



令和6年度飛散予測の高度化に向けた
航空レーザ計測・解析委託事業
(栃木県東部)

報 告 書

令和8年3月

アジア航測株式会社

内容

1. 業務概要	1-1
1.1 業務目的	1-1
1.2 業務期間	1-1
1.3 業務範囲	1-1
1.4 業務項目	1-3
1.5 成果データファイルの作成	1-3
1.6 ベクターデータの属性一覧	1-10
1.7 業務内容	1-15
2. 航空レーザ測量業務	2-1
2.1 作業計画	2-1
2.1.1 航空レーザ計測について	2-1
2.1.2 計測計画	2-2
2.2 固定局の設置	2-4
2.3 航空レーザ計測	2-6
2.4 調整点の設置	2-8
2.5 点群データ作成	2-15
2.6 写真地図の作成	2-25
2.7 オリジナルデータ作成	2-27
2.8 グラウンドデータ作成	2-35
2.9 グリッドデータ作成	2-39
2.10 等高線データの作成	2-40
2.11 成果データファイルの作成	2-41
2.12 検定	2-47
2.12.1 検定内容	2-47
2.12.2 検定結果	2-50
2.13 地区間検証	2-52
2.14 精度管理	2-54
3. 地形解析業務	3-1
3.1 標高 DEM データの作成	3-1
3.2 微地形図の作成	3-10
3.2.1 CS 立体図の作成	3-10
3.2.2 赤色立体地図の作成	3-18
3.2.3 路網判読	3-26
3.2.4 路網からの最大到達距離	3-37
3.2.5 集材方向解析	3-40
3.3 傾斜量図の作成	3-43

3.3.1 傾斜角の算出.....	3-43
3.3.2 傾斜量図及び傾斜区分図.....	3-44
4. 森林解析業務	4-1
4.1 解析の事前準備	4-1
4.2 樹冠高 DCHM データの作成.....	4-2
4.2.1 樹冠高データの作成方法.....	4-2
4.2.2 樹高区分図.....	4-5
4.3 樹種ポリゴン等の作成	4-13
4.3.1 林相識別図の作成.....	4-13
4.3.2 樹種ポリゴンデータの作成.....	4-36
4.3.3 グリッド検査の実施.....	4-39
4.4 単木ポイントの作成	4-48
4.4.1 樹頂点の抽出.....	4-48
4.4.2 集計データ区画.....	4-50
4.4.3 立木本数.....	4-51
4.4.4 樹高.....	4-61
4.4.5 胸高直径.....	4-70
4.4.6 ha 当たり材積	4-85
5. 業務取りまとめ	5-3
5.1 報告書作成	5-6

1. 業務概要

1.1 業務目的

多くの国民を悩ませ続けている花粉症問題の解決に向け、政府は、令和5年4月に「花粉症に関する関係閣僚会議」を設置し、同年5月に「花粉症対策の全体像」を策定した。このうち、飛散対策においては、航空レーザ計測・解析により、スギ人工林の分布、資源量及び森林地形の情報を高精度化するとともに、そのデータを公開することにより、民間事業者が実施する飛散予測の精度向上を支援することとされている。

そこで本業務は、スギ人工林の分布、資源量及び森林地形の情報を高精度化することを目的に、航空レーザ計測・解析を実施し、花粉症対策の全体像に掲げるスギ花粉飛散量の予測の精度向上に向けた情報基盤を整備することを目的とする。

1.2 業務期間

自) 令和7年5月19日(月)

至) 令和8年3月16日(月)

1.3 業務範囲

業務範囲は、栃木県真岡市、益子町、市貝町、芳賀町並びに高根沢町及び茨城県桜川市、筑西市、つくば市、石岡市、笠間市の2県6市4町の計測区域766.62km²(うち、測量区域622.50km²、森林区域160.77km²)とする。本業務のうち業務範囲(森林区域)の市町村別内訳面積を表1-1に、業務対象範囲を図1-1に示す。なお、笠間市については森林区域内に含まれる小班がなかったため森林解析業務の対象外とした。

表 1-1 業務範囲(森林区域)の内訳(ha)

都道府県	市町村	民有林	国有林	計
栃木県	真岡市	1,488.11	0.00	1,488.11
	益子町	2,721.22	1,318.23	4,039.45
	市貝町	2,478.46	0.00	2,478.46
	芳賀町	761.67	0.00	761.67
	高根沢町	505.12	0.00	505.12
	小計	7,954.58	1,318.23	9,272.81
茨城県	桜川市	5,217.65	79.98	5,297.63
	筑西市	185.82	0.00	185.82
	つくば市	1,240.96	0.00	1,240.96
	石岡市	252.43	0.00	252.43
	笠間市	0.00	0.00	0.00
	小計	6,896.86	79.98	6,976.84
	計	14,851.44	1,398.22	16,249.66

※本表は貸与データ(民有林・国有林)を基に解析を実施した範囲であり、発注時の森林面積とは一致しない

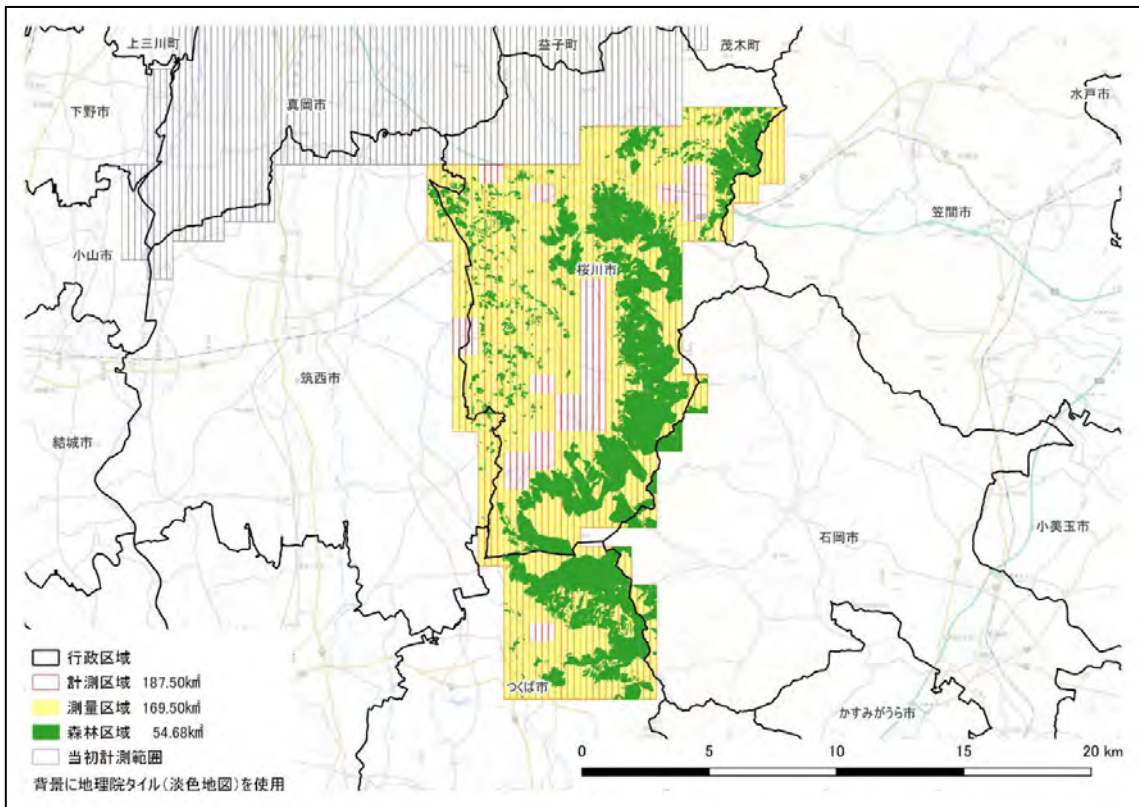
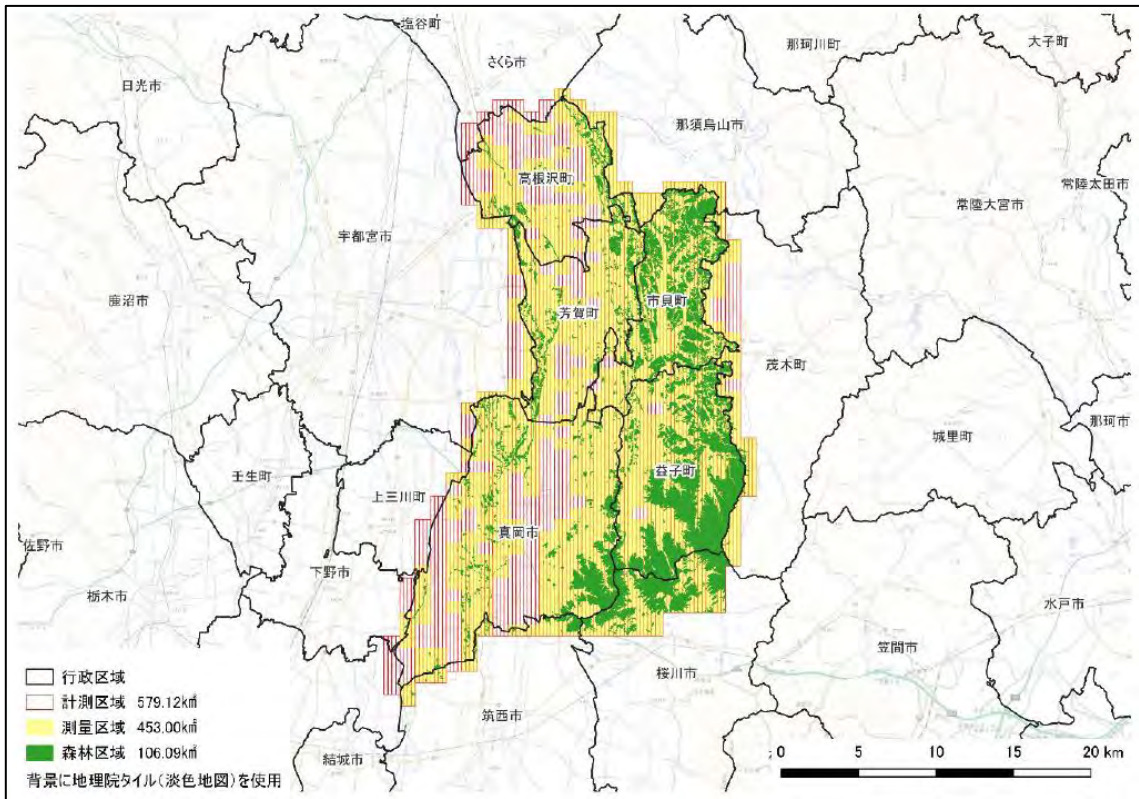


図 1-1 業務対象範囲

1.4 業務項目

(1) 航空レーザ測量業務

- ① 作業計画
- ② 固定局の設置
- ③ 航空レーザ計測
- ④ 調整点の設置
- ⑤ 点群データの作成
- ⑥ 写真地図の作成
- ⑦ オリジナルデータの作成
- ⑧ グラウンドデータの作成
- ⑨ グリッドデータの作成
- ⑩ 成果データファイルの作成

(2) 地形解析業務

- ① 標高DEMデータの作成
- ② 微地形図の作成
- ③ 傾斜量図の作成
- ④ 成果データファイルの作成

(3) 森林解析業務

- ① 解析の事前準備
- ② 樹冠高DCHMデータ等の作成
- ③ 樹種ポリゴン等の作成
- ④ 単木ポイントの作成
- ⑤ 成果データファイルの作成

(4) 業務とりまとめ

- ① 報告書
- ② 成果データファイル一式

1.5 成果データファイルの作成

本業務で作成した成果データファイル一式を表 1-2 に示す。成果データファイルのうち、ベクタデータの様式の一覧を表 1-3～表 1-8 に示す。

表 1-2 成果データファイル一覧（全体）

階層レベル 1	階層レベル 2	階層レベル 3	階層レベル 4	階層レ ベル 5	デー タ形 式	備考	
00_業務報告書					docx, pdf		
01_航空レーザ測量業務	01_成果データファイル	1250 国土基本図図郭	0.5mCSV		txt		
			0.5mDTM		csv,le m		
			Contours		dxf		
			File1		txt		
			Ground		txt		
			Original		txt		
			Photo		tif,tfw		
			Teimitsudo		dxf		
			Water		txt		
		2500 国土基本図図郭	0.5mCSV		txt		
			0.5mDTM		csv,le m		
			Contours		dxf		
			File1		txt		
			Ground		txt		
			Original		txt		
			Photo		tif,tfw		
			Teimitsudo		dxf		
			Water		txt		
	02_オリジナルデータ(LAS 形式)		1250 国土基本図図郭			las	
			2500 国土基本図図郭			las	
			オリジナルデータ(LAS 形式)範囲			shp	
	03_グラウンドデータ(LAS 形式)		1250 国土基本図図郭			las	
			2500 国土基本図図郭			las	
			グラウンドデータ(LAS 形式)範囲			shp	
	04_作業記録・精度管理表		1_航空レーザ測量			pdf	
			2_調整点の設置			pdf	
	05_品質評価表					pdf	
06_メタデータ					xml		
07_検定証明書					pdf		
08_その他関連資料		1_簡易オルソフォト(測量区域外含む)	1250 国土基本図図郭		tif,tfw		
			2500 国土基本図図郭		tif,tfw		
		2_陰影段彩画像データ			jpg		
		3_成果データ整備範囲			shp		
09_国土基本図図郭					shp		

階層レベル 1	階層レベル 2	階層レベル 3	階層レベル 4	階層レ ベル5	デー タ形 式	備考		
02_地形解析 業務	01_数値地形図デ ータ(全域)	1250 国土基本図図郭		0.5mCS V	txt			
				0.5mDT M	csv,le m			
		2500 国土基本図図郭		0.5mCS V	txt			
				0.5mDT M	csv,le m			
		グラウンドデータ(LAS 形式:自動 フィルタリングのみを含む)	1250 国土 基本図図郭			las		
		2500 国土 基本図図郭			las			
	フィルタリング範囲				shp			
	02_標高 DEM デ ータ	栃木県		209_真岡市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				342_益子町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				344_市貝町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				345_芳賀町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				368_高根沢 町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
		茨城県		205_石岡市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				216_笠間市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				220_つくば 市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				227_筑西市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				231_桜川市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				209_真岡市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
		02_等高線データ	栃木県		209_真岡市		shp、 dxf	市町村、 2500 図郭
					342_益子町		shp、 dxf	市町村、 2500 図郭
	344_市貝町					shp、 dxf	市町村、 2500 図郭	
	345_芳賀町					shp、 dxf	市町村、 2500 図郭	
	368_高根沢 町					shp、 dxf	市町村、 2500 図郭	
茨城県			205_石岡市		shp、 dxf	市町村、 2500 図郭		
			216_笠間市		shp、 dxf	市町村、 2500 図郭		
			220_つくば 市		shp、 dxf	市町村、 2500 図郭		
			227_筑西市		shp、 dxf	市町村、 2500 図郭		
			231_桜川市		shp、 dxf	市町村、 2500 図郭		
			209_真岡市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭		
03_微地形図デー ータ	1_CS 立体図		栃木県	209_真 岡市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭		

階層レベル 1	階層レベル 2	階層レベル 3	階層レベル 4	階層レ ベル5	デー タ形 式	備考	
				342_益 子町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				344_市 貝町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				345_芳 賀町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				368_高 根沢町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				茨城県	205_石 岡市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
					216_笠 間市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
					220_つ くば市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
					227_筑 西市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
			231_桜 川市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭		
			栃木県	209_真 岡市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				342_益 子町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				344_市 貝町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				345_芳 賀町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				368_高 根沢町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
	茨城県	205_石 岡市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭		
		216_笠 間市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭			
		220_つ くば市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭			
		227_筑 西市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭			
		231_桜 川市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭			
		05_傾斜量図デー タ	2_赤色立体地図	01_傾斜量図(0.5mDEM 由来)	栃木県	209_真 岡市	GeoTI FF
342_益 子町	GeoTI FF					市町村、 2500 図郭	
344_市 貝町	GeoTI FF					市町村、 2500 図郭	
345_芳 賀町	GeoTI FF					市町村、 2500 図郭	
368_高 根沢町	GeoTI FF					市町村、 2500 図郭	
茨城県	205_石 岡市					GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
	216_笠 間市					GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
	220_つ くば市					GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
	227_筑 西市		GeoTI FF		市町村、 2500 図郭		
茨城県	209_真 岡市		GeoTI FF		市町村、 2500 図郭		
	342_益 子町		GeoTI FF		市町村、 2500 図郭		
	344_市 貝町		GeoTI FF		市町村、 2500 図郭		
	345_芳 賀町		GeoTI FF		市町村、 2500 図郭		
茨城県	368_高 根沢町		GeoTI FF		市町村、 2500 図郭		
	205_石 岡市		GeoTI FF		市町村、 2500 図郭		
	216_笠 間市		GeoTI FF		市町村、 2500 図郭		
	220_つ くば市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭				
茨城県	227_筑 西市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭				

階層レベル 1	階層レベル 2	階層レベル 3	階層レベル 4	階層レ ベル5	デー タ形 式	備考	
				231_桜 川市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
		02_傾斜量図(5.0mDEM 由来)	栃木県	209_真 岡市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				342_益 子町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				344_市 貝町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				345_芳 賀町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				368_高 根沢町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
			茨城県	205_石 岡市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				216_笠 間市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				220_つ くば市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				227_筑 西市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				231_桜 川市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
		03_傾斜用図(01 を 5.0m 平均化)	栃木県	209_真 岡市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				342_益 子町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				344_市 貝町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				345_芳 賀町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				368_高 根沢町	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
			茨城県	205_石 岡市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				216_笠 間市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				220_つ くば市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				227_筑 西市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				231_桜 川市	GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
	06_傾斜区分図 データ	栃木県	209_真岡市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				342_益子町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
				344_市貝町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
				345_芳賀町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
				368_高根沢町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
		茨城県	205_石岡市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
			216_笠間市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	

階層レベル 1	階層レベル 2	階層レベル 3	階層レベル 4	階層レ ベル5	デー タ形 式	備考	
			220_つくば 市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
			227_筑西市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
			231_桜川市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
			209_真岡市		shp		
			342_益子町		shp		
			344_市貝町		shp		
	07_路網データ	栃木県		345_芳賀町		shp	
				368_高根沢 町		shp	
				205_石岡市		shp	
				216_笠間市		shp	
		茨城県		220_つくば 市		shp	
				227_筑西市		shp	
				231_桜川市		shp	
						GeoTI FF	全域
08_路網解析		1_路網離隔距離			GeoTI FF	全域	
			2_上荷下荷解析			GeoTI FF	全域
03_森林解析 業務	01_樹冠表層 高(DSM)データ	栃木県	209_真岡市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
			342_益子町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
			344_市貝町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
			345_芳賀町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
			368_高根沢 町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
			205_石岡市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
			220_つくば 市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
			227_筑西市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
	231_桜川市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭			
	02_樹冠 高(DCHM)データ	栃木県		209_真岡市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
				342_益子町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
				344_市貝町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
				345_芳賀町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
				368_高根沢 町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
				205_石岡市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
				220_つくば 市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
						GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
		茨城県		205_石岡市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
220_つくば 市					GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	

階層レベル 1	階層レベル 2	階層レベル 3	階層レベル 4	階層レ ベル5	デー タ形 式	備考		
			227_筑西市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭		
			231_桜川市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭		
	03_樹種ポリゴン	栃木県		209_真岡市		shp gpkg	市町村、 2500 図郭	
				342_益子町		shp gpkg	市町村、 2500 図郭	
				344_市貝町		shp gpkg	市町村、 2500 図郭	
				345_芳賀町		shp gpkg	市町村、 2500 図郭	
				368_高根沢 町		shp gpkg	市町村、 2500 図郭	
				205_石岡市		shp gpkg	市町村、 2500 図郭	
		茨城県			220_つくば 市		shp gpkg	市町村、 2500 図郭
					227_筑西市		shp gpkg	市町村、 2500 図郭
					231_桜川市		shp gpkg	市町村、 2500 図郭
					209_真岡市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
	04_林相識別図	栃木県		342_益子町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				344_市貝町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				345_芳賀町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				368_高根沢 町		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
				205_石岡市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭	
		茨城県			220_つくば 市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
					227_筑西市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
					231_桜川市		GeoTI FF	市町村、 2500 図郭
					209_真岡市		shp gpkg	市町村、 2500 図郭
					342_益子町		shp gpkg	市町村、 2500 図郭
	05_単木ポイント データ	栃木県		344_市貝町		shp gpkg	市町村、 2500 図郭	
345_芳賀町					shp gpkg	市町村、 2500 図郭		
368_高根沢 町					shp gpkg	市町村、 2500 図郭		
205_石岡市					shp gpkg	市町村、 2500 図郭		
220_つくば 市					shp gpkg	市町村、 2500 図郭		
茨城県				227_筑西市		shp gpkg	市町村、 2500 図郭	

階層レベル 1	階層レベル 2	階層レベル 3	階層レベル 4	階層レ ベル5	デー タ形 式	備考
			231_桜川市		shp gpkg	市町村、 2500 図郭
	06_単木ポイント 集計データ	林小班集計データ	栃木県	209_真 岡市	shp gpkg	
				342_益 子町	shp gpkg	
				344_市 貝町	shp gpkg	
				345_芳 賀町	shp gpkg	
				368_高 根沢町	shp gpkg	
			茨城県	205_石 岡市	shp gpkg	
				220_つ くば市	shp gpkg	
				227_筑 西市	shp gpkg	
				231_桜 川市	shp gpkg	
				20m メッシュ集計データ		
		1km メッシュ集計データ			shp gpkg	全域

1.6 ベクターデータの属性一覧

表 1-3 等高線データ

座標系	JGD2011 (EPSG:6677)
文字コード	SHIFT-JIS

属性名	形式	単位	桁数	備考
LAYER	Text		6	主曲線/計曲線
ELEVATION	Integer	m	4	整数

表 1-4 路網データ

座標系	JGD2011 (EPSG:6677)
文字コード	SHIFT-JIS

属性名	形式	単位	桁数	備考
length	Double	m	18	小数点以下2桁

※赤色立体地図及びオルソ画像から判読・抽出した路網に限る。都道府県貸与データの属性情報を紐づけた場合は、上記に加えて貸与データの属性名を採用した。

表 1-5 樹種ポリゴン

座標系	JGD2011 (EPSG:6677)
文字コード	SHIFT-JIS

属性名	形式	単位	桁数	備考
解析樹種 ID	Text		2	01 : スギ
解析樹種	Text	—	50	02 : ヒノキ類 03 : マツ類
樹種 ID	Text	—	5	04 : カラマツ 07 : その他 N
樹種	Text	—	50	11 : その他 L 12 : タケ
面積_ha	Double	ha	9	97 : 新植地 98 : 伐採跡地 99 : その他
森林計測年	Date	年月日	—	小数点以下 4 桁
森林計測法	Text	—	1	1 : 航空レーザ
県 code	Text		2	
市町村 code	Text		5	

表 1-6 単木ポイント

座標系	JGD2011 (EPSG:6677)
文字コード	SHIFT-JIS

属性名	形式	単位	桁数	備考
中樹種 ID	Text	—	2	01 : スギ 02 : ヒノキ類 03 : マツ類
中樹種	Text	—	50	
樹種 ID	Text	—	5	
樹種	Text	—	50	
樹高	Double	m	4	小数点以下 1 桁
胸高直径	Double	cm	4	小数点以下 1 桁
単木材積	Double	m ³	8	小数点以下 3 桁
形状比	Double		4	小数点以下 1 桁
樹冠長率	Double	%	3	
樹冠面積	Double	—	3	
森林計測年	Date	年月日		
森林計測法	Text	—	1	1 : 航空レーザ
小班 ID	Text	—	100	
林齢	Text		5	

表 1-7 林小班および 20m メッシュ

座標系	JGD2011 (EPSG:6677)
文字コード	SHIFT-JIS

属性名	形式	単位	桁数	備考
解析樹種 ID	Text	—	2	01 : スギ
解析樹種	Text	—	50	02 : ヒノキ類 03 : マツ類 04 : カラマツ 07 : その他 N
樹種 ID	Text	—	5	11 : その他 L 12 : タケ
樹種	Text	—	50	97 : 新植地 98 : 伐採跡地 99 : その他
面積_ha	Double	ha	9	小数点以下 4 桁
立木本数	Integer	本	5	
立木密度	Double	本/ha	5	
平均樹高	Double	m	4	小数点以下 1 桁
平均直径	Double	cm	4	小数点以下 1 桁
合計材積	Double	m ³	8	小数点以下 3 桁
ha 材積	Double	m ³ /ha	5	
収量比数	Double	—	3	小数点以下 2 桁
相対幹距	Double	%	4	小数点以下 1 桁
形状比	Double	—	4	小数点以下 1 桁
樹冠長率	Double	%	3	
森林計測年	Date	年月日		
森林計測法	Text	—	1	1 : 航空レーザ
平均傾斜	Integer	度	2	20m メッシュのみ
県 code	Text		2	
市町村 code	Text		5	

表 1-8 1 km メッシュの属性

座標系	JGD2011 (EPSG:6677)
文字コード	SHIFT-JIS

属性名	形式	単位	桁数	備考
スギ_面積_ha	Double	ha	9	小数点以下 4 桁
スギ_立木本数	Integer	本	6	
スギ_平均樹高	Double	m	4	小数点以下 1 桁
スギ_平均直径	Double	cm	4	小数点以下 1 桁
スギ_合計材積	Double	m ³	8	小数点以下 3 桁
ヒノキ_面積_ha	Double	ha	9	小数点以下 4 桁
ヒノキ_立木本数	Integer	本	5	
ヒノキ_平均樹高	Double	m	4	小数点以下 1 桁
ヒノキ_平均直径	Double	cm	4	小数点以下 1 桁
ヒノキ_合計材積	Double	m ³	8	小数点以下 3 桁

1.7 業務内容

本業務の業務フローを図 1-2に示す。

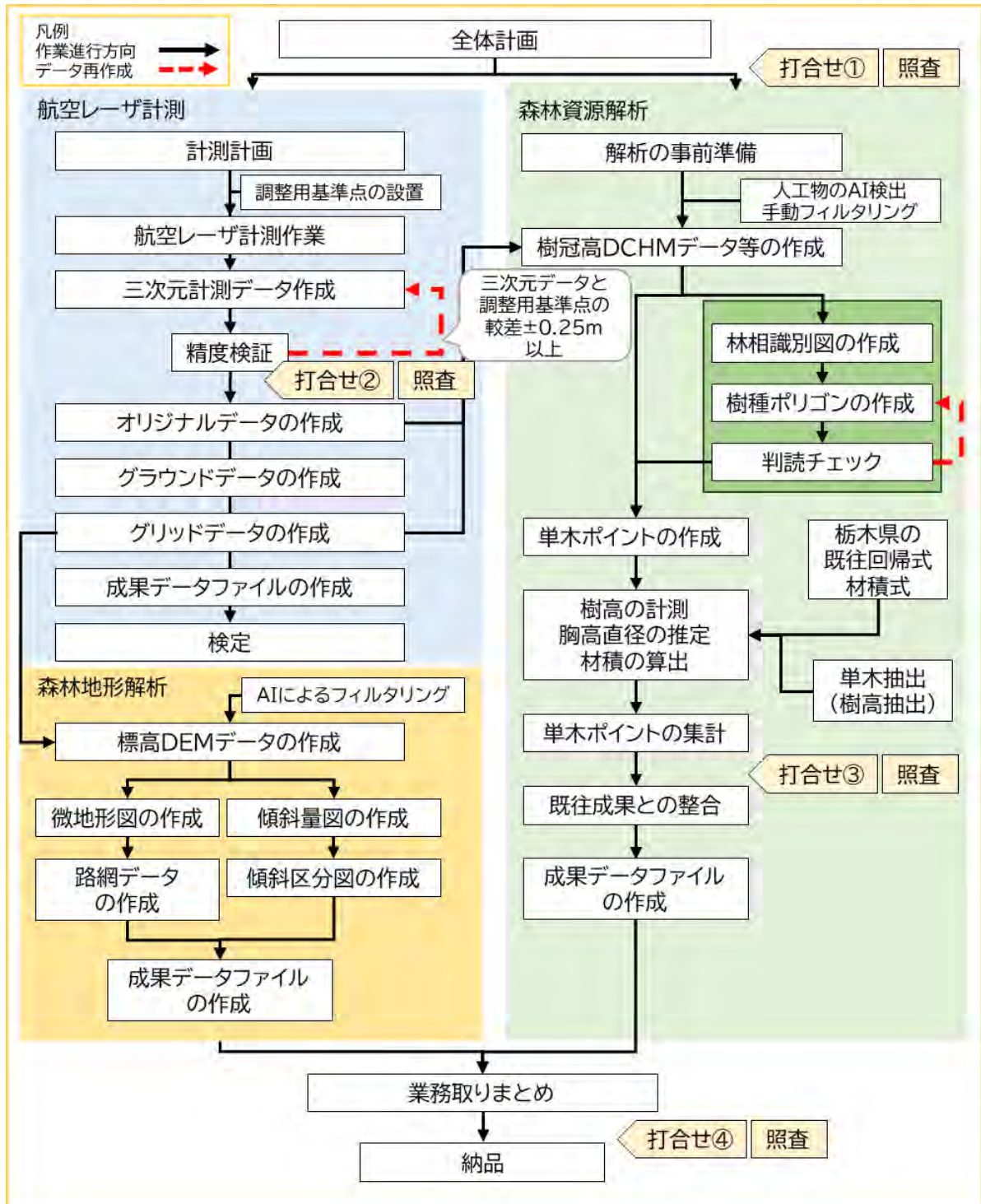


図 1-2 業務フロー

2. 航空レーザ測量業務

2.1 作業計画

2.1.1 航空レーザ計測について

航空レーザ計測とは、航空機に搭載した航空レーザ計測装置を用いて、地表面の三次元計測を行うことである。地上基準局に設置した GNSS（Global Navigation Satellite System）及び航空機に搭載した GNSS と、慣性計測装置（IMU : Inertial Measurement Unit）を用いて、航空機の位置と姿勢を測定し、航空機から照射したレーザによる測距結果を統合して、地表面の形状を直接的に測定するものである（図 2-1）。

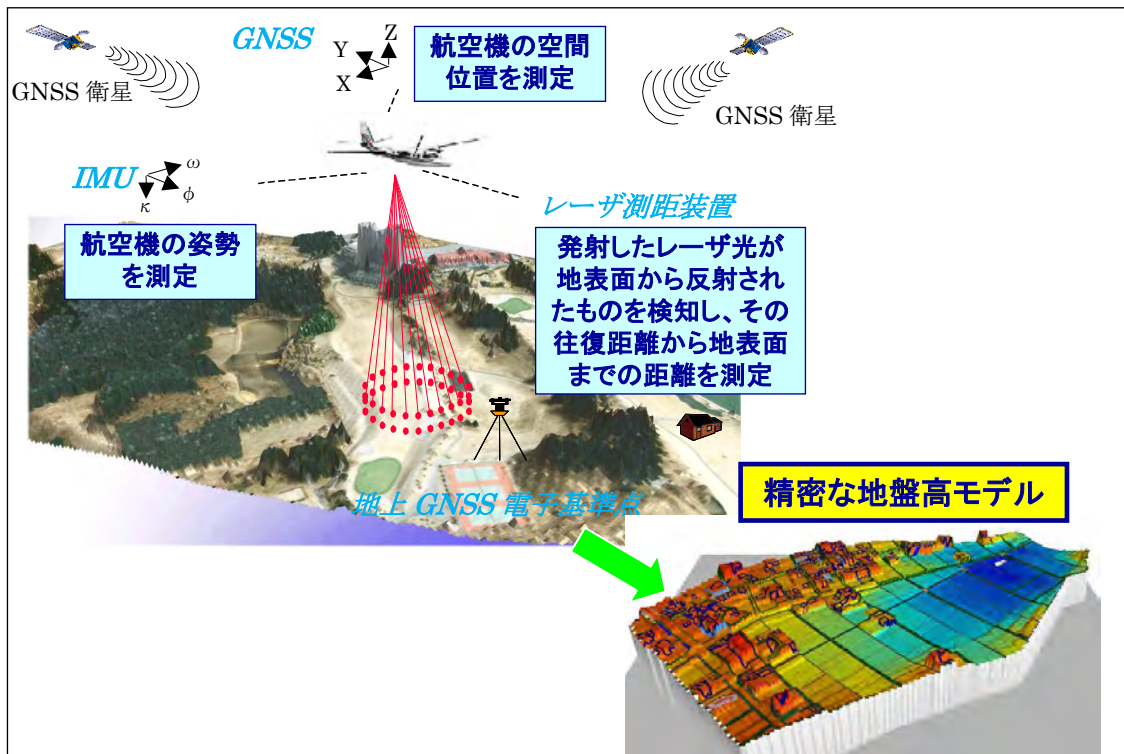


図 2-1 計測の概念図

航空レーザ計測システムは GNSS 受信機を内蔵しており、地理座標が既知である地上基準局（電子基準点等）の GNSS 受信データと照合することで、航空機の位置を高精度に求めることができる。また、航空レーザ計測システムは IMU も内蔵しており、センサーヘッドの姿勢（ローリング、ピッチング、ヘディング）も計測される（図 2-2）。これらのサブシステムは POS（Position and Orientation System）と総称され、これによってレーザ光の照射位置や照射方向を高精度に把握することができる。

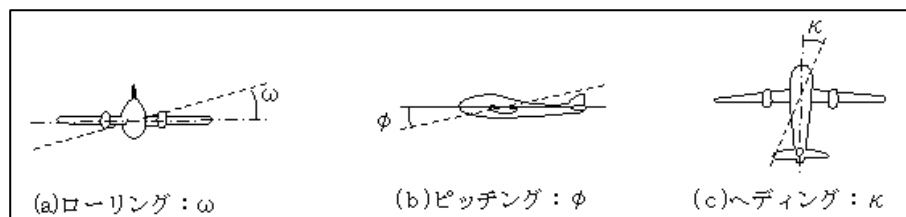


図 2-2 航空機の姿勢の概念図

2.1.2 計測計画

航空レーザ計測システムを搭載した航空機を用いて、本業務対象地域の地形形状を計測する計画を立案した。栃木県では当社が県内他地域で令和元年度から令和6年度にかけて計測密度 10 点/m²以上の仕様でレーザ計測データの整備を完了している。そのため、本業務においても過年度の計測諸元と同等のレベル（計測密度 10 点/m²以上、実質 13.2 点/m²）の計測計画とし、県下の他地域での計測成果との整合を担保した。

計測諸元を表 2-1 に、計測コース図を図 2-3 に示す。

表 2-1 計測諸元

項目	設定
使用機体	固定翼
使用機材	CittyMapper-2
飛行高度	1,897m～2,005m
対地高度	1,005m～1,850m
飛行速度	252km/h(70m/s)
レーザ照射頻度	1,000kHz
レーザスキャン頻度	122.2～150Hz
レーザスキャン角	±20°
コース数	77 コース
サイドラップ率	50%以上
計測密度	10 点/m ² 以上

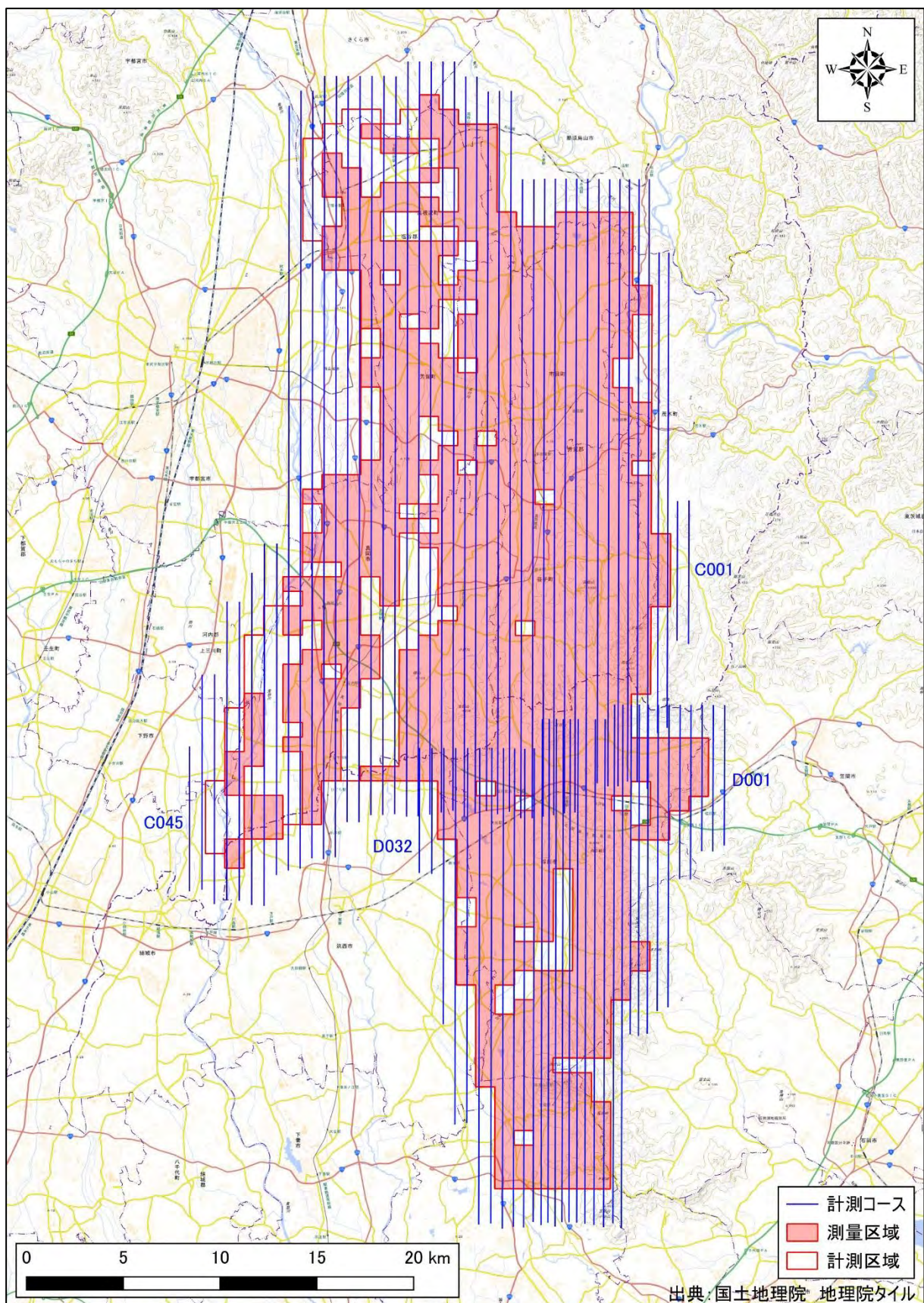


図 2-3 計測コース図

2.2 固定局の設置

地上 GNSS 基準局は、航空レーザ計測においてレーザ計測システムの位置をキネマティック GNSS 測量で求めるために必要となる。公共測量作業規程の準則（以下、「準則」）では計測範囲から 50km 以内にある電子基準点を使用することが規定されている。

本業務では GNSS 基準局として電子基準点「上三川」「茂木」「八郷」を使用し、計測範囲との距離は最大 28.9km と規定値を満たしていることを確認した。

電子基準点位置図を図 2-4 に、電子基準点明細表を表 2-2 に示す。

地上 GNSS 基準局の距離 「公共測量作業規程の準則」第 539 条 2 項	
準則規定	50 km以内
本業務	最大 28.9km

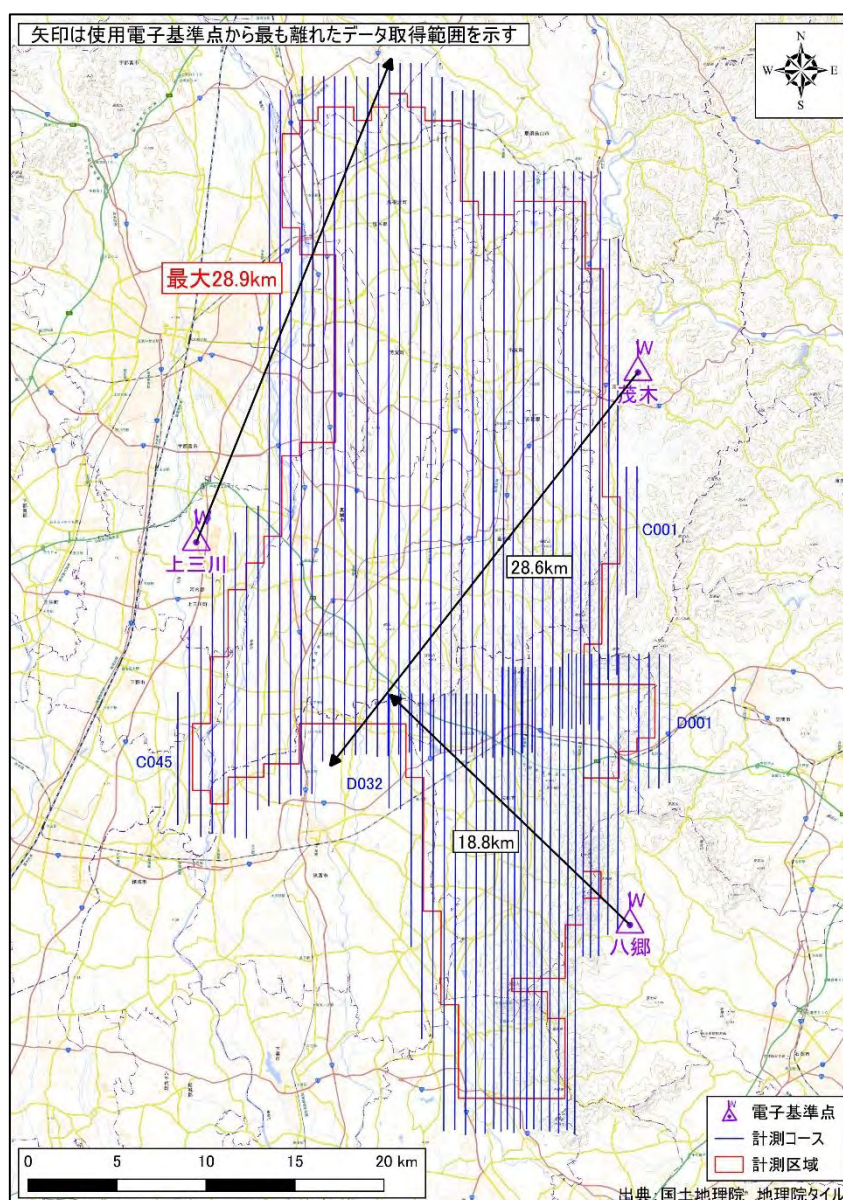


図 2-4 電子基準点位置図

表 2-2 電子基準点明細表

基準点名	上三川	茂木	八郷
20 万分の 1 地勢図名	宇都宮	水戸	水戸
5 万分の 1 地形図名	壬生	鳥山	真壁
成果区分	世界測地系 (測地成果 2024)	世界測地系 (測地成果 2024)	世界測地系 (測地成果 2024)
北緯	36° 27' 23" .6897	36° 32' 31" .9750	36° 15' 47" .7672
東経	139° 54' 09" .0589	140° 10' 45" .5502	140° 10' 27" .3852
標高(m)	76.537	136.363	53.176
楕円体高(m)	118.600	178.678	94.322
平面直角座標系(番号)	9	9	9
平面直角座標(X)(m)	50660.805	60216.068	29263.662
平面直角座標(Y)(m)	6201.022	30977.403	30634.931
真北方向角(計算値)	-0° 02' 27" .99	-0° 12' 21" .63	-0° 12' 06" .00
縮尺係数(計算値)	0.999900	0.999912	0.999912
作業内容	標高改算	標高改測	標高改測
作業年月日	20240601	20240601	20240601
状態	正常	正常	正常

2.3 航空レーザ計測

航空レーザ計測は、令和7年7月22日～9月2日のうちの8日間、変更契約後は令和7年11月7日～11月12日のうちの3日間の計11日で計測を実施した。

計測実績を表 2-3 に、使用機体・機材を図 2-5 に、航跡図を図 2-6 に示す。

表 2-3 計測実績

計測日	計測コース	使用機体	コース数	進捗
7月22日	C043～C045	JA210H	3	4%
7月28日	C027、C028、C038～C042	JA210H	7	13%
7月29日①	C001～C020	JA210H	20	39%
7月29日②	C035～C037	JA210H	3	43%
7月30日	C024、C025	JA210H	2	45%
8月8日	C021～C023、C026、C029～C031、 C020h、C024h、C025h	JA01AD	7	55%
8月19日	C032～C034、C035h、C038h、 C039h、C041h、C038hh	JA01AD	3	58%
8月31日	C032h～C034h	JA210H	-	58%
9月2日	C032hh、C033hh	JA210H	-	58%
11月7日	D013～D032	JA01AD	20	84%
11月8日	D001～D012、D016h、D017h	JA01AD	12	100%
11月12日	D016hh、D017hh	JA01AD	-	100%

※コース数、進捗に補備コース(h)は含まない。①は1回目、②は2回目計測。



図 2-5 使用機体・機材

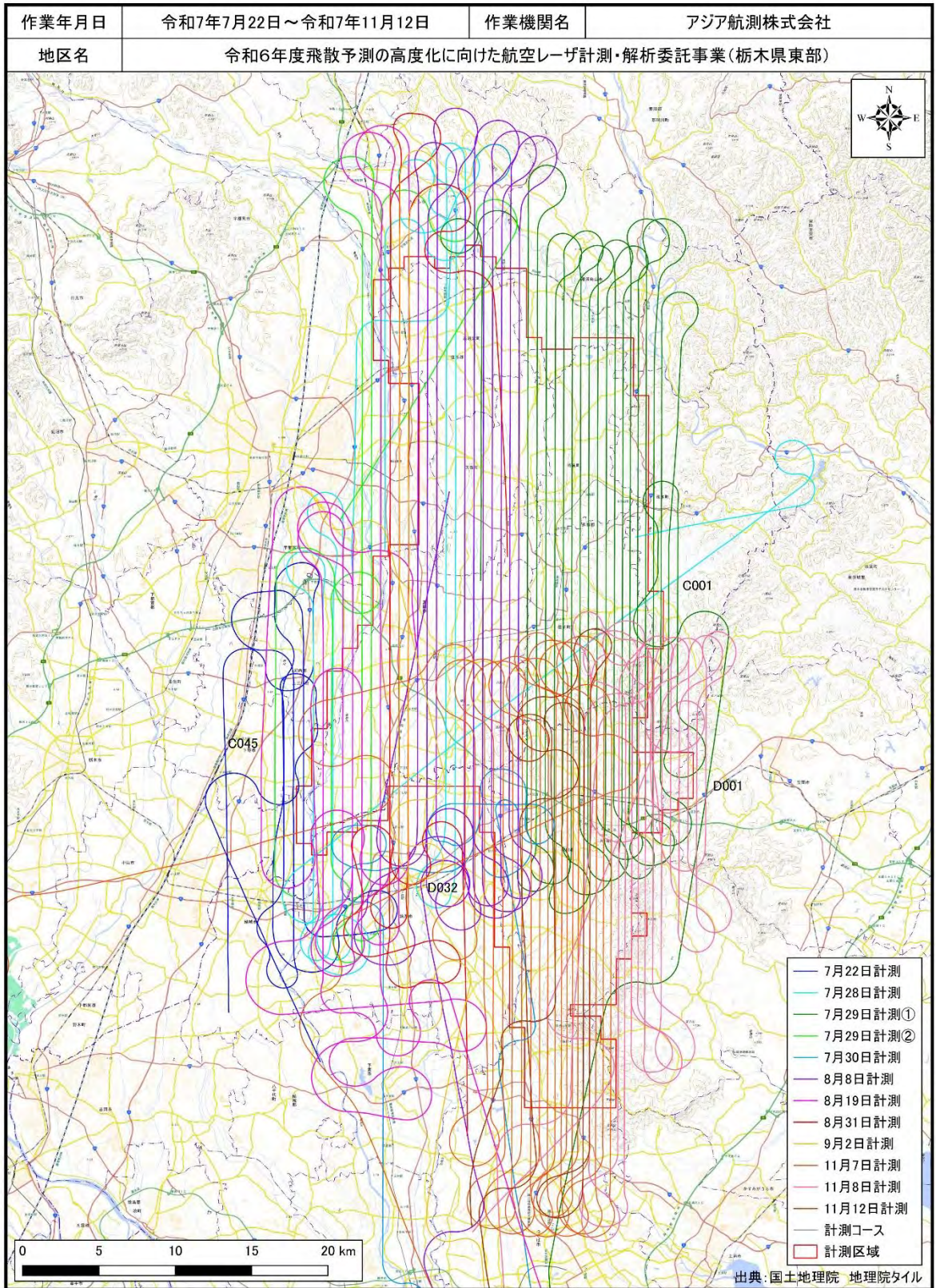


図 2-6 航跡図

2.4 調整点の設置

航空レーザ計測データの点検及び調整を行うため、令和7年8月4日～8月8日の5日間、変更契約後は令和7年11月17日～11月18日の2日間の計7日で調整点の設置を行った。調整点の設置数は、準則に則り計34点とした。

調整点の座標値を表2-4に、調整点配点図を図2-7に、調整点の状況写真を図2-8～図2-12に示す。

調整点の設置 「公共測量作業規程の準則」第547条第二項	
規定	作業地域の面積(km ²)を25で割った値に1を足した値(最低数4点) 当初範囲: 579.12(km ²) / 25+1=24.16⇒25 増工範囲: 187.5(km ²) / 25+1=8.5⇒9
本業務	計34点実施

表 2-4 調整点の座標値

点名	E(X)座標	N(Y)座標	H	点名	E(X)座標	N(Y)座標	H
1	11482.379	73518.078	164.789	18	24604.076	47569.808	87.612
2	15657.335	72093.672	139.623	19	16403.615	45702.267	59.300
3	21408.293	70290.519	140.164	20	10190.890	44625.363	56.065
4	12778.830	69399.549	156.552	21	6625.378	41120.435	46.603
5	16850.131	67514.713	122.519	22	27730.667	41793.060	60.834
6	28040.196	66680.986	113.548	23	22096.640	40684.698	52.575
7	24398.506	64269.723	108.861	24	12416.338	39083.193	44.429
8	13403.379	63349.593	122.360	25	7979.127	35581.876	40.945
9	21084.331	62297.593	114.17	26	25778.451	40043.800	50.530
10	28478.174	60467.243	103.525	27	32314.119	39061.240	61.868
11	13806.605	56665.787	104.501	28	17131.481	38772.861	44.742
12	18050.702	57008.648	88.367	29	21661.284	37017.000	39.231
13	26281.466	57109.638	94.882	30	25031.592	33603.616	45.139
14	23414.103	54467.362	79.502	31	19055.331	31125.296	29.893
15	10960.874	52276.144	78.880	32	23126.901	29085.244	46.492
16	29428.633	52162.073	134.745	33	20773.655	25044.614	22.795
17	18628.307	50655.263	72.052	34	24701.735	20064.981	28.753

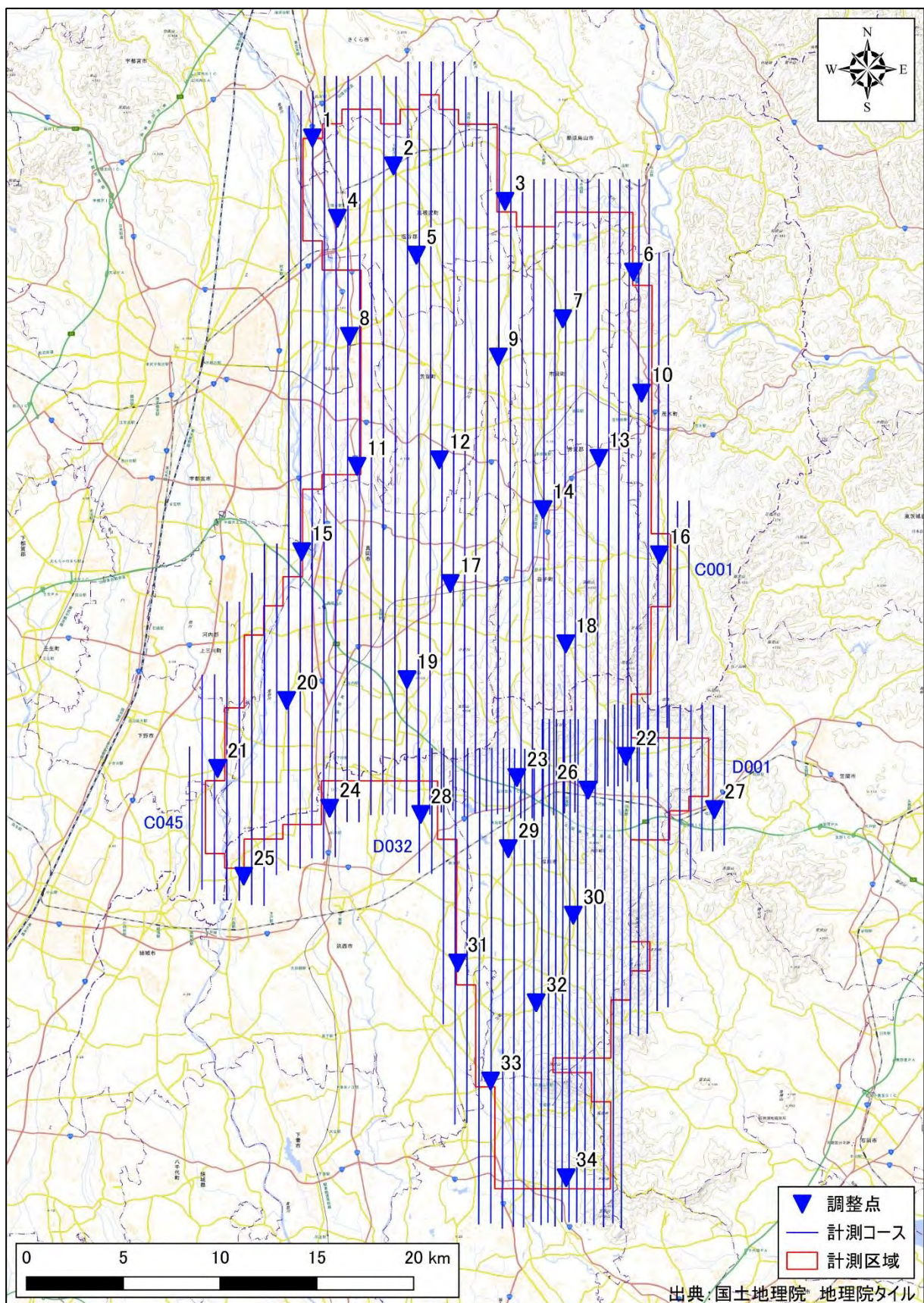


図 2-7 調整点配点図









点名	地上写真	点名	地上写真
1		2	
3		4	
5		6	
7		8	

図 2-8 調整点の状況写真 (1/5)


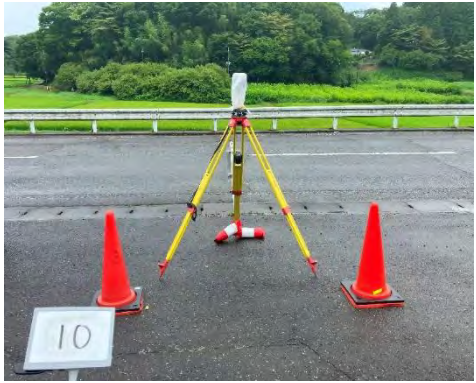






点名	地上写真	点名	地上写真
9		10	
11		12	
13		14	
15		16	

図 2-9 調整点の状況写真 (2/5)









点名	地上写真	点名	地上写真
17		18	
19		20	
21		22	
23		24	

図 2-10 調整点の状況写真 (3/5)









点名	地上写真	点名	地上写真
25		26 (T1)	
27 (T2)		28 (T3)	
29 (T4)		30 (T5)	
31 (T6)		32 (T7)	

図 2-11 調整点の状況写真 (4/5)



点名	地上写真	点名	地上写真
33 (T8)		34 (T9)	

図 2-12 調整点の状況写真 (5/5)

2.5 点群データ作成

航空レーザ計測時に取得された GNSS データ、IMU データ及び地上 GNSS 基準局データ（電子基準点）を使用して GNSS/IMU 解析を行い、各レーザ点群の座標値を算出して点群データを作成した。

点群データ作成の流れを図 2-13 に示す。

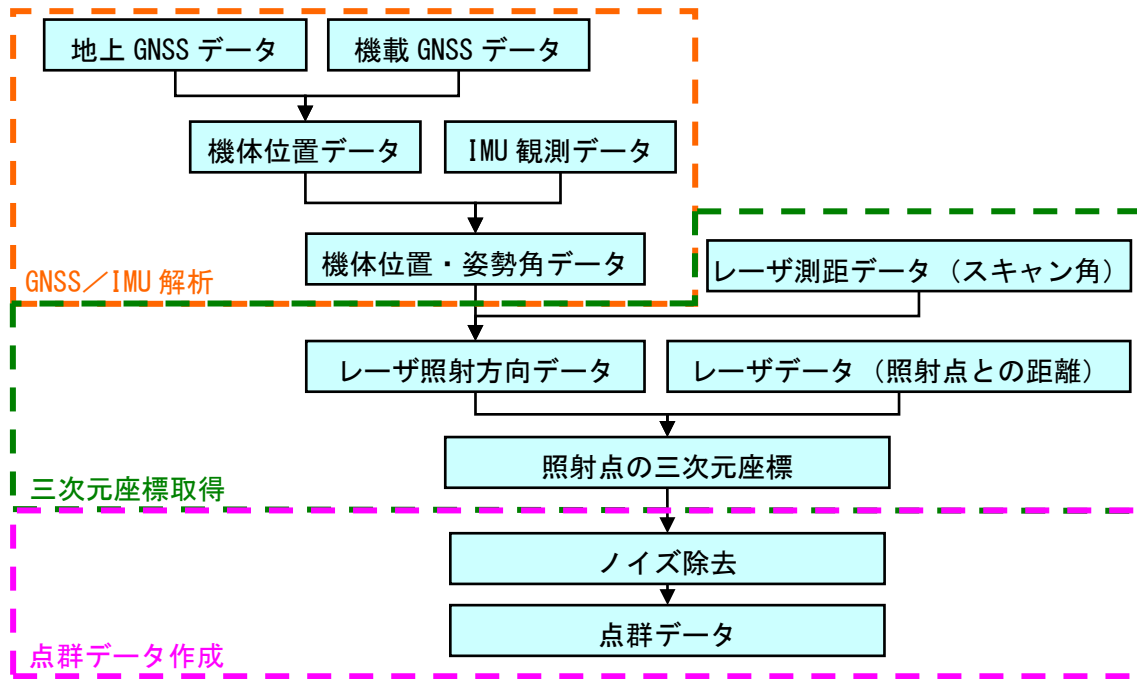


図 2-13 点群データ作成の流れ

点群データを作成する過程の点検については、「準則」に従い、以下の内容を実施した。

- (1) GNSS/IMU 解析時の衛星数及び PDOP の点検
- (2) 航空レーザ計測データの計測漏れの点検（ノイズ除去後のデータ漏れの点検）
- (3) 三次元計測データの欠測率の点検

(1) GNSS/IMU 解析時の衛星数及び PDOP の点検

計測時の航空機の位置及び姿勢状態の精度は算出されるレーザ点の精度に影響するため、受信衛星数及び PDOP の確認を行った。「準則」では計測時の受信衛星数は 6 個以上と規定されている。また、PDOP (図 2-14) は 3 以下であることが良好とされている。

受信衛星数及び PDOP の確認の結果、計測時間帯の衛星数は最少 9 個、PDOP 値は最大 2.93 であり、準則の規定値を満たしていることを確認した。

受信衛星数及び PDOP 一覧を表 2-5 に、PDOP が最大となった 8 月 19 日計測日の衛星数図・PDOP 図の例を図 2-15 に示す。

受信衛星数 「公共測量作業規程の準則」第 37 条第 2 項二号		PDOP 「公共測量作業規程の準則」第 546 条第 4 項	
準則規定	GPS+GLONASS 6 個以上	準則規定	PDOP 3 以下
本業務	9 個以上	本業務	PDOP 2.93 以下

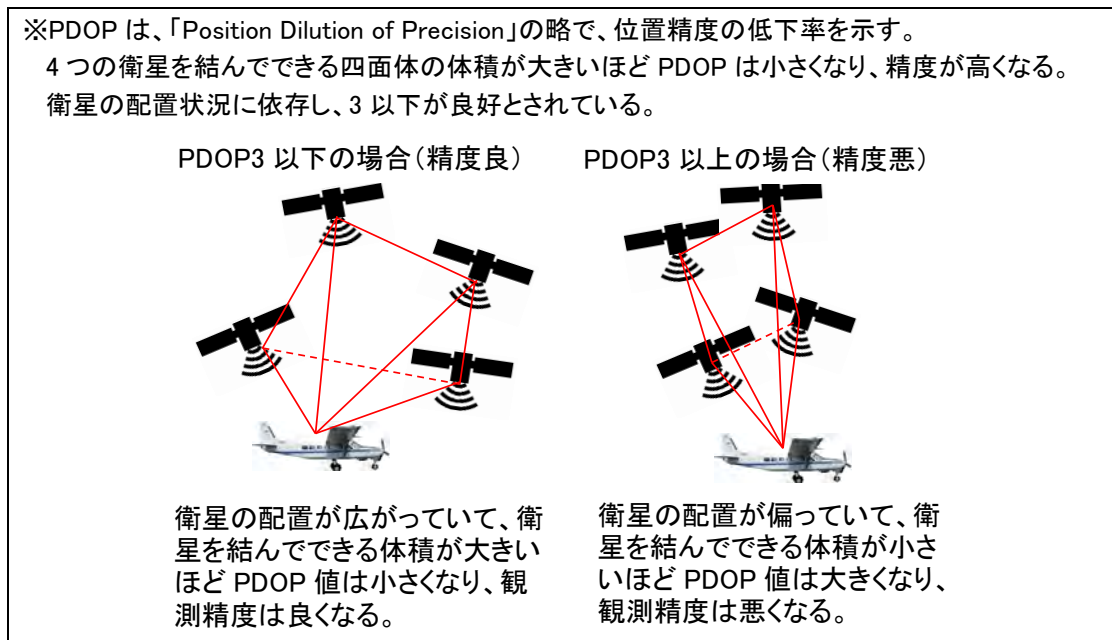
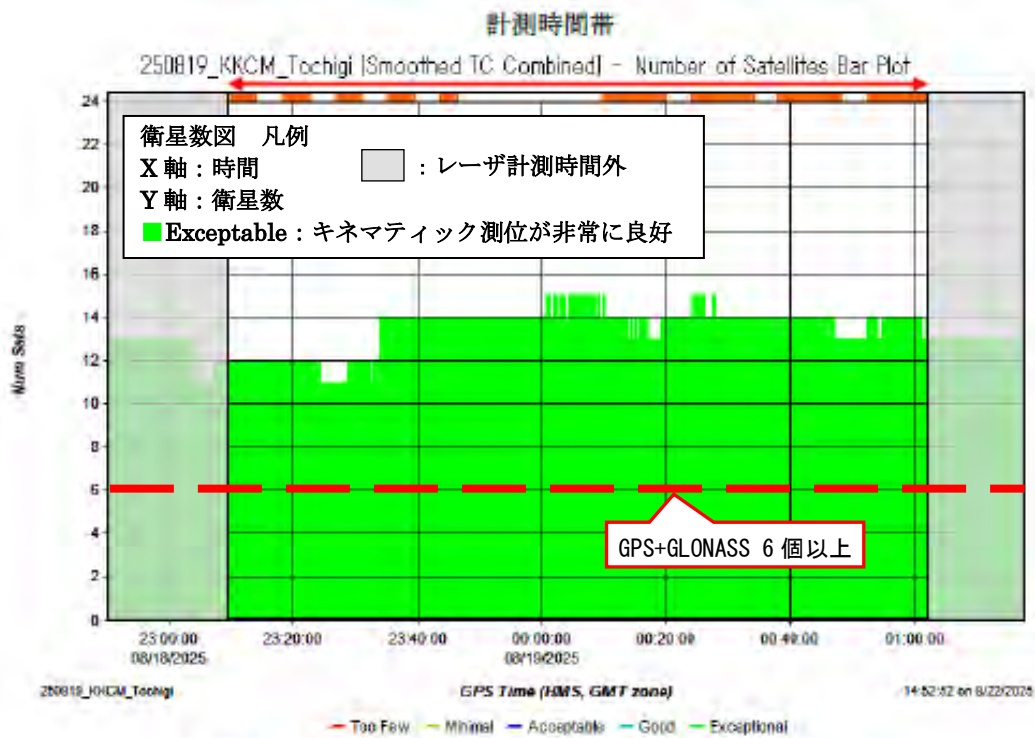


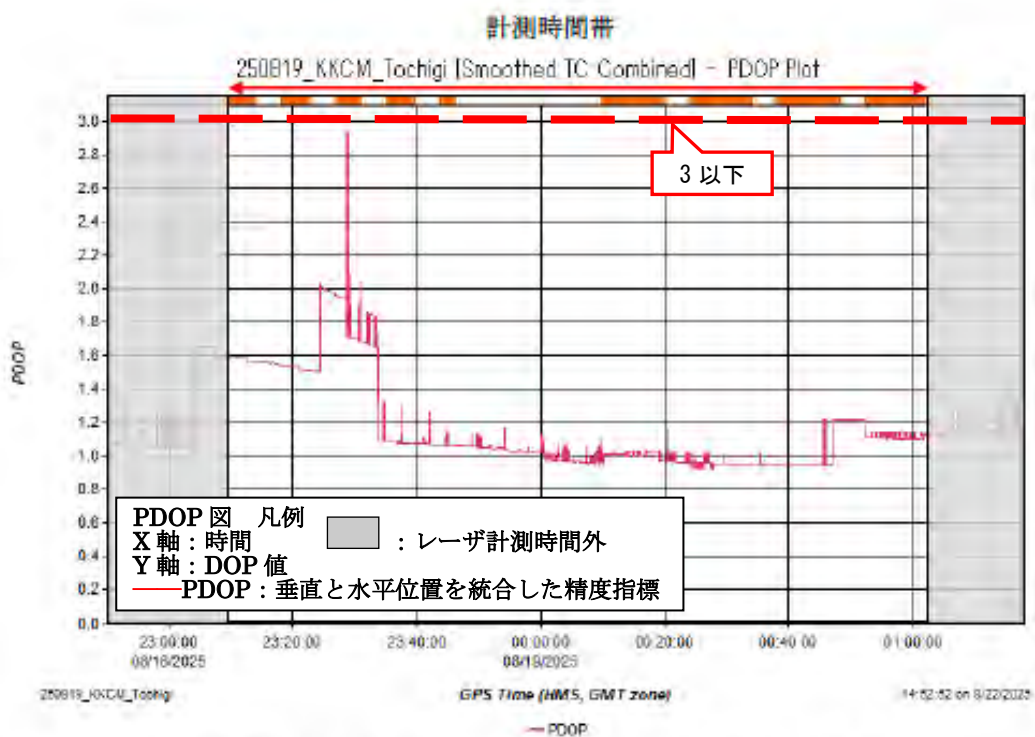
図 2-14 PDOP の概念図

表 2-5 受信衛星数及び PDOP 一覧

計測日	使用電子基準点	最少衛星数	最大 PDOP
7月22日	上三川	15 個	1.16
7月28日	上三川	11 個	1.69
7月29日①	上三川、茂木	10 個	2.37
7月29日②	上三川	16 個	1.13
7月30日	上三川、茂木	13 個	1.21
8月8日	茂木	10 個	1.97
8月19日	上三川	10 個	2.93
8月31日	上三川	15 個	1.14
9月2日	上三川、茂木	9 個	2.09
11月7日	八郷	9 個	2.75
11月8日	八郷	10 個	2.04
11月12日	八郷	13 個	0.96



2025年8月19日計測 衛星数図 (電子基準点「上三川」使用)



2025年8月19日計測 PDOP図 (電子基準点「上三川」使用)

図 2-15 衛星数図・PDOP図の例 (8月19日計測)

(2) 航空レーザ計測データの計測漏れの点検

航空レーザ計測データが計測対象範囲全域を網羅したことを点検するため、計測漏れ点検図を作成した。本計測ではコース間のサイドラップ率を50%以上で計画していることから同一地点を2回以上計測することとなる。本図のとおり計測範囲内にデータ取得漏れ（空白）がなく、2回以上計測できていることを確認した。

計測漏れ点検図を図 2-16～図 2-17 に示す。

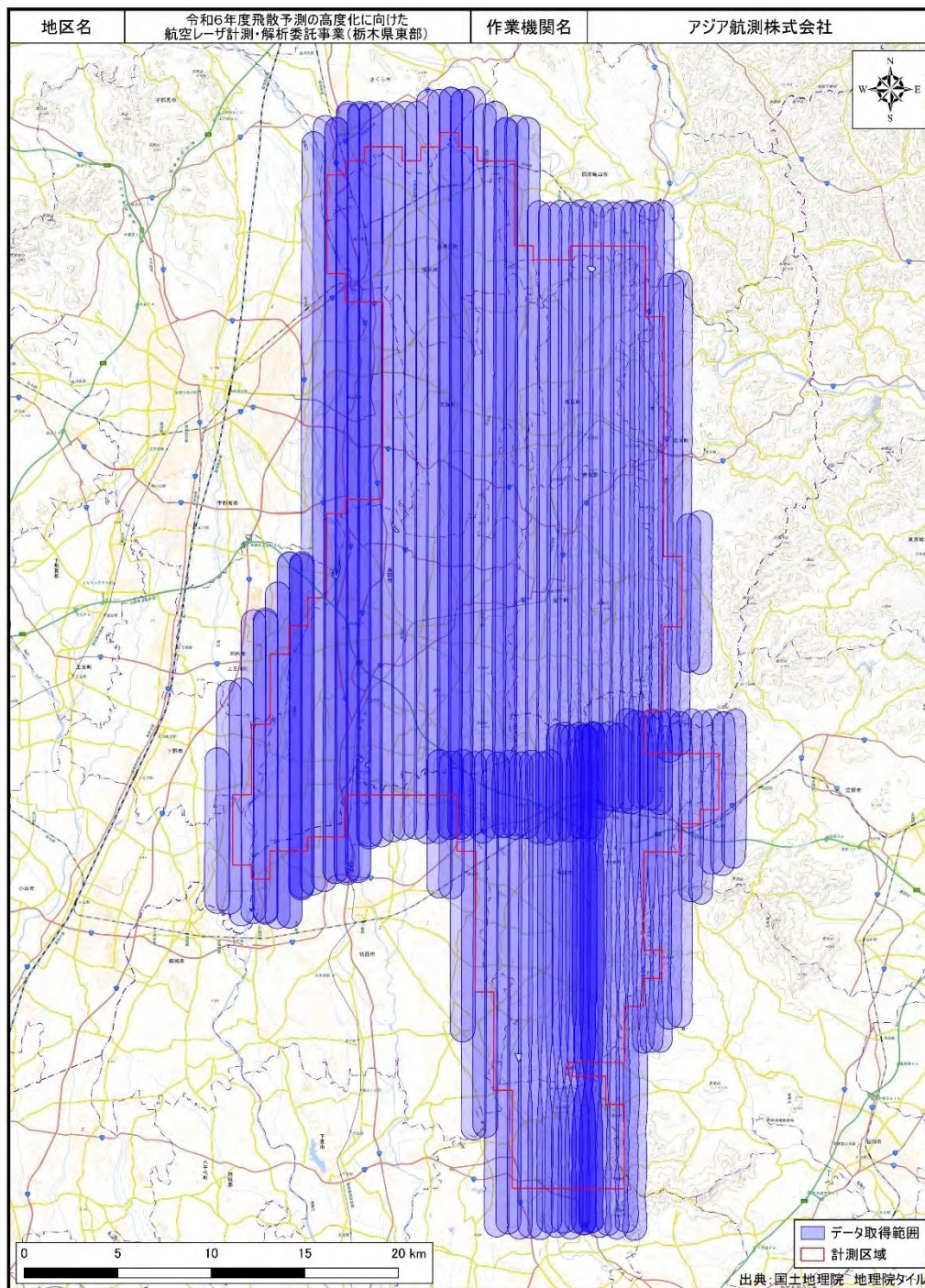


図 2-16 計測漏れ点検図

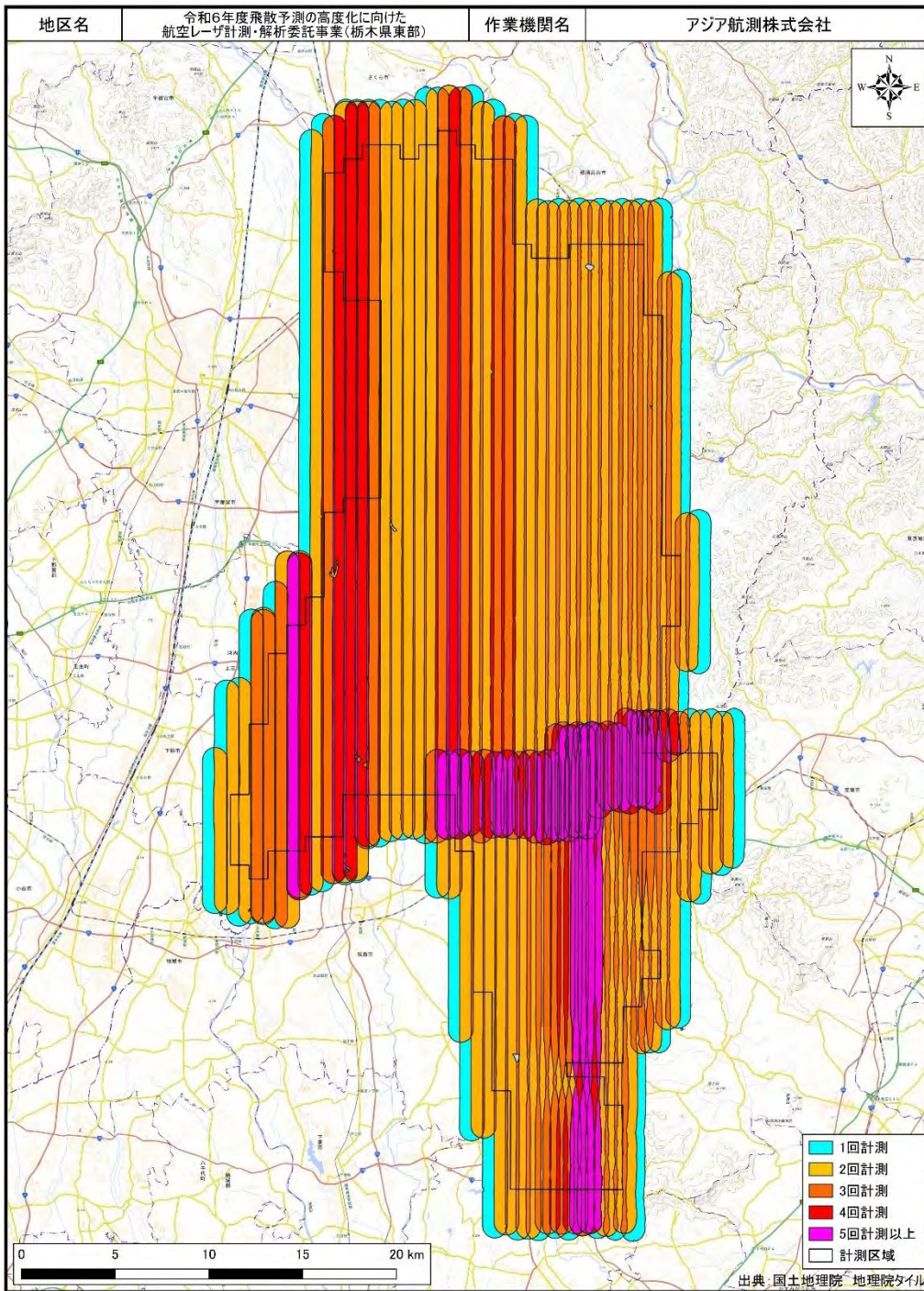


図 2-17 計測漏れ点検図 (サイドラップ率)

(3) 三次元計測データの欠測率の点検

航空レーザ計測データに計測漏れがないことを確認した後、計測密度 10 点/m²以上が確保されていることを確認するため、「準則」に従い欠測率を求めた。欠測率算出の結果、欠測率は最大 6.08%であり、規定値を満たしていることを確認した。

欠測率算出方法と概念図を図 2-18 に、欠測率算出結果を表 2-6～表 2-7 に、欠測率算出結果図を図 2-19 に示す。

欠測率の規定値 「公共測量作業規程の準則」第 555 条 5 項	
準則規定	15%以下
本業務	最大 6.08% (平均 1.51%)

①三次元計測データを国土基本図 1/2,500(2km×1.5km)の図郭に分割する。

②図郭を計測密度に対応するメッシュに区切る。

(本業務では、計測密度が 1m×1m に 10 点以上であるため、メッシュサイズを 1m×1m とする)。

③メッシュ(1m×1m)内にある三次元計測データの点数が 10 点未満の場合を欠測とする。

概念図(1m×1mに4点の場合の例)

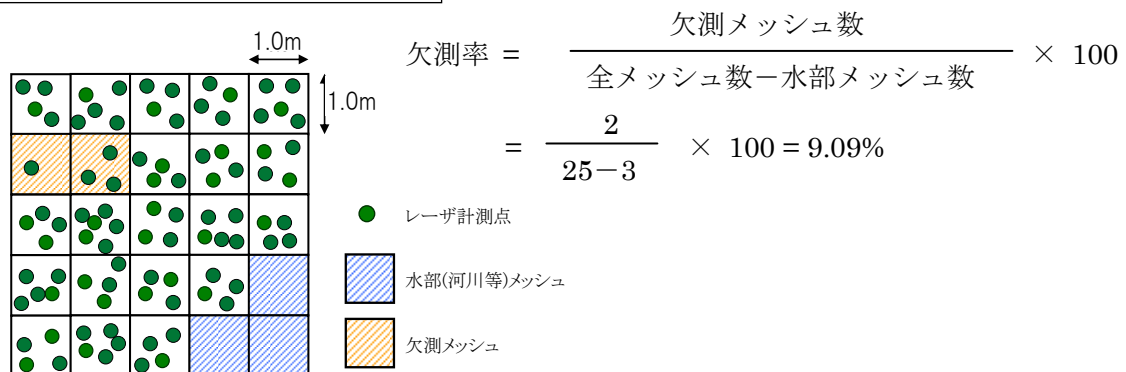


図 2-18 欠測率算出方法と概念図

表 2-6 欠測率計算結果 (1/2)

図郭名	欠測率 %	図郭名	欠測率 %	図郭名	欠測率 %	図郭名	欠測率 %
09HE433	0.00	09HE752	1.78	09HE971	1.76	09IE232	4.10
09HE434	0.00	09HE753	1.57	09HE973	2.04	09IE233	0.19
09HE443	0.15	09HE754	2.15	09IE032	4.84	09IE234	4.23
09HE444	0.24	09HE761	1.61	09IE033	1.00	09IE241	2.31
09HE522	0.00	09HE762	1.27	09IE034	4.45	09IE242	1.99
09HE524	0.08	09HE763	1.40	09IE041	2.28	09IE243	1.81
09HE531	5.70	09HE764	1.12	09IE042	1.99	09IE244	2.30
09HE532	2.64	09HE771	3.41	09IE043	4.27	09IE251	2.15
09HE533	0.04	09HE773	0.93	09IE044	2.17	09IE252	3.37
09HE534	4.09	09HE831	2.13	09IE051	1.77	09IE253	1.83
09HE541	0.32	09HE832	3.11	09IE052	2.70	09IE254	3.72
09HE542	0.95	09HE833	4.71	09IE053	2.47	09IE261	2.01
09HE543	3.14	09HE834	4.53	09IE054	2.39	09IE262	1.15
09HE544	1.38	09HE841	1.89	09IE061	1.95	09IE263	1.94
09HE551	0.12	09HE842	1.90	09IE062	1.15	09IE264	1.36
09HE553	0.25	09HE843	2.56	09IE063	2.25	09IE271	0.57
09HE622	0.00	09HE844	2.48	09IE064	1.32	09IE272	2.02
09HE624	0.00	09HE851	1.27	09IE071	1.25	09IE273	0.56
09HE631	0.11	09HE852	1.75	09IE073	0.99	09IE274	2.86
09HE632	4.10	09HE853	1.27	09IE122	0.01	09IE314	0.00
09HE633	0.24	09HE854	1.90	09IE124	0.07	09IE321	0.14
09HE634	3.50	09HE861	1.79	09IE131	0.12	09IE322	0.90
09HE641	1.82	09HE862	1.15	09IE132	2.83	09IE323	0.06
09HE642	1.94	09HE863	2.11	09IE133	0.13	09IE324	2.21
09HE643	1.53	09HE864	1.47	09IE134	3.70	09IE331	0.20
09HE644	2.09	09HE871	0.88	09IE141	2.61	09IE332	5.37
09HE651	0.15	09HE873	1.09	09IE142	1.67	09IE333	0.23
09HE653	0.94	09HE931	5.33	09IE143	3.00	09IE334	6.08
09HE654	1.38	09HE932	5.07	09IE144	1.96	09IE341	2.57
09HE663	1.40	09HE933	5.20	09IE151	2.03	09IE342	1.71
09HE664	1.25	09HE934	4.44	09IE152	3.75	09IE343	0.44
09HE673	3.67	09HE941	2.44	09IE153	2.24	09IE344	2.10
09HE722	0.20	09HE942	2.28	09IE154	3.60	09IE351	1.96
09HE724	0.34	09HE943	1.73	09IE161	2.64	09IE352	2.82
09HE731	0.42	09HE944	1.71	09IE162	1.34	09IE353	2.31
09HE732	3.95	09HE951	1.61	09IE163	2.25	09IE354	2.93
09HE733	0.22	09HE952	2.32	09IE164	1.59	09IE361	1.35
09HE734	2.28	09HE953	1.87	09IE171	0.92	09IE362	1.20
09HE741	2.13	09HE954	2.42	09IE173	0.84	09IE363	1.04
09HE742	2.07	09HE961	1.69	09IE222	0.25	09IE364	1.10
09HE743	1.80	09HE962	1.41	09IE223	0.00	09IE371	0.88
09HE744	3.26	09HE963	1.97	09IE224	0.31	09IE372	1.15
09HE751	1.75	09HE964	1.56	09IE231	0.06	09IE373	0.35

表 2-7 欠測率計算結果 (2/2)

図郭名	欠測率 %	図郭名	欠測率 %	図郭名	欠測率 %	図郭名	欠測率 %
09IE374	4.00	09IE561	1.09	09IE722	0.05	09IE964	0.12
09IE412	0.00	09IE562	0.41	09IE723	0.24	09IE971	0.12
09IE414	0.00	09IE563	0.03	09IE724	0.00	09IE973	0.10
09IE421	0.00	09IE564	0.03	09IE731	0.00	09JE042	5.77
09IE422	0.32	09IE571	0.04	09IE741	2.22	09JE044	5.45
09IE423	0.45	09IE573	0.27	09IE742	1.69	09JE051	3.39
09IE424	1.83	09IE574	0.95	09IE743	1.00	09JE052	0.72
09IE431	0.17	09IE583	0.13	09IE744	4.47	09JE053	3.53
09IE432	4.39	09IE611	0.00	09IE751	1.72	09JE054	0.34
09IE433	0.12	09IE612	0.99	09IE752	0.22	09JE061	0.06
09IE434	4.53	09IE613	0.00	09IE753	3.71	09JE062	0.11
09IE441	1.37	09IE614	0.60	09IE754	0.82	09JE063	0.08
09IE442	1.92	09IE621	0.28	09IE761	0.08	09JE064	0.39
09IE443	1.76	09IE622	0.21	09IE762	0.25	09JE071	0.04
09IE444	1.48	09IE623	0.26	09IE763	0.08	09JE142	5.16
09IE451	1.80	09IE624	0.18	09IE764	0.18	09JE144	5.32
09IE452	2.83	09IE631	0.09	09IE771	0.73	09JE151	3.36
09IE453	1.58	09IE632	5.71	09IE772	0.80	09JE152	0.21
09IE454	1.56	09IE633	0.04	09IE773	0.42	09JE153	2.67
09IE461	1.69	09IE634	4.88	09IE774	0.00	09JE154	0.14
09IE462	1.04	09IE641	1.02	09IE812	0.38	09JE161	0.08
09IE463	1.26	09IE642	0.05	09IE821	0.00	09JE162	0.38
09IE464	1.35	09IE643	0.71	09IE842	4.85	09JE163	0.13
09IE471	0.77	09IE644	0.04	09IE844	5.19	09JE164	0.58
09IE473	0.98	09IE651	0.03	09IE851	3.26	09JE251	3.05
09IE512	0.03	09IE652	0.09	09IE852	0.81	09JE252	0.51
09IE514	0.46	09IE653	0.11	09IE853	3.62	09JE253	2.33
09IE521	0.23	09IE654	0.08	09IE854	0.82	09JE254	0.68
09IE522	1.25	09IE661	0.03	09IE861	0.06	09JE261	0.08
09IE523	0.25	09IE662	0.04	09IE862	0.17	09JE262	0.67
09IE524	1.17	09IE663	0.06	09IE863	0.04	09JE263	0.09
09IE531	0.14	09IE664	0.22	09IE864	0.12	09JE264	0.33
09IE532	5.73	09IE671	0.31	09IE871	0.09	09JE351	2.41
09IE533	0.03	09IE672	0.49	09IE873	0.07	09JE352	0.67
09IE534	5.79	09IE673	0.42	09IE942	5.12	09JE353	2.89
09IE541	1.91	09IE674	0.66	09IE944	5.23	09JE354	0.66
09IE542	0.48	09IE681	0.41	09IE951	3.51	09JE361	0.07
09IE543	1.57	09IE683	1.01	09IE952	0.86	09JE362	0.29
09IE544	0.40	09IE711	0.00	09IE953	3.27	09JE363	0.05
09IE551	1.18	09IE712	0.99	09IE954	0.92	09JE364	0.04
09IE552	1.10	09IE713	0.00	09IE961	0.09	最大	6.08
09IE553	0.69	09IE714	0.85	09IE962	0.21	平均	1.51
09IE554	0.75	09IE721	0.27	09IE963	0.05		

2.6 写真地図の作成

航空レーザ計測と同時に、航空レーザ計測システムに付属するデジタルカメラを用いてデジタル空中写真撮影を実施した。取得したデジタル空中写真から、地上解像度 20cm の写真地図データ（簡易オルソフォト）を作成した。写真地図データは、計測日による色ムラを低減するために色調補正を行い、最終成果とした。

色調補正のイメージを図 2-20 に、作成した写真地図データ（簡易オルソフォト）を図 2-21 に示す。

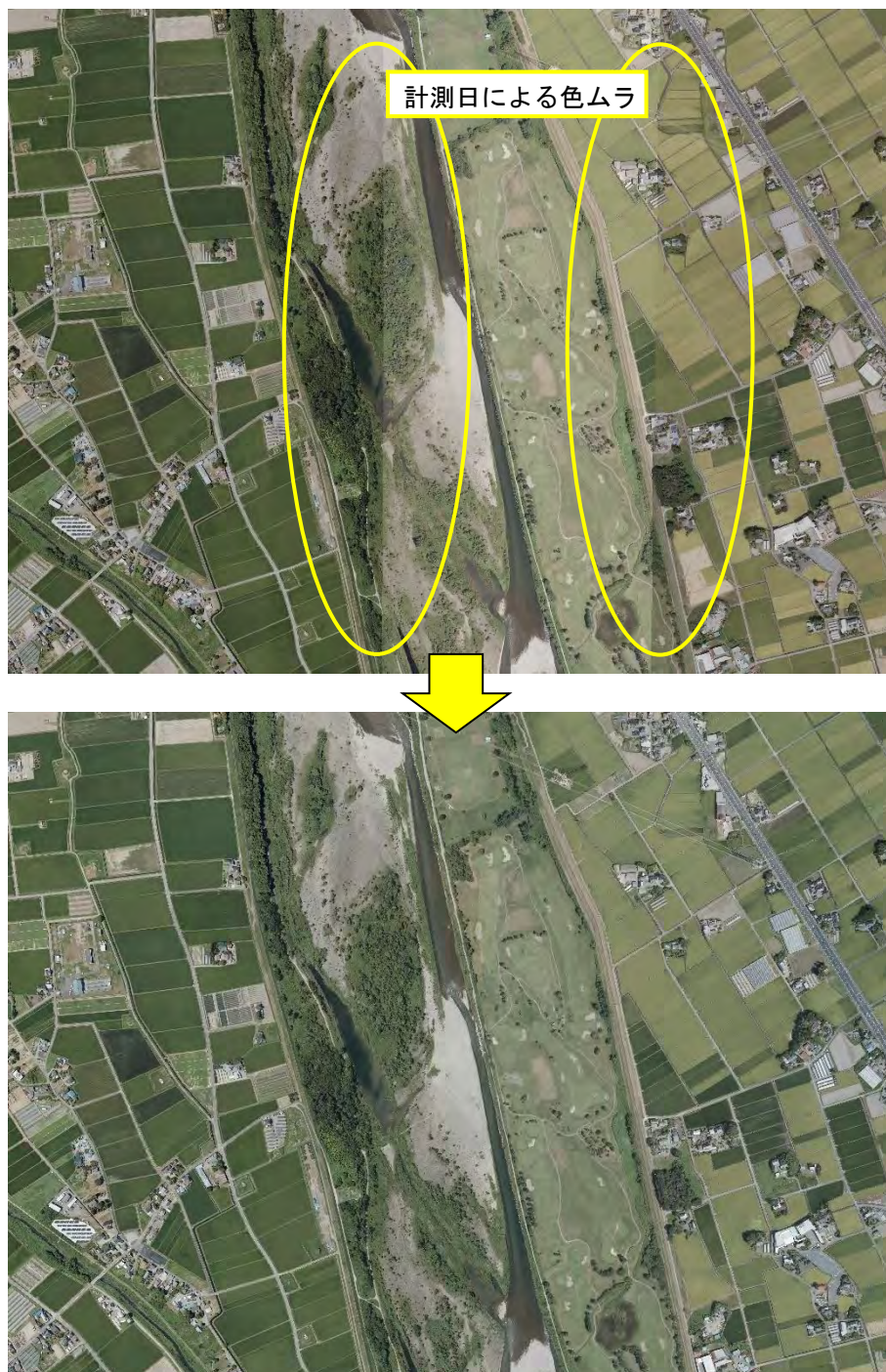


図 2-20 色調補正のイメージ

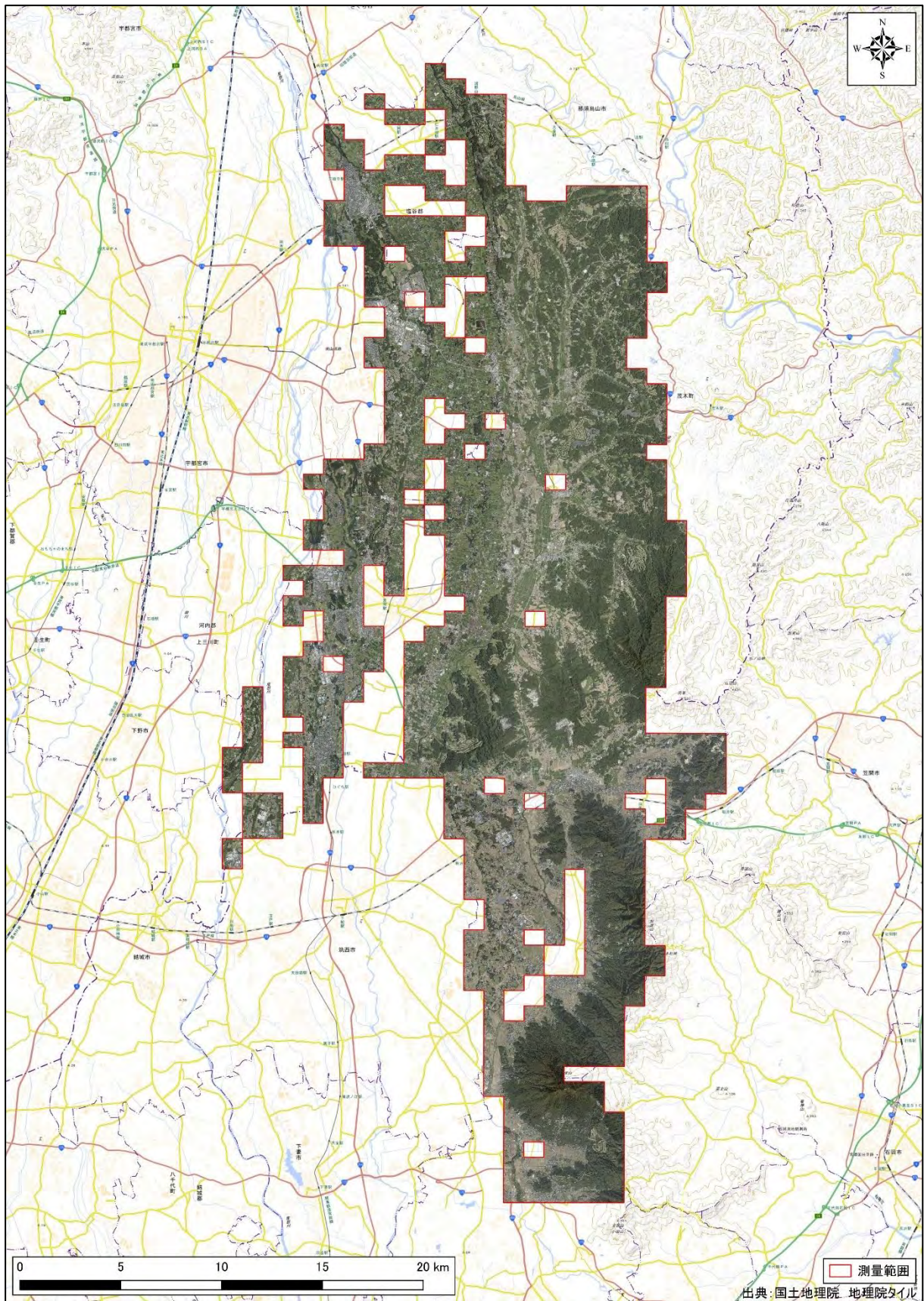


図 2-21 写真地図データ (簡易オルソフォト)

2.7 オリジナルデータ作成

三次元計測データに対して、計測コース間の水平・標高較差の検証及び調整を行った。加えて、調整点との比較検証を行い、オリジナルデータを作成した。ファイル形式は、XYZ 値をカンマ区切りで記録した TXT 形式及び LAS 形式 (ver.1.2) とし、LAS 形式は位置座標のほか、反射強度等の森林資源解析に必要な属性値を格納した。ファイル単位は、2,500 国土基本図図郭 (2.0km×1.5km) 及び 1,250 国土基本図図郭 (1.0km×0.75km) 毎に作成した。

オリジナルデータ作成の流れを図 2-13 に示す。

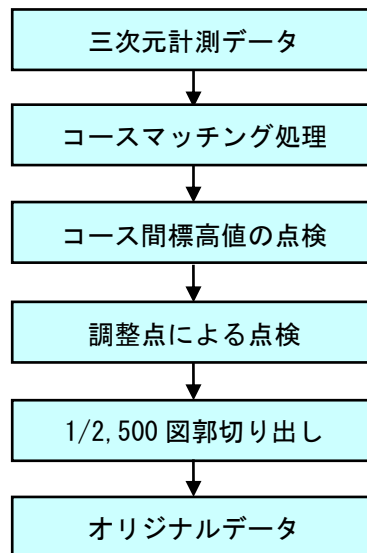


図 2-22 オリジナルデータ作成の流れ

オリジナルデータを作成する過程の処理及び点検については、「準則」に従い、以下の内容を実施した。

- 1) コースマッチング処理
- 2) コース間標高値の点検
- 3) 調整点による点検

(1) コースマッチング処理

比高差のある山岳地形では、小さな水平誤差が高さ誤差に大きく影響する。弊社は専用ツールによる高度な解析処理により、各コースの軸回転値とスケールを補正するコースマッチング処理という特殊な処理を施した。コースマッチング処理を行うことで、水平精度と高さ精度の両方が向上し、高精度な成果データを作成することができた。

コースマッチング処理の概念図を図 2-23 に示す。

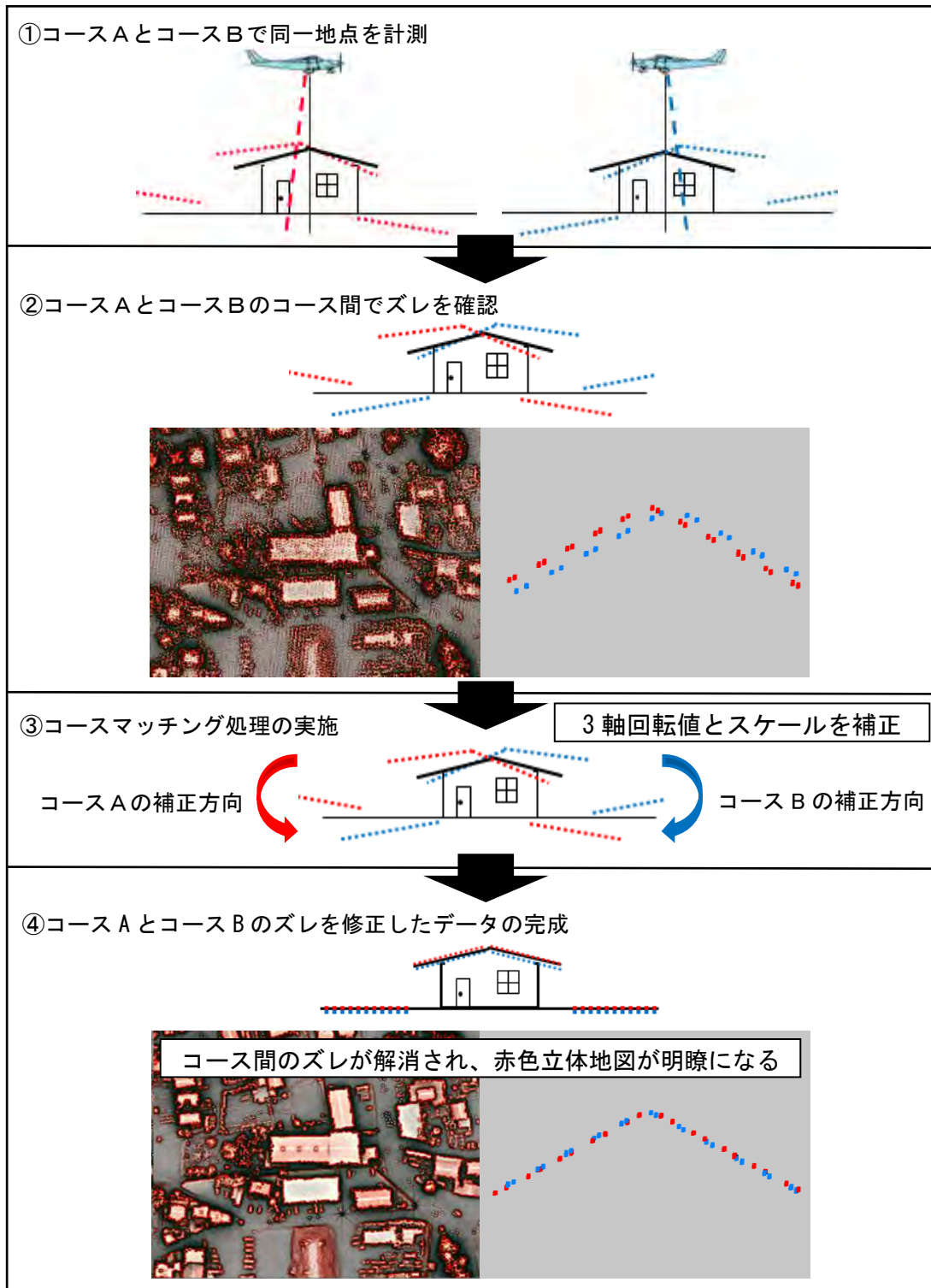


図 2-23 コースマッチング処理の概念図

(2) コース間標高値の点検

コース間の重複部分にコース間点検箇所（以下、タイポイント）を選定し、標高値の相互較差の点検・調整を行った。コース間標高値の点検方法と概念図を図 2-24 に示す。

「準則」で定める較差の平均値は±0.30m 未満である。点検の結果、較差の平均値は最大 0.04m であり、「準則」で定める±0.30m 未満であることを確認した。また、標準偏差は最大 0.03m であり、ばらつきの少ない良好なデータとなった。これは独自の精度向上手法のコースマッチング処理の効果が現れた結果と考えられる。

コース間較差点検結果を表 2-8～表 2-9 に、コース間点検箇所配点図を図 2-25 に示す。

コース間較差検証点数 「公共測量作業規程の準則」第 551 条 2 項一号		コース間較差検証の規定値 「公共測量作業規程の準則」第 551 条 2 項六号	
準則規定	コース長 (km) / 10 + 1	準則規定	較差の平均値 ±0.30m 未満
本業務	404 点	本業務	0.04m 以下

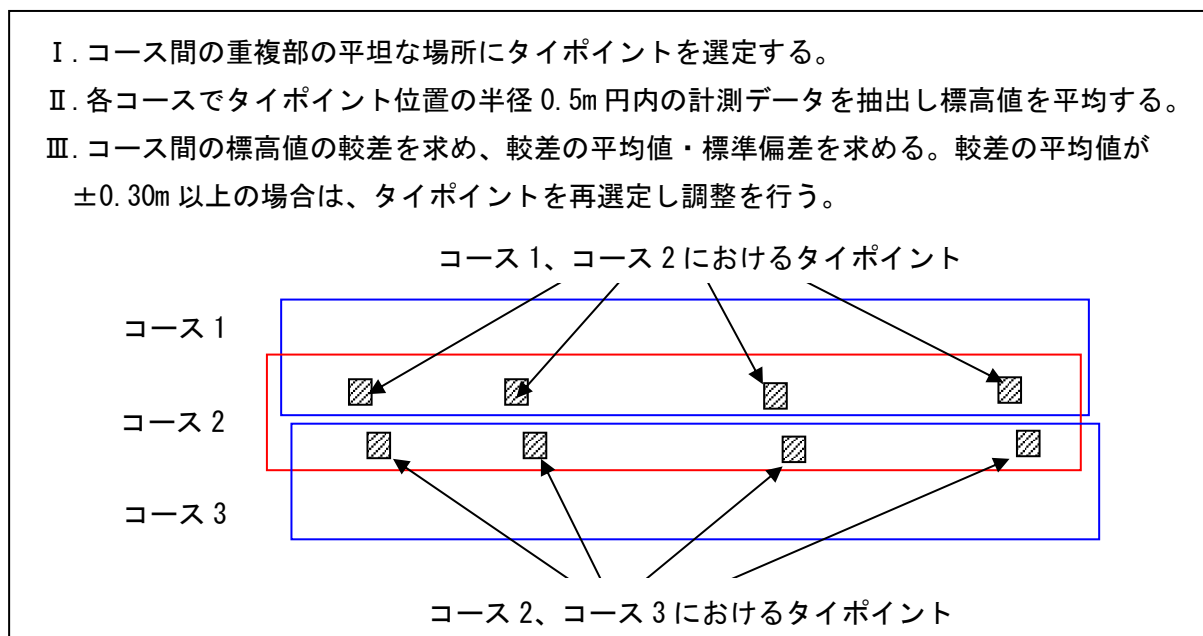


図 2-24 コース間標高値点検の概念図

表 2-8 コース間較差点検結果 (1/2)

コース間名	点数	較差の平均	標準偏差	コース間名	点数	較差の平均	標準偏差
C001-C002	2	0.01	0.01	C020-C020h	5	0.00	0.02
C002-C003	2	0.00	0.00	C020-C021	5	-0.01	0.01
C003-C004	4	0.01	0.01	C020-D026	2	-0.03	0.01
C004-C005	4	-0.01	0.02	C021-C022	5	-0.01	0.01
C004-D007	2	-0.04	0.01	C022-C023	5	-0.01	0.01
C005-C006	5	0.00	0.02	C022-D028	2	0.03	0.01
C006-C007	5	0.00	0.01	C023-C024	5	-0.01	0.01
C007-C008	5	0.01	0.01	C024-C024h	5	0.00	0.02
C007-D010	2	-0.04	0.01	C024-C025	5	-0.01	0.01
C008-C009	5	0.01	0.01	C024-D030	2	-0.04	0.01
C009-C010	5	0.00	0.01	C025-C025h	6	0.00	0.02
C010-C011	5	-0.01	0.01	C025-C026	5	0.01	0.02
C010-D013	2	0.02	0.02	C026-C027	5	0.00	0.03
C011-C012	5	-0.01	0.00	C026-D032	2	0.04	0.02
C012-C013	5	0.00	0.01	C027-C028	5	-0.01	0.01
C012-D016	2	-0.02	0.01	C028-C029	5	0.00	0.01
C013-C014	5	-0.01	0.01	C029-C030	5	0.01	0.01
C014-C015	5	0.02	0.00	C030-C031	5	0.00	0.01
C014-D019	2	-0.01	0.00	C031-C032	5	0.02	0.01
C015-C016	5	0.02	0.01	C032-C032h	5	-0.02	0.02
C016-C017	5	-0.02	0.01	C032-C032hh	5	0.00	0.01
C016-D022	2	-0.01	0.02	C032-C033	5	-0.01	0.01
C017-C018	5	0.01	0.01	C033-C033h	6	0.00	0.02
C018-C019	5	0.01	0.01	C033-C033hh	6	0.01	0.03
C018-D024	2	-0.03	0.01	C033-C034	6	0.00	0.01
C019-C020	5	0.00	0.01	C034-C034h	6	0.00	0.01

表 2-9 コース間較差点検結果 (2/2)

コース間名	点数	較差の平均	標準偏差	コース間名	点数	較差の平均	標準偏差
C034-C035	6	0.01	0.02	D011-D012	4	0.00	0.00
C035-C035h	6	0.00	0.02	D012-D013	4	0.00	0.02
C035-C036	6	-0.01	0.01	D013-D014	4	-0.01	0.01
C036-C037	6	0.00	0.01	D014-D015	4	0.00	0.00
C037-C038	3	-0.01	0.01	D015-D016	4	0.00	0.01
C038-C038h	3	0.00	0.02	D016-D016h	4	-0.01	0.03
C038-C038hh	3	0.01	0.03	D016-D016hh	4	-0.04	0.01
C038-C039	3	-0.01	0.02	D016-D017	4	0.01	0.01
C039-C039h	4	0.00	0.03	D017-D017h	4	-0.01	0.03
C039-C040	3	-0.01	0.01	D017-D017hh	4	-0.01	0.02
C040-C041	3	0.00	0.01	D017-D018	4	0.01	0.01
C041-C041h	3	0.00	0.02	D018-D019	4	0.00	0.02
C041-C042	3	0.00	0.00	D019-D020	4	0.02	0.01
C042-C043	3	0.01	0.01	D020-D021	4	0.01	0.01
C043-C044	3	0.00	0.01	D021-D022	4	0.00	0.01
C044-C045	2	0.01	0.01	D022-D023	4	-0.01	0.01
D001-D002	2	0.01	0.00	D023-D024	4	-0.01	0.01
D002-D003	2	0.00	0.01	D024-D025	4	0.00	0.01
D003-D004	2	0.00	0.02	D025-D026	4	0.01	0.01
D004-D005	2	-0.01	0.00	D026-D027	4	-0.02	0.00
D005-D006	2	0.00	0.01	D027-D028	4	0.01	0.01
D006-D007	3	0.00	0.00	D028-D029	4	-0.04	0.01
D007-D008	3	0.00	0.00	D029-D030	3	0.01	0.02
D008-D009	3	0.00	0.00	D030-D031	2	0.01	0.03
D009-D010	3	0.00	0.01	D031-D032	2	0.00	0.01
D010-D011	3	0.00	0.02				

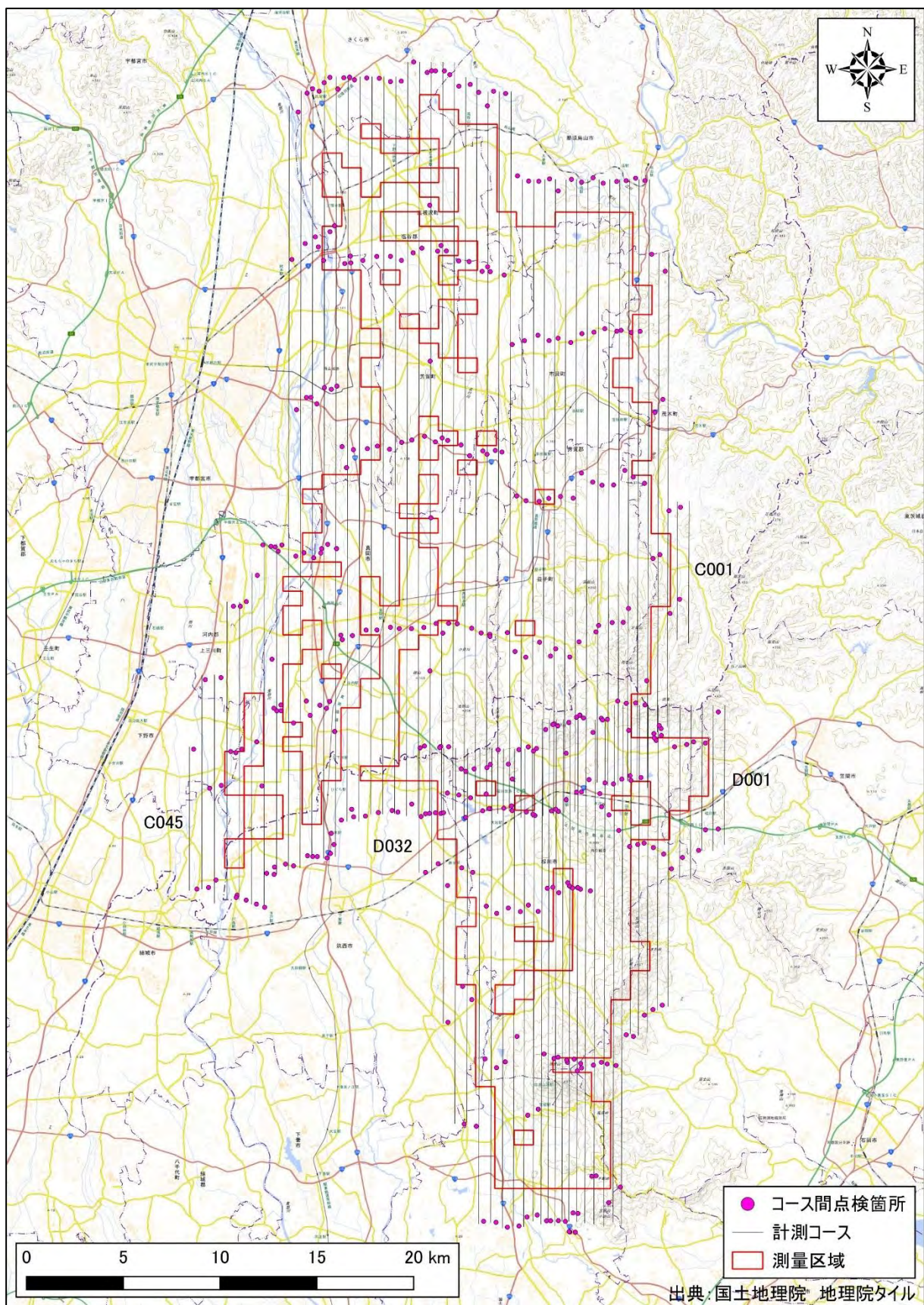


図 2-25 コース間点検箇所配点図

(3) 調整点による点検

調整点観測により取得した標高値と三次元計測データの標高値との比較、点検を行った。調整点による点検方法と概念図を図 2-26 に示す。調整点による点検については、各調整点における較差の平均値が±0.25m 未満かつ RMS 誤差が 0.30m 未満であり、すべての調整点における較差の平均値が±0.25m 未満かつ RMS 偏差が 0.25m 未満と規定されている。

点検の結果、各調整点における較差の平均値は最大 0.06m、RMS 誤差は最大 0.06m、すべての調整点における較差の平均値は 0.00m、RMS 偏差は 0.03m であり規定値を満たしていることを確認した。

調整点による点検結果を表 2-10 に示す。

各調整点による点検 「公共測量作業規程の準則」第 550 条 3 項一		すべての調整点による点検 「公共測量作業規程の準則」第 550 条 3 項二	
準則規定	各調整点の 較差の平均値、RMS 誤差 0.25m 未満、0.30m 未満	準則規定	すべての調整点の 較差の平均値、RMS 誤差 0.25m 未満、0.25m 未満
本業務	平均値 0.06m 以下 RMS 誤差 0.06m 以下	本業務	平均値 0.00m RMS 誤差 0.03m

※RMS (Root Mean Square : 平均 2 乗誤差) 誤差は実測値 (真値) との較差を示す。

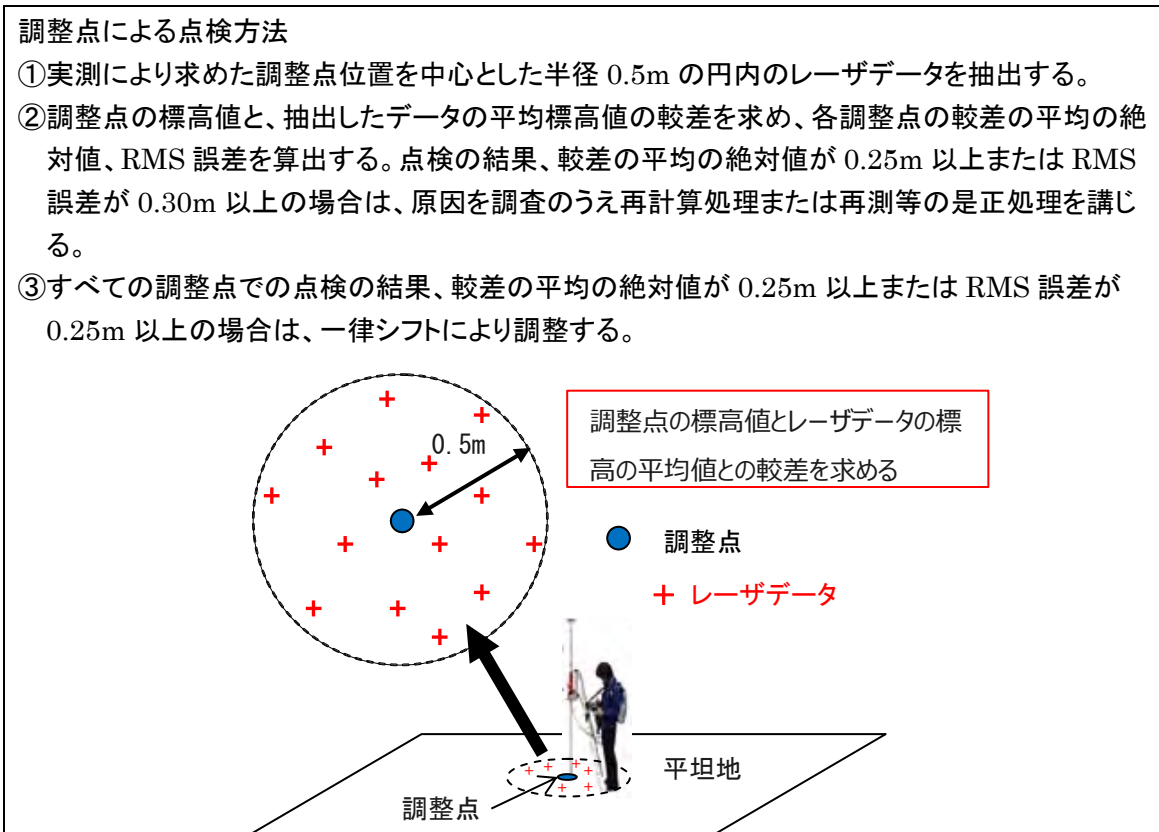


図 2-26 調整点による点検の概念図

表 2-10 調整点による点検結果

点名	実測値 (m)	三次元計測 データの標 高値 (m)	較差の平均 の絶対 値 (m)	RMS 誤差 (m)	全基準点の 較差の平均 の絶対 値 (m)	全基準点の RMS 偏差 (m)
1	164.789	164.83	0.04	0.04	0.00	0.03
2	139.623	139.62	0.00	0.00		
3	140.164	140.17	0.01	0.01		
4	156.552	156.57	0.02	0.03		
5	122.519	122.55	0.03	0.03		
6	113.548	113.55	0.00	0.01		
7	108.861	108.88	0.02	0.02		
8	122.360	122.39	0.03	0.03		
9	114.170	114.19	0.02	0.03		
10	103.525	103.53	0.01	0.03		
11	104.501	104.50	0.00	0.02		
12	88.367	88.31	0.06	0.06		
13	94.882	94.91	0.03	0.04		
14	79.502	79.52	0.02	0.02		
15	78.880	78.86	0.02	0.02		
16	134.745	134.75	0.00	0.02		
17	72.052	72.08	0.03	0.03		
18	87.612	87.57	0.04	0.04		
19	78.880	59.27	0.03	0.04		
20	134.745	56.07	0.00	0.02		
21	72.052	46.61	0.01	0.01		
22	87.612	60.83	0.00	0.01		
23	59.300	52.56	0.02	0.03		
24	44.429	44.41	0.02	0.03		
25	40.945	40.91	0.04	0.04		
26	50.530	50.51	0.02	0.03		
27	61.868	61.85	0.02	0.02		
28	44.742	44.80	0.06	0.06		
29	39.231	39.23	0.00	0.02		
30	45.139	45.14	0.00	0.02		
31	29.893	29.92	0.03	0.04		
32	46.492	46.50	0.01	0.01		
33	22.795	22.75	0.05	0.06		
34	28.753	28.74	0.01	0.02		

2.8 グラウンドデータ作成

オリジナルデータから、建物や植生などの地物を除去したグラウンドデータを作成した。この地物を除去する処理（フィルタリング）は、データ取得範囲全域を対象にパソコンで自動的に処理する自動フィルタリングを行い、AI 処理（深層学習）を活用して残存・欠落地物などのエラー箇所を検出し、測量区域を対象に残存する建物や植生を目視で確認しながら除去する手動フィルタリングを行った。自動フィルタリングの設定は、代表的な地表の状態にある複数地点において、使用するソフトウェアのパラメータを複数パターン試行し、最も当てはまりの良いものを選択した。なお、フィルタリング処理に際しては、エラー箇所を明瞭に判読できる赤色立体地図を活用することで、処理精度の向上に努めた。ファイル形式は、XYZ 値をカンマ区切りで記録した TXT 形式及び LAS 形式（ver.1.2）とした。

グラウンドデータ作成の流れを図 2-27 に、「準則」による除去対象地物を表 2-11 に、自動フィルタリング設定パラメータの検証結果を図 2-28 に、自動・手動フィルタリング範囲位置図を図 2-29 に、赤色立体地図を用いたフィルタリング処理の流れを図 2-30 に示す。

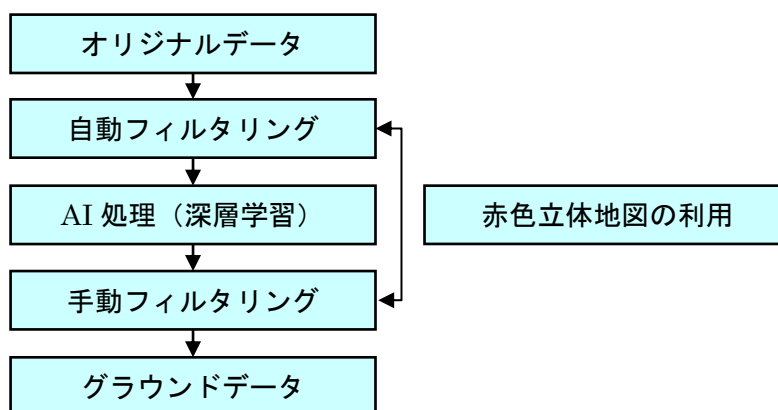


図 2-27 グラウンドデータ作成の流れ

表 2-11 「準則」による除去対象地物

大分類	中分類	フィルタリング項目
交通施設	道路施設等	道路橋（長さ 5m 以上）、高架橋、横断歩道橋、照明灯、信号灯、道路情報板等
	鉄道施設	鉄道橋（長さ 5m 以上）、高架橋（モノレールの高架橋含む）、跨線橋、プラットフォーム、プラットフォーム上屋、架線支柱、信号灯支柱
	移動体	駐車車両、鉄道車両、船舶
建物等	建物及び付属施設等	一般住宅、工場、倉庫、公共施設、駅舎、無壁舎、温室、ビニールハウス、競技場のスタンド、門、プール（土台部分を含む）、塀
小物体		記念碑、鳥居、貯水槽、肥料槽、給水塔、起重機、煙突、高塔、電波塔、灯台、灯標、輸送管（地上、空間）、送電線
水部等	水部に関する構造物	浮き桟橋、水位観測施設、河川表示板
植生		樹木 ^{※1} 、竹林 ^{※1} 、生垣 ^{※1}
その他	その他	大規模な改変工事中の地域 ^{※2} 、地下鉄工事等の開削部、資材置場等の材料、資材
備考	^{※1} 地表面として、判断できる部分は可能な限り採用するものとする。 ^{※2} 地表面として、ほぼ恒久的であると判断できるものは採用するものとする。	



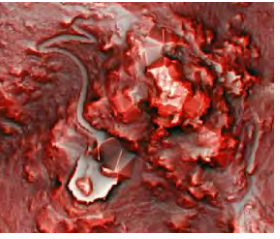
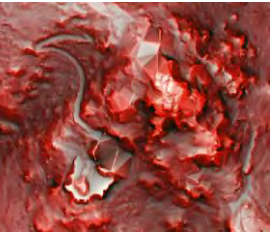

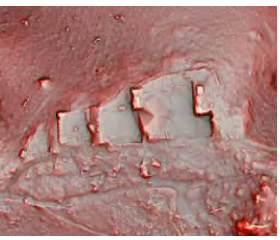


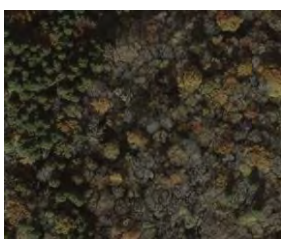







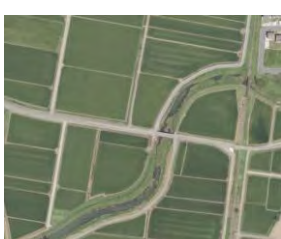
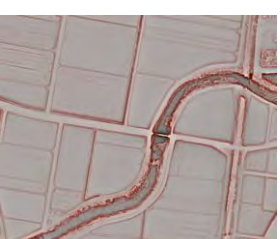
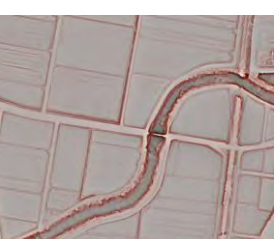
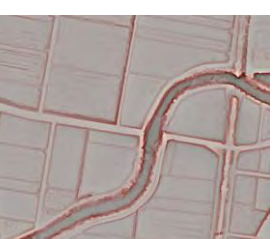
検証地点 (簡易オルソフォト)	パターン1 (採用パラメータ)	パターン2	パターン3
			
			
			
			
			
評価	地盤に欠落等がなく 適度に地物が除去 されているため採用	地盤に一部欠落が 見られるため不採用	全体的に地盤の 点密度が薄く不採用

図 2-28 自動フィルタリング設定パラメータの検証結果

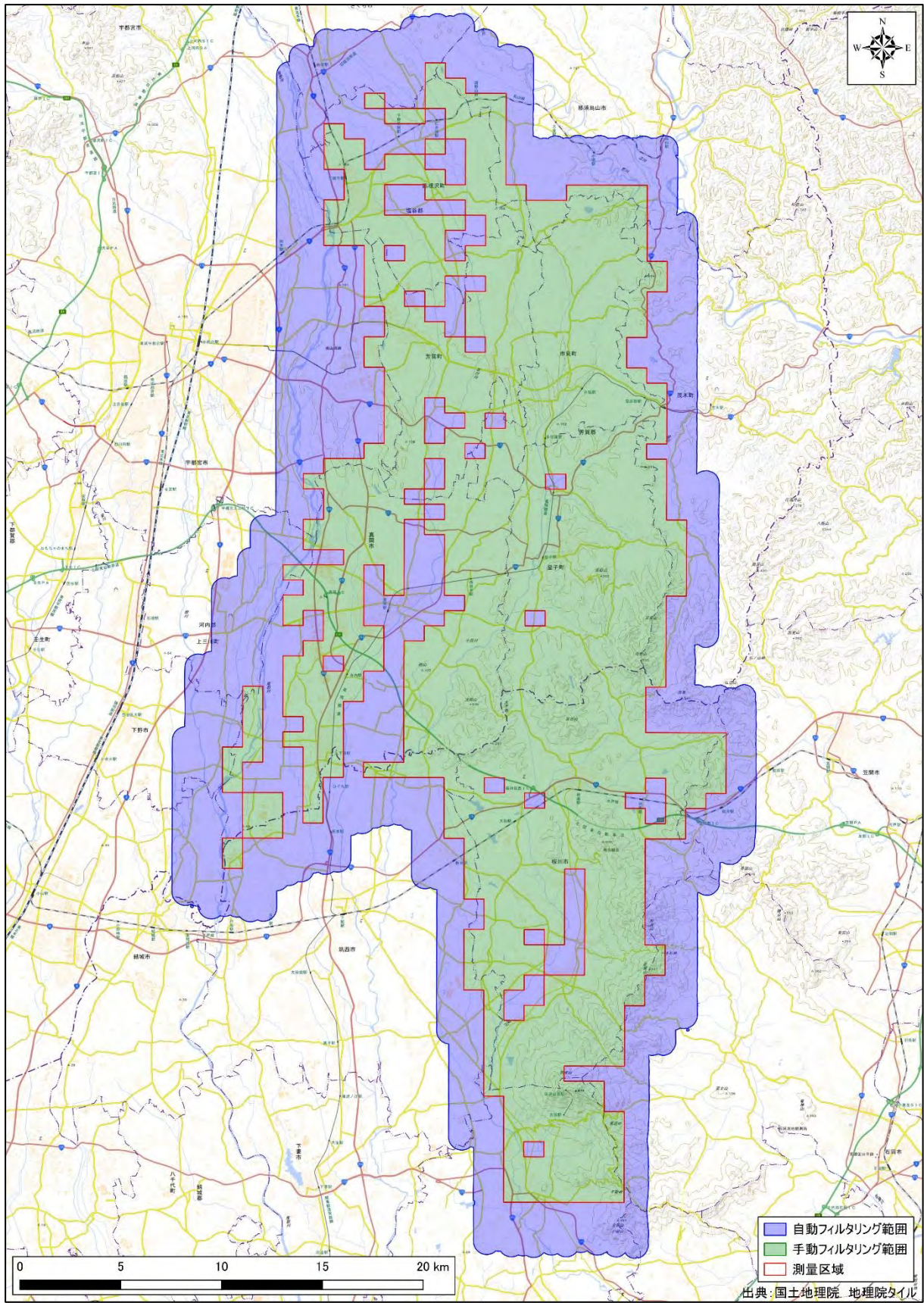


図 2-29 自動・手動フィルタリング範囲位置図

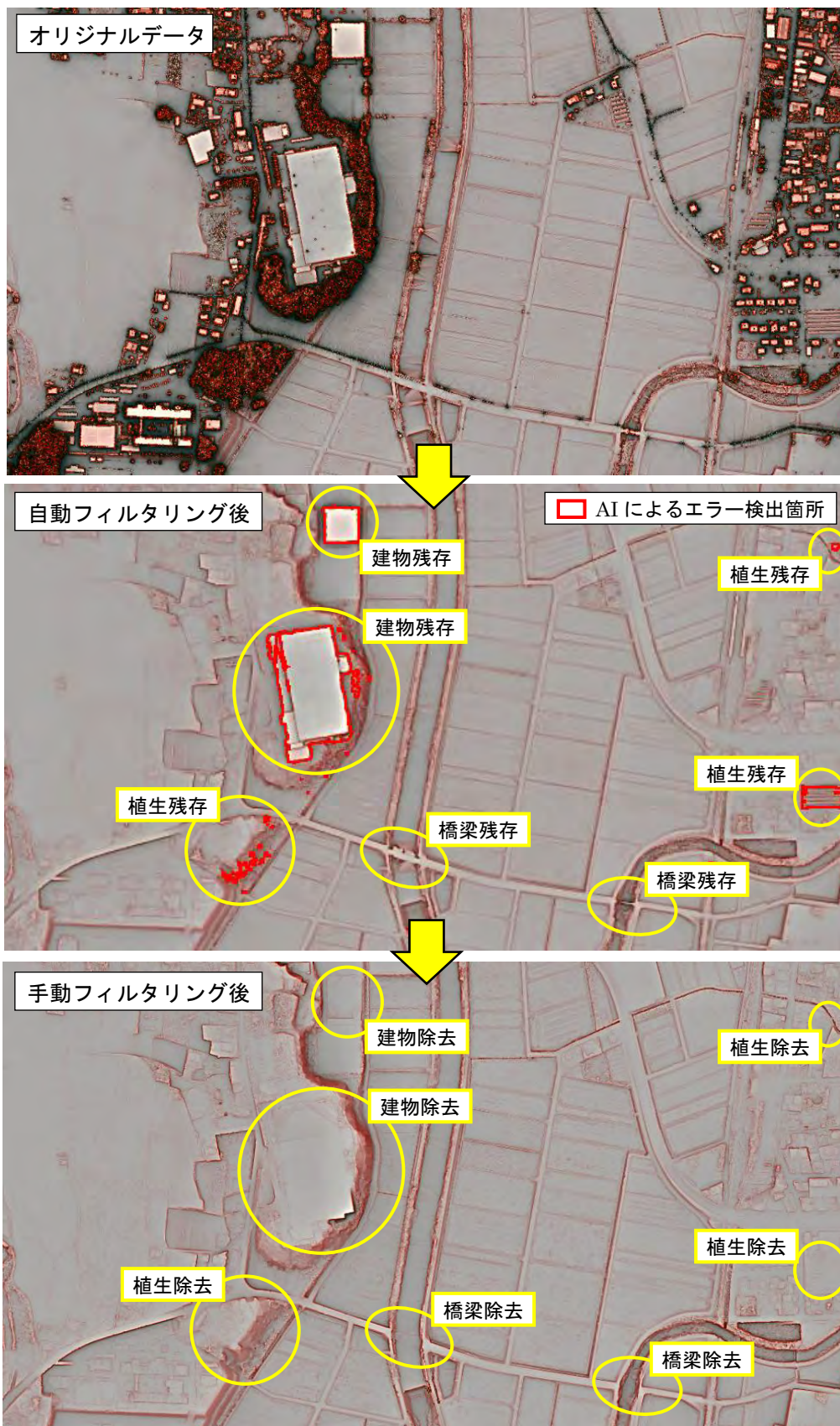


図 2-30 赤色立体地図を用いたフィルタリング処理の流れ

2.9 グリッドデータ作成

グラウンドデータから TIN (Triangulated Irregular Network) による内挿計算を実施し、0.5m メッシュのグリッドデータを作成した。ファイル形式は、XYZ 値をカンマ区切りで記録した TXT 形式とした。ファイル単位は、2,500 国土基本図図郭 (2.0km×1.5km) 及び 1,250 国土基本図図郭 (1.0km×0.75km) 毎に作成した。

グリッドデータ作成の概念図を図 2-31 に示す。

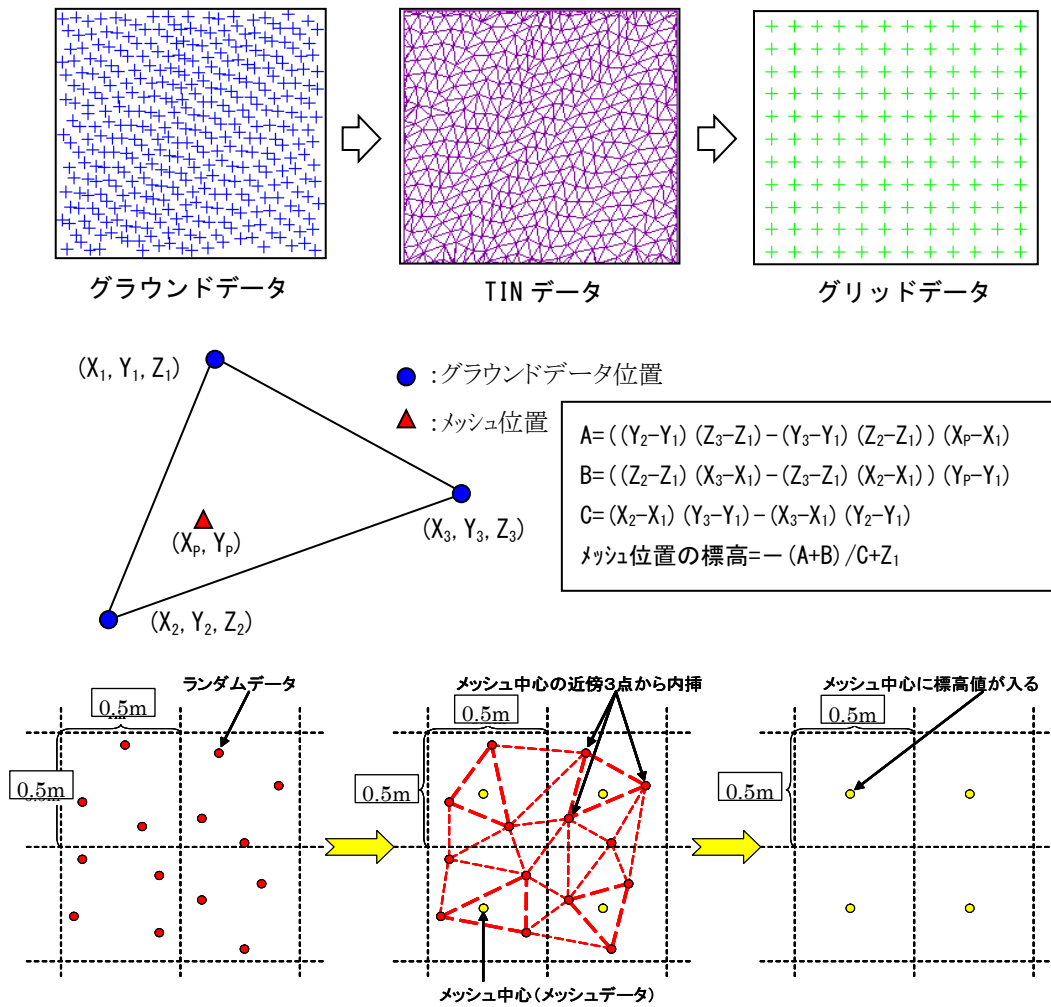


図 2-31 グリッドデータ作成の概念図

2.10 等高線データの作成

グリッドデータを用いて、主曲線 1 m、計曲線 5 m の等高線データを作成した。
作成した等高線データの例を図 2-32 に示す。

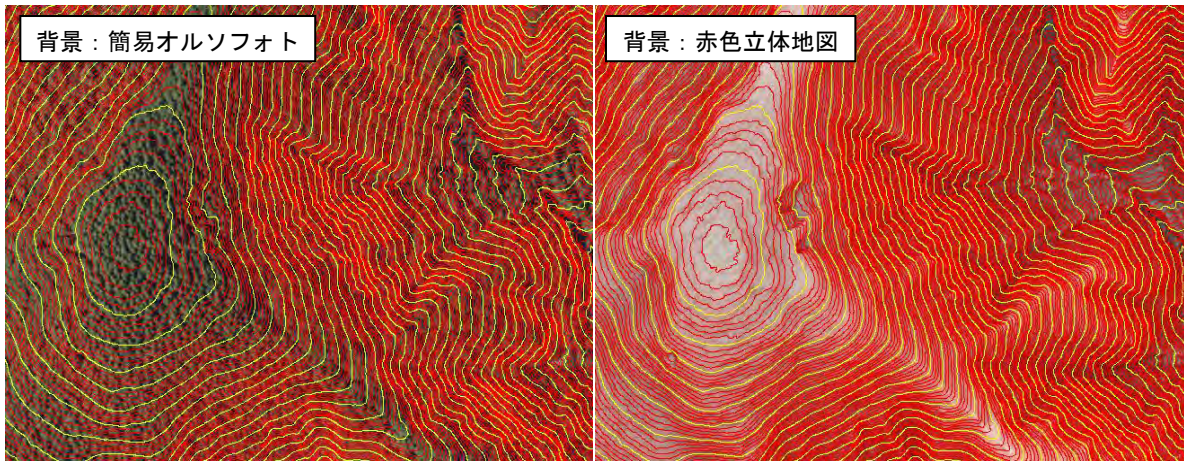


図 2-32 等高線データの例

2.11 成果データファイルの作成

作成した各種データを所定のフォーマットに変換し、成果データファイルを整備した。また、地形解析業務で使用した測量区域外を含むグリッドデータについては、測量区域内を手動フィルタリング、測量区域外を自動フィルタリングのみ実施した状態として測量区域外も含め整備した（図 2-33）。

各フォーマットは以下のとおりである。

1) データ共通事項

水平原子	世界測地系の平面直角座標第IX系（JGD2024/XY9）
垂直原子	東京湾平均海面を基準とする海拔標高
ファイル単位	国土基本図図郭 2500 及び 1250 レベル
ファイル名	ファイル名の****には、国土基本図図郭名が入る
x、y 座標軸	測地座標軸ではなく数学（幾何）座標軸

2) オリジナルデータ

データ形式	CSV形式（半角英数字テキスト）
データ書式	id,x,y,z,p（idはファイル内でユニークな一連番号 pはパルス識別番号）
x、y	計測点座標値（m単位で小数点以下第2位まで）
Z	計測点標高値（m単位で小数点以下第2位まで）
ファイル名	****_org.txt

3) グラウンドデータ

データ形式	CSV形式（半角英数字テキスト）
データ書式	id,x,y,z（idはファイル内でユニークな一連番号）
x、y	計測点座標値（m単位で小数点以下第2位まで）
z	計測点標高値（m単位で小数点以下第2位まで）
ファイル名	****_grd.txt

4) グリッドデータ (CSV形式)

データ形式	CSV形式 (半角英数字テキスト)
データ書式	id,x,y,z,A (idはファイル内でユニークな一連番号、 Aは地表面属性値)
x、y	メッシュ中心点座標値 (m単位で小数点以下第2位まで)
z	メッシュ中心点標高値 (m単位で小数点以下第2位まで)
A	グリッド内にグラウンドデータが存在する場合：1 グリッド内にグラウンドデータが存在しない場合：0 グリッドが水域に含まれる場合：-9999
ファイル名	0.5グリッドデータ：****_0.5g.txt

5) グリッドデータ (メッシュ形式)

データ形式	ヘッダ (CSV形式、拡張子：CSV) データ (テキスト形式、拡張子：LEM)																																																																												
データ書式 「ヘッダ」	<p><ヘッダのフォーマット></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>データ形式</th> <th>内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>測量年</td> <td>整数</td> <td>西暦</td> </tr> <tr> <td>修正年</td> <td>整数</td> <td>西暦</td> </tr> <tr> <td>東西方向の点数</td> <td>整数</td> <td>東西方向のデータ点数</td> </tr> <tr> <td>南北方向の点数</td> <td>整数</td> <td>南北方向のデータ点数</td> </tr> <tr> <td>東西方向のデータ間隔</td> <td>整数</td> <td>m単位</td> </tr> <tr> <td>南北方向のデータ間隔</td> <td>整数</td> <td>m単位</td> </tr> <tr> <td>区画左下の緯度</td> <td>小数点以下第3位まで</td> <td>DDD</td> </tr> <tr> <td>区画左下の経度</td> <td>小数点以下第3位まで</td> <td>DDMMSS.SSS</td> </tr> <tr> <td>区画右下の緯度</td> <td>小数点以下第3位まで</td> <td>DDMMSS.SSS</td> </tr> <tr> <td>区画右下の経度</td> <td>小数点以下第3位まで</td> <td>DDMMSS.SSS</td> </tr> <tr> <td>区画右上の緯度</td> <td>小数点以下第3位まで</td> <td>DDMMSS.SSS</td> </tr> <tr> <td>区画右上の経度</td> <td>小数点以下第3位まで</td> <td>DDMMSS.SSS</td> </tr> <tr> <td>区画左上の緯度</td> <td>小数点以下第3位まで</td> <td>DDMMSS.S</td> </tr> <tr> <td>区画左上の経度</td> <td>小数点以下第3位まで</td> <td>DDMMSS.SSS</td> </tr> <tr> <td>図名</td> <td>テキスト</td> <td>2千5百分1国土基本図図郭の4分1図郭名</td> </tr> <tr> <td>記録レコード数</td> <td>整数</td> <td>データファイルに記録されているレコード数</td> </tr> <tr> <td>座標系番号</td> <td>整数</td> <td>平面直角座標系の番号</td> </tr> <tr> <td>区画左下X座標</td> <td>整数</td> <td>平面直角座標 (cm単位)</td> </tr> <tr> <td>区画左下Y座標</td> <td>整数</td> <td>平面直角座標 (cm単位)</td> </tr> <tr> <td>区画右上X座標</td> <td>整数</td> <td>平面直角座標 (cm単位)</td> </tr> <tr> <td>区画右上Y座標</td> <td>整数</td> <td>平面直角座標 (cm単位)</td> </tr> <tr> <td>コメント</td> <td>テキスト</td> <td>利用の際に参考となる情報を記録</td> </tr> <tr> <td>レコード1のフラグ</td> <td>整数</td> <td rowspan="3">当該レコードが記述されている場合「1」、 記述されていない場合「0」</td> </tr> <tr> <td>：</td> <td></td> </tr> <tr> <td>最終レコードのフラグ</td> <td>整数</td> </tr> </tbody> </table> <p>経緯度数値の表示は、45度35分0秒123は「453500.123」、135度0分0秒25は「1350000.250」となる。</p>	項目	データ形式	内容	測量年	整数	西暦	修正年	整数	西暦	東西方向の点数	整数	東西方向のデータ点数	南北方向の点数	整数	南北方向のデータ点数	東西方向のデータ間隔	整数	m単位	南北方向のデータ間隔	整数	m単位	区画左下の緯度	小数点以下第3位まで	DDD	区画左下の経度	小数点以下第3位まで	DDMMSS.SSS	区画右下の緯度	小数点以下第3位まで	DDMMSS.SSS	区画右下の経度	小数点以下第3位まで	DDMMSS.SSS	区画右上の緯度	小数点以下第3位まで	DDMMSS.SSS	区画右上の経度	小数点以下第3位まで	DDMMSS.SSS	区画左上の緯度	小数点以下第3位まで	DDMMSS.S	区画左上の経度	小数点以下第3位まで	DDMMSS.SSS	図名	テキスト	2千5百分1国土基本図図郭の4分1図郭名	記録レコード数	整数	データファイルに記録されているレコード数	座標系番号	整数	平面直角座標系の番号	区画左下X座標	整数	平面直角座標 (cm単位)	区画左下Y座標	整数	平面直角座標 (cm単位)	区画右上X座標	整数	平面直角座標 (cm単位)	区画右上Y座標	整数	平面直角座標 (cm単位)	コメント	テキスト	利用の際に参考となる情報を記録	レコード1のフラグ	整数	当該レコードが記述されている場合「1」、 記述されていない場合「0」	：		最終レコードのフラグ	整数
項目	データ形式	内容																																																																											
測量年	整数	西暦																																																																											
修正年	整数	西暦																																																																											
東西方向の点数	整数	東西方向のデータ点数																																																																											
南北方向の点数	整数	南北方向のデータ点数																																																																											
東西方向のデータ間隔	整数	m単位																																																																											
南北方向のデータ間隔	整数	m単位																																																																											
区画左下の緯度	小数点以下第3位まで	DDD																																																																											
区画左下の経度	小数点以下第3位まで	DDMMSS.SSS																																																																											
区画右下の緯度	小数点以下第3位まで	DDMMSS.SSS																																																																											
区画右下の経度	小数点以下第3位まで	DDMMSS.SSS																																																																											
区画右上の緯度	小数点以下第3位まで	DDMMSS.SSS																																																																											
区画右上の経度	小数点以下第3位まで	DDMMSS.SSS																																																																											
区画左上の緯度	小数点以下第3位まで	DDMMSS.S																																																																											
区画左上の経度	小数点以下第3位まで	DDMMSS.SSS																																																																											
図名	テキスト	2千5百分1国土基本図図郭の4分1図郭名																																																																											
記録レコード数	整数	データファイルに記録されているレコード数																																																																											
座標系番号	整数	平面直角座標系の番号																																																																											
区画左下X座標	整数	平面直角座標 (cm単位)																																																																											
区画左下Y座標	整数	平面直角座標 (cm単位)																																																																											
区画右上X座標	整数	平面直角座標 (cm単位)																																																																											
区画右上Y座標	整数	平面直角座標 (cm単位)																																																																											
コメント	テキスト	利用の際に参考となる情報を記録																																																																											
レコード1のフラグ	整数	当該レコードが記述されている場合「1」、 記述されていない場合「0」																																																																											
：																																																																													
最終レコードのフラグ	整数																																																																												

6) 写真地図データ (簡易オルソフォト)

地上解像度	GSD=0.20m												
データ書式	24bit フルカラー非圧縮 GeoTiff 形式												
位置情報ファイル	ワールドファイル形式 (図郭原点位置は画素中心) <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>0.20</td> <td>:ピクセルの x 方向の長さ(x スケール)</td> </tr> <tr> <td>0.00</td> <td>:行の回転角度</td> </tr> <tr> <td>0.00</td> <td>:列の回転角度</td> </tr> <tr> <td>-0.20</td> <td>:ピクセルの y 方向の長さ(y スケール)</td> </tr> <tr> <td>-1999.900</td> <td>:左上ピクセル中心部の x 座標</td> </tr> <tr> <td>-45000.100</td> <td>:左上ピクセル中心部の y 座標</td> </tr> </table>	0.20	:ピクセルの x 方向の長さ(x スケール)	0.00	:行の回転角度	0.00	:列の回転角度	-0.20	:ピクセルの y 方向の長さ(y スケール)	-1999.900	:左上ピクセル中心部の x 座標	-45000.100	:左上ピクセル中心部の y 座標
0.20	:ピクセルの x 方向の長さ(x スケール)												
0.00	:行の回転角度												
0.00	:列の回転角度												
-0.20	:ピクセルの y 方向の長さ(y スケール)												
-1999.900	:左上ピクセル中心部の x 座標												
-45000.100	:左上ピクセル中心部の y 座標												
ファイル名	****.tif、****.tfw												
その他	図郭内画像空白部は白色とする												

7) 水部ポリゴンデータ

データ形式	ポリゴンの座標を列記した CSV 形式																										
データ書式	<table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>id1, x1, y1</td> <td>x1, y1 : ラベル (id) の位置。ポリゴン内の任意の位置</td> </tr> <tr> <td>x1, y1</td> <td>ポリゴンの始点座標値</td> </tr> <tr> <td>:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>xn, yn</td> <td></td> </tr> <tr> <td>x1, y1</td> <td>ポリゴンの終点座標値 (始点と一致)</td> </tr> <tr> <td>end</td> <td>ポリゴン終了フラグ</td> </tr> <tr> <td>id2, x1, y1</td> <td>x1, y1 : ラベル (id) の位置。ポリゴン内の任意の位置</td> </tr> <tr> <td>x2, y2</td> <td>ポリゴンの始点</td> </tr> <tr> <td>:</td> <td></td> </tr> <tr> <td>xn, yn</td> <td></td> </tr> <tr> <td>x2, y2</td> <td>ポリゴンの終点座標値 (始点と一致)</td> </tr> <tr> <td>end</td> <td>ポリゴン終了フラグ</td> </tr> <tr> <td>end</td> <td>ファイル終了フラグ</td> </tr> </table> <p>島 (穴) があるポリゴンでは、当該ポリゴンのラベル位置は、当該ポリゴン内の島 (穴) ポリゴン内を除いた任意の場所とし、島 (穴) ポリゴンのラベル位置は島 (穴) ポリゴン内の任意の場所とする。ポリゴンデータと島 (穴) ポリゴンのデータの順番は、連続しなくても良い。</p>	id1, x1, y1	x1, y1 : ラベル (id) の位置。ポリゴン内の任意の位置	x1, y1	ポリゴンの始点座標値	:		xn, yn		x1, y1	ポリゴンの終点座標値 (始点と一致)	end	ポリゴン終了フラグ	id2, x1, y1	x1, y1 : ラベル (id) の位置。ポリゴン内の任意の位置	x2, y2	ポリゴンの始点	:		xn, yn		x2, y2	ポリゴンの終点座標値 (始点と一致)	end	ポリゴン終了フラグ	end	ファイル終了フラグ
id1, x1, y1	x1, y1 : ラベル (id) の位置。ポリゴン内の任意の位置																										
x1, y1	ポリゴンの始点座標値																										
:																											
xn, yn																											
x1, y1	ポリゴンの終点座標値 (始点と一致)																										
end	ポリゴン終了フラグ																										
id2, x1, y1	x1, y1 : ラベル (id) の位置。ポリゴン内の任意の位置																										
x2, y2	ポリゴンの始点																										
:																											
xn, yn																											
x2, y2	ポリゴンの終点座標値 (始点と一致)																										
end	ポリゴン終了フラグ																										
end	ファイル終了フラグ																										
id	ユニークな一連番号																										
x,y	ポリゴンを構成する座標値 (m 単位で小数点以下第 2 位まで)																										
ファイル名	****_plg.txt																										

8) 低密度ポリゴンデータ

データ形式	DXF 形式				
データ書式	<p><データのフォーマット></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>データ形式</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>低密度ポリゴン</td> <td>ポリゴン</td> </tr> </tbody> </table> <p>グラウンドデータが存在しない範囲データ。大きさ 10m×10mの格子単位において、グラウンドデータ(ランダム点群データ)の低密度区域をエリア化したポリゴンデータ。</p>	項目	データ形式	低密度ポリゴン	ポリゴン
項目	データ形式				
低密度ポリゴン	ポリゴン				
ファイル名	Teimitsudo. dxf				

9) 格納データリスト

データ形式	ファイル名（国土基本図名）を列記したテキスト形式
データ書式	<p>例)</p> <p>09he443</p> <p>09he444</p> <p>09je363</p> <p>09je364</p>
ファイル名	file_itiran.txt

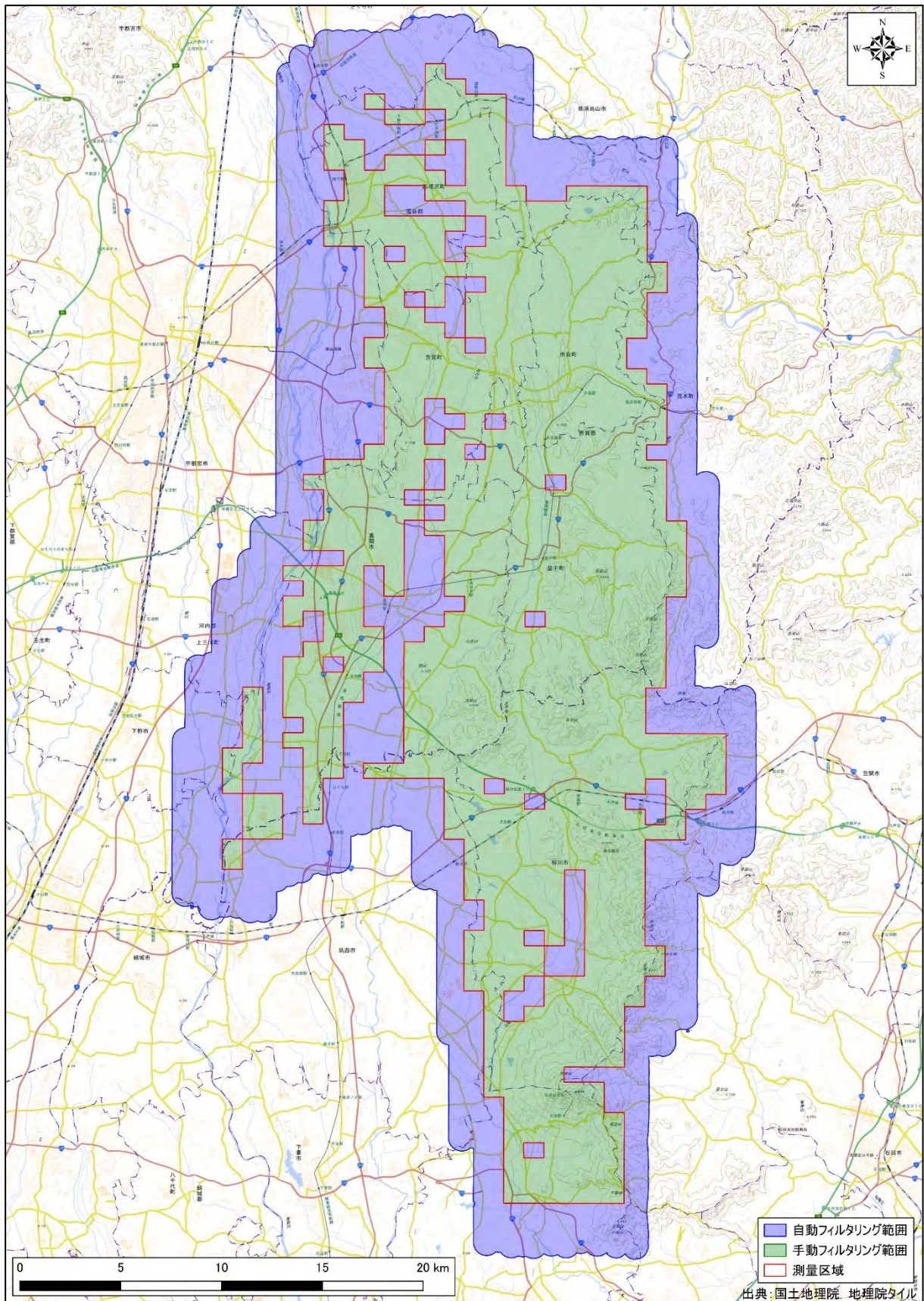


図 2-33 地形解析業務用グリッドデータのフィルタリング状況

2.12 検定

成果品については、第三者機関の検定を受け、同機関の発行する検定証明書及び測量成果品検定記録書（品質管理図を含む）を成果品に添付して納入した。本業務では第三者機関として一般財団法人日本地図センターを選定し、検定数量は以下のとおりとした。

測定の種類	検定数量	摘要
フィルタリング点検図の目視点検 (0.5mグリッドデータ、1/500)	12.45 km ²	測量区域 (622.5km ²) の2%
グリッドデータの論理点検 (0.5mグリッドデータ)	12.45 km ²	測量区域 (622.5km ²) の2%

2.12.1 検定内容

(1) フィルタリング点検図の目視点検

フィルタリング点検図の目視点検については、グラウンドデータ作成においてフィルタリング処理が適切に行われていることを検査するため、社内検査を受けたフィルタリング点検図（A0判）を検定機関に提出して目視点検を受けた。

目視点検にあたっては、「写真地図データ及び等高線データの重ね合わせ図（コンター図）」及び「写真地図データ、オリジナルデータ及び水部ポリゴンの重ね合わせ図（フットプリント図）」の2種類を1セットとしたフィルタリング点検図（図 2-34）を作成した。

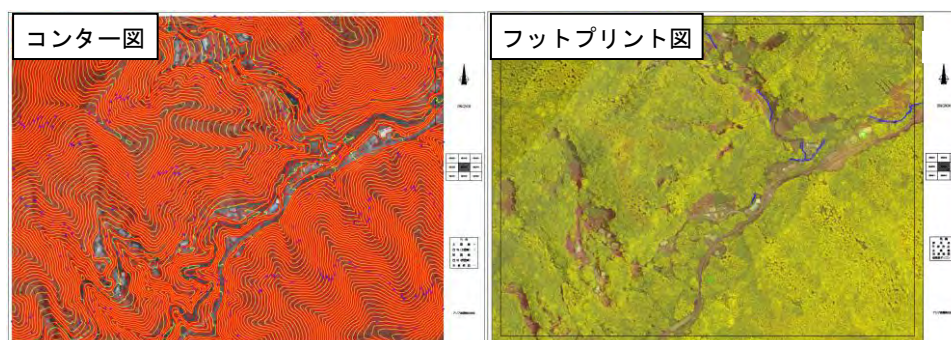


図 2-34 フィルタリング点検図の例

(2) グリッドデータの論理点検

フィルタリング点検図の目視点検で指摘があった箇所のデータの確認及び修正を行ったのち、数値地形図データファイルを作成した。グリッドデータの論理点検については、数値地形図データファイルを検定機関に提出し、ファイルフォーマット及びデータ仕様についての論理点検を受けた。

(3) 検定図郭の選定

検定図郭は以下の方針で選定した。

1. 対象範囲よりバランスよく配置すること
2. 建物・樹木等のフィルタリング対象物が含まれること

検定図郭一覧を表 2-12 に、検定図郭位置図を図 2-35 に示す。

表 2-12 検定図郭一覧

No	図郭名	面積 (km ²)	No	図郭名	面積 (km ²)	No	図郭名	面積 (km ²)	No	図郭名	面積 (km ²)
1	09HE5369	0.120	27	09HE9622	0.120	53	09IE3313	0.120	79	09IE7178	0.120
2	09HE5414	0.120	28	09HE9693	0.120	54	09IE3392	0.120	80	09IE7208	0.120
3	09HE5550	0.120	29	09IE0379	0.120	55	09IE3427	0.120	81	09IE7212	0.120
4	09HE6322	0.120	30	09IE0496	0.120	56	09IE3496	0.120	82	09IE7427	0.120
5	09HE6394	0.120	31	09IE0518	0.120	57	09IE3525	0.120	83	09IE7524	0.120
6	09HE6440	0.120	32	09IE0523	0.120	58	09IE3685	0.120	84	09IE7595	0.120
7	09HE6449	0.120	33	09IE0592	0.120	59	09IE3722	0.120	85	09IE7601	0.120
8	09HE7351	0.120	34	09IE0608	0.120	60	09IE4297	0.120	86	09IE7627	0.120
9	09HE7357	0.120	35	09IE0680	0.120	61	09IE4355	0.120	87	09IE7672	0.120
10	09HE7443	0.120	36	09IE0689	0.120	62	09IE4441	0.120	88	09IE8429	0.120
11	09HE7533	0.120	37	09IE1341	0.120	63	09IE4551	0.120	89	09IE8577	0.120
12	09HE7617	0.120	38	09IE1450	0.120	64	09IE4651	0.120	90	09IE8646	0.120
13	09HE7620	0.120	39	09IE1476	0.120	65	09IE4770	0.120	91	09IE9489	0.120
14	09HE8346	0.120	40	09IE1575	0.120	66	09IE5241	0.120	92	09IE9501	0.120
15	09HE8409	0.120	41	09IE1633	0.120	67	09IE5380	0.120	93	09IE9555	0.120
16	09HE8433	0.120	42	09IE1750	0.120	68	09IE5422	0.120	94	09IE9648	0.120
17	09HE8489	0.120	43	09IE2259	0.120	69	09IE5429	0.120	95	09JE0567	0.120
18	09HE8535	0.120	44	09IE2315	0.120	70	09IE5526	0.120	96	09JE0613	0.120
19	09HE8608	0.120	45	09IE2388	0.120	71	09IE5623	0.120	97	09JE0695	0.120
20	09HE8622	0.120	46	09IE2457	0.120	72	09IE6138	0.120	98	09JE1532	0.120
21	09HE8697	0.120	47	09IE2555	0.120	73	09IE6336	0.120	99	09JE1589	0.120
22	09HE9356	0.120	48	09IE2605	0.120	74	09IE6412	0.120	100	09JE2524	0.120
23	09HE9422	0.120	49	09IE2695	0.120	75	09IE6501	0.120	101	09JE2625	0.120
24	09HE9494	0.120	50	09IE2752	0.120	76	09IE6600	0.120	102	09JE2670	0.120
25	09HE9536	0.120	51	09IE3216	0.120	77	09IE6618	0.120	103	09JE3524	0.120
26	09HE9561	0.120	52	09IE3286	0.120	78	09IE6707	0.120	104	09JE3625	0.120
合計 12.48 km ² > 12.45 km ²											

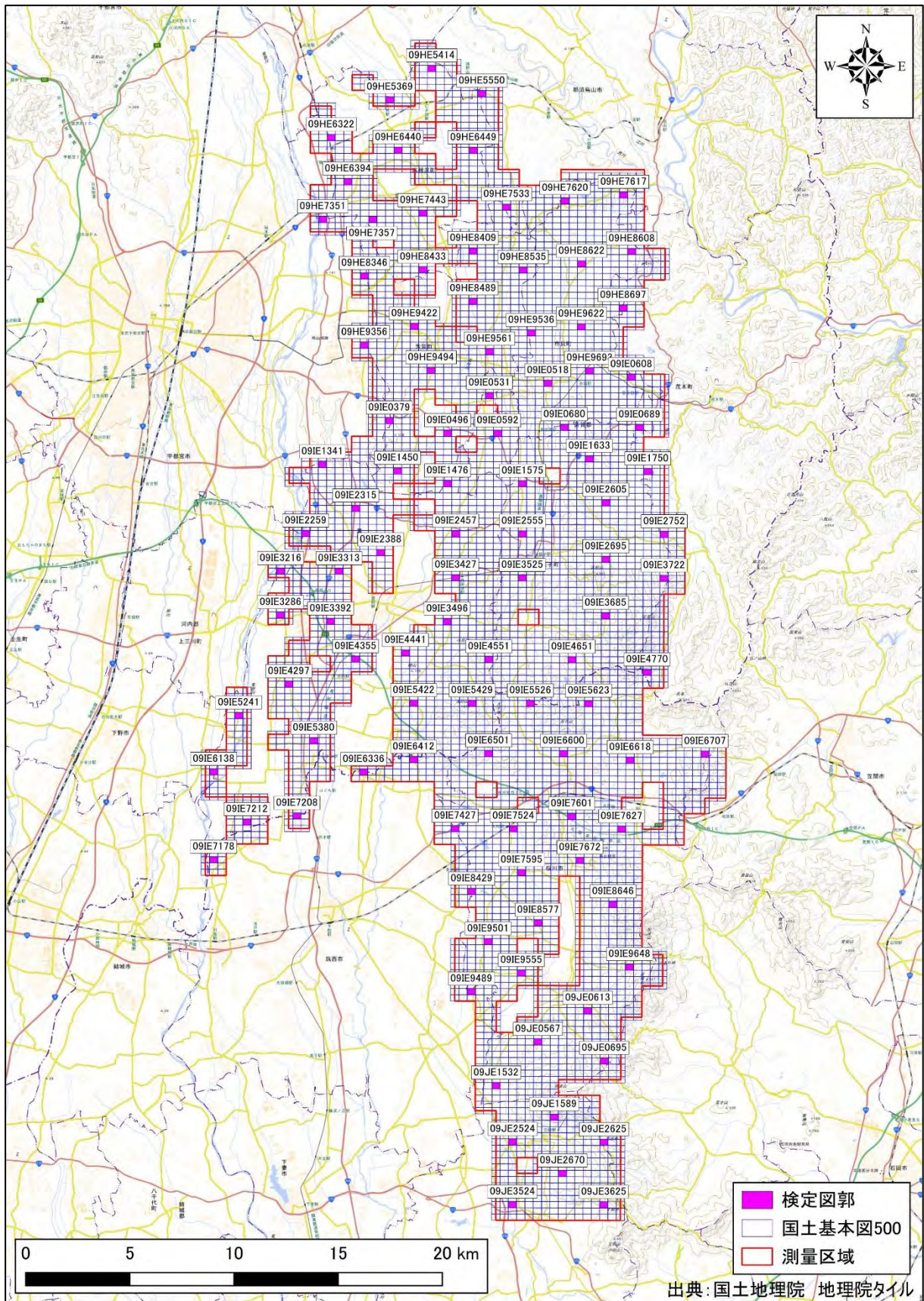


図 2-35 検定図郭位置図

2.12.2 検定結果

フィルタリング点検図の目視点検について、等高線と水部ポリゴンの形状に一部指摘があった。等高線についてはフィルタリング処理の内容に問題がないこと確認し、水部ポリゴンについては適切に形状の修正を行った。なお、水部ポリゴンについては同様の不具合はないか業務対象範囲全域で見直しを行い、問題がないことを確認した。また、グリッドデータの論理点検についても指摘事項はなく、データ品質が良好であることが証明された。

検定証明書を図 2-36 に、成果品検定記録書を図 2-37 に、データファイル検定記録書を図 2-38 に示す。

検 定 証 明 書				
		日地セ検定 第372号 令和 8年 2月27日		
アジア航測株式会社 代表取締役 島山 仁 殿		東京都目黒区青葉台4丁目9番6号 一般財団法人日本地図センター 理 事 長 稲葉 和雄		
下記の測量成果及び記録（資料）は、測量成果品検定要領に基づいて検定をした結果、別紙検定記録書に記載のとおり、適合していることを証明する。				
記				
測量作業名	令和6年度飛散予測の高度化に向けた航空レーザ計測・解析委託事業（栃木県東部）			
地 区 名	栃木県真岡市、益子町、市貝町、芳賀町及び高根沢町並びに茨城県桜川市、筑西市、つくば市、石岡市及び笠間市の2県6市4町			
測量種別	航空レーザ測量			
測量作業規程等	林野庁測定規程			
作 業 量	目視点検	レベル500	0.5mグリッドデータ	12.48 km ²
	論理点検	レベル500	0.5mグリッドデータ	12.48 km ²

図 2-36 検定証明書

令和6年度飛散予測の高度化に向けた航空レーザ計測・解析委託事業(栃木県東部) 成果品検定記録書

一般財団法人 日本地図センター

測量作業名	令和6年度飛散予測の高度化に向けた航空レーザ計測・解析委託事業(栃木県東部)	測量計画機関	林野庁	技術管理者	測量士 S62-777号	藤本 和彦
地区名	栃木県真岡市、碓氷町、芳賀町及び高根町並びに茨城県取手市、筑西市、つくば市、石岡市及び笠間市の2区8市4町	測量作業機関	アジア航測株式会社	検定者	測量士 1120-86号	鶴野澤 茂
測量種別	航空レーザ測量	主任技術者	野口 英之	成果品受渡	受付 令和8年2月17日	引渡 令和8年2月24日
地図情報レベル	レベル500 0.5mグリッドデータ	作業班長	岩崎 真之将	検定期間	自 令和8年2月19日	至 令和8年2月20日
作業規程	林野庁測定規程	検定数量	12.65km ²	検定回数	1 区	

点検項目

点検項目	検定の基準	指摘事項	個数	所見	
フィルタリング処理	フィルタリング処理の適否	道交施設等	特になし	0	指摘事項等も比較的全体的な指摘であり、概ね良好。
		交通施設	特になし	0	
		移動体	特になし	0	
		建物等	特になし	0	
		建物及び付属施設等	特になし	0	
		小物体	特になし	0	
		水部等(水部に関する建造物)	特になし	0	
		植生	特になし	0	
その他	等高線形状要確認 1	1			
水部ポリゴンデータ	水部ポリゴンデータの適否	水部ポリゴン形状要確認 3、水部ポリゴン有無要確認 2	8		
簡易オルソ画像	簡易オルソ画像の適否	特になし	0		
採用データ	採用データの適否	特になし	0		
接合	区画間接合の適否	特になし	0		
その他		特になし	0		
目視点検地詳	上記指摘事項に関する処置を確認の結果「適」と認める。				

図 2-37 成果品検定記録書

令和6年度飛散予測の高度化に向けた航空レーザ計測・解析委託事業(栃木県東部) データファイル検定記録書

一般財団法人 日本地図センター

測量作業名	令和6年度飛散予測の高度化に向けた航空レーザ計測・解析委託事業(栃木県東部)	測量計画機関	林野庁	技術管理者	測量士 S62-777号	藤本 和彦
地区名	栃木県真岡市、碓氷町、芳賀町及び高根町並びに茨城県取手市、筑西市、つくば市、石岡市及び笠間市の2区8市4町	測量作業機関	アジア航測株式会社	検定者	測量士 1129-86号	鶴野澤 茂
測量種別	航空レーザ測量	主任技術者	野口 英之	成果品受渡	受付 令和8年2月25日	引渡 令和8年2月27日
地図情報レベル	レベル500 0.5mグリッドデータ	作業班長	岩崎 真之将	検定期間	自 令和8年2月25日	至 令和8年2月26日
作業規程	林野庁測定規程	検定数量	12.49km ²	検定回数	1 区	

点検項目	論理点検の内容	指摘事項	所見
オリジナルデータ	ID番号の重複	特になし	指摘事項なし、良好である。
	区画範囲外データ	特になし	
	数値の有効桁数の誤り	特になし	
ダウンロードデータ	ID番号の重複	特になし	
	区画範囲外データ	特になし	
	数値の有効桁数の誤り	特になし	
標準データ (CSV形式)	区名の誤り	特になし	
	データ順列の異常	特になし	
	区画範囲外データ	特になし	
	数値の有効桁数の誤り	特になし	
	水部ポリゴンとの不整合	特になし	
	異常値(警告)	特になし	
(2)水部ポリゴン	外形線の交差	特になし	
	ヘッダ記述情報の誤り	特になし	
標準データ (xlsx形式)	(1)ヘッダファイル	記述形式の誤り	特になし
	(2)データファイル	レコード数の誤り	特になし
		区画範囲外データ	特になし
		標準データ(CSV形式)との不整合	特になし
総 評	指摘事項なし「適」と認める。		

図 2-38 データファイル検定記録書

2.13 地区間検証

既往成果と標高値の整合性を確認するため地区間検証を実施した。「準則」第 561 条では、既存データとの整合について本業務のグラウンドデータと既往成果の重複区間を設定して、標高値の比較及び点検を行うものとされており、点検箇所については調整点及び地表遮蔽物の影響が少ないグラウンド、空き地、道路、公園等で平坦な箇所が対象とされている。

既往成果との地区間検証の結果、R3 年度業務との RMS 誤差は 0.05m、R4 年度業務との RMS 誤差は 0.01m、R5 年度業務との RMS 誤差は 0.02m であり規定値を満たしていることを確認した。

既往成果一覧を表 2-13 に、地区間検証可否判断の例を図 2-39 に、地区間検証結果を表 2-14 に、地区間検証箇所位置図を図 2-40 に示す。

既存データとの整合 「公共測量作業規程の準則」第 561 条 3 項三号	
準則規定	RMS 誤差 ±0.30m 未満
本業務	R3 年度業務比較 0.05m
	R4 年度業務比較 0.01m
	R5 年度業務比較 0.02m

表 2-13 既往成果一覧

業務名	略称
令和 3 年度航空レーザ計測及び森林資源解析業務委託	R3 年度業務
令和 4 年度（補正）航空レーザ計測及び森林資源解析業務委託	R4 年度業務
令和 5 年度（補正）航空レーザ計測及び森林資源解析業務委託	R5 年度業務

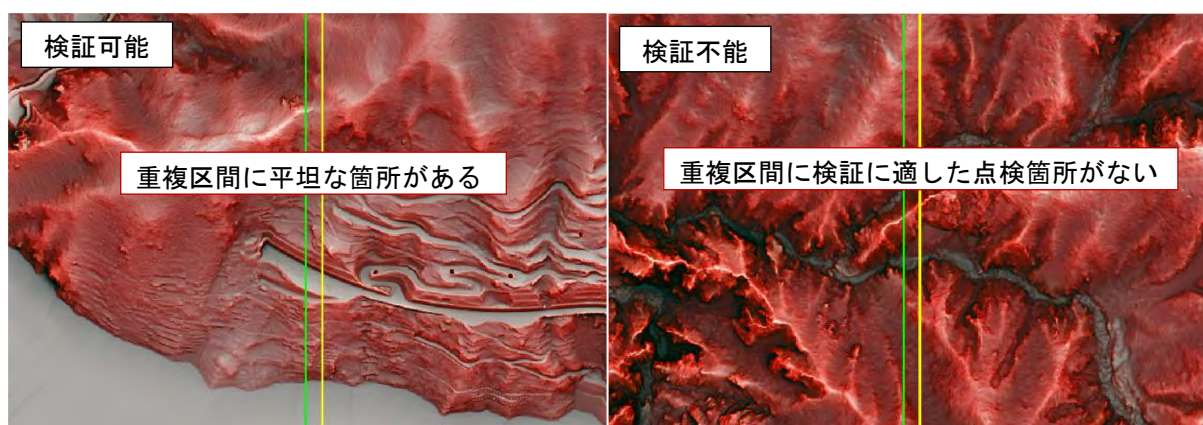


図 2-39 地区間検証の可否判断の例

表 2-14 地区間検証結果

既往成果	対象図郭数	較差の 平均値 (m)	RMS 誤差 (m)
R3 年度業務	14	0.05	0.05
R4 年度業務	15	0.01	0.01
R5 年度業務	25	0.02	0.02

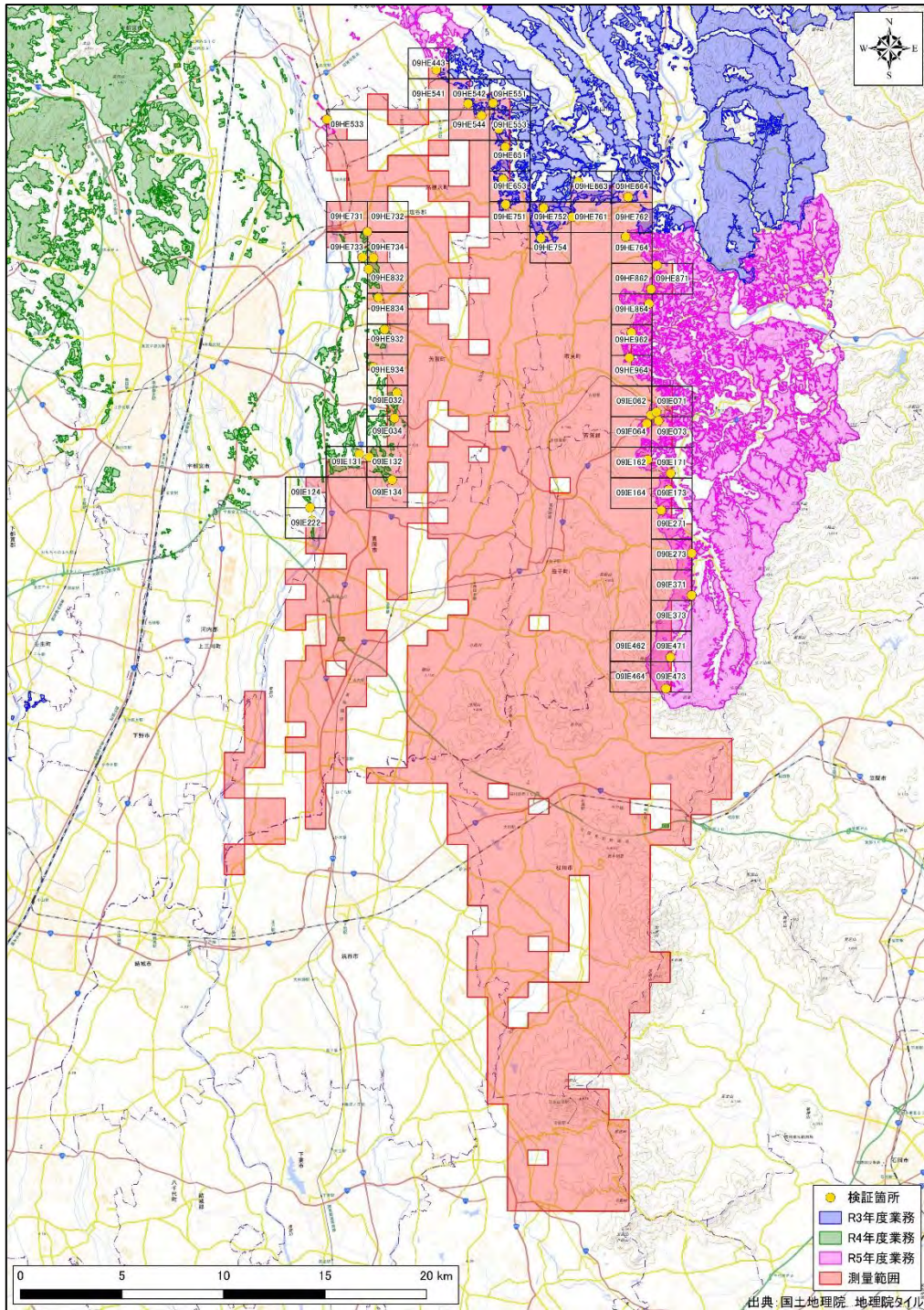


図 2-40 地区間検証位置図

2.14 精度管理

航空レーザ計測データが「準則」に定められた精度内に収まっていることを確認し、精度管理表としてまとめた。

精度検証結果を表 2-15 に示す。

表 2-15 精度検証結果

項目	規定値	精度検証結果
飛行コース間重複 「公共測量作業規程の準則」第 538 条 6	30%	<u>50%以上</u>
地上 GNSS 基準局の距離 「公共測量作業規程の準則」第 539 条 2	50km 以内	<u>最大 28.9km</u>
調整点の設置数 「公共測量作業規程の準則」第 547 条 2 二	[面積(km ² /25+1)] (最低 4 点)	<u>34 点</u>
受信衛星数 「公共測量作業規程の準則」第 37 条 2 二	GPS のみ 5 個以上 GPS+GLONASS 6 個以上	<u>9 個以上</u>
PDOP 数値 「公共測量作業規程の準則」第 546 条第 4 項	3 以下	<u>2.93 以下</u>
欠測率の規定値 「公共測量作業規程の準則」第 555 条 5	15%以下	<u>最大 6.08%</u>
コース間較差検証の規定値 「公共測量作業規程の準則」第 551 条 2 六	較差の平均値の絶対値 0.3m 未満	<u>0.04m 以下</u>
調整点による点検 「公共測量作業規程の準則」第 550 条 3 二	較差の平均値の絶対値、 RMS 偏差 0.25m 未満	<u>平均値 0.00m</u> <u>RMS 誤差 0.01m</u>
成果品の検定 「仕様書」第 10 条 2	2%実施	<u>2%実施</u>
既存データとの整合 「公共測量作業規程の準則」第 561 条 3 三	RMS 偏差 0.30m 未満	<u>R3 年度業務比較</u> <u>0.05m</u> <u>R4 年度業務比較</u> <u>0.01m</u> <u>R5 年度業務比較</u> <u>0.02m</u>
本業務は「公共測量作業規程の準則」に則った手順で作業及び精度管理を実施		

3. 地形解析業務

3.1 標高 DEM データの作成

本業務で取得したグリッドデータを基に、地上解像度 0.5m の標高 DEM データを GeoTIFF 形式で作成した。作成した標高 DEM データの全体図を図 3-1、図 3-2 に、市町村別の図を図 3-3～図 3-12 に示す。

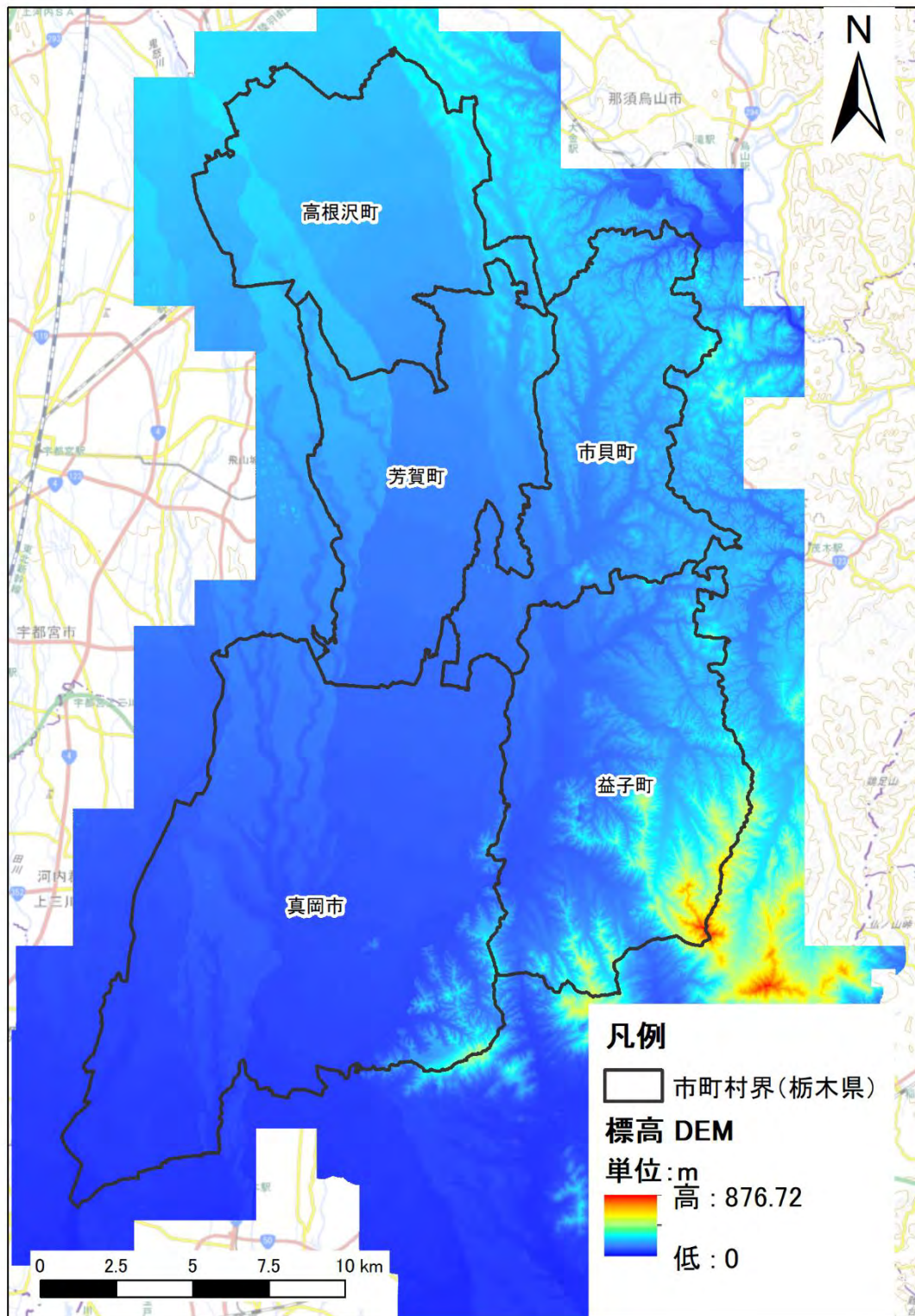


図 3-1 標高 DEM データ (栃木県)

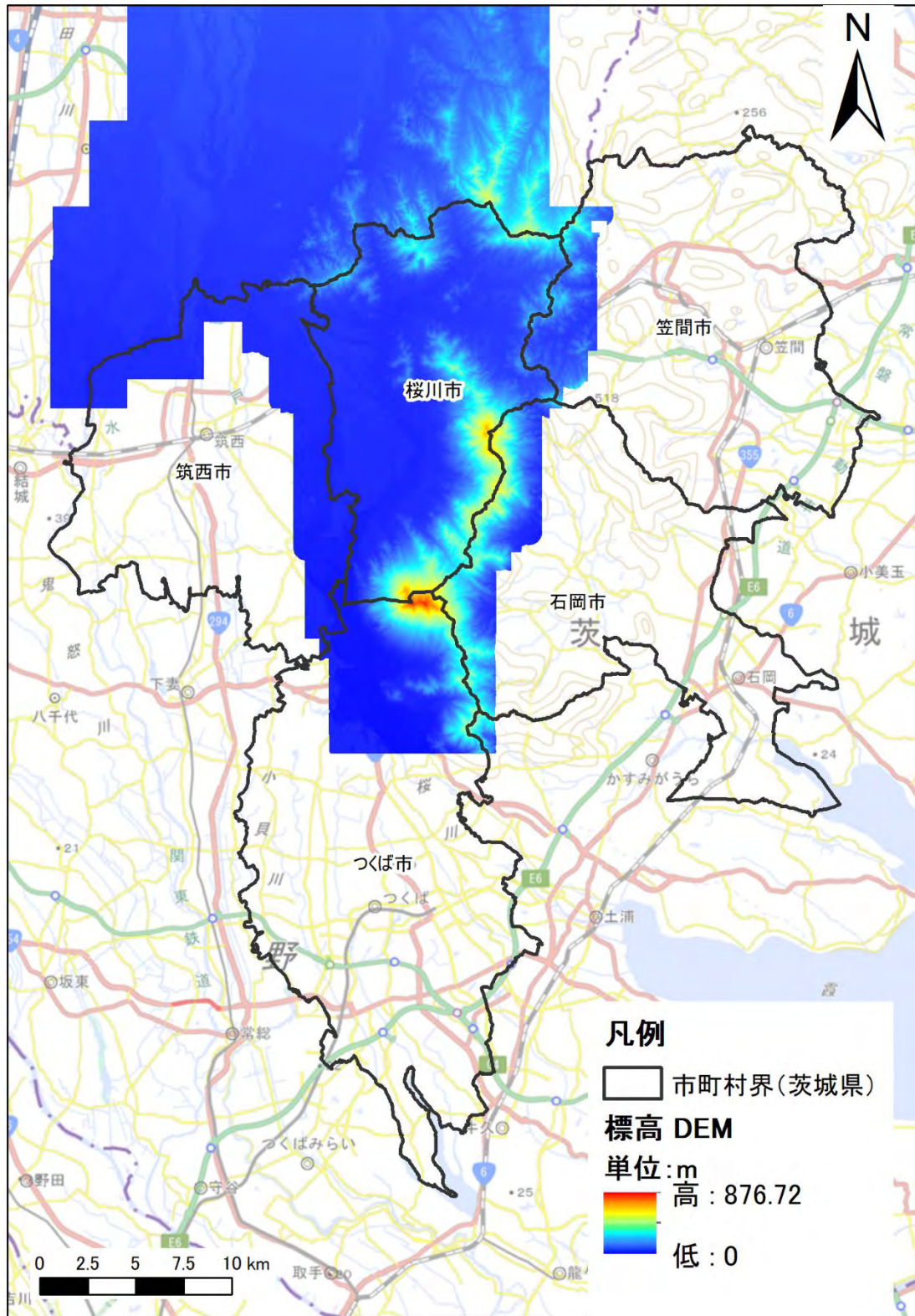


図 3-2 標高 DEM データ (茨城県)

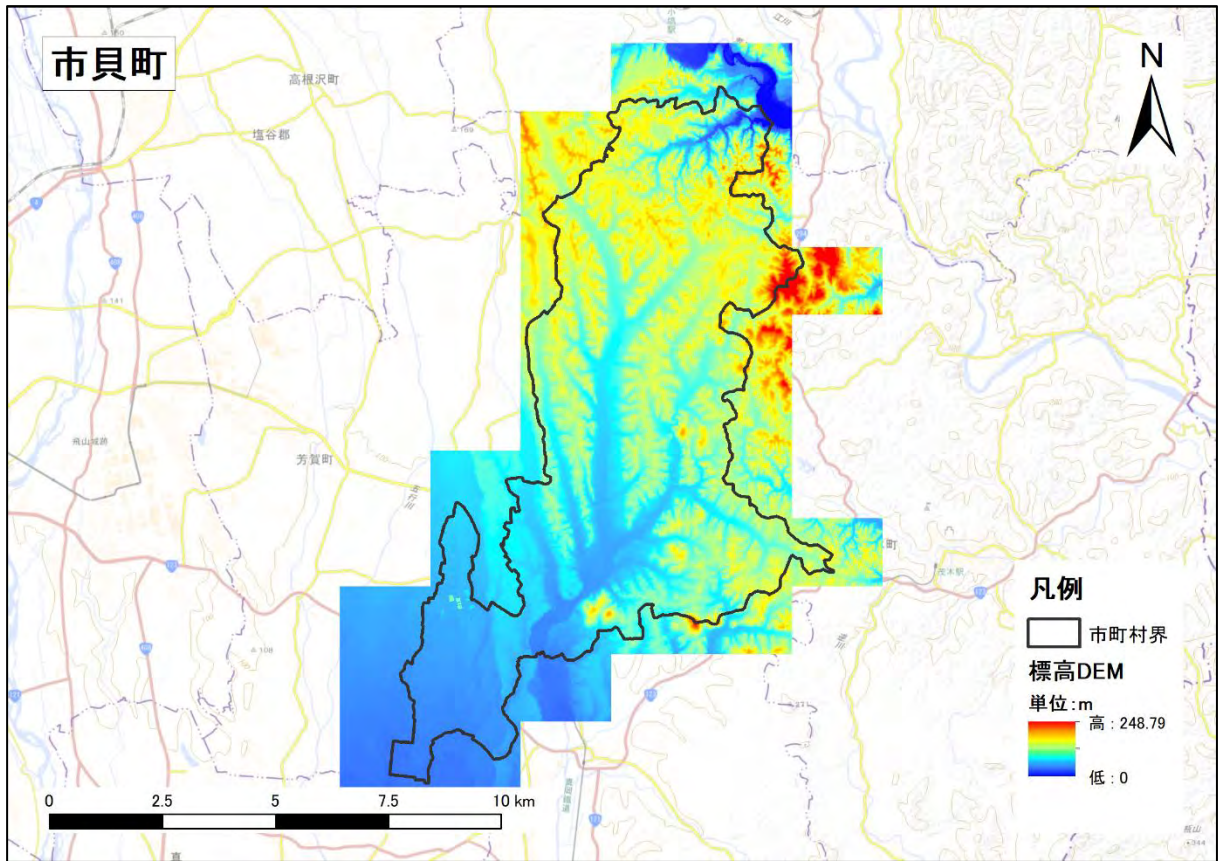


図 3-5 標高 DEM (市貝町)

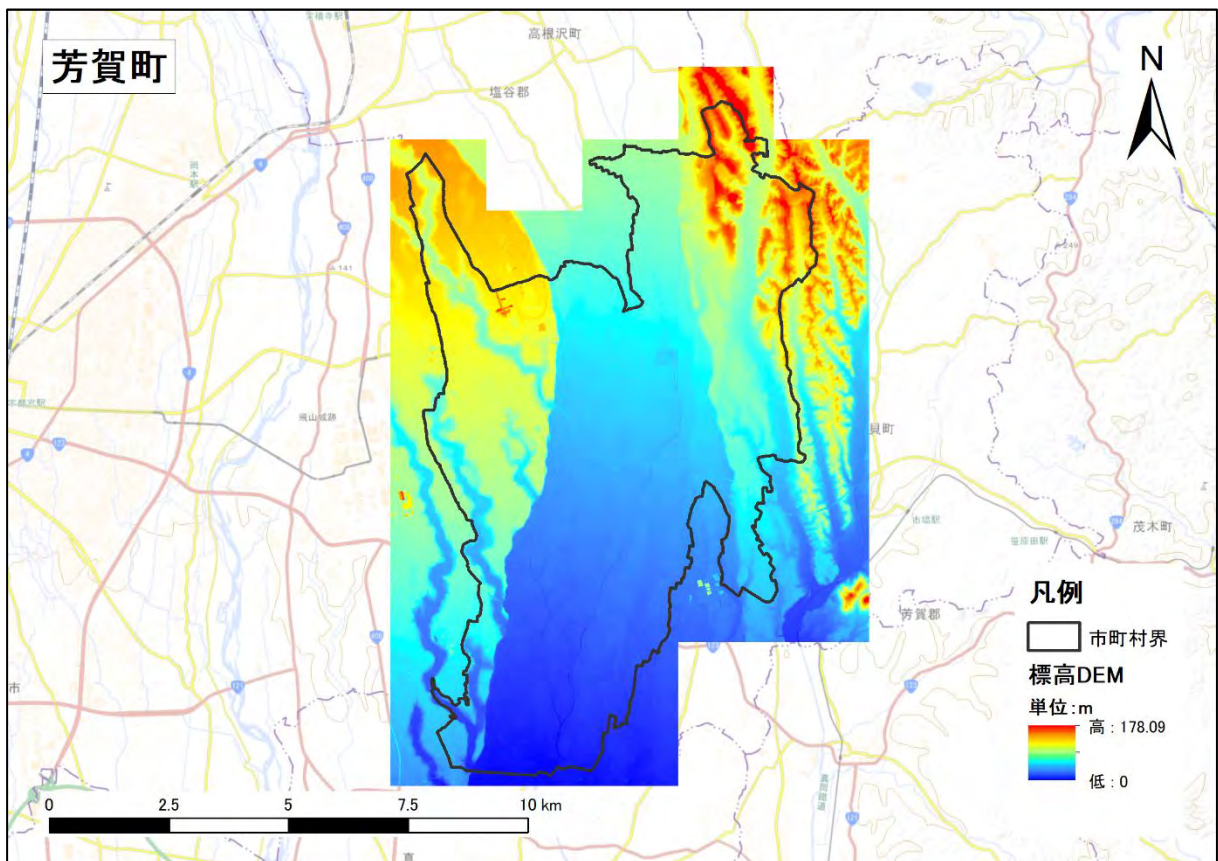


図 3-6 標高 DEM (芳賀町)

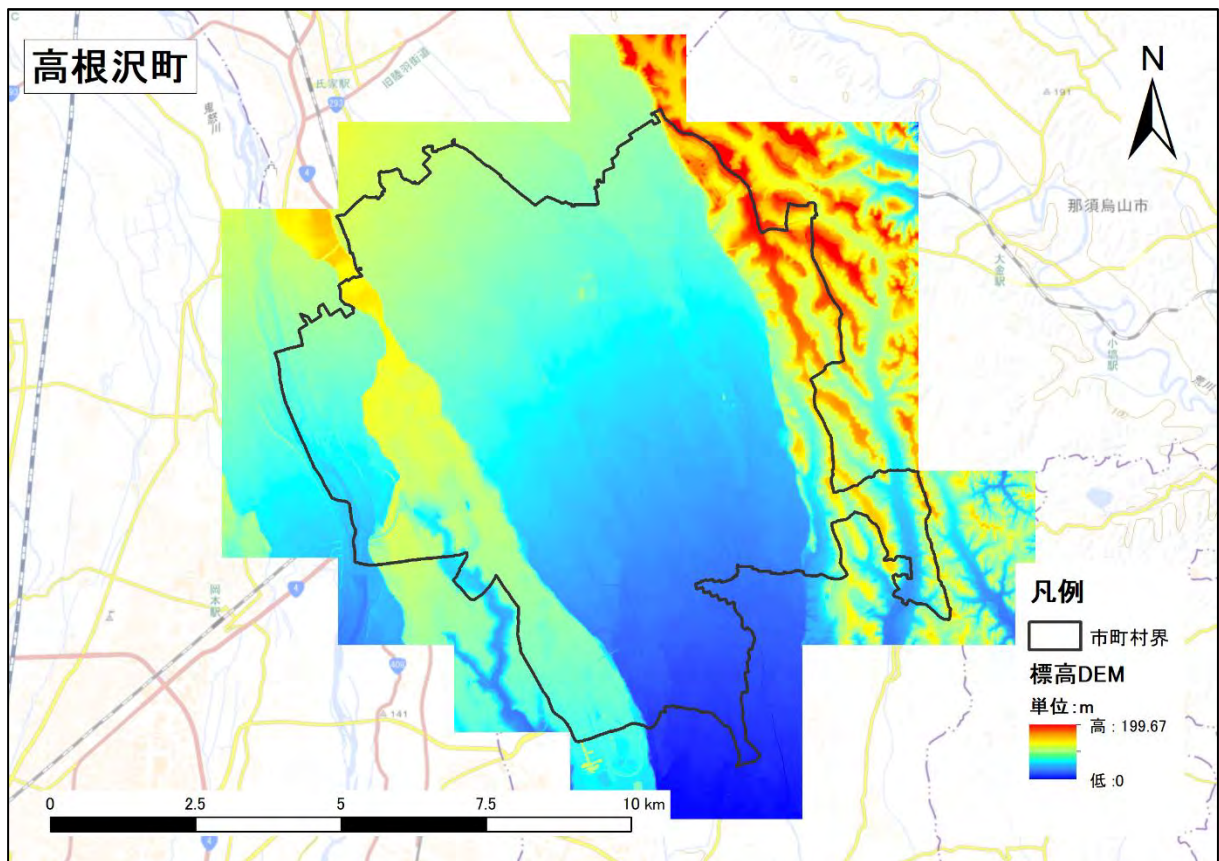


図 3-7 標高 DEM (高根沢町)

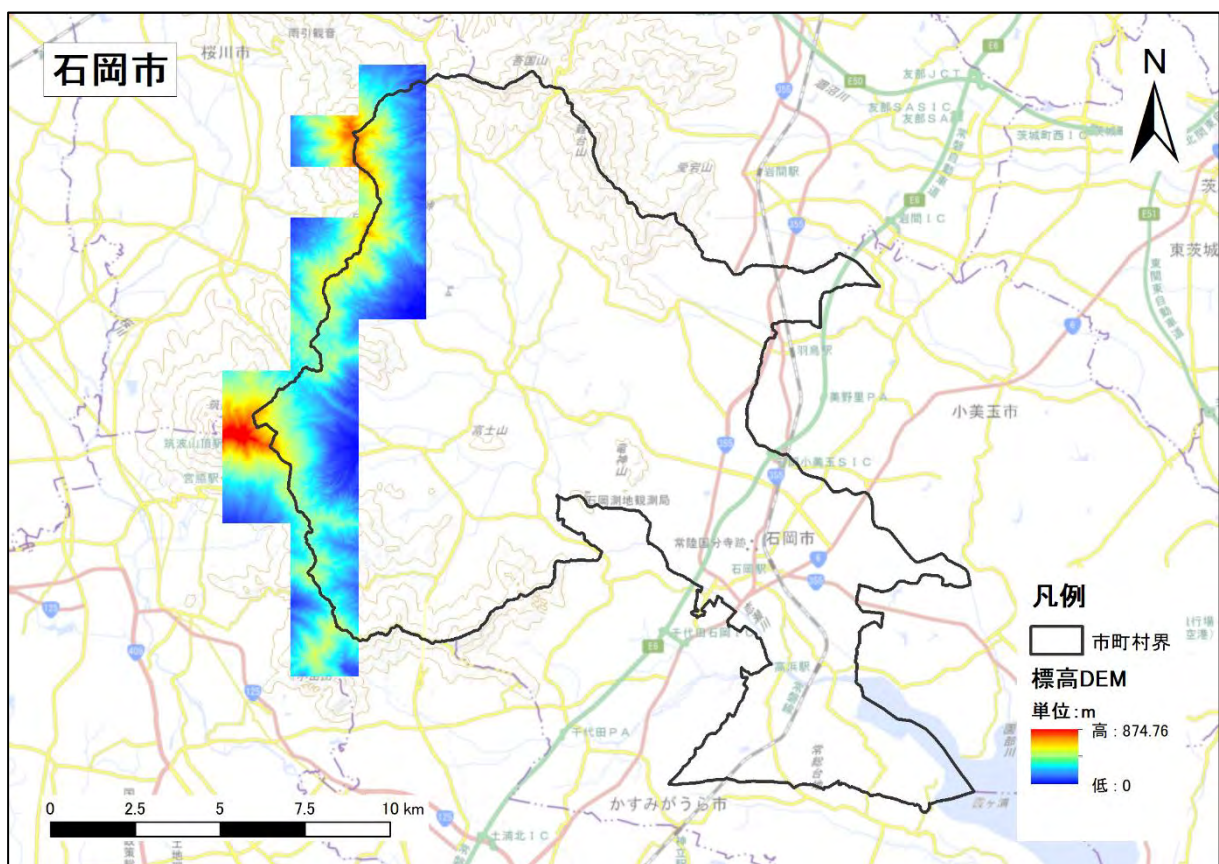


図 3-8 標高 DEM (石岡市)

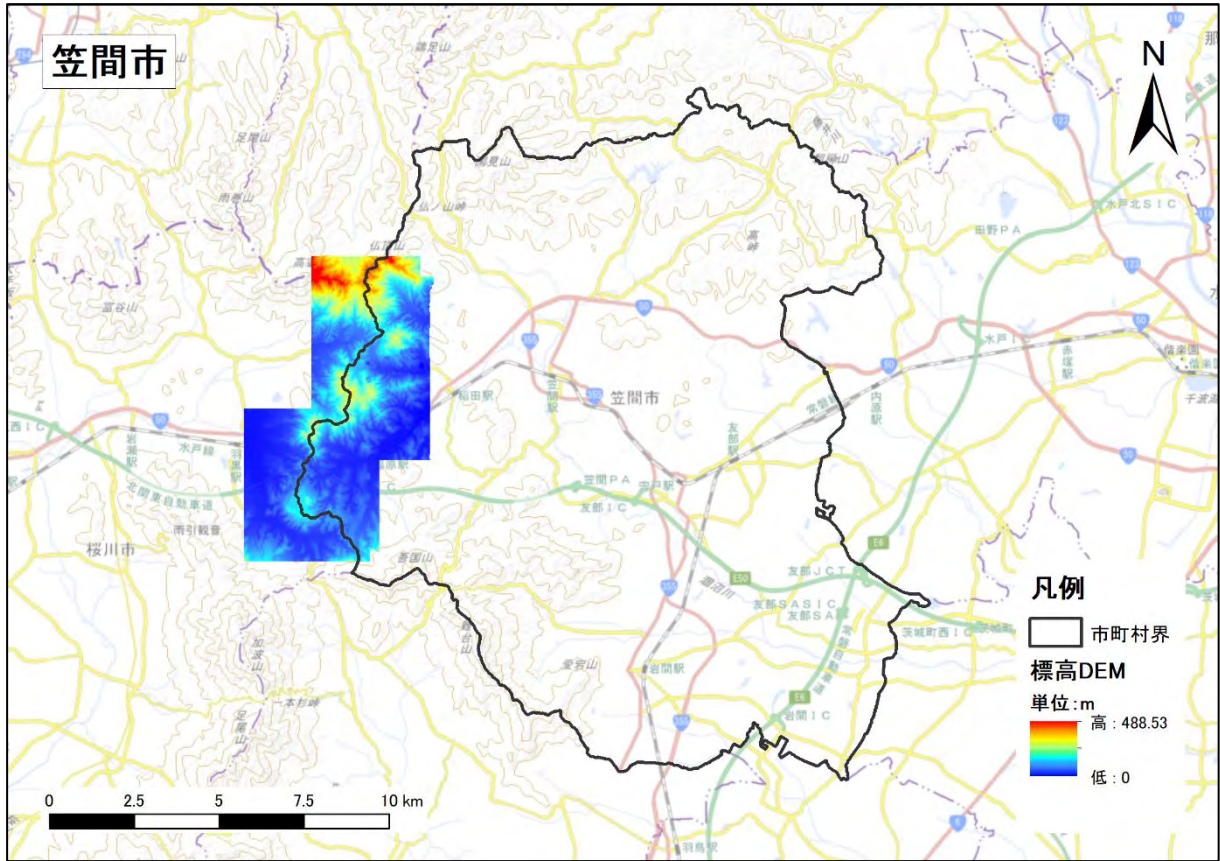


図 3-9 標高 DEM (笠間市)

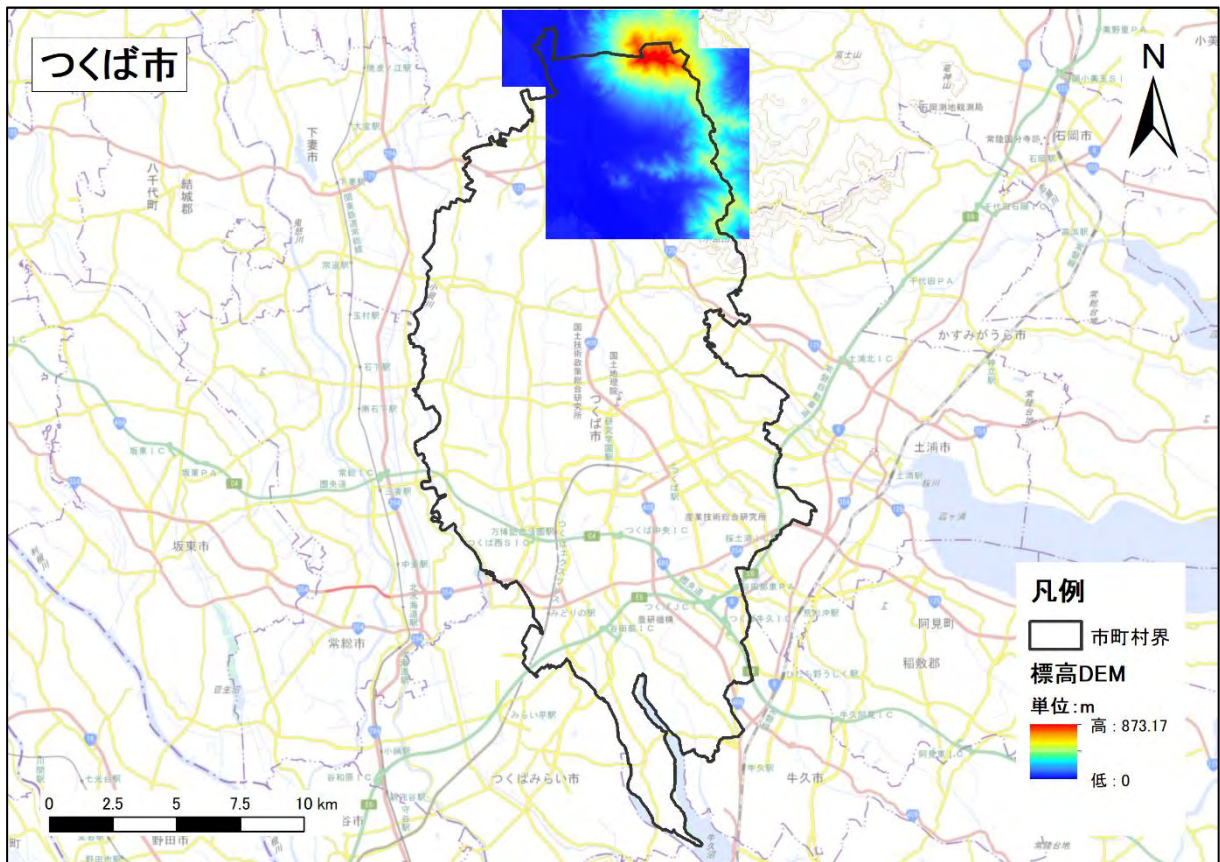


図 3-10 標高 DEM (つくば市)

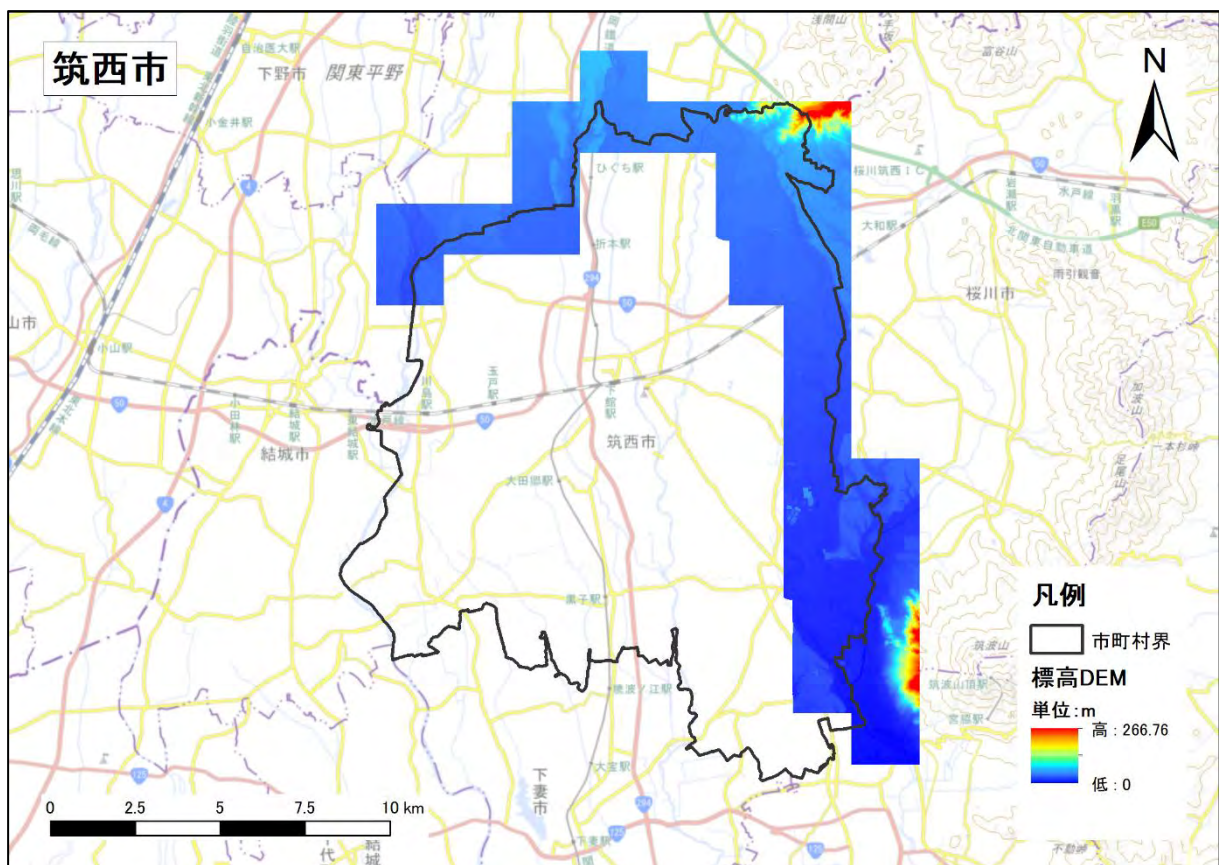


図 3-11 標高 DEM (筑西市)

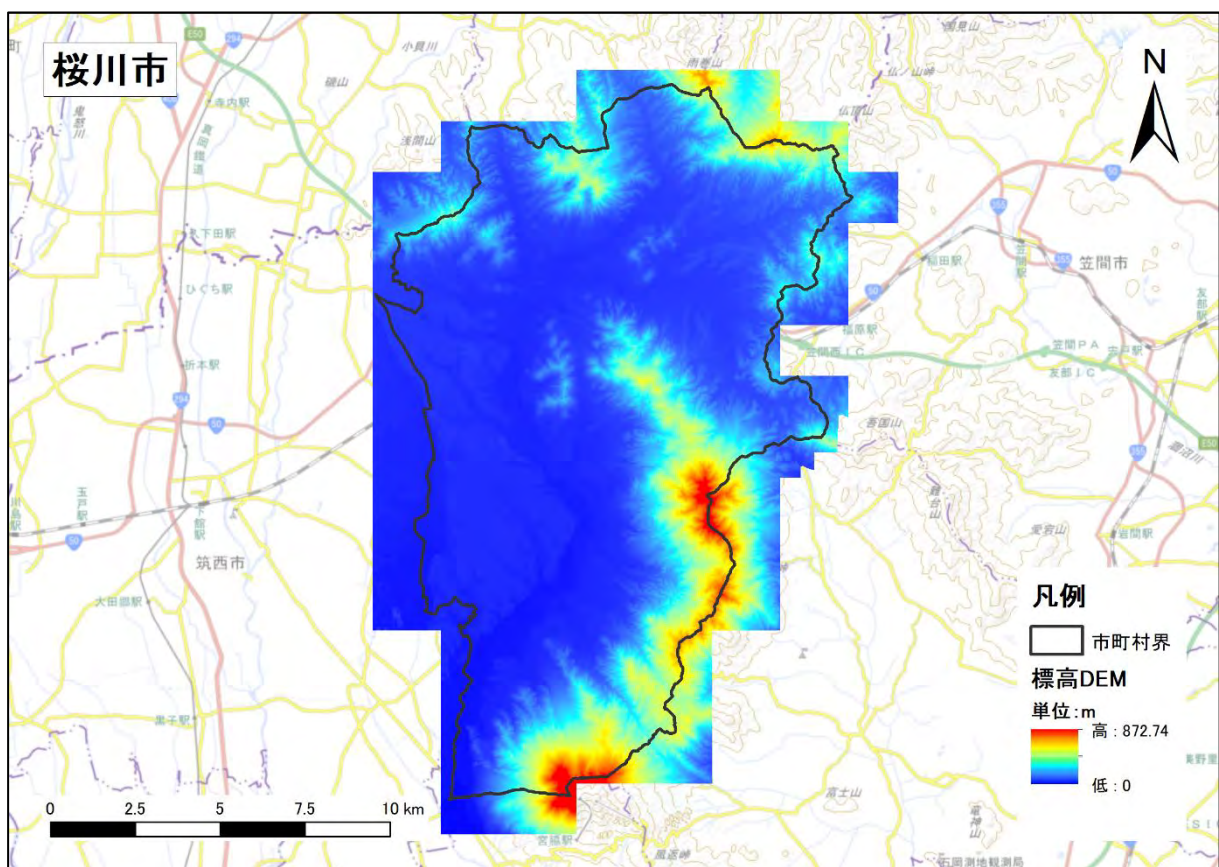


図 3-12 標高 DEM (桜川市)

なお、作成した DCHM について、崖などに急激に標高変化が生じている箇所位置する樹木は、樹木の下地盤が大きく下がることで、50mを超える箇所も含まれている。そのため、該当箇所のデータ利用時には留意が必要である。参考までに該当箇所の一部の位置図を図 3-13 に、拡大図を図 3-14、図 3-15 に示す。

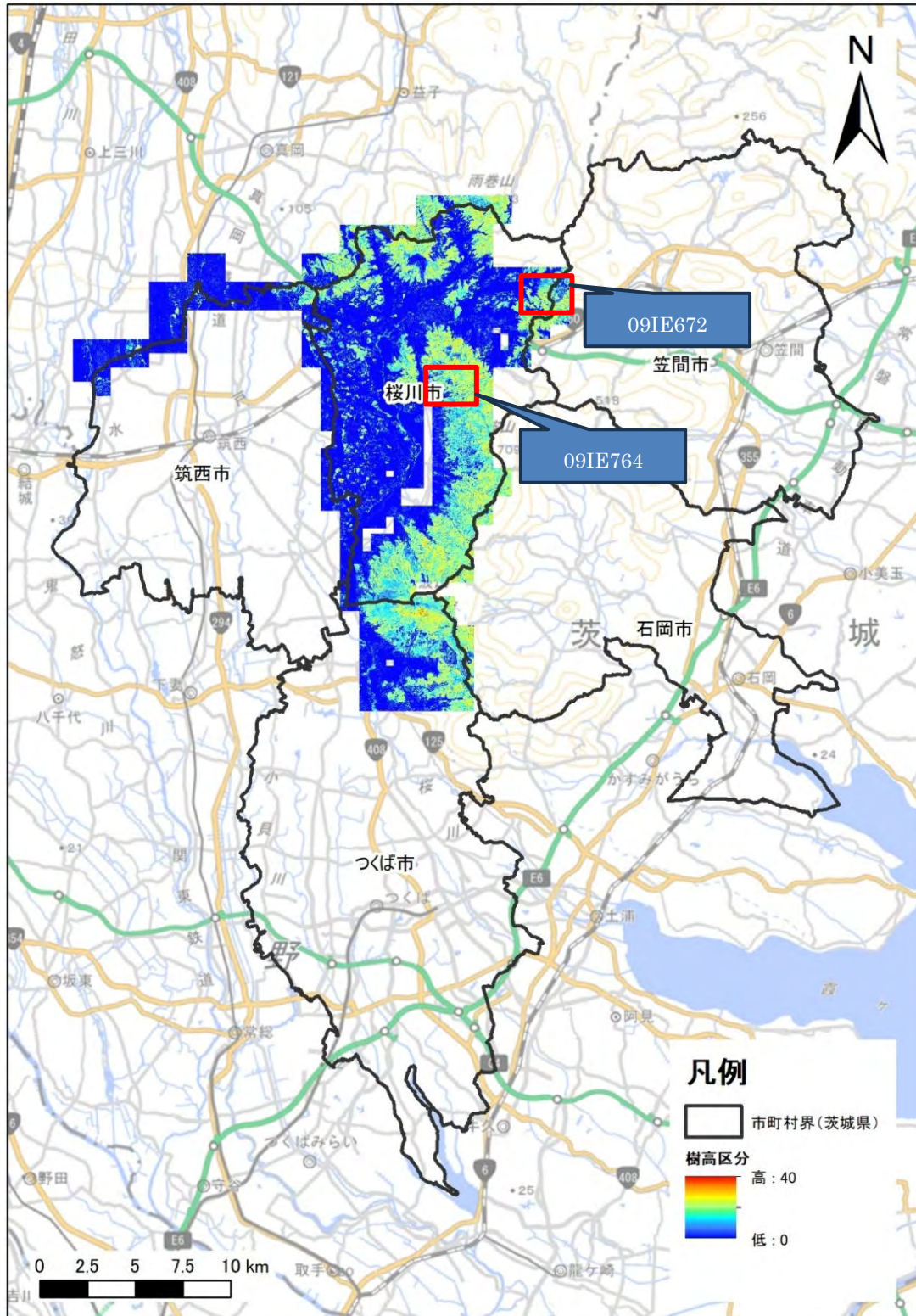


図 3-13 DCHM 過大の箇所 (一部)

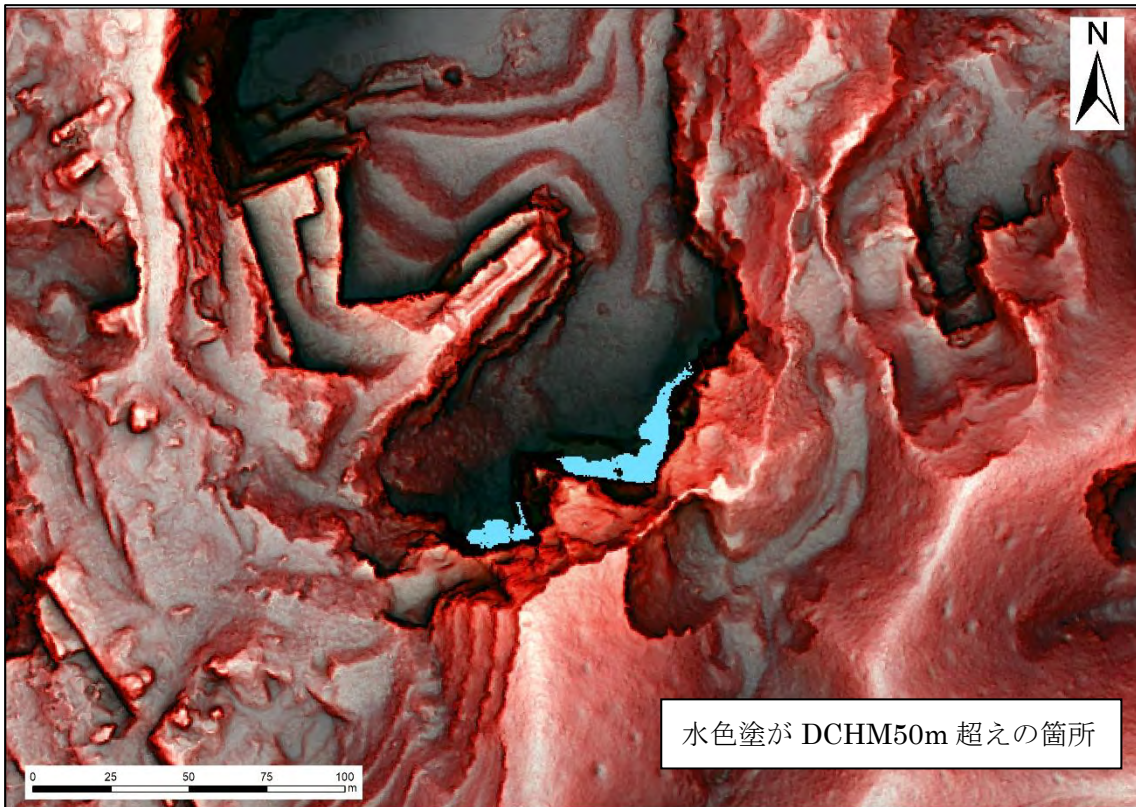


図 3-14 笠間市 (09IE672)

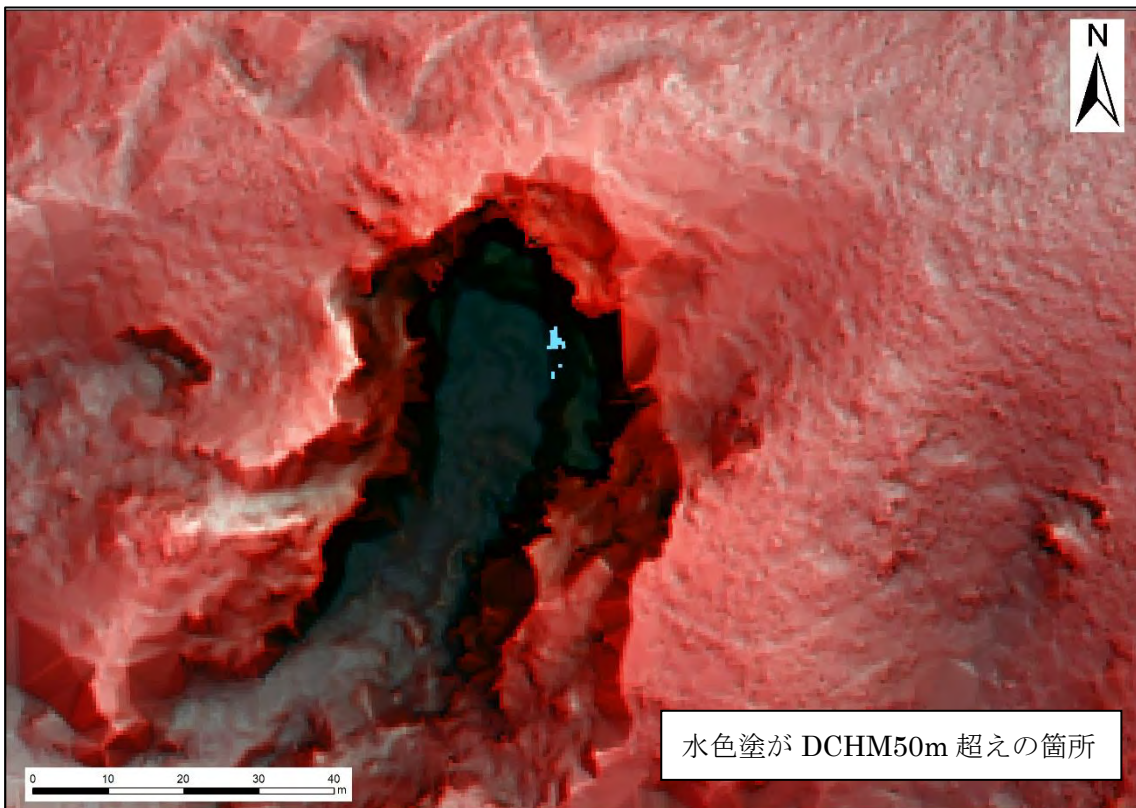


図 3-15 桜川市 (09IE764)

3.2 微地形図の作成

3.2.1 CS 立体図の作成

得られた地盤の高さデータを元に、地形の凹凸を視覚的に表現した微地形表現図として CS 立体図を作成した（図 3-16）。

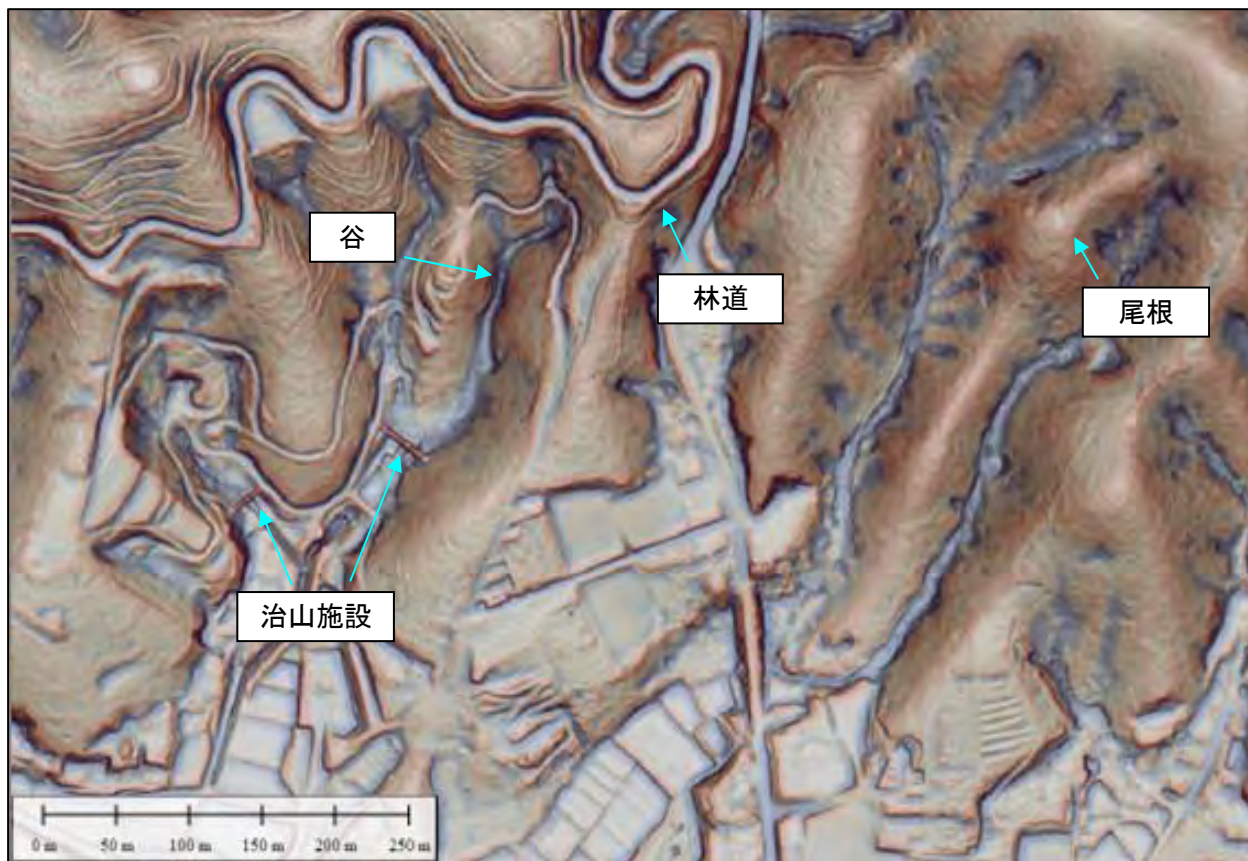


図 3-16 CS 立体図の例

CS 立体図は以下の事項に留意して GeoTIFF 形式にて作成した。

- ① 標高、傾斜、曲率を彩色・重ね合わせし作成した。なお地図の色味については既往の栃木県庁が作成した成果に色表現をあわせる形で調整した。
- ② 国土基本図郭 2500 図郭（平面直角座標系、2.0km×1.5km）毎に GeoTIFF 形式を作成した。GeoTIFF 形式 DEM データは、解像度 0.5m で作成し国土基本図郭 2500 図郭（平面直角座標系、2.0km×1.5km）毎に GeoTIFF 形式ファイルを作成した。

作成した CS 立体図の全体図を図 3-17～図 3-18、市町村別の図を図 3-19～図 3-28 に示す。

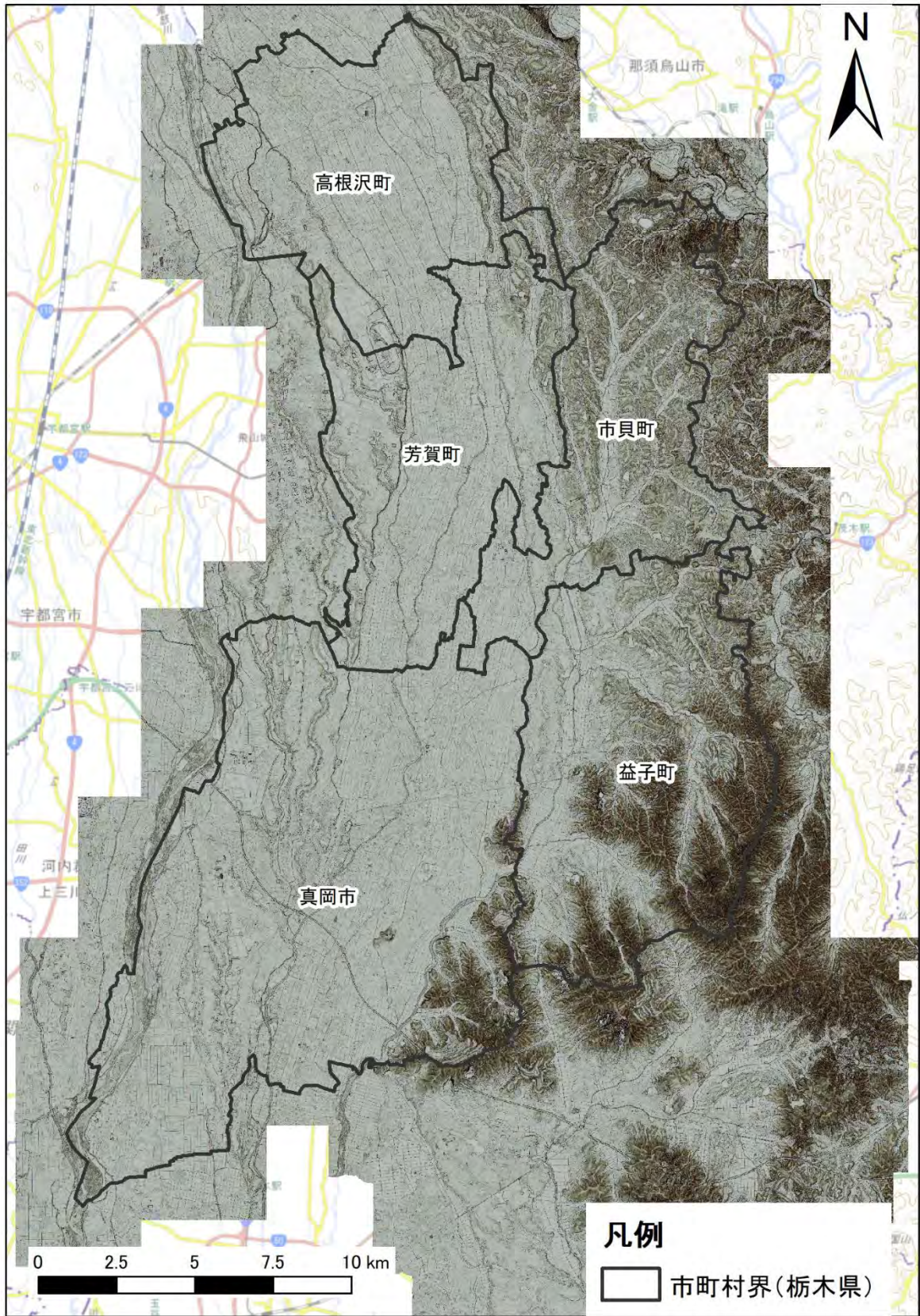


图 3-17 CS 立体图 (栃木県)

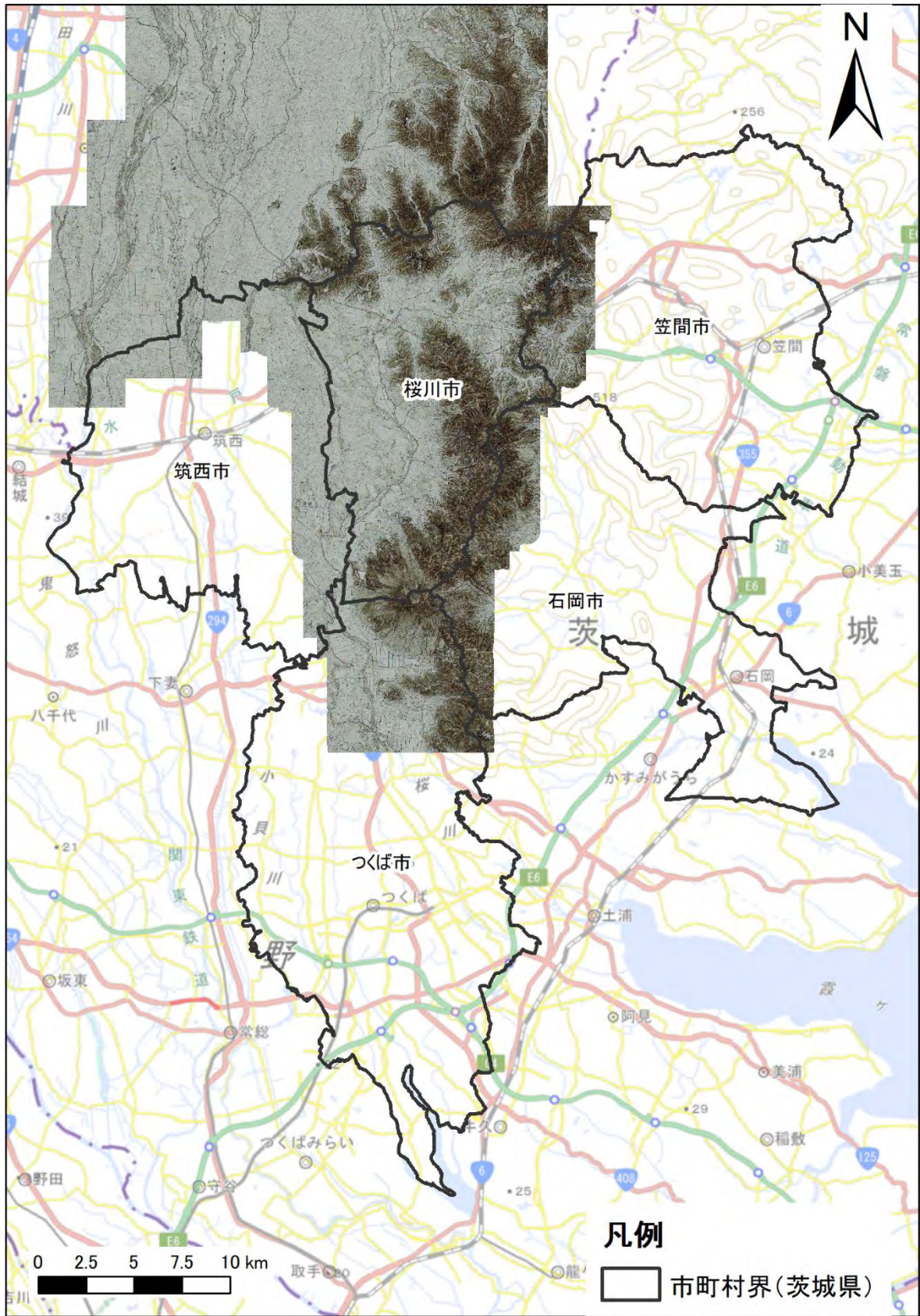


図 3-18 CS 立体図 (茨城県)

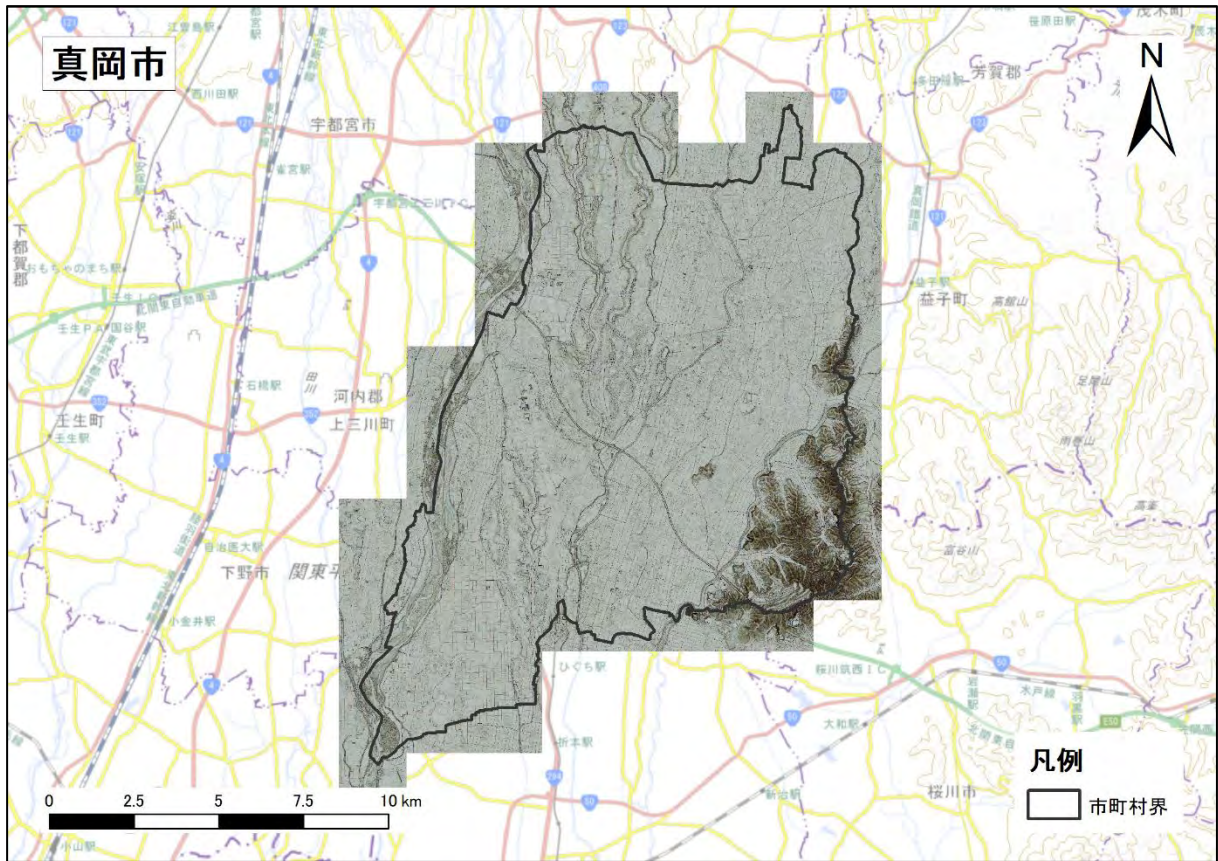


図 3-19 CS 立体図（真岡市）

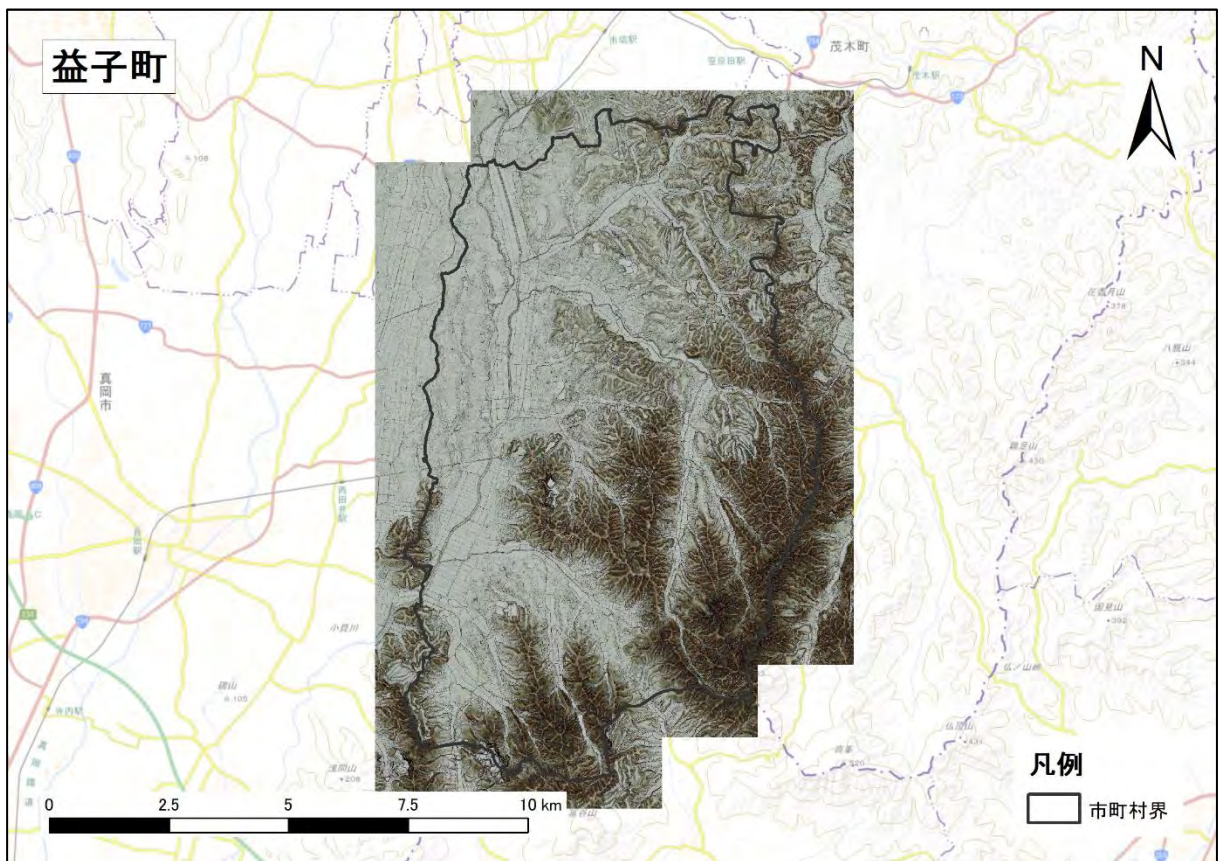


図 3-20 CS 立体図（益子町）

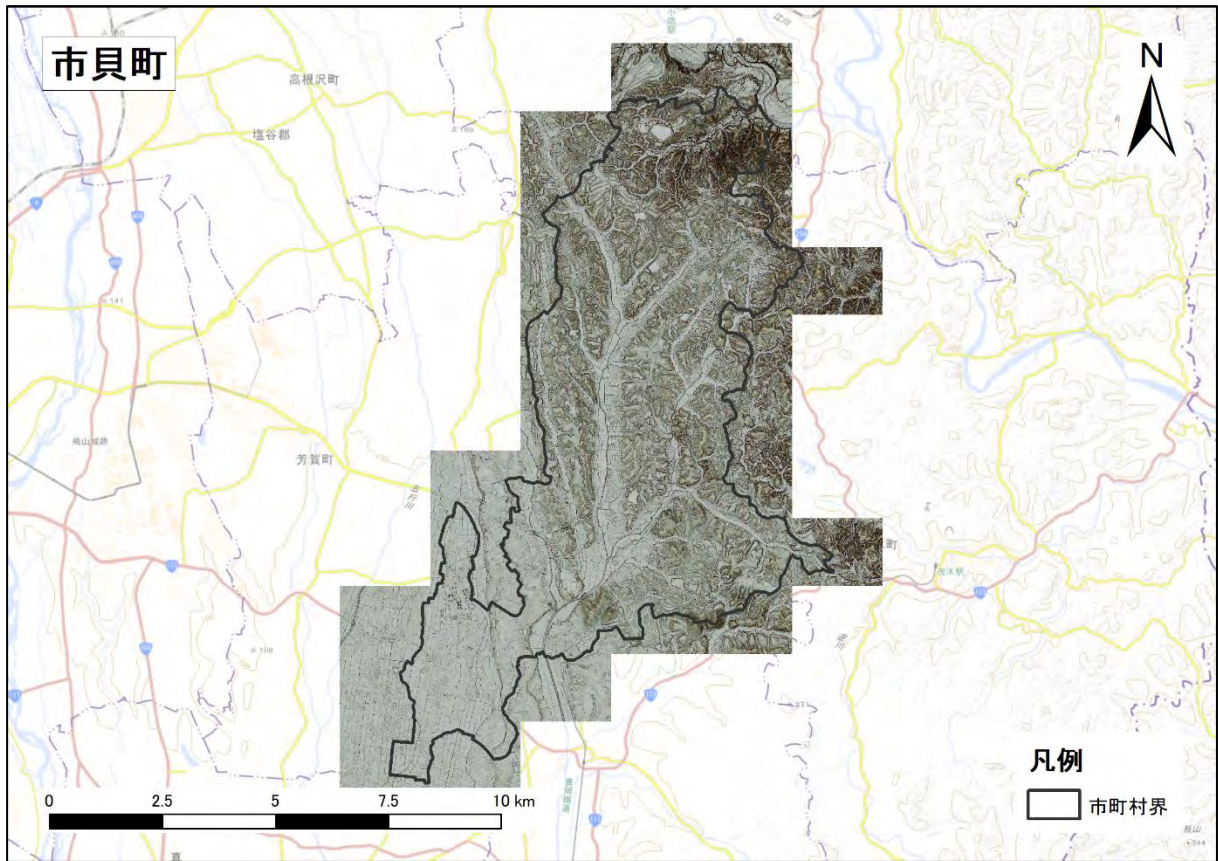


図 3-21 CS 立体図 (市貝町)

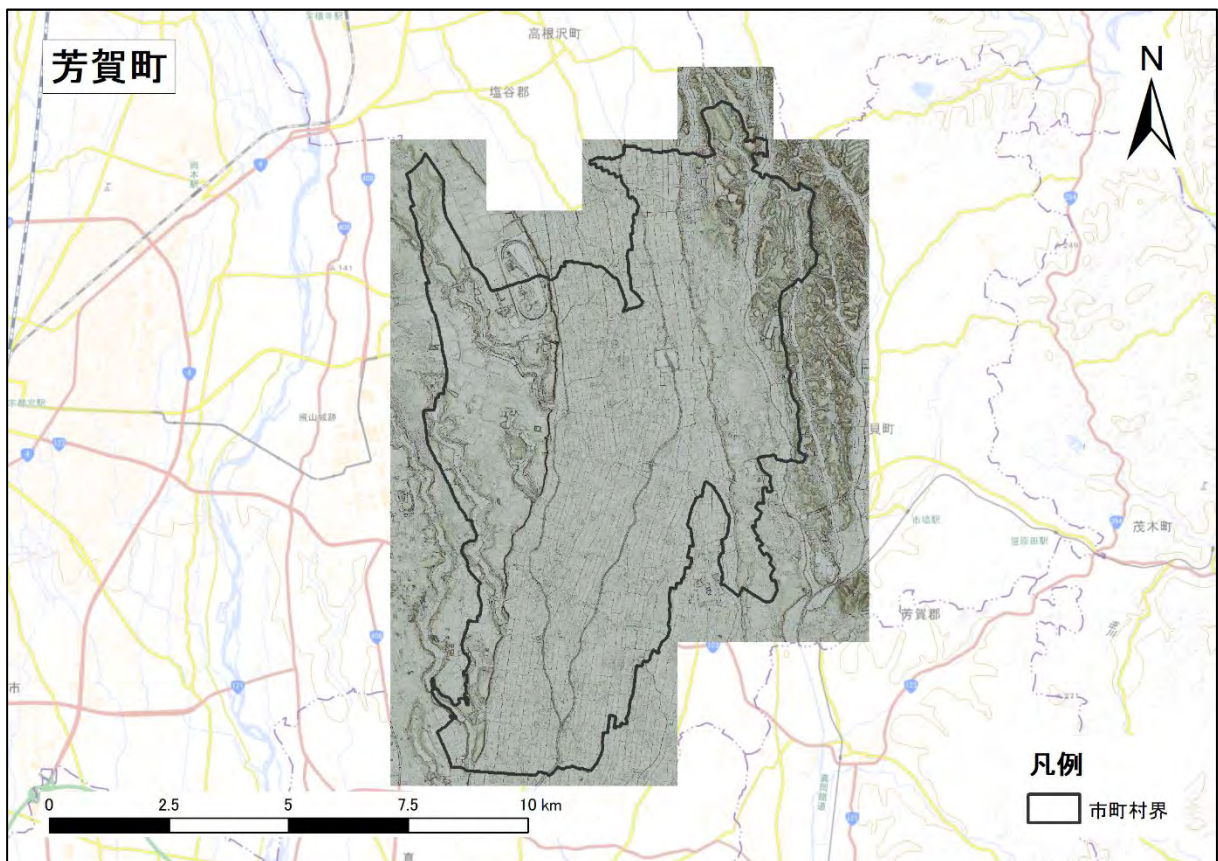


図 3-22 CS 立体図 (芳賀町)

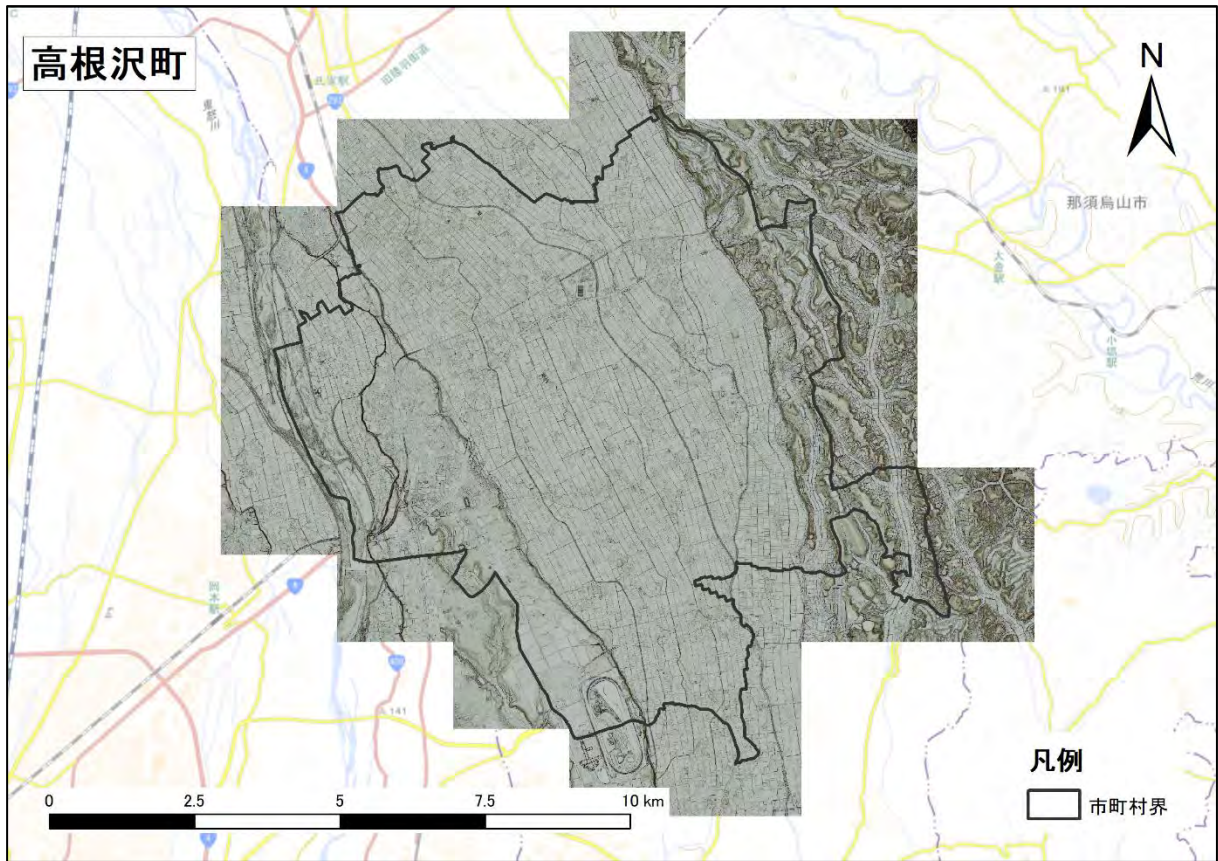


図 3-23 CS 立体図 (高根沢町)

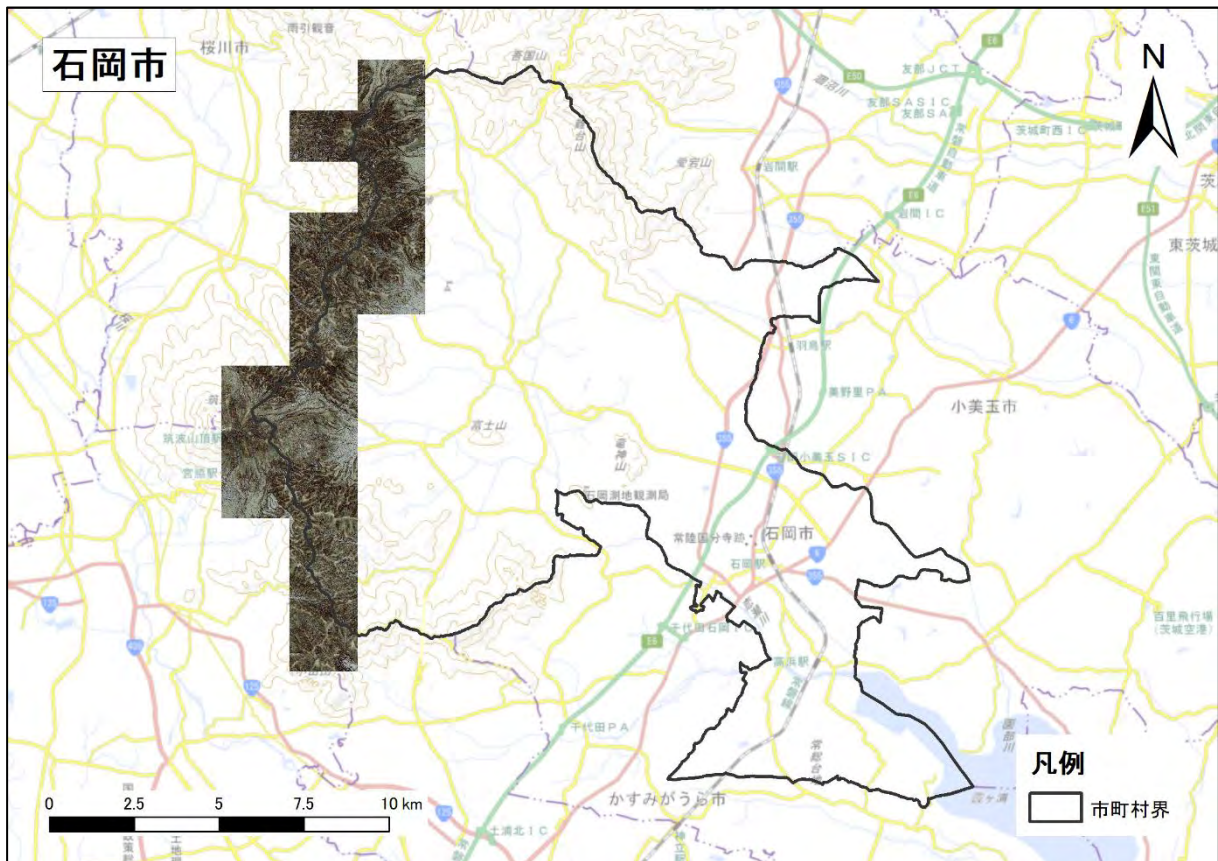


図 3-24 CS 立体図 (石岡市)

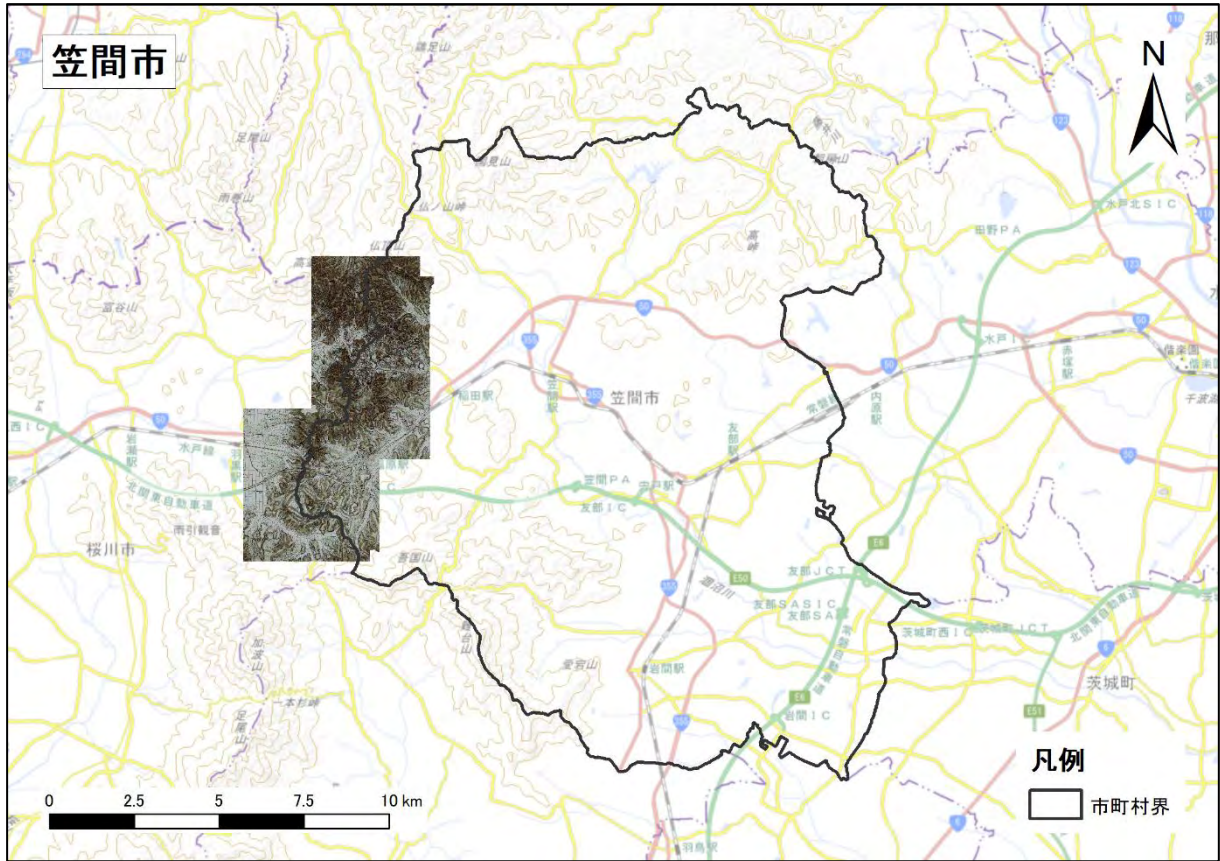


図 3-25 CS 立体図 (笠間市)

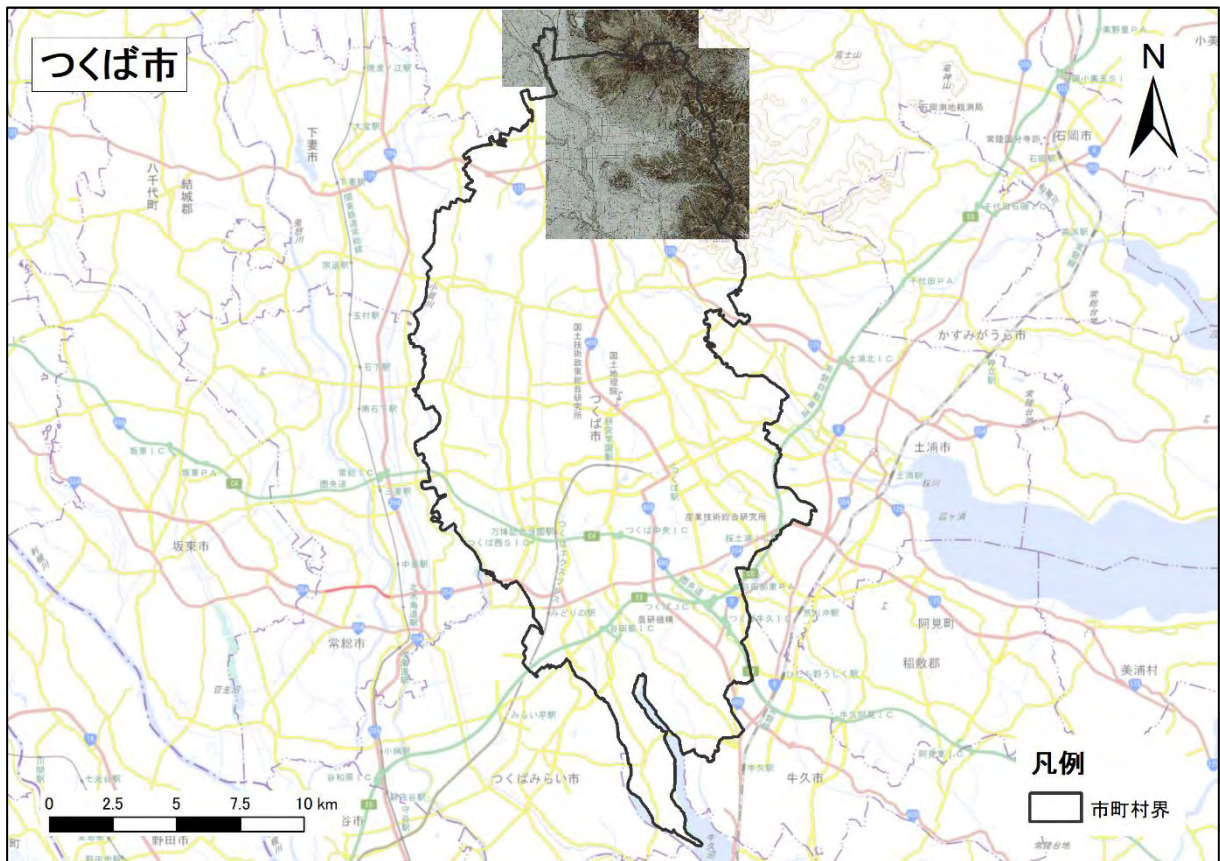


図 3-26 CS 立体図 (つくば市)

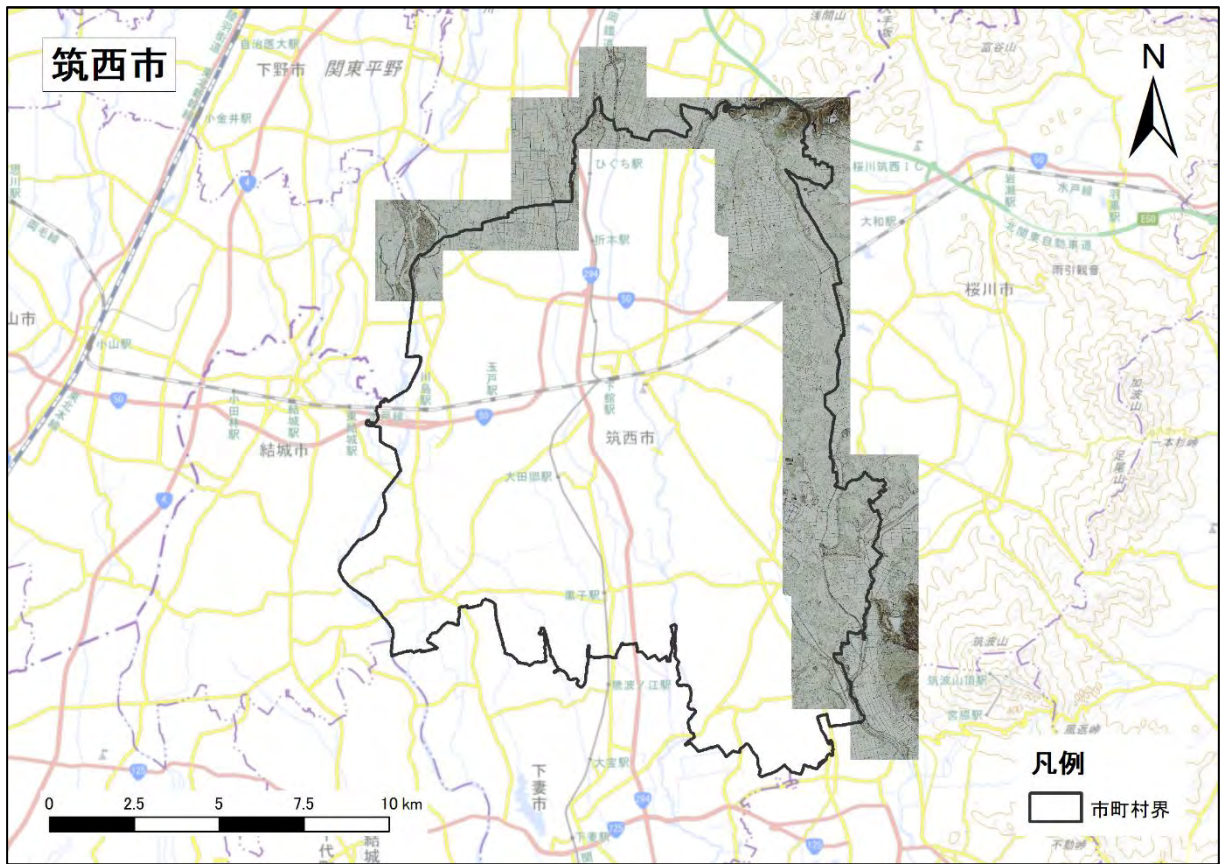


图 3-27 CS 立体图 (筑西市)

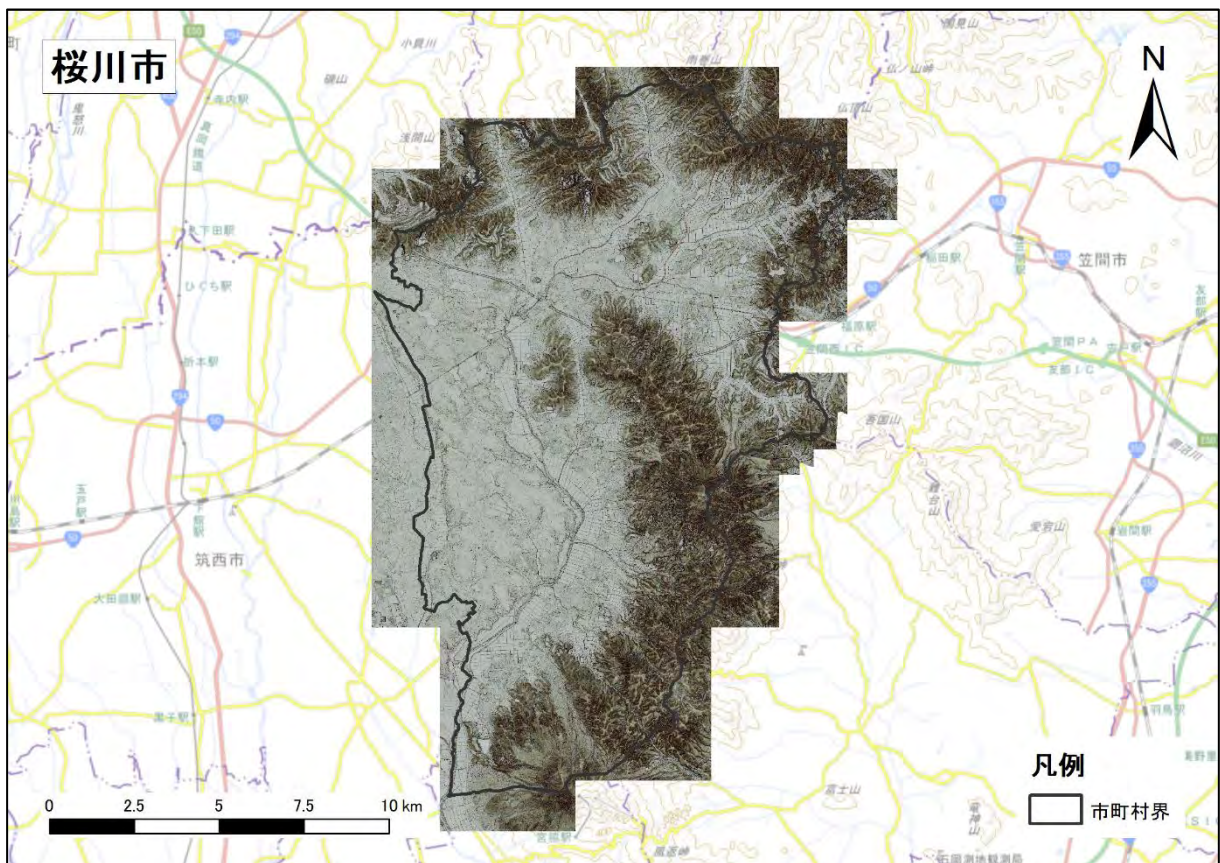


图 3-28 CS 立体图 (桜川市)

3.2.2 赤色立体地図の作成

航空レーザ計測で得られたグリッドデータより、地上開度・地下開度・斜度を計算し、尾根谷度・傾斜度に応じた色づけを行い、微地形が表現された赤色立体図（NETIS 登録番号：SK-130008-VE）を作成した。

赤色立体地図は、レーザ計測による高密度・高精度な標高データの表現目的で開発されたものである。傾斜が急であるほどより赤く、谷底ほど暗くなるように色調整しているために立体感が得られ、微地形の判読に有効とされている。

この赤色立体地図においては、微地形データがより視覚的かつ立体的に表現され、特別な訓練を必要とすることも無く地形の形状を把握することが可能となり、等高線図からは分かりづらい地形等も容易に判読することができる。赤色立体地図の特徴を下記に示す。

- 尾根を明るく、谷を暗く着色し、急斜面であるほど赤を強く着色した地図であり、詳細な微地形を立体的に把握できる。
- 木材搬出に重要な基盤情報となる既設の林道や幅 2.5m 程度の作業道まで把握できる。
- 崩壊危険箇所地すべり地形等の路網作設を避けるべき区域が把握できる。

赤色立体地図の作成原理・概念図を図 3-29 に、また作成した赤色立体地図の全体図を図 3-30、図 3-31 に、市町村別の図 3-32～図 3-41 に示す。

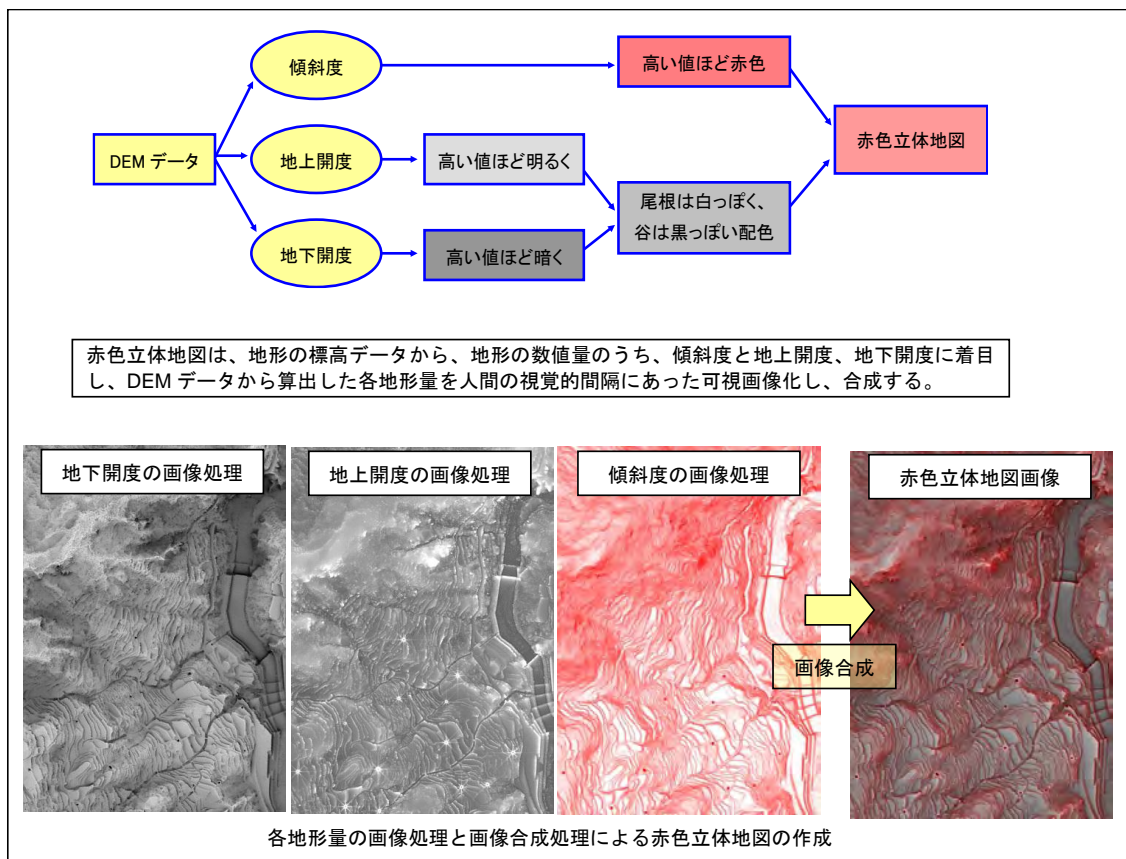


図 3-29 赤色立体地図の概念と原理

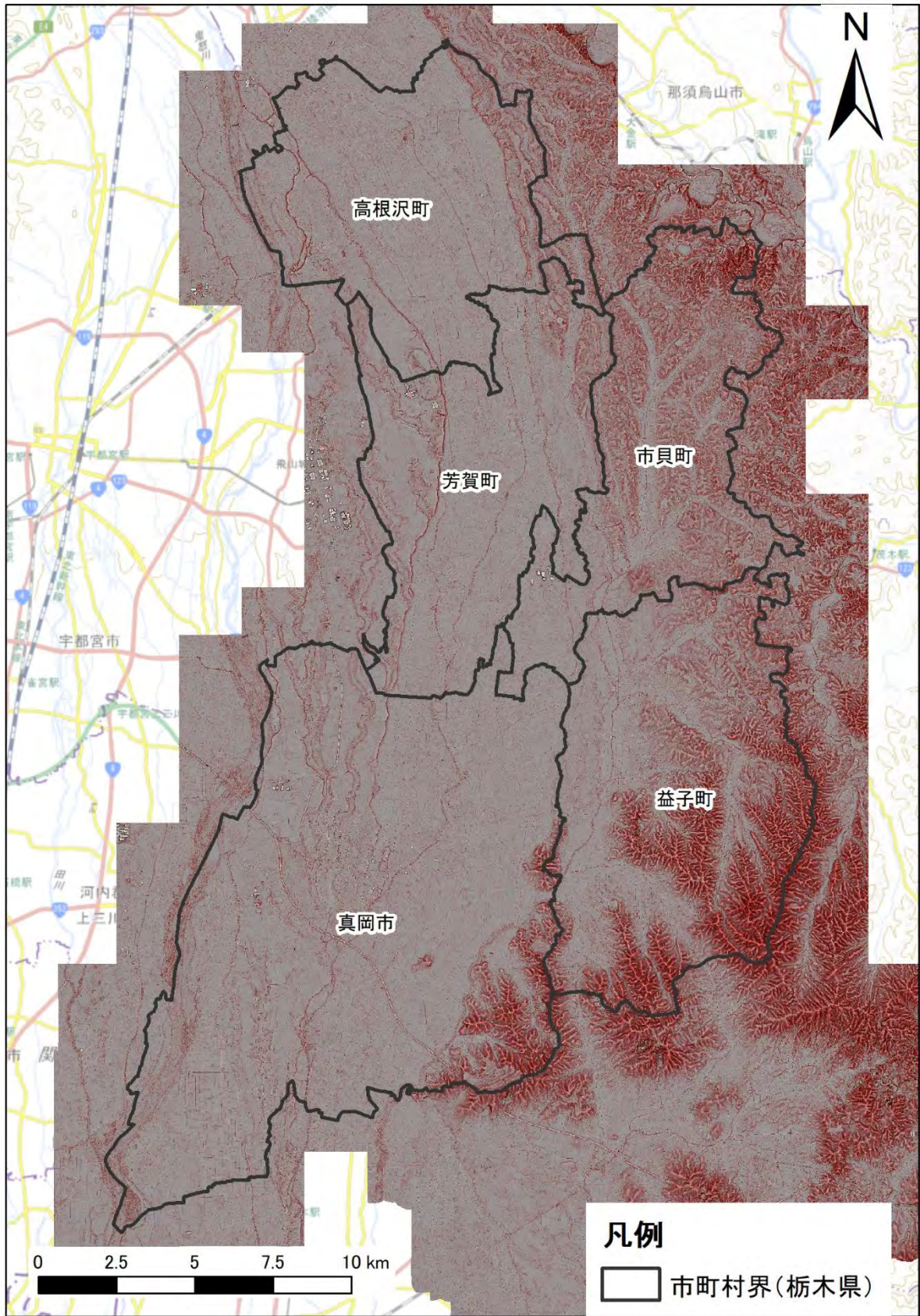


图 3-30 赤色立体地图 (栃木県)

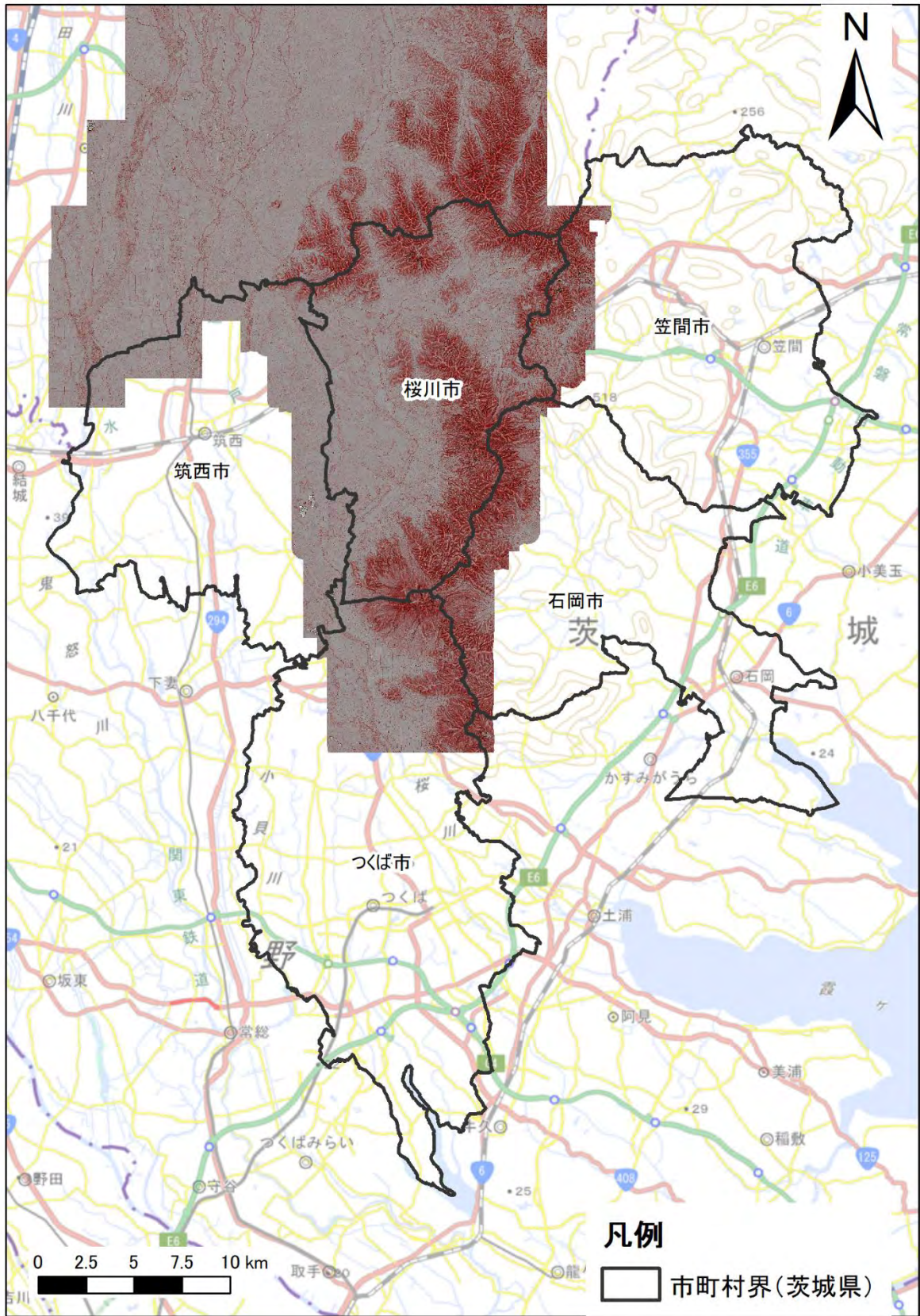


図 3-31 赤色立体地図 (茨城県)

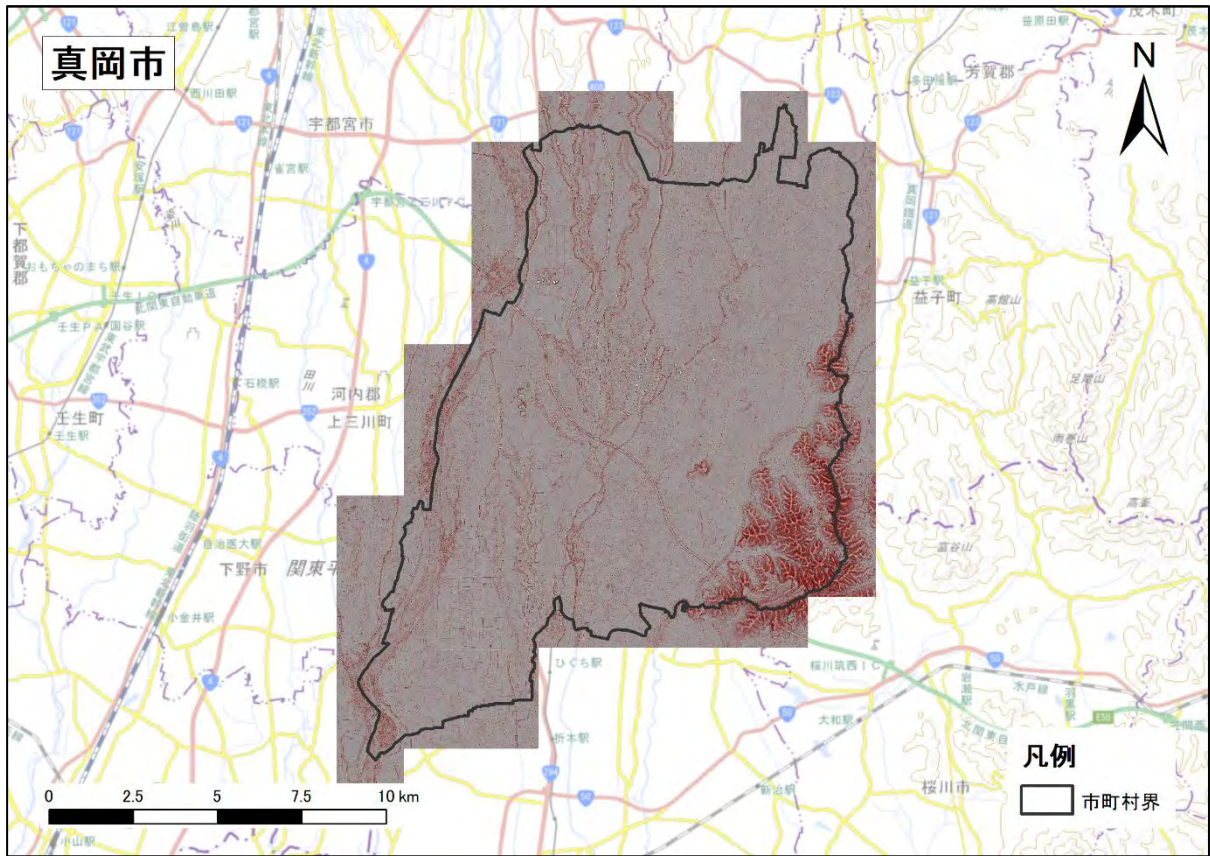


图 3-32 赤色立体地图（真岡市）

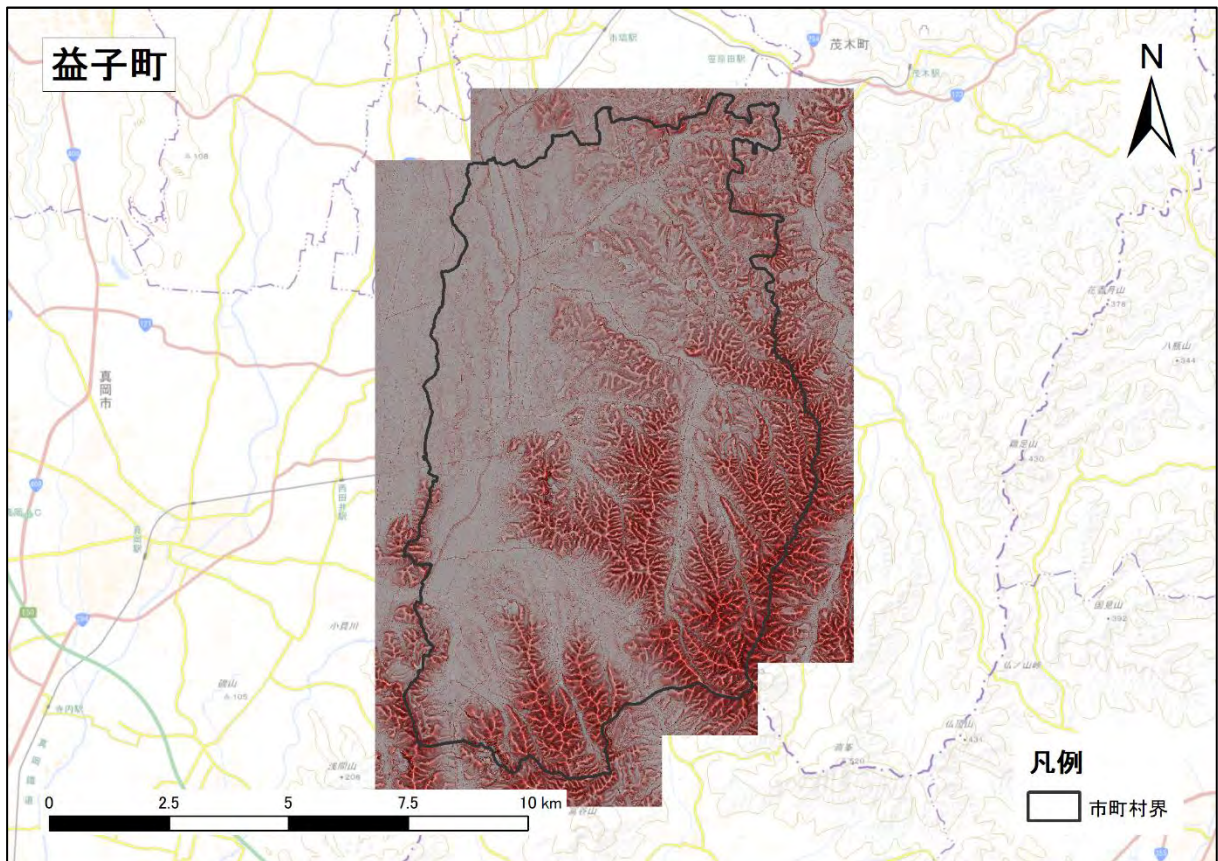


图 3-33 赤色立体地图（益子町）

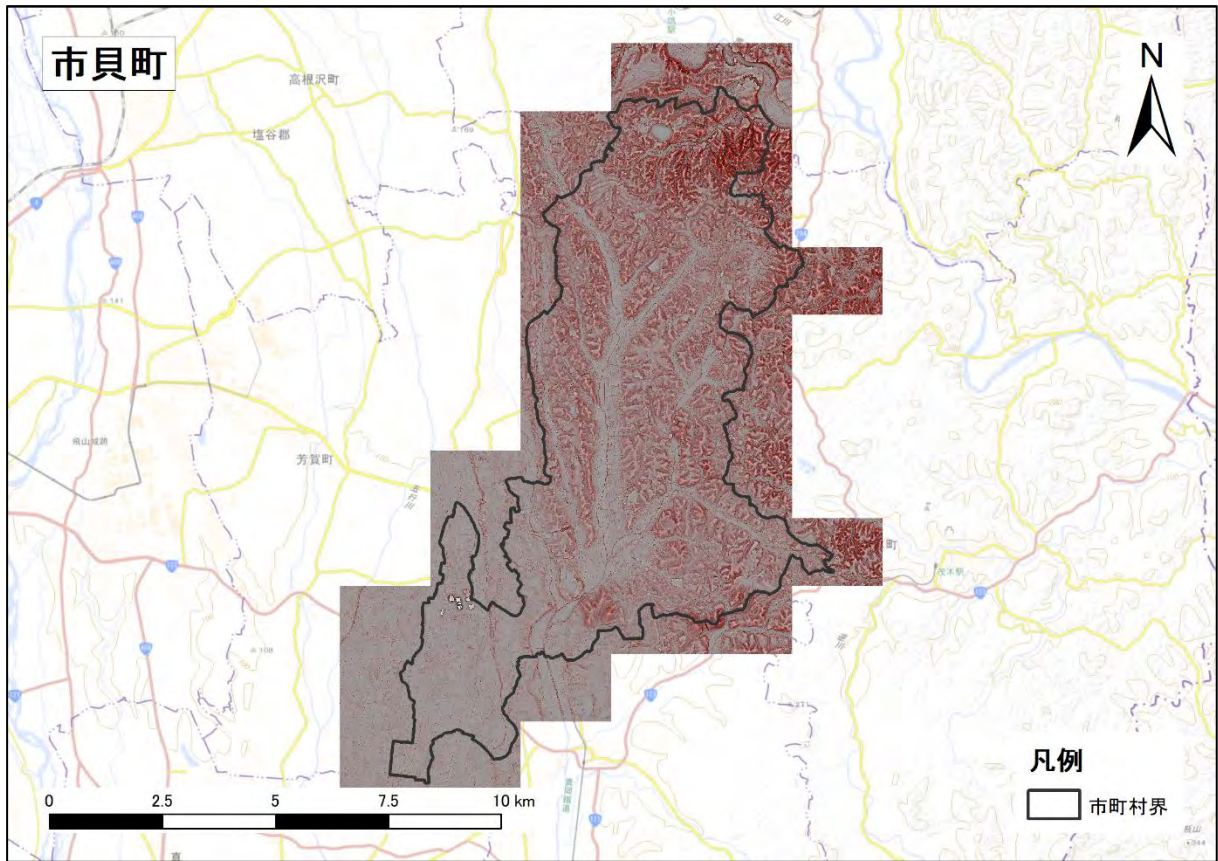


図 3-34 赤色立体地図 (市貝町)

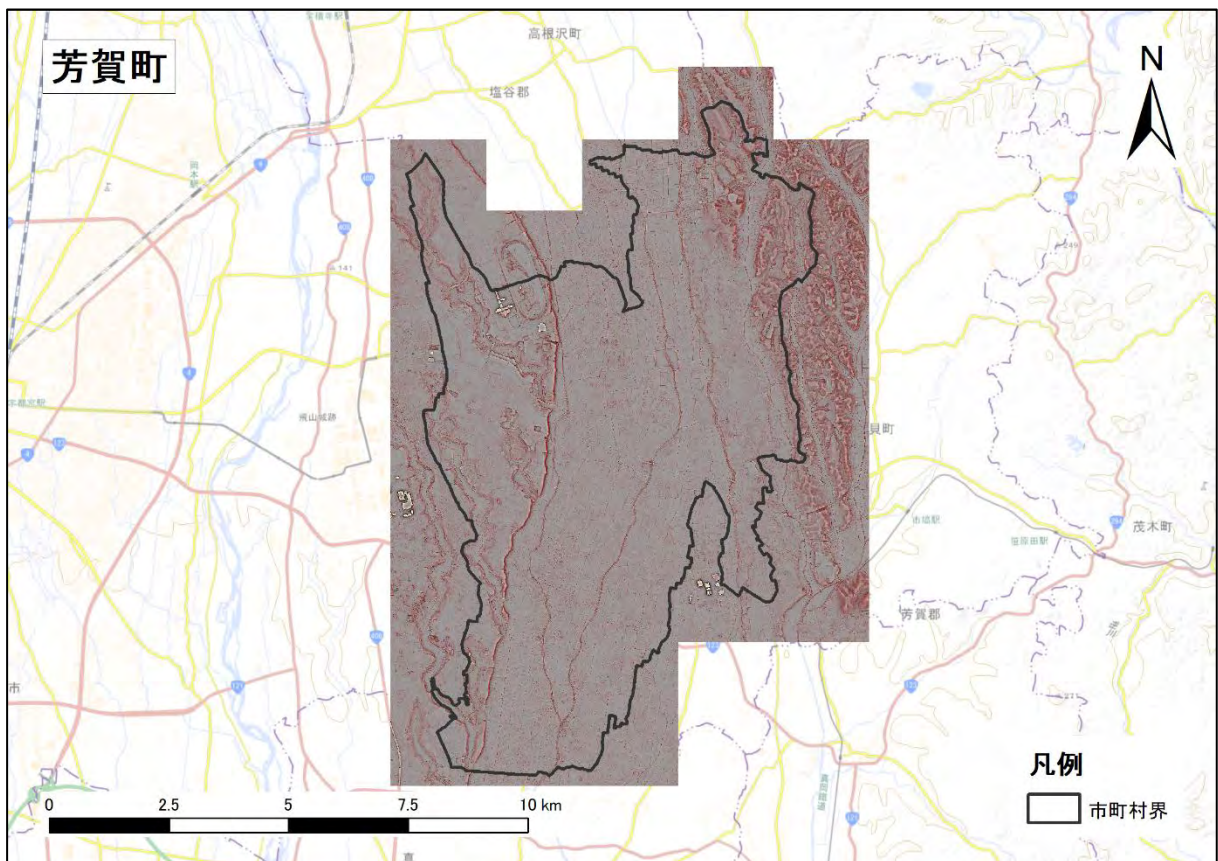


図 3-35 赤色立体地図 (芳賀町)

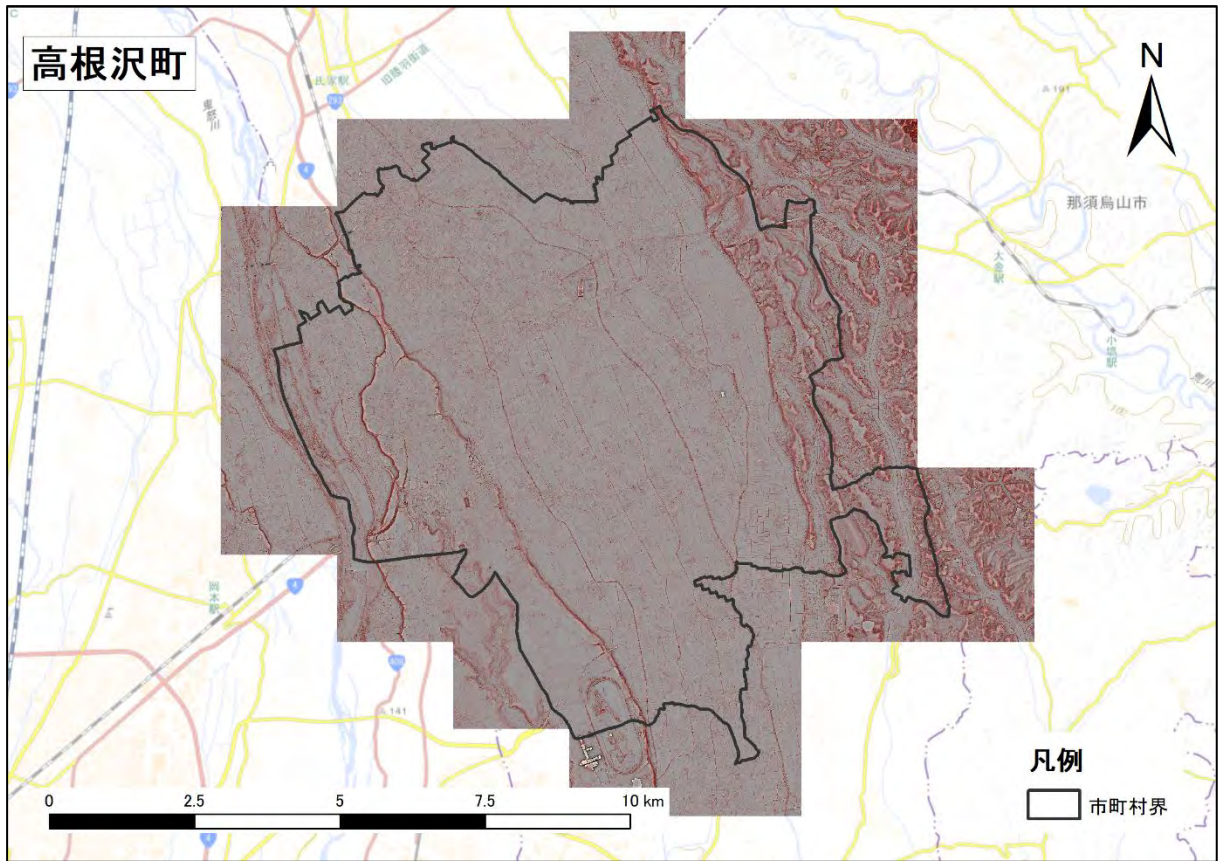


図 3-36 赤色立体地図（高根沢町）

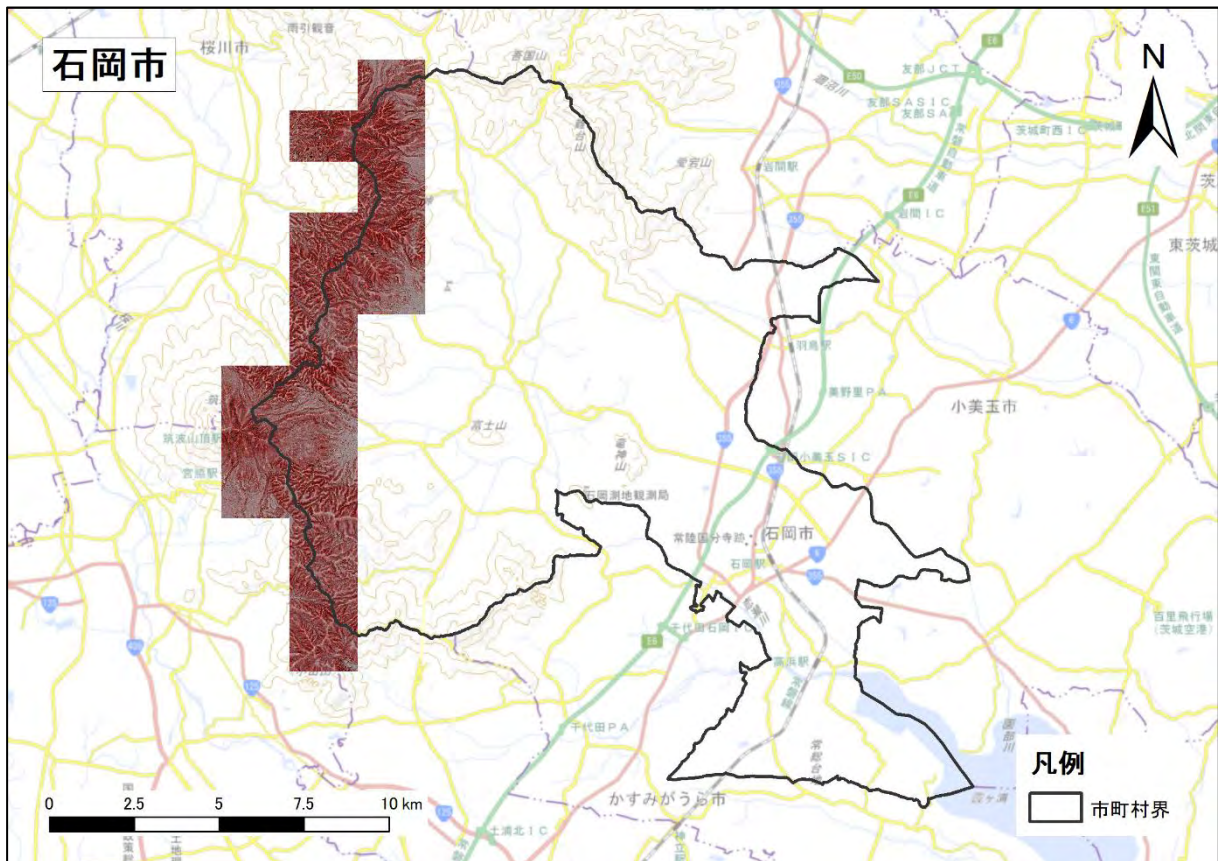


図 3-37 赤色立体図（石岡市）

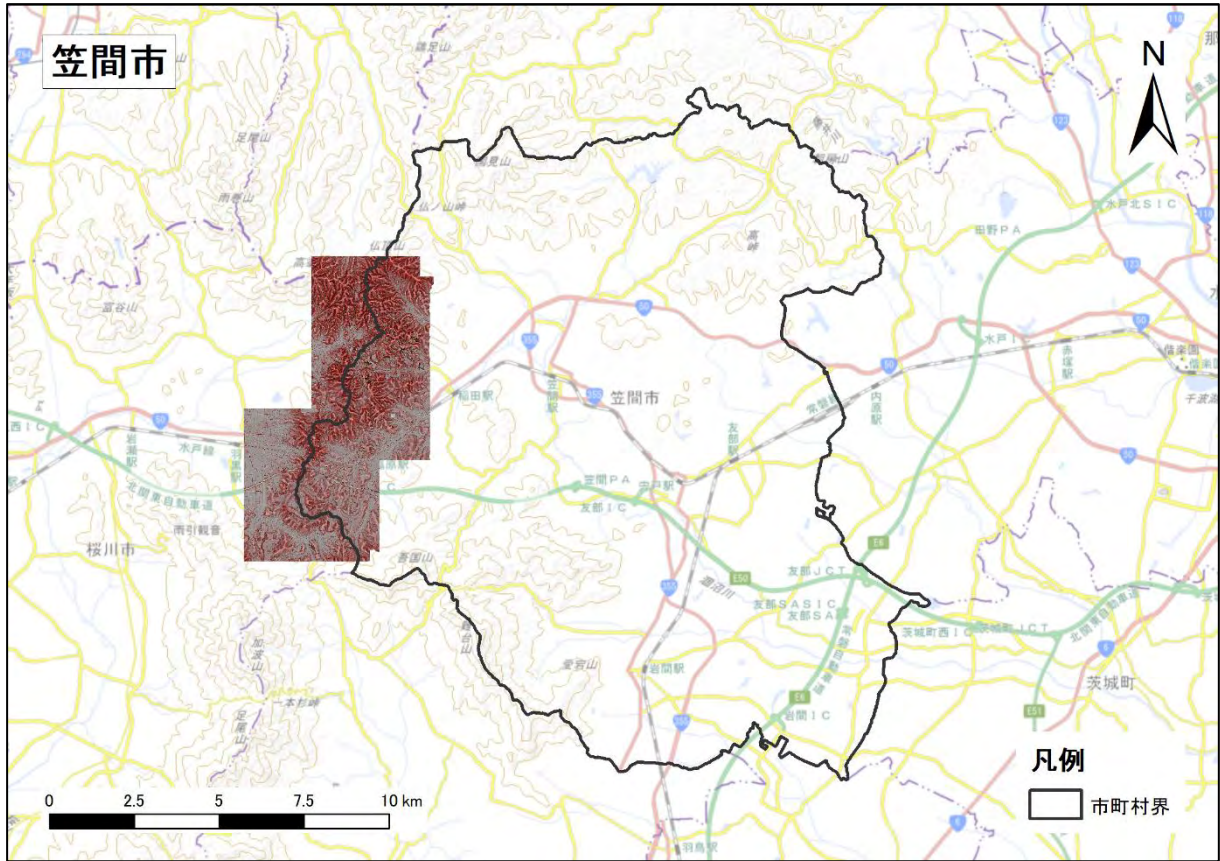


図 3-38 赤色立体図（笠間市）

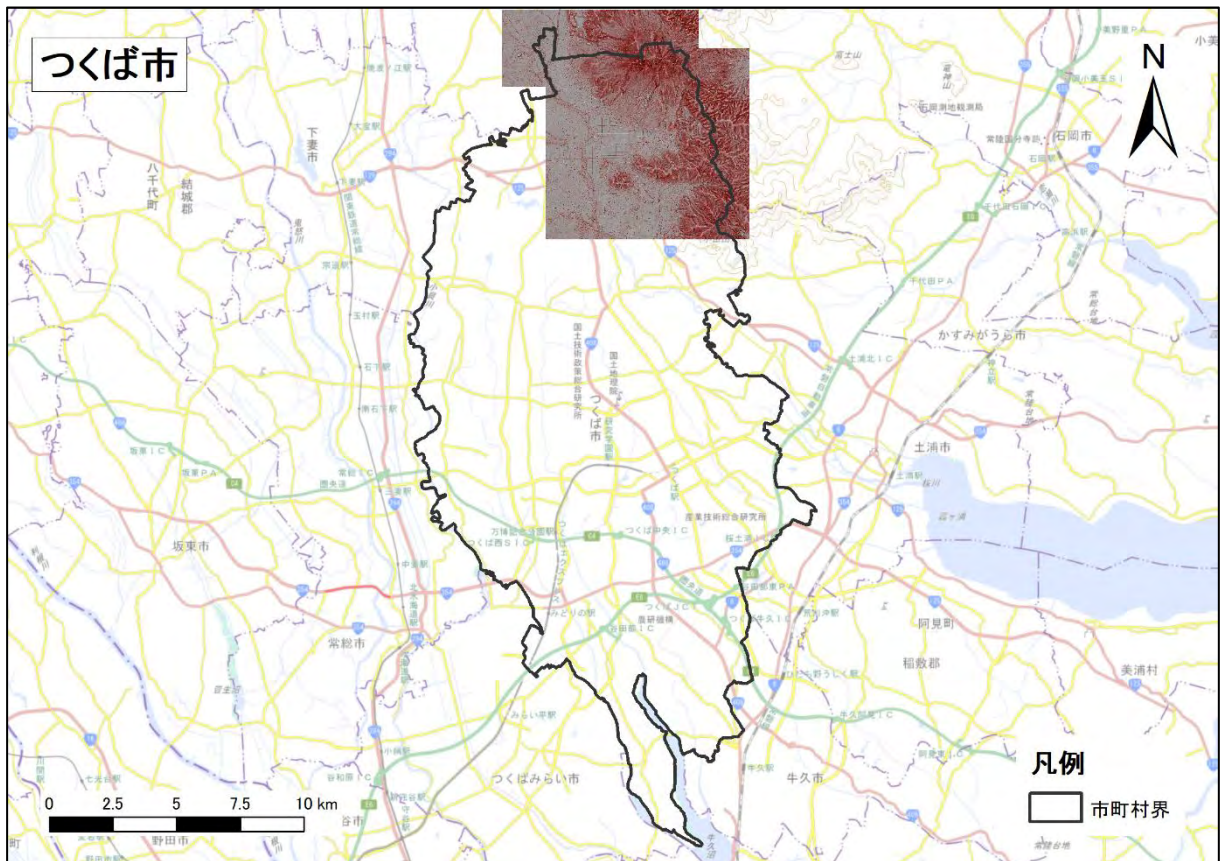


図 3-39 赤色立体図（つくば市）

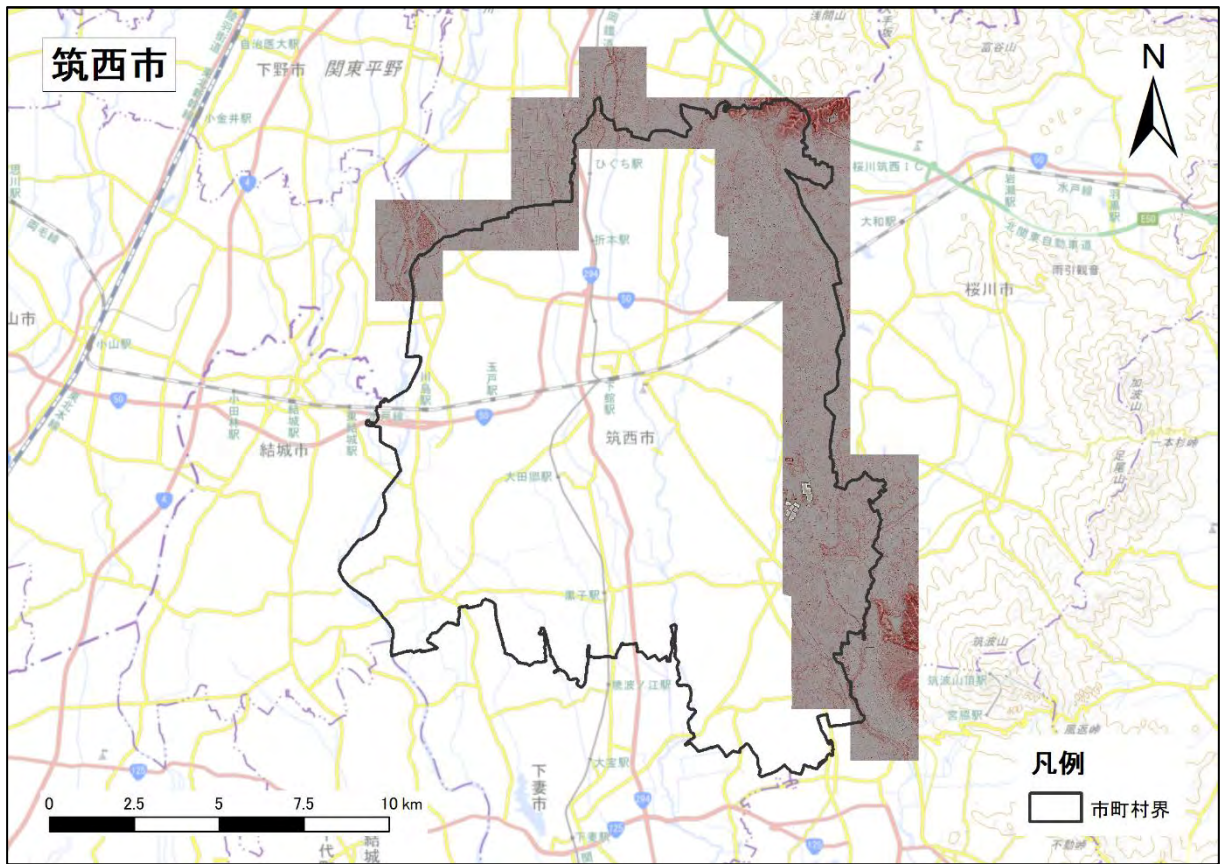


图 3-40 赤色立体图（筑西市）

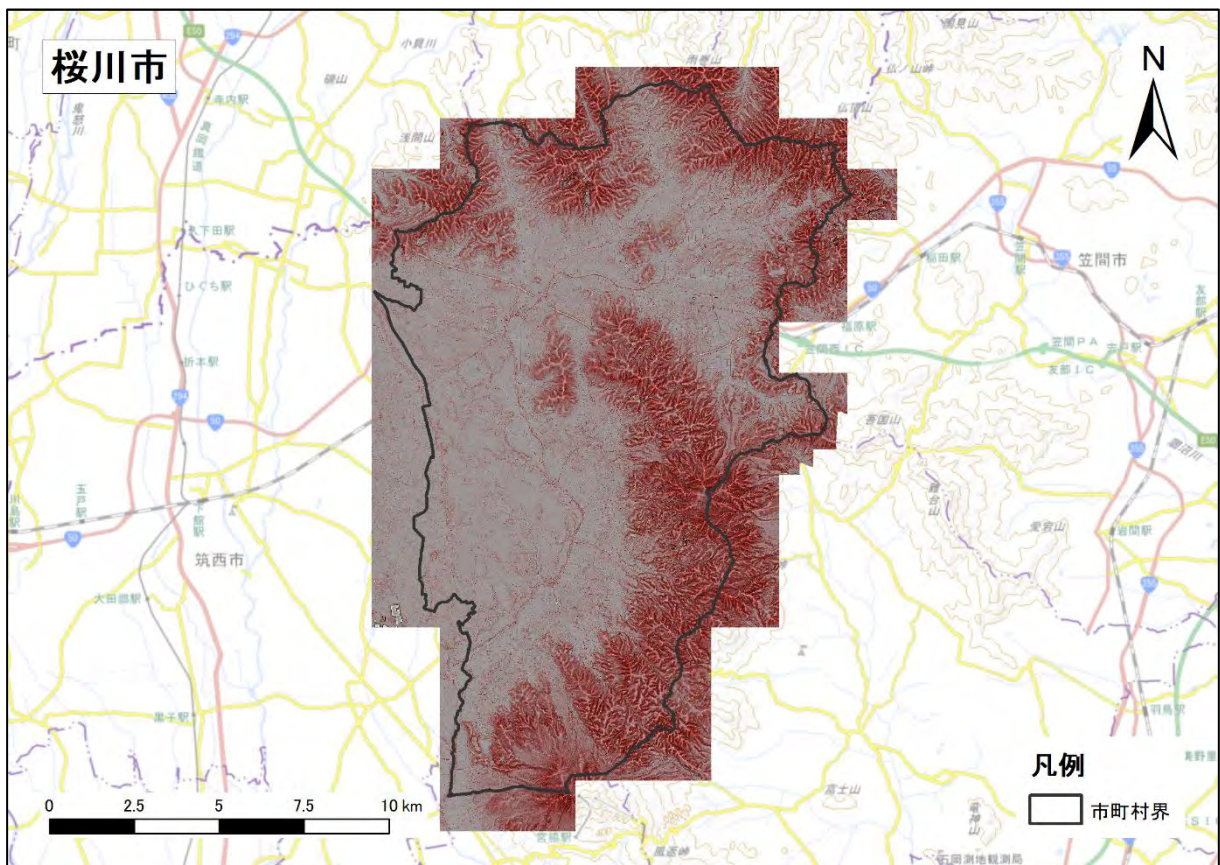


图 3-41 赤色立体图（桜川市）

3.2.3 路網判読

(1) 既設路網の判読

赤色立体地図とオルソ画像から既設路網の判読を行い、道路縁を GIS 上でデジタル化し、幅員 2.5m 以上の既設の路網をベクターデータとして抽出した (図 3-42)。赤色立体地図では途切れている橋梁についてはオルソ画像を確認し結節した。また、路網と一般道の区別は赤色立体地図やオルソ画像上では判別できなかつたため、市街地や耕作地の道路については山林部に近い道路も路網として抽出した。判読した路網の全体図を図 3-43、図 3-44 に、市町村別の図を図 3-45～図 3-54 に示す。

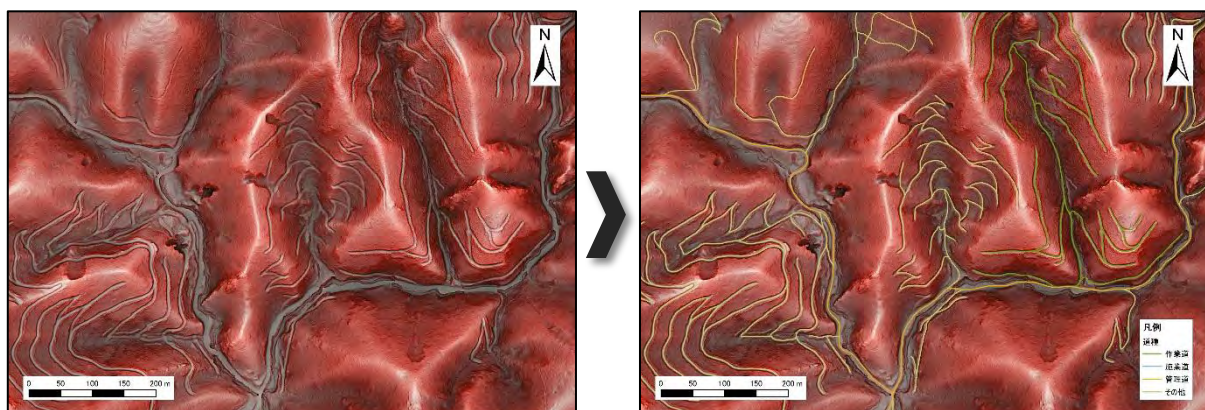


図 3-42 路網判読箇所

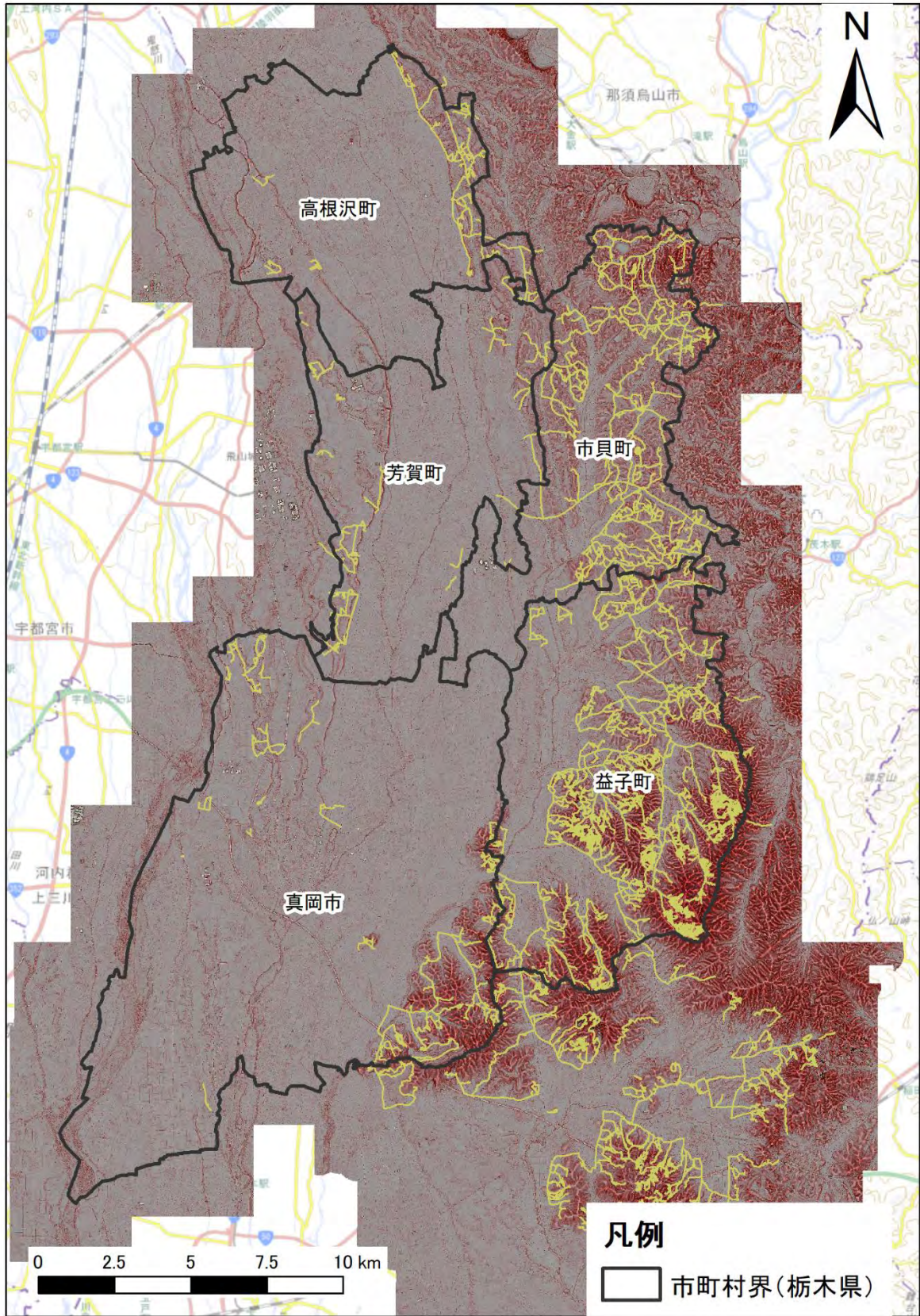


图 3-43 既設路網図 (栃木県)

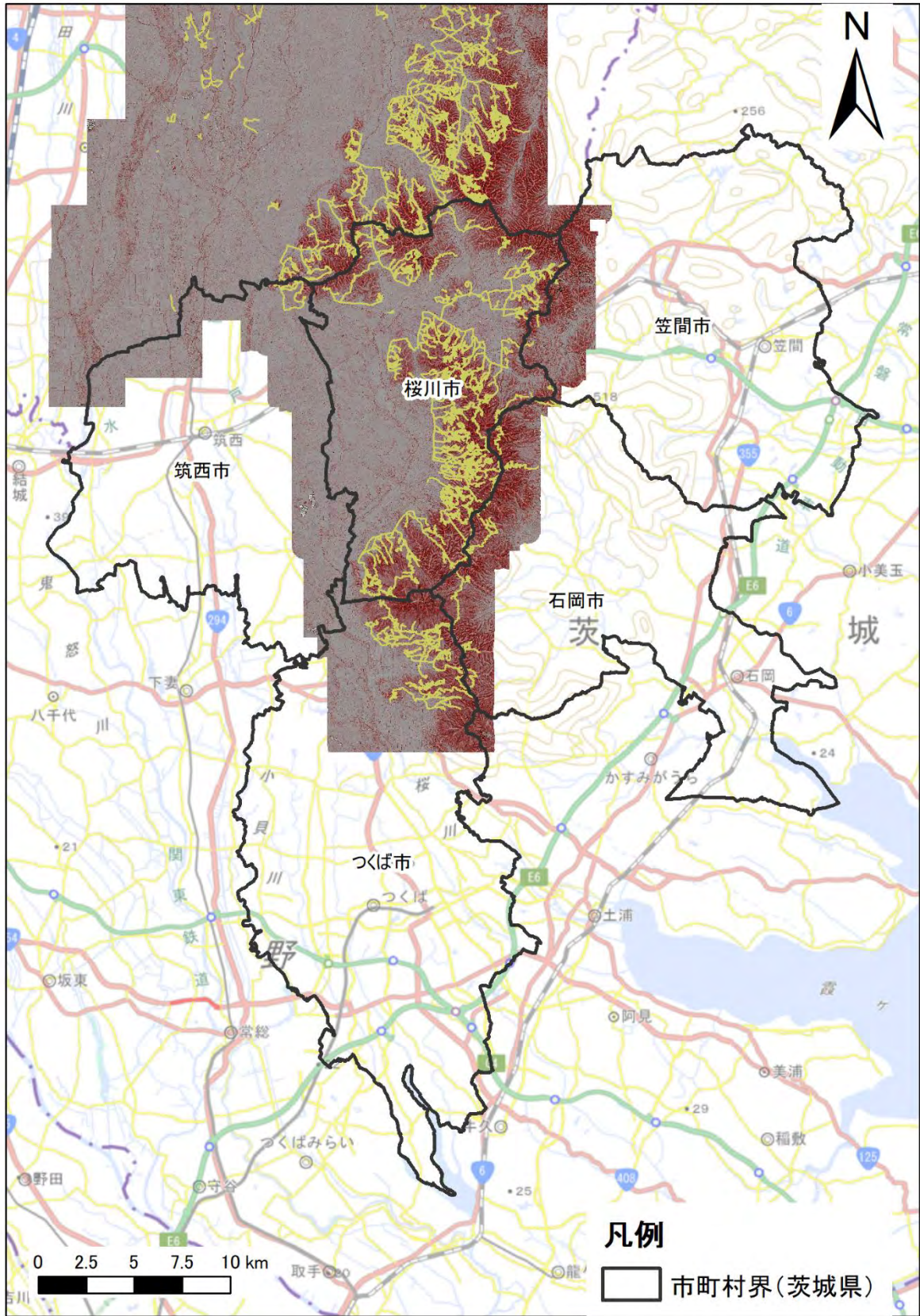


図 3-44 既設路網図 (茨城県)

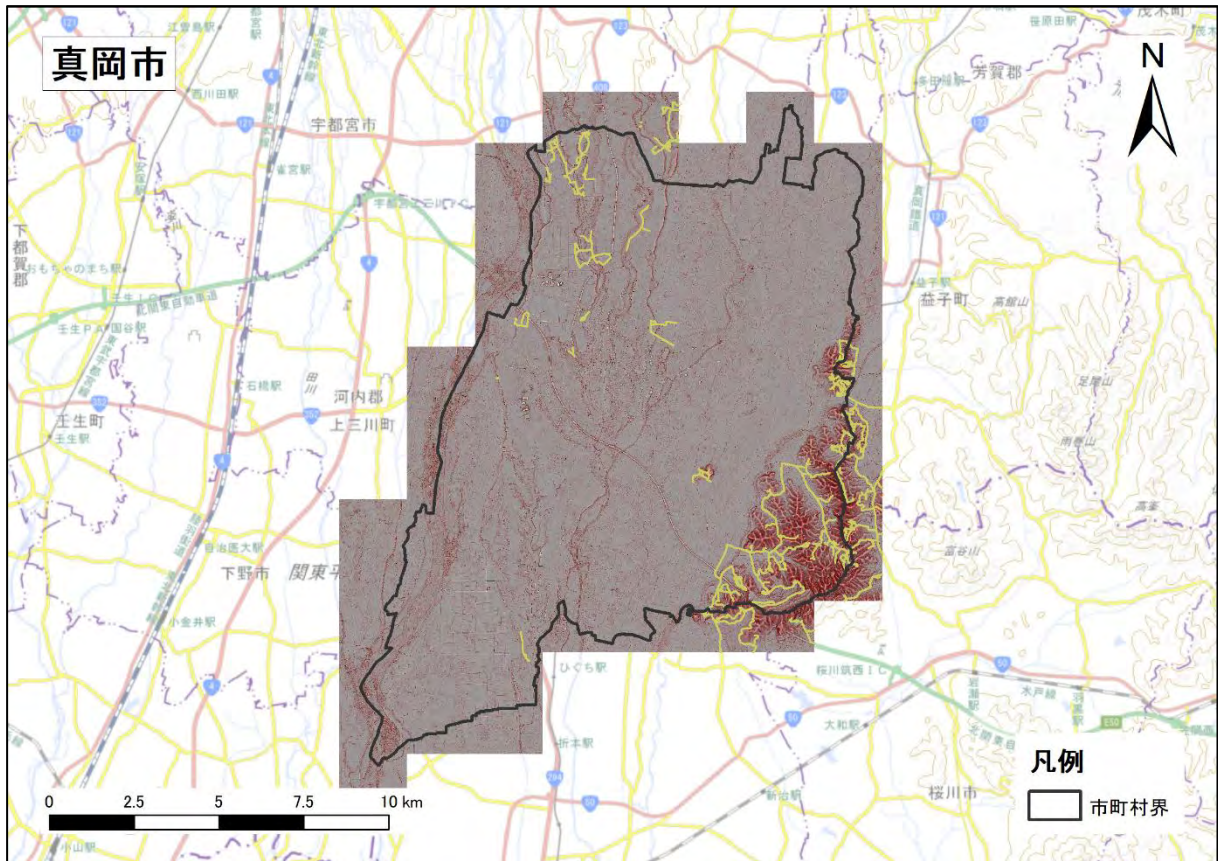


図 3-45 既設路網図（真岡市）

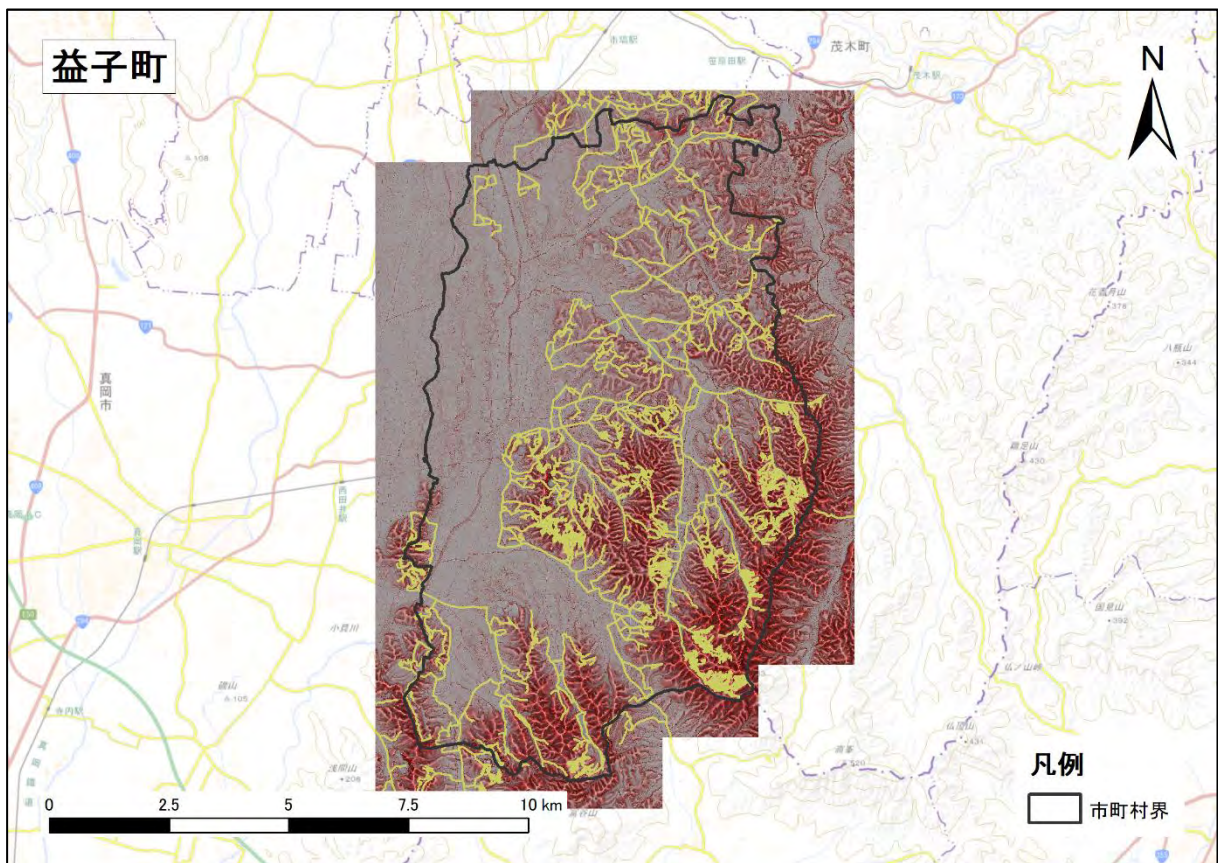


図 3-46 既設路網図（益子町）

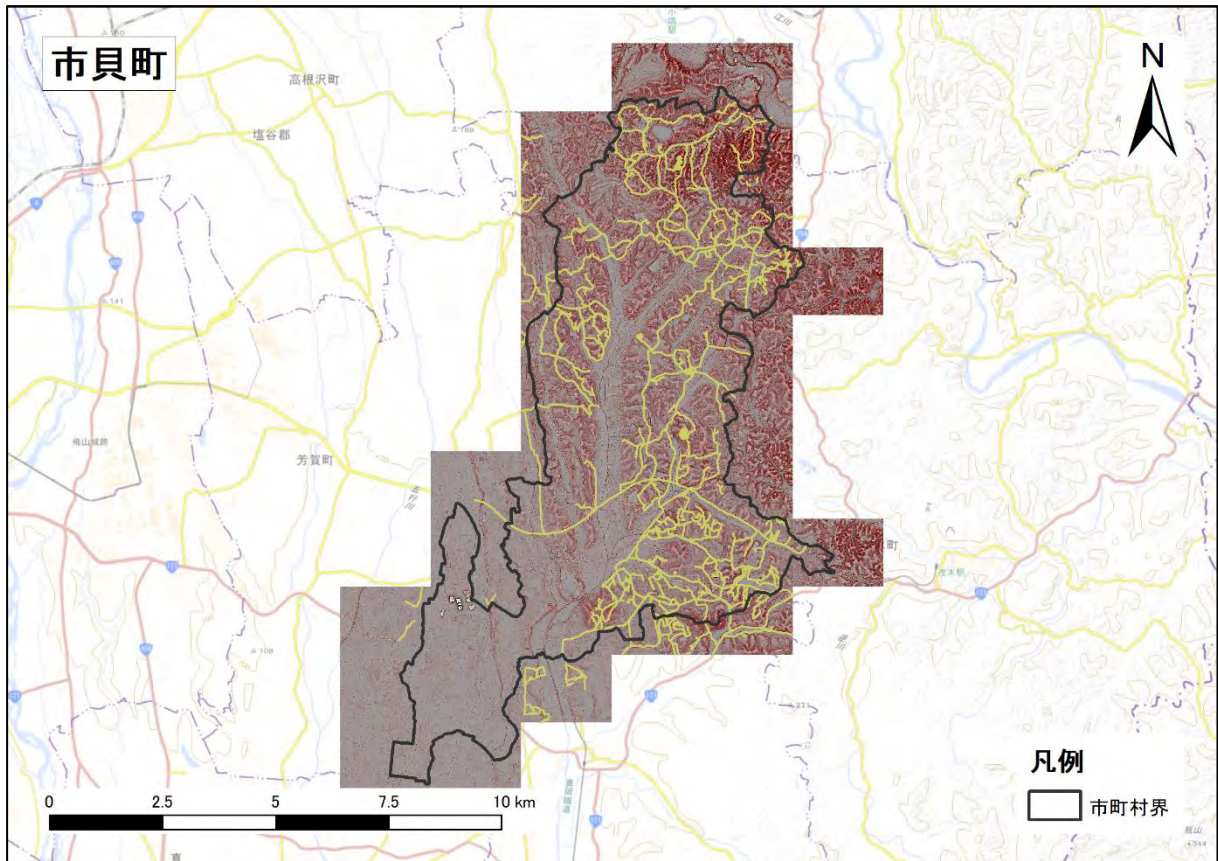


図 3-47 既設路網図（市貝町）

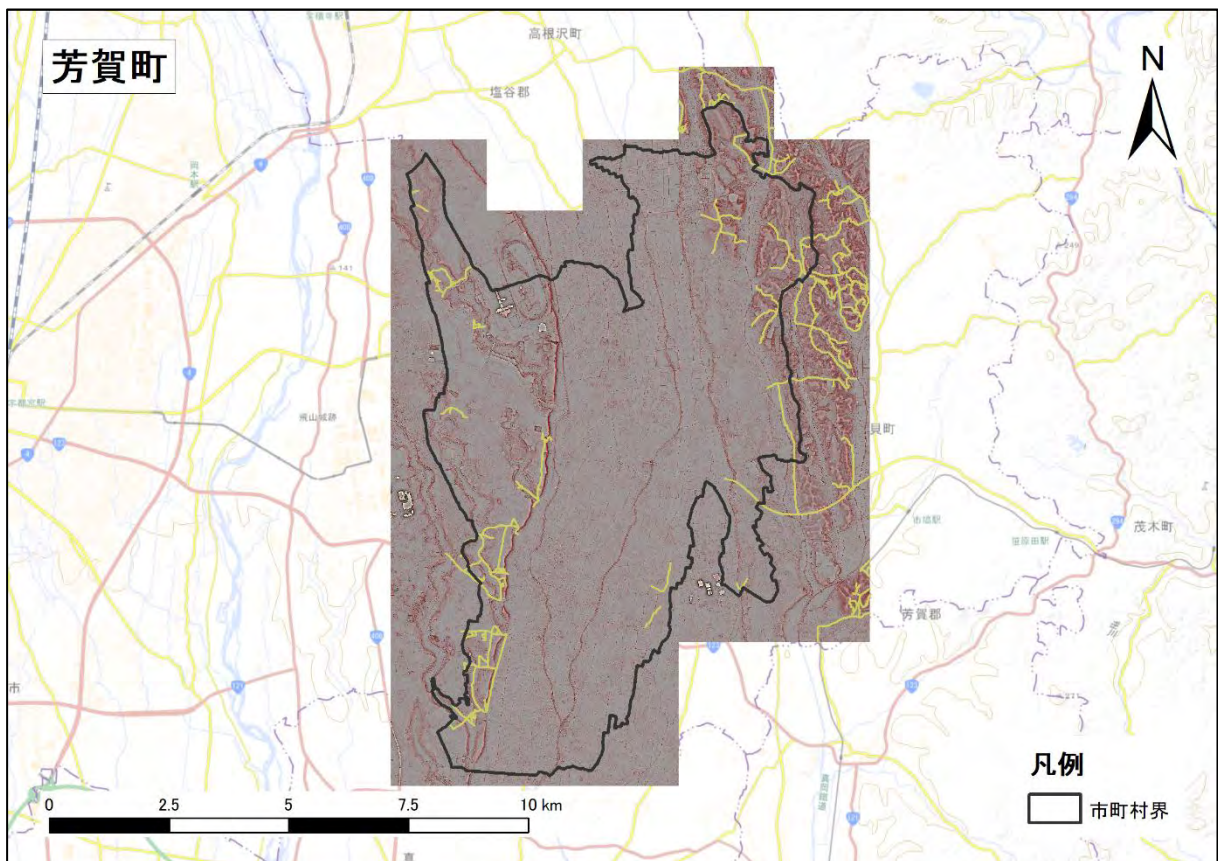


図 3-48 既設路網図（芳賀町）

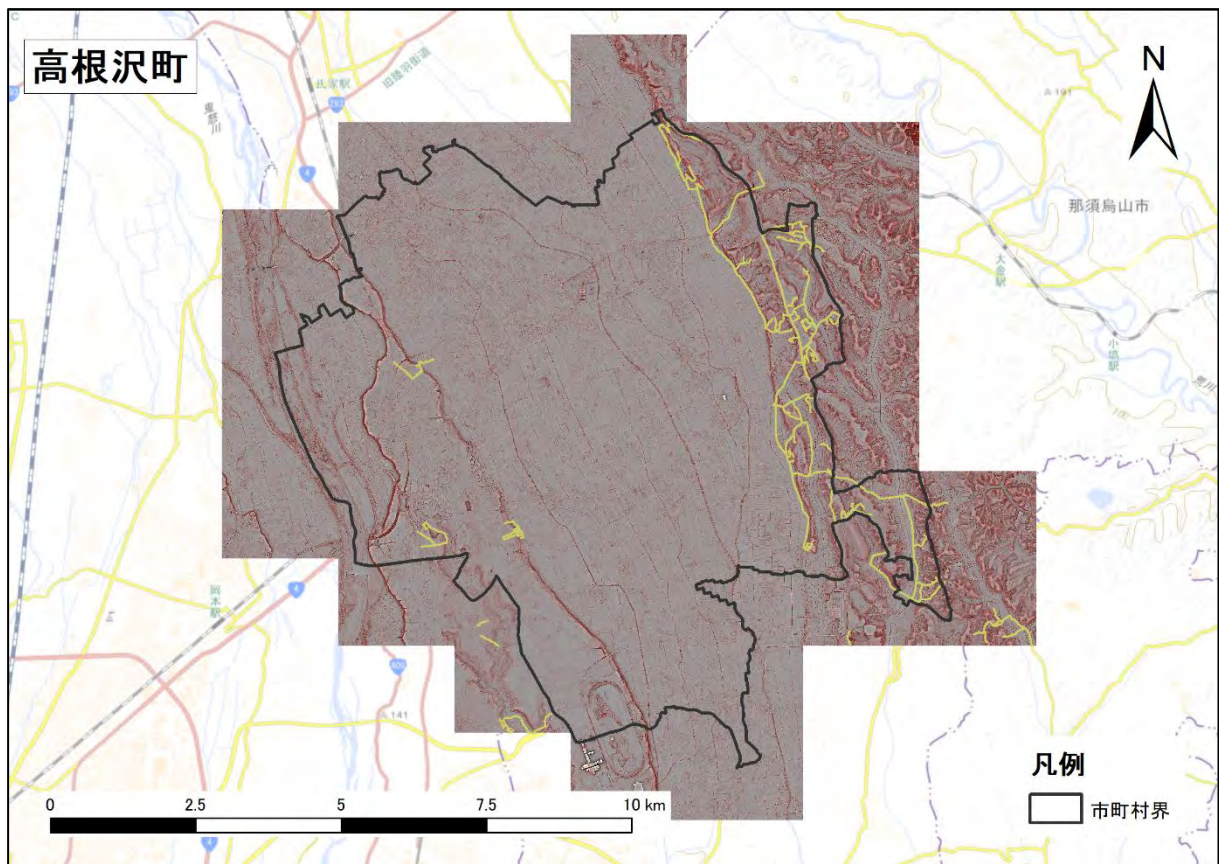


図 3-49 既設路網図（高根沢町）

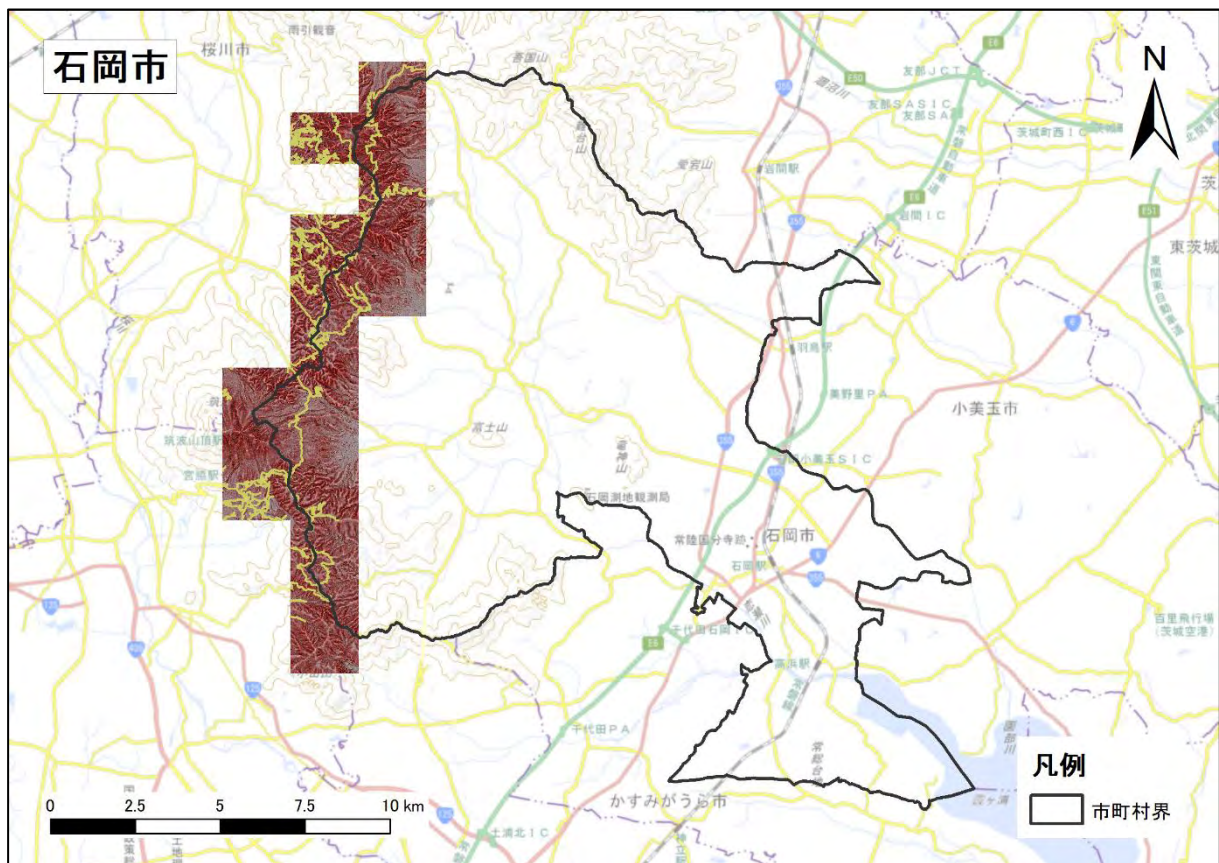


図 3-50 既設路網図（石岡市）

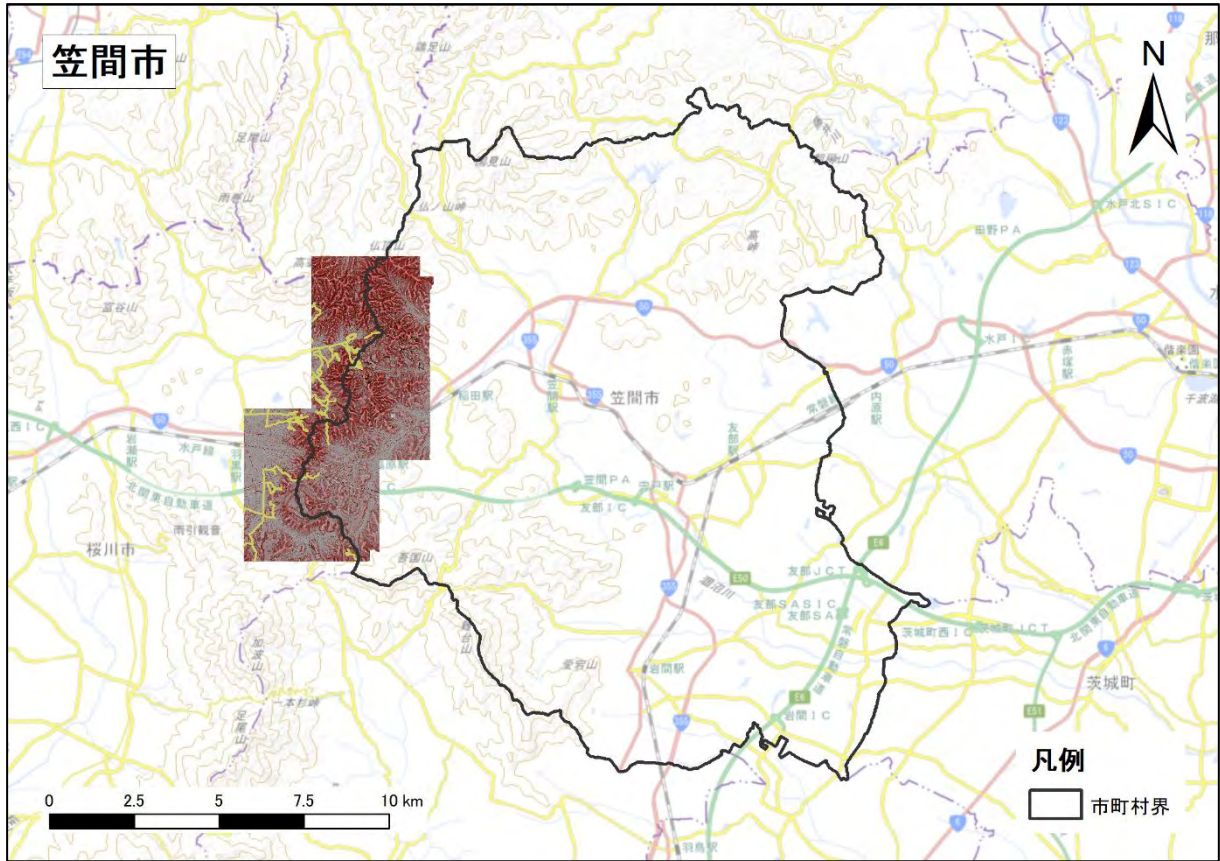


図 3-51 既設路網図（笠間市）

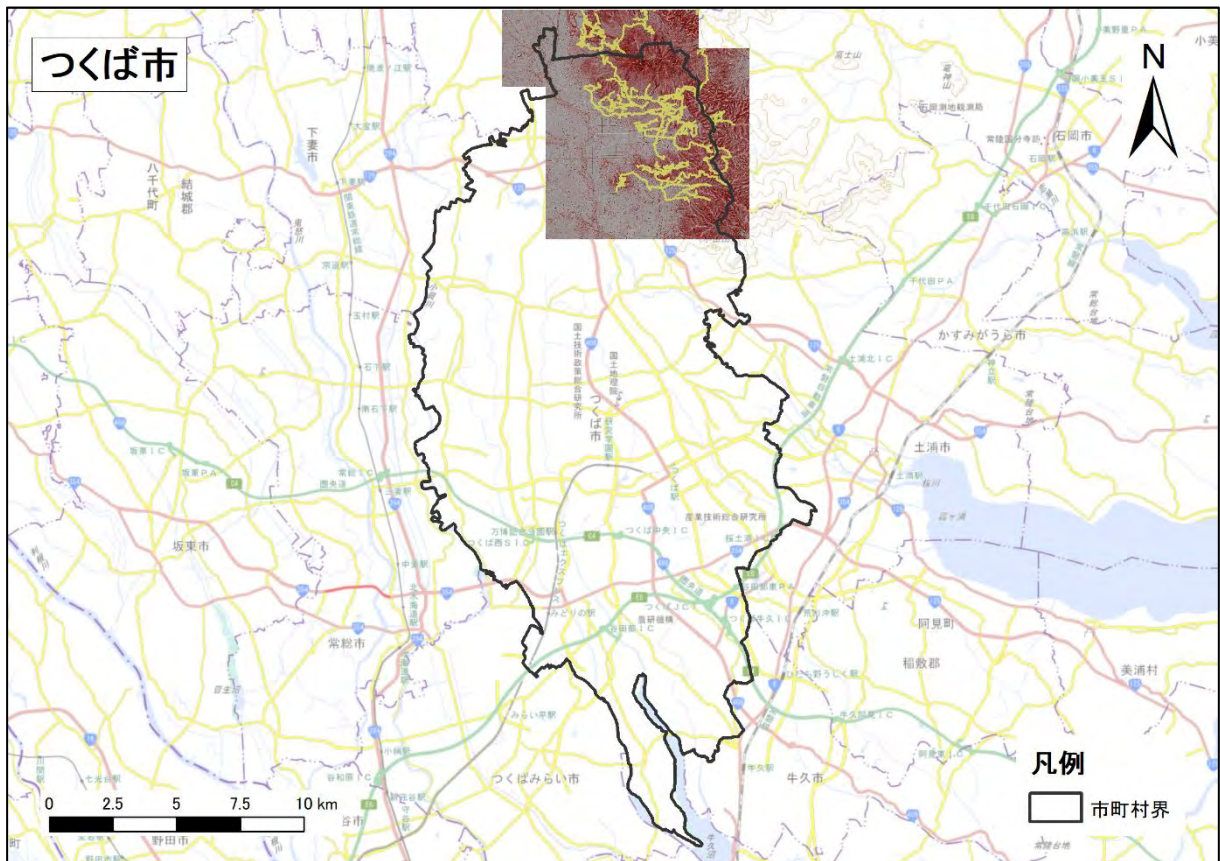


図 3-52 既設路網図（つくば市）

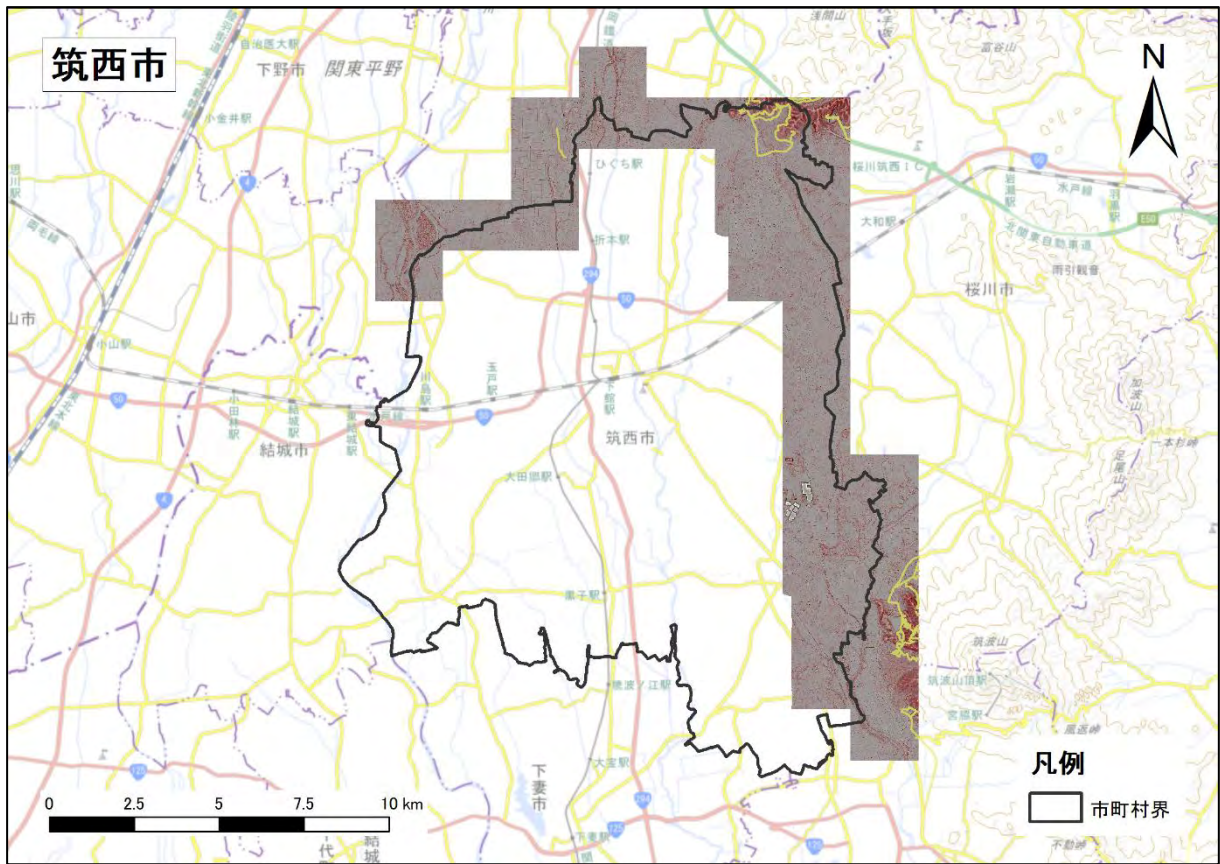


図 3-53 既設路網図（筑西市）

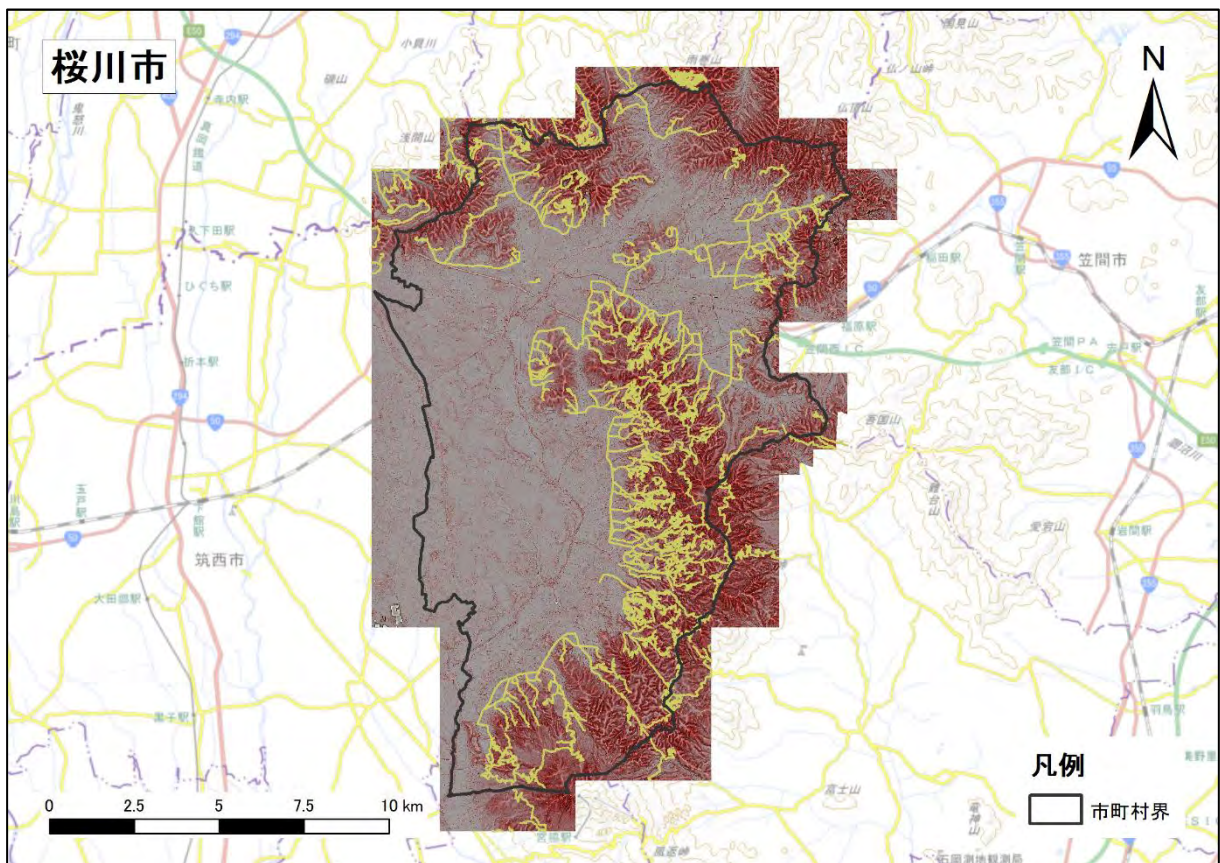


図 3-54 既設路網図（桜川市）

(2) 路線名の入力

(1) で判読した既設路網と借用した下記の林道情報とを突合し、各路線に以下の属性情報（路線名等）を付与した。

栃木県

- ・ 16_3012392.SHP（林道情報）

茨城県

- ・ sakuragawa.SHP（桜川市：林道情報）
- ・ つくば市林道.SHP（つくば市：林道情報）

林道情報の抽出結果を表 3-1 に示す。借用した路網データについてはすべて抽出できた。表 3-2～表 3-3 に林道情報の判読可否を示す。赤色立体地図とオルソ画像から抽出した既設路網と突合できた林道については、借用している各種林道情報の属性を紐づけ、線形を修正した。突合できない林道の属性は空欄とした。

表 3-1 林道情報の抽出結果

都道府県	市町村名	該当路網数	抽出路線数	抽出率
栃木県	真岡市	0	0	—
	益子町	5	5	100%
	市貝町	6	6	100%
	芳賀町	2	2	100%
	高根沢町	1	1	100%
茨城県	桜川市	27 (2)	27	100%
	つくば市	5 (2)	5	100%

※ () は桜川市・つくば市の共同管理

表 3-2 路網名の判読結果（栃木県）

No.	市町村名	名称	抽出の有無	修正の有無
1	益子町	板橋	○	○
2		小泉大郷戸	○	○
3		生田目	○	○
4		本沼大泉	○	○
5		大沢北郷谷	○	○
6	市貝町	竹内羽仏	○	○
7		文谷椎谷	○	○
8		村上駒込	○	○
9		新町多田羅	○	○
10		平・芦原	○	○
11		続谷塩田	○	○
12	芳賀町	上岡・稲荷沢	○	○
13		富士山	○	○
14	高根沢町	桑窪北	○	○

表 3-3 路網名の判読結果（茨城県）

No.	市町村	路線名	抽出の有無	修正の有無
1	桜川市	北筑波稜線（Ⅱ工区）	○	○
2		端上線	○	○
3		東山線	○	○
4		平沢	○	○
5		東山花の入線	○	○
6		富士根線	○	○
7		酒寄線	○	○
8		大泉本沼	○	○
9		猿田	○	○
10		鍬柄山	○	○
11		北中山大月	○	○
12		筑波稜線丸山線	○	○
13		北筑波稜線（Ⅰ工区）	○	○
14		平野線	○	○
15		鬼ヶ作線	○	○
16		上城	○	○
17		池亀	○	○
18		曾根	○	○
19		富谷入野	○	○
20		久原富谷	○	○
21		加茂部	○	○
22		今泉吾国	○	○
23		大月坂本	○	○
24		北筑波稜線（Ⅴ工区）	○	○
25		北筑波稜線（Ⅴ工区）	○	○
26	つくば市	宮の沢	○	○
27		筑野	○	○
28		白滝	○	○
29	桜川市・つくば市	岩の上	○	○
30		沼田新田酒寄	○	○

3.2.4 路網からの最大到達距離

作成した路網から距離を算出し、林野庁が示す適切な作業システムとその際の路網密度等の指標を基に区分を行った。本業務にて判読した路網からの最大到達距離について 0～200m、200～300m、300～500m、500～1500m、1500 以上の 5 区分とした（表 3-4）。路網からの最大到達距離を図 3-55、図 3-56 に示す。

表 3-4 林地生産力が比較的高い林分を対象とした
地形傾斜・作業システムに対応する路網整備水準の目安

区分	作業	林道等 (m/ha)	森林作業道 (m/ha)	路網密度 (m/ha)	最大到達距離 (m)	
					林道等 から	森林作業道 から
緩傾斜地 (0° ～15°)	車両系	35～50	65～200	100～250	150～200	30～75
中傾斜地 (15° ～30°)	車両系	25～40	50～160	75～200	200～300	40～100
	架線系		0～35	25～75		100～300
急傾斜地 (30° ～35°)	車両系	15～25	45～125	60～150	300～500	50～125
	架線系		0～25	15～50		150～500
急峻地 (35° ～)	架線系	5～15	—	5～15	500～1500	500～1500

※路網整備の考え方について、林野庁、平成 27 年 9 月、
www.rinya.maff.go.jp/j/rinsei/singikai/pdf/15093013.pdf

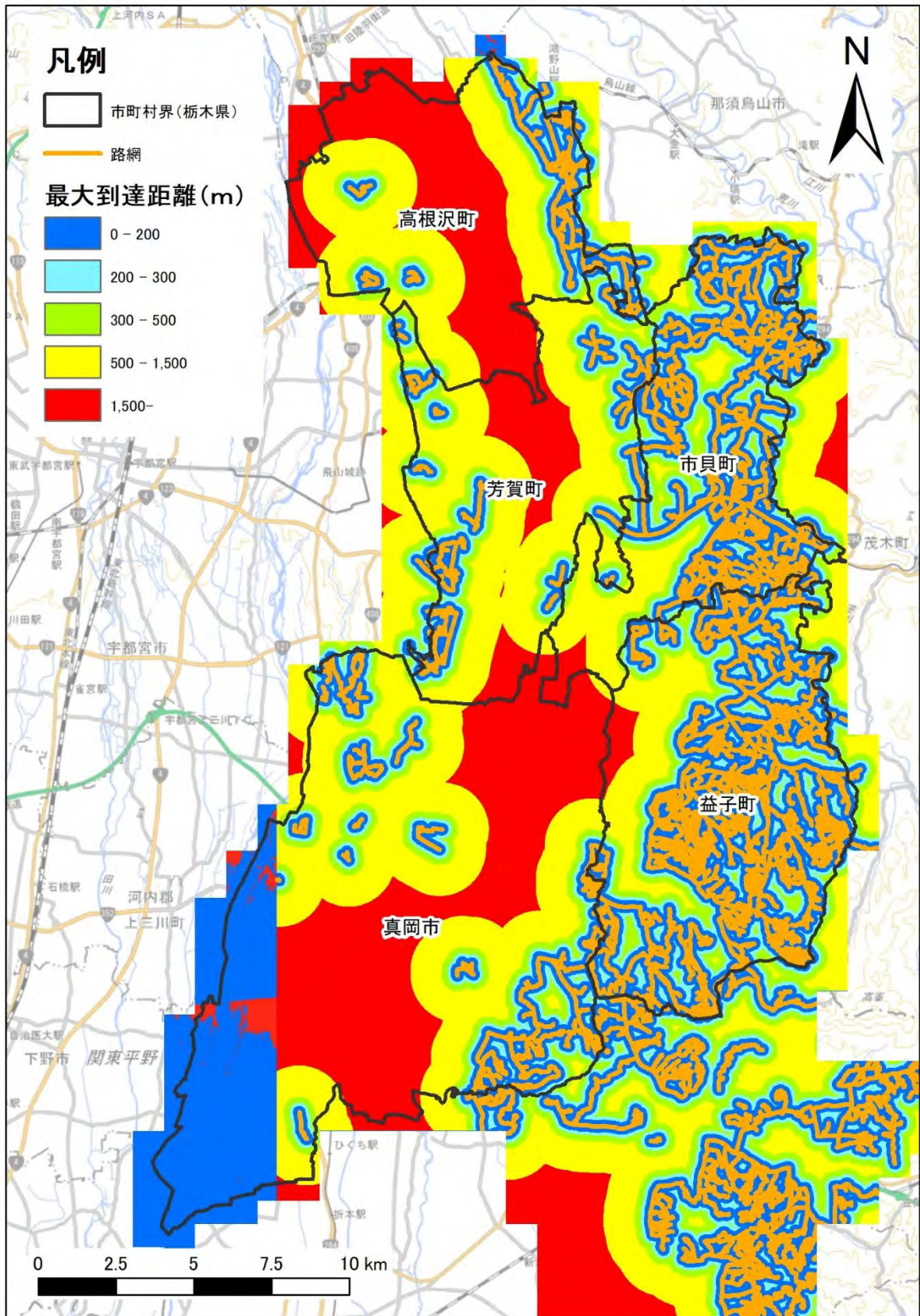


図 3-55 路網からの最大到達距離（栃木県）

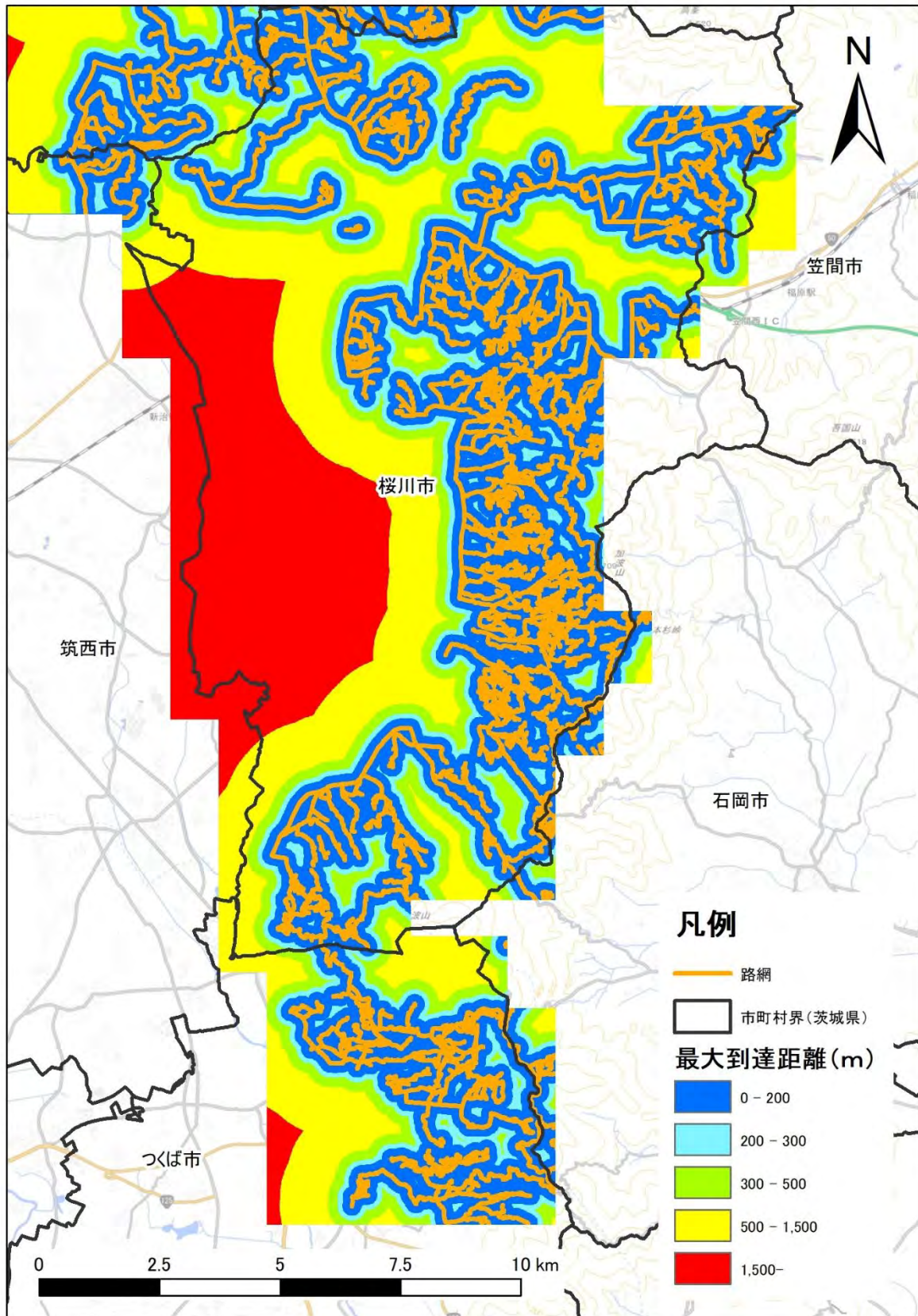


図 3-56 路網からの最大到達距離（茨城県）

3.2.5 集材方向解析

労働生産性の向上、生産コストの削減のために高性能林業機械の導入が進んでおり、フォワーダについては全国の保有台数は平成30年度の2,650台から令和5年は1.8倍の4,781台と増加している。一方、タワーヤーダは同期間比で1.05倍、スイングヤーダは1.06倍であり、架線系の高性能林業機械の台数は大きく増加しておらず、栃木県ではタワーヤーダが5台、スイングヤーダが20台、茨城県ではタワーヤーダが1台、スイングヤーダが3台となっている（表3-5）。

表 3-5 高性能林業機械等の都道府県別保有台数（令和5年度）

都道府県	フォワーダ	タワーヤーダ	スイングヤーダ
茨城	113	1	3
栃木	132	5	20
群馬	133	8	28
埼玉	20	1	11
千葉	11	2	1
東京	10	2	2
神奈川	30	2	9

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaihatu/kikai/attach/pdf/daisuu-35.pdf>の一部抜粋

架線集材は集材方向により生産効率が大きく異なり、一般的に上げ荷集材の方が下げ荷集材よりも効率的な施業ができる。そのため、本業務対象地において路網配置から集材方向の解析を行った（図3-58、図3-59）。

本業務範囲においては上げ荷集材となる箇所が下げ集材の箇所よりも多くなっていた。傾斜区分ごとに割合を示すと、平坦地から15度までは下げ荷の割合が増えていき、15度以上の箇所ではほぼ一定であることが分かった。

フォワーダなどの車両系集材では作業道を斜面方向下に向かって、基幹道に材を下したほうが効率的であるため、林業生産を行える35度程度までの傾斜で下荷が多くなっていると考えられる。

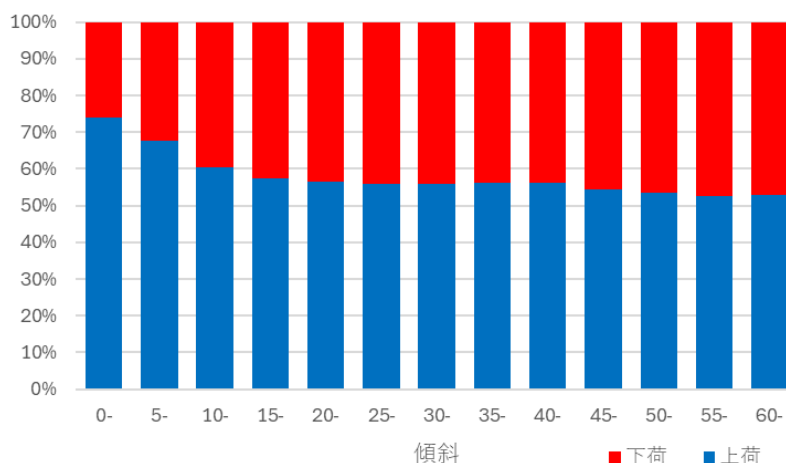


図 3-57 傾斜ごとの集材方向

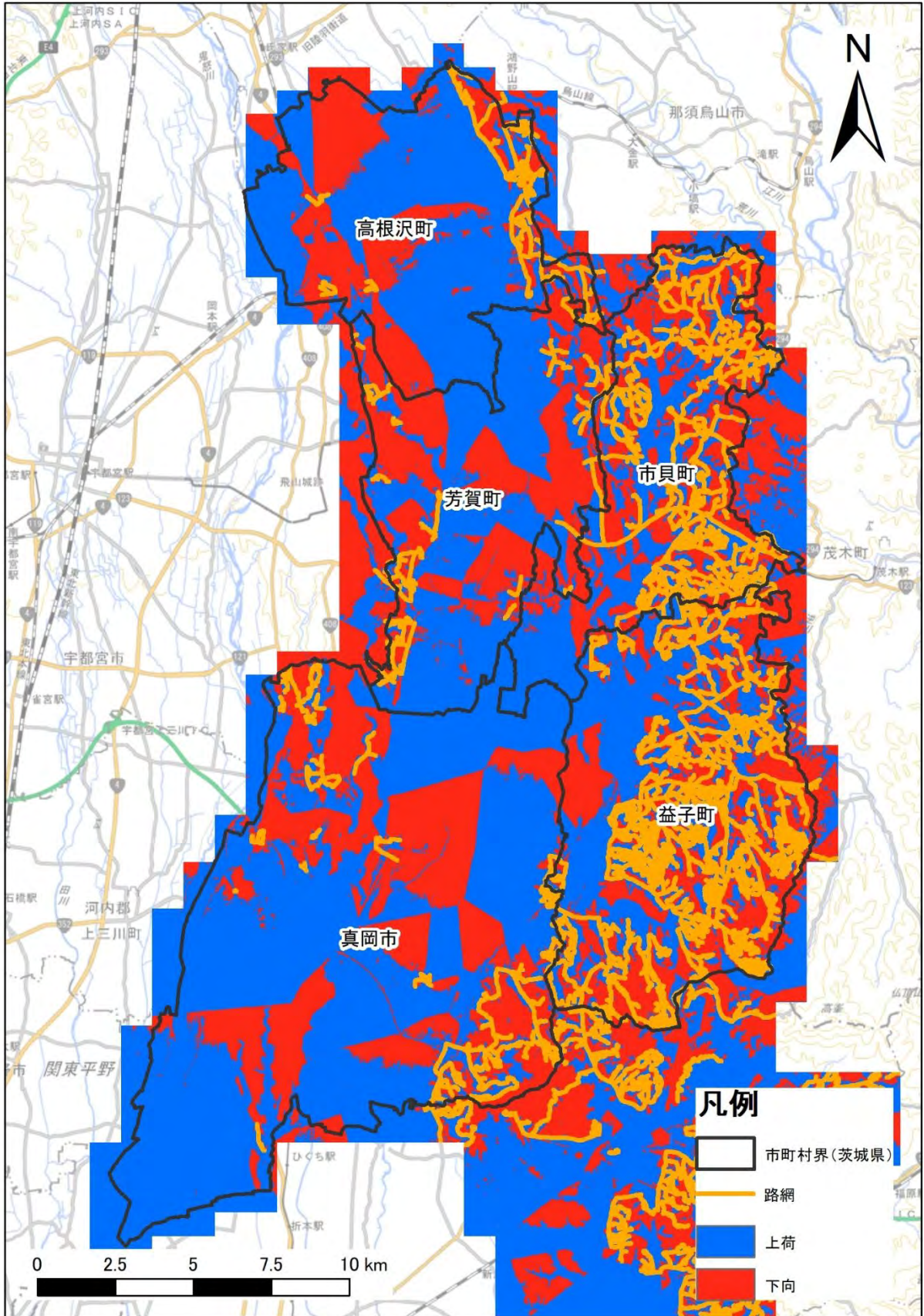


图 3-58 集材方向（栃木県）

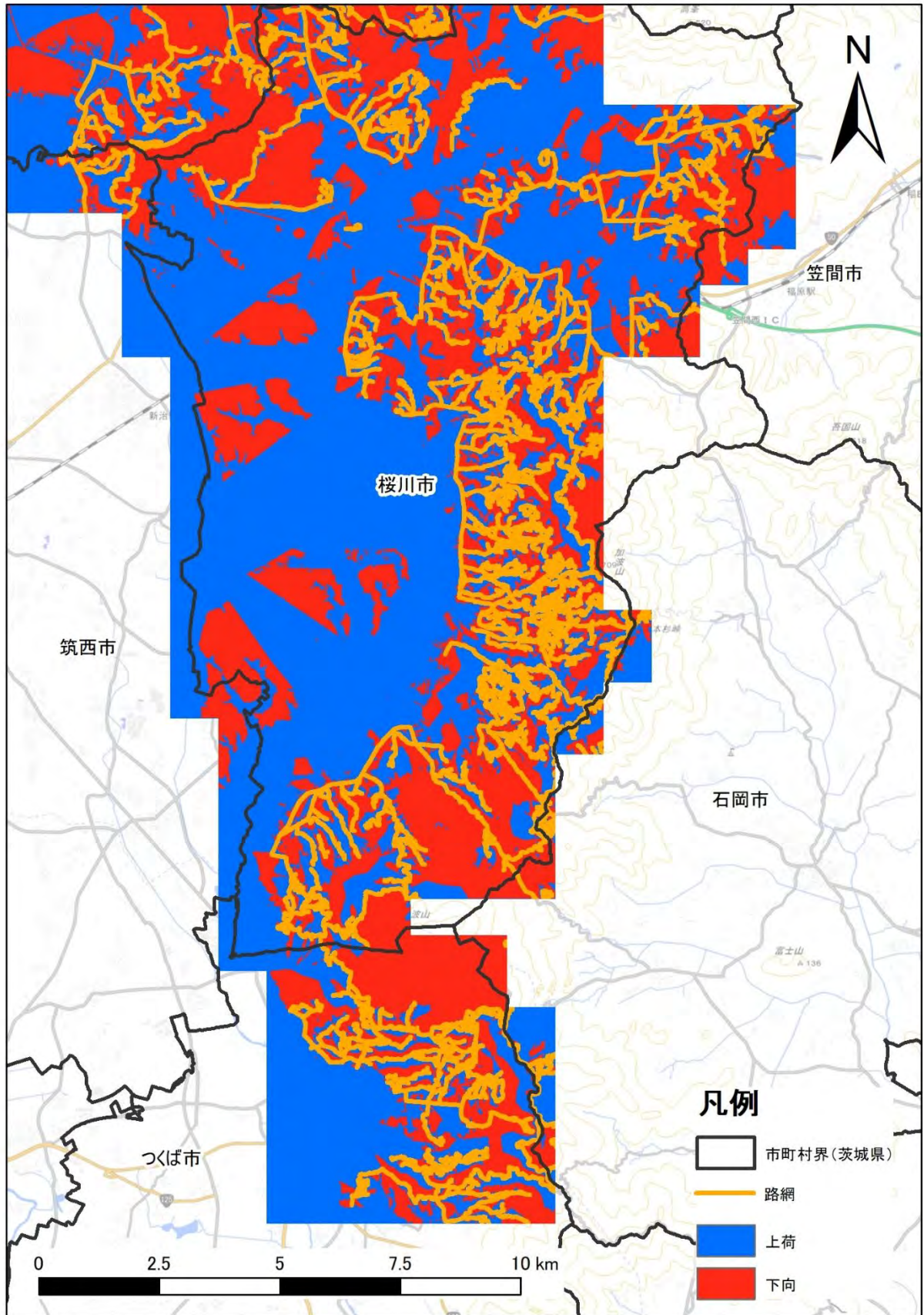


図 3-59 集材方向（茨城県）

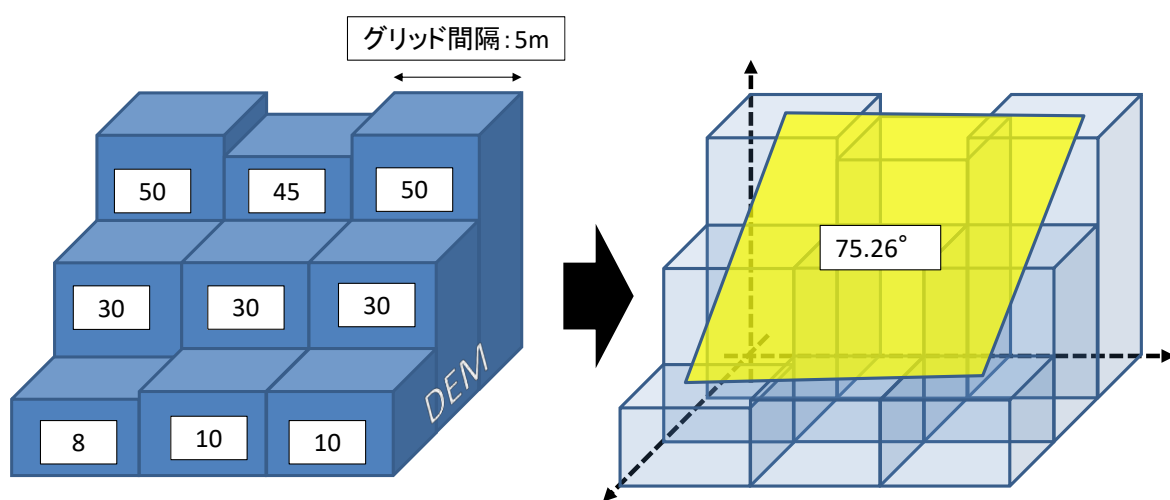
3.3 傾斜量図の作成

3.3.1 傾斜角の算出

路網の整備を行うにあたっては、林業機械の走行を想定し、急峻な地形を避ける路網計画が必要である。そのため、航空レーザ計測による地盤高データから傾斜度を計算し、傾斜量図を作成した。標高 DEM データから各ピクセルの傾斜角度を算出した上で、地上解像度 0.5m の傾斜量図及び 5 m 単位で当該傾斜角度を平均した傾斜量図を作成した。

求めたい地点の周囲の標高値の変化量から算出した。DEM より 3×3 のグリッドごとに最小二乗法により平面を推定し、平面の最大傾斜を算出した。算出イメージと計算式を図 3-60 に示す。

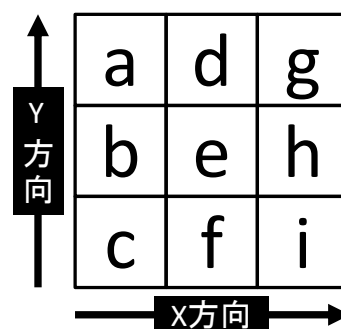
また、傾斜角の算出し作成した傾斜量図を図 3-60 に示す。



$$\text{傾斜角 } e = \text{atan} \left(\sqrt{(dz/dx)^2 + (dz/dy)^2} \right) \times 57.29578$$

$$dz/dx = \frac{\left((c + 2f + i) \times \frac{4}{\text{weight}} - (a + 2d + g) \times \frac{4}{\text{weight}} \right)}{(8 \times \text{cellsize})}$$

$$dz/dy = \frac{\left((g + 2h + i) \times \frac{4}{\text{weight}} - (a + 2b + c) \times \frac{4}{\text{weight}} \right)}{(8 \times \text{cellsize})}$$



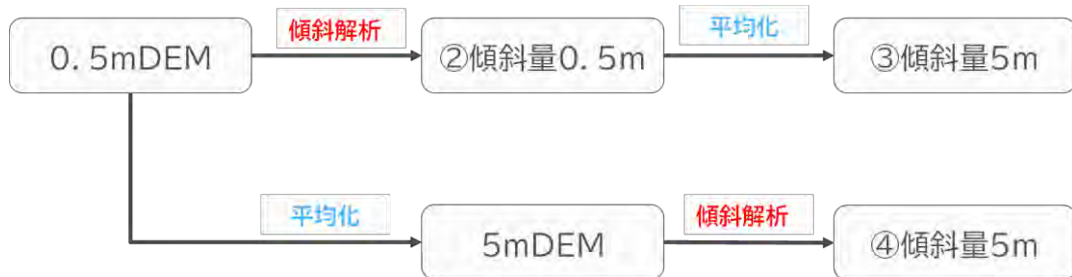
※ここで weight=4 (a~i のセル値がなかった場合には小さくなる)

cellsize=5m、a~i はそれぞれのセル値を示す。

図 3-60 傾斜角の算出イメージ

なお、傾斜を算出してから平均化し5m単位の傾斜量図を作成する場合と標高DEMデータの時点で5mに平均化する場合では傾斜量が異なる。

0.5mメッシュで傾斜解析を行って5mで平均化する場合は、傾斜の平均値となる。本業務では以下の②～④のデータについてすべて作成した。



3.3.2 傾斜量図及び傾斜区分図

0.5m および5m の2種類のDEMデータを利用して、傾斜量図を作成した。各DEM由来の傾斜量図の比較を図3-61、図3-62に示し、5mDEM由来の傾斜量図の全体図を図3-64、図3-65に、市町村別の図を図3-66～図3-75に示す。

林野庁では傾斜区分から適切な作業システムとその際の路網密度等の指標を示している。表3-7に示した区分のとおり、作成した傾斜量図（5mDEM由来）について、①0度から15度未満を青色、②15度以上30度未満を緑色、③30度以上35度未満を黄色、④35度以上を赤の4区分に色分けした傾斜区分図を作成した。傾斜区分図の色調を表3-6に示す。

作成した傾斜区分図の全体図を図3-76、図3-77に、市町村別の図を図3-78～図3-87に示す。

表 3-6 傾斜区分の色調

傾斜区分	色調 (RGB)	実際の色調
緩傾斜 (0° ～15°)	R 1, G 1, B 253	
中傾斜地 (15° ～30°)	R 0, G 255, B 3	
急傾斜地 (30° ～35°)	R 255, G 254, B 0	
急峻地 (35° ～)	R 254, G 0, B 0	

表 3-7 林地生産力が比較的高い林分を対象とした
地形傾斜・作業システムに対応する路網整備水準の目安

区分	作業	林道等 (m/ha)	森林作業道 (m/ha)	路網密度 (m/ha)	最大到達距離 (m)	
					林道等 から	森林作業道 から
緩傾斜地 (0° ~15°)	車両系	35~50	65~200	100~250	150~200	30~75
中傾斜地 (15° ~30°)	車両系	25~40	50~160	75~200	200~300	40~100
	架線系		0~35	25~75		100~300
急傾斜地 (30° ~35°)	車両系	15~25	45~125	60~150	300~500	50~125
	架線系		0~25	15~50		150~500
急峻地 (35° ~)	架線系	5~15	—	5~15	500~1500	500~1500

※路網整備の考え方について、林野庁、平成 27 年 9 月、
www.rinya.maff.go.jp/j/rinsei/singikai/pdf/15093013.pdf

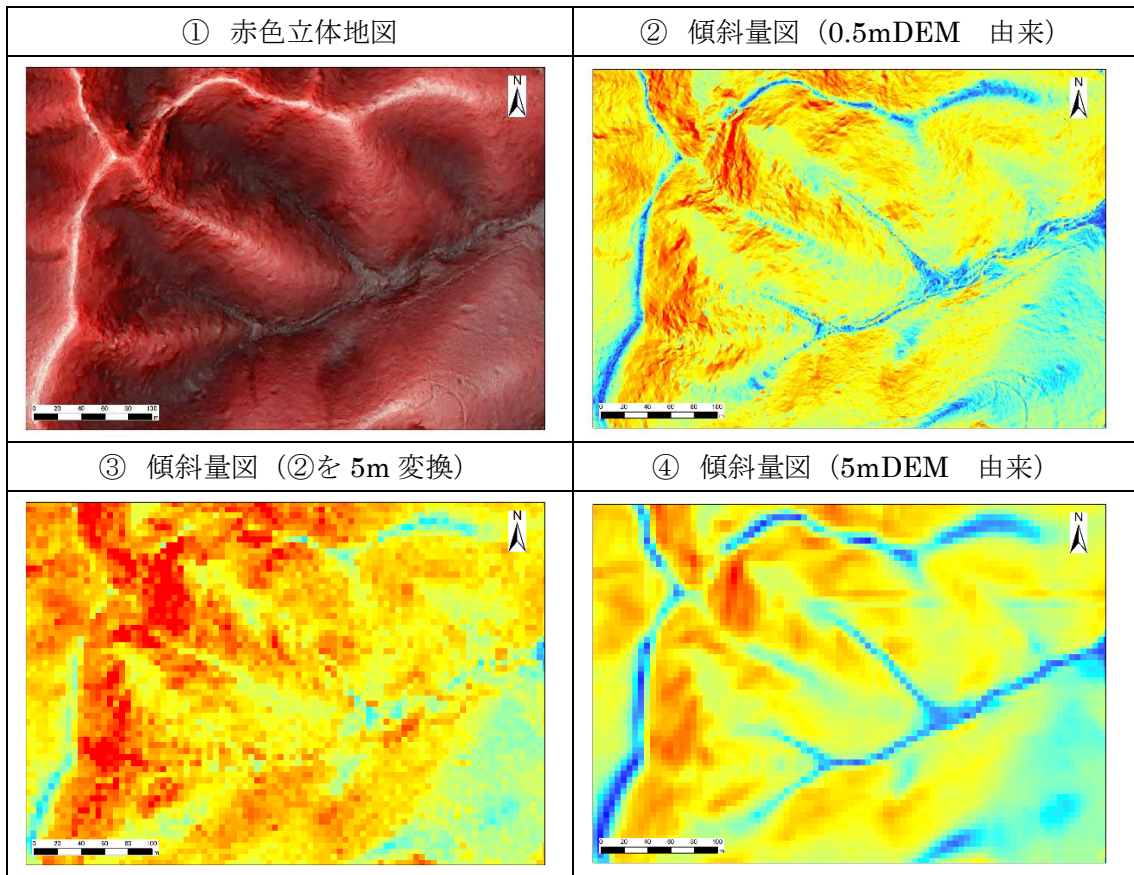


図 3-61 各種 DEM 由来の傾斜量図の比較 (その 1)

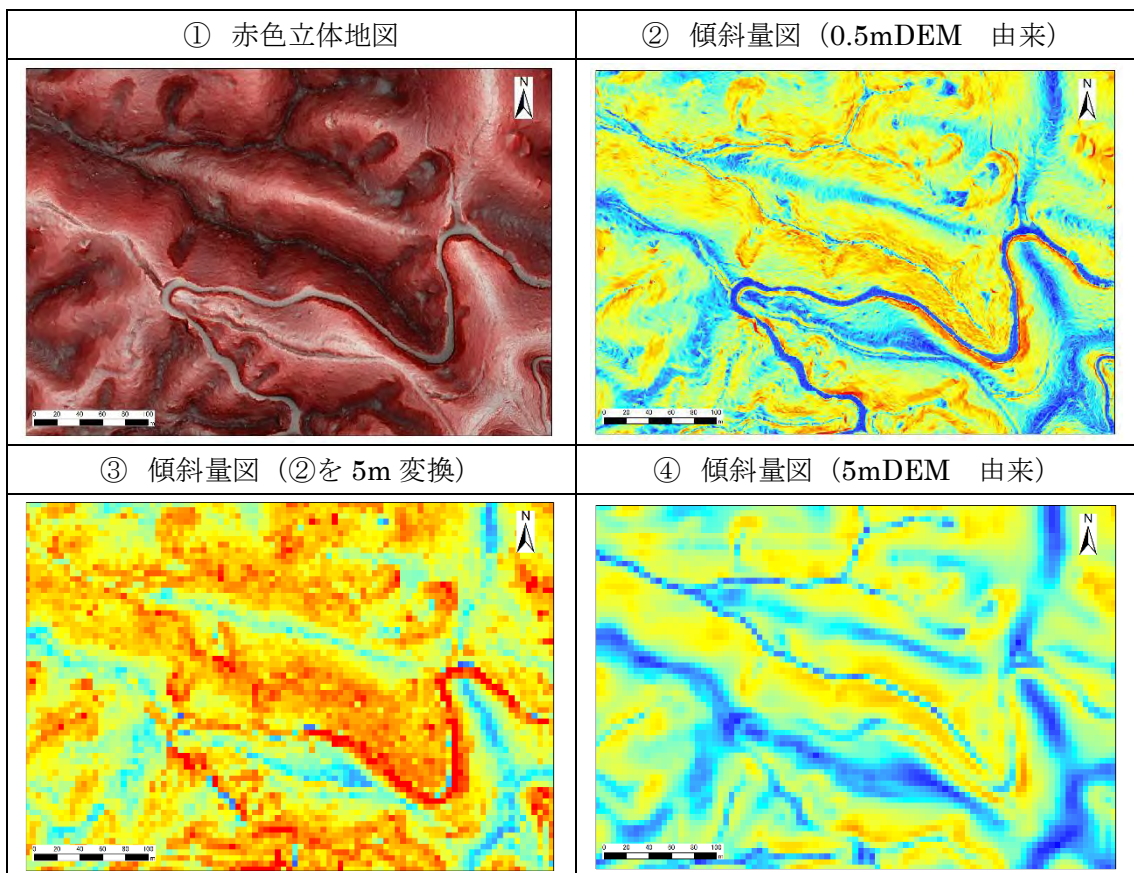


図 3-62 各種 DEM 由来の傾斜量図の比較 (その 2)

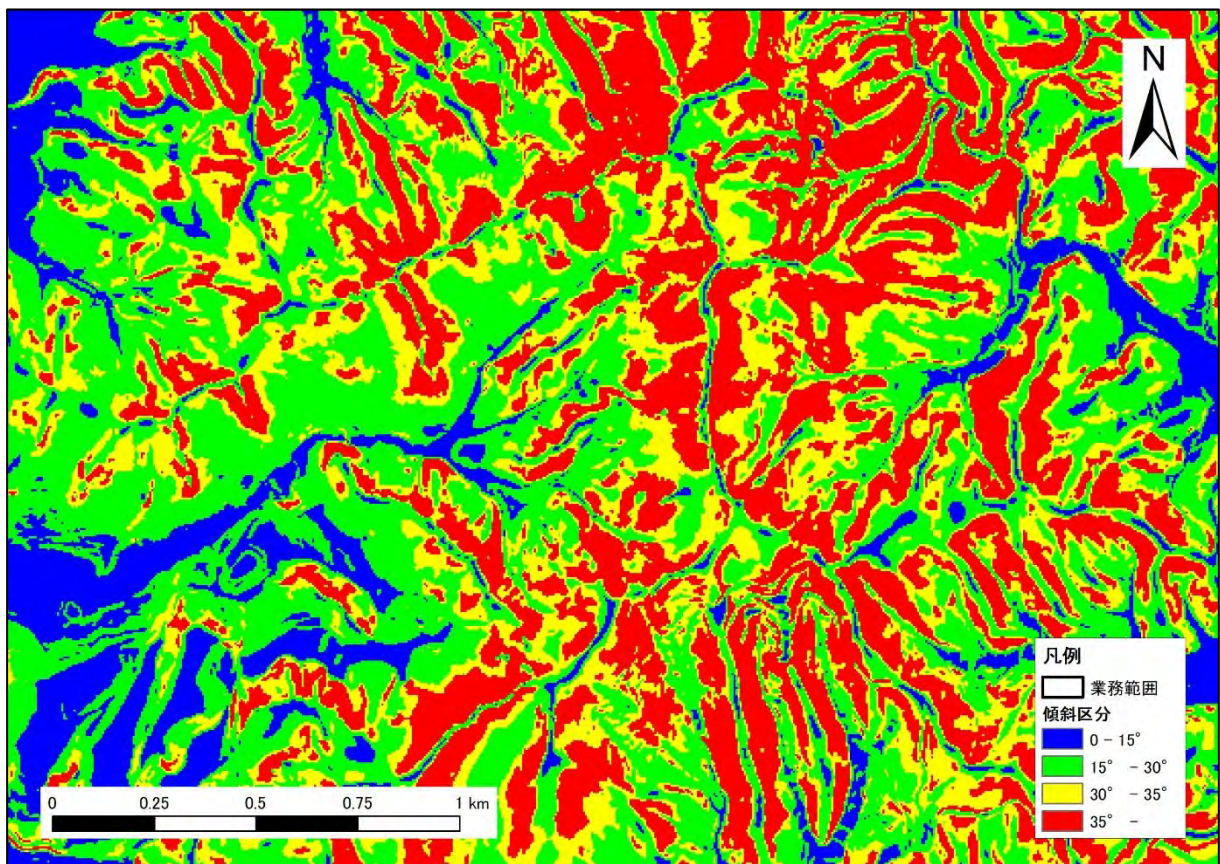
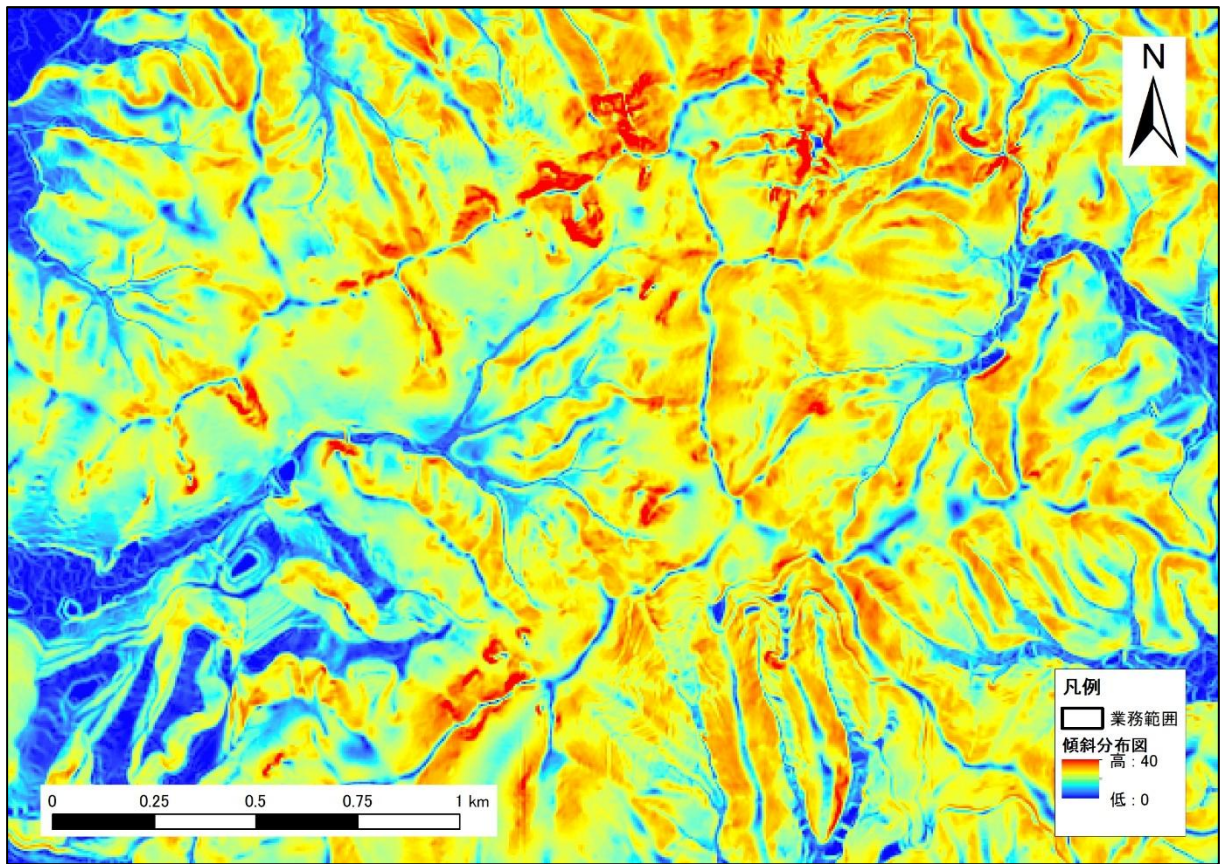


図 3-63 傾斜量図（上）と傾斜区分図（下）の比較（拡大図）

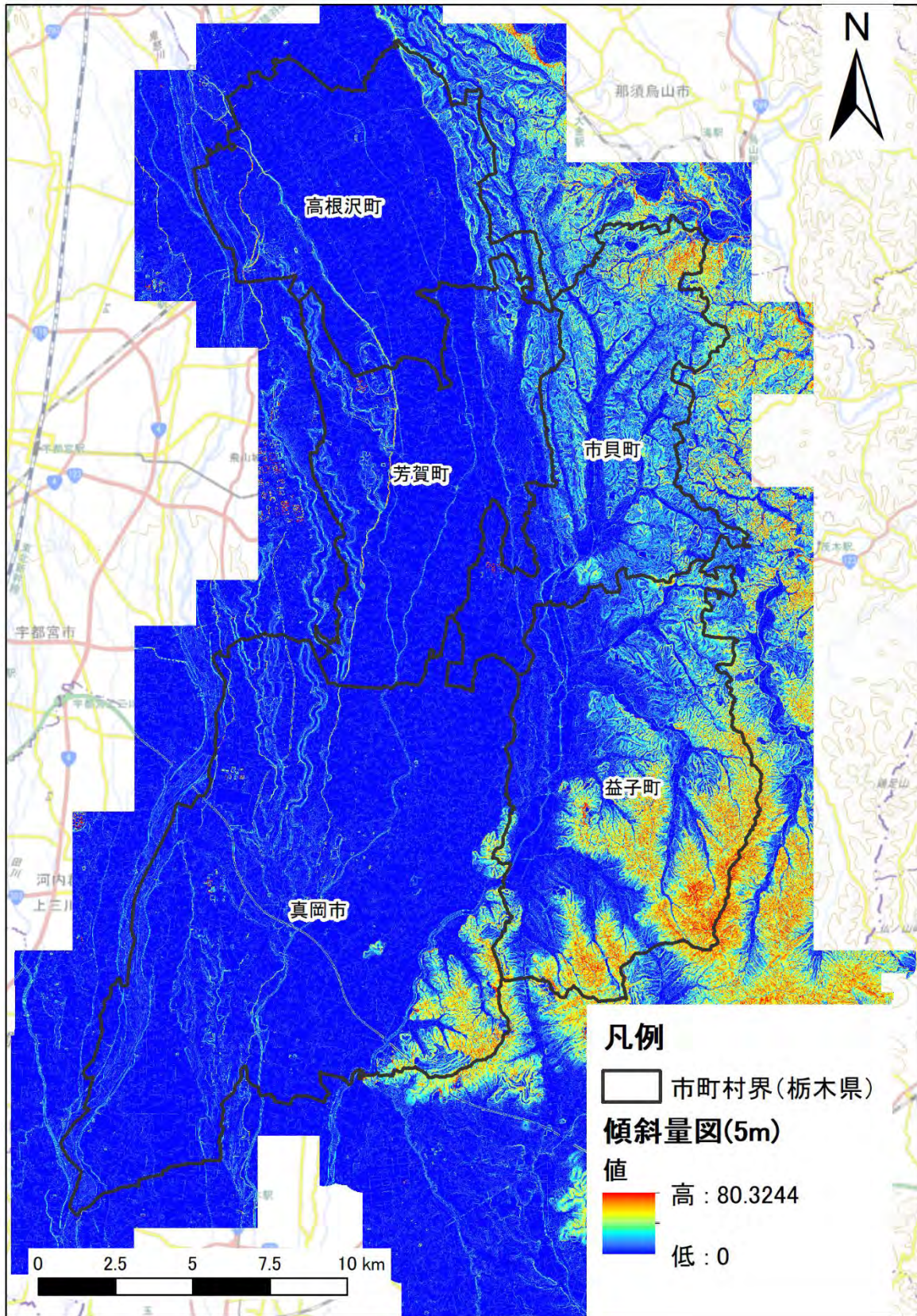


图 3-64 傾斜量図 (栃木県)

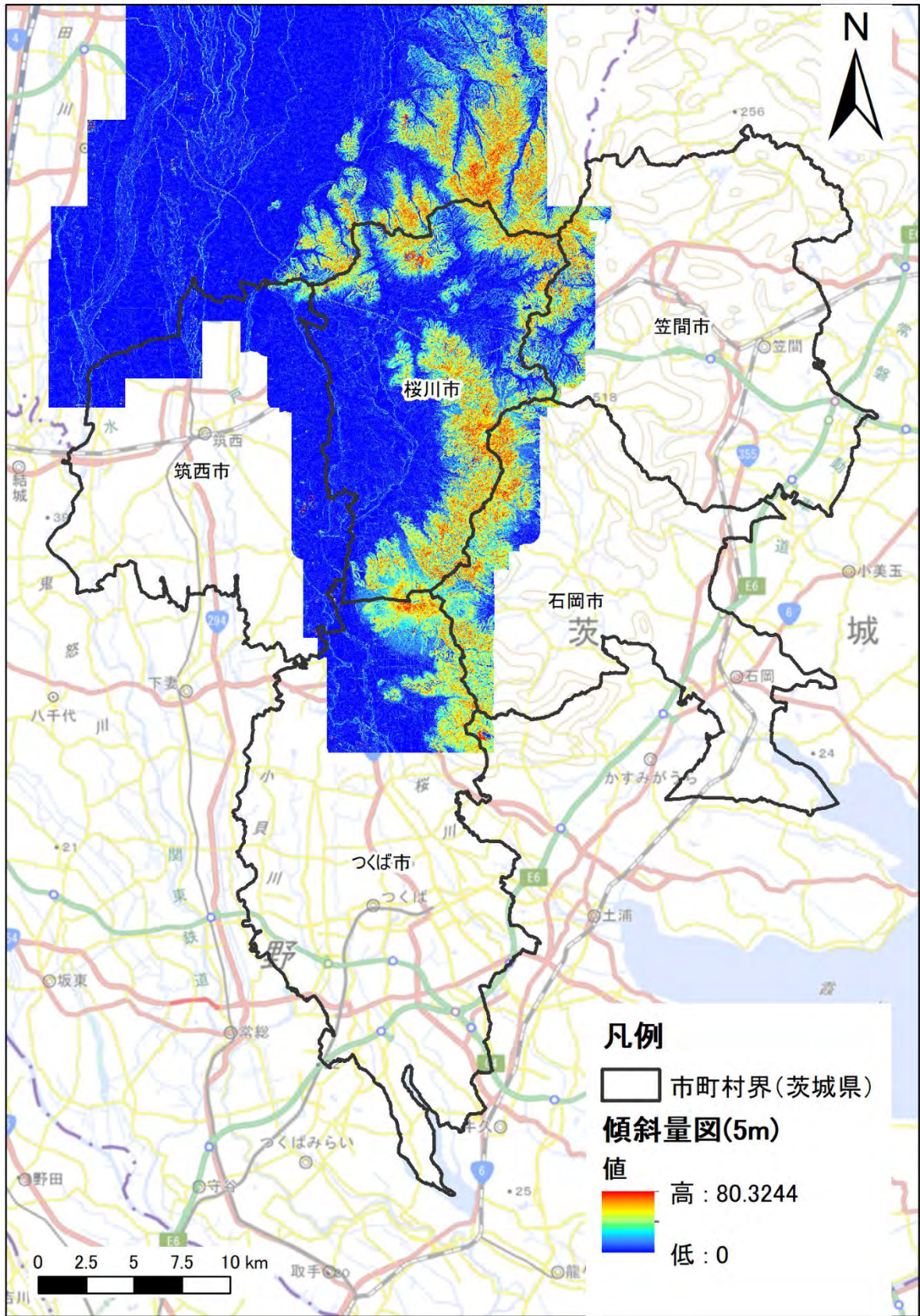


图 3-65 傾斜量図 (茨城県)

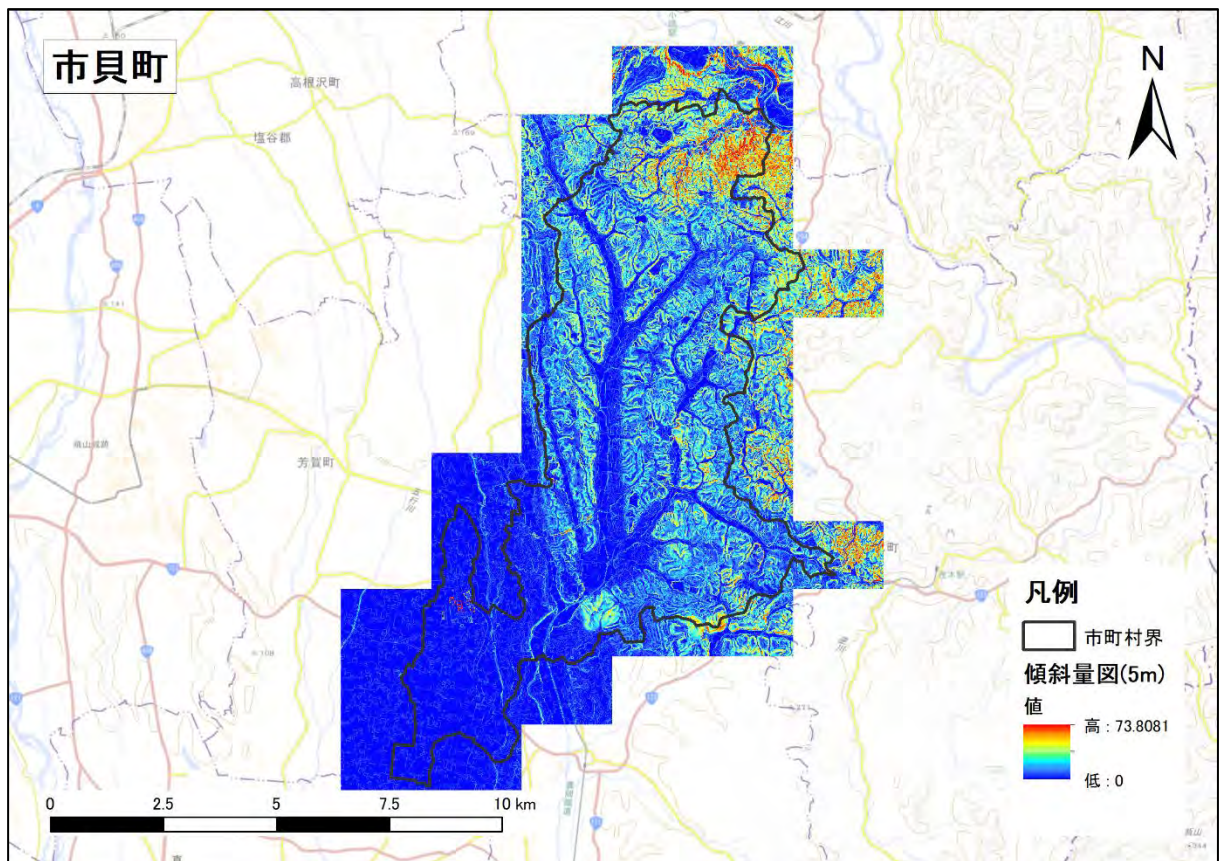


図 3-68 傾斜量図 (市貝町)

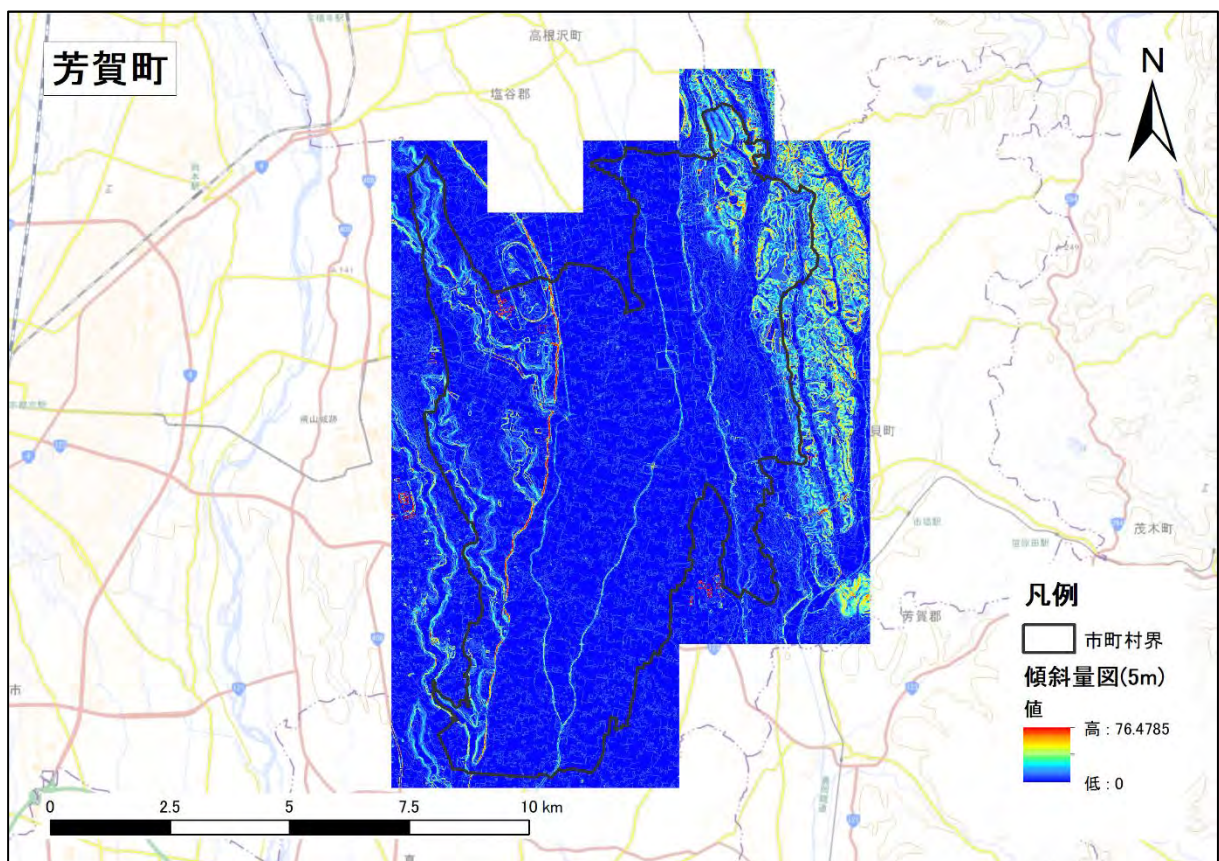


図 3-69 傾斜量図 (芳賀町)

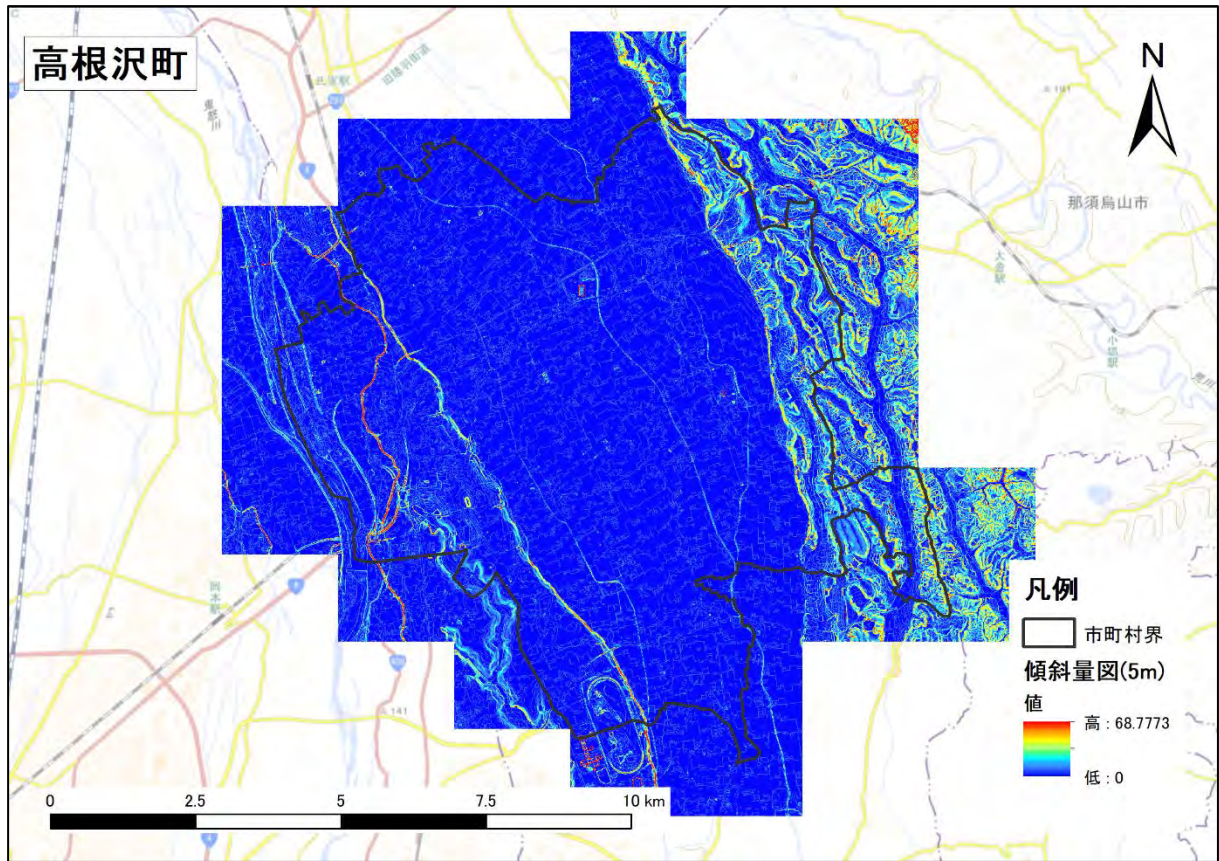


図 3-70 傾斜量図 (高根沢町)

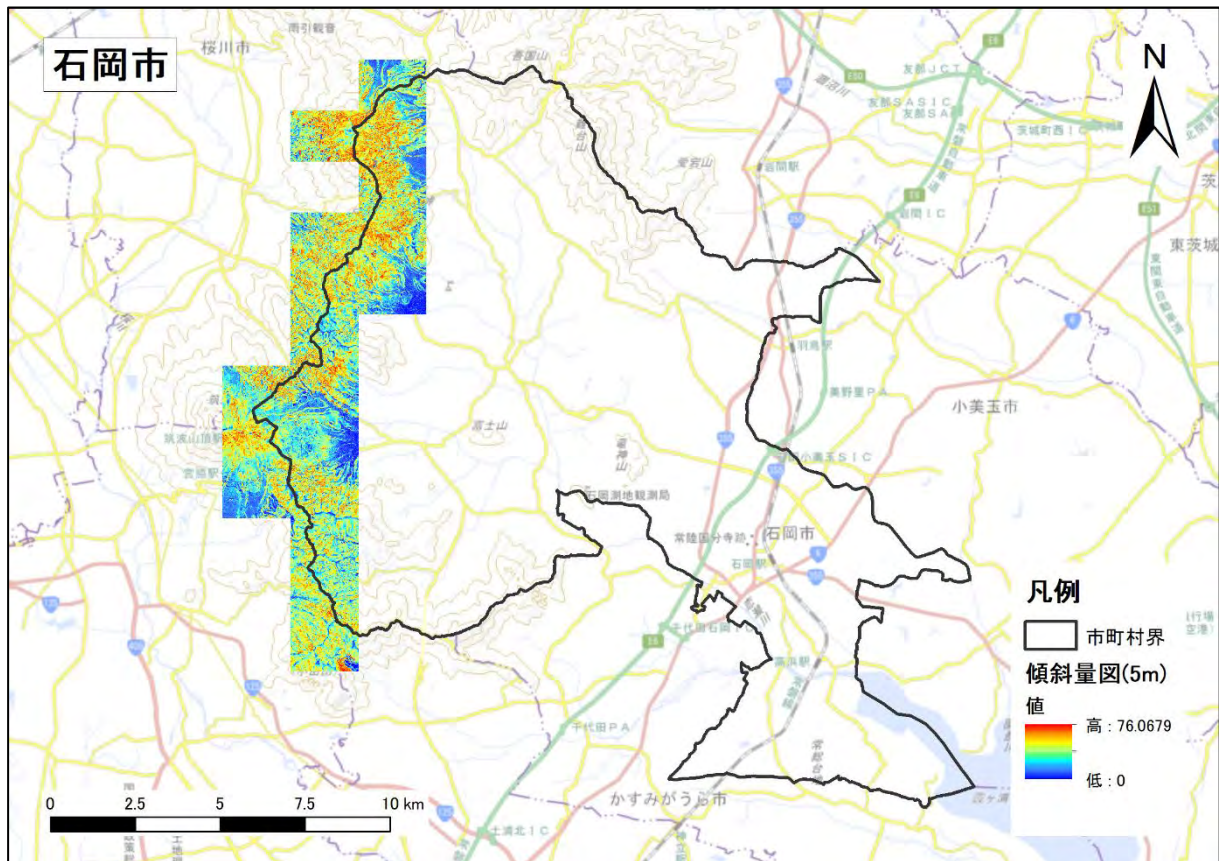


図 3-71 傾斜量図 (石岡市)

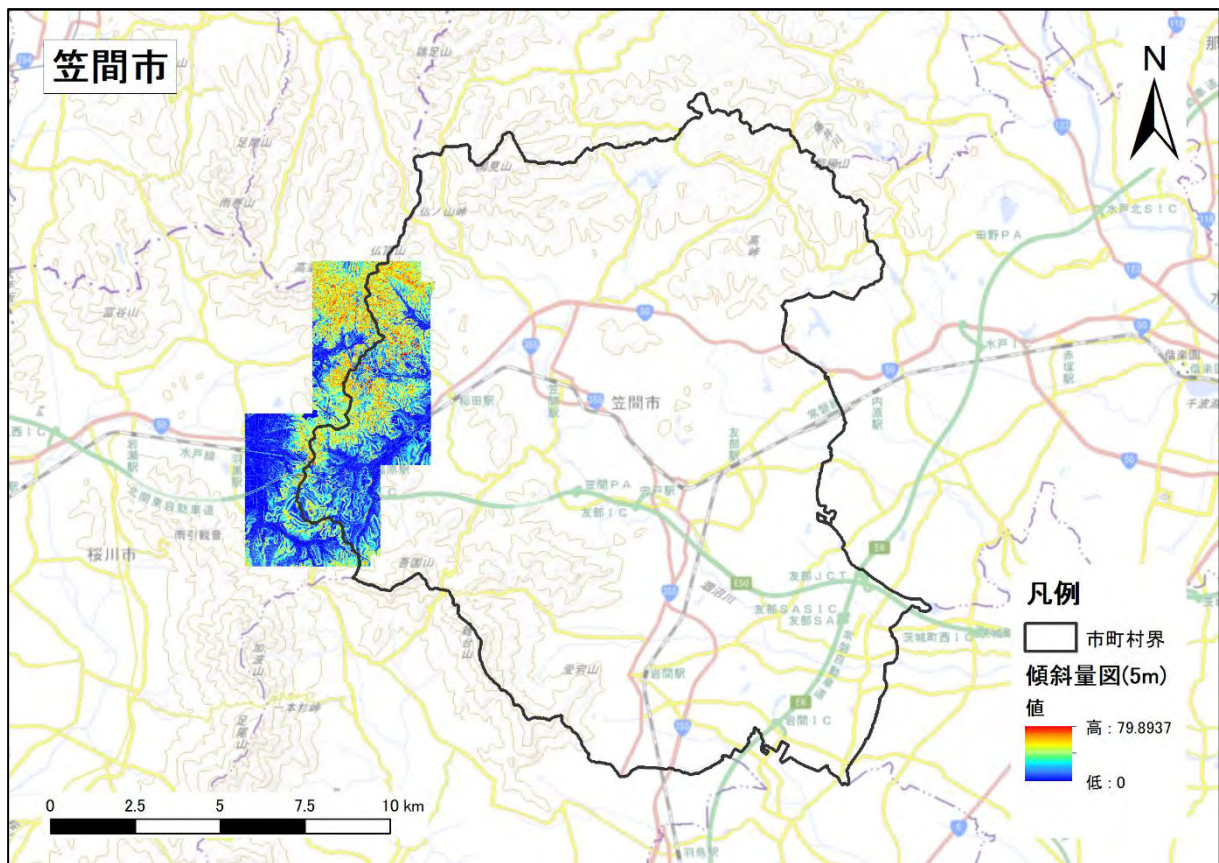


図 3-72 傾斜量図 (笠間市)

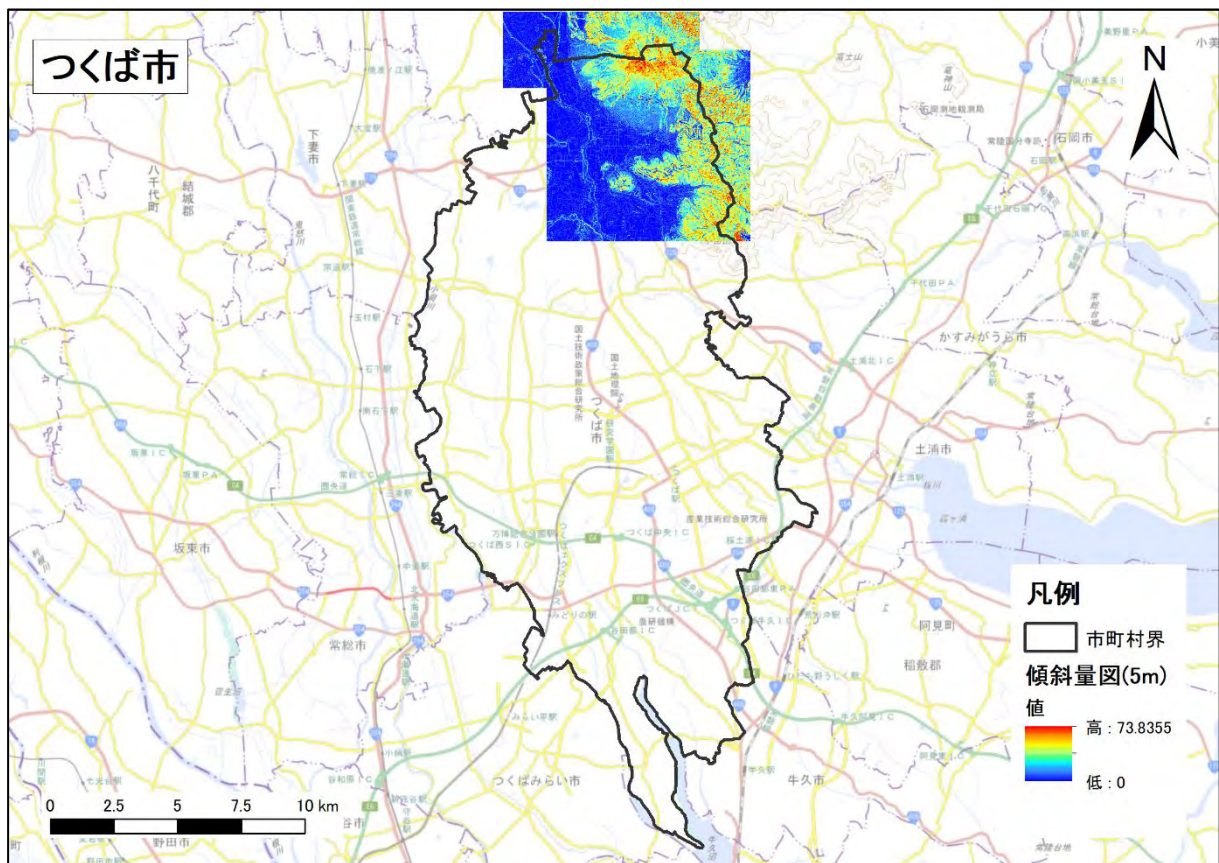


図 3-73 傾斜量図 (つくば市)

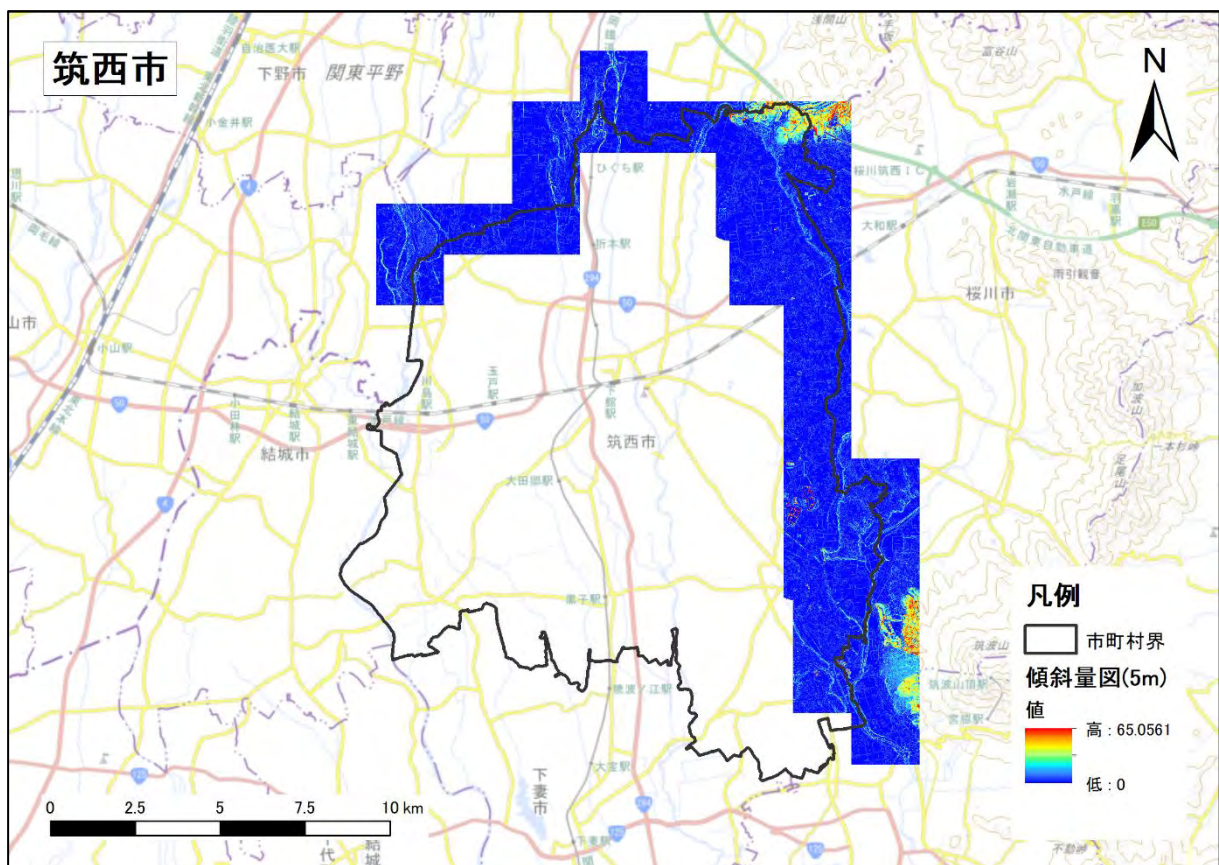


图 3-74 傾斜量図 (筑西市)

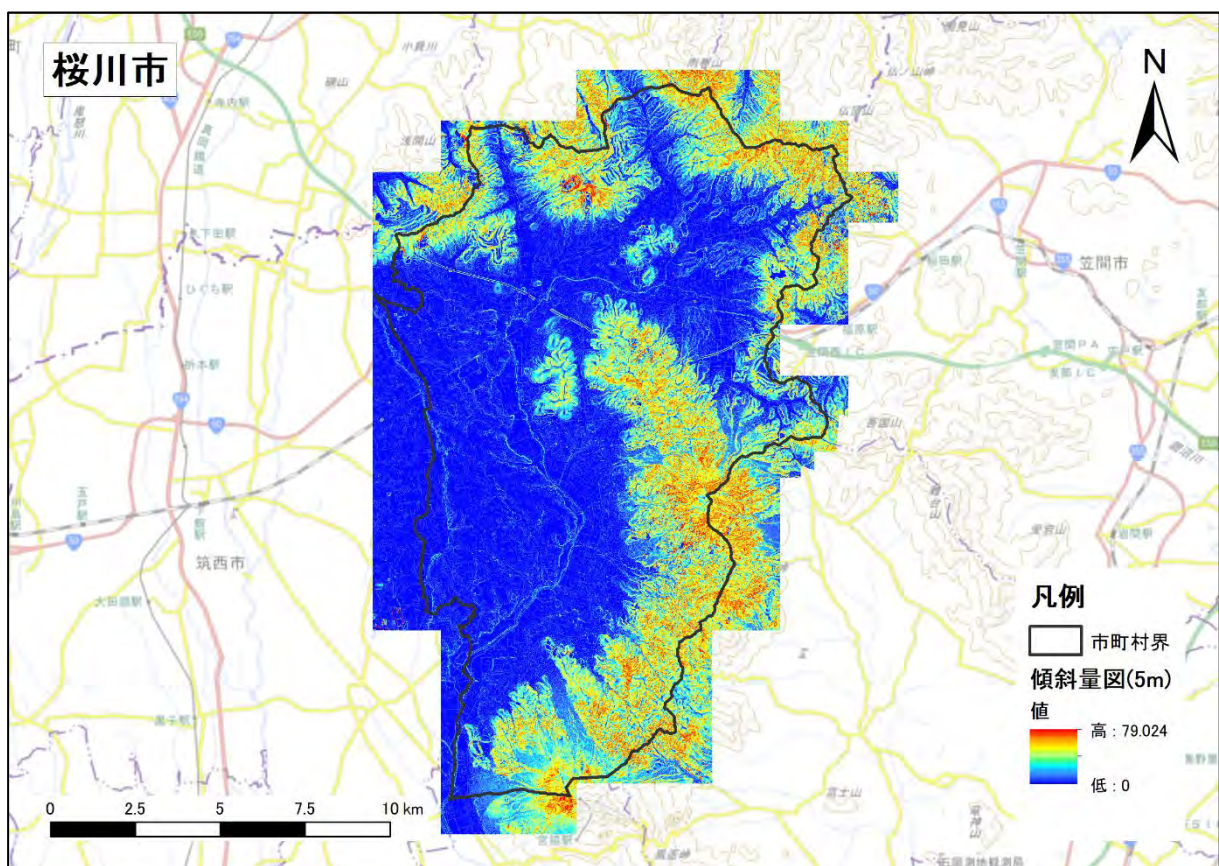


图 3-75 傾斜量図 (桜川市)

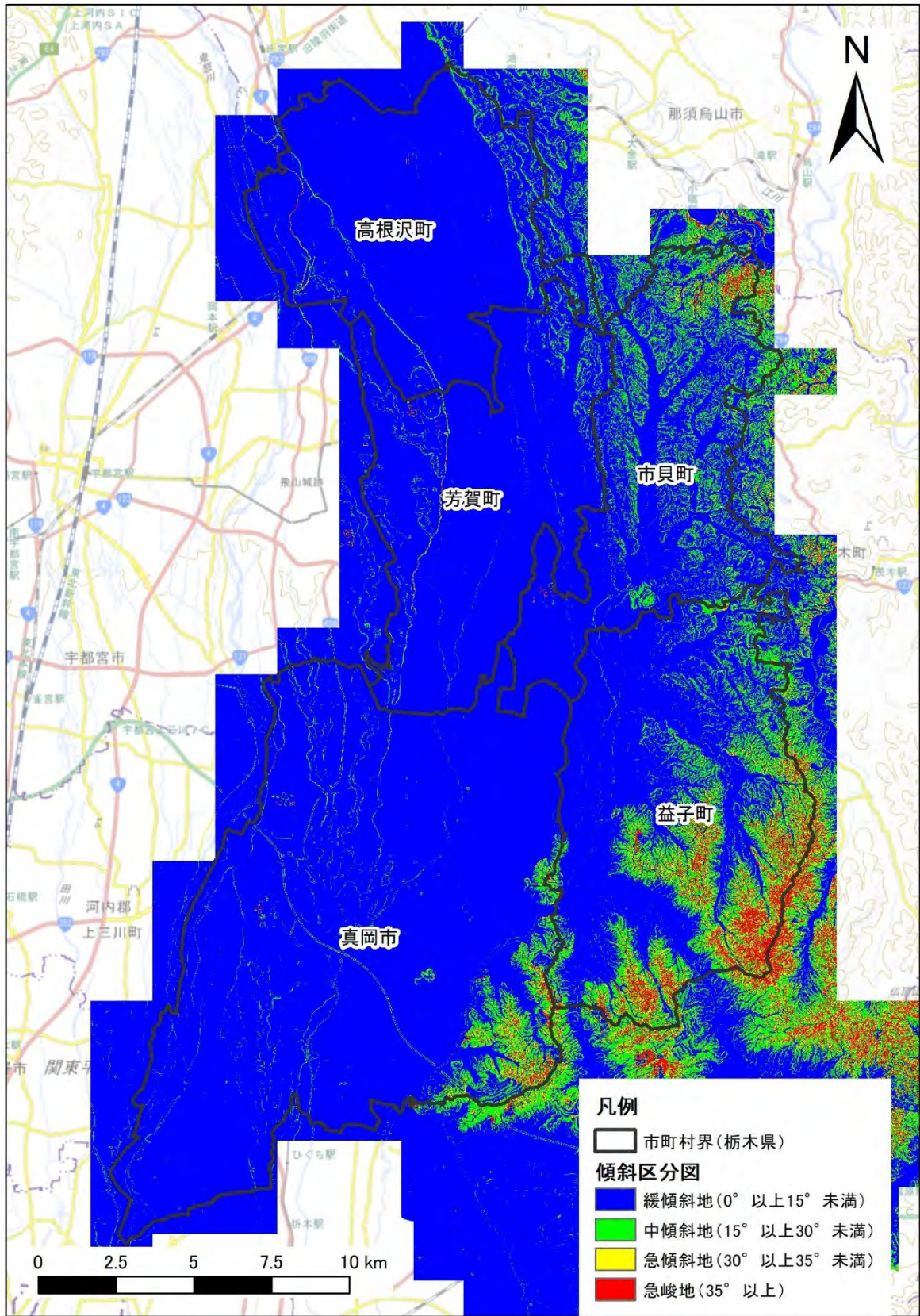


图 3-76 傾斜区分図 (栃木県)

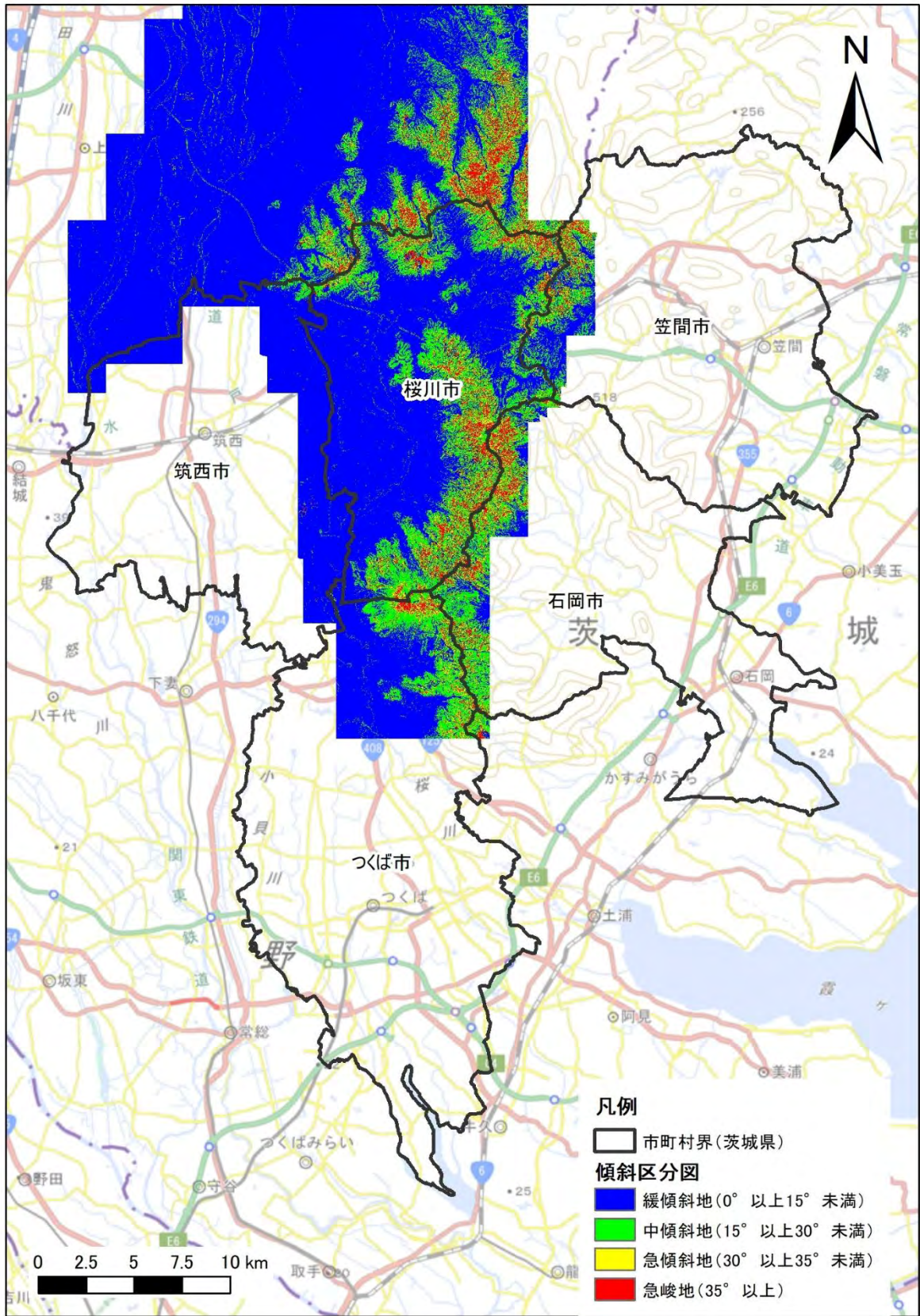


图 3-77 傾斜区分図 (茨城県)

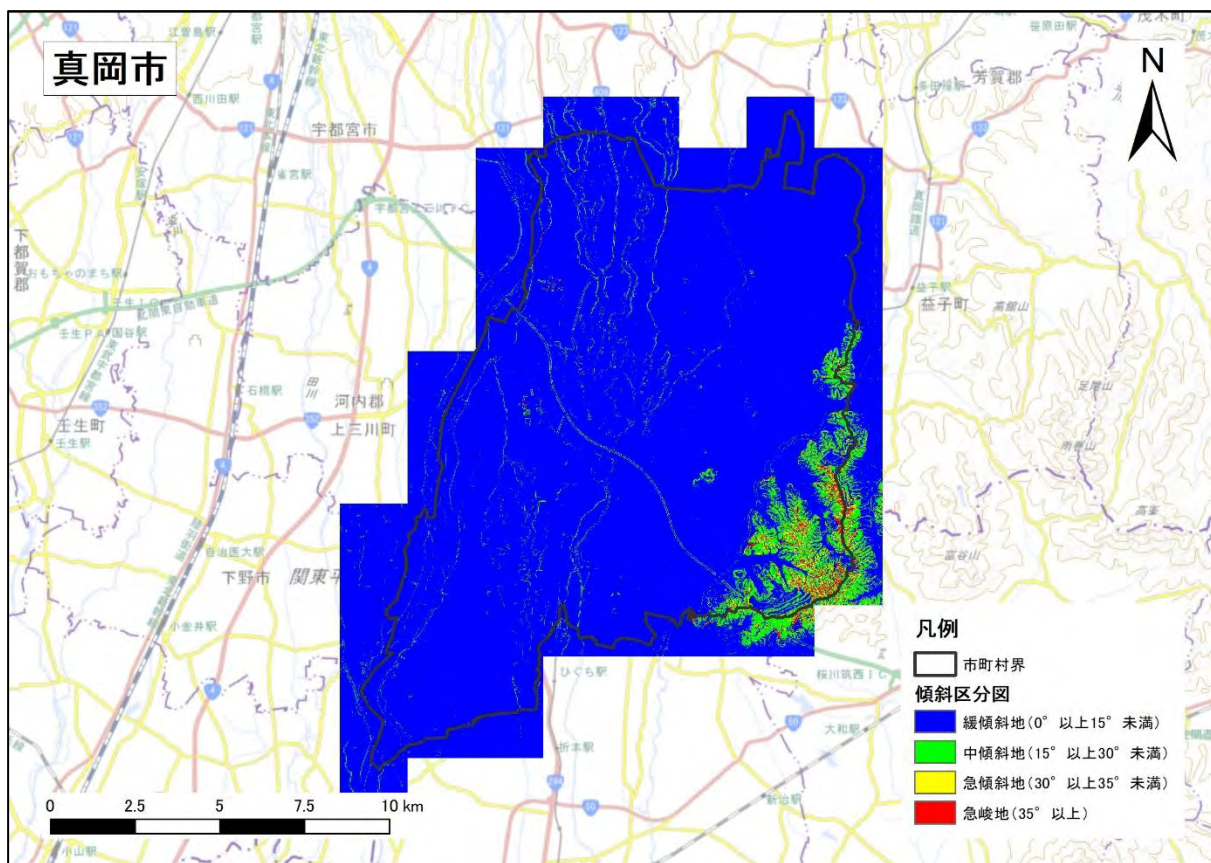


図 3-78 傾斜区分図 (真岡市)

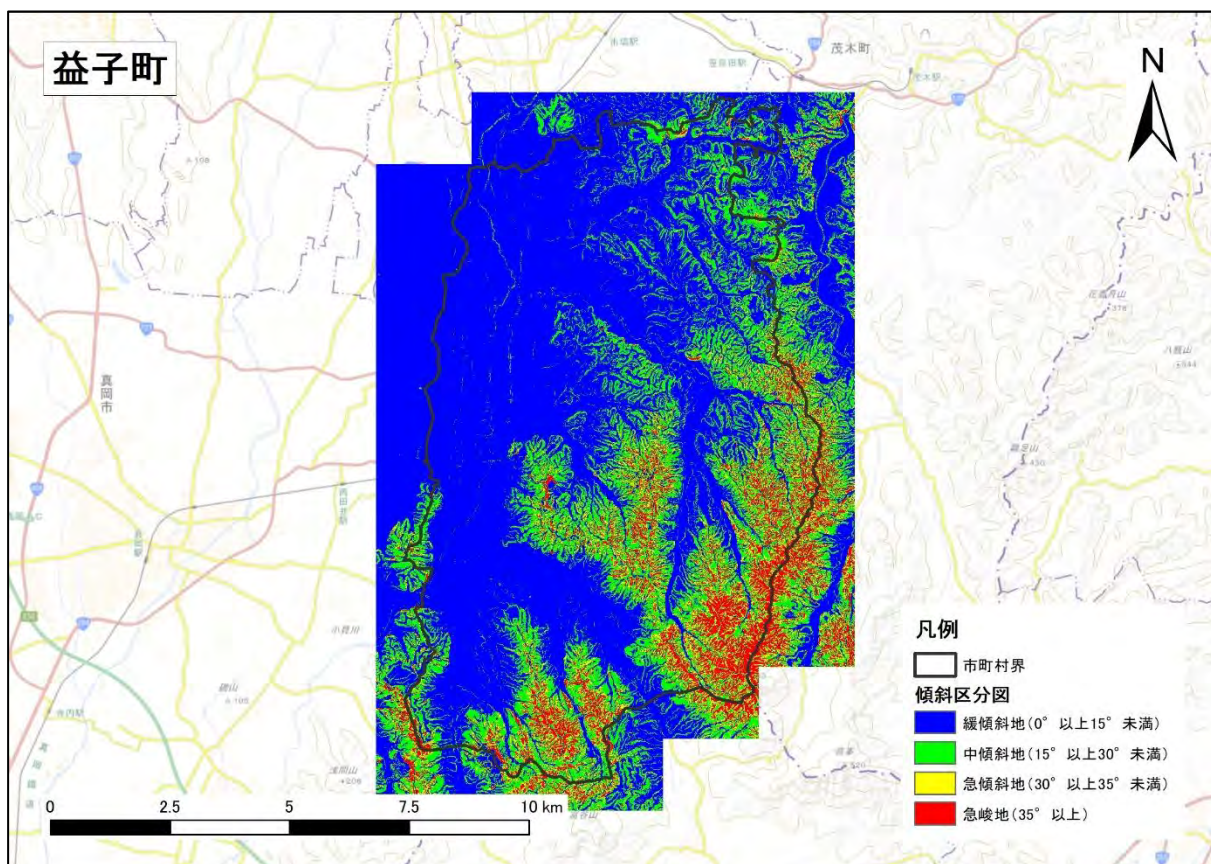


図 3-79 傾斜区分図 (益子町)

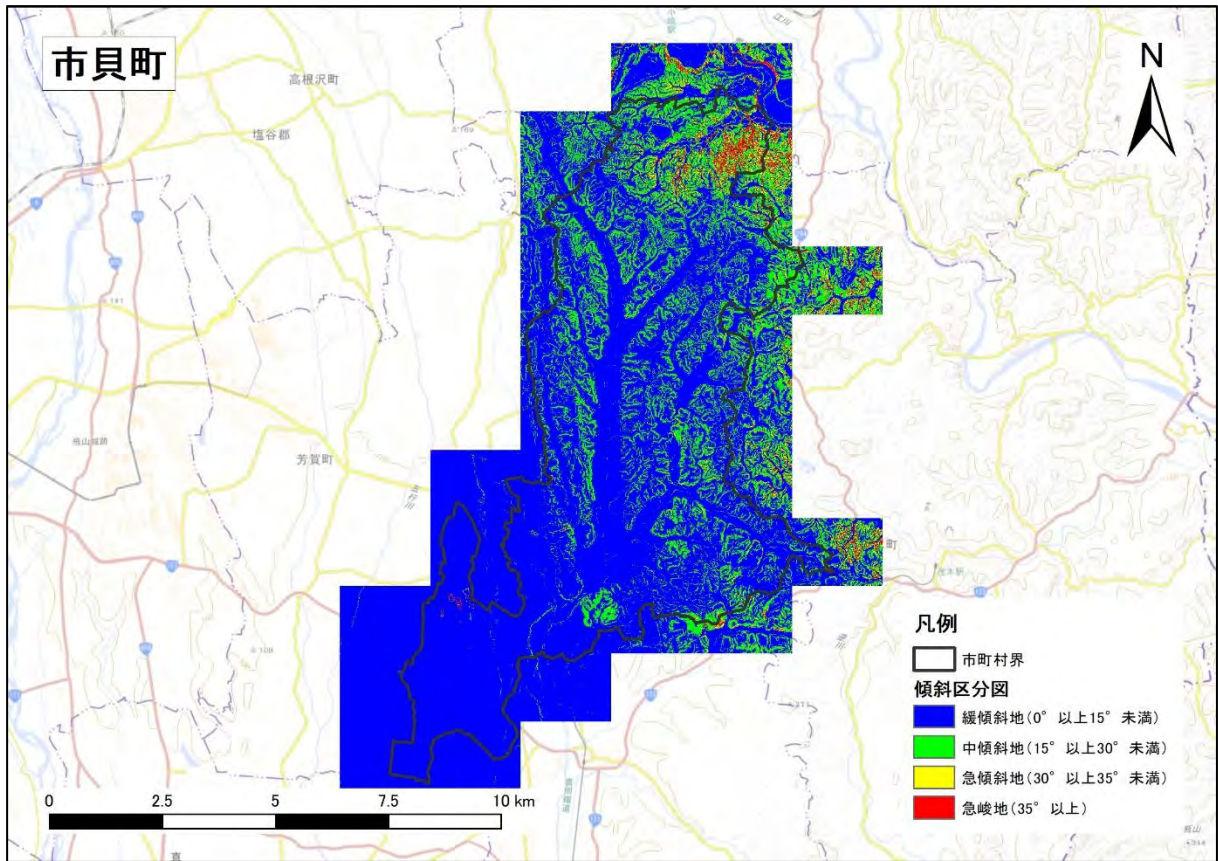


図 3-80 傾斜区分図 (市貝町)

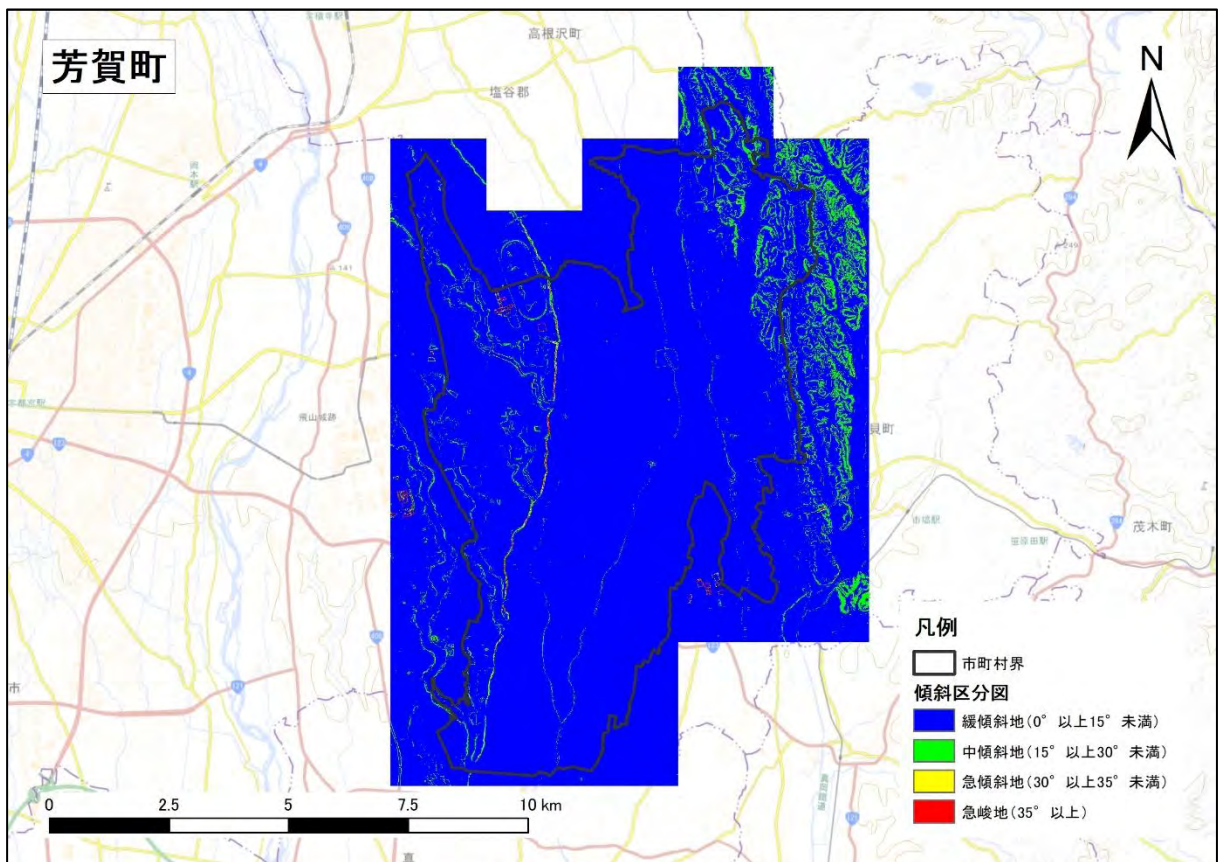


図 3-81 傾斜区分図 (芳賀町)

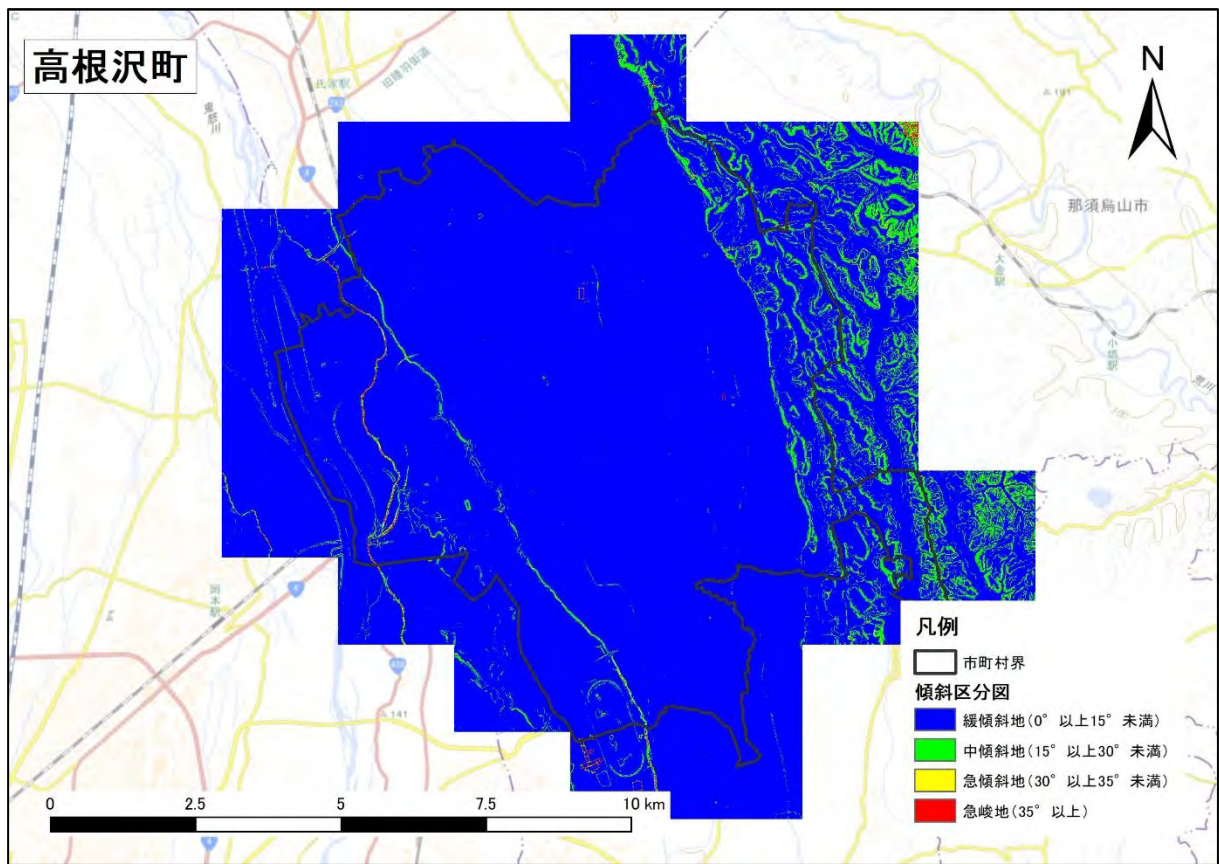


図 3-82 傾斜区分図 (高根沢町)

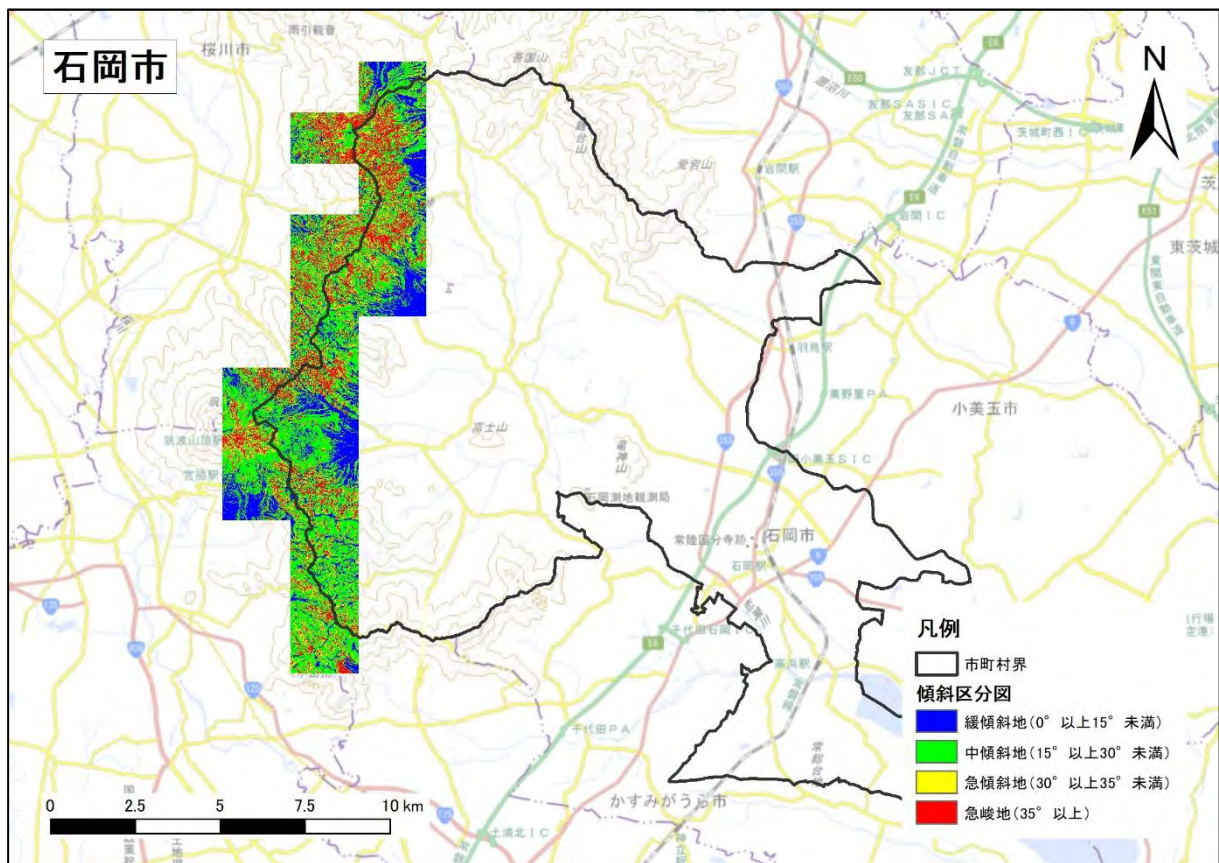


図 3-83 傾斜区分図 (石岡市)

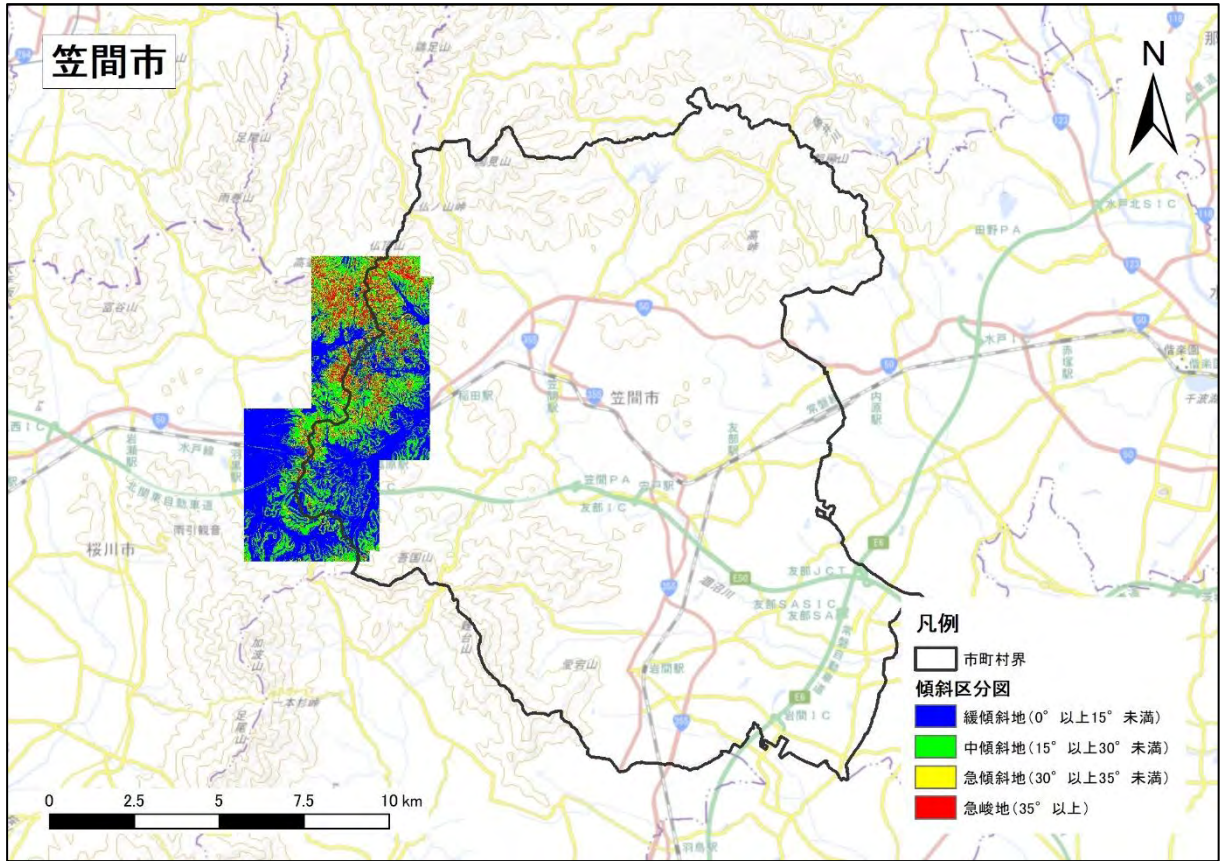


図 3-84 傾斜区分図 (笠間市)

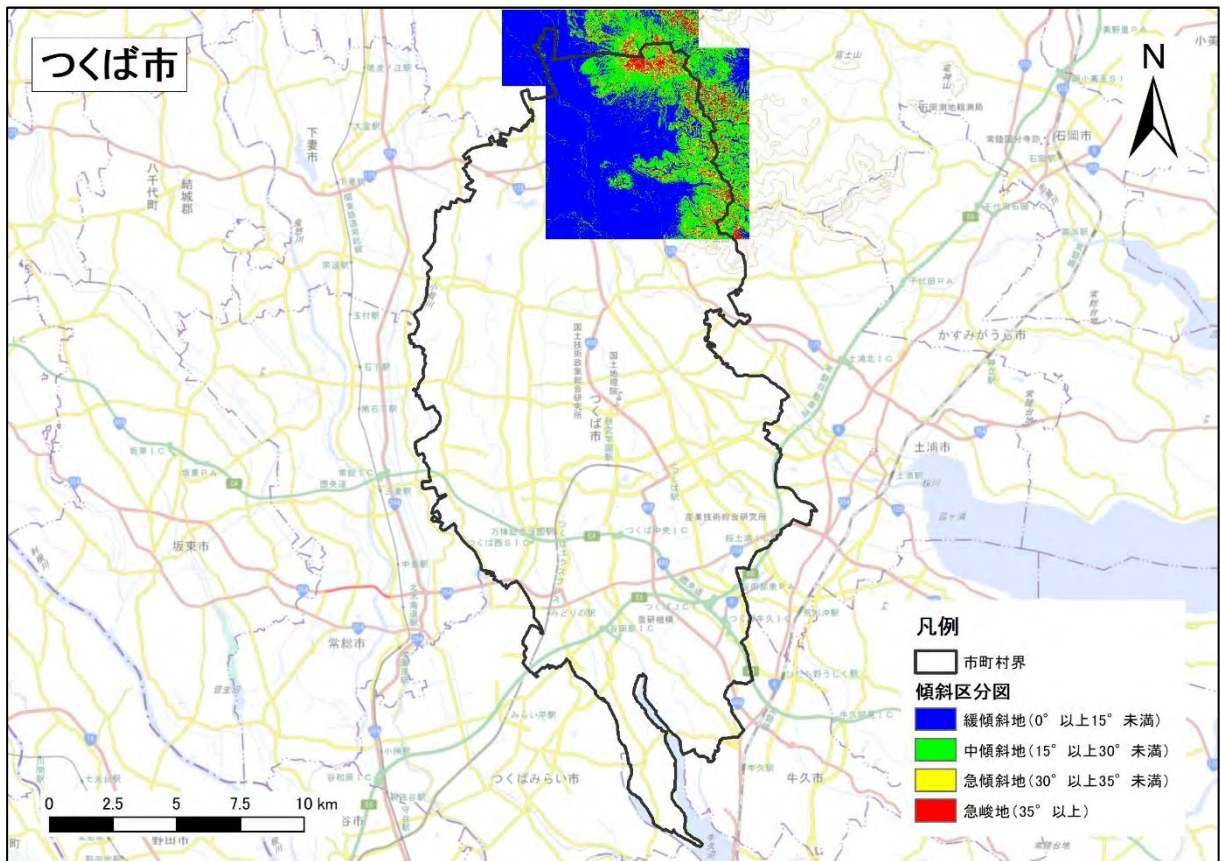


図 3-85 傾斜区分図 (つくば市)

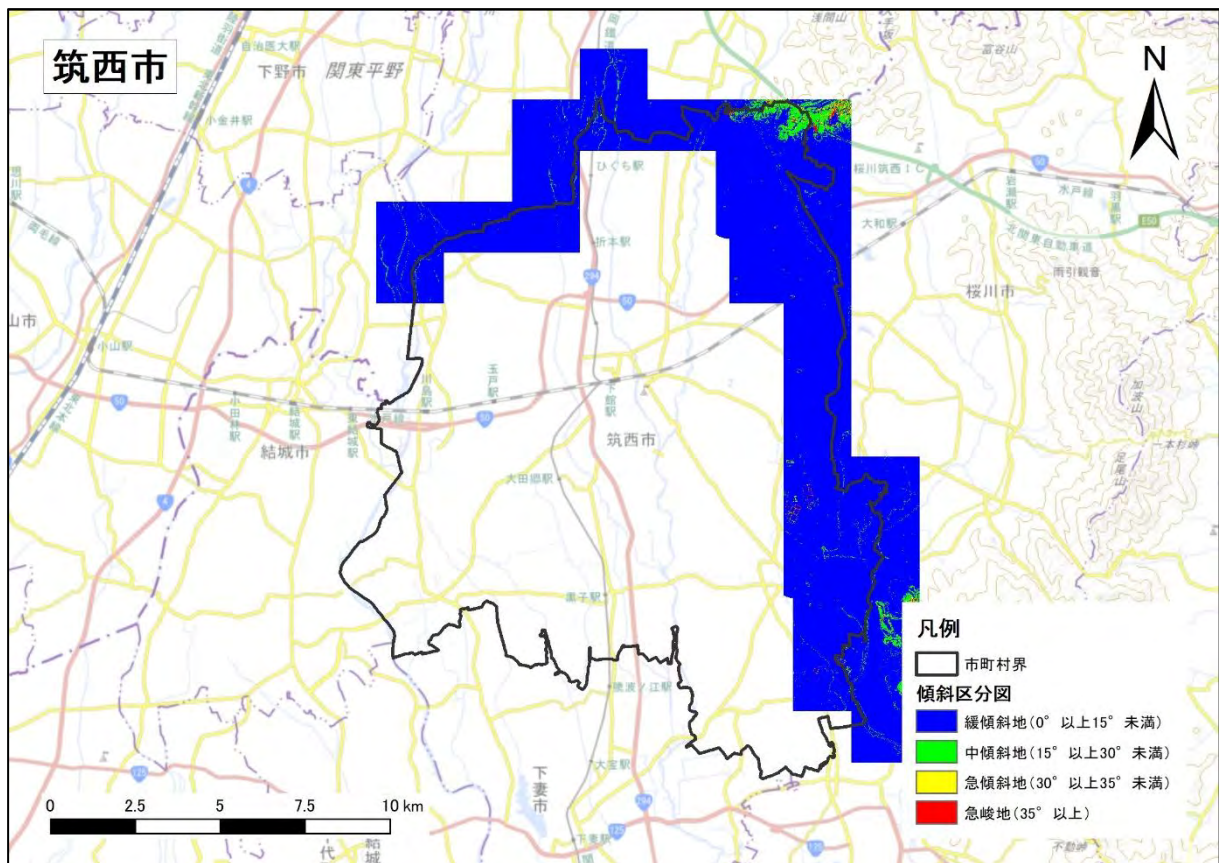


図 3-86 傾斜区分図 (筑西市)

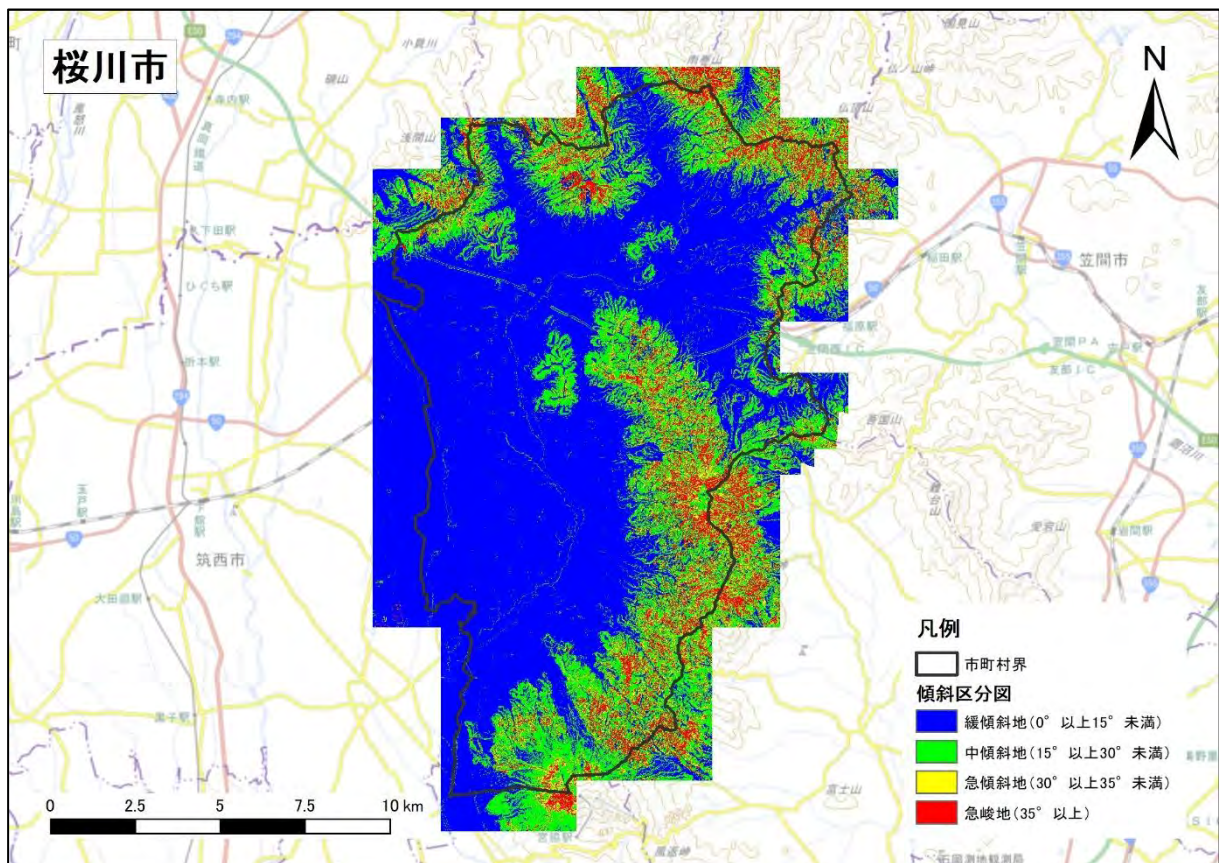


図 3-87 傾斜区分図 (桜川市)

