GEONET を利用するメリットの例	48
表 2-23	Khmer GEONET の利用に関する課題及び懸念事項	49
表 2-24	SLA に記載する内容 (一部)	49
表 2-25	成果 2 に係る各活動の評価項目と達成状況	51
表 2-26	利活用のステージと狙い、活動の概要	52
表 2-27	14 の利活用促進活動	57
表 2-28	6 つのポテンシャルユーザーの分野	58
表 2-29	利活用促進活動の予定表	58
表 2-30	基線解析において精度の低い基線ベクトルの例 (マーカー部)	61
表 2-31	精度の低い参照局の例 (マーカー部)	61
表 2-32	第 1 回イベントの概要	63
表 2-33	第 2 回イベントの概要	64
表 2-34	第 3 回イベントの概要	65
表 2-35	成果 3 に係る各活動の評価項目と達成状況	68
表 3-1	雷に起因するトラブルの状況と対応	71
表 6-1	調達機材	94

略語表

略語	正式名称	和名
C/P	Counterpart	カウンターパート
CamDX	Cambodia Data Exchange Platform	カンボジアDXプラットフォーム
CCA	Cambodia Constructors Association	カンボジア建設業協会
CGD	Cambodia Geodetic Datum	カンボジア測地基準系
CMAC	Cambodian Mine Action Centre	カンボジア地雷対策センター
CORS	Continuously Operating Reference Station	電子基準点
CP	Contact Point	コンタクトポイント
CPT	Cambodia Project Team	カンボジア側プロジェクトチームの通称
DC	Data Center	データセンター
DFCF	Department of Forest and Community Forestry	林業・共同林業部
DLMUPC	Department of Land Management, Urban Planning and Construction	国土整備・都市計画・建設局
DPWT	Department of Public Works and Transport	プノンペン都公共事業運輸局
EGM	Earth Gravitational Model	地球重力モデル
GDC	General Department of Construction	建設総局
GDCG	General Department of Cadastre and Geography	地籍地理総局
GEONET	GNSS Earth Observation NETwork System	GNSS連続観測システム
GNSS	Global Navigation Satellite System	全地球測位システム
GRS	Geodetic Reference System	測地基準系
GSI	Geospatial Information Authority of Japan	国土地理院
IGS	International GNSS Service	国際GNSSサービス
ITRF	International Terrestrial Reference Frame	国際地球基準系
JAS	Japan Association of Surveyors	日本測量協会
JCTM	Joint Coordinating Team Meeting	合同調整チーム会議
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
JPT	Japan Project Team	日本側プロジェクトチームの通称
KOICA	Korea International Cooperation Agency	韓国国際協力団
MLMUPC	Ministry of Land Management, Urban Planning and Construction	国土管理・都市計画・建設省
NGCPIP	National Geodetic Control Point Installation Project	国家測地点設置プロジェクト
NICT	National Institute of information and communications technology	国立研究開発法人情報通信研究機構
NRTK	Network Real-Time Kinematic	ネットワークリアルタイムキネマティック
OJT	On-the-Job Training	実地訓練
PDM	Project Design Matrix	プロジェクト計画概要表
PPP	Precise Point Positioning	精密単独測位
PPWSA	Phnom Penh Water Supply Authority	プノンペン水道公社

略語	正式名称	和名
QZSS	Quasi-Zenith Satellite System	準天頂衛星システム
RINEX	Receiver INdependent Exchange Format	GNSS観測データ標準フォーマット
RMS	Root Mean Square	二乗平均平方根
RTK	Real-Time Kinematic	リアルタイムキネマティック
SLA	Service Level Agreement	サービスレベル合意
UTM	Universal Transverse Mercator	ユニバーサル横メルカトル図法
VLBI	Very Long Baseline Interferometry	超長基線電波干渉法

1. プロジェクトの概要

(1) プロジェクトの背景

1992 年にカンボジアにおいて制定された土地法により土地の私的所有制度が導入され、2001 年の同法改正では、土地の私有に対する権利保護への政府責任が定められた。同法の制定を踏まえて、国土管理・都市計画・建設省（Ministry of Land Management, Urban Planning and Construction : MLMUPC）は、カンボジア全土を対象とする土地の境界測量の実施、土地登記簿への所有権登記、土地権利証の発行を行う土地登記システム（Systematic Land Registration）を運用中である。こうした施策により、個人の土地保有に対する保証制度が強化され、不動産市場が活性化し、土地を担保とする与信枠の拡充による投資活動も活発になってきている。

土地登記の前提となる地籍測量は、MLMUPC 傘下の地籍地理総局（General Department of Cadastre and Geography : GDCG）が 2003 年から実施している。カンボジア政府が定める国家戦略開発計画（National Strategic Development Plan 2019-2023）に基づき、2023 年までに全土の土地登記を完了させることを目標としているが、2020 年 3 月時点で、全国の 6 割程度の進捗にとどまっているとされている。また第四次四辺形戦略（2019～2023 年）における優先課題「都市化の管理の強化」や経済社会基盤強化のためのインフラ開発の促進に向けて、開発用地の測量・地形図作成・土木工事等の効率的な実施が課題となっており、課題の解決には電子基準点（Continuously Operating Reference Station : CORS）を利用して迅速な高精度測位ができる環境整備が有効である。加えて、高精度位置情報の利用は、新たなサービスやビジネスの創出に活用されることが期待されている。

かかる背景を踏まえ、地籍測量の迅速化と高精度な位置情報サービスの提供能力の獲得に向けて、CORS 及びデータセンター（DC）の整備と、それらの運営維持管理のための GDCG 職員の能力強化、CORS データの民間セクターを含む利活用の促進を目的とした技術協力（本プロジェクト）がカンボジア政府から我が国へ要請された。

(2) プロジェクト名

和名：土地管理及びインフラ開発のための電子基準点整備プロジェクト

英名：Project on Establishment of Continuously Operating Reference Stations (CORS) for Land Management and Infrastructure Development

(3) 本プロジェクトの目標及び期待される成果

カンボジアの長期目標 Cambodia Vision（2030 年までに高中所得国、2050 年までに先進国・高所得国）の実現に向け、①CORS 5 点及び DC の整備、②運営・維持管理能力強化、③CORS データの利用促進を行い、2024 年末までの期間内に CORS が地籍測量や工事測量で活用されるという目標を目指した。終了 3 年後には、本プロジェクトで策定されたマスタープランに従い CORS がカンボジア側によって適切に管理・拡張され、地籍測量やインフラ整備に実際に活用されている状態が期待される。

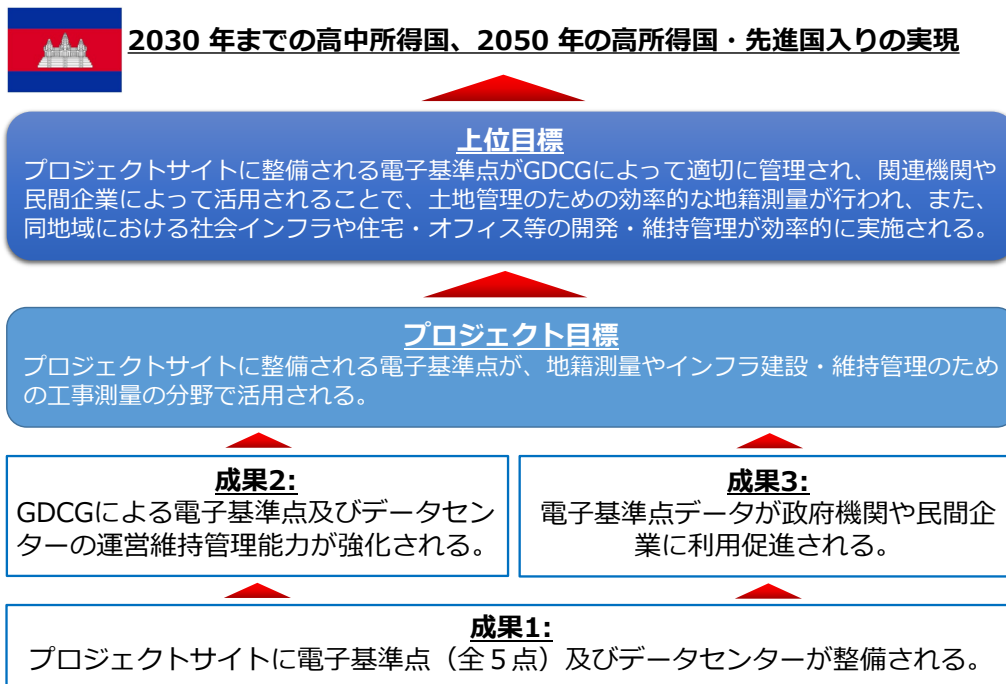


図 1-1 本プロジェクトの目標及び期待される成果（出典：JPT）

(4) 対象地域

プノンペン、シェムリアップ、ストウントレン

(5) 実施機関・カウンターパート（C/P）機関

地籍地理総局（GDCG）

(6) プロジェクト期間

2021年8月26日～2024年12月27日

契約当初は、2023年12月28日までであったが、変更契約により2024年12月27日までとなった。

2. 活動内容

2.1. プロジェクトフローチャート

プロジェクト実施全体の実施フローを下図に示す。

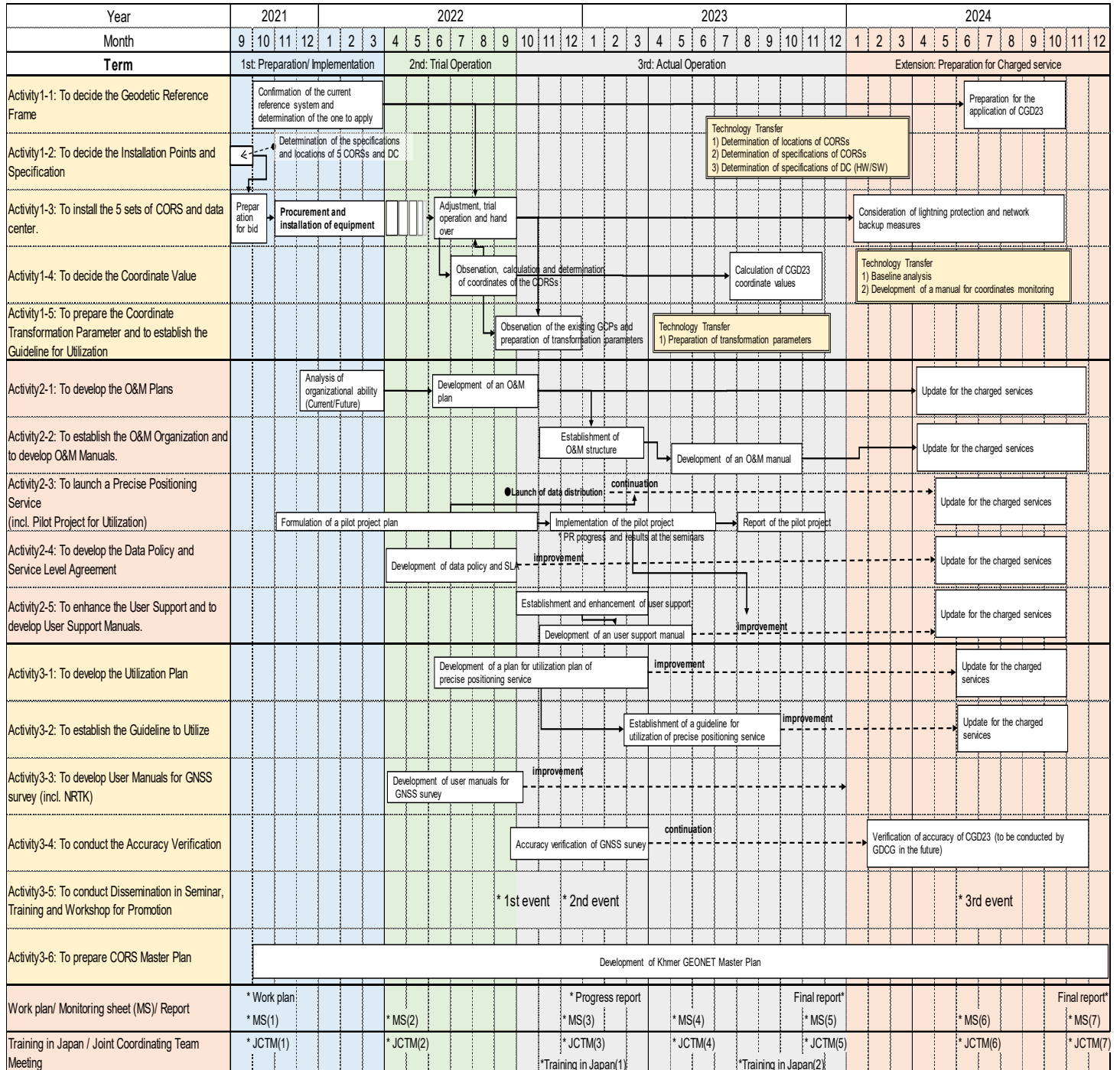


図 2-1 プロジェクト実施フロー（出典：JPT）

2.2. プロジェクト作業計画及び実績

本プロジェクトは下表のとおり計画し実施した。

表 2-1 作業計画及び実績（出典：JPT）

Activities	Year	2021					2022					2023					2024				
Sub-Activities	Month	8	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10		
Outcome-1: Establishment of CORS Network (5 sets) and Data Center for Pilot Area																					
[Activity 1-1] To confirm the geodetic reference frame of the national geodetic control points and the existing 3 sets of CORS and to decide geodetic reference frame of the 5 sets of CORS to be newly installed in pilot area	Plan		■	■	■																
	Actual		■	■	■	■	■	■													
[Activity 1-2] To decide the installation points and specification of the 5 sets of CORS and Data Center.	Plan		■	■																	
	Actual		■	■	■																
[Activity 1-3] To install the 5 sets of CORS and a Data Center	Plan		■	■	■	■	■	■	■												
	Actual			■	■	■	■			■	■				■	■					
[Activity 1-4] To decide the coordinate value of the new CORS based on the observation data.	Plan						■	■													
	Actual						■	■													
[Activity 1-5] To prepare the coordinate transformation parameter between current geodetic reference frame and the new one to be applied for the new CORS and to establish the guideline for its utilization including technology transfer for the formulation and confirmation of optimal coordinate transformation parameters for nationwide CORS which will be developed by the Japanese Grant Aid.	Plan							■	■	■	■				■		■	■	■		
	Actual							■	■	■					■						
Outcome-2: Enhancement of Operation and Maintenance of CORS and Data Center by GDCG																					
[Activity 2-1] To develop the operation and maintenance plans of new CORS and Data Center	Plan			■	■	■	■	■	■	■							■				
	Actual			■	■	■			■	■	■	■	■		■	■		■	■		
[Activity 2-2] To establish the operation and maintenance organization for new CORS and Data Center and to develop its operation and maintenance manuals.	Plan							■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■		
	Actual							■	■	■	■	■	■	■	■		■	■			
[Activity 2-3] To launch a precise positioning service using CORS data (And Implementation of Pilot Projects for Utilization)	Plan		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■		
	Actual		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■		
[Activity 2-4] To develop the data policy and service level agreement for CORS data.	Plan					■	■	■	■	■											
	Actual								■	■	■										
[Activity 2-5] To enhance the user support for the improvement of precise positioning service and to develop its user support manuals.	Plan							■	■	■	■	■	■			■	■	■	■		
	Actual								■	■						■	■	■	■		
Outcome-3: Promotion of Utilization of Precise Positioning Service Using CORS Data among the Governmental Organization and Private Sectors																					
[Activity 3-1] To develop the utilization plan of precise positioning service using CORS data	Plan						■	■	■	■	■	■				■	■	■			
	Actual						■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■	■		
[Activity 3-2] To establish the guideline to utilize the precise positioning service using CORS data.	Plan								■	■	■	■	■								
	Actual									■	■	■	■	■	■						
[Activity 3-3] To develop user manuals for GNSS survey including network RTK.	Plan				■	■	■	■	■												
	Actual				■	■				■											
[Activity 3-4] To conduct the accuracy verification of GNSS survey using CORS data.	Plan						■	■	■	■	■										
	Actual						■			■	■										
[Activity 3-5] To conduct dissemination in seminar, training and workshop for promotion of utilization of precise positioning service using CORS data and promote further utilization by the governmental organization and private sectors towards sustainable CORS operation considering future commencement of the charged distribution services.	Plan				■			■		■											
	Actual						■			■											
[Activity 3-6] To prepare CORS Master Plan covering the whole country which stipulates necessary steps (including the number of CORS) towards the overall goal after the Project	Plan		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
	Actual		■	■		■			■	■	■	■	■	■	■		■	■	■		

2.3. JPT メンバーの従事実績

JPT（Japan Project Team）メンバーは下表のとおりプロジェクトに従事した。

表 2-2 JPT メンバーの従事計画及び実績（出典：JPT）

Inputs		Year	2021				2022				2023				2024			
		Month	8	10	1	4	7	10	1	4	7	10	1	4	7	10		
Expert																		
1) Team leader/ CORS and DC management plan	Plan		■			■		■		■		■		■		■		
	Actual		■		■	■		■		■		■		■		■		
2) Deputy team leader/ CORS and DC management plan	Plan				■				■				■		■			
	Actual			■					■	■		■		■		■		
3) Reference system management (1)	Plan																	
	Actual																	
4) Reference system management (2)	Plan		■	■		■	■		■		■				■	■		
	Actual		■			■	■	■	■		■	■	■		■	■		
5) CORS establishment plan and implementation/ O&M (1)	Plan			■		■			■		■		■		■			
	Actual				■				■		■		■	■		■		
6) CORS establishment plan and implementation/ O&M (2)	Plan			■			■				■			■				
	Actual		■				■				■			■		■		
7) Data distribution and quality control (1)	Plan							■	■			■		■		■		
	Actual								■		■		■		■			
8) Data distribution and quality control (2)	Plan					■		■			■							
	Actual						■				■							
9) Promotion of utilization of CORS data (1)	Plan					■			■		■		■		■			
	Actual						■	■		■	■		■	■	■	■		
10) Promotion of utilization of CORS data (2)	Plan		■	■		■		■				■			■			
	Actual		■	■	■		■		■		■		■		■			
11) Training in Japan/ seminar plan	Plan			■		■	■		■		■			■		■		
	Actual			■	■	■		■	■	■	■	■	■	■	■	■		

2.4. プロジェクト全体にかかる活動

[1] ワーク・プラン（案）の検討

JPT は、既存の関連資料や情報、データを収集・整理し、本プロジェクト実施に関する基本方針、方法、項目、内容、実施体制、スケジュール等を検討し、ワーク・プラン（案）を作成した。内容に関して JICA（Japan International Cooperation Agency）の承認を得た。

[2] ワーク・プラン（案）の説明協議及び PDM の指標設定

JPT は、第 1 回 Joint Coordinating Team Meeting（JCTM）において、ワーク・プラン（案）を C/P 機関に説明し、双方で内容に合意した。PDM の指標についても確認し、プロジェクトの状況を踏まえ必要な場合は変更することとした。第 6 回 JCTM で、上位目標の指標を Covered area per man/month から Total number of surveyed parcels per month に変更している。

[3] 本邦研修の実施

(1) 第 1 回本邦研修

2022 年 11 月 2 日（来日）～2022 年 11 月 15 日（離日）の日程で、第 1 回本邦研修を実施した。本研修は、プロジェクトの成果 2「CORS 及びデータセンターの運営維持管理能力強化」及び成果 3「CORS データの利用促進」に資する内容となることを念頭におき、設置済みの 5 点の CORS と DC の運営維持管理のみならず、カンボジアにおける将来的な CORS の全土整備及び運営維持管理、CORS データの利活用促進の検討の参考になる日本の技術、知見、情報を講義や視察を通じて習得することを目的とした。

上述した目的及び「日本の地籍調査事業について学びたい」という C/P の要望をふまえ、以下の研修項目を設定した。

研修項目

- [1] CORS の整備 [2] CORS の運営維持管理 [3] CORS データの配信
[4] CORS の利活用 [5] 日本の地籍調査事業

その上で、JPT が素案を作成し、GDCG からの研修員との意見交換を経て研修カリキュラムを策定した。なお、研修先の選定及び日程調整にあたっては、研修員が理解しやすいよう“まず国土地理院で CORS の運営維持管理や利活用の全体像を学んでから具体的な内容を深掘りする”という流れを意識した。特に利活用については、カンボジアではまだ実績がなく、かつ、プロジェクトで行う実証事業では実施が困難な CORS データの利活用の事例を極力取り入れるように努めた。

以下に研修のカリキュラムと研修員一覧を示す。なお、研修内容及び実施結果の詳細は、別途提出済みの研修実施報告書のとおりである。

表 2-3 研修カリキュラム（出典：JPT）

日付	時刻	研修内容	研修先	研修項目
11/2(水)		来日		
11/3(木)		祝日		
11/4(金)	9:00-12:00	ブリーフィング	JICA筑波	-
	13:45-16:45	表敬訪問 国土地理院の概要	国土地理院	[1][2][3][4]
11/5(土)				
11/6(日)				
11/7(月)	9:15-12:00	CORSの全土整備・運営維持管理について	国土地理院	[1][2][3][4]
	13:30-16:00	CORSの利活用(ドローン3D計測)	快適空間FC	[4]
11/8(火)	9:30-12:00	CORSリアルタイムデータの品質検査・監視について	日本測量協会	[2][3][4]
	15:00-16:00	外務省無償資金協力について	クラウンエイジェンツ・ジャパン	その他
11/9(水)	9:30-12:00	CORSデータの配信事業について	ジェノバ	[3]
	13:00-15:00	日本の国土調査	国土交通省土地・建設産業局地籍整備課	[5]
11/10(木)	9:30-12:00	CORSの利活用(MMS)	パスコ	[4]
	14:00-16:30	CORSの利活用(測量、その他)	ニコン・トリンブル	[4]
11/11(金)	10:00-17:00	CORS の利活用(建設・農業・測量)	トプコン	[4]
11/12(土)		日本文化視察		
11/13(日)				
11/14(月)	9:30-12:00	報告まとめ	パスコ	-
	14:00-15:30	報告会	JICA本部	-
11/15(火)		離日		

MLMUPC、GDCG、及び国土整備・都市計画・建設局（Department of Land Management, Urban Planning and Construction, Cambodia：DLMUPC）¹から9名が参加した。

¹ DLMUPCC も GDCG と同じく MLMUPC の傘下であり、かつ DLMUPCC は各地方の地方自治体の組織としても位置付けられている。

表 2-4 第 1 回本邦研修の研修員（出典：JPT）

No	名	姓	役職	所属
1	Sotha	ITH	Under Secretary of State	MLMUPC
2	Sopha	SUON	Director General	GDCG, MLMUPC
3	Sophannara	HE	Deputy Director General	GDCG, MLMUPC
4	Vanna	SO	Director	Geography Department, GDCG
5	Chharom	CHIN	Deputy Director	Geography Department, GDCG
6	Sichay	MINH	Director	DLMUPC, Stung Treng Province
7	Malay	TAP	Director	DLMUPC, Kampong Speu Province
8	Kannarith	SOK	Director	DLMUPC, Kandal Province
9	Cheasereirith	KONG	Chief Technical Officer of Cadastre and Geography	DLMUPC, Phnom Penh

研修員は、今回の研修によって CORS の整備、運営維持管理、データの配信、利活用の全般について学び、多くの気づきを得た。特に、CORS の運営維持管理及びデータの配信に関しては、カンボジアでは GDCG が一手に担おうとしているのに対して、日本では国土地理院（GSI）、日本測量協会（JAS）、民間配信事業者が連携して対応していることを知り、今後より効率的な事業運営を検討する上で非常に参考になったとのことである。



国土地理院(11/4)



国土地理院(11/4)



快適空間FC(11/7)



日本測量協会(11/8)



クラウンエイジェンツ(11/8)



ジェノバ(11/9)



国土交通省土地・建設産業局地籍整備課(11/9)



パスコ(11/10)



ニコン・トリンプル(11/10)



トプコン(11/11)



JICA本部(11/14)

図 2-2 第 1 回本邦研修の写真（撮影：JPT）

(2) 第2回本邦研修

2023年8月21日（来日）～2023年9月2日（離日）の日程で、第2回本邦研修を実施した。本研修は、第1回研修と同様にプロジェクトの成果2「CORS及びデータセンターの運営維持管理能力強化」及び成果3「CORSデータの利用促進」に資する内容となることを念頭におき、設置済みの5点のCORSとDCと将来的なCORSの全土整備及び運営維持管理、CORSデータの利活用促進の検討の参考になる日本の技術、知見、情報を講義や視察を通じて習得することを目的とした。また、カンボジアは低緯度に位置しており衛星測位が電離層擾乱の影響を受けることが懸念されているため、この機会に、研修員に宇宙天気や太陽活動による衛星測位への影響についての認識と理解を深めていただくこととした。

上述した目的をふまえ、以下の研修項目を設定した。

研修項目

- | | | |
|--------------|------------------|----------------|
| [1] CORSの整備 | [2] CORSの運営維持管理 | [3] CORSデータの配信 |
| [4] CORSの利活用 | [5] 宇宙天気、太陽活動の影響 | |

その上で、第1回本邦研修時と同様にJPTが素案を作成し、C/Pとの意見交換を経て研修カリキュラムを策定した。なお、C/Pからの「今回の研修員は実務者が中心なので、CORSに関連する技術を国土地理院からしっかり学ばせたい。」という要望を受け、国土地理院のご協力のもと全体の約半分が国土地理院での研修で構成された内容とした。

以下に研修のカリキュラムと研修員一覧を示す。なお、研修内容及び実施結果の詳細は、別途提出済みの研修実施報告書のとおりである。

表 2-5 第2回本邦研修のカリキュラム（出典：JPT）

日付	時間	内容	研修先	研修項目
8/21(月)		来日	-	
8/22(火)	10:00-12:00	ブリーフィング	JICA 筑波	-
	14:00-16:00	国土地理院表敬 国土地理院の概要	国土地理院	-
8/23(水)	9:30-16:00	電子基準点の整備・運営維持管理について	同上	[1][2]
8/24(木)	9:30-12:00	電子基準点データの配信事業について	快適空間 FC	[3]
	13:30-16:00	電子基準点活用(深淺測量など)	パスコ	[4]
8/25(金)	9:30-12:00	電子基準点の整備・運営維持管理について	国土地理院	[1][2]
	13:00-16:00	国土地理院の施設視察	同上	[1][2]
8/26(土)				
8/27(日)				
8/28(月)	9:30-15:00	電子基準点リアルタイムデータの品質検査・監視、測量機器の検定について	日本測量協会	[3]、その他
8/29(火)	10:00-15:00	電子基準点の整備・運営維持管理について 超長基線電波干渉法(Very Long Baseline Interferometry: VLBI)施設見学	国土地理院	[1][2]
8/30(水)	9:30-15:00	電子基準点活用(測量・建設)	トプコン	[4]
8/31(木)	9:00-11:00	電子基準点活用(測量)	ニコン・トリニブル	[4]

日付	時間	内容	研修先	研修項目
	13:00-15:00	宇宙天気、衛星測位への太陽活動の影響について	情報通信研究機構	[5]
9/1(金)	9:30-12:00	まとめ	パスコ	-
	14:00-15:00	JICA 報告	JICA 本部	-
9/2(土)		離日		

MLMUPC、GDCG、及び DLMUPC から 11 名が参加した。

表 2-6 第 2 回本邦研修の研修員（出典：JPT）

No	姓	名	役職	所属
1	MEAS	Bunthoeun	Ministry Advisor	MLMUPC
2	SIN	Sotheany	Deputy Director General	GDCG, MLMUPC
3	SRONG	Dom	Director	Technical Department, GDCG, MLMUPC
4	YEANG	Dane	Deputy Director	Cadastral Information Technology Department, GDCG, MLMUPC
5	KUCH	Jeudi	Deputy Director	Geography Department, GDCG, MLMUPC
6	KHENG	Thy	Office Chief, Administration Boundary	Geography Department, GDCG, MLMUPC
7	CHEA	Saran	Office Chief, Surveying	Geography Department, GDCG, MLMUPC
8	JOHN	Visoth	Office Chief, Land Registration Development	Cadastral Information Technology Department, GDCG, MLMUPC
9	ANN	Kimheng	Officer, Information Technology Office	Cadastral Information Technology Department, GDCG, MLMUPC
10	SO	Sophin	Office Chief, Samraong Tong District	DLMUPC, Kampong Speu Province
11	CHAP	Polvath	Office Chief, Saang District	DLMUPC, Kandal Province

研修員は、今回の研修によって CORS の整備、運営維持管理、データの配信、利活用の全般について学び多くの気づきを得て、「日本の GEONET を目標に Khmer GEONET の業務を進めたい。」と述べている。また、最終日の報告会では、「オンラインでもいろいろな技術情報を入手できるようになったが、今回の研修で” 百聞は一見に如かず” を再認識した。」といった発言があった。



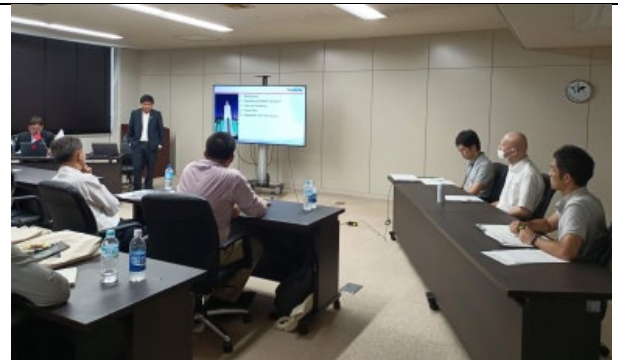
国土地理院表敬 (8/22)



国土地理院講義 (8/23)



国土地理院意見交換会(8/25)



国土地理院意見交換会(8/25)



国土地理院施設見学(8/25)



国土地理院施設見学(8/25)



VLBI見学(8/29)



VLBI見学(8/29)



快適空間FC(8/24)



パスコ(8/25)



図 2-3 第 2 回本邦研修の写真（撮影：JPT）

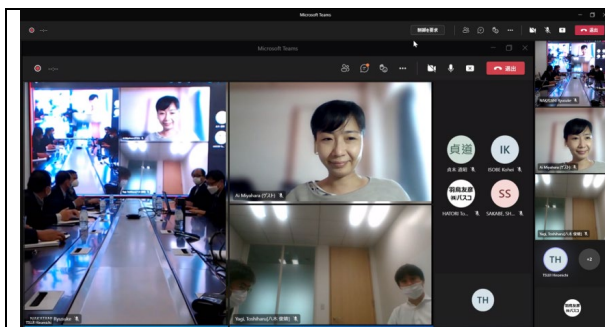
[4] Joint Coordinating Team Meeting の開催

以下のとおり第 1 回～第 7 回の JCTM を開催した。

表 2-7 JCTM の概要（出典：JPT）

回	開催日	内容
第1回	2021年11月4日	- ワーク・プランの説明／PDMの指標設定 - 各活動の双方の担当者／役割分担／技術移転対象者の確認
第2回	2022年4月28日	- 各活動の進捗確認 - CORS／DC設置と検査の報告 - CORS整備マスタープランの方針確認 - 第1回イベント／第1回本邦研修の準備 - 新たな測地系の検討(CGD22)
第3回	2022年12月6日	- 各活動の進捗確認

回	開催日	内容
		- Khmer GEONETの運用とユーザーからのフィードバックの報告 - 第1回、第2回イベント／第1回本邦研修の報告 - パイロットプロジェクトの進捗状況報告 - マスタープランの方針確認
第4回	2023年5月26日	- 各活動の進捗報告 - Khmer GEONETの運用とユーザーからのフィードバックの報告 - パイロットプロジェクトの進捗状況報告 - 運営維持管理計画／マスタープランの進捗報告 - プロジェクト期間延長の提案
第5回	2023年11月15日	- 各活動の進捗確認 - Khmer GEONETの運用とユーザーからのフィードバックの報告 - パイロットプロジェクトの結果報告 - プロジェクト延長期間の活動計画
第6回	2024年6月7日	- 各活動の進捗確認 - Khmer GEONETの運用と関連する活動の報告 - 第3回イベント(セミナー)の報告 - プロジェクトの評価
第7回	2024年11月7日	- 各活動の実施報告／プロジェクト終了後の活動計画 - Khmer GEONETの運用と地籍測量の進捗報告 - プロジェクトの評価 - 上位目標の達成に向けた提言



第1回JCTM(2021年11月4日)



第2回JCTM(2022年4月28日)



第3回JCTM(2022年12月6日)



第4回JCTM(2023年5月26日)



図 2-4 JCTM の写真（撮影：JPT）

2.5. 成果 1: 電子基準点（全 5 点）及びデータセンターの整備に係る活動

2.5.1. 各活動の実施内容及び成果

[活動 1-1] 電子基準点（5 点）に適用する測地基準系が決定される。

（1）既存の測量成果で使用されている測地基準系の調査

過去に設置された CORS、基準点及び地形図の測量成果で使用されている測地基準系について以下のとおり確認した。

1) CGD03

2002 年から実施された世界銀行による LMAP（Land Management and Administration Project）によって 0 級及び 1 級基準点が再整備され、GNSS 測量によって計測された。基準点の座標値は、Asia-Pacific Regional Geodetic Project（ARPGP98）に参加した 5 点の 0 等点（PENH、SIEM、SIHA、STUE、SVAY）を既知点として計算された。このときに採用された測地基準系が CGD03 であった。計算された座標値は 2003 年に公開された。CGD03 の緒元を下表に示す。

表 2-8 CGD03 の緒元（出典：CPT）

Item	Element
Geocentric Cartesian Coordinate System	ITRF2000 (Epoch 1998.90, 24 th October 1998)
Reference Ellipsoid	GRS 80
Vertical Datum	Mean Sea Level (Vietnam)
Geoid Model	EGM2008
Plane Cartesian	UTM Zone 48

Item	Element
Coordinate System	- Central Meridian: 105° 00' 00" E - Latitude of Origin: 0° 00' 00" N - False Easting: 500,000.000 m - False Northing: 0.000 m - Scale Factor at Central Meridian: 0.9996
Unit and Notation	Meters, 0.001m

2) CGD09

2003 年から 3 次にわたって KOICA (Korea International Cooperation Agency) によって実施された NGCPIP (National Geodetic Control Point Installation Project) によって、3 点の CORS²、0 級及び 1 級基準点の測量が実施された。測量作業は 2008 年から 2009 年に GNSS 方式で行われ、成果は 2009 年に公開された。0 級基準点の座標値は、国際 GNSS サービス (International GNSS Service : IGS) 点である (Philippines、Singapore、Thailand) を既知点として計算されている (点名は不明)。このときに採用された測地基準系が CGD09 であった。CGD09 の緒元を下表に示す。

表 2-9 CGD09 の緒元 (出典 : CPT)

Item	Element
Geocentric Cartesian Coordinate System	ITRF2005 (Epoch 2009.56, 23 rd July 2009)
Reference Ellipsoid	GRS 80
Vertical Datum	Mean Sea Level (Ha Tien, Vietnam)
Geoid Model	EGM2008
Plane Cartesian Coordinate System	UTM Zone 48 - Central Meridian: 105° 00' 00" E - Latitude of Origin: 0° 00' 00" N - False Easting: 500,000.000 m - False Northing: 0.000 m - Scale Factor at Central Meridian: 0.9996
Unit and Notation	Meters, 0.001m

2 級、3 級基準点及び 7,000,000 筆以上の土地に対する筆界点には CGD03 と CGD09 が混在して使用されている。また、NGCPIP によって 2009 年に調整されたプノンペン、シェムリアップ、及びシアヌークビルの地形図 (地図情報レベル 25,000) 及びプノンペン市街地の地形図 (地図情報レベル 5,000) には CGD09 が採用されている。

² 現在は稼動しておらず、将来的に稼動させる予定もないことから廃点扱いとなっている。GDCG は、設置当時の運用環境 (電力、通信、インターネット) や利用環境 (GPS 受信機、データ共有サイト) が不十分だったこと、CORS 間の距離が長すぎて高精度測位のエリアが限定的で、GDCG の運用体制も不十分であったことが、廃点に至った理由としている。

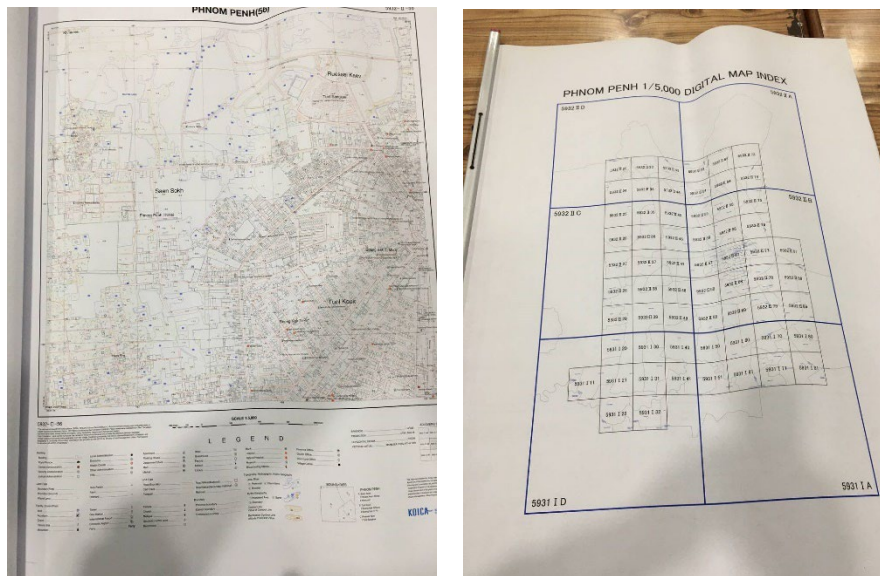


図 2-5 プノンペン市街地の地形図（地図情報レベル 5,000）（撮影：JPT）

3) INDIAN 1954

1996年から2002年に実施されたJICAによるプロジェクトでカンボジア全域の地形図（地図情報レベル 100,000）が調整された（下図）。このときに採用された測地基準系はINDIAN 1954であった。

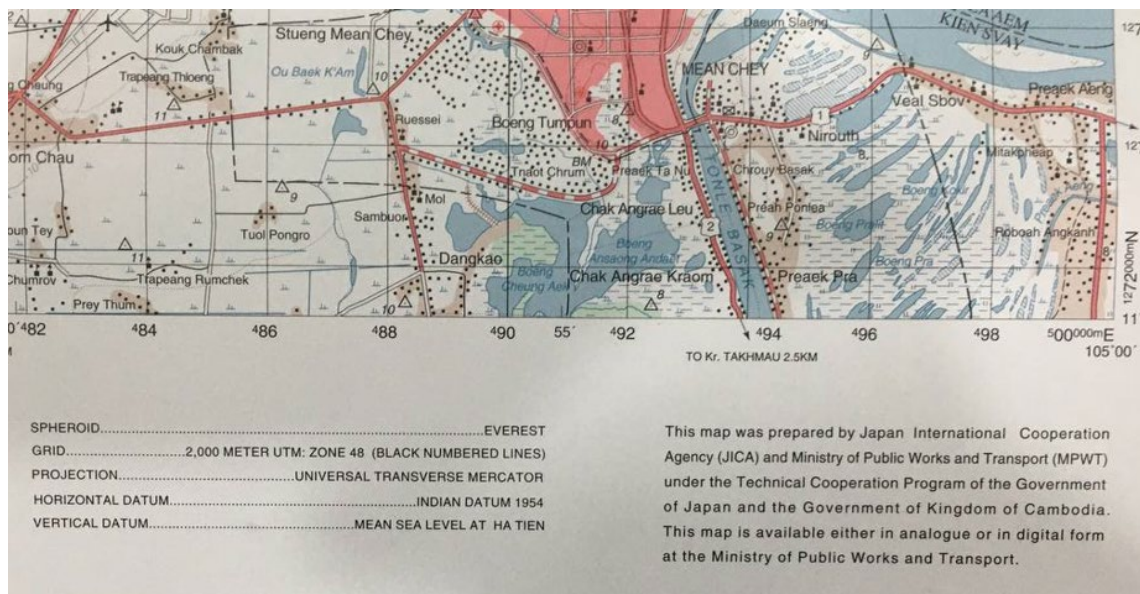


図 2-6 INDIAN 1954 で整備された地形図（地図情報レベル 100,000）（撮影：JPT）

4) INDIAN 1960

米軍が 1965 年にカンボジア全域の地形図（地図情報レベル 50,000）を調製した（下図）。この

ときに採用された測地基準系は INDIAN1960 であった。地形図整備後に、米軍により INDIAN1960 から WGS84 への座標変換が実施されている。

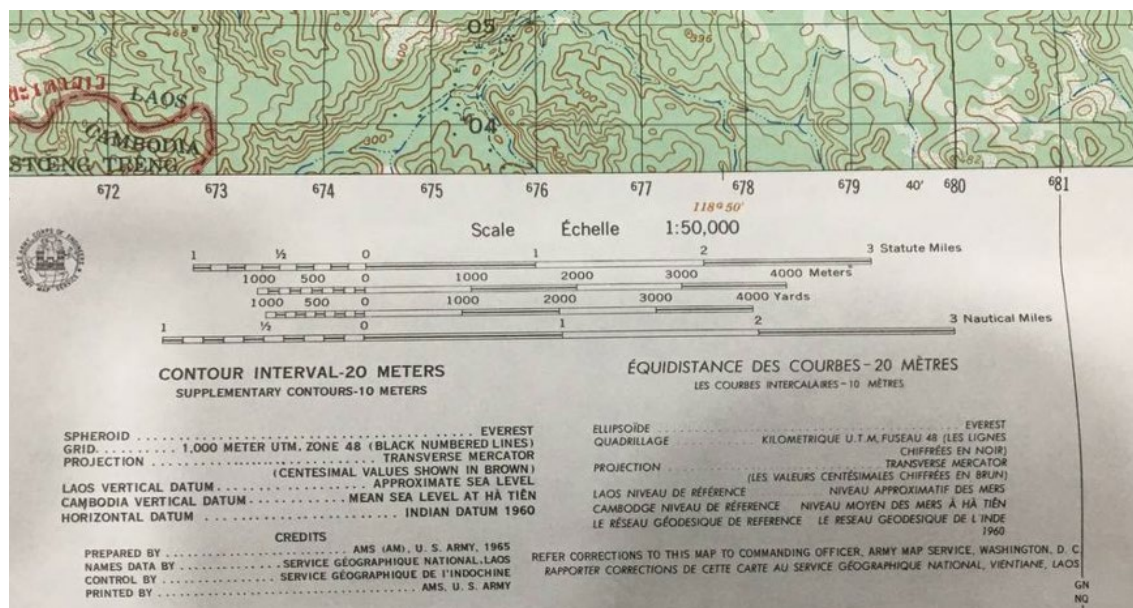


図 2-7 INDIAN1960 で整備された地形図（地図情報レベル 50,000）（撮影：JPT）

上記の過去に整備された基準点及び地形図について、GDCG は以下のように今後の利用の意向を有している。

- 基準点（CGD03 または CGD09）：残存する 0 級及び 1 級等の基準点は、新たな測地基準系に座標変換して今後も利用する予定である。棄損または亡失した基準点を復旧する予定はない。
- 地形図（INDIAN1954 または INDIAN1960）：いずれも整備時期が古く小縮尺のため再整備の検討が必要とされているものの、現時点ではこれらの地形図を修正もしくは再整備する具体的な予定はない。当面の間、既存の地形図がそのまま利用される。
- 地形図・筆界点（CGD03 または CGD09）：重要な測量成果であり、今後も必要に応じて座標変換を行い利用する予定である。

(2) ITRF や測地基準系についての講義

本プロジェクトで設置する CORS に適用する測地基準系の決定のために必要な基礎知識を習得することを目的として、JPT から CPT（Cambodia Project Team）へ ITRF（International Terrestrial Reference Frame）と測地基準系に関する講義をおこなった。検討時の留意事項として、CGD03、CGD09、もしくは新たな測地基準系に基づいて計算される 5 点の CORS や基準点の座標値には、地殻変動量や測量誤差が含まれるため、ITRF の Web サイトに記されている各 ITRF 間の座標変換だけではなく、地殻変動や測量誤差も考慮して座標変換パラメータを計算する必要があることについて説明した。

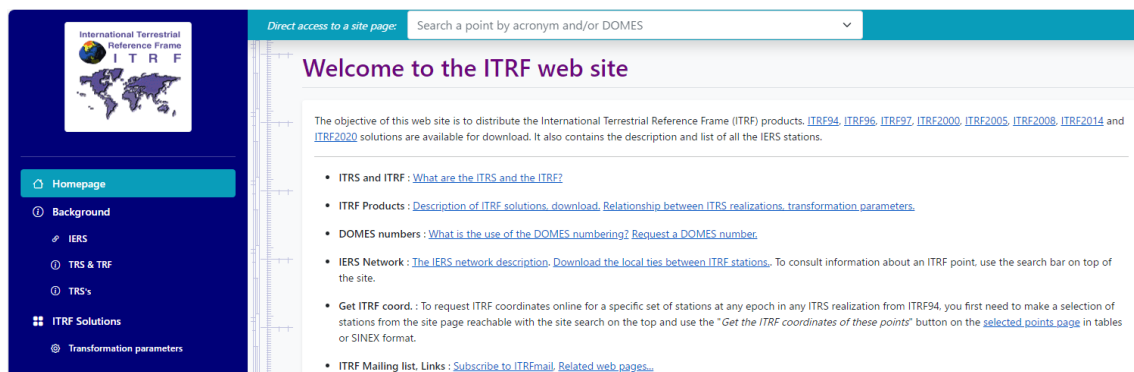


図 2-8 ITRF の Web サイト（出典：<https://itrf.ign.fr/en/homepage>）

（3）CORS に適用される測地基準系の決定

CORS に適用する測地基準系とそれに基づく座標値は、できる限り長期に渡って使用できることが管理側及び利用者側の両方にとって望ましい。現時点でカンボジアで使用されている最も新しい測地基準系である CGD09 の策定から 10 年以上経過しており、累積している地殻変動や測量誤差の影響をできるだけ排除するためにも、GDCG は本プロジェクトによる新たな CORS の整備にあたり、最新の ITRF を適用した新しい測地基準系を設定したい、という意向を有していた。そのため、JPT と CPT は、適用する測地基準系及び CORS の座標値を求める元期（Epoch）について協議と検討を行い、ITRF2020 を採用すること、Epoch を 2023 年とすることが GDCG によって決定された。協議において、JPT は日本の国土地理院の Web サイト（下図）などを利用して、日本の事例を紹介した。

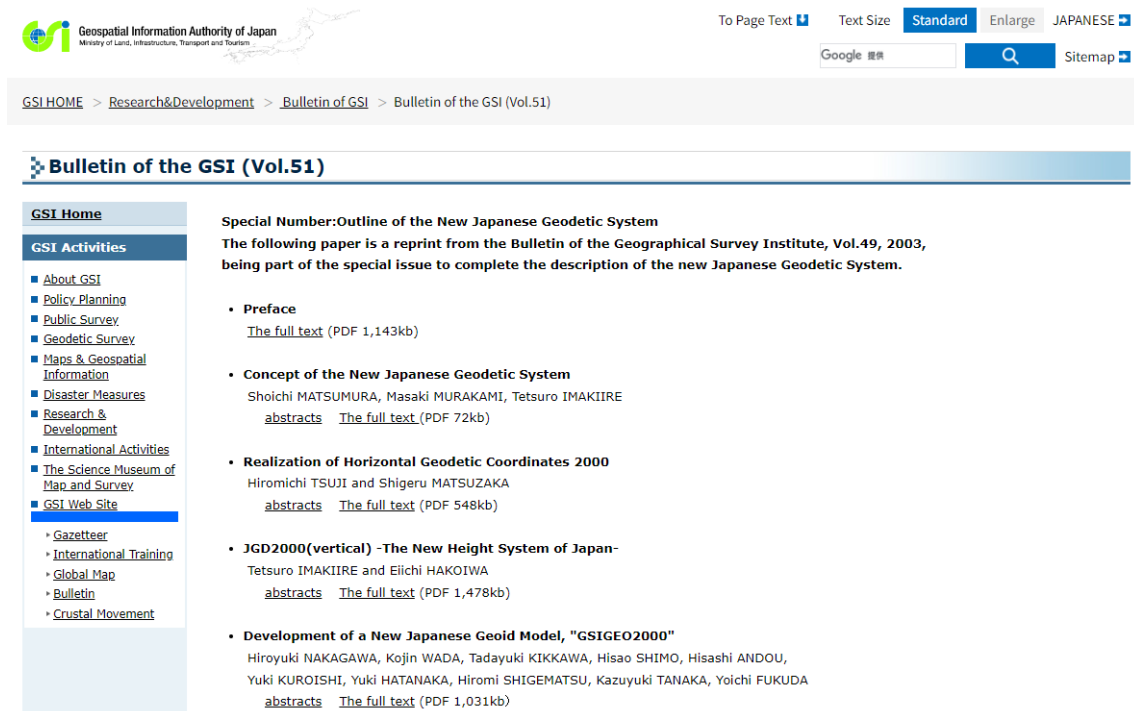


図 2-9 国土地理院の Web サイト（出典：https://www.gsi.go.jp/ENGLISH/page_e30185.html）

新しい測地基準系は CGD23 と命名された。CGD23 の緒元を下表に示す。

表 2-10 CGD23 の緒元（出典：JPT）

Item	Element
Geocentric Cartesian Coordinate System	ITRF2020 (Epoch 2023.355, 10 th May 2023 ^{*1})
Reference Ellipsoid	GRS 80
Vertical Datum	Mean Sea Level (Haiphong, Vietnam)(仮)
Geoid Model	EGM2008 ^{*2} (仮)
Plane Cartesian Coordinate System	UTM Zone 48 - Central Meridian: 105° 00' 00" E - Latitude of Origin: 0° 00' 00" N - False Easting: 500,000.000 m - False Northing: 0.000 m Scale Factor at Central Meridian: 0.9996
Unit and Notation	Meters, 0.001m

*1: 5 点の CORS の座標値を決定した Epoch である。活動 1-4 「Epoch の決定」に記載した。

*2: 2024 年にカンボジアの新しいジオイドモデルが整備されたため、今後新しいジオイドモデルが基準として採用される可能性がある。

[活動 1-2] 電子基準点（5 点）とデータセンターの設置場所と仕様が決定される。

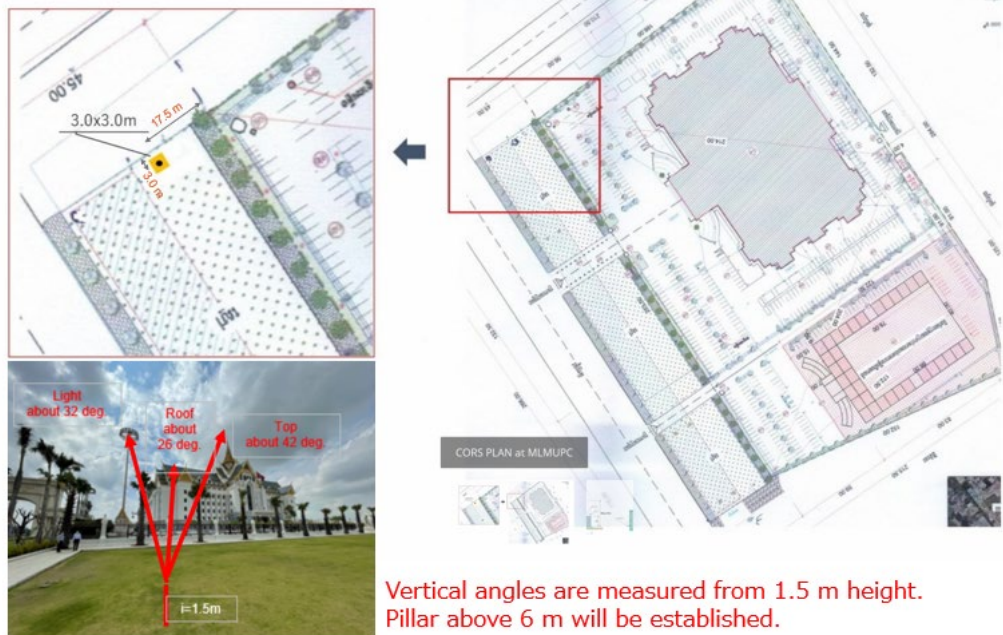
（1）CORS 及びデータセンターの設置場所の選定

2021 年 10 月から開始した現地活動において、事前に CPT が選定した CORS 設置候補個所を CPT と JPT が合同で現地踏査を行い、5 点の CORS の設置個所を決定した。

上記作業にあたり、JPT は CPT へ、本邦を含む周辺国の CORS 設置状況の事例を添えて、設置後に CORS の運用に支障が発生しないよう近隣の開発計画や周辺の樹木の生育状況を確認する必要があることや、落雷の可能性についても十分に注意し必要に応じて避雷針の設置などの予防措置を検討する必要があることを説明した。また、日本の事例を参考にした選点時のチェックリスト（上空視界や電源、通信ネットワークなどの環境、災害履歴や将来の開発計画など）を含む選点記録を用いて、踏査の方法とその記録作成に関する技術移転を行った。

なお、当初想定していた建設中の新プノンペン国際空港については、立ち入り制限や電波干渉の可能性などを考慮し、近傍の土地事務所近傍に変更した。DC については、MLMUCP の新庁舎内 7 階に設置することを決定した。

MLMUPC ground



Project on Establishment of Continuously Operating Reference Stations (CORS) for Land Management and Infrastructure Development

0

図 2-10 選点資料（MLMUPC 前）（出典：JPT）



図 2-11 選点風景（撮影：JPT）

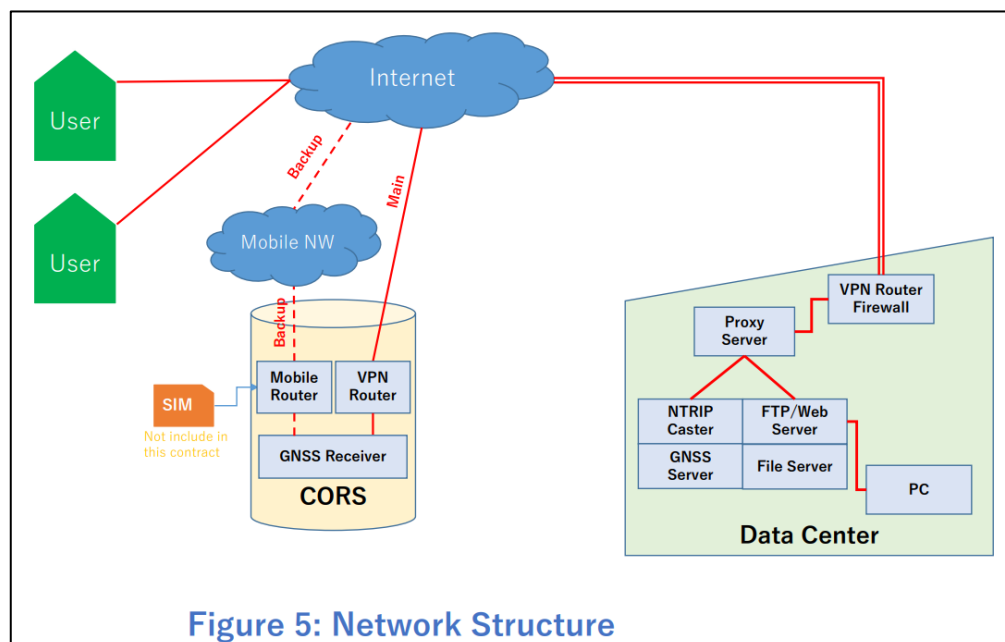
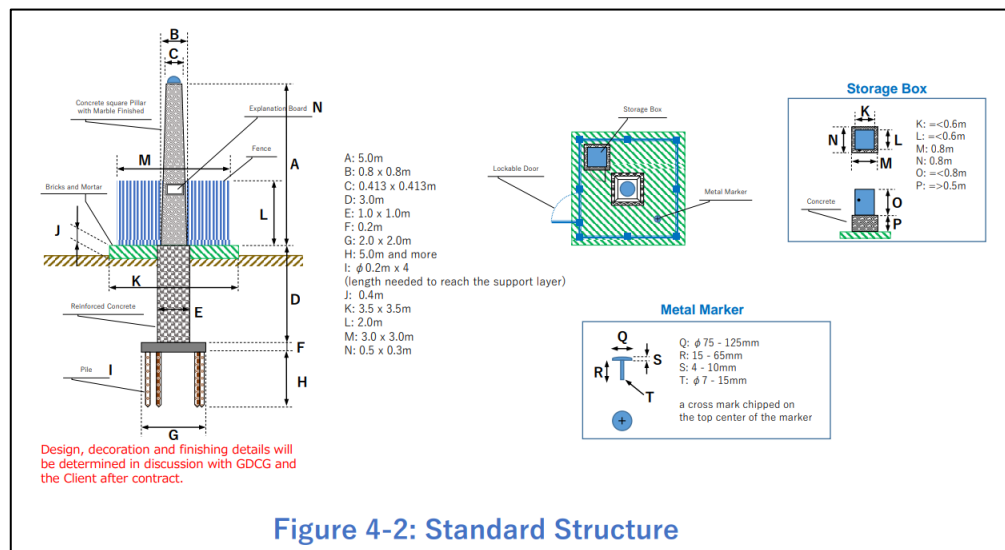


図 2-13 発注時の CORS 仕様とネットワーク図（出典：JPT）

(3) CORS 設置の意義についての周知

JPT は、本邦を含む周辺国の CORS 設置状況や利活用状況について事例を紹介し、CORS の社会基盤インフラとしての重要性について CPT と議論を行った。議論では、CORS が測地基準系の維持管理に必要不可欠であるとの認識で一致した。また、測位の基準としてだけでなく、地殻変動監視や位置情報サービスの提供などに広く活用されるものであること、災害時の復旧復興にも用いられるものであることを、日本の事例を挙げて説明し、CORS が高精度測位社会を構築するための重要な社会インフラとなるとの認識で一致した。

[活動 1-3] 電子基準点（5 点）とデータセンターが本事業の中で設置される。**（1）CORS（5 点）とデータセンターの設置**

決定した設置位置と仕様に基づいて、JPT は現地再委託のための入札図書を作成した。また、再委託先の候補となる現地企業に連絡し、応札意思を示した企業を訪問して工程、仕様、安全対策にかかわる協議を行った。協議では、再委託業務の概要を説明し、特に短い工期での確実かつ安全な工事实施の具体的かつ現実的な方法について確認を行った。

2021 年 12 月に指名競争による入札を行い、再委託業者（Aruna 社）を選定した。同月 24 日に再委託業者と契約を締結し、28 日には、CPT、JPT と再委託業者によって CORS 及び DC 設置工事のキックオフミーティングを開催した。その後、再委託業者による CORS 設置個所のボーリング調査が実施され、その結果に基づき各点の基礎部の詳細設計が行われた。また、CPT の要望によりピラーのデザインについての協議が行われ、協議結果に基づき設計が一部変更された。作成された各設計図は GDC により承認された。さらに、土木建設工事の申請書が再委託業者から提出され、GDC に承認された後、CORS の設置工事が開始された。

CORS と DC の設置工事の施工管理は、現地再委託業者から、毎日、各現場の工種と状況写真による報告を継続して受けることで実施した。また、工程表の更新や仕様の変更、詳細な確認事項については、メール等でやり取りを行い、JPT と CPT の週次ミーティングで詳細を確認しながら対応した。施工途中での仕様変更や追加工事の発生により、当初想定より約 2 か月工程が遅延したが、2022 年 4 月末までに 5 点の CORS のピラー建設、アンテナ及び受信機などの機材設置、柵や照明の設置等すべての工事が完了した。また、DC は、ラック、機材の設置、ソフトウェアのインストールを含め同じく 2022 年 4 月末までに設置を完了した。工事の完了を受けて、CORS と DC の設置工事の検査と検収を実施した。検収では、5 カ所の CORS と 1 カ所の DC に設置された機材が仕様に適合しているかについて、JPT と CPT が現地で確認を行った。CORS と DC とのネットワーク接続は、DC のサーバー画面で確認した。その後、CPT からピラーの装飾に関する再修正の要望があり、2022 年 5 月上旬に修正工事が完了し、全ての工事が終了した。

再委託業者による機材とソフトウェアの初期操作トレーニングが 2022 年 4 月末から同年 5 月初めにかけて実施され、DC からの補正情報を CPT が所有する GNSS 受信機（ローバー）に入力して高精度測位が実施できることを確認した。このトレーニングの終了と上記の工事の終了をもって、再委託業務を完了した。

別途調達した GNSS ローバー機材一式は 2022 年 6 月 24 日に納入された。JPT と CPT は納入された機材の検品を行い、仕様に合致していることを確認した。その後、機材納入業者から CPT に対して、機材の操作とソフトウェアの処理方法についての講義、実習を実施した。



図 2-14 施工風景（撮影：CPT）

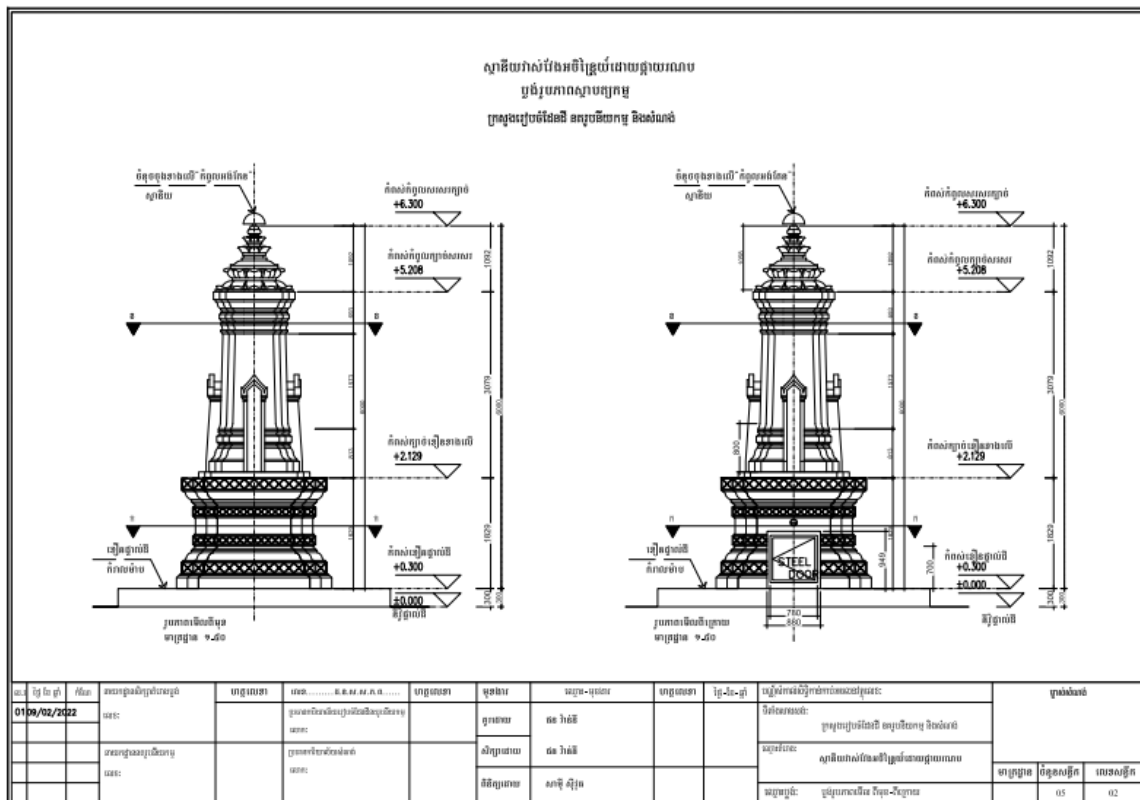


図 2-15 PNH100KHM 局の建築設計図（出典：MLMUPC）



図 2-16 完成した CORS と DC（撮影：JPT）

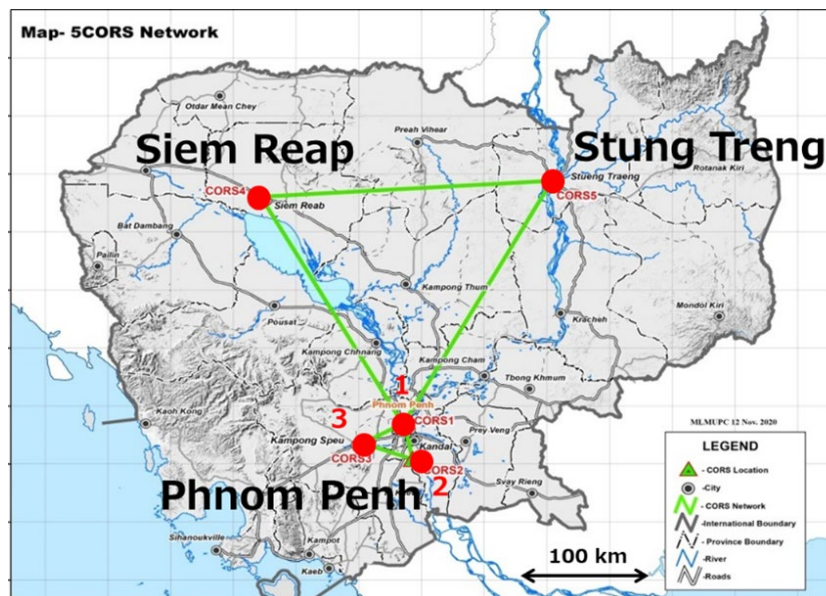


図 2-17 5 点の CORS の配置（出典：JPT）

[活動 1-4] 観測データをもとに新設の電子基準点の座標値が決定される。

(1) Bernese ソフトウェアの基本操作習得

CORS の座標値の計算に使用する Bernese ソフトウェア（開発、販売：スイス・ベルン大学）の基本操作を含む技術移転を 2 回に分けておこなった。1 回目は、JPT による実演と講義をおこない、2 回目は CPT の測地技術者が実際のデータを用いて 5 点の CORS の座標値を計算する OJT 方式とした。

Bernese ソフトウェアの基本操作手順の概要を下表に示す。

表 2-11 Bernese ソフトウェアの基本操作手順の概要（出典：JPT）

手順	概要
1	初期設定として、キャンペーンやセッションを作成する（計算するCORS網や観測日等の指定）。
2	計算に必要な精密暦データなどをベルン大学などのウェブサイトから入手する。
3	計算に必要なGNSS観測データを入手する。IGS点の観測データはIGSのウェブサイトから入手する。5点のCORSの観測データはDCの管理ソフトウェア（Pivot）によってアーカイブされている。
4	計算に必要な精密暦データやGNSS観測データをBerneseソフトウェアのデータ形式に変換する。
5	基線解析と座標計算を行う。
6	精度管理を行う。

Bernese ソフトウェアは CORS の座標決定プロセスにおいて使用するものであるため、そのプロセスの各手順（(2) に詳述）及び操作方法の一連の内容をとりまとめた「後処理マニュアル（案）（Post Processing Manual (Draft)）」を作成し、これを用いて技術移転を実施した。本マニュアルについては、本節（2）の最後に詳述する。

（2）CORS の座標値（ITRF 座標）の計算

以下の 1) ～ 3) の手順に沿って、JPT の支援のもと CPT が 5 点の CORS の座標値を計算した。

1) 測量網の決定

以下の条件をふまえた上で、測量網を下図のように決定した。

- カンボジア周辺の IGS 点のうち、既に ITRF2020 の座標値が計算されている点（香港の HKSL00HKG、タイの CMUM00THA と CUSV00THA、フィリピンの PTAG00PHL、マレーシアの ANMG00MYS、及びシンガポールの SIN100SGP）を使用する。
- Bernese ソフトウェアで設定する基線網は、一般的な測量で用いられる三角網や多角網ではなく、互いに独立している基線で構成する必要がある。

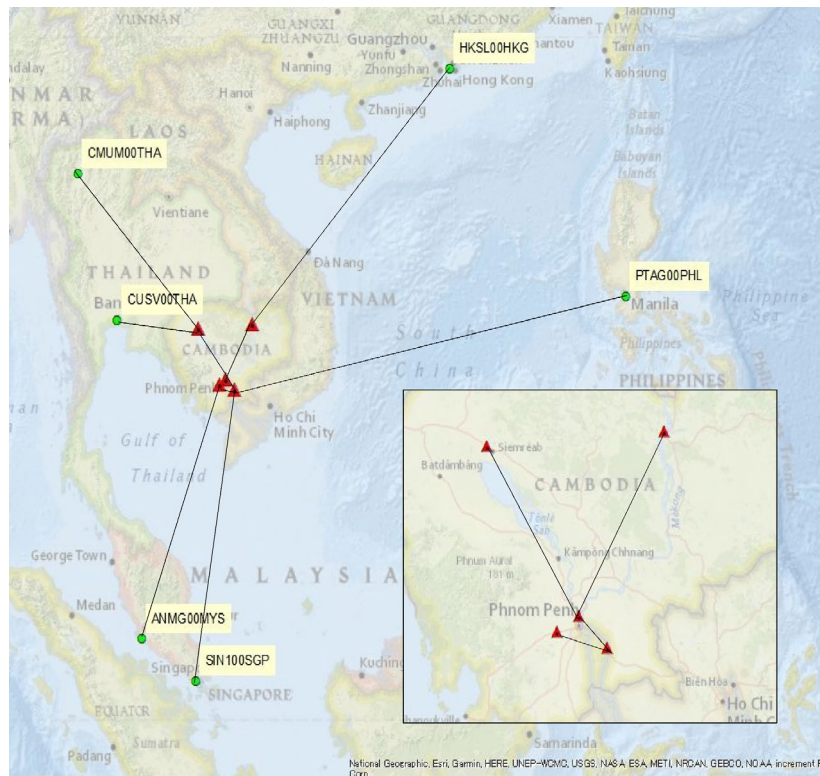


図 2-18 5 点の CORS の座標値を計算するための測量網図（出典：JPT）

2) CGD23 の元期(Epoch)の決定

今後測量の基準として使われる CORS の CGD23 座標を計算するためには、設置した CORS の基礎が沈下せずに安定していることや、計算に用いる観測データが大気（対流圏、電離層）の擾乱の影響を受けていない時期のものであることを確認する必要がある。そこで、5 点の中央に位置する PNH100KHM における観測データの安定性を、2023 年 2 月 5 日から 2023 年 5 月 31 日までの 116 日間、トリンブル社 RTX サービスの PPP（Precise Point Positioning）解析を用いて調査した。その結果を下図に示す。図 2-18 はグローバルな地心直交 3 次元座標（XYZ）での PNH100KHM の変化、図 2-19 は同じ PNH100KHM の平面直角座標での東西（E）、南北（N）及び上下（H）方向の変化を示している。図 2-19 のグラフで東西成分（青線）を直線近似したところ傾きが 0.12 mm/日 となり、116 日間で東方向に約 15 mm 移動していることがわかった。この水平方向の変化傾向は、カンボジアの地殻変動の速度と概ね一致していることが確認できた。一方、上下方向はあまり安定していないが（同、緑線）、上昇傾向であるため CORS の基礎コンクリートの沈下によるものではないと判断した。

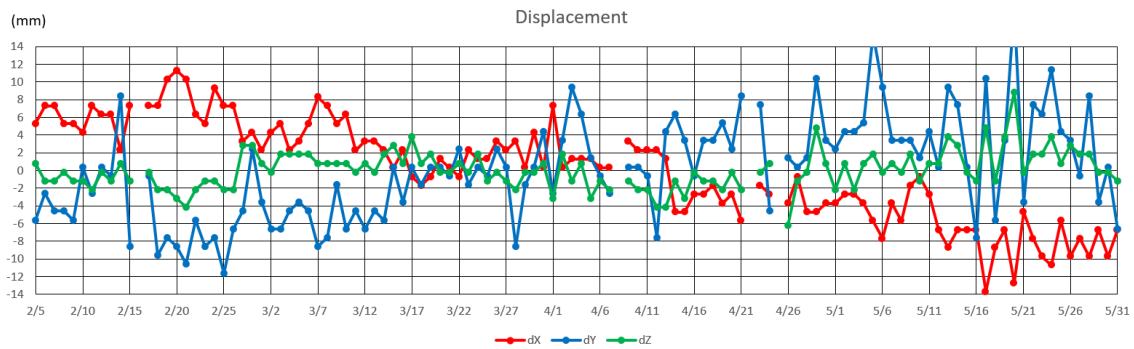


図 2-19 PNH100KHM の座標変化（地心直交座標、赤:X、青:Y、緑:Z 方向）（出典：JPT）

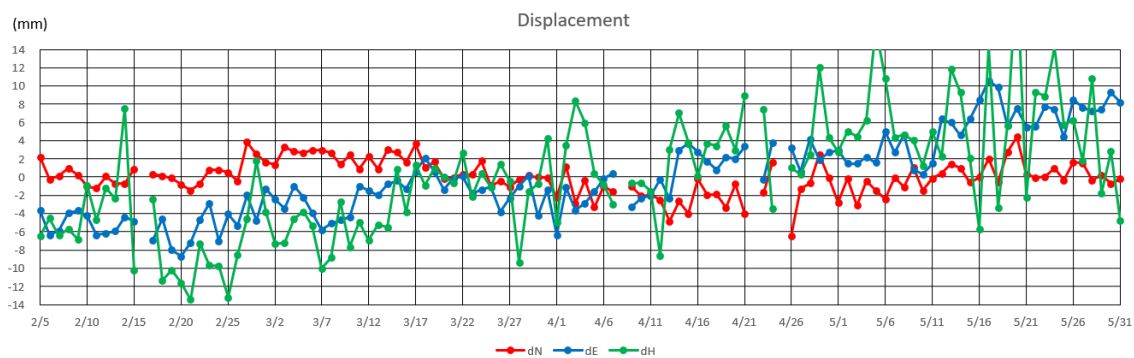


図 2-20 PNH100KHM の座標変化（平面直角座標、赤:N、青:E、緑:H 方向）（出典：JPT）

上記の 116 日間のうち、2023 年 3 月 18 日～3 月 24 日、5 月 7 日～5 月 13 日、及び 5 月 22 日～5 月 28 日の各 1 週間の座標値が比較的安定していたため、これら 3 つの期間から CGD23 の座標値を決定する元期 (Epoch) を選定することとした。JPT と CPT が上記 3 期間の結果を比較し、協議した結果、新しさと安定性を考慮し、CPT は 2023 年 5 月 7 日～13 日を座標計算に用いる期間とすることを決定した。当該期間の中央値は 5 月 10 日 12:00UT となるため、Day of Year は 129.5 日となる。従って、次式のとおり計算し、Epoch は「2023.355」となった。

$$Epoch = \frac{129.5}{365} = 0.355$$

3) CGD23 座標の決定

2023 年 5 月 7 日～5 月 13 日の観測データを使用して、5 点の CORS の各日の座標値を計算し、7 日の平均値を各点の座標値として採用した。作業にあたっては、上述した 2 回目の技術移転において CPT が基線解析と座標計算を実施した。また、並行して JPT でも同じ計算を行い、同じ結果が得られていることを相互に確認した。下表に決定された 5 点の CORS の座標値を示す。

表 2-12 5 点の CORS の座標値 (CGD23、地心直交座標系) (出典 : JPT)

Name	X (m)	Y (m)	Z (m)
KND100KHM	-1,619,492.911	6,040,715.083	1,247,864.916
KSP100KHM	-1,572,714.347	6,050,448.859	1,260,501.903
PNH100KHM	-1,603,672.436	6,038,739.339	1,277,314.639
SIE100KHM	-1,490,303.856	6,024,644.818	1,465,891.145
STG100KHM	-1,706,798.574	5,963,096.221	1,481,479.667

表 2-13 5 点の CORS の座標値 (CGD23、経緯度と楕円体高) (出典 : JPT)

Name	Lat. (DD MM SS.SSSSS)	Lon. (DDD MM SS.SSSSS)	H (m)
KND100KHM	11 21 29.10724N	105 00 28.29508E	2.021
KSP100KHM	11 28 28.52899N	104 34 14.32999E	23.783
PNH100KHM	11 37 47.13795N	104 52 20.72324E	2.735
SIE100KHM	13 22 33.08881N	103 53 39.19100E	2.986
STG100KHM	13 31 14.27708N	105 58 21.16724E	48.599

表 2-14 5 点の CORS の座標値 (CGD23、UTM Zone48、標高、及びジオイド高) (出典 : JPT)

Name	N (m)	E (m)	h (m)	Geoid (m)
KND100KHM	1,255,573.579	500,857.576	14.064	-12.043
KSP100KHM	1,268,490.958	453,172.078	37.598	-13.815
PNH100KHM	1,285,616.938	486,093.422	15.770	-13.035
SIE100KHM	1,478,968.366	380,264.014	23.535	-20.549
STG100KHM	1,494,920.523	605,244.625	60.813	-12.214

計算された 5 点の CORS の日々の座標値の地心直交座標での RMS は 2mm 程度、日々の座標値の平均値との差の最大値は 11mm であった。従って、5 点の CORS の CGD23 座標値は高い精度で決定されたといえる。

■ CGD23 座標決定プロセスのマニュアル作成

CGD23 座標決定にかかる上記のプロセスと Bernese ソフトウェアの操作方法を「後処理マニュアル (案) (Post Processing Manual (Draft))」としてとりまとめた。本マニュアルは、Bernese ソフトウェアの基本操作だけでなく、CORS が増設された際に必要となる基線解析や座標決定にも活用できる内容となっている。また、今後の GDCG 内での人材育成にも活用できる。なお、本マニュアルには、5 点の CORS の座標決定プロセスを記載しているが、無償資金協力プロジェクトによってカンボジア全土に CORS が整備される際には、その座標決定方法に沿って GDCG がマニュアルを更新する必要がある。また、Bernese ソフトウェアがアップデートされ新たなバージョンがリリースされた場合は、随時 GDCG によるマニュアルの更新が必要となる。上記についても CPT に説明し合意を得た。

(3) 日々の座標値のモニタリング

CORS の座標値を、適切な時間間隔で計算すると、CORS の異常や地殻変動の監視が可能となる。日本の国土地理院では、毎日の観測データを用いて電子基準点の座標値を計算しており、「日々の座標値」と呼んでいる。PNH100KHM における日々の座標値の時系列グラフの例を下図に示す。

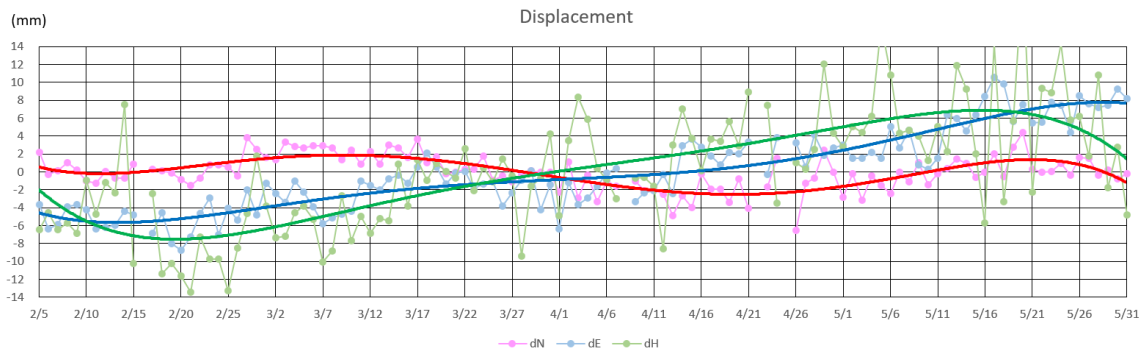


図 2-21 PNH100KHM の日々の座標値の例（南北、東西、上下成分。曲線は 5 次多項式の近似曲線）（出典：JPT）

近似曲線、回帰計算、または移動平均などを用いて変位傾向を分析した結果、プノンペン付近の当該期間における傾向は以下の通りであった。

- 南北成分（赤線）は概ね一定である（南北方向の地殻変動の変位は小さい）。
- 東西成分（青線）は変位が累積しており、その速度は概ね 30mm/年である。
- 上下成分（緑線）はバラツキが大きい。

CPT が本プロジェクトで設置した CORS を使用して 0 級、1 級基準点の再測量と座標計算を行ったところ、2009 年から 2023 年の 14 年間に、東南東方向に速度約 24mm/年で地殻が変位しているという結果を得た。これは、GNSS 測量誤差などを考慮すれば、ITRF2020 で採用されているプレート運動モデルに基づく計算値（プノンペン付近で南方向に 7 mm/年、東方向に 26 mm/年）³と概ね整合している。カンボジア国土内にはプレート境界が存在しないため、カンボジアでの地殻変動には局所的な変位がほとんど無く等速度で変位していると考えられる。

JPT は、これらの解析や考察の結果を CPT に共有し、プロジェクト終了後の活動において、GDCG が日々の座標値のモニタリングを行う必要があるのか、実施する場合はどの程度の間隔で実施すべきかについて、業務量や人的資源も考慮して検討するよう助言を行った。また、CORS がカンボジア全土に整備された後、各点の座標値を手作業で計算することは現実的ではないため、将来は以下の手順で計算処理の自動化を図るべきであることを CPT に説明した。

- 現状：GNSS 測量における基線解析と座標決定のプロセスを理解し、マニュアルを参照しながら手動で計算
- ステップ 1：計算に必要なパラメータやデータをベルン大学のウェブサイトなどから手動でダウンロードし、Bernese ソフトウェアによる計算は自動化
- ステップ 2：計算に必要なパラメータやデータのダウンロード、Bernese ソフトウェアによる計算をすべて自動化
- ステップ 3：定期的に自動計算を行い、結果を出力するシステムを構築

³ <https://www.unavco.org/software/geodetic-utilities/plate-motion-calculator/plate-motion/model>

[活動 1-5] 現在の測地座標系と新設の電子基準点に適用される測地座標系間の座標変換パラメータが策定され、同パラメータ活用のガイドラインが整備される。

(1) 現状の基準点の状況確認

活動 1-1 で調査した CGD03 と CGD09 の座標値を有する 0 級、1 級、及び 2 級基準点の配点図を下図に示す。図上には、0 級基準点が 7 点、1 級基準点が 155 点、2 級基準点が 496 点存在する。このうち、1 級基準点が 1 点棄損していること、プノンペン周辺の 2 級基準点が多数亡失していることが CPT によって確認されている。このほかに 3 級基準点も存在するが、GDCG は現状を詳細には把握できていないとのことであった。

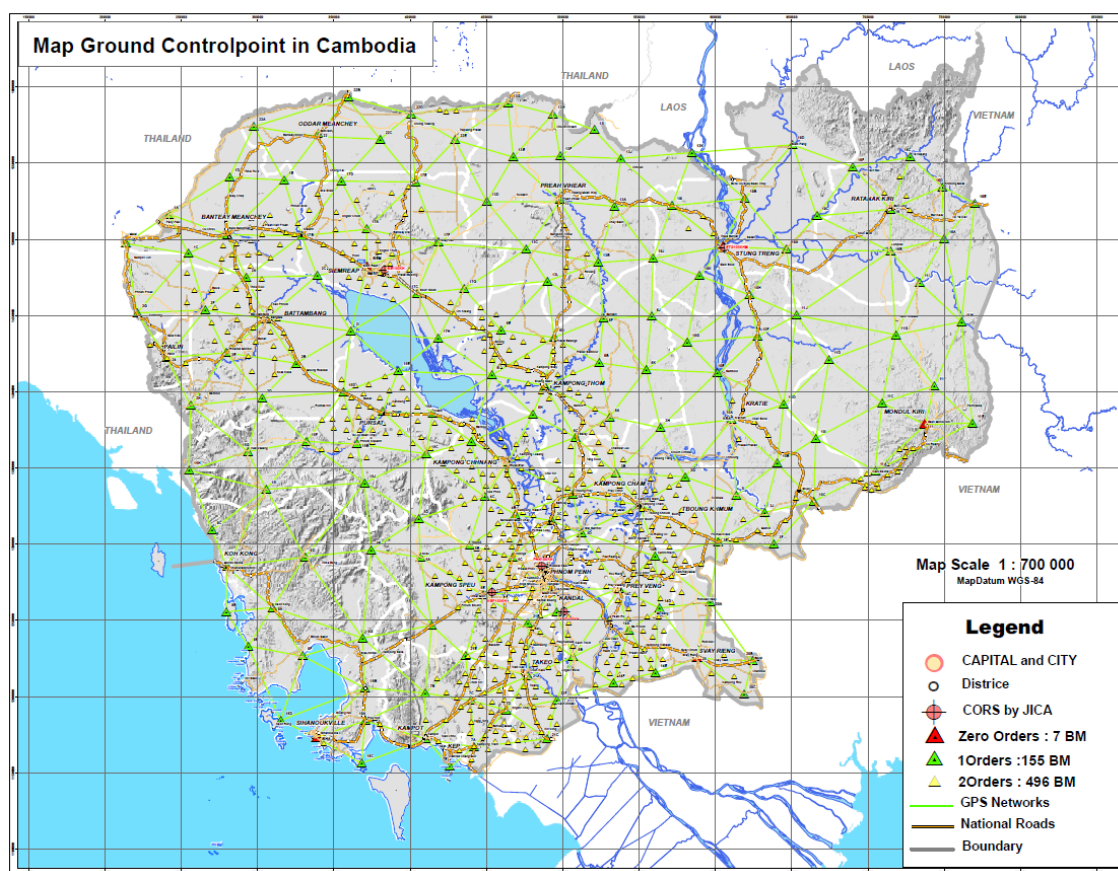


図 2-22 0 級、1 級、及び 2 級基準点の配点図（出典：GDCG）

(2) 基準点における GNSS 測量の実施

CPT は 2022 年 6 月に、座標変換パラメータを整備するために、0 級、1 級基準点の GNSS スタティック測量を実施した。測量作業は、6 時間以上の観測を 1 セッションとし、各点で 2 セッション（2 日間）の観測を行った。CPT が実施した測量網図を下図に示す。

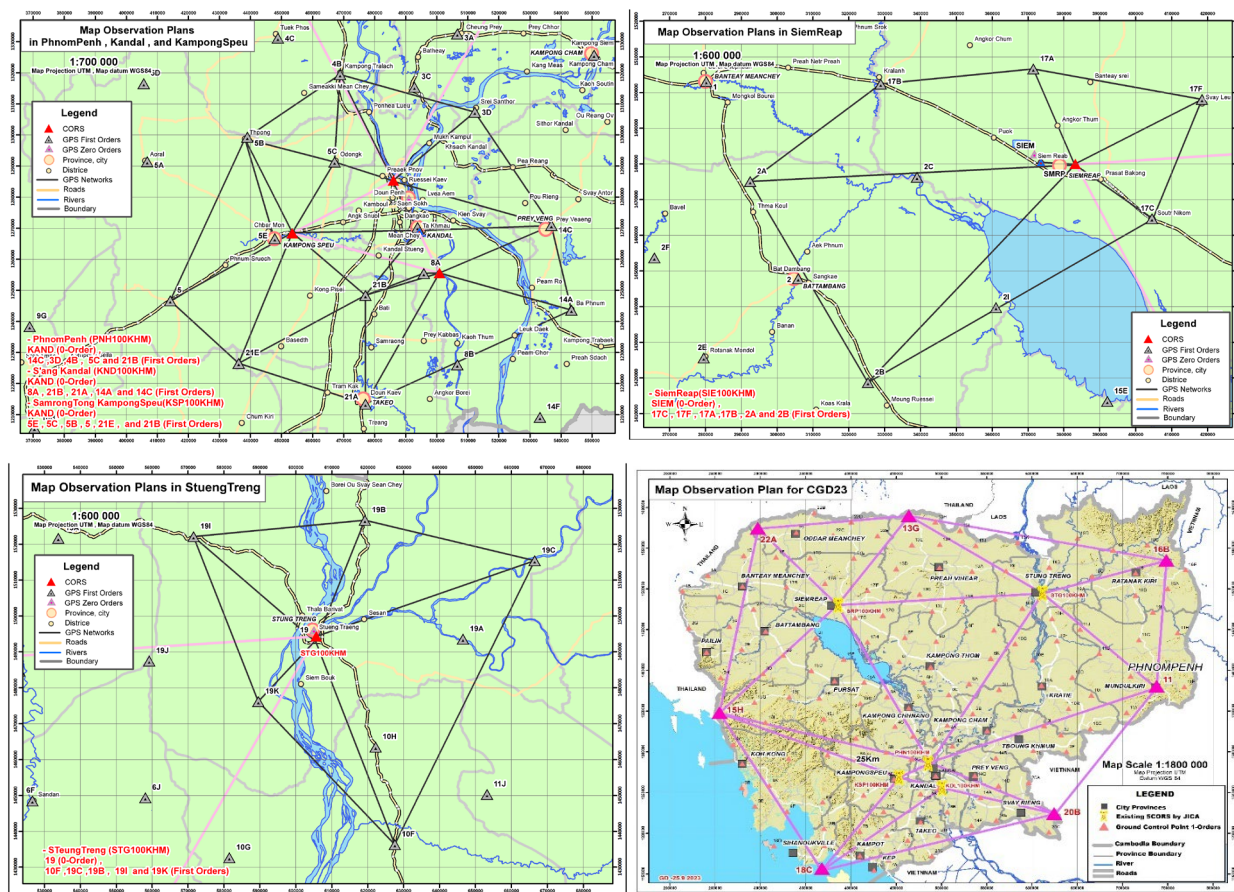


図 2-23 測量網図（左上：プノンペン周辺、右上：シェムリアップ、左下：ストゥントウレン、右下：国境付近）（出典：CPT）

(3) Bernese による座標変換パラメータの計算

CPT は、JPT の支援の下で、CGD09 と CGD23 の座標値を双方向変換するための座標変換パラメータを以下の手順で計算した。

1) CGD09 座標値と CGD23 座標値の計算

GNSS 測量の結果から、以下の 2 種の計算を実施した。

- 0 級と 1 級基準点を既知点として、5 点の CORS の CGD09 の座標値を算出
- 5 点の CORS を既知点として、0 級と 1 級基準点の CGD23 の座標値を算出

2) CGD09 の座標値と CGD23 の座標値の差(変位ベクトル)の計算

上記の計算結果を元に、各点の CGD09 と CGD23 の座標値の差である変位ベクトルを算出した。結果を下図に示す。なお、各点の水平方向の変位の向きと大きさは概ね均一であり、14 年間で東南東の方向に約 0.33m 変位していることが分かった。

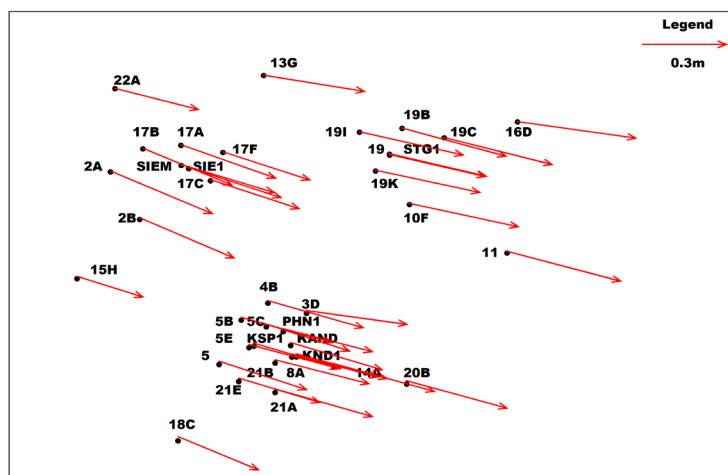


図 2-24 CGD09 と CGD23 の変位ベクトル（水平方向）（出典：JPT）

3) CGD09 座標と CGD23 座標間の座標変換パラメータの計算

5 点の CORS の CGD09 座標値と CGD23 座標値から、Bernese ソフトウェアを用いて両測地基準系間の座標変換パラメータを計算した。座標変換パラメータは、7 パラメータと 3 パラメータの 2 通りの計算を行った。計算結果の一部を下表に示す。

表 2-15 CGD09→CGD23 の座標変換パラメータ（7 パラメータ）（出典：JPT）

Geocentric (X, Y, Z)			Local (N, E, U)		
Element	Parameter	Unit	Element	Parameter	Unit
dX	-1.2315	M	dN	-0.0905	M
dY	-0.4424	M	dE	+0.3087	M
dZ	+0.0830	M	dU	+0.0330	M
R _X	+0.006873	arc second	R _N	-0.032184	arc second
R _Y	-0.001282	arc second	R _E	+0.006314	arc second
R _Z	+0.032284	arc second	R _U	-0.003929	arc second
Scale	0.01958	mm/km (ppm), [s] of (1+s)	Scale	0.01958	mm/km (ppm), [s] of (1+s)

表 2-16 CGD09→CGD23 への座標変換パラメータ（3 パラメータ）（出典：JPT）

Geocentric (X, Y, Z)			Local (N, E, U)		
Element	Parameter	Unit	Element	Parameter	Unit
dX	-0.3116	M	dN	-0.0905	M
dY	-0.0294	M	dE	+0.3087	M
dZ	-0.0814	M	dU	+0.0330	M

4) 座標変換パラメータの評価

座標変換パラメータ（7 パラメータ）を用いて、Bernese ソフトウェアで 0 級と 1 級基準点の CGD09 座標値を CGD23 座標値に変換した。パラメータで変換した CGD23 の座標値と、GNSS 測量で求めた

CGD23 の座標値の差分（残差）を計算し、作成した座標変換パラメータの評価を行った。下表に各基準点の測量値と座標変換値の差の最大値、最小値、平均値、及び標準偏差を、下図に差分のベクトルを示す。

表 2-17 0 級と 1 級基準点の測量値と座標変換値の差の統計結果（出典：JPT）

座標変換値—再測量値			
項目	dN (m)	dE (m)	dh (m)
最大値	0.069	0.080	0.100
最小値	-0.041	-0.086	-0.054
平均値	0.005	-0.011	0.003
標準偏差	0.022	0.032	0.031

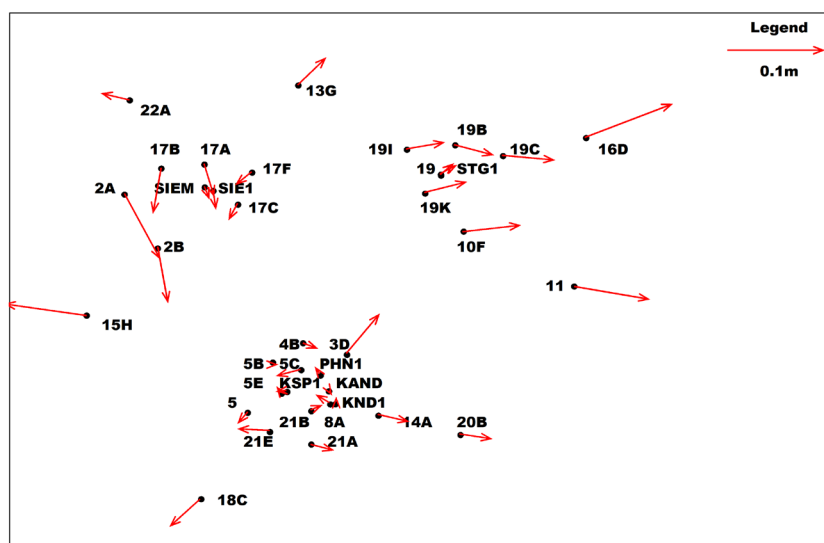


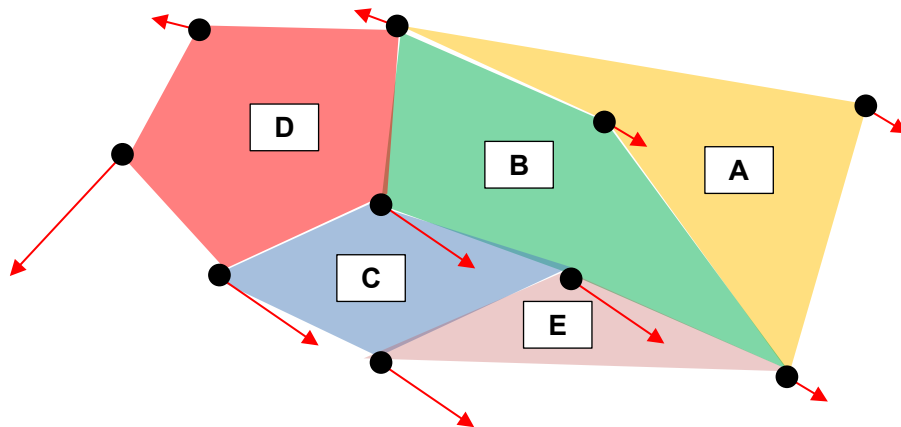
図 2-25 測量値と座標変換値の差分ベクトル（出典：JPT）

上記の結果について、CPT と JPT で協議を行った結果、一部の特異点を除けば測量値と座標変換値の差は 0.05m 程度であり、パラメータを用いた座標変換結果は十分な精度を有していることから、本作業で算出した座標変換パラメータ（7 パラメータ）を採用すると判断した。しかしながら、本パラメータは、5 点の CORS のみを使用して算出したもので、カンボジア全土での精度評価を行っていないことから、座標変換パラメータ（7 パラメータ）は原則として GDCG 内で使用するものとし、地籍調査のために座標変換パラメータを外部に公開することについては、今後 GDCG 内で検討し決定することとした。また、外部へ公開するパラメータは 3 パラメータとすることも検討することとした。

（4）地域ごとに適合した座標変換パラメータ

JPT は CPT に対して、カンボジア全土に CORS が整備された後に実施すべき、座標変換パラメータの検証作業について説明を行った。作業内容は、上記で実施した作業と同様に、座標変換パラメータを用いて CGD23 に座標変換をおこなった基準点において測量作業を実施し、測量値と座標変換値を比較することで、座標変換パラメータを評価することである。この結果、仮に座標値の差が大きく、算出したパラメータが適合しない地域が認められた場合は、地域ごとに適合したパラメータを作成す

る必要が生じる。地域パラメータ作成の判断方法は下図のとおりである。



- A) 一部ベクトルの向きが異なるが、ベクトルの大きさが誤差の範囲内であるから、既に適合していると判断できる地域。
- B) ベクトルの大きさが大きい地域に隣接しているため、ここをひとつのブロックとする。
- C) ベクトルの向きが同じであり、ベクトルの大きさが大きい地域であるため、ここをひとつのブロックとする。
- D) ベクトルの向きが異なり、ベクトルの大きさが大きく、かつベクトルの大きさが小さい地域に隣接しているため、ここをひとつのブロックとする。
- E) Bブロックと同じ傾向の地域である。しかし、南西側の点がBブロックに悪い影響を及ぼすと予想されるため、ブロックを分割する。

図 2-26 地域ごとに適合したパラメータを作成するための地域区分を判断する方法（出典：JPT）

なお、本プロジェクトの主な目的である地籍調査で座標変換パラメータを使用することを考えた場合、地籍調査の筆界点は標高を考慮しないため、座標変換は2次元で行うこととなる。2次元の座標変換で多用されるヘルマート変換やアフィン変換で計算を行うためには、最小二乗法による計算ツールを作成する必要があるため、それに関連した誤差論、観測方程式モデルと正規方程式、VBA マクロのプログラミングについて、JPT は CPT に解説を行った。また、解説した内容を「座標変換マニュアル（案）（Coordinate Transformation Manual (Draft)）」にまとめた。

（5）ガイドラインの整備

JPT は、座標変換パラメータの作成と座標変換計算に関する手順や基礎技術をガイドラインとしてまとめた「座標変換マニュアル（案）（Coordinate Transformation Manual (Draft)）」を作成し CPT に共有した。本マニュアルは、管理者側としての座標変換パラメータの整備手法と、利用者側としての座標変換パラメータの使用法の両方について記載されているため、GDCG の中長期的な測地技術者の人材育成に活用することができる。

2.5.2. 各活動の評価

成果 1 に係る各活動の評価項目及び指標・目標とその達成状況を下記に示す。成果 1 に係るすべての活動において設定した指標・目標は達成された。

表 2-18 成果 1 に係る各活動の評価項目と達成状況（出典：JPT）

活動	NO.	評価項目	活動上設定した指標・目標	達成状況
1-1	1	測地基準系についてのCPTの十分な理解	CPTが測地基準系について説明できる	達成 - 測地基準系CGD23が決定された。CPTはCGD23を新しい測地基準系として公表するための準備として、ドキュメントの作成やセミナーの準備を進めている。
1-2	1	設置場所及び仕様の決定等のプロセスについてのCPTの十分な理解	マニュアルができる	達成 - マニュアル案が作成され、GDCG内で共有された。
	2	CORS（5点）及びデータセンターの設置場所及び機材・ソフトウェアの仕様の決定	場所、仕様が決定される	達成 - 設置場所、仕様が決定され、それに従って現地再委託のための仕様書が作成された。
1-3	1	CORS（5点）とデータセンター設備一式の設置完了	納品検査に合格する	達成 - 5点のCORSがとDCが設置され、GDCG及びJPTの納品検査に合格した
1-4	1	CORSの日々の座標計算	マニュアルができる	達成 - マニュアル案が作成され、内容について協議を行い、GDCG内で共有された。座標計算方法は、マニュアルの、6.Campaign setupから10.Calculation result fileに記載されている。
	2	地籍測量及び工事測量に利用するCORSの測量成果の決定	マニュアルができる	達成 - 5点のCORSの座標値が決定された。マニュアル案が作成され、GDCG内で共有された。CORSの測量成果の決定プロセスは、マニュアルの11.Determination of CGD23 coordinatesに記載されている。
	3	日々のITRF座標値のモニタリング方法	マニュアルができる	達成 - マニュアル案が作成され、GDCG内で共有された。モニタリング方法は、マニュアルの12.Regular monitoring of CORS coordinate valuesに記載されている。
1-5	1	座標変換のパラメータ算出	ガイドラインができる	達成 - ガイドライン案が作成され、GDCG内で共有された。パラメータ算出方法は、ガイドラインの3.Calculation procedure of coordinate transformation parametersから5. Coordinate Transformationに記載されている。
	2	座標変換後の残差の分析	ガイドラインができる	達成 - ガイドライン案が作成され、GDCG内で共有された。残差の分析プロセスは、ガイドラインの6.Coordinate transformation parameterに記載されている。

2.6. 成果 2: 地籍地理総局による電子基準点及びデータセンターの運営維持管理能力の強化に係る活動

2.6.1. 各活動の実施内容及び成果

[活動 2-1] 電子基準点及びデータセンターの運営維持管理計画が策定される。

電子基準点及びデータセンターの運営維持管理計画を策定するにあたり、2022 年 8 月に JPT は、CPT の現状を把握するための SWOT 分析（強み（Strengths）、弱み（Weaknesses）、機会（Opportunities）、脅威（Threats）の四要因による分析）の素案を作成し、CPT に提示した。また分析の方法や素案について CPT に説明を行い、双方で妥当性の検討を行った。CPT のスタッフ・組織・予算の分析結果を踏まえ、①RTK 測量の経験を活かした、CORS に基づく NRTK（Network Real-Time Kinematic）測量による地籍調査の効率化、②関連教育機関での GNSS 教育拡充による GNSS に強い人材の育成、③有償サービスも視野に入れた予算計画、④利用者が機材を借用できる予算の確保、といった戦略案が得られた。

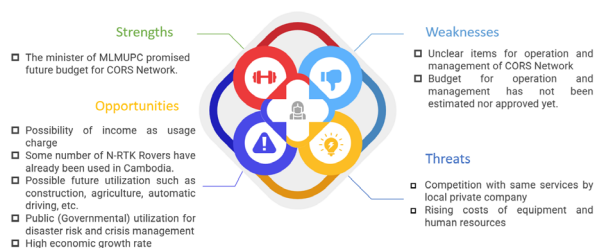
Step 1: SWOT Analysis of Staffs and Organization of GDCG



Step 2: Strategies for Staffs and Organization of GDCG

Aggression (Strengths x Opportunities) 1. Raise efficiency of cadastral survey using CORS network with partial outsourcing based on the experiences of RTK. 2. Educate and foster the university/college students through GNSS programs that prepare them for positions of leadership of the GNSS utilization in the society of Cambodia (both the government and private sector).	Gradual (Weaknesses x Opportunities) 1. Learn N-RTK from outsourced lectures.
Differentiation (Strengths x Threats) 1. Help engineers accumulate the experiences of N-RTK using CORS based on RTK survey experiences. Same training framework can be applied.	Defense (Weaknesses x Threats) 1. Need to minimize the shortage or lack of human resources and experiences for CORS managements or N-RTK in and out of GDCG.

Step 1: SWOT Analysis of Budget of GDCG



Step 2: Strategies for Budget of GDCG

Aggression (Strengths x Opportunities) 1. Planning the CORS budget incorporating usage charge of the N-RTK services. 2. Appropriate the budget for future user agencies (infrastructure construction, smart agriculture, disaster recovery, etc.) to rental N-RTK Rovers from experienced agencies.	Gradual (Weaknesses x Opportunities) 1. High economic growth will increase the necessity of more infrastructure. It will also provide the opportunity for using CORS for building infrastructure with concrete budget details.
Differentiation (Strengths x Threats) 1. Governmental investment will be able to put Khmer GEONET into an advantageous and reliable (endorsed) position rather than local private company's services.	Defense (Weaknesses x Threats) 1. Avoid unclear items and costs of O & M of CORS. 2. Consider collaboration rather than competition with private company on budget for O & M of CORS.

図 2-27 GDCG の SWOT 分析（一部抜粋）（出典：JPT）

JPT は、SWOT 分析と並行して 5 点の CORS 及び DC のための運営維持管理計画の構成案を CPT に提示し、協力して検討を進めた。その際、計画を大きく三つの段階（phase）に分割した。Phase 1 は有償サービス開始に向けた準備期間（かつ本プロジェクトの実施期間）として、運営維持管理の基本方針（サービス料金体系を含む）、組織体制、マニュアル、資機材保守（アウトソーシングを含む）、人材育成、予算、広報などについて、誰がいつまでに何をするかを整理した。Phase 2 では本プロジェクト期間終了後の CORS 全土ネットワークへの拡張に向け、Phase 1 の活動と経験を元に、資機材保守、人材育成、予算、広報等の他、IGS への CORS の登録についての検討を項目とした。Phase 3 で

は、より長期にわたる資機材の更新、人材育成、CORS 全土ネットワークの更なる拡張を項目とし、CPT 内での長期的な認識共有を支援した。下表に運営維持管理計画の各項目を示す。

表 2-19 Khmer GEONET 運営維持管理計画（出典：JPT）

Phase 1	Contents	Responsible Organization
1-1	Management Policy	CPT, MLMUPC, MEF
1-2-1	Organizational Structure: O & M Office	CPT, MLMUPC
1-2-2	Organizational Structure: Registration Service Office	CPT, MLMUPC
1-2-3	Organizational Structure: Technical Inspection Office	CPT, MLMUPC
1-2-4	Organizational Structure: Staff of the O & M Office	CPT, MLMUPC
1-3	O & M Manuals and Reporting App for Data Center Operators	CPT, JPT, Private Company
1-4	O & M Manuals and Reporting App for On-site Station Staff	CPT, JPT
1-5	Public-Private Partnership	CPT, Private Company
1-6	Human Resources Development	CPT
1-7-1	Equipment Planning for 5 Stations and 1 Data Center	CPT, JPT
1-7-2	Updating of Batteries for 5 Stations	GDCG, Private Company
1-8-1	Budget Planning for Fiscal Year 2024	CPT, JPT, Private Company
1-8-2	Budget Planning for Fiscal Year 2025	CPT, Private Company
1-9	Start of the Charged-Service	CPT
1-10	Public Relations	CPT, JPT
Phase 2	Contents	Responsible Organization
2-0	Start of the Charged-Service	GDCG
2-1	JICA Grant Aid for Nationwide CORS Network	GDCG, Joint Venture (JV)
2-2	Updating of Batteries for Nationwide CORS Network	GDCG
2-3	Updating of Software	GDCG, Private Company
2-4	Public-Private Partnership	GDCG
2-5	Human Resources Development	GDCG
2-6	Equipment Planning	GDCG
2-7	Budget Planning	GDCG
2-8	Public Relations	GDCG
2-9	Registration as the International GNSS Service (IGS) Station	GDCG
Phase 3	Contents	Responsible Organization
3-1	Updating of Hardware (GNSS Receiver, Antenna, UPS, etc.)	GDCG
3-2	Updating of Storage, Server, etc.	GDCG
3-3	Updating of Software	GDCG
3-4	Human Resources Development	GDCG
3-5	Future expansion of the Khmer GEONET	GDCG

また、JPT と CPT は、運営維持管理計画のモニタリングのため、運営維持管理計画ロードマップ案の策定を行った。モニタリング中（本プロジェクト実施期間中）に、年度の経過や有償サービス開始時期の変更などがあった場合は、必要に応じ、計画とロードマップの項目を適宜更新した。

CPT と JPT は、機材供給元である Aruna 社とハードウェア及びソフトウェアの保守契約内容を整理し、必要な資機材マニュアルやチェックリストのオンライン共有（Google Drive、Telegram の利用）

図 2-28 運営維持管理計画、ロードマップ（一部抜粋）（出典：JPT）

[活動 2-2] 電子基準点及びデータセンターの運営維持管理体制が構築され、マニュアルが整備される。

Khmer GEONET の有償配信サービス開始に向け、日本の GEONET 保守事例を参考に、5 点の CORS 及びデータセンターの運営維持管理マニュアル案を JPT と CPT が共同で策定した。マニュアル案英語版の合意形成後、地方事務所の職員向けに JPT が英語版からクメール語版への翻訳を手配し、クメール語版も CPT と共有した。

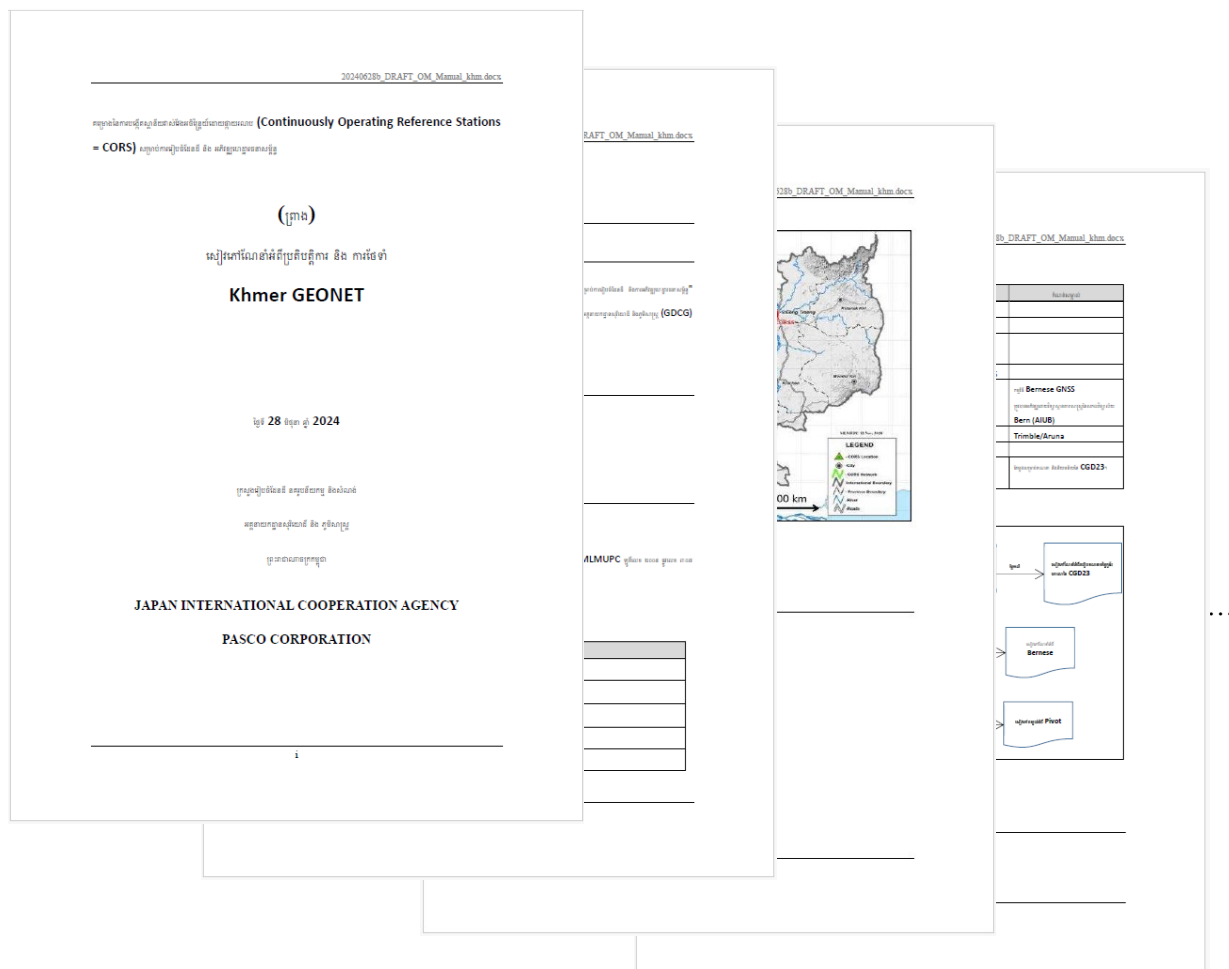


図 2-29 運営維持管理マニュアル案（クメール語版、一部抜粋）（出典：JPT）

運営維持管理マニュアル案では、Khmer GEONET の管理体制、通常時・緊急時のレポートラインの枠組み、日報・週報等報告手順及び報告ツールの概要、データバックアップ体制、有償配信サービスの料金体系案等について整理した。地方の CORS 管理のためのモバイル報告ツールは、CPT が ArcGIS Survey123、ArcGIS Field Maps 及び ArcGIS Dashboard を組み合わせたアプリをクメール語表示で開発したものであり、既に一部で運用が開始されている。CPT は、2025 年 6 月に予定している有償配信サービスの開始に先立ち、CORS の管理を担当する地方土地事務所の職員へのトレーニングを行うことを予定している。CPT が開発したモバイル報告ツールにより、地方の CORS 管理担当者は、自らのス

スマートフォンからインターネットにアクセスして各 CORS の状況を関係者間で迅速に共有することができる。

CPT は、現在の 5 点の CORS 及び DC の枠組みで運営維持管理の経験を積み、将来の CORS 全土ネットワークへの拡張時にも効率的な管理ができるよう、本プロジェクト終了後もマニュアルやツール等の改善を続ける意向である。

有償配信サービスの料金プランは CPT が MEF に申請済みである。MEF による承認後に、Khmer GEONET の Web サイトや Telegram 等を通じてユーザーに有償サービスの料金プランが周知される。また、CPT は、Khmer GEONET の新たな管理組織を GDCG の Geography Department 内に設置し、地方の CORS を管理する土地事務所との協力体制について MLMUPC 内部で正式に手続きを開始する。

ユーザーからの利用料金徴収は、CamDX (Cambodia Data Exchange Platform <<https://camdx.gov.kh/>>) を用いる予定である。CamDX は既存の省庁データベース間のデータ交換を、安全かつ効率よく行うためのシステムであり、MEF のデータセンターに構築されている。ユーザーは、CamDX で有償サービスのサービス内容選択や支払い方法の入力を行う。なお CamDX は既に MLMUPC の地籍情報閲覧サービス等で用いられており、ユーザー情報登録などの管理実績がある。ユーザーが支払う利用料金は CamDX を通じて一旦 MEF に収められる。その利用料収入のうち、18%が MLMUPC の予算に組み込まれ、Khmer GEONET の運営維持管理費として活用される見込みである。

Khmer GEONET のデータのバックアップは、CPT が調達した NAS (Network Attached Storage) で実施する。また、CPT は、月に一度、MLMUPC 庁舎とは別の建物にあるシステムで Khmer GEONET の全データをテープにバックアップして保管している。

[活動 2-3-1] 電子基準点データの配信が開始される。

(1) CORS データの配信開始及び継続

2022 年 6 月に、CORS データの配信に先立って、NRTK の補正データ配信を行う Pivot ソフトウェアの初期設定にかかる技術移転を、CPT の CORS 運用技術者に対して実施した。また、JPT による Pivot の設定内容の確認と補正データの評価を実施した。その後、CPT と JPT での Pivot 設定確認、現地でのローバーを用いたデータ取得の検証、補正データの評価にかかる協議を実施した。

この時点では、公表されたばかりの ITRF2020 に基づく座標計算に必要な外部データ（精密暦、アンテナモデル等）が存在していなかったため、CORS 近傍にある CGD09 座標を有する基準点上で GNSS 測量を実施して CORS の CGD09 座標を求め、試験配信は CGD09 を用いて行うこととした。

これらを経て、2022 年 8 月に補正データがインターネットを介して配信されるようになった。配信開始当初は、配信データの品質が不安定な状況が散見されていたため、JPT は CPT、再委託業者（Aruna 社）と協力して、継続的に Pivot の設定調整や CORS 側の通信ルーター交換を行った。同年 9 月からは、配信データの現地での検証作業実施のため、自動検証ツールの作成、リモートでのツールセットアップ、長時間観測テストを実施した。同年 9 月 30 日から CPT は、外部に向けた試験配信サービスを開始した。Pivot の初期設定及び調整の技術移転の結果として、メーカー（Trimble 社）の支援を受けながらも CPT が自ら設定を適切に調整できるような技術レベルとなり、CPT による DC の運用が可能となった。



図 2-30 現地でのデータ取得検証作業風景（撮影：JPT）

Khmer GEONET の利用者登録は、外部配信開始直後から可能となった。2024 年 11 月時点で 1,500 名が同サービスに登録している。登録者数の推移を下図に示す。2023 年 5 月時点での登録者 342 名のうち、政府系機関は 225 名、民間は 108 名、学術機関は 9 名であった（第 4 回 JCTM 資料）。その後、地籍測量に用いる地方の土地事務所の利用者が急増している。

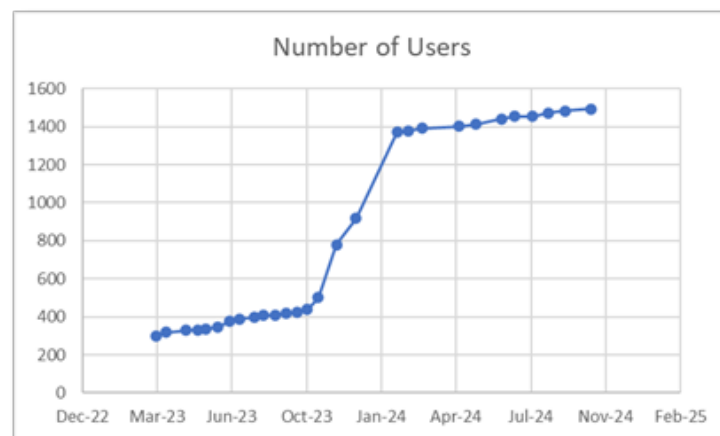


図 2-31 Khmer GEONET の利用者登録数の推移（出典：JPT）

Khmer GEONET の配信サービスは、2022 年 10 月 27 日の国土省令に基づき、利活用促進のため、無料で開始された。Khmer GEONET の Web サイト（<https://khmergeonet.xyz/>）で利用者登録を行い ID やパスワードを取得すると、利用者の GNSS 受信機（ローバー）で高精度測位（NRTK、Single RTK）を行うために必要なリアルタイム補正情報をインターネット経由で得ることができる。またスタティック測位に必要な RINEX ファイルもダウンロード可能である（SLA 参照）。

2023 年 10 月 27 日以降は有償での配信に移行する予定としていたが、サービスエリアが限定されていること、料金プラン案の承認に時間を要したこと、さらに CDG23 の公開スケジュールとの兼ね合いもあり、2023 年 10 月 16 日の国土省令に基づき、2025 年 6 月 26 日から有償での配信が実施される

予定となっている。

配信の品質管理や関連技術について、JPTはCPTの技術者に対して技術移転を実施した。具体的には、①基線解析に用いるアンテナモデルを変更した場合の座標値への影響、②太陽活動に伴う電離層擾乱の測位への影響、③登録ユーザーの分析、④新しい測地基準系のエポック（元期）設定、⑤RTKLIBソフトウェアによる後処理キネマティック解析、について講義と実習を行った。また、CPTとの協議において、新しい測地基準系は2023年の観測データを用いて計算しCGD23と呼ぶこと、利用者への影響を考慮して当面の配信ではCGD09の座標値で配信を続ける方針であることを確認した。これらの技術移転の結果として、CPTが独自に品質管理のための後処理キネマティック解析を実施できるようになった。

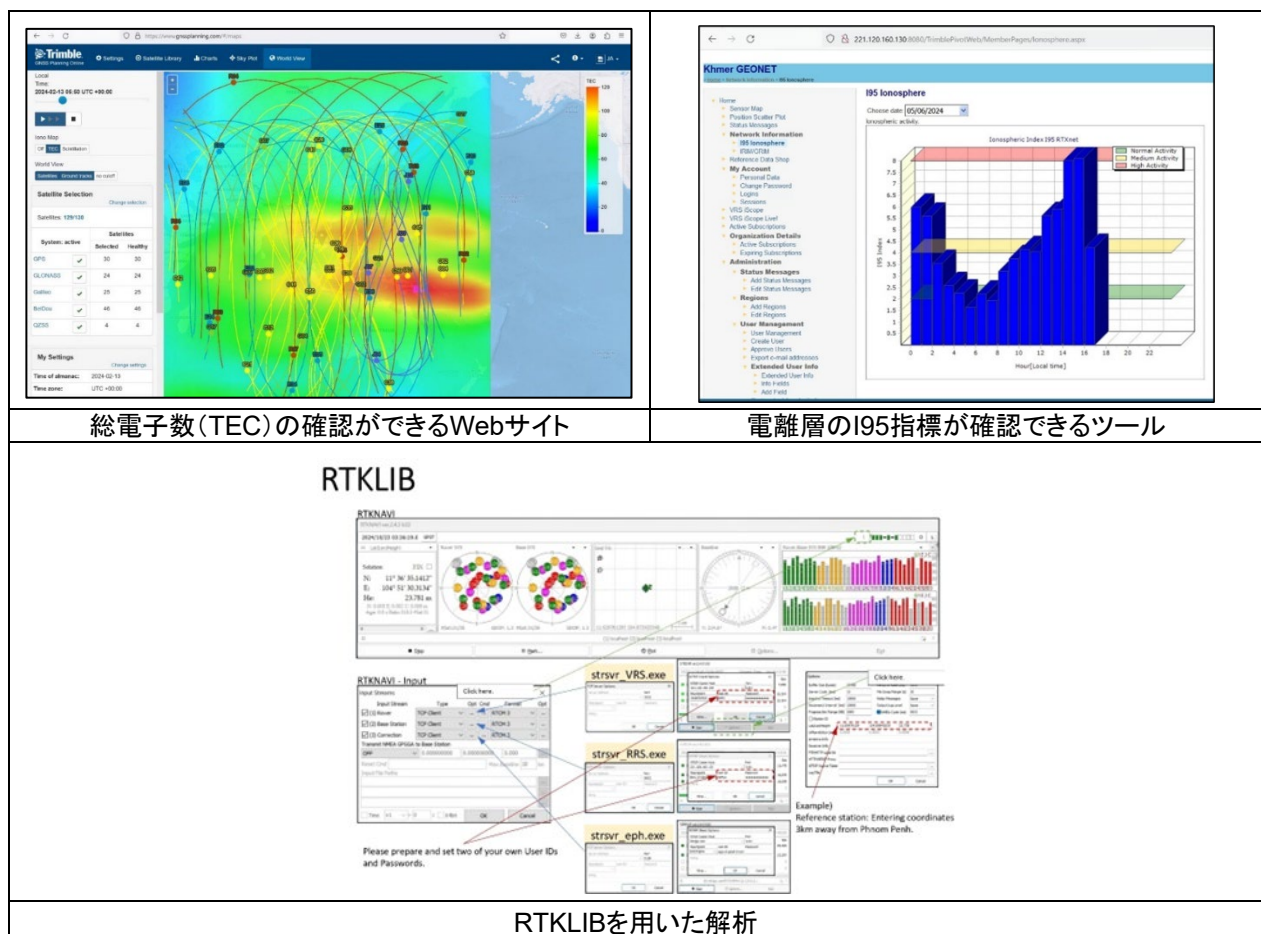


図 2-32 データ品質管理にかかる技術移転（出典：JPT）

2025年には太陽活動の極大期を迎えることから、低緯度地域で頻発する電離層擾乱時の測位精度を見積もるため、JPTはCORS間の後処理キネマティック解析及びPivotのPosition Scatter Plot機能の調査などを実施し、その内容についてCPTに講義を実施した。また、DCのネットワーク回線のバックアップが課題として挙げられたため、バックアップ構築方法について技術的な協議を隔週会議などで継続して実施した。保守を担当しているAruna社からは、いくつかの対応案が提示され、実現可能性とコストを勘案し、対応について検討を行ったが、2024年11月時点ではまだバックアップ回線は設置されていない。

落雷によるものと思われるアンテナの故障が配信開始後 4 回発生した。故障への対応として、予備アンテナへの交換を行い、故障したアンテナをメーカーで修理する対応を行っている。故障発生から復旧までに要した時間は、過去の 4 回の対応において徐々に短縮されている。直近では、2024 年 9 月に故障が発生したが、この際は 2 日で復旧した。障害対応のスピードは、サービスレベルに直接影響するため、対応時間が短縮されていることで、CPT の運用能力が向上している、と言える。

[活動 2-3-2] パイロットプロジェクトが実施される。

(1) パイロットプロジェクト（実証事業）実施のためのニーズの調査と整理

JPT は、2022 年 3 月にカンボジア政府機関及び民間企業から課題やニーズを確認し、実証事業計画書の作成や実証事業の選定の基礎資料とするための調査を実施した。公共事業省道路インフラ局、同省下水道局、農業総局、メイホーアティーボ、メイホーエンジニアリング、ES インターナショナルコンサルタント、JC グループ、EZ Surveying、Key Consultant Cambodia、カンボジア建設業協会（Cambodia Constructors Association : CCA）、カンボジア地雷対策センター（Cambodian Mine Action Centre : CMAC）、ASIACOM、プノンペン水道公社（Phnom Penh Water Supply Authority : PPWSA）、プノンペン都公共事業運輸局（Department of Public Works and Transport : DPWT）、NORAK Engineering、林業・共同林業部（Department of Forest and Community Forestry : DFCF）、トンレサップ局等との面談を実施し、衛星測位の利活用状況、測量機器販売会社による民間 CORS 運営の状況、実証事業への参画への関心などについてヒアリングを実施した。このうち PPWSA、Key Consultants、及び JC グループからは、CORS の利活用について関心があり実証事業への参画を検討するとの回答を得た。

(2) 実証事業計画の立案と選定基準の作成

JPT は、ニーズの調査結果を基に実証事業計画書の概要版を作成し CPT と協議を行った。概要版には、実証事業の目的、コンセプト、スケジュール、対象分野及びその実施内容、参加要件を記載した。合わせて実証事業の参加に意欲を示す企業を訪問し、実証のアイデアについて協議したうえで事業計画書案の実施内容に反映した。CPT から、Khmer GEONET のユーザー登録を行うこと、測量会社及び測量士として GDCG に登録を行うことを実証事業の参加要件に含めるように要望されたため、応募要件にこれらを追加した。その後、参加意欲を示した企業を再度訪問し、応募要件などについて説明した。各社に対しては、事業計画書を作成した後に参加要件や費用の支援内容について説明することとし、並行して具体的な実証の内容の検討を開始するように依頼した。

上記と並行して、JPT は CPT とともに応募要件、選定方法を実証事業実施要項として取りまとめ、内容について JICA の合意を得た。

(3) 実証プロジェクトの選定

CPT は、2022 年 8 月に実証プロジェクトの申し込み Web サイトを公開し、受け付けを開始した。期限内に 7 件の申し込み（測量分野 4 件、建設分野 1 件、農業分野 1 件）があったが、そのうち企画書の提出があったのは 4 件であった（測量分野 2 件、建設分野 1 件、農業分野 1 件）。提出された 4 件の応募書類の審査精査を行い内容に問題が無いことを確認し、JICA 及び CPT に共有した。

表 2-20 実証プロジェクトの応募者と選定結果（地籍測量以外）（出典：JPT）

会社名	分野	企画書の提出	選定結果
Key Consultants (Cambodia) Ltd.	測量	あり	○
JC Agricultural Cooperatives Co.,Ltd.	農業	あり	○
IKEE PAVING SYSTEMS CO., LTD.、株式会社トプコン	建設	あり	○
PPWSA	測量	あり	○
現地企業A	測量	なし	×
現地企業B	測量	なし	×
現地企業C	測量	なし	×

JPT と CPT は、2022 年 10 月 15 日の応募期限までに受領した 4 件の企画書に対して選定基準に従って内容確認及び審査を行った。その結果、上記の 4 つのプロジェクトが選定、承認された。地籍測量分野については当初の募集期間に応募が無かったため、2022 年 10 月 15 日から改めて応募が期待できる候補先を CPT と JPT で検討し、2023 年 3 月 17 日より CPT は複数の地籍パイロットプロジェクトの応募候補先に声掛けを行った。その結果、Aruna 社とカンボジア王立農業大学が共同で地籍測量分野のプロジェクトに応募することとなり、2023 年 6 月 9 日に Aruna 社から企画書が提出された。同年 7 月 12 日に選定基準に従い JICA（本部及びカンボジア事務所）、CPT、JPT により企画書の審査を実施した。企画内容への疑問点や指摘事項に対する企画書の修正を経て、基準以上の提案内容であると判断したため、2023 年 7 月 19 日に同プロジェクトを選定した。実証事業の企画提案に対する具体的な選定プロセスを下表に示す。

表 2-21 実証事業の選定プロセス（出典：JPT）

日付	プロセス
2022年8月22日	WEBサイト等での募集の開始（地籍分野は応募無し）
2022年10月15日	CPT及びJPTによる地籍の実証事業の応募候補先の検討
2022年11月18日	JICA、CPT、JPTによる企画書の内容確認及び審査 企画内容に対する指摘事項及び疑問点の応募者への通知（地籍分野以外）
2022年11月30日	上記指摘事項や疑問点に関するヒアリングの実施、回答の受領（地籍分野以外）
2022年12月19日	JICAによる企画書の承認（地籍分野以外）
2023年2月21日	CPTによる企画書の承認（地籍分野以外）
2023年3月17日	CPTによる地籍分野の実証事業の応募候補先への声掛け
2023年6月9日	地籍分野の応募者（Aruna社）からの企画書の提出
2023年7月12日	JICA、CPT及びJPTによる地籍分野の企画書の内容確認及び初回の審査、企画内容に対する指摘事項及び疑問点の応募者への通知
2023年7月14日	上記指摘事項や疑問点に関する地籍分野の応募者からの回答及び提案書の受領
2023年7月19日	JICA、CPT及びJPTによる地籍分野の企画書の最終審査、再委託先の選定

募集の開始から最終的なプロジェクトの選定まで約 1 年を要した。地籍分野のプロジェクトに対して当初民間企業からの応募がなく選定に時間がかかったことが要因であった。ニーズの調査の時点で関心のある企業を調査しておくことが重要である。

(4) 実証事業の実施

JPT と上記 5 件の実証事業の実施者が業務委託契約を締結し、順次事業を開始した。CPT と JPT は、プロジェクトの進捗を月次で確認するとともに、円滑な実施を支援した。下表に各プロジェクトの実施概要を示す（詳細は、別添の実証プロジェクト実施報告書を参照）。

表 2-22 実証プロジェクトの実施概要（出典：JPT）

NO.	名称・実施者	概要
1	[Cadastral Survey] Accuracy Verification of Cadastral Survey with Khmer GEONET (Aruna Technology Ltd., Royal University of Agriculture, General Department of Cadastral and Geography, MLMUPC)	地籍測量作業に、Khmer GEONETを利用できるか検証した。プノンペン の 3つのCORSに囲まれるエリアとその外側、シェムリアップ、スタントレン地区のCORSから10km圏内とその外側で測量を実施し、地籍測量に必要な位置精度が得られるかどうかを検証した。 検証の結果、上記の圏内であれば数mm～数cmの精度で測量が可能ながわかった。またその圏外であってもCORSから50kmまでは数cm程度の精度で測量が可能ながわかった。さらに地籍測量の現場で測量の再現性について検証し、同じ位置を複数回計測し、その差は数mmであることが確認できた。従来の参照局を用いたRTK測量よりも効率的に作業が実施できることがわかった。
2	[Construction] Utilize Khmer GEONET data in the construction project (IKEE & TOPCON)	国道5号線(バタンバン)の舗装工事の検査に、Khmer GEONETを利用した。従来手法とKhmer GEONETを用いた手法で作業を実施し、作業効率や精度を比較した。実証サイトがCORSから離れているため、別途プノンペンにて精度評価も行った。 舗装工事の舗装厚の検査における効率は、従来法では作業員5名で行っていたことが2名で行えるようになり効率は2.5倍となった。 プノンペンで実施したKhmer GEONETと国家基準点を使用したRTK測量との比較結果は、数cmと良好な結果であった。
3	[Agriculture] Accuracy Verification of Agri-Drone auto flight for spraying fertilizer and chemicals (JC Agricultural Cooperatives Co., Ltd.)	農業用ドローンによる肥料散布に、Khmer GEONETを活用した。GPSのみによるドローンの飛行とKhmer GEONETを利用したドローンの飛行を比較して、散布作業の正確性や効率性を確認した。 位置精度についてはドローンの着陸地点での比較を行った。GPSのみの場合の差は30cm程度だったのに対して、Khmer GEONETを使用した場合の位置精度については数～10cm程度と良好な結果であった。効率については、同程度であった。
4	[Survey] Flood Inundation Study in Siem Reap Town Using Khmer GEONET (KEY CONSULTANTS (CAMBODIA) Ltd.)	シェムリアップ川周辺のデジタル標高データを作成するための基準点測量と横断測量にKhmer GEONETを利用した。国家基準点を使用した場合とKhmer GEONETを使用した場合の精度と効率を比較した。 位置の差は数cmであり様々な測量に活用できることが確認できた。標高の差は20cm～30cm程度であった。これはジオイドモデルの適用により解消されるものであり新しいジオイドモデルの提供が望まれる結果となった。作業の能率では従来法の場合4日半かかる作業が2日に短縮できることがわかった。
5	[Survey] Transmission Main DN500mm on National Road 3 (NR3) Extension project water services (PHNOM PENH WATER SUPPLY AUTHORITY)	プノンペンの水道拡張事業の水道施設管理図作成のためのマンホールや道路形状の測量作業に、Khmer GEONETを利用した。道路延長15.5kmの間で国家基準点と与点にした方法とKhmer GEONETを用いた手法でそれぞれ測量し、精度を比較した。 検証箇所での位置の差は20cm～30cm程度であった。検証結果については都市部の周辺環境の悪い中(建物や街路樹等で上空が開けていない場所)で実施した結果であり、数cm以内の位置精度で測量できることも確認できた。



地籍測量プロジェクト(Aruna Technology Ltd、他)



建設プロジェクト(IKEE & TOPCON)



農業プロジェクト(JC Agricultural Cooperatives Co., Ltd)



図 2-33 実証プロジェクトの活動の様子（撮影：JPT、CPT）

(5) 実証事業の報告

5 件のプロジェクトの実施報告書をもとに、実証事業を総括する。まず、Khmer GEONET を利用するメリットとして、測量作業者が GNSS 受信機から簡単に Khmer GEONET に接続できることと、精度の良さが報告されている。また従来の基準点を用いた GNSS 測量よりも作業人数を減らすことができ、結果として効率化につながっていることも報告されている。

表 2-23 Khmer GEONET を利用するメリットの例（出典：JPT）

地籍測量分野	- 信頼性が高い - 多くのGNSS受信機が利用できる - 公的な測地基準系により座標が定められている - 接続までの時間が早い
建設分野	- リアルタイムで高精度な測量が可能である - 作業者の技術力に左右されず正確な作業ができる - 測量作業が効率化できる
農業分野	- 位置精度が高い
測量分野	- 簡単に接続でき、すぐに作業を開始できる - 位置精度が高い - 作業員を削減できる

一方、Khmer GEONET の利用にあたって直面した各分野共通の課題、懸念事項として、携帯電話の通信強度が弱いエリアでは接続ができなかったり良好な測位結果（いわゆる FIX 解）が得られなかったりすること、CORS のサービスエリアが現時点では限定的であることが挙げられた。

表 2-24 Khmer GEONET の利用に関する課題及び懸念事項（出典：JPT）

地籍測量分野	- サービスエリアが限定的 - 太陽活動が最も活発化する時期の影響
建設分野	- サービスエリアが限定的 - サーバーが落ちて接続できないことがあった
農業分野	- 携帯電話の通信強度が弱いエリアでは接続できないことがある - サービスエリアが限定的
測量分野	- 携帯電話の通信強度が弱いエリアでは接続できないことがある - サービスエリアが限定的

日本の無償資金協力プロジェクトによるサービスエリアの拡大により、サービスエリアについての課題は将来的に解決されると考える。携帯電話の通信強度についてもモバイル通信のインフラ整備によりいずれ解消されるものとする。ジオイドモデルについては GDCG により準備が進められており将来的に解決される課題と考える。

以上のように、実証事業の実施によって各分野で Khmer GEONET の有用性が確認できた。各分野において今後の Khmer GEONET の利活用の拡大に期待する声があり、都市開発計画やインフラ工事、スマート農業への適用を今後検討するコメントがあった。これらの結果により実証事業の実施は有効であったと考える。

[活動 2-4] 電子基準点データのデータポリシー及びサービス品質保証（SLA）が策定される。

（1）データポリシーの策定

JPT は、2022 年 7 月に CPT と協議を行い、測量分野をはじめとした Khmer GEONET のデータ利活用を推進する分野において、データ配信方法や利用制限などについてとりまとめたデータポリシーの案を作成した。データポリシーには、GDCG が計画している有償配信時の登録料、データ利用料などの価格表案も記載した。CPT と JPT でとりまとめたデータポリシー案は、今後の有償配信開始までに GDCG が更新し、ユーザー向けドキュメントとして Khmer GEONET の Web サイトなどで公開されることが予定されている。

（2）SLA の策定

JPT は、2022 年 7 月に利用者に対して Khmer GEONET のサービスの仕様等を示す SLA（Service Level Agreement）に記載する内容について、CPT と協議を実施した。協議の結果、Single RTK、NRTK のデータ配信内容に関して以下のとおり決定した。

表 2-25 SLA に記載する内容（一部）（出典：JPT）

項目	内容
補正データの種類	RTCM3.2 MSM5（一般的な配信データの共通フォーマット）
RINEX データの種類	1 秒データ（高速移動体の後処理など） 15 秒データ（低速移動体の後処理など） 30 秒データ（後処理でのスタティック測量、地殻変動監視など）

同年 11 月に、Aruna 社と受信機の保守体制や Pivot ソフトウェアのオプション（Transform App, iScope）等について協議を実施した。Aruna 社は、JPT の要望に応じて、設置した CORS と同じ受信機

1 台を予備機器として Aruna 社で保持し、故障した場合は迅速に交換対応できる体制を整えることとした。また、JPT は CPT に対して、日本における配信サービスのメニュー、価格、SLA の事例を紹介した。JPT は、CPT に対して、有償配信に向けた準備として SLA の整備が重要であることを再確認した。

2023 年 2 月に、今までに実施した観測テスト等の作業を踏まえデータポリシー（案）及び SLA（案）を作成した。同年 6 月に、データポリシー、SLA について、修正した案を再提示し、協議すべきポイント、未決定事項について説明を行った。その後、検討協議を実施し決定事項について追記、修正を行った。さらに、これらを GDCG 内部で確認、協議を実施するように CPT に依頼した。未決定事項については、順次 CPT 内で協議、決定し、隔週オンライン定例会議で報告するように依頼した。その後も継続して、データポリシー及び SLA について、Khmer GEONET の現状に合わせた内容に調整を行い、2023 年 11 月に暫定版を作成し CPT に提示した。2024 年 8 月に、CPT が確認したデータポリシー及び SLA をクメール語に翻訳し、CPT に提供した。

[活動 2-5] 高精度測位サービス向上のためのユーザーサポートが強化され、マニュアルが整備される。

2022 年 12 月に、CPT とユーザーサポートマニュアルの整備について協議を行った。協議では、ユーザーサポートに関して、ユーザーからの問合せへの対処方法などについての例題を出し、実践的な対応についての能力強化を行った。また、JPT が問合せ記録の基本フォーマットを CPT に提供し、今後の運用で活用することを提案した。ユーザー対応では、問合せごとに完結するのではなく、問い合わせ内容、対応経緯、結果などをデータとして記録、蓄積し、関係者間で共有することが重要であることを CPT に伝え、合意を得た。また、ユーザー登録についても協議を行い、登録方法、登録記録のフォーマット、記録の保存などについて日本の事例を参考に具体的な方法を検討した。

2023 年 6 月に、現地での CPT との協議において、配信の運用体制、有償配信、ユーザー登録、ユーザーとのコミュニケーションを含む、ユーザーサポートマニュアルの骨子を提示し CPT からの合意を得た。その後、同マニュアルの各項目について日本の事例を紹介しながら具体化する作業を CPT との協議の中で行った。ユーザーとのコミュニケーションは、カンボジアで広く普及している SNS ソフトウェアの Telegram を主に使用することとした。また、有償配信に向けた課金方法について、GDCG 内で検討し決定することとした。2023 年 11 月に、協議及び修正を行ってきたユーザーサポートマニュアルの暫定版を作成し、CPT に提示した。その後、実際の運用に沿った修正を継続し、2024 年 10 月に暫定版マニュアルをクメール語に翻訳し、CPT に提供した。さらに、ユーザーサポートの活動の一部として、ユーザーからのフィードバックを収集するための Web アンケートフォームを作成し、CPT に提示した。ユーザーからのフィードバックを元に、データ利用環境の改善を定期的に検討することを提案した。

図 2-34 ユーザーへの Web アンケートフォーム案（出典：JPT）

2.6.2. 各活動の評価

成果 2 に係る各活動の評価項目及び指標・目標とその達成状況を下記に示す。成果 2 に係るすべての活動において設定した指標・目標は達成された。

表 2-26 成果 2 に係る各活動の評価項目と達成状況（出典：JPT）

活動	NO.	評価項目	活動上設定した指標・目標	達成状況
2-1	1	現在及び将来における組織分析	現在の組織分析の結果が組織内で共有される	達成 - GDCGのスタッフ・組織体制・予算について SWOT分析が行われ、結果が共有された。
	2	運営維持管理計画の策定	運営維持管理計画案が組織内で共有される	達成 - 運営維持管理計画案が策定され、GDCG内で共有された。
2-2	1	運営維持管理体制の構築	役割を明記した体制表が組織内で共有される	達成 - 運営維持管理体制案が作成され、GDCG内で共有された。運営、維持管理、ユーザー対応について、担当者が明確化され、Khmer GEONETの試験運用が継続されている。
	2	運営維持管理マニュアルの整備	運営維持管理マニュアル案が組織内で共有される	達成 - 運営維持管理マニュアル案が作成され、クメール語版がGDCG内で共有された
2-3	1	CORSデータの配信開始	GNSS受信機で要求精度に応じた配信データを受信できる	達成 - 受信テストを実施し精度を確認した。その後の試験配信においてもユーザーの求める精度に応じた品質のデータを継続して配信している。
	2	実証事業の実施	実証事業が4分野で実施される	達成 - 4つの分野で総計5つの実証プロジェクトが実施された。
2-4	1	データポリシーの策定	データポリシーが策定される	達成 - 作成されたデータポリシーがGDCGによって確認されクメール語に翻訳された。
	2	SLAまたはそれ	ドラフトが策定される	達成

活動	NO.	評価項目	活動上設定した指標・目標	達成状況
		に準ずる文書のドラフトの策定		- 作成されたSLAがGDCGによって確認されクメール語に翻訳された。
2-5	1	ユーザーサポート体制の構築	ユーザーサポート体制が構築される	達成 - GDCG内にユーザーサポート担当者が配置され、遅延なくユーザーからの問合せ等に対応している。
	2	ユーザーサポートマニュアルの整備	マニュアルが整備される	達成 - 作成されたユーザーサポートマニュアルがGDCGによって確認されクメール語に翻訳された。

2.7. 成果 3: 電子基準点データの政府機関や民間企業での利用促進に係る活動

2.7.1. 各活動の実施内容及び成果

[活動 3-1] 電子基準点データを活用した高精度測位サービスの利活用計画が策定される。

JPT と CPT は、以表に示す Khmer GEONET の認知から継続利用の 3 つの利活用のステージを念頭において利活用促進のための様々な活動を行った。

表 2-27 利活用のステージと狙い、活動の概要（出典：JPT）

Stage	Aim/Effect	Activity
Recognize Khmer GEONET	Potential users recognize the existence of Khmer GEONET	Introduce Khmer GEONET itself as well as utilization examples through the website, leaflets, events, seminars, etc.
Register to Khmer GEONET	Potential users understand the usefulness and necessity of Khmer GEONET and then become Khmer GEONET users	In addition to the activities mentioned above, provide detailed information, let them try GNSS, and show benefits of using Khmer GEONET so that potential users decide to use Khmer GEONET for their work/business.
Continue to use Khmer GEONET	Users continue to use Khmer GEONET and expand their use	Provide useful technical and non-technical information about GNSS to assist their continuous and expanded use of Khmer GEONET. Encourage them to share their knowledge and experiences with others which might motivate them to use Khmer GEONET more.

Web サイトの公開や紹介リーフレットの作成、利活用事例の紹介、セミナー、GNSS 受信機の体験会等の活動を通じて得られたノウハウや気づきを、最終的に利活用促進計画として CPT と JPT が協力してとりまとめた。主な活動の実施内容を以下に記載する。

(1) Web サイトの構築

CPT と JPT は、Khmer GEONET の認知度を向上させるために Web サイトを構築し、2022 年 9 月に公開した。Web サイトでは Khmer GEONET のサービス内容の紹介の他に、ユーザーがログイン後にユーザーページで CORS の状態を確認したり後処理用観測データ（RINEX）をダウンロードしたりで

きるようにした。



図 2-35 Khmer GEONET の Web サイト（出典：<https://khmergeonet.xyz/>）

JPT と CPT は、Web サイトの開設後、プロジェクト期間中にサイトの更新を実施した。具体的には、利活用事例のページを追加し、実証プロジェクトの利活用事例紹介リーフレットを掲載した。また第 3 回プロジェクトセミナー終了後にセミナーの動画を掲載した。



図 2-36 Web サイトの利活用ページ（セミナーの動画）（出典：<https://khmergeonet.xyz/>）

（2）SNS のユーザーグループと情報共有チャンネルの構築

CPT はユーザーサポートのための Telegram グループと情報発信のための Telegram チャンネルを構築した。Telegram グループではユーザーからの Khmer GEONET についての質問投稿を CPT が回答することによりユーザーサポートを行っている。Telegram チャンネルではメンテナンス等の Khmer GEONET についての情報を発信している。

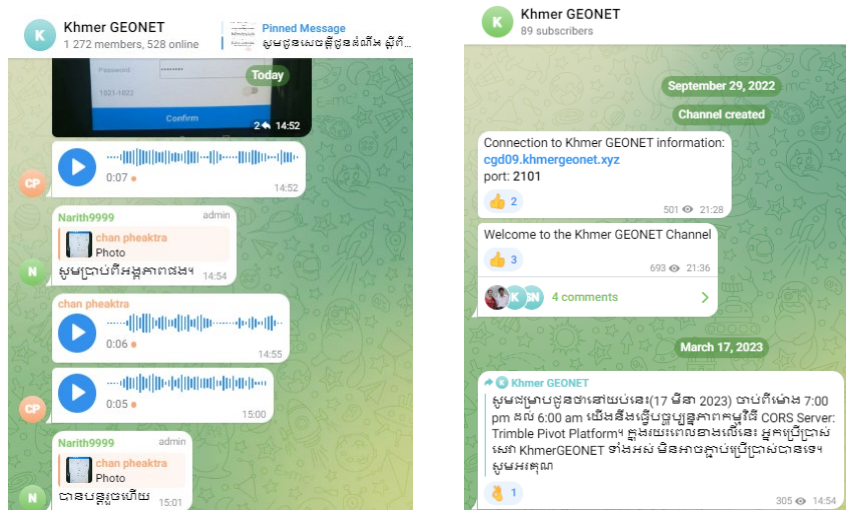


図 2-37 Telegram グループと Telegram チャンネル（出典：CPT）

(3) Khmer GEONET 紹介リーフレットの作成

CPT と JPT は、Khmer GEONET を紹介する英語版とクメール語版のリーフレットを作成した。サービスの概要やサービス提供エリア、ユーザー登録の方法や問い合わせ先を記載した。リーフレットは第 3 回プロジェクトセミナーで参加者に配布した。



図 2-38 Khmer GEONET 紹介リーフレット（クメール語版）（出典：<https://khmergeonet.xyz/>）

(4) 利活用事例リーフレット

5 つの実証プロジェクトの実施者が実施内容と成果をもとにどのように Khmer GEONET を利用できるのかを説明したリーフレットを作成した。CPT は、作成されたリーフレットを Khmer GEONET の Web サイトに掲載した。



図 2-39 利活用事例のリーフレット（出典：CPT）

(5) GNSS 体験会

2022 年 9 月 30 日に行われた第 1 回プロジェクトセミナーと 2024 年 6 月 5 日に行われた第 3 回プロジェクトセミナーで GNSS 受信機のデモを行い、参加者に GNSS 受信機の体験をする場を設けた。第 1 回プロジェクトセミナーでは、CPT が保有する GNSS 受信機を使用してデモを実施した。第 3 回プロジェクトセミナーでは、実証プロジェクトの実施者がプロジェクトで使用した GNSS 受信機やその他の測量機材のデモを行った。



図 2-40 第 3 回プロジェクトセミナーのデモの様子（撮影：JPT）

(6) その他の活動

CPT は Khmer GEONET の PR のため、MLMUPC が主催する展示会で Khmer GEONET の PR を行った。展示会では、GNSS 受信機等の機材を展示し、セミナーで使用した資料等を使用して Khmer GEONET の利用方法やメリットについて説明を行った。



図 2-41 展示会の様子（撮影：CPT）

JPT は、カンボジア日本人商工会の建設・不動産部会にて本プロジェクトの紹介をして Khmer GEONET の PR を行った。実証プロジェクト実施者の株式会社トプコン、JC Agricultural Cooperatives Co., Ltd も各実証プロジェクトの成果を報告した。建設・不動産部会の後に参加者に対してアンケート調査を行った。アンケートの結果、下図に示すとおり、建設・不動産分野では CORS や GNSS 技術が十分に認知されていることがわかった。

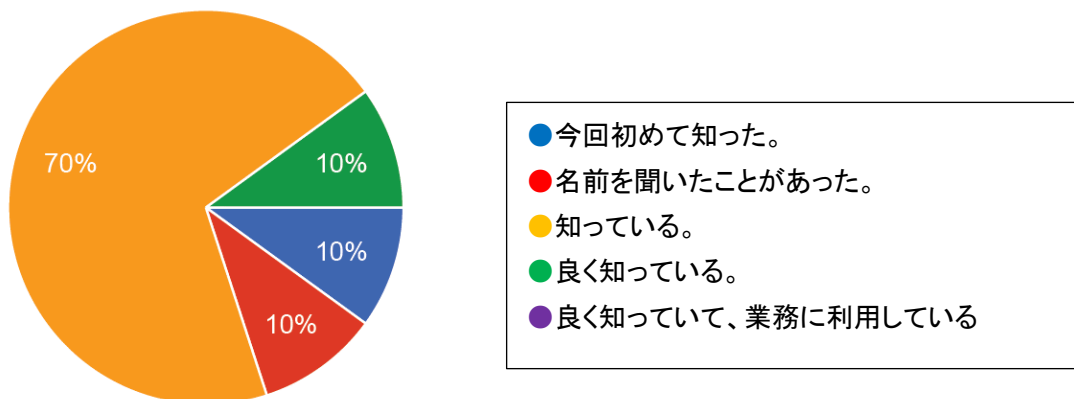


図 2-42 CORS や GNSS 技術は認知度の確認（出典：JPT）

また、下図が示すとおり、Khmer GEONETについて現時点で利用している会員はいないが、今後の利用を検討している会員がいることがわかった。

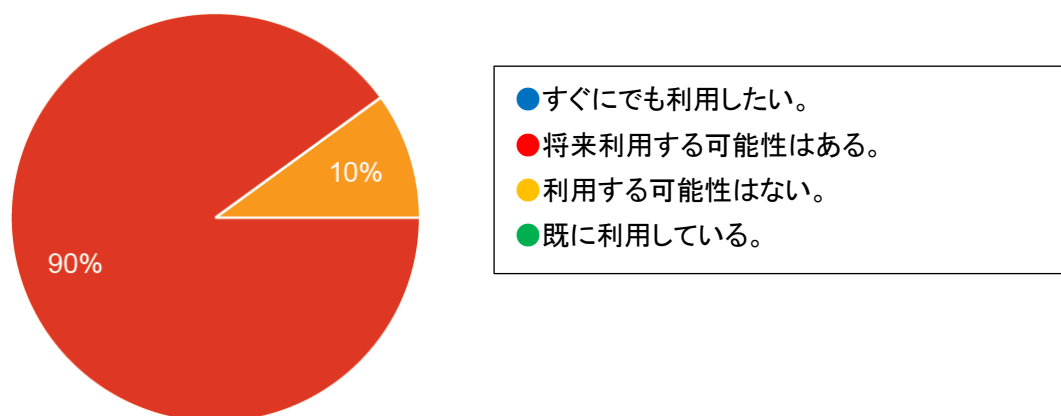


図 2-43 Khmer GEONET を今後利用する可能性について（出典：JPT）

Khmer GEONET の利用が想定される主な分野は、測量・建設分野であった。利用用途は工事現場、農地、施設等の測量、施工の検査、ドローンの飛行が想定されていた。参加者が Khmer GEONET に今後期待していることとしては、カンボジア全土でサービスが活用できるようになることなどが挙げられていた。

(7) 利活用促進計画の策定

上記した Khmer GEONET の利活用促進の考え方と、これまでに実施した利活用促進活動及び JPT の他国での経験をもとに、JPT と CPT は Khmer GEONET の利活用促進計画を策定した。計画では、活動ごとに役割、実施頻度、担当部署、実施内容、実施における留意事項をまとめた。

[E] Khmer GEONET Introduction leaflet			
Targeted stage	Recognize Khmer GEONET	Register to Khmer GEONET	Continue to use Khmer GEONET
Aim/Role	To introduce Khmer GEONET and raise interest		
Frequency of action	Update: when there are major changes to the service content (Ver. 1 was created in May 2024). Distribution: at seminars, events, conferences, etc.		
Responsible Department	Geography Department		
Content	Provide the following information on Khmer GEONET in text and graphics 1) Overview 2) Service description and service area 3) How to register as a user 4) Utilization sector 5) Contact information		
Remarks	- Mainly for inexperienced GNSS users, the words and explanations should be easy for anyone to understand. - It is important not only to add new information, but also to delete old or out-of-		

図 2-44 利活用促進計画の一部（Khmer GEONET の紹介リーフレット）（出典：JPT）

また、同計画には 14 の利活用促進活動と 6 つのポテンシャルユーザーの分野を設定した。それらを下表に示す。

表 2-28 14 の利活用促進活動（出典：JPT）

[A] Khmer GEONET website General page	[H] Exhibiting at events
[B] Khmer GEONET website User page	[I] Holding seminars

[C] Khmer GEONET Telegram group	[J] GNSS trial
[D] Khmer GEONET Telegram channel	[K] Khmer GEONET User Meeting
[E] Khmer GEONET Introduction leaflet	[L] GNSS training at GDCG
[F] Khmer GEONET Use case leaflet	[M] GNSS on-site training
[G] Khmer GEONET Utilization Guideline	[N] Pilot projects

表 2-29 6つのポテンシャルユーザーの分野（出典：JPT）

1	Surveying & Mapping sector
2	Utility (public infrastructure) sector
3	Construction sector
4	Agriculture sector
5	Navigation sector
6	Autonomous driving sector

さらに、同計画では上記の利活用促進活動についてプロジェクト終了後2年間の活動予定表を作成した。この予定表はCPTにより適宜更新されることが予定されている。

表 2-30 利活用促進活動の予定表（出典：JPT）

Item	2025												2026											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Distribution service																								
[1] Testing data distribution	By 25th June 2025																							
[2] Paid data distribution						From 26th June 2025																		
[2] Nationwide data distribution																								
Important events																								
Promotion of utilization																								
[A] Khmer GEONET website General page	By 25th June 2025																							
[B] Khmer GEONET website User page	By 25th June 2025																							
[C] Khmer GEONET Telegram group	Update as needed																							
[D] Khmer GEONET Telegram channel	Update as needed																							
[E] Khmer GEONET Introduction leaflet	By 25th June 2025																							
[F] Khmer GEONET Usecase leaflet	When the number of use cases increases																							
[G] Khmer GEONET Utilization Guideline	Update as needed																							
[H] Exhibiting at events	Exhibiting at Digital EXPO												Exhibiting at Construction EXPO											
[I] Holding seminars																								
[J] GNSS trial																								
[K] Khmer GEONET User Meeting																								
[L] GNSS training at GDCG																								
[M] GNSS on-site training	As needed																							
[N] Pilot projects																								

[活動 3-2] 電子基準点データを活用した高精度測位サービスを活用するためのガイドラインが整備される。

CPT と JPT は、Khmer GEONET の新規ユーザーがサービスを利用する際の手引書として利活用ガイドラインを作成した。ガイドラインには、①Khmer GEONET とは何か、②Khmer GEONET の利用方法、③Khmer GEONET の利用場面、④Khmer GEONET を利用する際の注意点、⑤ユーザーに役立つ参考情報、を記載することとし、JPT はドラフト版を作成した。その後、JPT は、本プロジェクトの各活動の成果を取り込む形でガイドラインを更新した。さらに、JPT は Khmer GEONET の仕様、実証事業の経験から得られた気づき、今後のサービスエリアの拡張予定範囲等を追記して、CPT との協議でガイドラインを最終化し、クメール語に翻訳した。

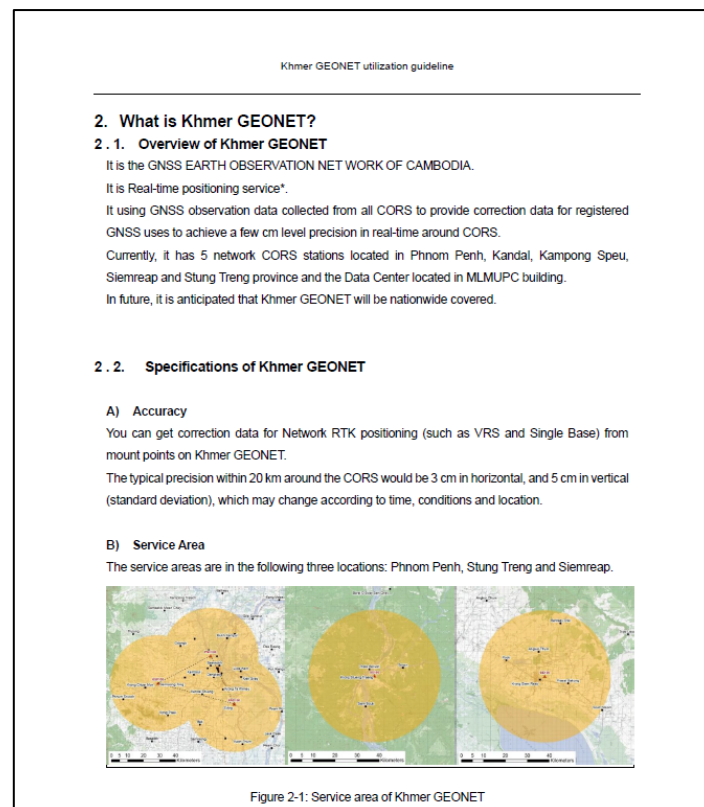


図 2-45 利活用ガイドラインの一部（英語版）（出典：JPT）

[活動 3-3] ネットワーク RTK 等の GNSS 測量マニュアルが整備される。

活動 1-5 において、座標変換パラメータ作成のために CPT が実施した、0 級及び 1 級基準点の GNSS 測量の実施過程において、現地での測量作業を実施する前に CPT と JPT で協議を行い、「GNSS 測量マニュアル（GNSS Survey Manual）」の整備方針を検討した。CPT は、GNSS 測量の実施に際して、検討した方針に概ね準じた内容で、スタティック法での GNSS 測量を実施した。GNSS 測量実施後に、スタティック法の作業の内容をとりまとめて、測量マニュアル案を作成した。さらに、JPT と CPT による協議の結果、NRTK 法の作業手順をマニュアルに追加し、基線解析や網平均計算の精度を評価するための指標も追加された。なお、マニュアルで規定された許容範囲指標などは、CPT が実際の作業

経験を踏まえて、プロジェクト終了後も継続して改訂する必要があることを説明した。

30th November 2023 Project on Establishment of Continuously Operating Reference Stations (CORS) for Land Management and Infrastructure Development GNSS Survey Manual Using Khmer GEONET	1. Contents 1. Contents i 2. Introduction 1 3. General 4 3.1. CGD23 (Geodetic Reference System and Map Projection) 4 3.2. Scope of application 4 3.2.1. Scope of application 4 3.2.2. Applicable area 5 3.3. Known points 6 3.4. Satellite system 6 3.5. GNSS survey instruments 6 4. GNSS survey using STATIC method for control point survey 7 4.1. Summary 7 4.2. Surveying network 7 4.3. Observation 7 4.3.1. Satellite system and the number of satellites required to calculate a precise location 7 4.3.2. Observation time 8 4.3.3. Other observation methods and points to note 8 4.4. Baseline analysis 9 4.4.1. Orbit information 9 4.4.2. Baseline length and frequency 9 4.4.3. Baseline analysis fixed points 9 4.4.4. Other baseline analysis methods and considerations 10 4.5. Calculation 10 4.5.1. Weight of net adjustment calculation 10 4.5.2. Checking calculation 10 4.5.3. Outcome calculation 11 4.5.4. Future consideration 11 5. GNSS survey using NRTK (VRS) method for Control Point and Boundary Point Survey 13 5.1. Summary 13 5.2. Observation 15 5.2.1. Satellite system and the number of satellites required 16 5.2.2. Observation time 16 i	5.2.3. Set Count 16 5.2.4. Other implementation methods and points to note 16 5.3. Calculation 17 5.3.1. Checking calculation 17 5.3.2. Outcome calculation 18 5.3.3. Checking survey 18 6. Appendix 20 NOTE: This manual was created with reference to the Japanese manual. Please gain experience in operating Khmer GEONET and adapt regulations such as allowable ranges to Cambodia. This part is marked in yellow. Also, please refer to this manual and complete the manual suitable for Cambodia. ii
---	--	--

図 2-46 GNSS 測量マニュアルの表紙と目次（出典：JPT）

[活動 3-4] 電子基準点データを活用した GNSS 測量の精度検証が行われる。

5 点の CORS からはスタティック法のための観測データと NRTK 法のための補正データが配信される。そのため、Khmer GEONET を用いて、これらの測量方式で測量を行うことで、精度検証を実施することとした。

（1）スタティック法の精度検証

スタティック法の精度検証を行うにあたって、CPT は、既設の GNSS 参照局 49 点を用いて検証作業を行う計画を立案した。GNSS 参照局で観測されたデータと、5 点のうち近傍の CORS で観測されたデータをスタティック法で解析することで、CORS を既知点とした参照局の CGD23 の座標値を計算した。基線解析及び網平均計算の結果として、想定以上に精度の低い結果が散見された。下表に基線解析において精度の低い基線ベクトルの例を示す。

表 2-31 基線解析において精度の低い基線ベクトルの例（マーカ一部）（出典：JPT）

Station Name		Precision		Station Name		Precision	
From	To	Horizontal (m)	Vertical (m)	From	To	Horizontal (m)	Vertical (m)
KR02	11	0.014	0.031	TK03	20B	0.013	0.042
KR02	11	0.011	0.037	TK03	20B	0.008	0.023
KR02	11	0.014	0.048	TK03	20B	0.011	0.039
KR02	20B	0.013	0.037	TK03	20B	0.012	0.039
KR02	20B	0.015	0.056	TK03	20B	0.023	0.076
KR02	20B	0.016	0.069	SG01	20B	0.006	0.036
KR02	20B	0.019	0.070	SG01	20B	0.004	0.022
MD01	11	0.001	0.003	SG01	20B	0.006	0.031
MD01	11	0.001	0.003	SG01	20B	0.006	0.042
MD01	11	0.003	0.005	SG01	20B	0.013	0.069
MD01	11	0.002	0.004	MD01	11	0.002	0.004
MD01	20B	0.013	0.035	MD01	11	0.006	0.013
MD01	20B	0.011	0.035	MD01	20B	0.008	0.023
MD01	20B	0.013	0.054	MD01	20B	0.016	0.050
MD01	20B	0.013	0.043	MD01	20B	0.018	0.096

基線解析で精度を低下させた原因について、CPT と JPT で議論した結果、以下のような結論に至った。

- 精度低下は 5 点の CORS の観測データの品質に起因するものではない。
- 一部の参照局のみ精度が低いため、その参照局の観測データに原因があると考えられる。
- 特に高さの精度が低いため、アンテナの位相中心変動（Phase Center Variation : PCV）補正が正確に実施されていることを確認する必要がある。
- 精度が低い基線では電波の受信状況が良くない傾向があるため、干渉電波、上空視界、機器トラブルなどによる受信障害が無かったか、データが連続して受信されているかを確認する必要がある。

次に、網平均計算の結果、精度が低い参照局の例を下表に示す。

表 2-32 精度の低い参照局の例（マーカ一部）（出典：JPT）

Station ID	Error			Error Ellipse		
	Easting (m)	Northing (m)	Elevation (m)	Semi-major Axis (m)	Semi-minor Axis (m)	Azimuth (Deg.)
KK02	0.027	0.027	0.185	0.036	0.032	128°
PH02	0.026	0.018	0.139	0.033	0.022	101°
KT01	0.024	0.020	0.127	0.031	0.024	111°
KK04	0.017	0.019	0.106	0.026	0.019	148°
KK01	0.015	0.019	0.098	0.023	0.018	167°
RK01	0.016	0.015	0.098	0.020	0.019	93°

網平均計算で精度を低下させた原因については、CPT と JPT で議論した結果、以下の結論に至った。

- 水平位置の誤差の標準偏差は十分に小さい（精度は高い）。
- 高さの誤差の標準偏差が大きいのは、基線解析で特定の参照局の精度が低かったことと、全体的に高さ方向の精度が低かったことに起因するものである。

上記の結果を踏まえて、CPT はプロジェクト終了後に、精度の低い特定の参照局を除却して再計算を行い、精度評価を独自で再度実施することとした。この GNSS 参照局を用いた精度検証過程を通して、JPT は CPT に対して、誤差要因の特定方法や誤差の最大方向を確認するための誤差楕円を用いた

精度評価法などに関する技術的助言を行った。また、その内容について、GNSS 測量マニュアルに追記した。

(2) NRTK 法の精度検証

5 点の CORS で構成される Khmer GEONET において、NRTK 法の精度検証が可能な地域は、プノンペン近傍の 3 点の CORS で構成される三角形エリアのみとなる。この地域を対象として、CPT と JPT は精度評価の作業方法について協議をおこない、精度検証計画を立案した。計画した精度検証の作業手順と実施内容は以下のとおりであった。

1. 対象となる三角形の地域の内側と外側 30km の範囲から、検証点となる 2 級、3 級基準点を選点する。
2. 2 級、3 級基準点の現地踏査を実施し、亡失点を確認する。亡失点は検証計画から除外する。
3. 選点した検証点の CGD09 の座標値を、座標変換パラメータを用いて CGD23 の座標値に変換する。
4. 座標変換した検証点について NRTK 法で測量を実施し CGD23 の座標値を取得する。なお、NRTK 法による GNSS 測量の実施方法は GNSS 測量マニュアルに準じて実施する。
5. NRTK 測量による座標値と座標変換による座標値を比較して、座標差を確認し、許容範囲内であることを確認する。
6. 許容範囲を超える座標差が得られた場合は、その原因を考察し究明する。

上記の NRTK 法による精度検証の実施は、Khmer GEONET が CGD23 を適用した配信を開始してからでないと実施できない。しかしながら、本プロジェクトの活動期間中に CGD23 に基づく補正データの配信が開始されなかったことから、上記の精度検証作業は完了できなかった。プロジェクト終了後、CGD23 に基づく補正データの配信が開始されるタイミングで、CPT が独自に精度検証作業を行うこととした。また、JPT は、カンボジア全土に CORS が整備された後に可能な限り広範囲で精度検証を実施することを、CPT に助言した。

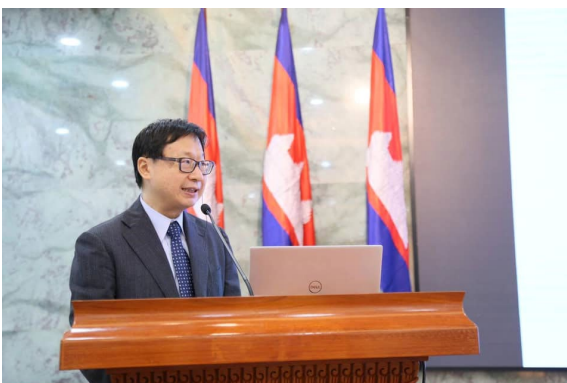
[活動 3-5] 電子基準点データを活用した高精度測位サービスの利活用促進のための現地セミナー、トレーニング、ワークショップ等の啓発活動が実施される。

(1) 第 1 回イベント：プロジェクトキックオフセミナーの開催

2022 年 9 月 30 日に、関係省庁、地方土地事務所、プノンペン水道公社、パイロット事業に関与している民間企業等から約 200 名を招いたセミナーを開催した。Khmer GEONET の潜在ユーザーでもある参加者に CORS の有用性について認知していただき利用に対する関心を高めていただくことを目的に、プログラムには本プロジェクトの説明や Khmer GEONET の概要及び運用・利活用計画の紹介に加えて、国土地理院による日本の CORS の紹介やトプコン社による周辺国における CORS の利活用事例を取り入れた。また、セミナーのサイドイベントとして屋外での CORS 利用体験会を開催し、GNSS 受信機（ローバー）と CORS の補正データを用いた高精度測位のデモンストレーションを実施した。

表 2-33 第 1 回イベントの概要（出典：JPT）

タイトル	The seminar on dissemination of CORS data of “Project on Establishment of Continuously Operating Reference Station (CORS) for land management and infrastructure development” supported by JICA
日時	2022年9月30日8:30-11:30(カンボジア時間)、10:30-13:30(日本時間)
場所	MLMUPC庁舎内大会議室及びオンライン(ハイブリッド)
目的	カンボジア政府関係機関、地方土地事務所、民間企業にCORSの有用性を紹介し、利活用の関心を高めていただく。また、本プロジェクトの概要及びカンボジアにおける他のJICA事業を紹介することで、円滑かつ効果的なプロジェクト活動の実施につなげる。
内容	1. Open remarks (H.E. Lor Davuth, Secretary of State of MLMUPC) 2. Greetings (Mr. Takayuki Shimodaira, Project Formulation Advisor, JICA Cambodia) 3. Introduction of JICA Project (Dr. Hiromichi Tsuji (Team Leader)) 4. Introduction of Khmer GEONET. The needs and expectations for the national positioning infrastructure in Cambodia (H.E Soun Sopha of GDCG) 5. Contributions of the national positioning infrastructure in Japan (Mr. Kojin Wada, Director, Satellite Geodesy Division, GSI), *Online 6. Use cases of GNSS/CORS in neighboring countries (Mr. Naoyuki Tamaki, Senior Expert, Topcon Corporation) 7. The Implementation and usage of Khmer GEONET for Surveying and Mapping in Cambodia (Mr. Chin Chharom, Deputy Director of GD and the member of project) 8. JICA technical cooperation in Cambodia (Mr. Takayuki Shimodaira, JICA Cambodia) 9. Closing remarks (H.E. Lor Davuth, Secretary of State of MLMUPC) 10. GNSS Hands-on experience using Khmer GEONET
参加者	会場：165名、オンライン：19名



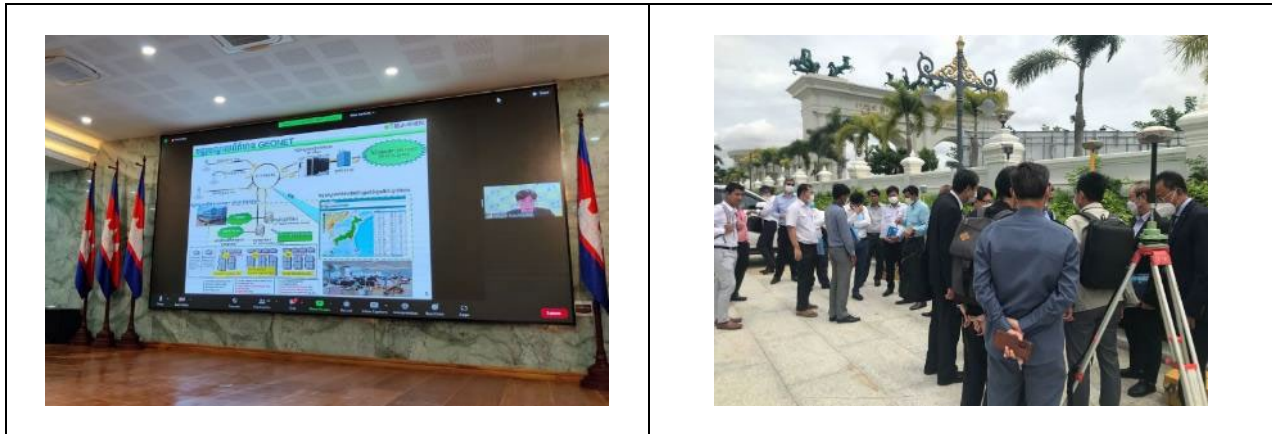


図 2-47 第 1 回イベントの様子（撮影：JPT）

(2) 第 2 回イベント：Cambodia Construction Summit and Expo 2022 への出展

建設分野の官民の関係者に対して Khmer GEONET を紹介し建設現場における利活用を促進することを目的として、2022 年 12 月 1 日～12 月 3 日にカンボジア市内の Diamond Island Convention and Exhibitions Center で開催された建設エキスポ 2022（主催者：CCA）に出展した。展示ブースでは、Khmer GEONET、CORS の利活用、JICA プロジェクトを紹介するポスターなどを掲示したほか、大型モニターで CORS を利用した i-Construction のイメージビデオを上映した。また、GNSS 受信機を展示し、GDCG のスタッフが Khmer GEONET の説明を行った。さらに、来場者の職場での Khmer GEONET の認知度向上を図るため、Khmer GEONET のパンフレットとステッカーを配布した。3 日間のブースへの来場者は約 600 名で、公共機関、民間企業、大学など幅広い層の方々に説明を行い、多くの質問を受けた。質問の内容は「CORS とは何か」といった基本的な事項が多く、今後の Khmer GEONET にかかる広報戦略の検討の必要性を改めて認識する機会となった。

表 2-34 第 2 回イベントの概要（出典：JPT）

イベント名/主催者	Cambodia Construction Summit and Expo 2022/ CAA
開催日	2022年12月1日～3日
場所	Diamond Island Convention and Exhibitions Center
目的	建設分野の官民の関係者に対してKhmer GEONETを紹介し建設現場における利活用を促進する
展示内容	- Khmer GEONETの紹介(ポスター) - CORSの利活用事例の紹介(ポスター) - JICAプロジェクトの紹介(ポスター) - i-Constructionの紹介(動画) - GNSS受信機(実物展示、説明) - Khmer GEONET紹介パンフレット及びステッカー(配布)
ブース来場者	約600名



図 2-48 第 2 回イベントの様子（撮影：JPT）

(3) 第 3 回イベント：プロジェクト完了セミナーの開催

2024 年 6 月 5 日、本プロジェクトの成果と Khmer GEONET の利活用事例を広く報せ、Khmer GEONET の一層の利活用促進を図ることを目的としてプロジェクト完了セミナーを開催した。

会議室では JPT 及び CPT による本プロジェクトの成果や Khmer GEONET の現在と将来展開に関するプレゼンテーションに加えて、5 件のパイロット事業の実施者がそれぞれの成果と Khmer GEONET 活用のメリットを発表した。また、屋外に設けた会場で Aruna Technology 社、IKEE 及びトプコン社、PPWSA に、Khmer GEONET を用いた技術やサービスを、実機を添えて紹介していただいた（当初は機器の実演も予定していたが、会場の都合で実演は取りやめとした。）。

表 2-35 第 3 回イベントの概要（出典：JPT）

タイトル	The seminar on reporting the results of “Project on Establishment of Continuously Operating Reference Station (CORS) for land management and infrastructure development” supported by JICA
日時	2024年6月5日8:30-12:00(カンボジア時間)、10:30-14:00(日本時間)
場所	MLMUPC庁舎内大会議室及び屋外駐車場
目的	本プロジェクトの成果とKhmer GEONETの利活用事例を広く報せ、Khmer GEONETのさらなる利活用促進を図る。
内容	1. Opening remarks (H.E Sar Sovann, Secretary of State) 2. Greetings (Mr. Hidenori Fujimura, Senior Advisor, JICA HQ) 3. Report on JICA project result (Dr. Hiromichi Tsuji, JICA Project Team) 4. Demonstration of pilot projects

	- Aruna Technology - IKEE & TOPCON - PHNOM PENH WATER SUPPLY AUTHORITY (PPWSA) 5. Introduction to Khmer GEONET distribution service (Mr. Chin Chharom, GDCG) 6. Use cases of Khmer GEONET - [Survey] Aruna Technology - [Construction] IKEE & TOPCON - [Agriculture] JC Agricultural Cooperatives - [Survey] KEY CONSULTANTS (CAMBODIA) - [Survey] PPWSA 7. Exchange of opinions (Mr. Chin Chharom, GDCG) 8. Closing remarks (H.E Sor Sovann, Secretary of State)
参加者	144名

実機を添えた高精度測位技術の紹介と実施者との質疑応答により、セミナー参加者は Khmer GEONET の理解を深めることができた。また、閉会前の意見交換セッションでは、水資源気象省からの Khmer GEONET の利用料に関する質問を含め、活発な議論が行われた。





図 2-49 第 3 回イベントの様子（撮影：JPT）

[活動 3-6] 本プロジェクト完了後の上位目標達成へのプロセスを含む、電子基準点整備のマスタープランが策定される。

JPT と CPT は、CORS マスタープラン検討のための協議を 2022 年 2 月より開始した。初めに、マスタープランに記載する項目の案を JPT が作成し、CPT との確認協議を行った。協議での CPT からのコメントを受け、記載項目の修正・追加を行ったうえで、マスタープランの目次案を作成し 2022 年 4 月の第 2 回 JCTM で承認を得た。その後、優先検討項目を抽出し、項目ごとに順次検討を進めた。マスタープランの内容は、活動 2-1 及び 2-2 で検討、整備している運営維持管理計画とマニュアル及び別途協力準備調査が実施されている無償資金協力プロジェクトの方針とのすり合わせが必要なため、それぞれの方針を確認しながら具体的な計画、検討にかかる協議を CPT と継続して実施した。当初想定していた追加検討項目については、多くが無償資金協力プロジェクト及びその準備調査で実施されることから、本プロジェクト内では検討を行わないことを CPT との協議で確認した。また、CPT との協議では、検討項目ごとに JPT がドラフトしたものを CPT が確認し、コメント追加しながら修正を進めることとした。

2023 年 6 月に実施した 5 回にわたる協議では、将来の Khmer GEONET の拡張案を検討するうえで、カンボジア全土に配置する CORS の点密度を検討し、いくつかの CORS 配点イメージを CPT に提示することで、拡張計画のより詳細かつ具体的な検討を提案した。CPT からは、CORS の配置計画については、実施中や計画中の開発プロジェクトのレビューを行い、各セクターでの現状調査と需要予測を行ったうえで、エリアごとに最適な配置密度を検討し、さらに現地での CORS の設置可能性調査を行ったうえで、客観的かつ合理的な配点計画を作成する必要がある、との意見があった。これを受けた 2023 年 11 月の協議では、これまでのマスタープランにかかる JPT と CPT の協議経緯や、JPT 及び CPT の実施体制を考えると、上記のような配点計画の作成は現実的では無い、との結論に至った。さらに、実施中の無償資金協力プロジェクトで構築する 99 点体制での運営維持管理の体制と予算の確保が直近の課題であることから、本マスタープランでは、無償資金協力プロジェクトでの 99 点体制を当面の将来計画として、それ以降の CORS の設置位置を含む具体的な拡張計画には言及しないことについて CPT と合意し、活動を継続することとした。2024 年 2 月の協議では、CPT から、マスタープランの修正点として、①ペンタゴン戦略の要素を追加する、②セクターごとに CORS の追加設置が必要とされる地域や条件を検討し追記する、③MADOCA-PPP と CORS との関係と併用について追記

する、が要請された。同年 6 月の協議では上記 3 点の追記内容について確認協議を行った。JPT は 2024 年 8 月に Khmer GEONET マスタープランの案を関係機関に共有し、JICA の確認と指摘事項の修正を経て、2024 年 11 月の第 7 回 JCTM で今後の予定を確認した。プロジェクト完了までの期間に JPT と CPT は内容の確認と修正を行い、クメール語に翻訳した。

2.7.2. 各活動の評価

成果 3 に係る各活動の評価項目及び指標・目標とその達成状況を下記に示す。活動 3-4 については、現在適用されている測地基準系である CGD09 での検証は実施できたが、新たに整備した CGD23 を適用した配信が GDCG によって開始されてからその精度を検証する必要があるため、一部達成とした。その他の成果 3 に係る活動において設定した指標・目標は達成された。

表 2-36 成果 3 に係る各活動の評価項目と達成状況（出典：JPT）

活動	NO.	評価項目	指標	達成状況
3-1	1	高精度測位サービスのユーザーの獲得	登録ユーザーの数	達成 - 1,500の登録ユーザー（2024年11月時点）
	2	高精度測位サービスの利活用計画の策定	利活用促進計画が作成される。	達成 - 利活用促進計画が作成された
3-2	1	活用ガイドラインの整備	ガイドラインが作成される。	達成 - 利活用ガイドラインが作成された
3-3	1	GNSS測量マニュアルの整備	マニュアルが作成される。	達成 - マニュアル案が作成され、内容について協議を行い、GDCG内で共有された。
3-4	1	GNSS測量の精度検証方法の決定	精度検証計画書が作成される	達成 - GNSS測量のスタティック法について、CPTが精度検証計画を立案した。
	2	GNSS測量の精度検証の実施	計画に基づき、検証が実施される	一部達成 - GNSS測量のスタティック法について、CPTがCGD09の座標値での精度検証測量を実施した。その結果について、JPTとCPTで協議を実施した。NRTKの精度検証について実施方法の協議を行い計画は立案した。実施は、CGD23が公表され配信が開始されてからCPTが実施することとした。
3-5	1	啓発イベントの実施	3回のイベントが実施される	達成 - 3回のイベントを開催し、延べ約930名が参加した。
3-6	1	電子基準点整備マスタープランの構成の決定	マスタープランの記載項目が決定されCPTに承認される。	達成 - 第2回JCTMにおいて関係者に記載項目が承認された。
	2	電子基準点整備マスタープランの策定	マスタープランが策定されCPTに承認される	達成 - マスタープランがCPTに承認され、クメール語版が共有された。

3. プロジェクトの評価

3.1. プロジェクト目標の達成度

プロジェクト開始当初は、COVID-19 によるパンデミックの影響があり、JPT の人員投入や現地での活動に影響が生じた。そのため、特に成果 1 の活動進捗の一部が想定よりも遅れ、活動内容をオンラインでの実施に変更したのもあった。2022 年 8 月には上記の影響が解消し、従来通りの現地渡航、現地活動、対面での打ち合わせが可能となったが、オンライン協議が一般化したこともあり、週次あるいは隔週でオンラインでのコンタクトポイント（CP）会議を CPT と JPT が主体となり、CORS の設置と運営維持管理を担当した Aruna 社を巻きこんで、プロジェクト終了まで継続して実施した。この CP 会議によって、JPT と CPT での CORS の設置工事の進捗状況管理だけでなく、現地で発生している問題の情報共有、対応策の検討、対応後の状況確認をタイムリーに実施できた。さらに、プロジェクト遂行上の課題や検討事項、進捗状況を定期的に確認、協議する場となり、プロジェクト管理を行う上で CP 会議が有効に機能した。

下図に示す通り、PDM（Project Design Matrix）で設定した成果 1～3 の指標に基づき、各活動の達成度を第 7 回 JCTM で確認した。各活動の評価部分に記載した通り、一部の活動についてプロジェクト終了後に GDCG が対応すべき課題が残ったが、活動全体としては成果 1～3 は全て指標をクリアしたと考える。

また、プロジェクト目標についても、後述のとおり、指標として設定した地籍調査のための配信データ数は 2024 年以降順調に推移し、登録ユーザー数も増加傾向にあり、さらにパイロットエリア内の地籍事業の促進と建設部門での測量業務への活用が見られた。このことから、プロジェクト目標は達成されたと判断できる。

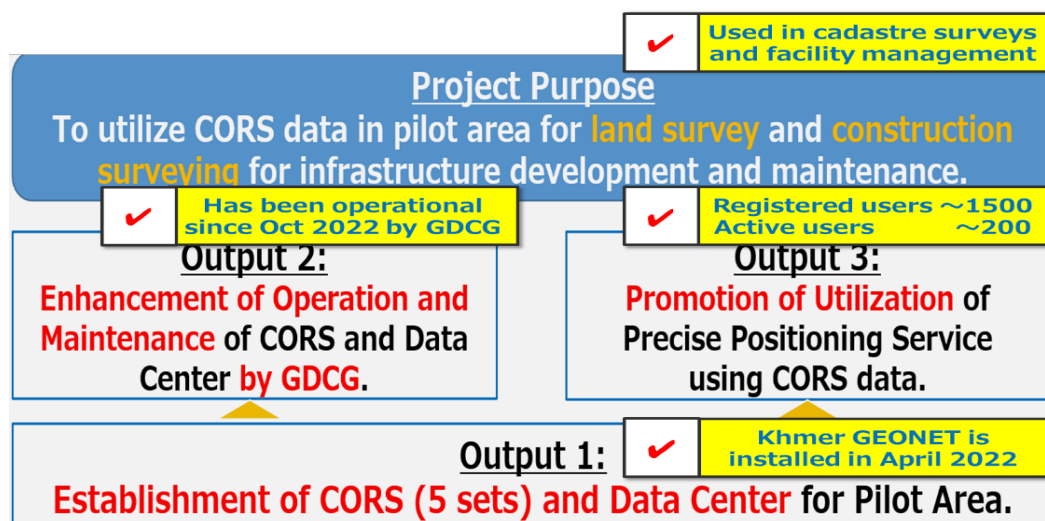


図 3-1 各成果とプロジェクト目標の達成（出典：JPT）

(1) 成果 1 の指標及び達成度

成果 1「電子基準点（全 5 点）及びデータセンターの整備」の指標及び検証方法は以下のとおりである。

指標: CORS 及びデータセンターの機材が納入、設置、運用される
検証方法: CORS とデータセンターの試験運用報告

活動 1-1 で CORS に適用する測地基準系が決定され、活動 1-2 で仕様が検討され、その仕様に従って活動 1-3 で CORS と DC が設置された。その後、活動 1-4 で座標値が決定され、活動 1-5 で座標変換パラメータが算出された。また、CORS 設置後の試験運用は、プロジェクト終了まで継続された。これらの活動結果から、設定した指標はクリアし成果 1 は達成できた。なお、検証方法として試験運用報告が挙げられているが、運用の実績は GNSS 管理ソフトウェアである Pivot にログとして記録されているので、評価はログで行うこととした。ログによれば、週に 200 名程度のユーザーがサービスを利用しており、運用状況は GDCG の担当者によって日々監視されている。このことから、運用が継続して実施されてきたことが分かる。

活動 1-1 において ITRF2020 に準拠した測地基準系 CGD23 を決定したが、Khmer GEONET の試験運用では従来の CGD09 の座標値で配信サービスを継続している。これは、できるだけ新しい測地基準系を設定したいという GDCG の意向をふまえて最新の国際基準である ITRF2020 に準拠することを決定したものの、国際 GNSS 事業からの計算に必要な情報（精密暦、アンテナモデル等）の公開が遅れたため、プロジェクト期間内に CORS の CGD23 座標値及び座標変換パラメータの計算は実施できたが、カンボジア国の正式な測地基準系として CGD23 を公表し適用するところまでは到達できなかった。CGD23 の公表と、それに基づく座標値での Khmer GEONET の運用開始は、プロジェクト終了後に GDCG が実施すべき課題となった。

(2) 成果 2 の指標及び達成度

成果 2 「地籍地理総局による電子基準点及び DC の運営維持管理能力の強化」の指標及び検証方法は以下のとおりである。

指標: データ配信に関するトラブル件数とトラブル対応に要した時間
検証方法: 障害報告

GDCG は、Khmer GEONET の運用が開始されてからプロジェクト終了まで、サービスが長時間停止するような大きなトラブルを発生させることなく、ユーザーからの問い合わせなどに適時対応しながら運用を継続させた。特に運用初期段階は、停電などの電源にかかるものや携帯電話網の不安定さに起因する通信障害にかかるものなど、GDCG が直接解決できないトラブルが度々発生したものの、その都度不具合の原因を調査し、Aruna 社と協力して対応にあたった。例えば、光回線による有線通信がうまく機能しなかったため、携帯電話網を利用したり、通信機器を高品質な機材に入れ替えたりといった対策を講じた。これらの対策が有効に機能し、通信障害による不具合の頻度は徐々に低下した。

次に発生した障害としては、落雷に起因する GNSS アンテナの故障であった。Khmer GEONET の 5 点の CORS が 2022 年 5 月に設置されてから、プロジェクトが終了した 2024 年 12 月までの約 2 年 8 カ月の間に、雷によると思われるアンテナ故障が 4 回発生した。いずれの故障についても、現地でアンテナを交換することでトラブルからの復旧対応を行った。雷によるトラブルの概要と対応に要した時間は下表のとおりであった。

表 3-1 雷に起因するトラブルの状況と対応（出典：JPT）

No.	年月	CORS	状況	対応	要した時間
1	2022 年 8 月	KND	夜間に嵐が発生し、翌日故障が発覚、雷の直撃は無かった	供与した測量作業用アンテナと一時的に交換し、故障したアンテナはメーカーで修理。	8 日間
2	2023 年 8 月	STG	付近で落雷が多発していた状況で故障が発覚	スペアとして施工会社が保持していた同型のアンテナと交換し、故障したアンテナはメーカーで修理	3 日間
3	2024 年 5 月	STG	嵐の中で落雷がある状況でアンテナ故障が発覚	スペアとして施工会社が保持していた同型のアンテナと交換し、故障したアンテナはメーカーで修理	4 日間
4	2024 年 10 月	STG	嵐の中で落雷がある状況でアンテナ故障が発覚	スペアとして施工会社が保持していた同型のアンテナと交換し、故障したアンテナはメーカーで修理	2 日間

上記のとおり、対応を重ねるごとに復旧に要する時間が短縮されていることがわかる。その要因は、経験の蓄積、監視体制の充実、役割分担の明確化、そして早期復旧への責任感の醸成が挙げられる。日々多くのユーザーが配信データを利用しており、GDCG がユーザーからの問い合わせ対応などを行う中で、Khmer GEONET の安定運用に対するニーズの高さを感じ、運用者としての責任感が大きくなっていることが、プロジェクト期間中の CPT の発言や行動からもみてとれた。これらの結果により、成果 2 は達成したと判断できる。なお、検証方法は障害報告とした。実際の上記のトラブル時は、関係者がメンバーとなっている Telegram グループで状況報告、対応指示、復旧確認報告などの連絡が実施された。

(3) 成果 3 の指標及び達成度

成果 3「電子基準点データの政府機関や民間企業での利用促進」の指標及び検証方法は以下のとおりである。

指標: CORS データを利用する企業、団体、地籍調査プロジェクトの数

検証方法: 関心のある企業・団体からの問い合わせや依頼件数、CORS ユーザー数、CORS を利用した地籍調査事業数

Khmer GEONET の運用開始以降、配信サービスの登録ユーザー数は徐々に増加し、CORS の利用が拡大してきた。成果 3 の指標は“利用する企業、団体、地籍調査プロジェクトの数”であるが、導入した CORS データ管理システムでは、配信サービスへのユーザー登録は組織やプロジェクト単位ではなく“人”単位で行う必要があるため、指標としてはサービスに登録されたユーザー数とした。従って、検証方法は、システム上で登録されたユーザーをカウントする、という方法とした。カウントを開始した 2023 年 3 月からプロジェクト終了間際の 2024 年 10 月までのユーザー数と、カンボジア全土で地籍調査が実施された筆界数の毎月あたりの推移を下図に示す。2023 年 8 月の新首相の就任と MLMUPC 大臣の交代による地籍調査事業の強化に伴い、その直後にユーザー数が急増しているが、その前後も順調に増加していることが分かる。また、ユーザー数と筆界測量数が相関して増加していることから、CORS の利用が地籍調査の推進に貢献しているとも考えられる。

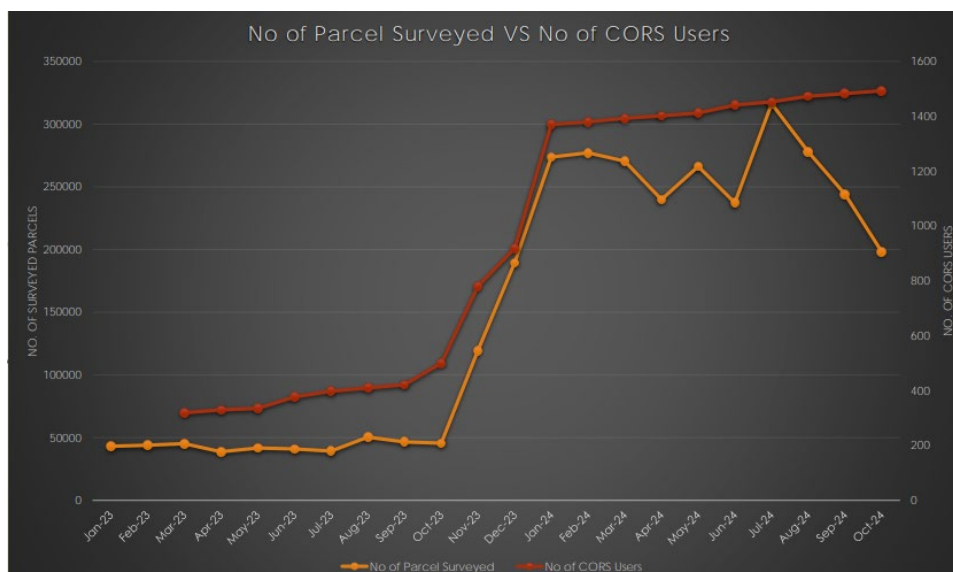


図 3-2 登録ユーザー数と筆界測量数の推移（出典：CPT）

また、Khmer GEONET の利用状況をモニタリングするため、登録ユーザー数と併せて、アクティブユーザー数についても確認を行った。アクティブユーザー数を“過去 1 週間にサービスにログインして配信データを利用したユーザーの数”と定義して、2024 年当初からシステムのログを確認しカウントしたところ、アクティブユーザー数は概ね 200 前後で安定していた。ユーザーの大半は、GDCG や地方の土地事務所職員で、地籍調査にかかる測量作業にサービスを利用していた。また、一部では民間の測量会社などでも利用されていた。さらに、Telegram によるユーザーからの問合せ件数は、毎週 10 から 20 件程度あり、Khmer GEONET への関心が維持されていることがわかる。これらの結果として、成果 3 の「政府機関や民間企業での利用促進」は登録ユーザー数の増加及び安定したアクティブユーザー数により、達成できたと判断できる。

なお、上図グラフでは 2024 年 7 月以降、筆界測量数が減少していることが分かる。GDCG によると、これは、カンボジア全土での地籍調査がかなり進捗しており、州によっては完了に近づいている状況のため、測量の作業量が減少に転じている可能性があるとのことであった。今後は、後続作業である測量図の作成や登記などの作業に移行していくものと思われる。

(4) プロジェクト目標の指標及び達成度

プロジェクト目標「プロジェクトサイトに整備される電子基準点が、地籍測量やインフラ建設・維持管理のための工事測量の分野で活用される」の指標及び検証方法は以下のとおりである。

指標：地籍調査のための配信データ数

検証方法：登録ユーザー数、利用報告、配信計画

プロジェクト目標の指標は、“地籍調査のための配信データ数”であるが、これは Khmer GEONET からの配信データを利用した地籍調査のユーザー数と同等であるため、地籍調査のアクティブユーザー数をカウントすることを検証方法として採用した。地籍測量への利用が本格化した 2024 年以降の利用報告（ログ）からアクティブユーザー数を分析したところ、週当たり 200 から 300 程度となり、これらのほとんどが GDCG および地方の土地事務所職員であることから、電子基準点は地籍測量に

十分活用されていると判断できる。さらに、パイロットプロジェクトでは、PPWSA による水道施設の維持管理や IKEE とトプコンによる道路舗装も行われている。パイロットプロジェクト実施後に実施したヒアリング結果からは、PPWSA が水道施設管理図の作成・更新や施設計画図の作成に Khmer GEONET を活用していることが分かった。

これらのことから、「プロジェクトサイトに整備される電子基準点が、地籍測量やインフラ建設・維持管理のための工事測量の分野で活用される。」というプロジェクト目標は達成されたと判断できる。

3.2. DAC 評価 6 基準に基づくプロジェクトメンバーによる自己評価

本プロジェクトの成果を、経済協力開発機構／開発援助委員会（OECD-DAC）による国際的な ODA 評価の視点である「DAC 評価 6 基準」に基づき、JPT 及び CPT メンバーが以下のとおり自己評価した。

■ 妥当性（Relevance）

5 点の CORS は、GDCG の喫緊の課題である地籍調査の迅速化に貢献している。また、5 つの実証プロジェクトにより、CORS が農業や建設分野にどのように貢献できるかが実証された。

■ 整合性（Coherence）

本プロジェクトの成果は、カンボジア国の開発協力政策の目標に掲げられている「産業発展の支援」と「生活の質の向上」に裨益するものである。また、CORS の設置を通じて得られた技術的知見は、日本の無償資金協力によるカンボジア全土の CORS 整備にも繋がった。さらに、Khmer GEONET によって、日本の無償資金協力で供与された GNSS ロバーが非常に有効に活用されている。

■ 有効性（Effectiveness）

5 点の CORS と DC は計画どおり 2022 年 4 月までに設置された。ユーザー数は 2024 年 11 月時点で 1,500 名に増加した。2 年間の試行運用と 5 つの実証プロジェクトの結果、5 点の CORS を用いた測量の精度と効率性が検証された。また、本プロジェクト実施期間の 1 年間の延長により、GDCG は将来予定されているカンボジア全土の CORS 運用に向けた準備を整えた。

■ インパクト（Impact）

地籍調査の迅速化により、土地登記のための測量数が増加しており、土地の権利の明確化と取引の円滑化の機会が拡大されている。これは、カンボジア国における公正な社会の発展と国民の財産保全につながる。なお、本プロジェクトによる、人権、ジェンダー、環境への悪影響はない。

■ 効率性（Efficiency）

延長前のプロジェクト期間中（2023 年 12 月まで）は、COVID-19 によるパンデミックにもかかわらず、人員と機材の投入はほぼ計画どおりに行われ、定期的なオンライン CP 会議の効果もあり効率的な成果が達成された。延長期間中（2024 年 1 月～2024 年 12 月）も、計画どおり通りに投入が行わ

れた。全期間を通じて、定期的なオンライン CP 会議が行われたことで、本プロジェクトの効率が高まった。

■ 持続性 (Sustainability)

GDCG のスタッフは、5 点の CORS を運用し、パイロットエリアのユーザーに高精度な測位サービスを提供するための基本的な能力を獲得した。次年度以降、要求している予算と組織改編が承認されれば、プロジェクト成果の持続性は達成されるであろう。また、新たな測地基準系である CGD23 の公表や測量士登録制度など、計画されている測量政策の実施により、Khmer GEONET の利用促進が担保される。GDCG は、カンボジア全土への CORS 設置の前に、これらの政策を実現する努力が必要である。

4. 上位目標達成に向けて

4.1. 取り組むべき課題



Achievement of high- and middle-income countries by 2030 and high-income and developed countries by 2050

Overall Goal

To contribute to the efficient land survey for **land management and land administration** and the efficient **development and maintenance of social infrastructure and residential and business areas** through CORS network in pilot area **appropriately managed by GDCG and utilized** by related organizations and private companies.

Objectively Verifiable Indicators:

Improvement of productivity of land survey etc. (total number of surveyed parcels per month)

Means of Verification:

Progress report from each land survey.

図 4-1 プロジェクト上位目標、指標、評価方法（出典：JPT）

以上に報告したとおり、本プロジェクトはオンラインによる CP 会議と現地活動を組み合わせた活動の実施によって、計画どおりの成果を達成した。しかし、後続プロジェクトである CORS の全土整備に向けた準備活動や、カンボジア国の政策的な課題に起因して、本プロジェクト終了後に GDCG が取り組むべきいくつかの課題が残された。上位目標達成に向けて、今後 GDCG が取り組むべき課題を以下に述べる。

(1) CGD23 の適用による有償配信の開始

Khmer GEONET は 2022 年 10 月から試験運用を開始し、プロジェクト終了まで無償でサービスを提供した。新しい測地基準系である CGD23 の定義は決定されたものの、運用開始時は既存の CGD09 を使用して CORS の座標値を設定した。プロジェクト期間中に CGD23 座標や、CGD09 からの座標変換パラメータを計算するための技術移転は完了したが、GDCG は CGD23 を正式な基準として公表するための準備（省令公布、基準点や地籍データベースの座標値の変換、利用者への周知等）が必要であったため、結果的にプロジェクト期間内に CGD23 を適用した運用は開始できなかった。

本プロジェクトでは、水準測量で得られる高さ（標高）についての活動は予定してなかったが、GDCG は近年ベトナムとの協力でジオイドモデル（GNSS で得られる高さを水準測量で得られる標高に変換するためのデータ）の整備を進めており、本プロジェクトの終盤で「水平方向と高さ方向の新たな基準を同時に公開し適用する」という案を GDCG が言及した。しかし、新たなジオイドモデルの公開には課題が残されており、適用までに時間を要するため、JPT は CGD23 について水平方向の基準のみを公開し、CORS に適用することを提言した。

また、プロジェクト開始時の GDCG の計画では、試験運用期間を 1 年間と設定し、その後有償でのデータ配信を開始する予定であった。しかしながら、MLMUPC の政策的な判断により、有償配信の開始は 2 度にわたって延期され、プロジェクト期間内に有償配信が開始されることはなかった。この判断の背景には、政府内での各種調整（料金設定および承認手続き、料金徴収メカニズム）に時間を

要すること、CGD23 導入時期との関係、有償化による利用者数減少への懸念などがある。さらに、無償資金協力によるカンボジア全土での CORS 設置が進められているため、現状の 5 点の CORS による限定されたエリアのみではなく、全土での有償配信を望む GDCG の意見もあった。有償配信の開始延期に伴い、JICA はプロジェクト期間を 1 年間延長し、有償配信を開始するための準備、開始後に想定されるユーザー対応、有償化を開始するタイミングでの広報活動などを実施した。

2024 年 11 月に開催された最終の第 7 回 JCTM において、GDCG は本課題について以下のような発表を行った。

- CGD23 を 2024 年末までに公開し、6 カ月間の移行準備期間を設けて、2025 年 6 月までに適用させる。
- 上記と関連し、CGD23 を適用した Khmer GEONET の有償配信を 2025 年 6 月に開始する。

GDCG は上記の実現に向けて事務的な処理、手続きに加えて、セミナー開催やトレーニングの実施、既存の標石基準点の成果改定など、短い移行期間内に多くの業務実施が必要となる。これらの実施を限られた期間と人員で実施することは大変だが、CORS の全土整備による国家の測地インフラ整備の成功に向けた非常に重要な活動である。JPT は、GDCG による上記の実現を強く願っている。

(2) 運営維持管理にかかる予算と組織の確保

CORS は国家の測地インフラであって、農業、建設、さらに自動運転などで活用される社会インフラとして、経済の発展や豊かな生活の実現のために重要な役割を果たすことが期待される。CORS の運営維持管理には、毎年一定の費用と人的リソースが必要とされるため、それらを継続的に確保することが、持続的で安定した運用には不可欠である。

Khmer GEONET の運営維持管理にかかる予算については、カンボジアの国家予算で賄われることになる。そのため、GDCG は、毎年の運営維持管理に必要な予算を確実に確保するために、適切な予算計画を立案し、予算を確保するための Khmer GEONET の重要性や社会への貢献度を示すような説明を、上位省庁に対して実施する必要がある。GDCG は、2025 年度の予算について、5 点の CORS にかかる費用は概ね確保できると言及していた。しかし、同年度に実施する無償資金協力プロジェクトのカンボジア側が負担する管理費用については確保の見通しがついていない、としている。2026 年度以降は、CORS の設置点数が増加するため、より多くの予算が必要となる。今後数年は、地籍調査という国家的プロジェクトが推進されているため、CORS に関する予算の確保は難しくないと思われるが、地籍調査プロジェクトが将来縮小される状況になっても、予算の必要性について説得力のある説明ができるように準備を進めておく必要がある。

GDCG は、今後実施される有償配信による利用料収入の一部を CORS の運営維持管理に充てることを検討している。これに加えて、GDCG が検討している測量士及び測量業登録制度が運用されれば、それらによる一定の収入も見込まれる。さらに、GDCG が空間情報整備業務を民間企業に委託するようになれば、その委託に測量士、測量業登録と Khmer GEONET の利用を組み込むことで、より多くの収入が期待でき、カンボジアにおける地理空間情報の整備が加速されることになる。

組織について、現状では、GDCG 内の各部から Khmer GEONET を運用する職員が指名され、4 名程度が併任で業務を行っており、5 点の CORS は継続して運用されている。しかし最近では地籍調査の更なる推進や全国地籍データベース等のプロジェクトが目白押しで進んでいることもあり、職員は業務過多の状態である。このため GDCG は CORS の全土整備に備え、部署内に Khmer GEONET の運営維

持管理を担当するセクションを新設する計画を立て、上位省庁に申請している。本件が承認されれば、Khmer GEONET の専任部署に数名の職員が配置され、業務を一元的かつ効率的に実施できることになる。さらに人員の増加が実現すれば、業務実施上の混乱や遅延が軽減すると思われる。

(3) 運営維持管理計画、利活用計画、マスタープランの更新と活用

本プロジェクトでは、プロジェクト終了後に GDCG が実施する活動の計画として、運営維持管理計画、利活用計画、及び Khmer GEONET マスタープランを整備した。

運営維持管理計画は、本プロジェクトで整備した 5 点の CORS についての運営維持管理に主眼を置いて整備されている。このため、今後のカンボジア全土での CORS 整備に合わせて、GDCG には運営維持管理計画をカンボジア全土版に拡張、改訂することで、今後の持続的な運用に活用していただきたい。

利活用計画については、有償配信と全土整備に向けて、ユーザー数の確保と利用分野の拡大を進めるために、プロジェクト終了後に実施できる活動と、2 年間の活動スケジュール案が記載されている。GDCG は、CORS の運用機関であると同時に、配信サービスの提供機関であることを念頭に、ユーザーと利用分野の拡大のために、必要な活動を判断しながら実施していただきたい。また、利活用計画の内容や、3 年後以降の活動実施スケジュールについても、自ら検討し更新することで、カンボジア国内での Khmer GEONET の浸透に活用していただきたい。

Khmer GEONET マスタープランについては、2034 年までの 10 年間における Khmer GEONET の方向性について記述されている。具体的には、利活用分野、仕様、整備計画、拡張方針、予算確保、関連技術などである。Khmer GEONET マスタープランは、クメール語版が作成されたため、プロジェクト終了後も関係省庁内で精査、協議が行われ、更新されて活用されることを、JPT は期待している。また、今後カンボジアでは全土での CORS 整備を控えており、さらに技術革新や社会経済情勢の変化などによって、計画を見直す必要が生じると想定される。GDCG には、長期的な視点で Khmer GEONET についての計画を検討し、それを適宜マスタープランに反映させながら、カンボジアで Khmer GEONET が社会に不可欠なインフラとなるように運用と維持管理を継続していただきたい。

4.2. 上位目標達成に向けた提言

上述したとおり、プロジェクトチームの 3 年超にわたる活動によって、本プロジェクト終了後に GDCG が取り組むべきいくつかの課題が残されたものの、技術協力としての成果や目標は達成された。しかし、本プロジェクトは 5 点の CORS によるパイロットエリア内に限定された活動であり、その主な内容や指標も C/P 機関である GDCG が所掌している地籍調査に関するものであった。今後カンボジアでは CORS が全土に整備されると、その運営維持管理の規模が大きくなると同時に、利活用が他分野に広がるとともに本格化される。これらのことを鑑み、上位目標に掲げた「社会インフラの効率的開発、整備への貢献」を実現するために、JPT は以下の事項を提言する。

(1) 土地管理と土地行政のための効率的な地籍調査の実施に向けて

GDCG は 2002 年からカンボジア政府が推進している、カンボジア全土における地籍調査事業の実

施機関として重要な役割を担っている。2023 年にはフン・マネット新首相が就任し、新政権が発表した五角形戦略では、2050 年までの高所得国入りを目標として掲げ、新たな政策方針として、「デジタル経済・社会の発展」が挙げられた。この方針のもと、従来から進められてきた地籍調査事業の迅速化が図られ、地籍データの一元管理などの施策が実施されることで、地籍調査事業が加速した。この加速の要因として、新首相就任以前から進められてきた測量機材の追加投入、測位環境整備の一環としての Khmer GEONET の整備と運用が大きく貢献した。GDCG によると、2025 年末までにはカンボジア全土での筆界測量はひとまず完了するとのことである。また、今後カンボジア全土に CORS が整備されることで、測位インフラの整備についても節目を迎えることとなる。

しかし、地籍調査は土地の分合筆や取引が行われるごとに現地での測量作業が生じるため、全土での筆界測量が完了した後も、一定量の測量作業は継続して実施される。この測量作業を、CORS を活用して効率的に継続実施することが、カンボジアにおける土地管理と土地行政の効率化に寄与する。つまり、Khmer GEONET の安定した運用の継続が、カンボジアの土地行政を支える基礎になる。

また、現在の地籍調査による測量成果は、CGD03 と CGD09 に準拠したものが混在している。土地の測量成果は 2024 年に新たなシステムを構築し、一元管理できる環境が整備されたが、測地基準系の混在は、まだ解決されていない。GDCG は、今後新たな測地基準系である CGD23 を公表し適用する方針である。その後は、3 つの測地基準系による測量成果が混在する状況となる。このため、JPT は GDCG ができるだけ早期に CGD23 を適用するとともに、CGD03 及び CGD09 に準拠した測量成果を CGD23 に座標変換することで、測地基準系の統一を図ることを提言する。

(2) 居住地、商業地での社会インフラの効率的な開発と維持管理の実現に向けて

本プロジェクト期間中に、Khmer GEONET は 1,500 ユーザーに登録され活用されている。そして、ユーザーの大半は地籍調査のための測量作業に利用している。上位目標に掲げた、居住地、商業地での社会インフラの開発と維持管理、という視点では、土地の権利を明確化し土地の取引を円滑化させるために地籍調査は非常に重要であり、Khmer GEONET はインフラ開発の基盤としての役割を担っていると言える。しかしながら、今後の更なる社会インフラの開発と維持管理を実現させるためには、開発に関連する省庁、地方自治体、そして測量や建設を請け負う民間企業によって Khmer GEONET が活用される必要がある。今後、GDCG は有償での配信サービスを開始し、測量や建設関連の民間企業は料金を支払って、配信サービスを利用することになる。有償の民間ユーザーが、Khmer GEONET のサービス料金に見合うメリットを享受できるか、という点が、ユーザー数の拡大、維持に非常に重要となる。ここでいうメリットは、結論としてはコストメリットになる。具体的にユーザーがコストメリットを感じるためには、GDCG は、安定した品質で高精度な測位データを配信することと、適切にユーザーサポートを実施することを実践する必要がある。これらを実践するために、本プロジェクトで整備した、運営維持管理マニュアルに沿ったメンテナンス、GNSS 測量マニュアルに従った精度検証の定期的な実施、ユーザーサポートマニュアルを参照したユーザー対応を確実に実施することを提言する。また、それらの業務を実施できる人員体制も重要である。さらに、マニュアル類については、実施の業務で活用しながら、定期的にレビューし実情に合わせて更新することも必要である。

(3) GDCG による Khmer GEONET の適切な管理に向けて

上記のとおり、Khmer GEONET の今後の持続的な運用を実現するためには、運用機関である GDCG

がシステム全体を適切かつ継続的に管理していく必要がある。今後のカンボジア全土への CORS 整備が完了した後は、運用にかかるトラブルも現状の 5 点体制とは比較にならないほど多発することが想定される。これらのトラブルに適時に対応し、配信データの品質を落とさず高精度なデータ配信を継続して運用するには、そのための業務に必要な予算と人員を含む組織体制を確保する必要がある。これらを確保するために、GDCG は有償ユーザーを拡大してユーザーから徴収する利用料を確保することも重要であるが、それ以上に Khmer GEONET の社会インフラとして重要性を PR し、カンボジア政府内での予算の優先度を上げるための努力をする必要がある。また、人員と組織体制の確保も、安定した運用と適切な管理を行うためには重要なポイントになる。GDCG は、Khmer GEONET の業務プロセスの改善による効率化を図ったうえで、増員要求または業務の民間委託を進めることが求められる。そのために、JPT は GDCG へ、増員または民間委託の目的を明確にし、データに基づく根拠を上位省庁に提示することを提言する。さらに、増員または民間委託の効果を測定するための指標（KPI）を設定し適切に評価を行うことで、次の組織改編に活用することができる。

（4）カンボジア全土への Khmer GEONET の拡張後に向けて

2026 年にかけて、日本の無償資金協力により、カンボジア全土に CORS が設置され Khmer GEONET が拡張される予定である。本プロジェクトでも、拡張後の Khmer GEONET の運用や利活用促進に向けた活動を実施した。しかし、本プロジェクト期間内に、GDCG はパイロットエリア内の 5 点のみの CORS 設置と運営維持管理しか経験しておらず、カンボジア全土に Khmer GEONET が拡張された以降の運営維持管理業務については、大幅に業務量が増加することになる。これに適切に対応するためには、全土整備後の運営維持管理業務の民間企業への委託を早期に計画し、予算確保を含めてしっかりとした準備を進めていただきたい。運用当初は、トラブルが多発し運用が不安定になることも想定される。GDCG や地方の土地事務所の予算や人員に制限があるため、トラブル対応に時間を要する可能性もあることから、民間企業との保守契約を確実に締結し、不測の事態に対応できるような体制を構築することを提言する。運用が継続する中で、外部委託の業務を適切に見直しながら、直営で実施すべき業務と外部委託する業務を切り分けることで、予算と人員、委託業務のバランスを確保していただきたい。

また、2024 年から開始された MADOCA-PPP に関する日本の内閣府との研究協力によって、新たな測位技術を活用できるようになれば、Khmer GEONET のサービスエリア外であっても、通信回線を用いることなく一定の精度でリアルタイム測位が実施できるようになる。現時点では、MADOCA-PPP を地籍調査や建設分野での測量作業などに利用するためには、初期化時間の短縮や測地基準系の違い等、いくつかの課題が残っていることに注意する必要がある。

5. PDM

本プロジェクトの PDM を以下に示す。PDM は JCTM 開催ごとに下記のとおり更新された。

Project Monitoring Sheet I (Revision of Project Design Matrix)

Project Title: Project on Establishment of Continuously Operating Reference Stations (CORS) for Land Management and Infrastructure Development

Version 1

Implementing Agency: GDCG

Dated 12 October 2021

Target Group:

Period of Project: August 2021 - December 2023

Project Site: Phnom Penh, Siem Reap, and Stung Treng

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption	Achievement	Remarks
Overall Goal To contribute to the efficient land survey for land management and land administration and the efficient development and maintenance of social infrastructure and residential and business areas through CORS network in pilot area appropriately managed by GDCG and utilized by related organizations and private companies.	Improvement of productivity of land survey etc. (Covered area per man/month)	Progress report from each land survey The number of land survey projects using CORS data and confirmation of purpose of use in the covered area (the rate of use of CORS data for construction projects can be confirmed eventually)			
Project Purpose To utilize CORS data in pilot area for land survey and construction surveying for infrastructure development and maintenance.	The number of distribution of CORS data for land survey	Number of CORS subscribed users, usage report and distribution schedule			
Outputs 1) Establishment of CORS (5 sets) and Data Center for Pilot Area. 2) Enhancement of Operation and Maintenance of CORS and Data Center by GDCG. 3) Promotion of Utilization of Precise Positioning Service using CORS data among the governmental organization and private sectors.	Successful delivery, installation and operation of CORS and data center equipment The number of troubles related to the distribution and required time for troubleshooting The number of companies or organizations or land survey project utilizing CORS data from data center	Report of commissioning of CORS and data center Failure report The number of inquiries, requests from interested companies or organizations, CORS subscribed users, and land survey project using CORS			

Activities	Inputs		Important Assumption
	The Japanese Side	The Cambodia Side	
Activity 1-1: To confirm the geodetic reference frame of the national geodetic control points and the existing 3 sets of CORS and to decide geodetic reference frame of the 5 sets of CORS to be newly installed in pilot area. Activity 1-2: To decide the installation points and specification of the 5 sets of CORS and Data Center. Activity 1-3: To install the 5 sets of CORS and a Data Center. Activity 1-4: To decide the coordinate value of the new CORS based on the observation data. Activity 1-5: To prepare the coordinate transformation parameter between current geodetic reference frame and the new one to be applied for the new CORS and to establish the guideline for its utilization. Activity 2-1: To develop the operation and maintenance plans of new CORS and Data Center. Activity 2-2: To establish the operation and maintenance organization for new CORS and Data Center and to develop its operation and maintenance manuals. Activity 2-3: To launch a precise positioning service using CORS data (And Implementation of Pilot Projects for Utilization). Activity 2-4: To develop the data policy and service level agreement for CORS data. Activity 2-5: To enhance the user support for the improvement of precise positioning service and to develop its user support manuals. Activity 3-1: To develop the utilization plan of precise positioning service using CORS data. Activity 3-2: To establish the guideline to utilize the precise positioning service using CORS data. Activity 3-3: To develop user manuals for GNSS survey including network RTK. Activity 3-4: To conduct the accuracy verification of GNSS survey using CORS data. Activity 3-5: To conduct dissemination in seminar, training and workshop for promotion of utilization of precise positioning service using CORS data. Activity 3-6: To prepare CORS Master Plan covering the whole country which stipulates necessary steps (including the number of CORS) towards the overall goal after the Project.	1. Dispatch of Experts (including online/distance technical transfer arrangement) 2. Training in Japan (including online/distance technical transfer arrangement) 3. Procurement and installation of the 5 sets of CORS and data center related equipment.	1. Office space 2. Office utilities (Electricity, water, internet access, furniture) 3. Counterpart personnel for Experts dispatched by JICA	The Counterpart takes necessary permission for the activities of the Project including procurement, installation and operation of CORS prepared by JICA from the related authorities at a proper timing. Pre-Conditions The distribution of CORS data does not violate Cambodia's laws and regulations such as National Security Act. <Issues and countermeasures>

Project Monitoring Sheet I (Revision of Project Design Matrix)

Project Title: Project on Establishment of Continuously Operating Reference Stations (CORS) for Land Management and Infrastructure Development

Version 2

Implementing Agency: GDCG

Dated 28 April 2022

Target Group:

Period of Project: August 2021 - December 2023

Project Site: Phnom Penh, Siem Reap, and Stung Treng

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption	Achievement	Remarks
Overall Goal	Improvement of productivity of land survey etc. (Covered area per man/month)	Progress report from each land survey The number of land survey projects using CORS data and confirmation of purpose of use in the covered area (the rate of use of CORS data for construction projects can be confirmed eventually)		The procurement and installation work of 5 CORS were completed in April 2022.	
To contribute to the efficient land survey for land management and land administration and the efficient development and maintenance of social infrastructure and residential and business areas through CORS network in pilot area appropriately managed by GDCG and utilized by related organizations and private companies.					
Project Purpose	The number of distribution of CORS data for land survey	Number of CORS subscribed users, usage report and distribution schedule		(At the moment, there are no achievements.)	
To utilize CORS data in pilot area for land survey and construction surveying for infrastructure development and maintenance.					
Outputs	Successful delivery, installation and operation of CORS and data center equipment	Report of commissioning of CORS and data center Failure report		The procurement and installation work of 5 CORS were completed in April 2022. GDCG has started to consider the work items, systems, issues and countermeasures for operation and maintenance of CORS and data center. (At the moment, there are no achievements.)	
1) Establishment of CORS (5 sets) and Data Center for Pilot Area.					
2) Enhancement of Operation and Maintenance of CORS and Data Center by GDCG.					
3) Promotion of Utilization of Precise Positioning Service using CORS data among the governmental organization and private sectors.	The number of companies or organizations or land survey project utilizing CORS data from data center	The number of inquiries, requests from interested companies or organizations, CORS subscribed users, and land survey project using CORS			

Activities	Inputs		Important Assumption
	The Japanese Side	The Cambodia Side	
Activity 1-1: To confirm the geodetic reference frame of the national geodetic control points and the existing 3 sets of CORS and to decide geodetic reference frame of the 5 sets of CORS to be newly installed in pilot area. Activity 1-2: To decide the installation points and specification of the 5 sets of CORS and Data Center. Activity 1-3: To install the 5 sets of CORS and a Data Center. Activity 1-4: To decide the coordinate value of the new CORS based on the observation data. Activity 1-5: To prepare the coordinate transformation parameter between current geodetic reference frame and the new one to be applied for the new CORS and to establish the guideline for its utilization. Activity 2-1: To develop the operation and maintenance plans of new CORS and Data Center. Activity 2-2: To establish the operation and maintenance organization for new CORS and Data Center and to develop its operation and maintenance manuals. Activity 2-3: To launch a precise positioning service using CORS data (And Implementation of Pilot Projects for Utilization). Activity 2-4: To develop the data policy and service level agreement for CORS data. Activity 2-5: To enhance the user support for the improvement of precise positioning service and to develop its user support manuals. Activity 3-1: To develop the utilization plan of precise positioning service using CORS data. Activity 3-2: To establish the guideline to utilize the precise positioning service using CORS data. Activity 3-3: To develop user manuals for GNSS survey including network RTK. Activity 3-4: To conduct the accuracy verification of GNSS survey using CORS data. Activity 3-5: To conduct dissemination in seminar, training and workshop for promotion of utilization of precise positioning service using CORS data. Activity 3-6: To prepare CORS Master Plan covering the whole country which stipulates necessary steps (including the number of CORS) towards the overall goal after the Project.	1. Dispatch of Experts (including online/distance technical transfer arrangement) 2. Training in Japan (including online/distance technical transfer arrangement) 3. Procurement and installation of the 5 sets of CORS and data center related equipment.	1. Office space 2. Office utilities (Electricity, water, internet access, furniture) 3. Counterpart personnel for Experts dispatched by JICA	The Counterpart takes necessary permission for the activities of the Project including procurement, installation and operation of CORS prepared by JICA from the related authorities at a proper timing. Pre-Conditions The distribution of CORS data does not violate Cambodia's laws and regulations such as National Security Act. <Issues and countermeasures> In Cambodia, elections will begin from June 2022. Therefore, it is necessary to consider the schedule for training in Japan. GDCG requires discussion on the selection of a datum to apply to the new CORS. GDCG also requires to discuss the name of the CORS system developed in this project.

Project Monitoring Sheet I (Revision of Project Design Matrix)

Project Title: Project on Establishment of Continuously Operating Reference Stations (CORS) for Land Management and Infrastructure Development

Version 3

Implementing Agency: GDCG

Dated 6 December 2022

Target Group:

Period of Project: August 2021 - December 2023

Project Site: Phnom Penh, Siem Reap, and Stung Treng

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption	Achievement	Remarks
Overall Goal					
To contribute to the efficient land survey for land management and land administration and the efficient development and maintenance of social infrastructure and residential and business areas through CORS network in pilot area appropriately managed by GDCG and utilized by related organizations and private companies.	Improvement of productivity of land survey etc. (Covered area per man/month)	Progress report from each land survey The number of land survey projects using CORS data and confirmation of purpose of use in the covered area (the rate of use of CORS data for construction projects can be confirmed eventually)		GDCG has begun the trial distribution of GNSS data in August 2022. Also in October 2022, GDCG has launched a full-fledged data distribution service in free of charge.	
Project Purpose					
To utilize CORS data in pilot area for land survey and construction surveying for infrastructure development and maintenance.	The number of distribution of CORS data for land survey	Number of CORS subscribed users, usage report and distribution schedule		A website has launched for user registration and PR of Khmer GEONET.	
Outputs					
1) Establishment of CORS (5 sets) and Data Center for Pilot Area.	Successful delivery, installation and operation of CORS and data center equipment	Report of commissioning of CORS and data center		Khmer GEONET is officially open for public service since 26 Oct 2022.	
2) Enhancement of Operation and Maintenance of CORS and Data Center by GDCG.	The number of troubles related to the distribution and required time for troubleshooting	Failure report		GDCG has started preparing a manual for user support and responding to questions from users.	
3) Promotion of Utilization of Precise Positioning Service using CORS data among the governmental organization and private sectors.	The number of companies or organizations or land survey project utilizing CORS data from data center	The number of inquiries, requests from interested companies or organizations, CORS subscribed users, and land survey project using CORS		Khmer GEONET has been introduced and promoted in the two events.	

Activities	Inputs		Important Assumption
	The Japanese Side	The Cambodia Side	
Activity 1-1: To confirm the geodetic reference frame of the national geodetic control points and the existing 3 sets of CORS and to decide geodetic reference frame of the 5 sets of CORS to be newly installed in pilot area. Activity 1-2: To decide the installation points and specification of the 5 sets of CORS and Data Center. Activity 1-3: To install the 5 sets of CORS and a Data Center. Activity 1-4: To decide the coordinate value of the new CORS based on the observation data. Activity 1-5: To prepare the coordinate transformation parameter between current geodetic reference frame and the new one to be applied for the new CORS and to establish the guideline for its utilization. Activity 2-1: To develop the operation and maintenance plans of new CORS and Data Center. Activity 2-2: To establish the operation and maintenance organization for new CORS and Data Center and to develop its operation and maintenance manuals. Activity 2-3: To launch a precise positioning service using CORS data (And Implementation of Pilot Projects for Utilization). Activity 2-4: To develop the data policy and service level agreement for CORS data. Activity 2-5: To enhance the user support for the improvement of precise positioning service and to develop its user support manuals. Activity 3-1: To develop the utilization plan of precise positioning service using CORS data. Activity 3-2: To establish the guideline to utilize the precise positioning service using CORS data. Activity 3-3: To develop user manuals for GNSS survey including network RTK. Activity 3-4: To conduct the accuracy verification of GNSS survey using CORS data. Activity 3-5: To conduct dissemination in seminar, training and workshop for promotion of utilization of precise positioning service using CORS data. Activity 3-6: To prepare CORS Master Plan covering the whole country which stipulates necessary steps (including the number of CORS) towards the overall goal after the Project.	1. Dispatch of Experts (including online/distance technical transfer arrangement) 2. Training in Japan (including online/distance technical transfer arrangement) 3. Procurement and installation of the 5 sets of CORS and data center related equipment.	1. Office space 2. Office utilities (Electricity, water, internet access, furniture) 3. Counterpart personnel for Experts dispatched by JICA	The Counterpart takes necessary permission for the activities of the Project including procurement, installation and operation of CORS prepared by JICA from the related authorities at a proper timing. Pre-Conditions The distribution of CORS data does not violate Cambodia's laws and regulations such as National Security Act. <Issues and countermeasures> GDCG announced that they will launch the paid services from October 2023. There will be a gap of about one year between the completion of this project and the start of the grant aid project. JICA Cambodia Office requested JPT to specify the necessary measures for GDCG to maintain the sustainability of CORS services. The second training in Japan is scheduled for June to August 2023.

Project Monitoring Sheet I (Revision of Project Design Matrix)

Project Title: Project on Establishment of Continuously Operating Reference Stations (CORS) for Land Management and Infrastructure Development

Version 4

Implementing Agency: GDCG

Dated 26 May 2023

Target Group:

Period of Project: August 2021 - December 2023

Project Site: Phnom Penh, Siem Reap, and Stung Treng

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption	Achievement	Remarks
Overall Goal To contribute to the efficient land survey for land management and land administration and the efficient development and maintenance of social infrastructure and residential and business areas through CORS network in pilot area appropriately managed by GDCG and utilized by related organizations and private companies.	Improvement of productivity of land survey etc. (Covered area per man/month)	Progress report from each land survey The number of land survey projects using CORS data and confirmation of purpose of use in the covered area (the rate of use of CORS data for construction projects can be confirmed eventually)		Khmer GEONET is used for cadaster surveys by GDCG and land offices in pilot area. It is contributing to efficiency of the survey work.	The numbers of those surveys should be monitored.
Project Purpose To utilize CORS data in pilot area for land survey and construction surveying for infrastructure development and maintenance.	The number of distribution of CORS data for land survey	Number of CORS subscribed users, usage report and distribution schedule		Number of registered users is 342 as for May 2023.	
Outputs 1) Establishment of CORS (5 sets) and Data Center for Pilot Area. 2) Enhancement of Operation and Maintenance of CORS and Data Center by GDCG. 3) Promotion of Utilization of Precise Positioning Service using CORS data among the governmental organization and private sectors.	Successful delivery, installation and operation of CORS and data center equipment The number of troubles related to the distribution and required time for troubleshooting The number of companies or organizations or land survey project utilizing CORS data from data center	Report of commissioning of CORS and data center Failure report The number of inquiries, requests from interested companies or organizations, CORS subscribed users, and land survey project using CORS		Khmer GEONET is officially open for public service since 26 Oct 2022. GDCG uses SNS to communicate with users in real time. Responses to questions from users are generally available on the same day. Khmer GEONET has been introduced and promoted in the two events.	

Activities	Inputs		Important Assumption
	The Japanese Side	The Cambodia Side	
Activity 1-1: To confirm the geodetic reference frame of the national geodetic control points and the existing 3 sets of CORS and to decide geodetic reference frame of the 5 sets of CORS to be newly installed in pilot area. Activity 1-2: To decide the installation points and specification of the 5 sets of CORS and Data Center. Activity 1-3: To install the 5 sets of CORS and a Data Center. Activity 1-4: To decide the coordinate value of the new CORS based on the observation data. Activity 1-5: To prepare the coordinate transformation parameter between current geodetic reference frame and the new one to be applied for the new CORS and to establish the guideline for its utilization. Activity 2-1: To develop the operation and maintenance plans of new CORS and Data Center. Activity 2-2: To establish the operation and maintenance organization for new CORS and Data Center and to develop its operation and maintenance manuals. Activity 2-3: To launch a precise positioning service using CORS data (And Implementation of Pilot Projects for Utilization). Activity 2-4: To develop the data policy and service level agreement for CORS data. Activity 2-5: To enhance the user support for the improvement of precise positioning service and to develop its user support manuals. Activity 3-1: To develop the utilization plan of precise positioning service using CORS data. Activity 3-2: To establish the guideline to utilize the precise positioning service using CORS data. Activity 3-3: To develop user manuals for GNSS survey including network RTK. Activity 3-4: To conduct the accuracy verification of GNSS survey using CORS data. Activity 3-5: To conduct dissemination in seminar, training and workshop for promotion of utilization of precise positioning service using CORS data. Activity 3-6: To prepare CORS Master Plan covering the whole country which stipulates necessary steps (including the number of CORS) towards the overall goal after the Project.	1. Dispatch of Experts (including online/distance technical transfer arrangement) 2. Training in Japan (including online/distance technical transfer arrangement) 3. Procurement and installation of the 5 sets of CORS and data center related equipment.	1. Office space 2. Office utilities (Electricity, water, internet access, furniture) 3. Counterpart personnel for Experts dispatched by JICA	The Counterpart takes necessary permission for the activities of the Project including procurement, installation and operation of CORS prepared by JICA from the related authorities at a proper timing. Pre-Conditions The distribution of CORS data does not violate Cambodia's laws and regulations such as National Security Act. <Issues and countermeasures> Paid distribution service by 5 CORS will be launched, and CORS will be established throughout the country after that. To this end, GDCG requested an extension of the project.

Project Monitoring Sheet I (Revision of Project Design Matrix)

Project Title: Project on Establishment of Continuously Operating Reference Stations (CORS) for Land Management and Infrastructure Development

Version 5

Implementing Agency: GDCG

Dated 15 November 2023

Target Group:

Period of Project: August 2021 - December 2023

Project Site: Phnom Penh, Siem Reap, and Stung Treng

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption	Achievement	Remarks
Overall Goal					
To contribute to the efficient land survey for land management and land administration and the efficient development and maintenance of social infrastructure and residential and business areas through CORS network in pilot area appropriately managed by GDCG and utilized by related organizations and private companies.	Improvement of productivity of land survey etc. (Covered area per man/month)	Progress report from each land survey The number of land survey projects using CORS data and confirmation of purpose of use in the covered area (the rate of use of CORS data for construction projects can be confirmed eventually)		Khmer GEONET is widely used for cadaster surveys by GDCG and land offices, speeding up the land registration in the project area.	The numbers of those surveys should be monitored.
Project Purpose					
To utilize CORS data in pilot area for land survey and construction surveying for infrastructure development and maintenance.	The number of distribution of CORS data for land survey	Number of CORS subscribed users, usage report and distribution schedule		Number of registered users increased from 342 to 797 since May 2023.	
Outputs					
1) Establishment of CORS (5 sets) and Data Center for Pilot Area.	Successful delivery, installation and operation of CORS and data center equipment	Report of commissioning of CORS and data center		Khmer GEONET is officially open for public service since 26 Oct 2022.	
2) Enhancement of Operation and Maintenance of CORS and Data Center by GDCG.	The number of troubles related to the distribution and required time for troubleshooting	Failure report		The interruption of service due to antenna damages was reduced from 8 days to 3 days.	
3) Promotion of Utilization of Precise Positioning Service using CORS data among the governmental organization and private sectors.	The number of companies or organizations or land survey project utilizing CORS data from data center	The number of inquiries, requests from interested companies or organizations, CORS subscribed users, and land survey project using CORS		10 companies and organizations joined the 5 pilot projects in addition to cadastral surveys by the government.	

Activities	Inputs		Important Assumption
	The Japanese Side	The Cambodia Side	
Activity 1-1: To confirm the geodetic reference frame of the national geodetic control points and the existing 3 sets of CORS and to decide geodetic reference frame of the 5 sets of CORS to be newly installed in pilot area. Activity 1-2: To decide the installation points and specification of the 5 sets of CORS and Data Center. Activity 1-3: To install the 5 sets of CORS and a Data Center. Activity 1-4: To decide the coordinate value of the new CORS based on the observation data. Activity 1-5: To prepare the coordinate transformation parameter between current geodetic reference frame and the new one to be applied for the new CORS and to establish the guideline for its utilization. Activity 2-1: To develop the operation and maintenance plans of new CORS and Data Center. Activity 2-2: To establish the operation and maintenance organization for new CORS and Data Center and to develop its operation and maintenance manuals. Activity 2-3: To launch a precise positioning service using CORS data (And Implementation of Pilot Projects for Utilization). Activity 2-4: To develop the data policy and service level agreement for CORS data. Activity 2-5: To enhance the user support for the improvement of precise positioning service and to develop its user support manuals. Activity 3-1: To develop the utilization plan of precise positioning service using CORS data. Activity 3-2: To establish the guideline to utilize the precise positioning service using CORS data. Activity 3-3: To develop user manuals for GNSS survey including network RTK. Activity 3-4: To conduct the accuracy verification of GNSS survey using CORS data. Activity 3-5: To conduct dissemination in seminar, training and workshop for promotion of utilization of precise positioning service using CORS data. Activity 3-6: To prepare CORS Master Plan covering the whole country which stipulates necessary steps (including the number of CORS) towards the overall goal after the Project.	1. Dispatch of Experts (including online/distance technical transfer arrangement) 2. Training in Japan (including online/distance technical transfer arrangement) 3. Procurement and installation of the 5 sets of CORS and data center related equipment.	1. Office space 2. Office utilities (Electricity, water, internet access, furniture) 3. Counterpart personnel for Experts dispatched by JICA	The Counterpart takes necessary permission for the activities of the Project including procurement, installation and operation of CORS prepared by JICA from the related authorities at a proper timing. Pre-Conditions The distribution of CORS data does not violate Cambodia's laws and regulations such as National Security Act. <Issues and countermeasures> GDCG requested an extension of the project period, and JICA initiated the necessary procedures for the extension.

Project Monitoring Sheet I (Revision of Project Design Matrix)

Project Title: Project on Establishment of Continuously Operating Reference Stations (CORS) for Land Management and Infrastructure Development

Implementing Agency: GDCG

Target Group:

Period of Project: August 2021 - December 2024 (42 Months)

Project Site: Phnom Penh, Siem Reap, and Stung Treng

Version 6

Dated 7 June 2024

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption	Achievement	Remarks
Overall Goal To contribute to the efficient land survey for land management and land administration and the efficient development and maintenance of social infrastructure and residential and business areas through CORS network in pilot area appropriately managed by GDCG and utilized by related organizations and private companies.	Improvement of productivity of land survey etc. (Total number of surveyed parcels per month)	Progress report from each land survey The number of land survey projects using CORS data and confirmation of purpose of use in the covered area (the rate of use of CORS data for construction projects can be confirmed eventually)		Khmer GEONET is widely used for cadaster surveys by GDCG and land offices, speeding up the land registration in the project area.	The numbers of survey projects, including those in construction and agriculture sectors, should be monitored.
Project Purpose To utilize CORS data in pilot area for land survey and construction surveying for infrastructure development and maintenance.	The number of distribution of CORS data for land survey	Number of CORS subscribed users, usage report and distribution schedule		As of April 2024, the number of registered users increased to 1,402 from 342 since May 2023. The number of logins for one week was 262.	
Outputs 1) Establishment of CORS (5 sets) and Data Center for Pilot Area. 2) Enhancement of Operation and Maintenance of CORS and Data Center by GDCG. 3) Promotion of Utilization of Precise Positioning Service using CORS data among the governmental organization and private sectors.	Successful delivery, installation and operation of CORS and data center equipment The number of troubles related to the distribution and required time for troubleshooting The number of companies or organizations or land survey project utilizing CORS data from data center	Report of commissioning of CORS and data center Failure report The number of inquiries, requests from interested companies or organizations, CORS subscribed users, and land survey project using CORS		Khmer GEONET is officially open for public service since 26 Oct 2022. Number of SNS inquiries is about 40 in a month. GDCG staff can usually respond them on the same day. Interruption time due to antenna failure from lightening: 8 days(Aug2022), 3 days(Aug2023), and 4 days(May2024). 10 companies and organizations joined the 5 pilot projects in addition to cadastral surveys by the government. 1,198 people from government agencies and private companies have joined the SNS community.	Interruption time is equal to required time for trouble shooting.

Activities	Inputs		Important Assumption
	The Japanese Side	The Cambodia Side	
Activity 1-1: To confirm the geodetic reference frame of the national geodetic control points and the existing 3 sets of CORS and to decide geodetic reference frame of the 5 sets of CORS to be newly installed in pilot area. Activity 1-2: To decide the installation points and specification of the 5 sets of CORS and Data Center. Activity 1-3: To install the 5 sets of CORS and a Data Center. Activity 1-4: To decide the coordinate value of the new CORS based on the observation data. Activity 1-5: To prepare the coordinate transformation parameter between current geodetic reference frame and the new one to be applied for the new CORS and to establish the guideline for its utilization <u>including technology transfer for the formulation and confirmation of optimal coordinate transformation parameters for nationwide CORS which will be developed by the Japanese Grant Aid.</u> Activity 2-1: To develop the operation and maintenance plans of new CORS and Data Center. Activity 2-2: To establish the operation and maintenance organization for new CORS and Data Center and to develop its operation and maintenance manuals. Activity 2-3: To launch a precise positioning service using CORS data (And Implementation of Pilot Projects for Utilization). Activity 2-4: To develop the data policy and service level agreement for CORS data. Activity 2-5: To enhance the user support for the improvement of precise positioning service and to develop its user support manuals. Activity 3-1: To develop the utilization plan of precise positioning service using CORS data <u>and promote further utilization by the governmental organization and private sectors towards sustainable CORS operation considering future commencement of the charged distribution services.</u> Activity 3-2: To establish the guideline to utilize the precise positioning service using CORS data. Activity 3-3: To develop user manuals for GNSS survey including network RTK. Activity 3-4: To conduct the accuracy verification of GNSS survey using CORS data. Activity 3-5: To conduct dissemination in seminar, training and workshop for promotion of utilization of precise positioning service using CORS data. Activity 3-6: To prepare CORS Master Plan covering the whole country which stipulates necessary steps (including the number of CORS) towards the overall goal after the Project.	1. Dispatch of Experts (including online/distance technical transfer arrangement) 2. Training in Japan (including online/distance technical transfer arrangement) 3. Procurement and installation of the 5 sets of CORS and data center related equipment.	1. Office space 2. Office utilities (Electricity, water, internet access, furniture) 3. Counterpart personnel for Experts dispatched by JICA	The Counterpart takes necessary permission for the activities of the Project including procurement, installation and operation of CORS prepared by JICA from the related authorities at a proper timing. Pre-Conditions The distribution of CORS data does not violate Cambodia's laws and regulations such as National Security Act. <Issues and countermeasures> Since the start of charged service is delayed to June 2025 by Cambodian policy, the project will pursue activities considering future commencement of the charged distribution.

Project Monitoring Sheet I (Revision of Project Design Matrix)

Project Title: Project on Establishment of Continuously Operating Reference Stations (CORS) for Land Management and Infrastructure Development

Version 7

Implementing Agency: GDCG

Dated 7 November 2024

Target Group:

Period of Project: August 2021 - December 2024 (42 Months)

Project Site: Phnom Penh, Siem Reap, and Stung Treng

Narrative Summary	Objectively Verifiable Indicators	Means of Verification	Important Assumption	Achievement	Remarks
Overall Goal To contribute to the efficient land survey for land management and land administration and the efficient development and maintenance of social infrastructure and residential and business areas through CORS network in pilot area appropriately managed by GDCG and utilized by related organizations and private companies.	Improvement of productivity of land survey etc. (Total number of surveyed parcels per month)	Progress report from each land survey The number of land survey projects using CORS data and confirmation of purpose of use in the covered area (the rate of use of CORS data for construction projects can be confirmed eventually)		Total number of surveyed parcels per month nationwide (not only in the pilot areas) is 198,305 as of Oct 2024. Khmer GEONET is widely used for cadaster surveys by GDCG and land offices, speeding up the land registration in the project area. The Phnom Penh Water Supply Authority uses Khmer GEONET for the maintenance of water facilities.	
Project Purpose To utilize CORS data in pilot area for land survey and construction surveying for infrastructure development and maintenance.	The number of distribution of CORS data for land survey	Number of CORS subscribed users, usage report and distribution schedule		As of Oct 2024, the number of registered users increased to 1,493 from 342 since May 2023. The number of logins for one week is about 200.	
Outputs 1) Establishment of CORS (5 sets) and Data Center for Pilot Area. 2) Enhancement of Operation and Maintenance of CORS and Data Center by GDCG. 3) Promotion of Utilization of Precise Positioning Service using CORS data among the governmental organization and private sectors.	Successful delivery, installation and operation of CORS and data center equipment The number of troubles related to the distribution and required time for troubleshooting The number of companies or organizations or land survey project utilizing CORS data from data center	Report of commissioning of CORS and data center Failure report The number of inquiries, requests from interested companies or organizations, CORS subscribed users, and land survey project using CORS		Khmer GEONET is officially open for public service since 26 Oct 2022. Number of SNS inquiries is about 40 in a month. GDCG staff can usually respond them on the same day. Interruption time due to antenna failure from lightening: 8 days(Aug2022), 3 days(Aug2023), 4 days(May2024), and 2 days (Oct 2024) . 10 companies and organizations joined the 5 pilot projects in addition to cadastral surveys by the government. 1,268 people from government agencies and private companies have joined the SNS community.	Interruption time is equal to required time for trouble shooting.

Activities	Inputs		Important Assumption
	The Japanese Side	The Cambodia Side	
Activity 1-1: To confirm the geodetic reference frame of the national geodetic control points and the existing 3 sets of CORS and to decide geodetic reference frame of the 5 sets of CORS to be newly installed in pilot area. Activity 1-2: To decide the installation points and specification of the 5 sets of CORS and Data Center. Activity 1-3: To install the 5 sets of CORS and a Data Center. Activity 1-4: To decide the coordinate value of the new CORS based on the observation data. Activity 1-5: To prepare the coordinate transformation parameter between current geodetic reference frame and the new one to be applied for the new CORS and to establish the guideline for its utilization including technology transfer for the formulation and confirmation of optimal coordinate transformation parameters for nationwide CORS which will be developed by the Japanese Grant Aid.	1. Dispatch of Experts (including online/distance technical transfer arrangement) 2. Training in Japan (including online/distance technical transfer arrangement) 3. Procurement and installation of the 5 sets of CORS and data center related equipment.	1. Office space 2. Office utilities (Electricity, water, internet access, furniture) 3. Counterpart personnel for Experts dispatched by JICA	The Counterpart takes necessary permission for the activities of the Project including procurement, installation and operation of CORS prepared by JICA from the related authorities at a proper timing.
			Pre-Conditions
			The distribution of CORS data does not violate Cambodia's laws and regulations such as National Security Act.
			<Issues and countermeasures>
Activity 2-1: To develop the operation and maintenance plans of new CORS and Data Center. Activity 2-2: To establish the operation and maintenance organization for new CORS and Data Center and to develop its operation and maintenance manuals. Activity 2-3: To launch a precise positioning service using CORS data (And Implementation of Pilot Projects for Utilization). Activity 2-4: To develop the data policy and service level agreement for CORS data. Activity 2-5: To enhance the user support for the improvement of precise positioning service and to develop its user support manuals. Activity 3-1: To develop the utilization plan of precise positioning service using CORS data and promote further utilization by the governmental organization and private sectors towards sustainable CORS operation considering future commencement of the charged distribution services. Activity 3-2: To establish the guideline to utilize the precise positioning service using CORS data. Activity 3-3: To develop user manuals for GNSS survey including network RTK. Activity 3-4: To conduct the accuracy verification of GNSS survey using CORS data. Activity 3-5: To conduct dissemination in seminar, training and workshop for promotion of utilization of precise positioning service using CORS data. Activity 3-6: To prepare CORS Master Plan covering the whole country which stipulates necessary steps (including the number of CORS) towards the overall goal after the Project.			CGD23 Datum will be officially announced by Dec 2024, and implemented by Jun 2025. GDCG will update the coordinates of ground control points and the cadastral database, develop an online application for coordinate transformation, and provide seminars and user support. The charged service of Khmer GEONET is scheduled to begin in Jun 2025. The Khmer GEONET master plan will be confirmed by GDCG in Nov 2024, and finalized in Dec 2024.

6. その他

6.1. 再委託業務

JPT（株式会社パスコ）は、本プロジェクトの活動 1-3「電子基準点（5 点）とデータセンターの設置」において、1 件の現地再委託契約を締結した。また、活動 2-3-2「実証プロジェクトの実施」において、計 5 件の現地再委託契約を締結した。6 件のすべての現地再委託は、工期内にすべての業務が完了した。CORS と DC の設置工事委託については、現地において、JPT が CPT と合同で検収を行い施工の完了を確認した。5 件の実証プロジェクトの現地再委託については、それぞれのプロジェクトにおいて完了報告書が提出され、JPT がその内容を確認した。さらに、2024 年 6 月に実施したセミナーで成果を発表した。

なお、マスタープラン策定に係る調査については、並行して実施された無償資金協力事業の協力準備調査内で調査が実施されたため、本プロジェクト内では再委託を実施しなかった。

6.2. 機材調達

JPT は下表に示す機材を調達し、CPT へ供与した。

表 6-1 調達機材（出典：JPT）

機材	数量	仕様	調達場所	用途等
電子基準点				
・GNSS受信機 ・GNSSアンテナ ・アンテナレドーム ・アンテナケーブル ・信号増幅器 ・通信用ルーター	5セット	3周波マルチGNSS チョークリング型 SCIGN型レドーム 60m ケーブル間挿入	現地	CORS の設置
データセンター				
・NRTKサービス用ソフトウェア	1セット	基準局・データ・サーバ・ユーザー・品質等の 管理、補正情報の生成機能等。基準局 5点 以上	現地	データ センターの 設置
・データセンター用サーバー		NRTKサービス用ソフトウェアを稼働させる計 算機 ・ Intel Xeon Silver 4210 2.2G ・ メモリ32GB ・ 480GB SSD ・ 16TB HDD, RAID ・ Windows Server 2019 standard		
・サーバー用無停電装置		瞬断対応 1kVA		
・データセンター用操作端末		パソコン ・ Intel i7 ・ Windows Office		
・通信用ルーター				
グローバル座標・変換パラメータ 計算ソフトウェア	1ライセ ンス	GNSSの観測点及びCORSのデータのグロ ーバル解析が可能	第 三 国	
機材保守経費	一式	契約後2年間	現地	維持管 理

機材	数量	仕様	調達 場所	用途等
ローバー ・GNSS受信機 ・アンテナ(一体型) ・現場用端末、ソフトウェア ・ポール ・木製三脚、整準台	5セット	3周波マルチGNSS 無線機内蔵 容量128GB 移動観測用 固定観測用 5/8inch	現地	精度検 証、デ モ
ローバー用測量用ソフトウェア	1ライ センス	オフィス用	現地	精度検 証
低価格GNSS受信機 ・受信機 ・周辺機器 ・測量用GNSSアンテナ ・ケーブル ・三脚	2セット	2周波 RTK センチメートル級GNSS、 Androidスマートフォン、バッテリー、収納ケー ス、水準器、ポール、アタッチメント、3周波マ ルチGNSS対応、木製三脚、整準台、アンテ ナケーブル30m	本 邦 ／ 現 地	実証プ ロジェ クト、デ モ

7. 別添資料

別添資料は電子データに格納した。

- ① 選点シート（選点マニュアル）
- ② 後処理マニュアル（座標計算マニュアル）
- ③ 座標変換マニュアル（ガイドライン）
- ④ 運営維持管理計画
- ⑤ 運営維持管理マニュアル【※】
- ⑥ データポリシー【※】
- ⑦ SLA（サービス・レベル・アグリーメント）【※】
- ⑧ ユーザーサポートマニュアル【※】
- ⑨ 利活用促進計画
- ⑩ 利活用ガイドライン【※】
- ⑪ GNSS 測量マニュアル
- ⑫ マスタープラン【※】
- ⑬ 実証プロジェクト プレゼンテーション資料、実施報告書
【※】は、英語版とクメール語版を添付

以上