

高分解能衛星画像を活用した 電子国土基本図の整備・更新

平成28年7月28日

第2回先進光学衛星利用ワークショップ

国土地理院基本図情報部 地図情報技術開発室長

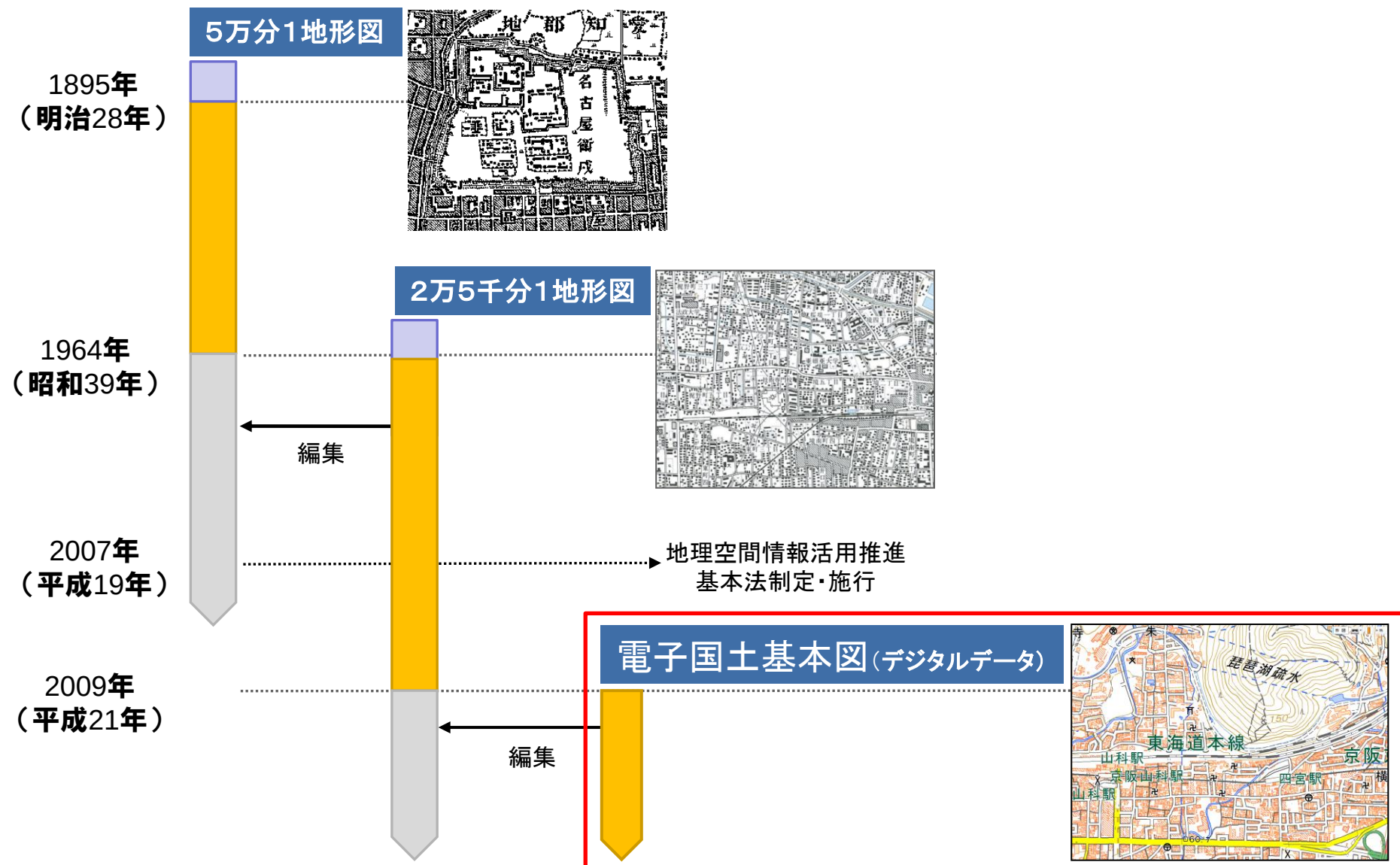
中村 孝之

1. 電子国土基本図の概要
2. だいちを活用した電子国土基本図の整備・更新
3. 先進光学衛星に対する期待

1. 電子国土基本図の概要
2. だいちを活用した電子国土基本図の整備・更新
3. 先進光学衛星に対する期待

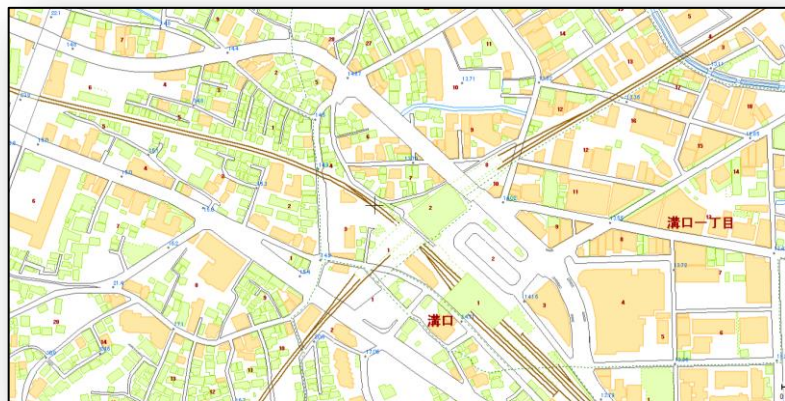
電子国土基本図とは

- 我が国の国土の現況を表す最も基本的な情報。
デジタル時代の新しい基本図。



- 地理空間情報活用推進基本法(平成19年法律第63号)に基づき位置の基準として整備される道路、建物などの「**基盤地図情報**」**項目と**、植生や崖・岩などの土地の状況を表す項目や地名などを統合し、**一体的に整備・更新**。

基盤地図情報(位置の基準)



基盤地図情報以外の項目

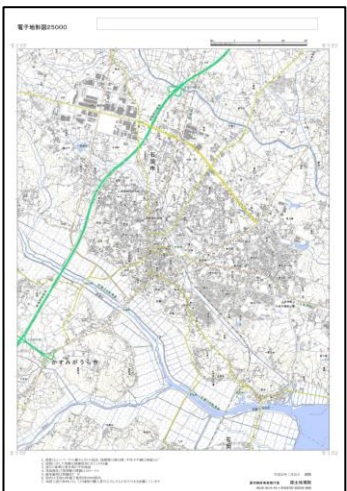


統合

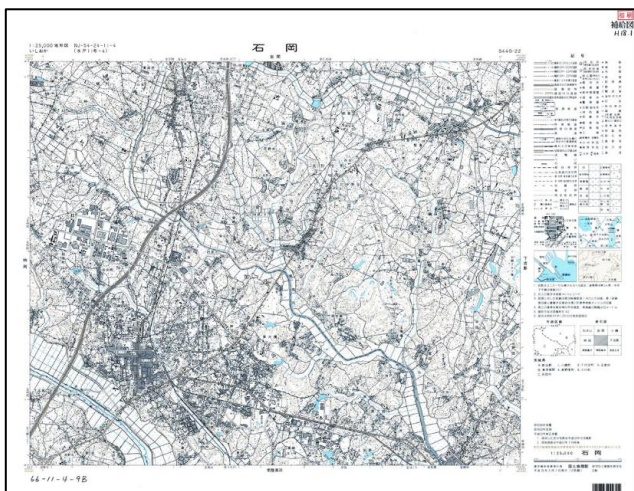


電子国土基本図

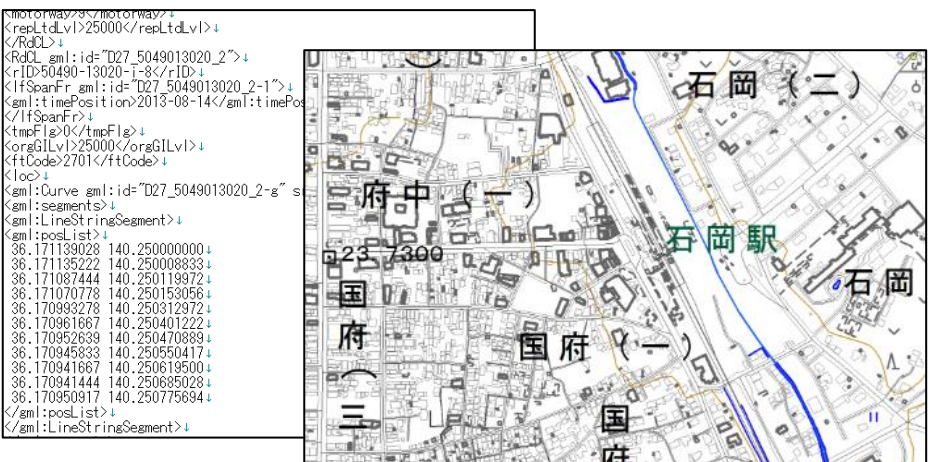
- ニーズに合わせた**多様な形態で提供。**
- 国土の**管理・開発・保全、地域政策、防災・災害対応、地理教育、観光、レジャー**など様々な活用。



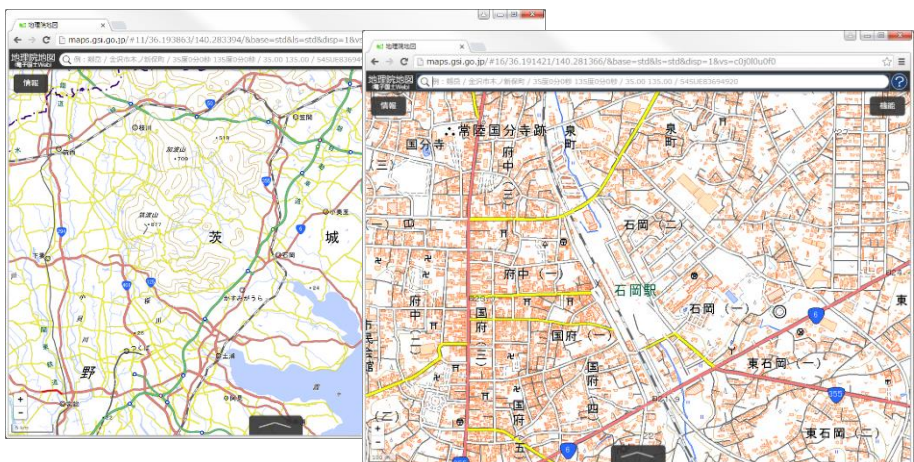
電子地形図25000:オンデマンド地図画像



2万5千分1地形図：印刷図



数値地図(国土基本情報):ベクトルデータ



「地理院地図」 <http://maps.gsi.go.jp/> 6

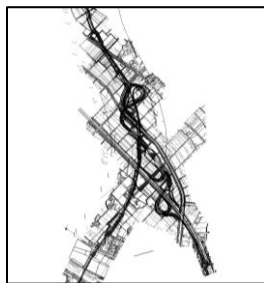
電子国土基本図の更新(主な更新手法)

(例)道路管理者と連携した更新

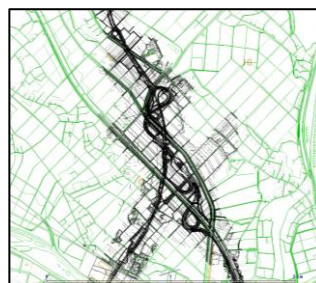
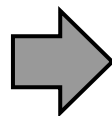
●重要事項の 迅速な更新

(例: 圏央道五霞IC)

2015年3月29日 供用開始

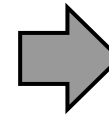


道路工事図面CADデータ
(NEXCO東日本関東支社)



電子国土基本図に
重ね合わせ

更新



最新の地図を入手可

供用開始

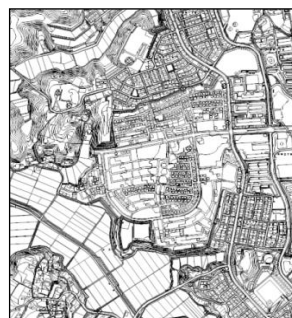
同時に地理院地図等に反映

(例)地方公共団体等との協力による更新

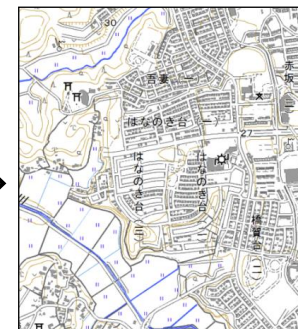
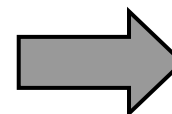
●面的な更新



更新前



都市計画基本図等



更新

都市計画区域外は空中写真で定期的に更新
離島等は衛星画像で更新



「くにかぜⅢ」による撮影 「だいち」による観測 等

電子国土基本図の精度

➤ 都市計画区域（約10万km²）：2500レベルの基盤地図情報

- ・平面位置の誤差： 2.5m以内
- ・高さの誤差： 1m以内

根拠：地理空間情報活用推進基本法に基づく国土交通省令

※地理空間情報活用推進基本法第二条第三項の基盤地図情報に係る項目及び基盤地図情報が満たすべき基準に関する省令

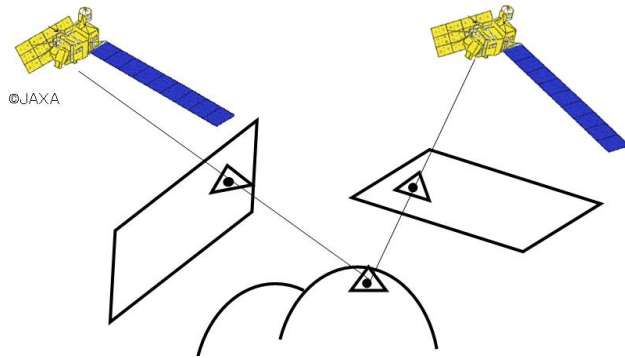
➤ 都市計画区域外（約28万km²）：25000レベルの電子国土基本図（2万5千分1地形図）

- ・平面位置の精度（標準偏差）： 17.5m以内
- ・標高の精度（標準偏差）： 標高点3.3m以内、等高線5m以内

衛星画像の活用を期待する部分

根拠：基本図測量作業規程

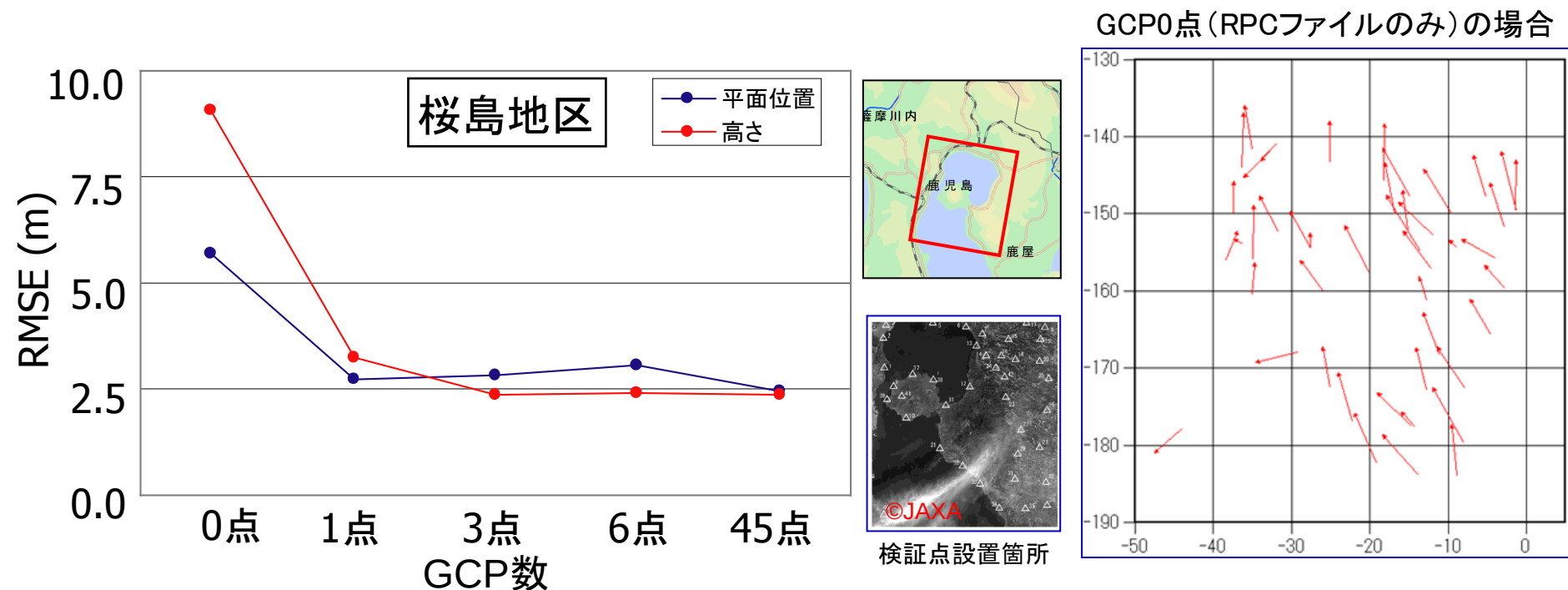
1. 電子国土基本図の概要
2. だいちを活用した電子国土基本図の整備・更新
3. 先進光学衛星に対する期待



電子国土基本図の整備・更新への有用性を確認するために以下の検証を実施。

- ・ 標定精度 : 画像 (RPCモデル + GCP) から求められた座標と実測値との比較
- ・ 図化精度 : 図化結果と実測値や他の高精度な測量成果との比較
- ・ 判読性 : 何がどこまで見えるか

➤ ステレオ図化機で計測した値と、実測値を比較



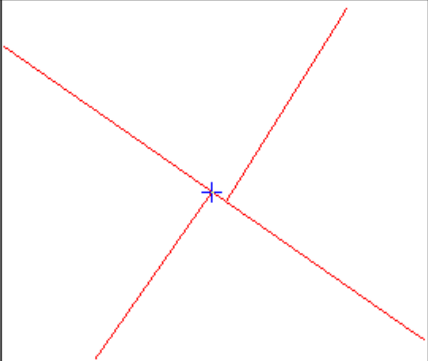
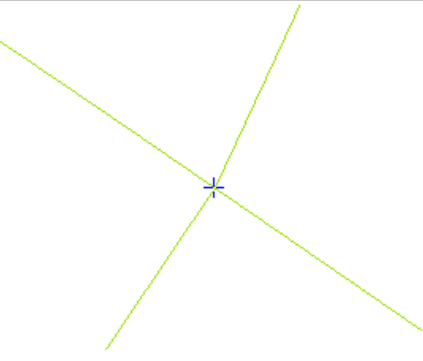
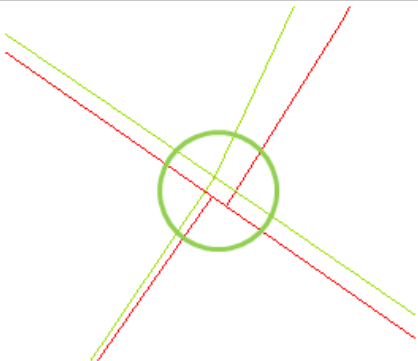
誤差のほとんどは平行移動成分→GCP1点でほぼ収束

2万5千分1地形図の標定精度の許容範囲

作成: 平面位置 7.5m以内、高さ2.5m以内

修正: 平面位置 12.5m以内、高さ2.5m以内

だいち/PRISM画像の図化精度の検証(平面位置)

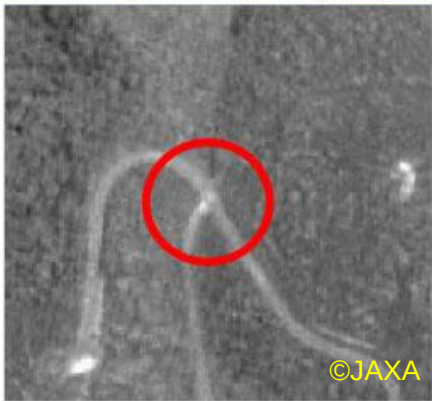
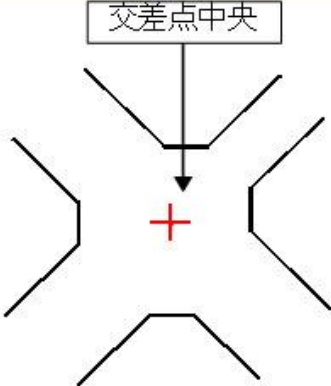
No.	検証データ (空中写真図化)		ALOS/PRISMステレオ図化		重ね合わせ図	
1						
	X	1280.329	X	1280.601	較差	1.788
	Y	-116428.14	Y	-116426.373		十字交差点

図化対象	岡崎地区				三河地区			
	標準偏差	RMSE	最大較差	測点数	標準偏差	RMSE	最大較差	測点数
道路	2.03	4.14	8.18	16	4.39	7.38	18.64	16
河川	1.97	4.92	7.56	16	2.61	9.67	15.67	9
建物	1.28	4.77	7.52	16	0.56	5.91	6.45	2

(単位 : m)

2万5千分1地形図の位置精度(平面位置)の許容範囲

17.5m以内 > **OK**

No.	ALOS/PRISMステレオ計測	詳細		
1		交差点中央 		
	X	-155854.4083	測点	1 - 1
	Y	-34949.2542	Z (F-N)	342.866
	Z	339.260	Z (F-B)	340.964
			較差	3.606
				1.704

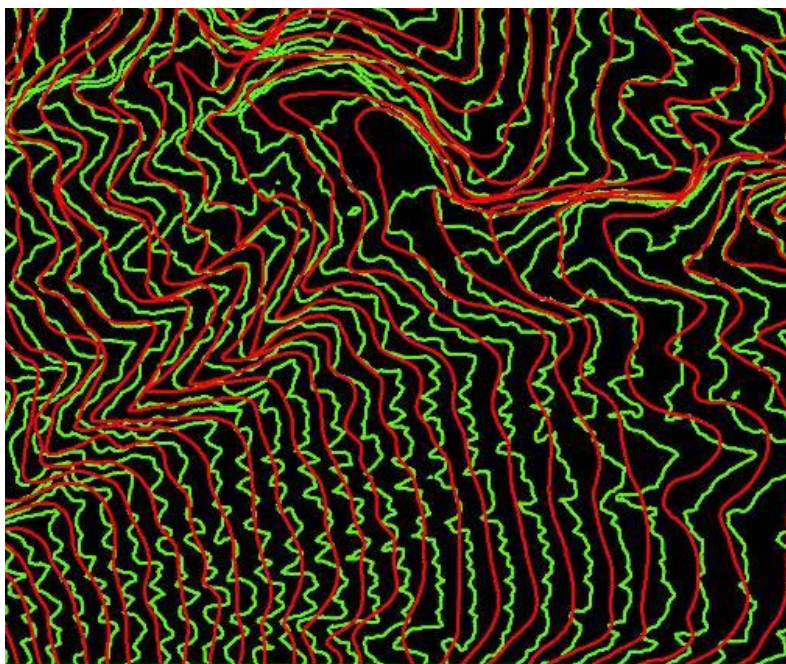
(桜島地区)

使用モデル	較差	平均	標準偏差	RMSE	最大較差	測点数
前方・直下	2回測定の較差	-1.02	2.43	2.67	8.11	16
	航空レーザ測量との較差	-0.13	4.50	4.50	9.48	
前方・後方	2回測定の較差	-0.16	2.00	2.00	4.13	16
	航空レーザ測量との較差	-0.81	4.80	4.87	11.09	

(単位：m)

2万5千分1地形図の標高点の精度の許容範囲

3.3m以内 > 満たしていない



2万5千分1地形図の等高線
としては、概ね再現されている

平坦地での標準偏差	2.35m
急峻地域での標準偏差	4.84m

赤 : だいち画像から図化した等高線
黄緑 : 航空レーザ測量データから自動生成させた等高線

2万5千分1地形図の等高線の精度の許容範囲
5m以内 > OK

だいち/PRISM画像の標定精度及び図化精度(まとめ)

- 2万5千分1地形図（25000レベルの電子国土基本図）の作成・修正のための条件をほぼ満たす、高い位置精度が得られた
 - － 水平方向は、全く問題ないレベル
 - － 高さ（特に標高点）は、画質や地表の条件により、精度確保が困難な場合あり

項目	画像の標定精度		最終的な地図成果に求められる精度		
	平面位置	高さ	平面位置	等高線	標高点
だいち画像の 精度検証結果 (標定点で補正後)	2.6～4.3m	2.2～3.6m	4.1～9.7m	2.4～4.8m	4.5～4.9m
			(※図化機による取得位置の精度)		
2万5千分1地形図作成	7.5m以内	2.5m以内	17.5m以内	5m以内	3.3m以内
2万5千分1地形図修正	12.5m以内				

※RPCモデルを用いたデジタルステレオ図化機による精度検証（H19）

【道路】

4車線道路(◎)、1～2車線道路(○)
(※市街地は困難)、徒歩道(×)

【建物】

大規模建物(○)(※実体視で◎)、
通常建物△

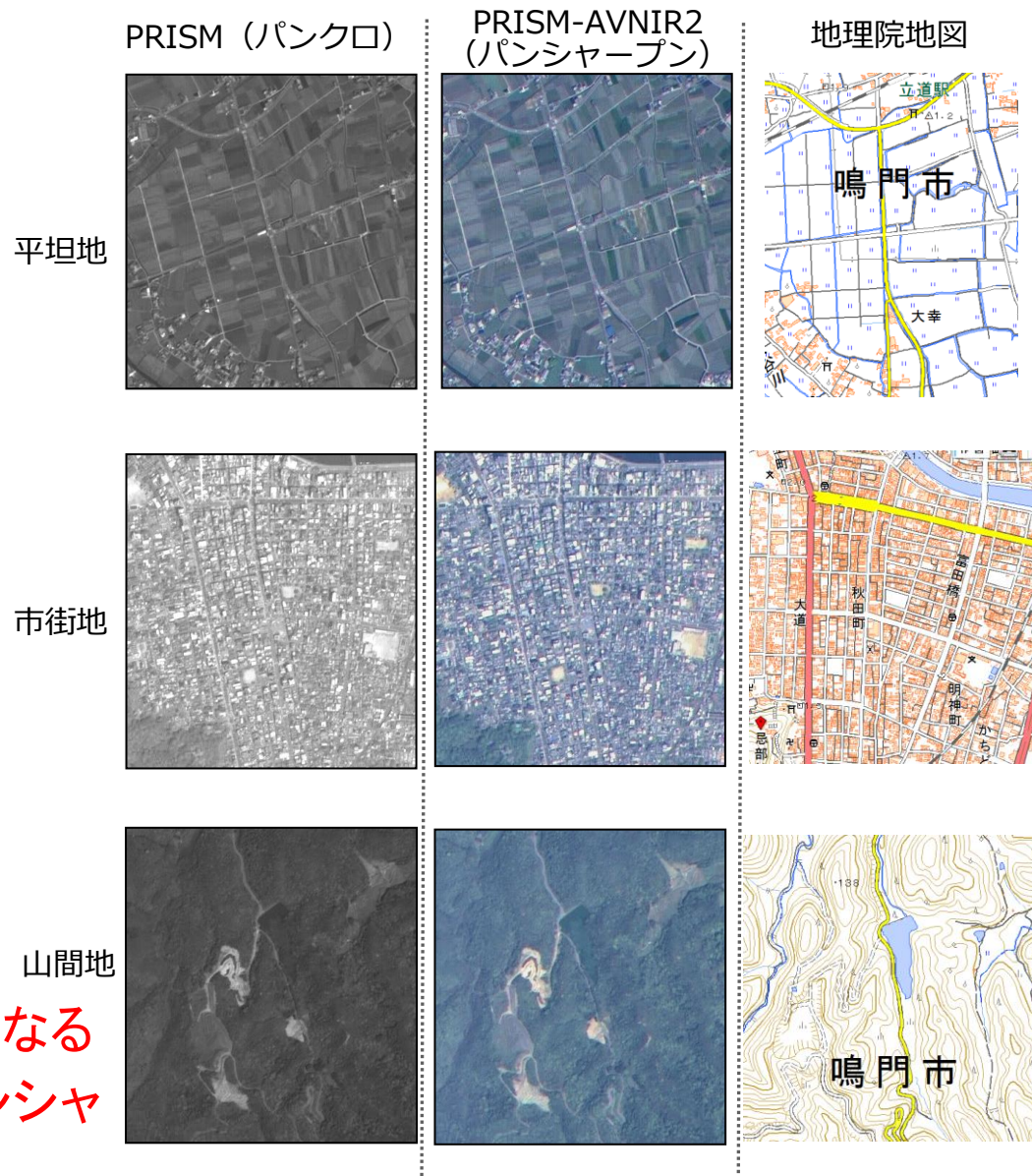
【河川】

2条河川(◎)、1条河川(△)

【植生】

植生(△)

- ・判読性は地域、地勢、撮影条件で異なる
- ・判読困難な場合は、現地調査やパンシャープン画像の使用で補完



【位置精度】

地形図作成のための条件をほぼ満たす、高い位置精度
(高さは、条件によっては精度確保が困難な場合もあり)

【判読性】

小さな構造物や植生などの判読はやや困難

【コスト】

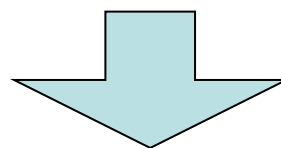
低価格で画像購入が可能

【作業方法】

空中写真を使用した場合と同じ手法が可能

⇒だいちの画像は2万5千分1地形図(25000レベルの電子国土基本図)作成・修正に有用

- 空中写真撮影が困難
- 容易に現地計測には行けない
- 活発な火山活動による地形変化



- 平成19年に修正を実施
(昭和54年改測以来)

※この時は現地測量及び現地調査も実施

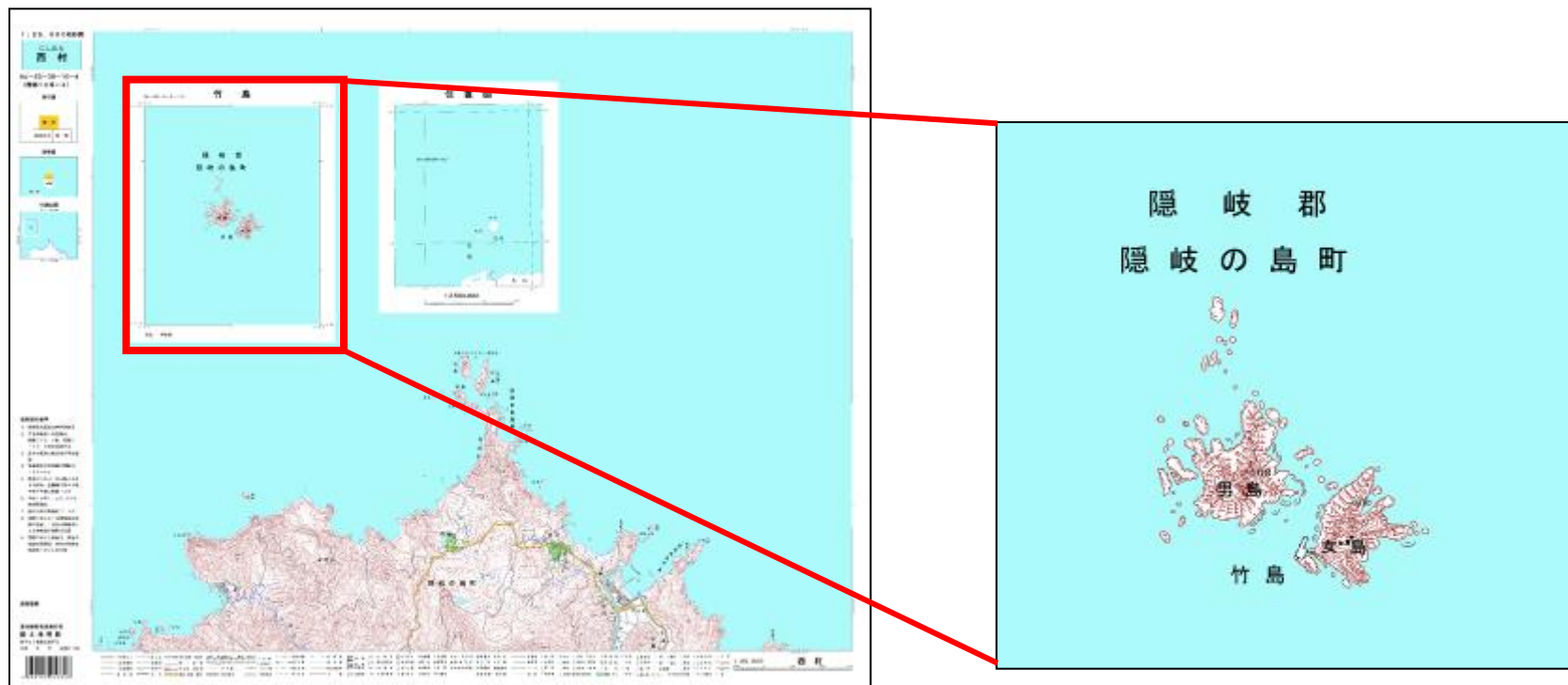
- だいち画像による図化と現地測量により、海岸線、飛行場、道路、建物等を修正



昭和57年3月30日刊行の2万5千分1地形図の一部



平成19年9月1日刊行の2万5千分1地形図の一部 19



2万5千分1地形図「西村」(平成19年12月1日刊行)

座標計測: だいちの画像を使用

地形表示: QuickBird、IKONOSの画像を使用

- 平成21年度から、だいち等の衛星画像を使用して、2万5千分1地形図の整備を開始。平成22年12月から順次刊行。

※従前は、国土地理院の前身である参謀本部陸地測量部が戦前に作成した地図を基にした5万分1地形図が最も詳細な地図。

- 平成26年(2014年)2月に電子版(電子地形図25000及び数値地図(国土基本情報)、地理院地図)が全島提供、同年7月に印刷図(2万5千分1地形図)が全島刊行。

⇒これにより、日本全国の2万5千分1地形図が刊行。

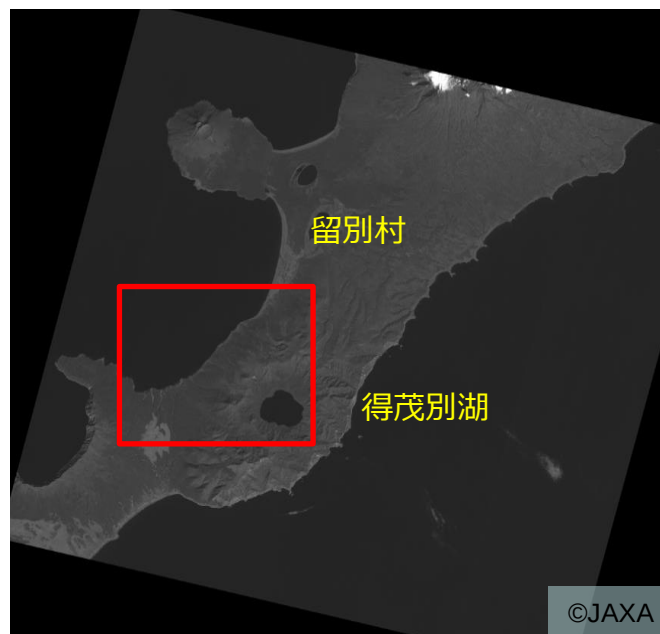
- 合わせて、国土の基本的な情報を更新。

・日本最北端の緯度経度： 北緯 $45^{\circ} 33' 28''$ → $45^{\circ} 33' 26''$
東経 $148^{\circ} 45' 14''$ → $148^{\circ} 45' 08''$

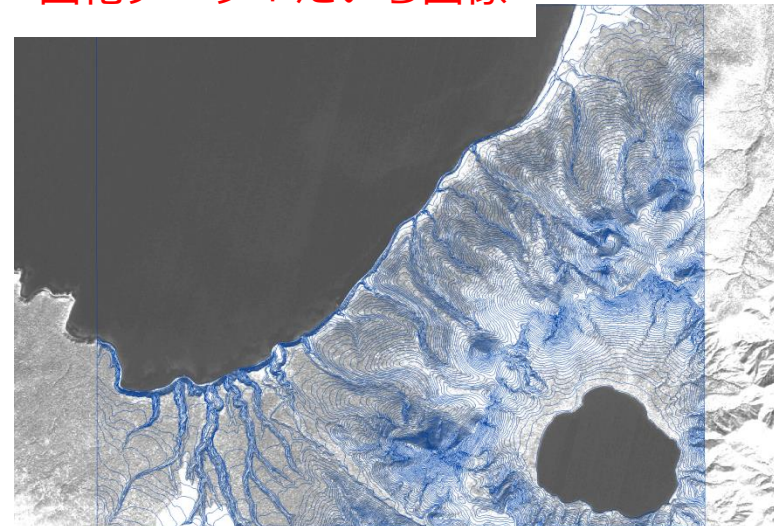
・北方四島の山の高さ： 例えば、爺爺岳は 1822m → 1772m

・北方四島のDEM： 250m メッシュ → 10m メッシュ

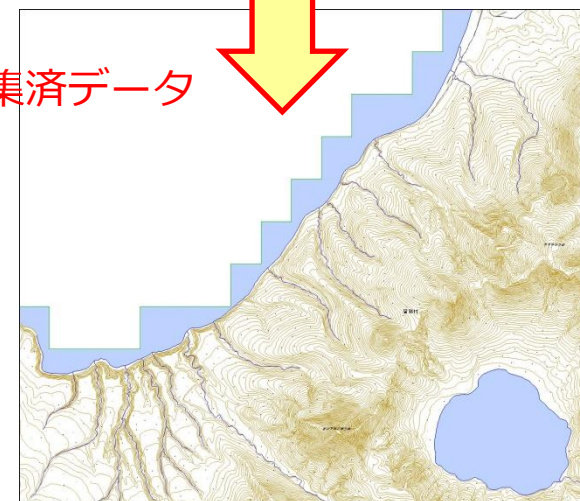
・北方四島の面積： $5,036.14\text{km}^2$ → $5,003.05\text{km}^2$ (平成26年全国都道府県市区町村別面積調)



図化データ+だいち画像



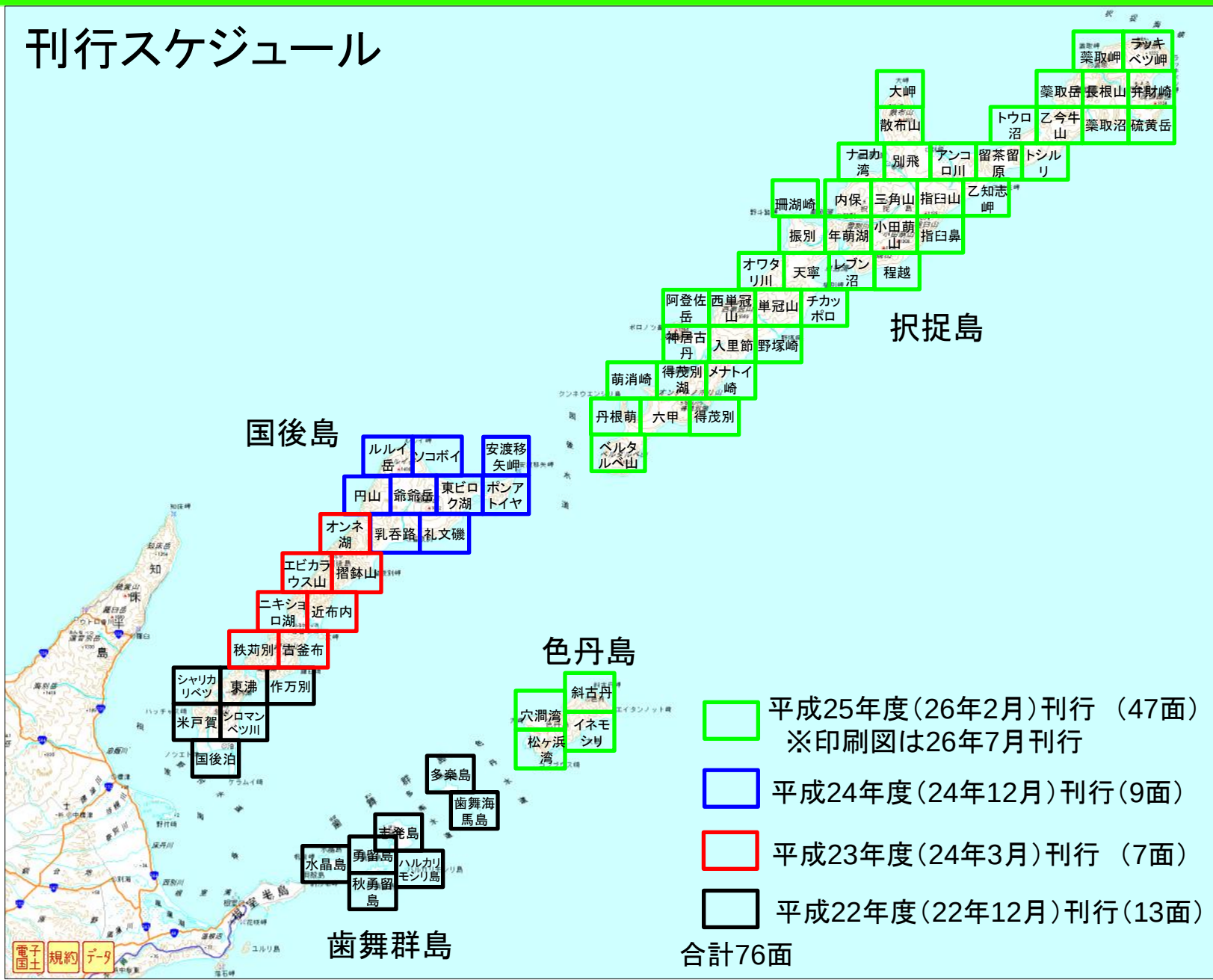
編集済データ



【作成方法】

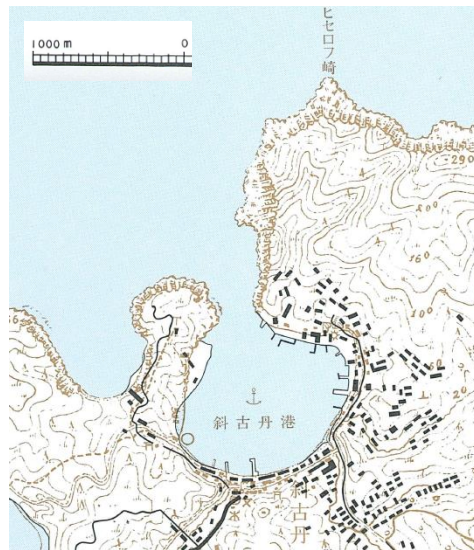
- ① だいち等の衛星画像からステレオ図化
- ② 2万5千分1地形図に表示する地物等を取得
(衛星画像で判読できるものの形状を表示)
- ③ 5万分1地形図等の既存資料も参考

刊行スケジュール



5万分1地形図と2万5千分1地形図との比較

色丹島東北部の居住地「斜古丹」周辺

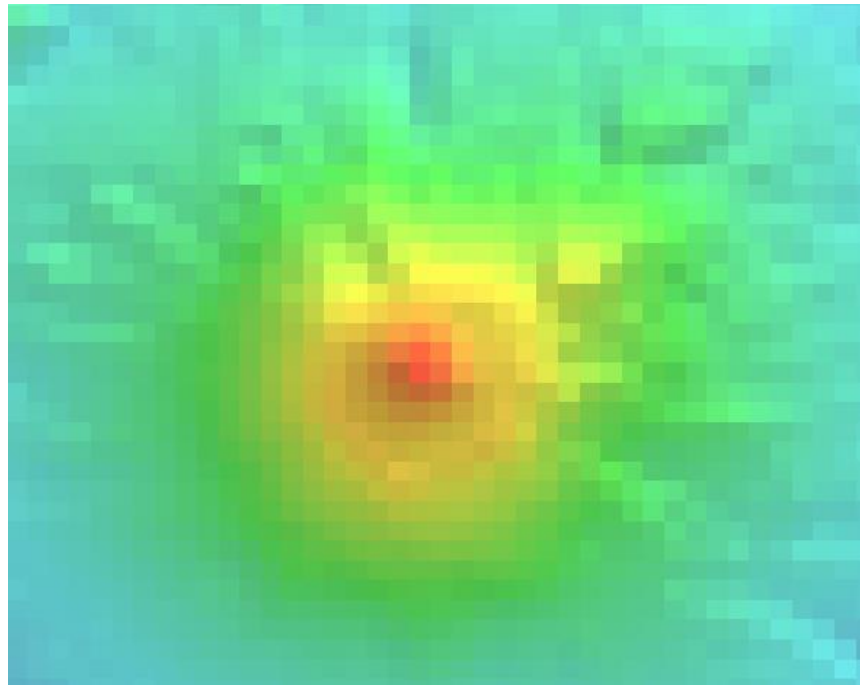


5万分1地形図
(平成4年刊行。大正時代の成果に衛星
画像で判読できた道路、建物等を加刷)

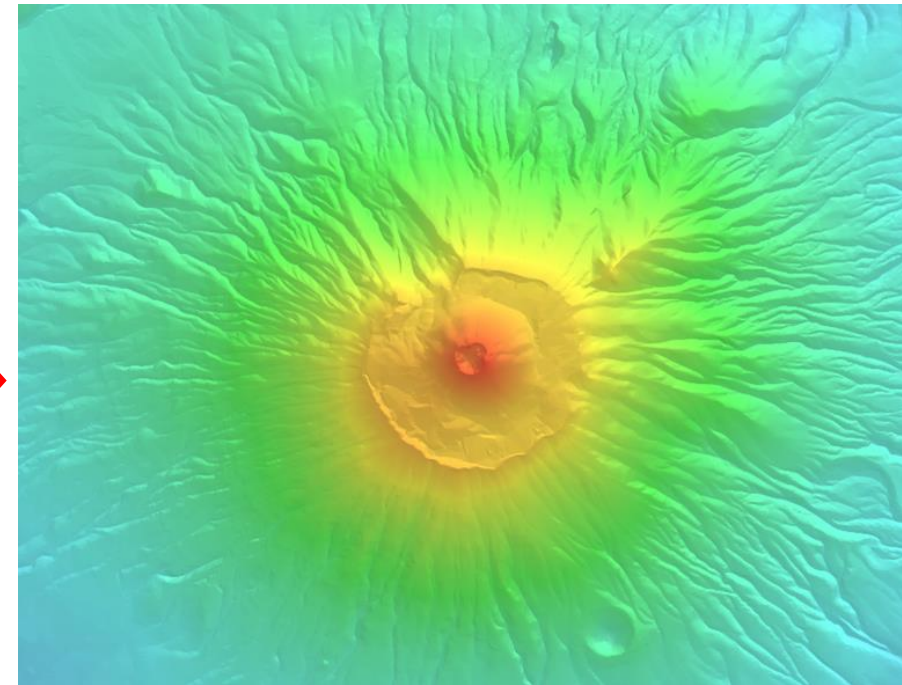
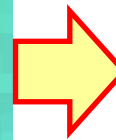


電子地形図25000
(2万5千分1地形図のデジタル画像)

2万5千分1地形図の等高線データから10mDEMを作成 (基盤地図情報(数値標高モデル)として公表)



従来250mDEM



10mDEM

北方四島最高峰の山「爺爺岳(ちゃちゃだけ)」の周辺(国後島東北部)
なお、爺爺岳の標高: 1,822m(大正時代測量)→1,772m(2万5千分1地形図)

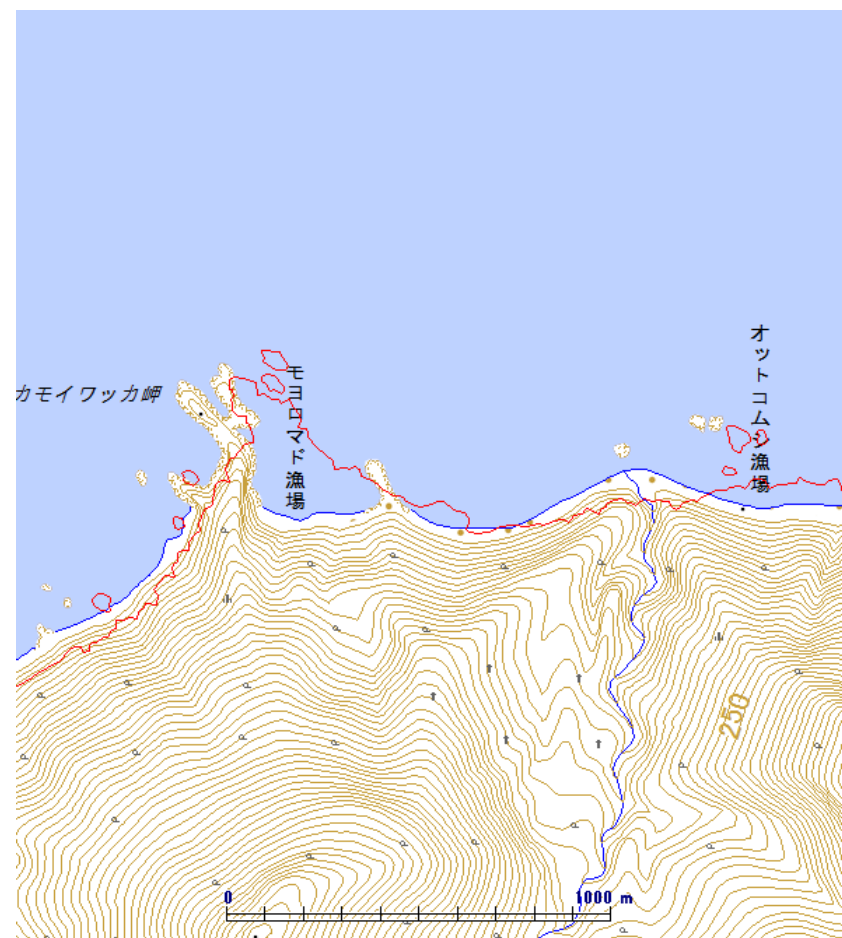
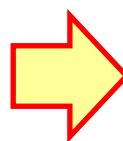
日本最北端の緯度経度の更新

(旧) 北緯45° 33' 28" 東経148° 45' 14" (5万分1地形図ベース)

(新) 北緯45° 33' 26" 東経148° 45' 08" (2万5千分1地形図ベース)



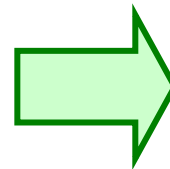
平成4年修正 5万分1地形図データ



平成26年作成 2万5千分1地形図データ
赤線は、平成4年修正5万分1地形図の海岸線



空中写真（2001年撮影）

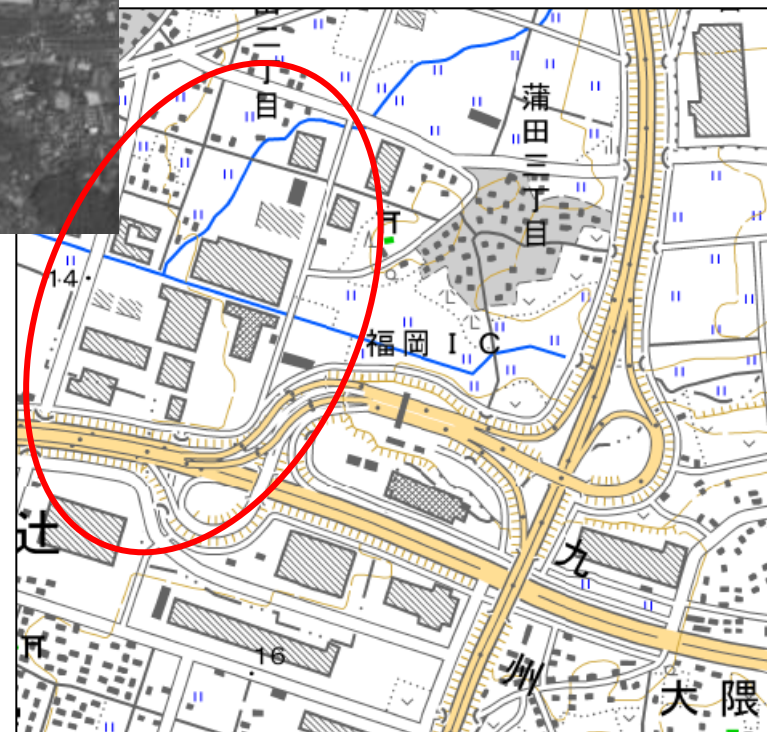
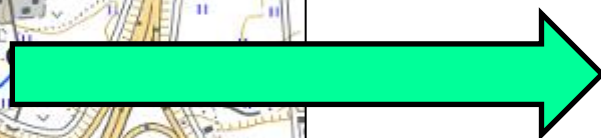
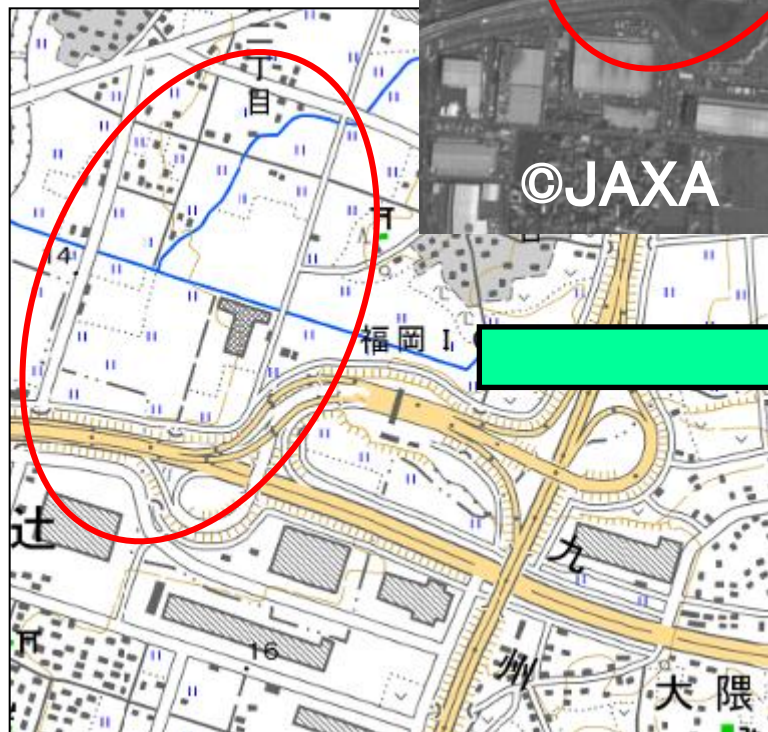


だいち/PRISM画像（2006年撮影）

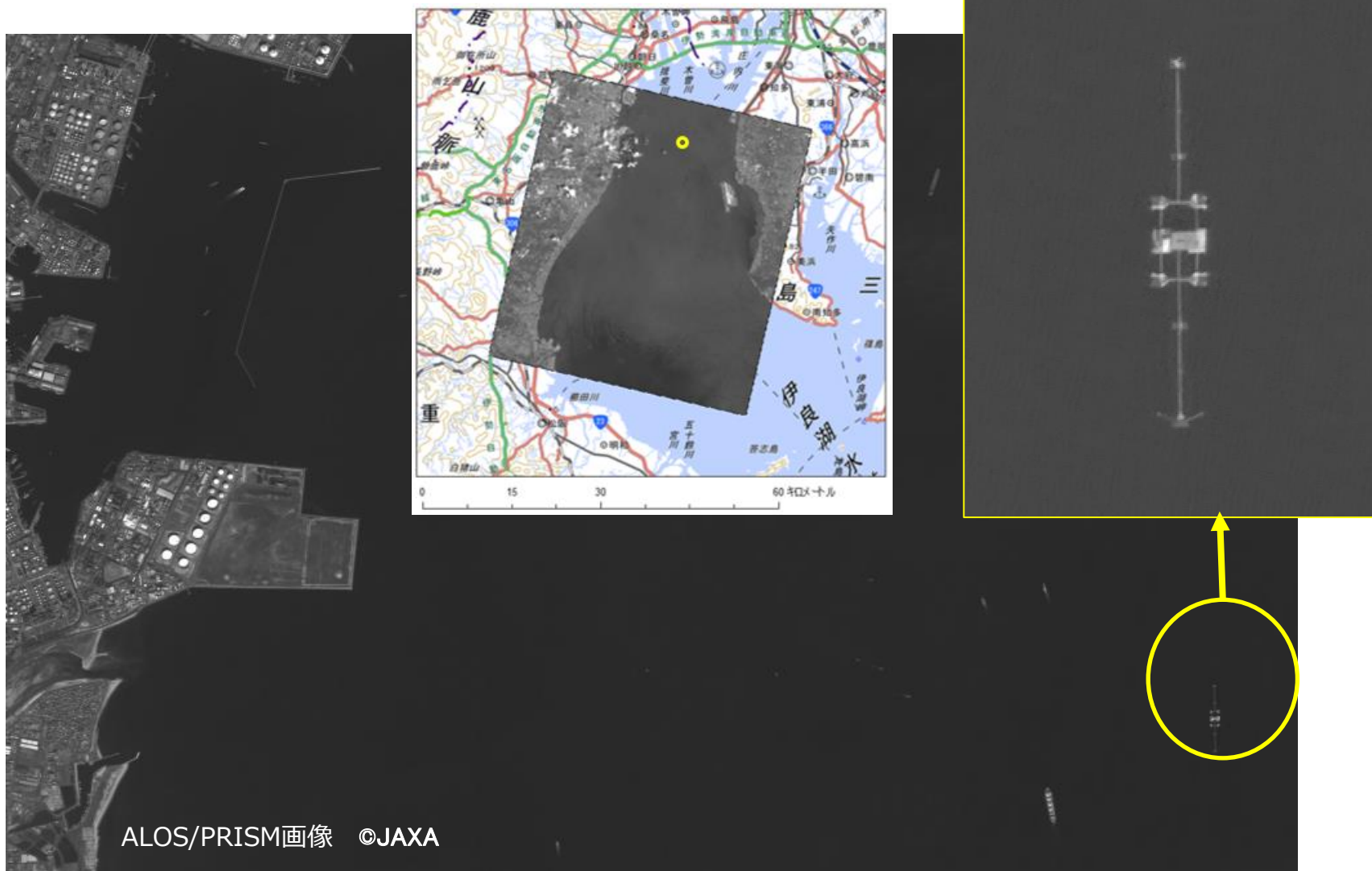
独立建物の
追加



2万5千分1地形図
「福岡」



- ごく一部分の修正のために空中写真を撮影することは非効率。
- 衛星画像が有効。広範囲の画像のため、標定も容易。



離島地域の2万5千分1地形図作成
(昭和40年代～昭和50年代)



離島測量の特殊性から精度は決して高くない？
(離島独自の測地網、標定誤差 等)



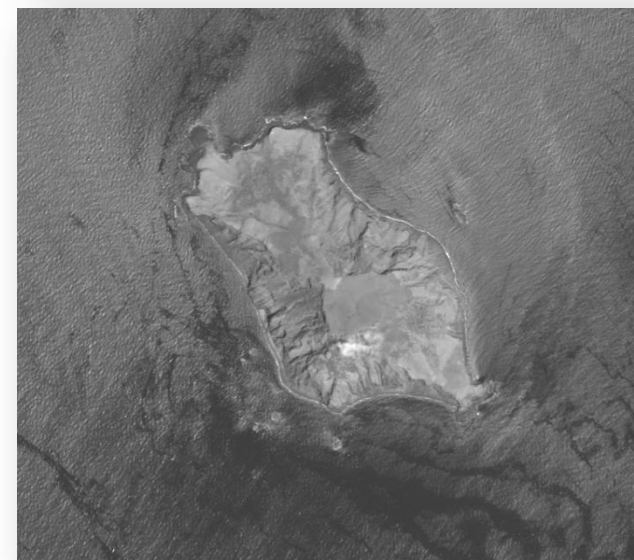
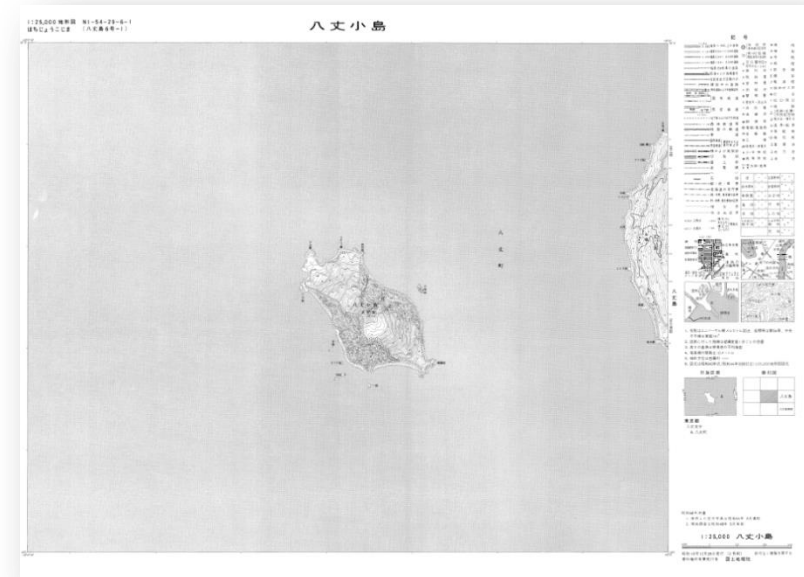
GPS測量の登場により離島の位置ずれが発見



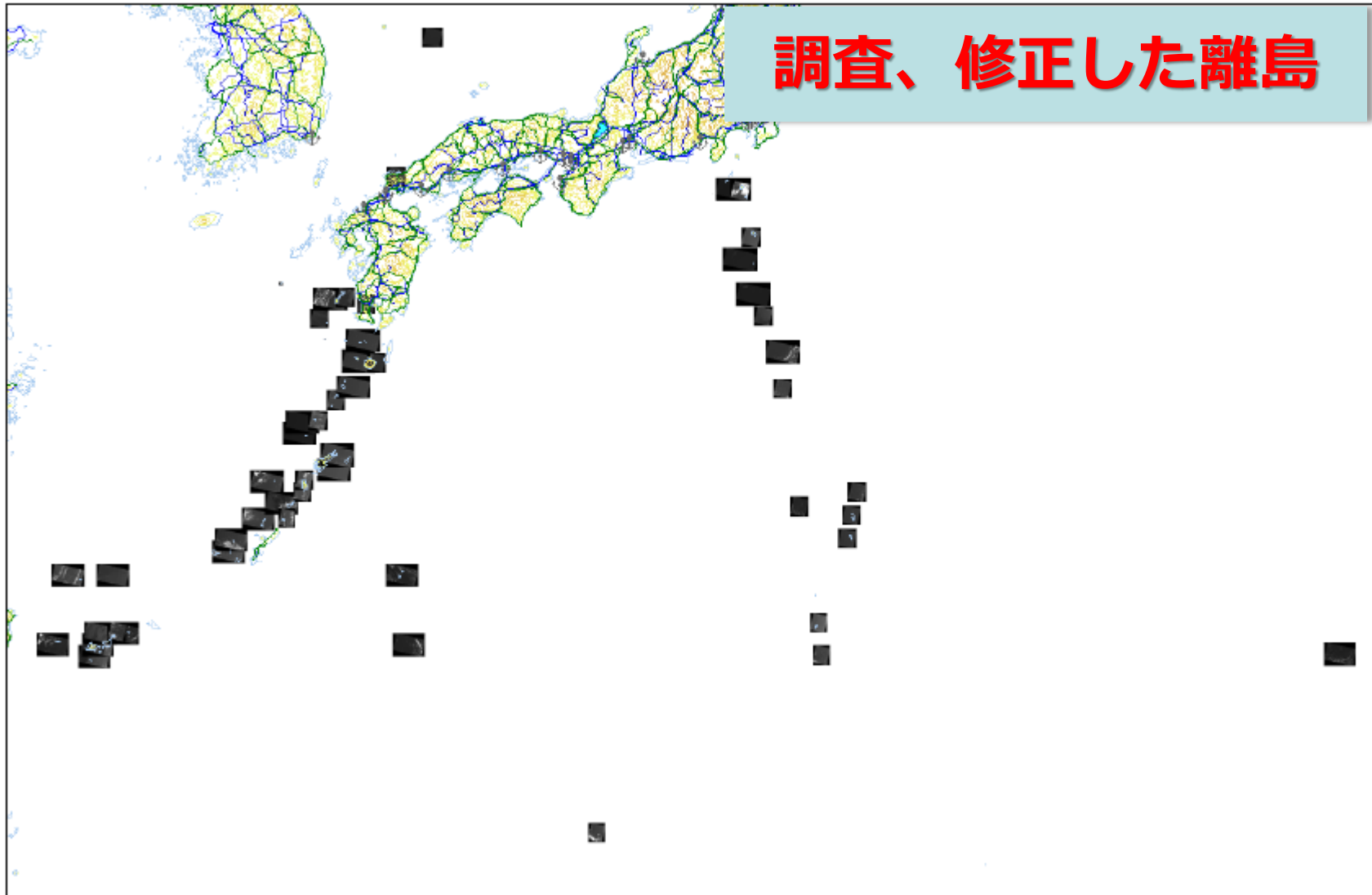
全ての島を現地にて調査、修正することは困難



だいち画像を利用して精度を確認



調査、修正した離島



だいちの活用例⑤離島の精度確認と修正

【須美寿島（東京都直轄）】



【水納島（沖縄県宮古郡多良間村水納）】



<凡例>
海岸線データと画像のずれ

—	0～50m
—	50～100m
—	100～150m
—	150～200m
—	200m以上

1. 電子国土基本図の概要
2. だいちを活用した電子国土基本図の整備・更新
3. 先進光学衛星に対する期待

先進光学衛星の地上分解能は80cmの設計



- 離島を含む、都市計画区域外(25000レベル)の電子国土基本図のデータ更新 ※航空機による写真測量を補完するものとして活用
- 都市計画区域の内外を問わず、変化情報の抽出が想定

基本図測量作業規程

「空中写真の撮影縮尺は、次表を標準とする。」

名 称	撮 影 縮 尺	(地上分解能)
1/2,500 国土基本図	1/12,500	約25cm
1/5,000 国土基本図	1/25,000	約50cm
1/25,000 地形図	1/40,000	約80cm

※地上分解能は、同規程で標準とされる1200dpiで写真をスキャンした場合

※大気の影響やセンサの違いなどにより、分解能が同程度でも判読性が異なる場合がある

- 判読性向上に期待
 - ・地上分解能の向上(2.5m→0.8m)の効果
 - ・高階調化(量子化ビット8bit→11bit)の効果
 - ・ブロックノイズ等の劣化の少ない画像圧縮
- 回帰日数46日→35日による観測機会の増大
- だいちと同様、安価な価格での画像提供

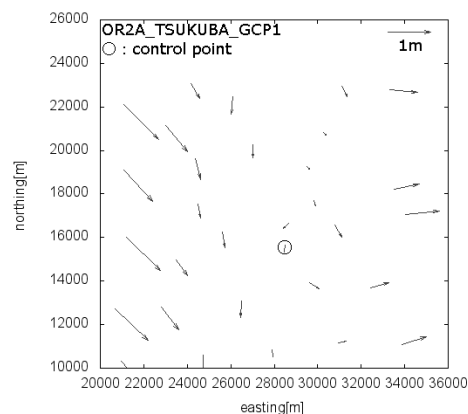


だいち/PRISM画像
地上分解能:2.5m



シミュレーション画像(ADS80から作成)
地上分解能:0.8m

- だいちや他の高分解能衛星画像と同様に、打ち上げ後の実画像を用いて、標定精度、図化精度、判読性を検証が必要。

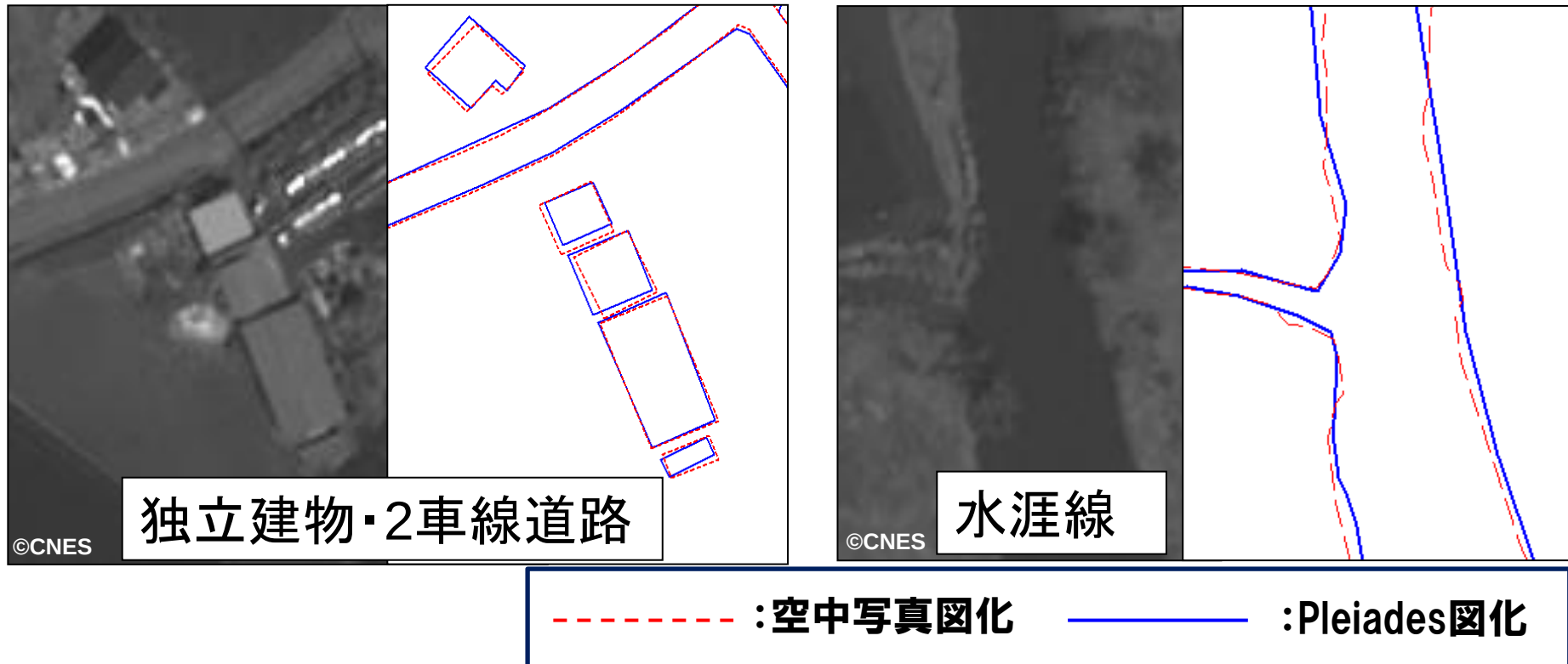


- 同一パスのステレオ画像の検証に加え、隣接パスからのステレオ画像の実用性の検証も必要。

※先進光学衛星は、だいちと異なり、2方向・3方向の同時観測はできない。そのため、同一パス又は隣接パスからのステレオ画像取得が検討されている。

Pleiades (分解能70cm) によるステレオ図化の例

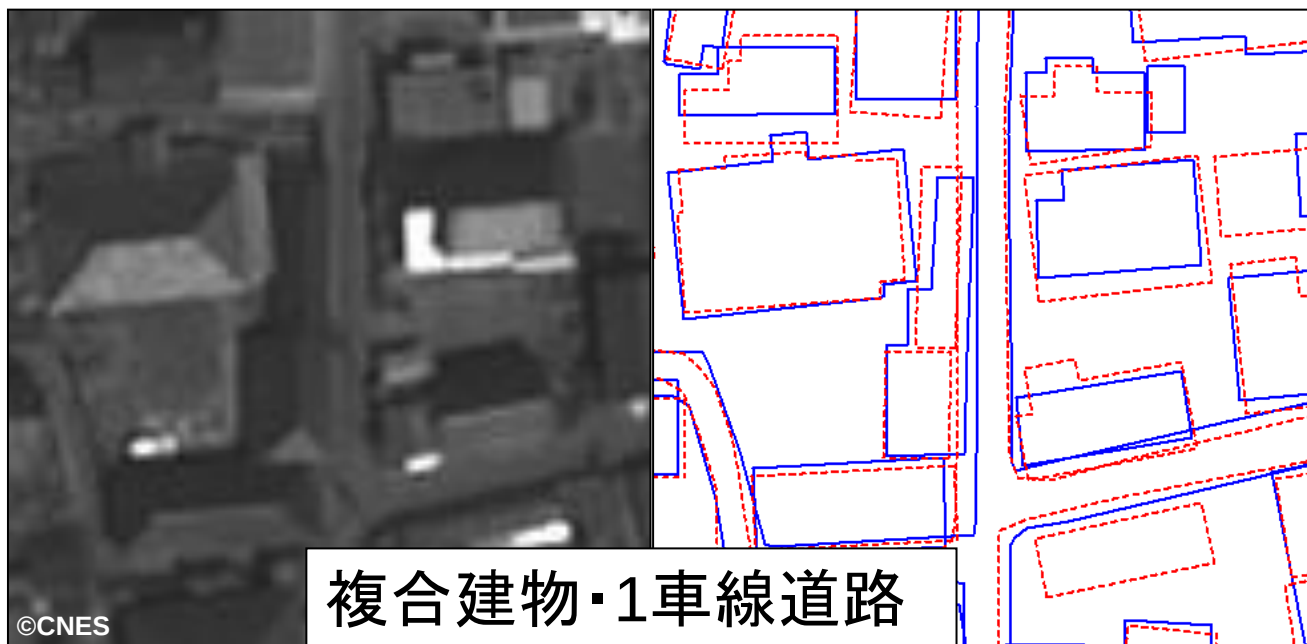
独立建物・2車線道路・水涯線



色調が明瞭な独立建物や2車線道路、水涯線については、
容易に判読を行うことが可能。

Pleiades (分解能70cm)によるステレオ図化の例

密集建物・細道路



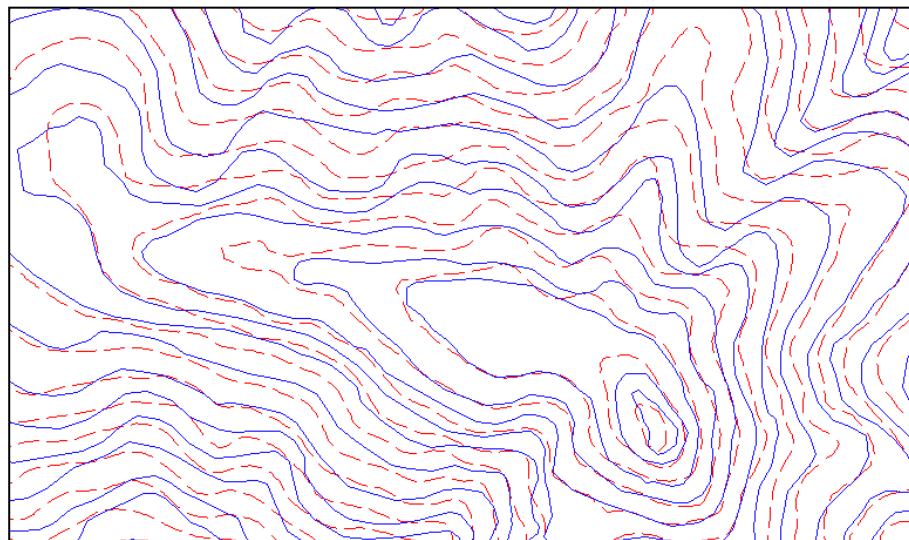
----- : 空中写真図化 ————— : Pleiades図化

特に住宅密集地において、複合建物の取得ミス・判読ミスが多い。
→建物を判断する際の色調が不明瞭・若干の倒れ込みが原因。

高分解能光学衛星画像による図化精度検証の例

Pleiades (分解能70cm)によるステレオ図化の例

等高線については、数値標高モデル(5mメッシュ)から作成した等高線と比較し、等高線の形状が再現できているか確認を行った。



若干、形状が異なる箇所が見られるものの全体的に形状は再現できている。



等高線形状の定量的な評価

Pleiadesで図化した等高線を線形補間処理を行うことで、5mメッシュに変換し、数値標高モデルとの比較を実施。

-----:数値標高モデル

—————:Pleiades図化

検証の結果、標準偏差で4.13mとなり、
2万5千分1地形図の等高線の許容値である主曲
線間隔の1/2以内(5m以内)を満たす。

高分解能衛星画像による地図作成の例（5000レベル）



衛星画像による整備地域

東日本大震災の発生直後、航空機の飛行制限により空中写真の撮影ができなかった地域は、代替としてWorldView-2及びGeoEye-1の衛星画像を利用して、災害復興計画基図※を作成

使用した衛星画像

	WorldView-2 (米国 Digital Globe社)	GeoEye-1 (米国SPACE IMAGING社)
画像種別	ステレオペア	Ortho Basic
撮影日	2011年4月3日	2011年3月29日
プロダクト種別	4バンドバンドル (パンクロ+4バンドマルチ)	カラーパンシャープン (4バンドカラー)
画 質	16 b i t	8 b i t
解 像 度	50cm相当	50cm相当
対象面積	654km ²	789km ²

※災害復興計画基図

平成23年（2011年）東日本大震災の被災地域における復旧作業の効率的な実施や復興計画の作成を促進するため、国、地方公共団体等復旧・復興に取り組む関係行政機関が、無償で利用できる共通の白地図として作成・提供したもの。

高分解能衛星画像による地図作成の例 (5000レベル)

高分解能衛星画像による災害復興計画基図の例 (福島県浪江町大字請戸付近)



- 国土地理院は、25000レベルの電子国土基本図(2万5千分1地形図)の整備・更新において、だいちの特長を活かし、有効活用。だいちがなければ実現できなかった成果もある。
- 先進光学衛星は、離島を含む都市計画区域外の25000レベルの電子国土基本図の更新や、全国の変化情報の把握に有効活用できる可能性。
- だいち及び先進光学衛星の無い間も、他の高分解能衛星画像の検証や実作業での活用を行い、経験を積み重ねる。
- 先進光学衛星の打ち上げ後、実画像による検証を行い、有用性を確認し、活用予定。
- 先進光学衛星後も同等以上の衛星画像が継続的に活用できるようになれば、電子国土基本図を一層有用なものにするため、データ更新方法(更新の手段、項目、間隔など)をより適切なものに見直す可能性。