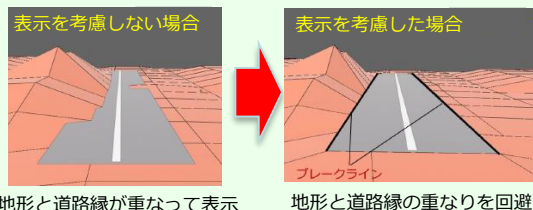


① 効率的かつ安価に3次元電子国土基本図データを作成する技術の試行業務

本試行による達成目標

- 表示を考慮した3次元地図(データセット)の作成手法(処理は自動を想定)を整理
- BIM/CIMデータのような精度の高い3次元情報を活用した更新方法及び課題を明らかにする

<データセットでの表示を考慮したイメージ> (例:地形と道路線の整合)



<BIMデータの活用イメージ>

(参考: <https://www.cadjapan.com/special/bim-navi/know/difference.html>)

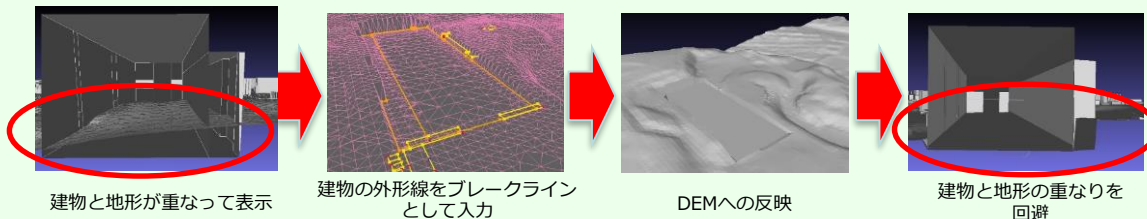


実施内容(提案内容)

<試行内容>

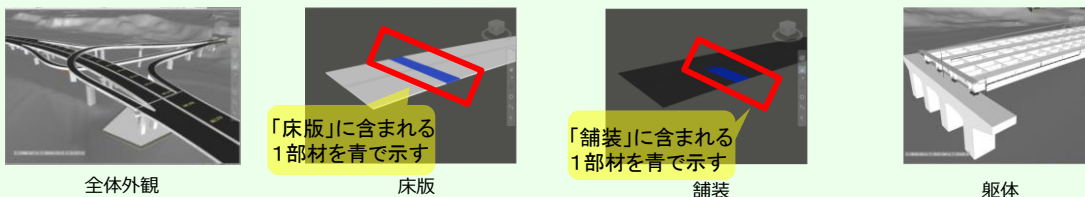
- BIM/CIMから基盤地図情報の地物に該当するデータを抽出するため、サンプルデータの確認・調査
- 3次元地図とBIM/CIMを融合させるため、地図更新と可視化の観点から必要な処理手順の検討
- 3次元描画で別地物(面)との位置が一致した際に生じる表示の“ちらつき”“埋もれ”について、抑制する仕組みを検討
- 3次元形状データフォーマットについて調査および整理
- 新百合ヶ丘駅周辺4km²を対象に3次元地図を試作し、品質評価を実施

<建物と地形の整合>



<CIMサンプル>

基盤地図情報の各地物との対応
・道路面: 床版、舗装



目標達成状況

<表示を考慮した3次元地図作成に成功>



高架等の地物において複雑な形状には一部対応できていない箇所が見受けられたものの、地物間の位置的な不整合や3次元化の自動化について概ね達成した

<自動処理により生産性が向上することを確認>

処理内容	数量	自動処理時間	手動の場合
道路生成	4237レコード	1時間15分	10人日程度
トンネル・交差生成、 地面調整	トンネル4、 交差21箇所	2分25秒	9人日程度
建物生成、地面調整	8053棟	1時間20分	17人日程度

※検査の時間は含まない単純な処理時間

<BIM/CIMデータの活用方法>

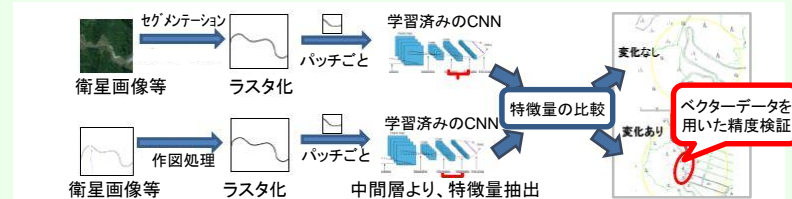
適用	想定される処理手法	備考
LOD1へのデフォルメ	部材データをすべてマージし、 外周線を取得	自動 (一部手動)
詳細度を保った統合	任意の建物外周線や道路線を図化 フォーマット変換、 アプリケーション取込み	手動 (省力化)
詳細度を保った重ねせ		自動

BIM/CIMデータ要素をそのまま3次元地図に統合することは難しいが、上表のような利用を検討することで活用が期待できる

② 電子国土基本図と現状の国土の差違を効率的に抽出する技術の試行業務

本試行による達成目標

- ① 電子国土基本図(ベクトル地図データ)と最新画像を比較する場合
正解率が70%以上、抽出漏れ率が30%以内
- ② 電子国土基本図とほかのベクトル地図データとで比較する場合
正解率が90%以上、抽出漏れ率が10%以内



実施内容(提案内容)

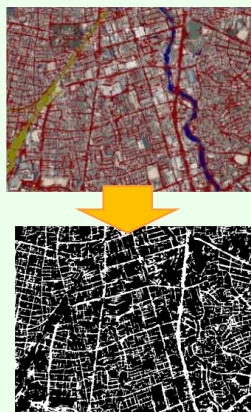
- ① 電子国土基本図(ベクトル地図データ)と最新画像を比較
ベクトルデータをラスターデータ化してラスターデータ同士の比較

<変化箇所の例>

最新衛星画像と
過去の基盤地図情報(緑線)



<ピクセルラベリングによる 道路抽出の例>



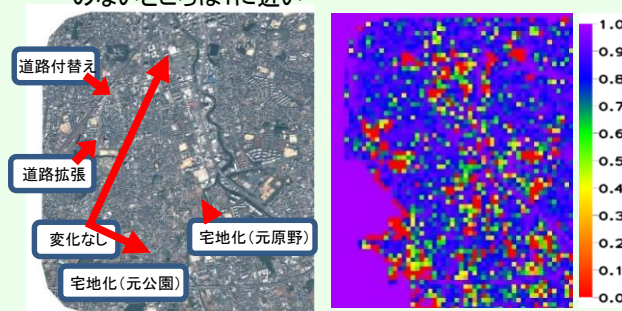
- ② 電子国土基本図とほかのベクトル地図データとで比較する場合
ベクトルデータを双方ともラスターデータ化し、そのうえで比較

<変化判定用ラスターを用いたAIによる変化抽出手法>

2時期における同一箇所の特徴量を比較
することにより変化の度合いを求めた

※特徴量類似度

宅地化した箇所など変化が大きい場所は0に近く、変化
のないところは1に近い



変化	特徴量類似度
なし	0.9468
	0.9429
	0.9104
道路付け替え	0.8519
	0.8738
道路拡張	0.397
	0.9208
宅地化(元原野)	0.8975
	0.9055
宅地化(元公園)	0.5281
	0.1522
	-0.079
	0.7634
	0.7932
	0.5808

目標達成状況

検証を4地区で実施したうち、都市部である大阪府堺市の実施結果を示す

- ① 電子国土基本図と最新の衛星画像を比較する場合、大規模な開発地や、比較的大規模な道路の新設、改変を把握可能
- ② 電子国土基本図のベクトルデータと、最新のベクトルデータとの比較についてもベクトルデータをラスターデータ化し比較することで改変を把握可能

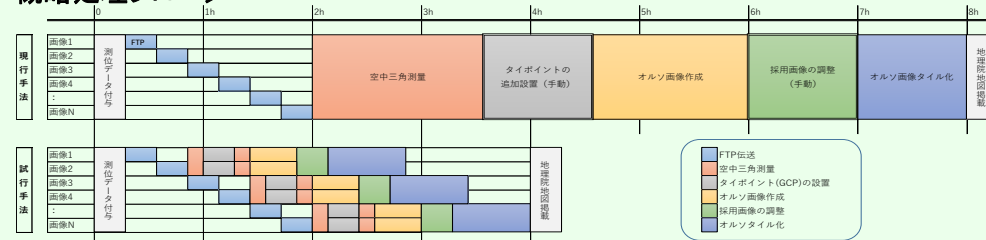
実施区分		判定基準	正解率	抽出漏れ率	F値
(1)電子国土基本図と最新画像を比較	(ア) AIによる抽出結果	主要層の特徴量(コサイン類似度)0.78以下を変化ありと判定	34.4%	70.2%	32%
	(イ) GISによる抽出結果	新旧の面積変化率: 0.5以下 or 2.0以上を変化ありと判定	38.7%	65.5%	36%
(2)電子国土基本図とほかのベクトル地図データとで比較	(ア) AIによる抽出結果	主要層の特徴量(コサイン類似度)0.97以下を変化ありと判定	81.3%	8.6%	86%
	(イ) GISによる抽出結果	新旧の面積変化率: 0.9以下 or 1.1以上を変化ありと判定	91.9%	29.7%	80%

③ 災害時にオルソ画像を迅速かつ効率的に作成する技術の試行業務

本試行による達成目標

- 処理時間は現状の8時間に対して、4時間での地理院地図へ掲載(図1参照)
- 作成するオルソ画像の水平位置精度は、おおむね地上画素寸法と同程度(50cm程度)を目指す
- 手動作業(GCP設置と採用画像の調整)を無くす

＜図1 概略処理フロー＞



実施内容(提案内容)

試行準備として、6地区(画像4206枚)のデータを用いて、SfMソフトによる撮影位置姿勢の推定(現行手法)を行い、本試行結果との比較対象として用いることとした。また、内部パラメータおよびレンズ歪み補正係数を求めた

＜試行内容＞

- ①空中三角測量(前半)
- ②GCPの自動設置
- ③空中三角測量(後半)
- ④オルソ画像作成
- ⑤採用画像の調整
- ⑥オルソタイル化

＜撮影データ＞

- ・ 位置情報しか記録されていない
- ・ 撮影と位置記録のタイミングにズレがあり撮影位置に誤差あり



＜空中三角測量(前半)＞

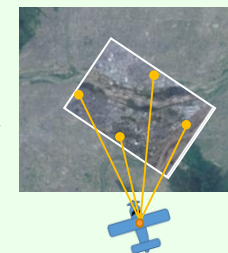
画像マッチングによる2画像間の対応付け、および三角測量による相対的な位置姿勢の計算により、暫定的な姿勢を確定



＜GCPの自動設置

空中三角測量(後半)＞

地理院オルソタイルとのマッチングによるGCP設置、および三角測量による位置姿勢の計算により、暫定的な姿勢を確定



目標達成状況

- ブースト時3GHz程度で12スレッド以上のCPU、かつ50MB/s程度のSSDを搭載した計算機であれば4時間を達成(GPUによりある程度的高速化が見込めるが必須ではない)
- ノートPCでも実現可能(上記スペックを満たす市販品あり)
- 作成したオルソ画像の水平位置精度は、画像間の相対位置ずれが1画素程度となり、高さの無い(DEMとの標高差が小さい)場所では地理院地図の標準地図と完全に一致
- 高さのある建物や森では倒れ込みによる誤差が出るが、災害対応での使用を考慮すると十分必要な位置精度を達成

＜オルソ画像の例1＞

作成したオルソ画像と地理院地図(標準地図)はきれいに重なり、広範囲でもズレや歪みが無い



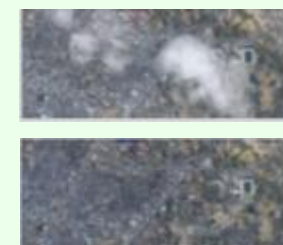
＜オルソ画像の例2＞

地理院地図との重ねてもズレが無いことにより、被災範囲の特定が容易に



＜雲除去の例＞

雲の下を覗き込む画像があれば雲除去は可能



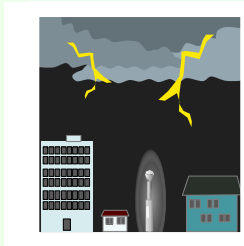
① 長期間の停電でもリアルタイムデータ配信を継続させる技術

本試行による達成目標

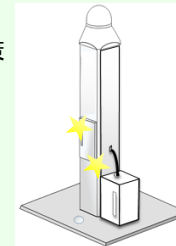
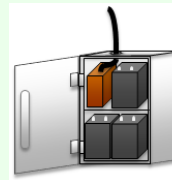
商用電源が得られなくなった後、電子基準点に現在設置されているバッテリーも含め3週間以上連続してリアルタイムデータを配信可能な電源を確保できる仕組みを提案・試行すること

【留意事項】

- ・ 機器は電子基準点の周囲 1m 以内に設置
- ・ 電子基準点の強度及び浸水防止性能が低下させない
- ・ 運搬及び設置作業が容易 等



応急的電源装置を設置及び既存装置の改造により長期の停電対策



3週間以上
自立稼働

継続的な、地域社会の安全・安心や復旧・復興に貢献

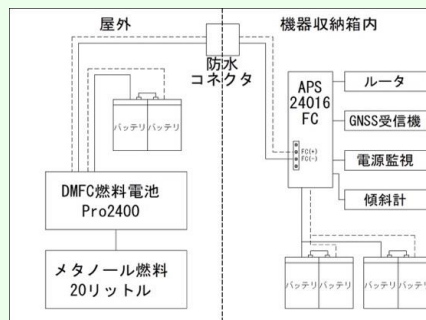
実施内容(提案内容)

① 補助電源装置の導入

- ・ 電子基準点において、停電時に不足する電力を補うため、補助電源としてFC-R&D社製「DMFC燃料電池システム(燃料:メタノール)」を導入



DMFC 燃料電池システム



接続概念図

② 無停電電源装置(APS24016)の改造

- ・ 無停電電源装置(APS24016)に「DMFC」入力回路を追加し、商用電源等がOFFの場合、電子基準点内のバッテリー電圧が24.8V以下でDMFCに接続、26.8Vで切断を行うよう改造

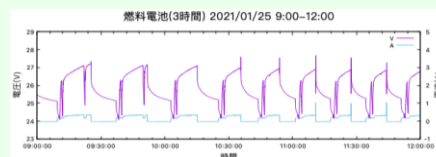
③ 試験的導入のための設置及び浸水対策

- ・ 「岩泉3」に試験的導入
- ・ 設置では、DMFC用の収納BOXを観測点基礎に固定、ケーブルを引き込むための穴を観測点外管に明け、防水コネクタを設置

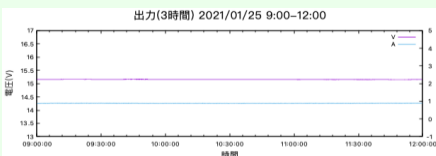
目標達成状況

① 長時間のリアルタイムデータ配信継続

- ・ 商用電源断後もDMFCによりリアルタイムデータ配信は問題なく継続したが、試行開始から14日目でDMFCが停止
- ・ 正常に移働すればメタノール燃料20ℓを搭載したDMFCで約37日間リアルタイムデータ配信を継続させることが可能と推測



DMFC内蔵バッテリーの電圧・電流の変化



無停電電源装置の出力電圧・電流の変化

② 簡便な設置及び浸水性能の維持

- ・ 作業開始からDMFCの起動まで作業員2名で約2時間で完了し、運搬から接続・運転まで簡便
- ・ 浸水性能についても防水コネクタを使用することで現状を維持



架台設置状況
(基礎に固定)



防水コネクタ
設置状況



補助電源装置
収納BOX

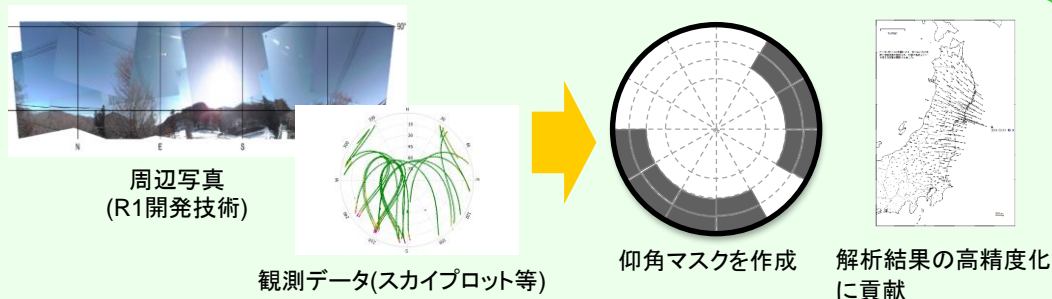


試験的導入した「岩泉3」

②-1 周辺状況の写真と観測データから効率的に仰角マスクを作成する技術1

本試行による達成目標

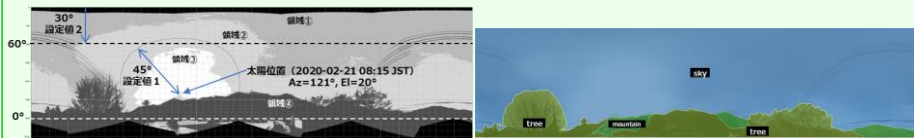
電子基準点の周辺状況の写真から、衛星測位の精度に悪影響を与えるマルチパス等を発生し得る樹木や建造物等の位置を方位角・仰角で示した仰角マスクファイルを作成する方法、並びに長期間の観測データのスカイプロットや品質情報等から樹木や建造物等の位置を推定し仰角マスクファイルを作成する方法及びそれらの推定した情報を用いて周辺状況の写真から作成した仰角マスクファイルを修正する方法を提案・試行すること



実施内容(提案内容)

①周辺状況の写真からのマスク領域判定

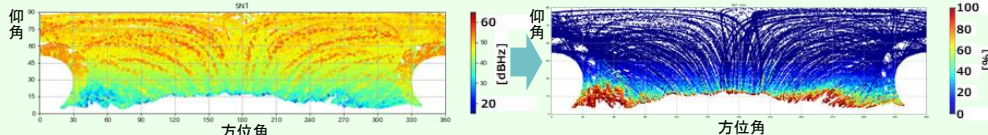
- 推定したカメラ内部パラメタを用いて画像を校正した後、取付姿勢・撮影方位の情報を基に水平パノラマ画像を合成
- 水平パノラマ画像の画素値分布を混合ガウス分布(GMM)として推定・分類しオーpensカイ領域を判定
- 合わせて、公開されている学習済み深層学習モデルによるオーpensカイ領域判定を試行



混合ガウス分布によるクラスタリング結果 深層学習モデルによるセグメンテーション結果

②観測データからのマスク領域判定

- あらかじめ決定した衛星毎の観測値(信号強度等)の閾値(LOS/NLOS信号の存在確率)を元に、観測データからマスク領域を判定



※ 本試行では存在確率50%を超える領域をマスク

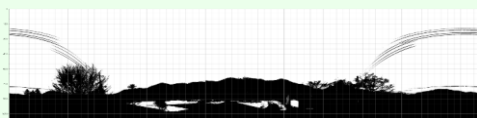
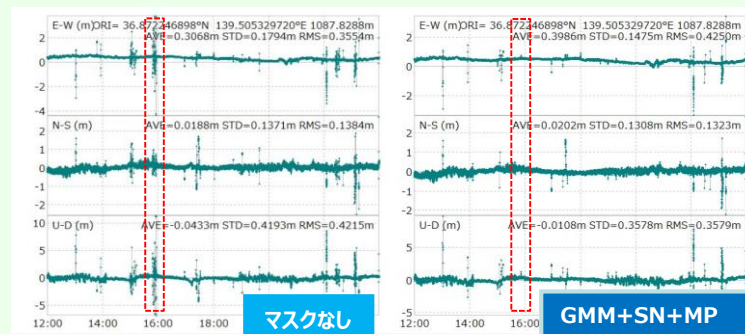
③マスク領域の合成

- 複数のマスク情報のうちLOS/NLOS信号が競合するマスク領域に対し、測位誤差を指標値とした一つ抜き交差検定結果を基に、当該領域をマスク領域とすべきか判定

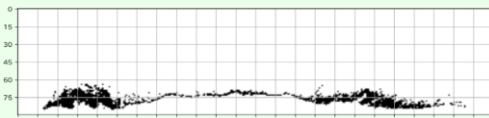
目標達成状況

- 周辺状況の写真及び観測データからマスク情報を作成するソフトウェアを新規に開発
- 作成したマスク情報の様々な組み合わせ(マスク領域合成結果)で観測データを編集し、編集された観測データの品質指標を基に定量的にマスク作成の最善の方法を評価
- 開発したソフトウェアは、本試行のデータのみならず、新たに得られる写真や観測データに対しても効率的にマスク情報を作成することが可能

測位解の改善(測位解の飛びの抑制)例(GPS+QZS+GAL+GLOによるPPP)



混合ガウスによるマスク領域

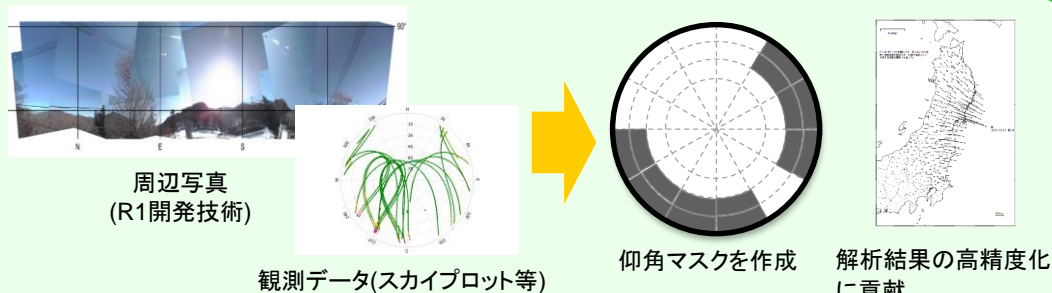


信号強度から判定したマスク領域

②-2 周辺状況の写真と観測データから効率的に仰角マスクを作成する技術2

本試行による達成目標

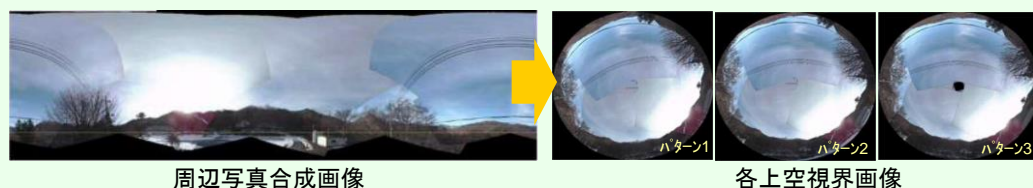
電子基準点の周辺状況の写真から、衛星測位の精度に悪影響を与えるマルチパス等を発生し得る樹木や建造物等の位置を方位角・仰角で示した仰角マスクファイルを作成する方法、並びに長期間の観測データのスカイプロットや品質情報等から樹木や建造物等の位置を推定し仰角マスクファイルを作成する方法及びそれらの推定した情報を用いて周辺状況の写真から作成した仰角マスクファイルを修正する方法を提案・試行すること



実施内容(提案内容)

①周辺状況の写真からの上空視界画像の作成

- 周辺写真16枚の画像データより、仰角マスクファイルを作成するための上空視界画像を作成



	パターン1	パターン2	パターン3
各カメラ毎の画像合成に用いたカメラ姿勢角	検証値	検証値	指令値
カメラ間の写真合成方法	対応点を使用	対応点を使用	カメラの設置情報を使用(方位角方向に90度ずつ設置と仮定)
方位角・仰角の調整	標定点を使用	カメラCの合成画像中心を北および仰角0度	カメラCの合成画像中心を北および仰角0度

上空視界画像合成作成パターン表(右に行くほど作成が容易)

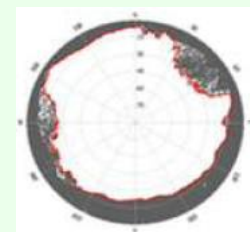
「指令値」: 16枚の写真撮影する際にカメラに指令を出した角度
 「検証値」: キャリブレーション結果を基に導出した角度
 「対応点」: 隣接する画像間の共通する特徴箇所 「標定点」: 現地測量にて座標を取得した箇所

②仰角マスクファイルの作成

- 作成した上空視界画像を、白とグレーで分ける二値化処理を行い、仰角マスクファイルを作成

③ドップラー観測量による品質検定手法の補正

- ドップラー観測量を元に低品質の観測データを排除



目標達成状況

①周辺状況の写真から作成した上空視界画像の精度

- 現地測量により方位角及び仰角を算出した検証点について、作成した上空視界画像から方位角及び仰角を読み取り、角度を比較したところ、パターン1はほぼ一致したが、パターン2及びパターン3は方位角が14°程度異なる

パターン	RMS(単位:°)		検証点数
	方位角	仰角	
パターン1	0.21	0.23	10
パターン2	14.25	1.14	11
パターン3	14.25	1.18	11

検証点における比較

②作成した仰角マスクファイルによる補正

- 「補正なし」と比較し、パターン1及びパターン2では、FIX率及び標準偏差が改善

③ドップラー観測量による品質検定手法の補正

- 十分な補正効果は得られないが、仰角マスクファイルによる補正と併用することでFIX率がやや向上

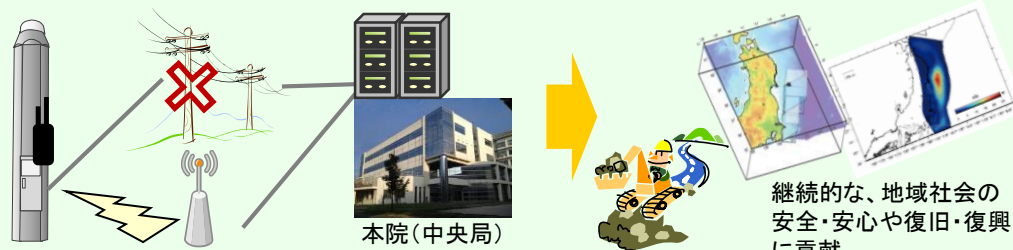
	キネマティック解析結果				「補正なし」との較差			
	FixRate	STD_dN	STD_dE	STD_dU	FixRate	STD_dN	STD_dE	STD_dU
補正なし	92.5%	0.053m	0.011m	0.080m	-	-	-	-
仰角マスクファイル補正パターン1	95.9%	0.046m	0.011m	0.076m	3.4%	-0.007m	0.000m	-0.004m
仰角マスクファイル補正パターン2	96.8%	0.047m	0.011m	0.077m	4.3%	-0.006m	0.000m	-0.003m
仰角マスクファイル補正パターン3	95.4%	0.055m	0.014m	0.089m	2.9%	0.002m	0.003m	0.009m
ドップラ-観測量による補正	95.9%	0.070m	0.016m	0.112m	3.4%	0.017m	0.005m	0.032m
仰角マスクファイル補正パターン1 + ドップラ-観測量による補正	96.7%	0.046m	0.011m	0.076m	4.1%	-0.007m	0.000m	-0.004m
仰角マスクファイル補正パターン2 + ドップラ-観測量による補正	97.1%	0.047m	0.011m	0.077m	4.6%	-0.006m	0.000m	-0.003m

各補正効果の検証

③ 電子基準点の次世代通信網に関する技術

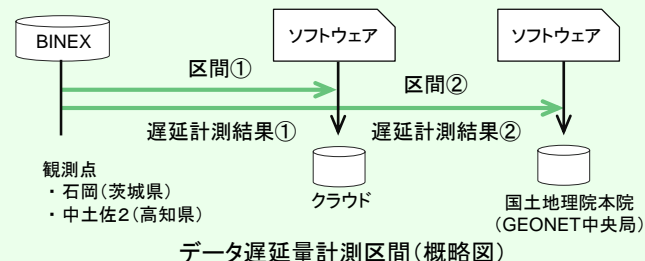
本試行による達成目標

現行の電子基準点のリアルタイムデータを集約しているDA64回線で接続しているIP-VPNに代わる、安定かつ安価な次世代通信網の構築を目指し、通信方式、通信装置、ネットワーク及びシステム構成を提案・試行すること



実施内容(提案内容)

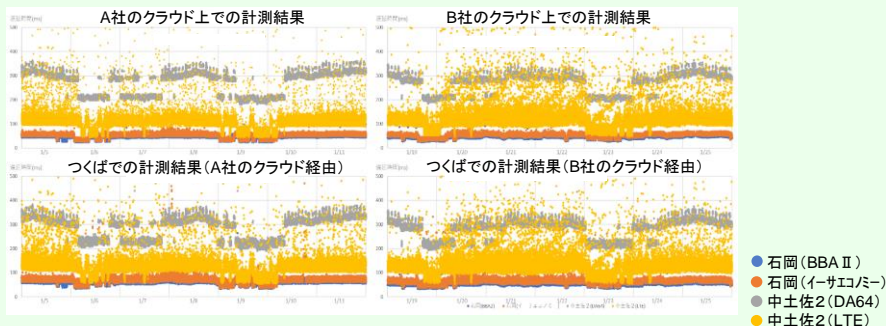
- 各種アクセス回線(BBAⅡ、イーサエコノミー、LTE、DA64)を使用した場合の遅延量の調査
- 現行のようにオンプレミスで構築している場合、災害時にデータ受信・配信が停止することが懸念されるため、クラウド上に類似の環境を構築し、国土地理院が定める遅延量の許容範囲内にデータを取得できるか調査するとともに、クラウド利用時の課題を整理
 - 2種類のクラウド環境、並びに各種回線種別の組み合わせを使用して、電子基準点からの観測データを国土地理院本院で受信するまでに要する時間を計測



目標達成状況

①回線種別毎の遅延量の比較

- BBAⅡ、イーサエコノミー、LTEは、DA64(現行の回線)より遅延量が小さいことを確認
- LTEは他の回線に比べて遅延量のバラつきが大きい



計測パターン別のデータ遅延量時間変化

②クラウドを用いた際の遅延量

- 2種類のクラウドでは、遅延量の平均値に有意な差は認められない
- A社のクラウドはデータ通信量に応じて月額の使用料が変わるため、通信量を見越した設計が必要

クラウド環境	計測区間	石岡(ms)		中土佐2(ms)	
		BBAⅡ	イーサエコノミー	DA64	LTE
A社クラウド	区間①	43.95	51.71	261.30	115.19
	区間②	59.54	76.24	277.84	131.68
B社クラウド	区間①	44.64	49.85	254.26	120.97
	区間②	55.14	61.66	264.88	131.44

データ遅延量平均値

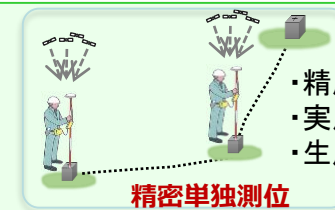
④ GNSSアンテナの位相特性に起因する測位精度低下を回避する技術

本試行による達成目標

- ・ アンテナ個体差を定量的に確認し、測量や測位の精度低下を回避
- ・ 絶対位相特性の観測方法、解析技術等の知見を蓄積
- ・ 絶対位相特性に関連する測量マニュアル案を提案

高精度なGNSS
アンテナ位相
特性モデル

提供

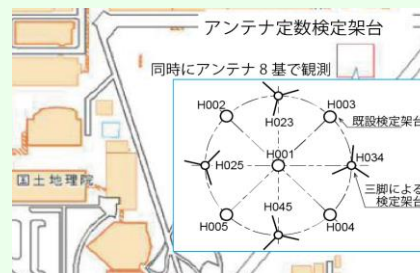


- ・ 精度低下の回避
- ・ 実用の進展
- ・ 生産性の向上

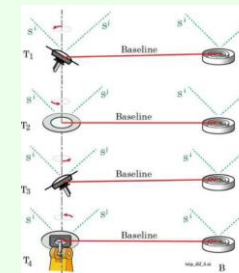
実施内容(提案内容)

- ①アンテナ相対位相特性の個体差に起因する測量や測位への影響を調査
 - ②アンテナ絶対位相特性の各国の状況を調査
 - ③アンテナ絶対位相特性データを取得できない場合における精度低下を回避できる方法を提示
- ※提案した内容について検証・評価を行い、測量マニュアル案を作成

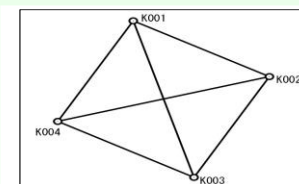
<相対位相特性の個体差の検定方法>



<絶対位相特性の各国調査>



<絶対位相特性を取得できない場合の精度低下回避方法>



目標達成状況

①個体別の位相特性モデル適用は測位精度の向上に有効

個体別の較差(最大)

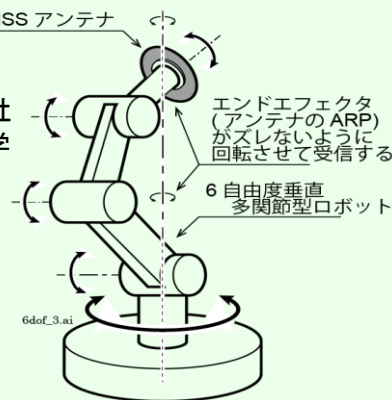
GNSSアンテナ	PCV(同機種間)		PCO(同機種間)	
	L1	L2	水平	高さ
測量用3機種	安定	安定	安定	安定
その他2機種	安定	不安定	安定	不安定

(安定 ≤ 5mm < 不安定)

②ロボティック法による6自由度アームロボットを調査
動作精度(キャリブレーション値0.1mm)

その他の調査

- 【観測方法】Geo++社
- 【解析方法】武漢大学、チューリッヒ工科大学(ETH)など
- 【電波暗室】レンタルルームの現状(必要機材等)



③PCVが公開されていないアンテナ等において、個別に決定したPCOを用いることで精度向上に有効

測量マニュアル(案)を作成

海外作業、発展途上国など検定設備がない場合に活用が期待

⑤ RTK法を用いて測量・測位を効率化する技術

本試行による達成目標

RTK法を用いた測量の効率化に向けて、作業規程の準則に定められるRTK法による観測距離(500m)より長距離での観測を実施し、電子基準点を活用した測量(測位)を効率化・高精度化する技術を提案・試行すること



実施内容(提案内容)

①RTK法による観測距離の制限緩和に向けた試験観測

- 地殻変動による歪みが小さい「つくば地域」と大きい「宮古地域」において、固定局から0.5、1、2、5、10、20、30kmの地点に検証点を設置し、RTK法による観測を実施
- 固定局として、A級及びB級の民間等電子基準点(相当を含む)を使用

②携帯電話事業者による位置情報サービスで得られる位置情報の調査

- 携帯電話事業者の2社が展開するRTKをベースとする位置情報サービスを用いた観測を、①の検証点において実施



検証地域



つくば地域の固定局

(左:A級民間等電子基準点、右:B級民間等電子基準点相当)

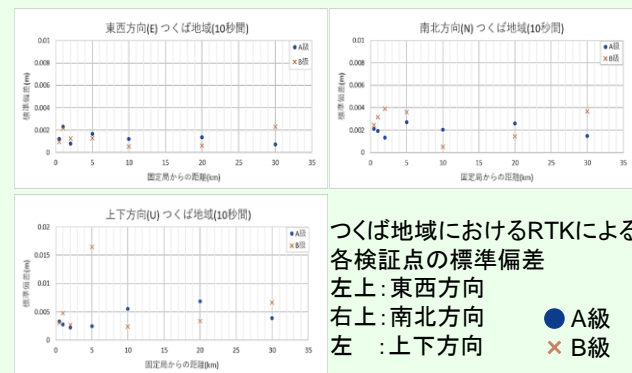
目標達成状況

①RTK法による観測距離の制限緩和に向けた検証及び考察

- FIX率は、最も距離が長い30kmにおいても99%であり、ほぼFIXが得られることを確認
- 両地域におけるRTKによる各検証点の標準偏差は、観測距離の違いにより精度が大きく低下しない
- 地殻変動による歪みが大きい「宮古地域」について、観測距離が長くなるにつれて、国家座標との差は大きくなるが、セミ・ダイナミック補正を適用することにより、較差はほぼ解消

②携帯電話事業者による位置情報サービスで得られる位置情報

- 各位置情報サービスにより得られる各検証点の国家座標との差は、宮古地域におけるA社のサービスによる座標値が、B社のサービスによる座標値と比較して国家座標から乖離していることを確認(固定局からの観測距離の違いによるものと推測)



	つくば地域			宮古地域		
	E成分	N成分	U成分	E成分	N成分	U成分
A社	3mm	3mm	7mm	15mm	10mm	29mm
B社	8mm	5mm	10mm	3mm	3mm	8mm

位置情報サービスにより得られた座標値の標準偏差(各検証点の平均値)

	つくば地域			宮古地域		
	E成分	N成分	U成分	E成分	N成分	U成分
A社	10mm	0mm	2mm	-104mm	154mm	-161mm
B社	-2mm	1mm	-19mm	-4mm	6mm	-15mm

位置情報サービスにより得られた座標値の国家座標との差(各検証点の平均値)