

第 7 章 赤土等流出量の推計に係る検討

農地からの赤土等流出量の推計値の精度向上を図るため、専門家の助言等を踏まえ次の検討を行った。

7.1 推計手法の検討

第 2 次基本計画に示す土壌流亡予測式 (USLE) を用いた農地からの年間赤土等流出量の推計方法、平成 21～23 年度に実施した「赤土等に係る環境保全目標設定調査 (赤土等流出源実態調査) (沖縄県環境部環境保全課)」により構築した赤土等流出量算定システムの推計手法について、精度向上を図るための検証を行うとともに、「赤土等対策進捗管理システム (沖縄県農林水産部)」との連携についても検討した。

・「平成 21～23 年度 赤土等に係る環境保全目標設定調査 (赤土等流出源実態調査)」の推計手法(以下、「旧計画手法」という)、および「令和 4 年度赤土等流出防止対策検証事業委託業務」で検討した推計手法 (以下、「R4 検討手法」という)の比較を行い、課題抽出および改善方法の検討を行った。

7.1.1 旧計画手法における地籍データと R4 検討手法における筆ポリゴンの比較

旧計画手法においては、県内全域の土地データは、各市町村が保有している課税台帳用の地籍データを用いていた。しかし、個人情報の保護の観点から、課税台帳の地籍データの入手が困難となり、平成 23 年度以降の分合筆等による区画形状の変更が停滞していた。

一方で、R4 検討手法においては、上記の入手が困難な地籍データの代替データとして農林水産省が提供している航空写真をもとに農地を囲って作成した筆ポリゴンを用いて流出量の算定を行った。

そのような状況において、法務省より登記所備付地図データ (以下、登記所データ) 2023 年版 (2023 年 1～2 月整備分) が 2023 年 8 月 31 日に公開された。

このデータ公開によって、経年変化した旧計画手法における地籍データの更新が可能となった。法務省民事局の令和 5 年 1 月の資料によれば年 1 回程度のデータ更新が予定されている。<https://www.moj.go.jp/content/001387736.pdf>

筆ポリゴン、登記所データともに農地の区画を把握するために、有効なデータであるが、USLE による流出量算定要因について、2 つのデータの比較検討を行った。

2 つのデータは、ともに農地の区画形状を示すものである。本業務では、流出要因のうち、区画形状が影響すると考えられる斜面長の影響について検討を行った。

斜面長は、区画の面積から同等の面積の円の直径によって、算出している。よって、区画形状が、実際に赤土が流出している区画形状に近いデータが精度は高いと想定される。

この検討においては、筆ポリゴンと登記所データの包含関係 (一つの区画に別のデータ

がどの程度重なっているか)をもとに、斜面長が流出量に与える影響を調査した。

まず、推計手法の検討にあたって、検討対象となるUSLE (土壌流亡予測式)を以下に示す。

$$USLE = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

USLE :年間土壌流出予測量 (t/ha/年)

R :降雨係数 (t・m/ha・h)

K : 土壌係数

LS :地形係数

$$LS = (L/20.0)^{0.5} \times (68.19 \sin^2 \theta + 4.75 \sin \theta + 0.068)$$

C :作物係数

P :保全係数

初めに検討を行う斜面長は、地形係数 LS のうち、L に該当する部分に影響を与える。

斜面長にかかる係数 $L(20.0)^{0.5}$ L :斜面長 (m)

※地形係数 LS のうち L を算定要因とする箇所を Lとした。

図 7-1 に斜面長と地形係数のうちの L 値 (L)の関係を示す。図中の回帰式は参考として示した。

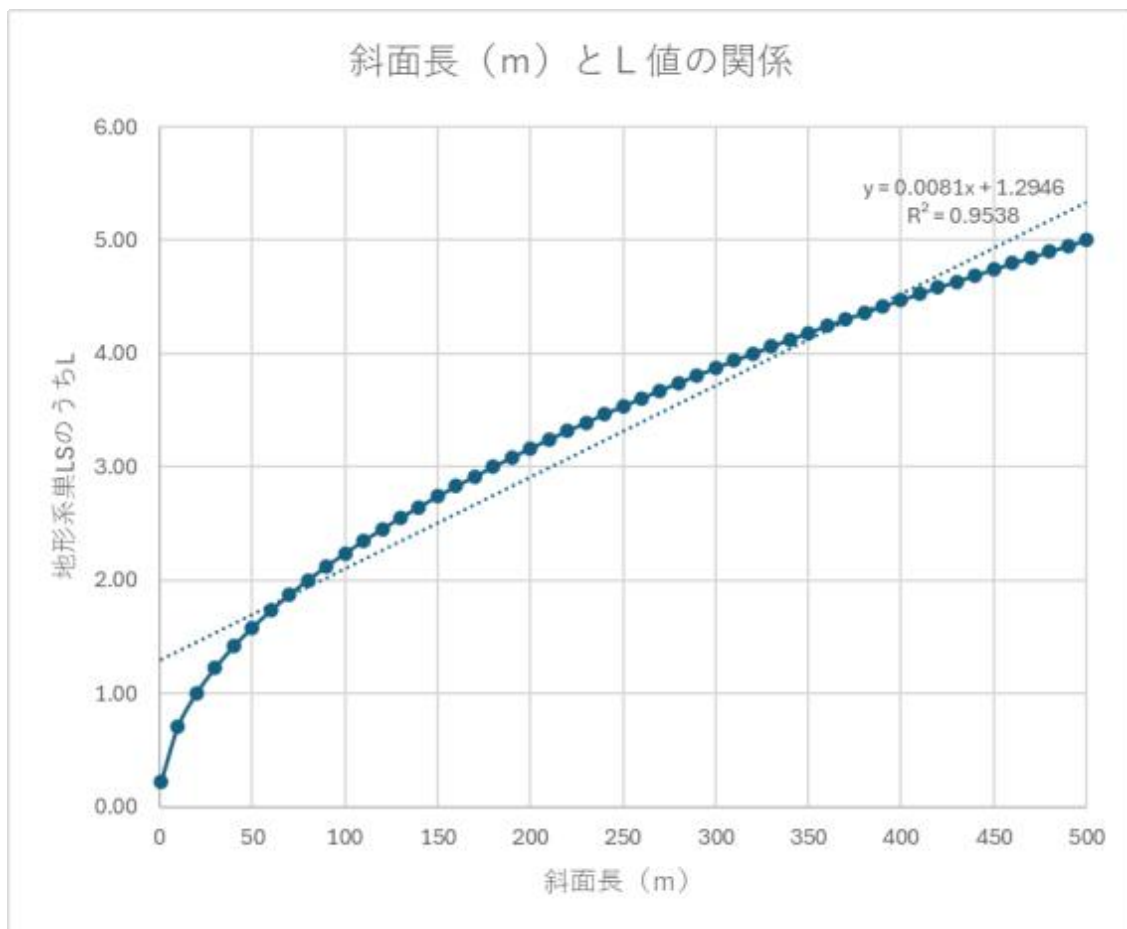


図 7-1 斜面長と地形係数 (うち L 値) の関係

図 7-1 で示した斜面長と地形係数の関係をもとに、農地の分割状況の違いによる流出量を比較した例を図 7-2 に示す。

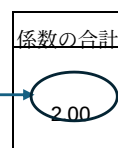
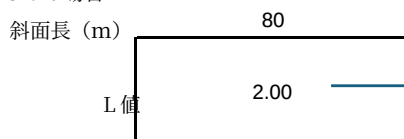
サンプルパターン1は、斜面長が 80mの区画を 40mの区画 2個に分割した例を示している、サンプルパターン2は、斜面長が 200mの区画を、40mの区画 2個と 120mの区画 1個に分割した例を示している。

区画からの流出量 (t/年) = USLE (t/ha/年) × 面積 (ha) である。ここでは、L 値以外の係数は 1.0 とし、また、面積は、斜面長の比と比例するものとした。

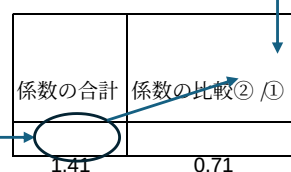
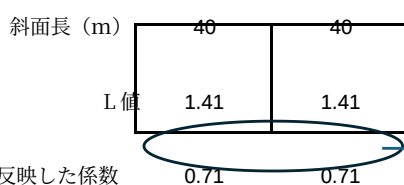
たとえば、サンプルパターン1の場合、①の斜面長が 80mの面積を1とすると、流出量は係数値の 2.0 となる。また、②の斜面長が 40mの面積は 0.5 となり、流出量は、面積比を反映した係数 0.71 となる。よって、右側の「係数の合計」が流出量の代替値となる。

【サンプルパターン1】

①斜面長が 80 mの場合

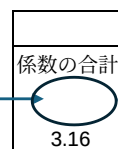


②斜面長が 40 mとに 2 分割された場合



【サンプルパターン2】

①斜面長が 200 mの場合



②斜面長が 40 m個と 120 m1 個に分割された場合

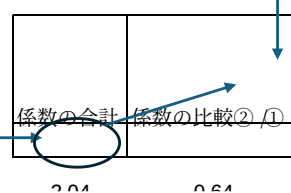
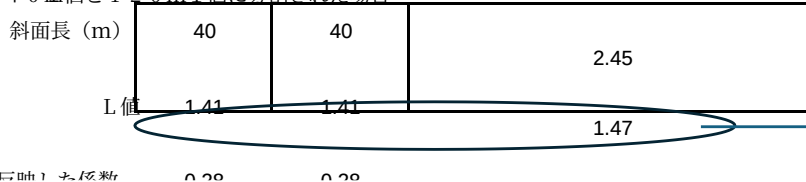


図 7-2 農地の分割状況の違いによる流出量の差

図 7-2 に示した例では、分割しない場合の流出量に対する分割した区画ごとの流出量を積み上げた流出量の比は、「係数の比較②/①」の値となり、同じ農地でも細かく区画を分割された形状の方の流出量が少なくなることがわかる。(流出防止のために斜面長を短くする対策と整合している。)

さらに、一つの区画を分割した場合の算定結果の変化について、表 7-1 に、農地造成の標準区画の長辺の 200m を斜面長とする区画を想定し、その区画の流出量に対する等距離の斜面長で分割した区画の流出量の合計との比率を求めたものを示す。

表 7-1 斜面長 200m の区画を基準とした区画分割による流出量の比率

斜面長	地形係数	面積比反映	分割数	積上げ	比率
①	②	③	④	⑤	⑥
200	3.16		1	3.16	1.00
100	2.24	1.12	2	2.24	0.71
50	1.58	0.40	4	1.58	0.50
20	1.00	0.10	10	1.00	0.32
10	0.71	0.04	20	0.71	0.22
5	0.50	0.01	40	0.50	0.16

- ①：斜面長
 ②：①の斜面長から求めた地形係数の L 値
 ③：②に分割後の面積比率（④の逆数）をかけた係数
 ④：分割後の区画数
 ⑤：比率の積上げ結果（③×④）
 ⑥：200m の係数を基準とした比率（⑤ / 200m の⑤）

表 7-1 の分割数と比率の関係を上記の関係を図化したものを図 7-3 に示す。

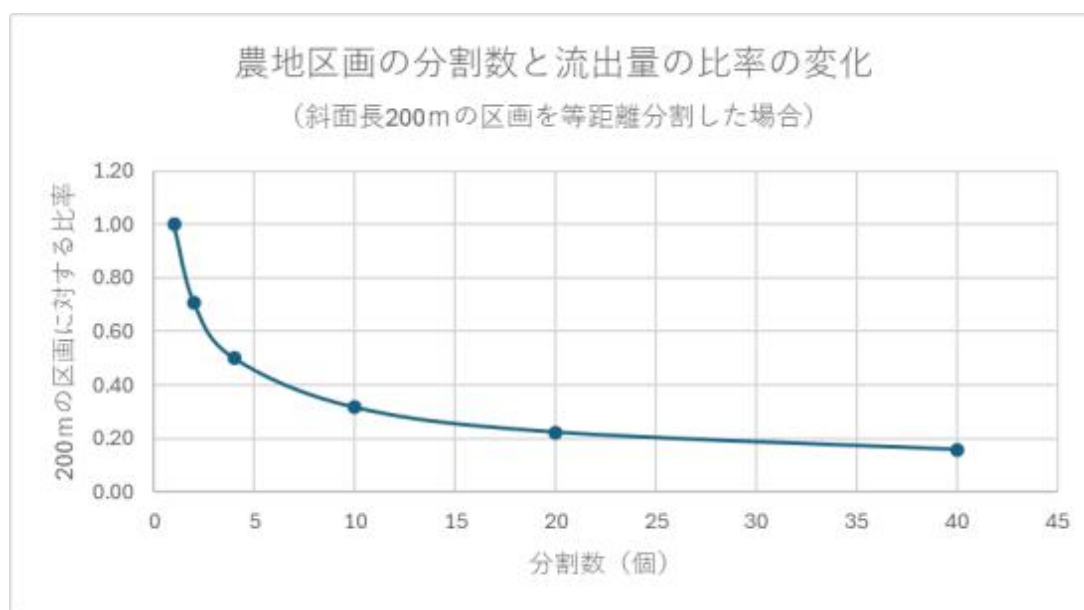


図 7-3 農地区画の分割による流出量の変化

図 7-3 から、同じ農地であっても、それを示す区画データの区画分割の状況によって、流出量に差が生じることがわかる。

以下、本年度業務においてドローンによる空撮及び取得した画像解析を行った区域のうち、本章における検討内容を具体的に説明するための地区として農地が均一に分布している石垣島の野底地区（以下、野底地区）を選定した。

まず、野底地区の筆ポリゴン（黄色枠）と登記所データ（赤枠）を図 7-4 に示す。

この地区では、赤枠の登記所データの複数の区画を包含している黄色枠の筆ポリゴンの区画（白枠で囲んだ箇所）が確認できる。※登記所データは、農地以外も含む。



図 7-4 石垣島野底地区の登記所データおよび筆ポリゴン

一方で、図 7-5 に示す石垣島大浜地区では、一つの登記所データの区画が、複数の筆ポリゴンを含んでいる区画（白枠で囲んだ箇所）が確認できる。



図 7-5 石垣島大浜地区の登記所データおよび筆ポリゴン

流出量の推定結果の精度を上げるには、耕作実態にあった区画データを用いることが望ましいが、図 7-4 及び図 7-5 で示されるように、登記所データと筆ポリゴンともオルソ画像から判別できる農地境界と区画データの境界との間にズレがある。よって、いずれの区画データにおいても一定の誤差が含まれる。

図 7-6 に石垣市の登記所データが包含する筆ポリゴン数と登記所データの件数を示し、図 7-7 に石垣市の筆ポリゴンが包含する登記所データ数と筆ポリゴンの件数を示す。

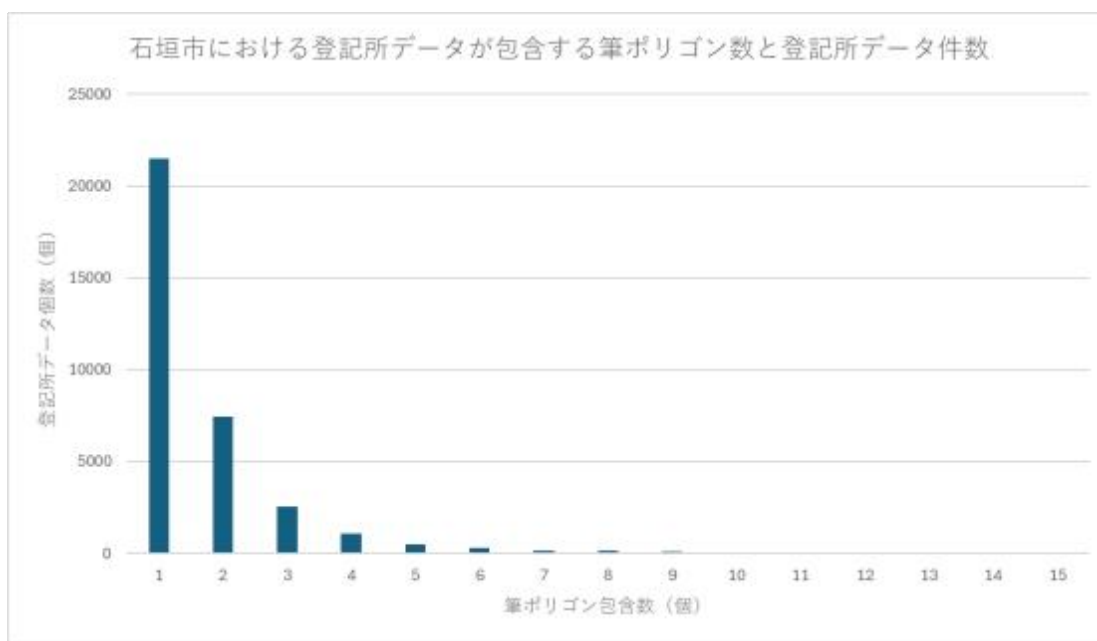


図 7-6 石垣市の登記所データが包含する筆ポリゴン数と登記所データの件数

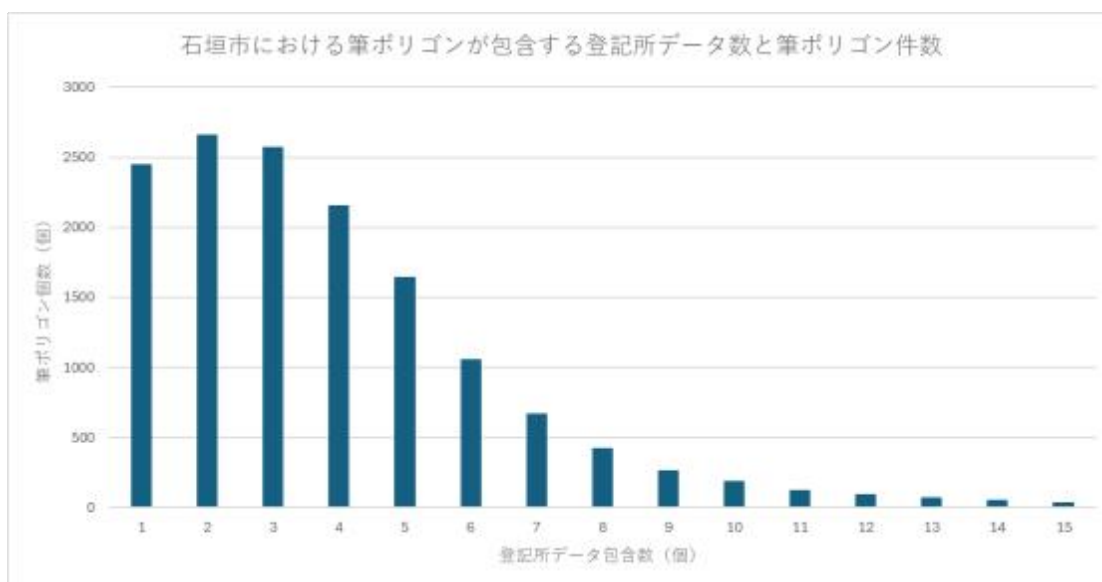


図 7-7 石垣市の筆ポリゴンが包含する登記所データ数と筆ポリゴンの件数

図 7-4 及び図 7-5 の白枠で示したように、同じ石垣島内でも場所によって区画の包含関係が異なっている。そのため登記所データから求めた流出量と筆ポリゴンから求めた流出量の間の関係を説明するためには、より複雑なモデルや解析手法が必要と想定される。

以下、空間解析によって、一方のデータ区画に含まれる別の区画数と含まれる面積の割合を求めて、登記所データと筆ポリゴンの包含関係の検証を行った。

空間解析の考え方を図 7-8-1 に示す。この図は、斜面長が 80mの登記所データに対し、A が 10m、B が 30m、C が 20mの斜面長の筆ポリゴンが重なる場合の例を示している。

【サンプルパターン】

①登記所データ区画：80㎡の区画

面積 (㎡)

80

②筆ポリゴン：A,B,Cの3つの区画が重なる

面積 (㎡)

10	30	20	20
A	B		C

③件数	3	件
④占有率	75	% = 10+ 30+ 20 / 80
⑤平均専有率	25	% = 75 / 3
⑥平均占有率から逆算した分割数	4	件
⑦分割数から推定される流出量比率（下記の表の⑥）	0.50	
⑧占有率を考慮した流出量比率	0.38	

斜面長	地形係数	面積比反映	分割数	積上げ	比率
①	②	③	④	⑤	⑥
200	3.16		1	3.16	1.00

図 7-8-1 空間解析による土地の包含関係の考え方

図 7-8-2 に、ArcGIS における空間解析（エリア内での集計）のフローを示す。左側は、登記所データに対する筆ポリゴンの包含関係の解析フローを示している。右側は、筆ポリゴンに対する登記所データの包含関係の解析フローを示している。



図 7-8-2 ArcGIS における空間解析フロー

1. 登記所データの分析

登記所データの区画ごとに包含する筆ポリゴンの件数と面積占有率を求めた。表7-2に野底地区の抜粋したデータを示す。

表 7-2 登記所データの区画別筆ポリゴン包含解析結果

① 市町村名	② 大字名	③ 地番	④ 地籍面積 (㎡)	⑤ 筆ポリゴン数 (個)	⑥ 筆ポリゴン面積 (㎡)	⑦ 占有率 (%)	⑧ 1筆ポリゴン当たり 平均占有率(%)
石垣市	字野底	1059-1	3,529	2	3,427	97.1%	48.6%
石垣市	字野底	1059-2	7	1	7	91.1%	91.1%
石垣市	字野底	106-1	2,733,054	1	11	0.0%	0.0%
石垣市	字野底	106-103	5,321	2	4,117	77.4%	38.7%
石垣市	字野底	106-104	1,898	1	1,723	90.8%	90.8%
石垣市	字野底	106-105	6,022	1	5,909	98.1%	98.1%
石垣市	字野底	106-106	444	1	426	95.9%	95.9%
石垣市	字野底	106-107	248	1	248	100.0%	100.0%
石垣市	字野底	106-108	6,547	1	5,918	90.4%	90.4%
石垣市	字野底	106-109	2,070	1	2,070	100.0%	100.0%

①：市町村名 ②：大字名、③：地番 ④：地籍面積

⑤：筆ポリゴン数 一つの登記所データ区画と重なる筆ポリゴン数

⑥：筆ポリゴン面積 ⑤の個数の筆ポリゴンが占める面積

⑦：占有率 一つの登記所データ区画に占める筆ポリゴンの面積率 = $\text{⑥} / \text{④} * 100$

⑧：平均占有率 一つの筆ポリゴンが占める平均面積率 = $\text{⑦} / \text{⑤} * 100$

表 7-2 で 2 個の筆ポリゴンを包含する地番 106-103 の区画の状況を図 7-9 に示す。この区画では、黒丸で囲った 14194、14215 の ID 番号を持つ筆ポリゴンが赤丸で囲った 106-103 の区画に重なっている。106-103 の区画の面積は、5,312 ㎡で、106-103 の区画内の 2つの筆ポリゴンの面積の合計が 4,117 ㎡で占有率は 77.4%となっている。

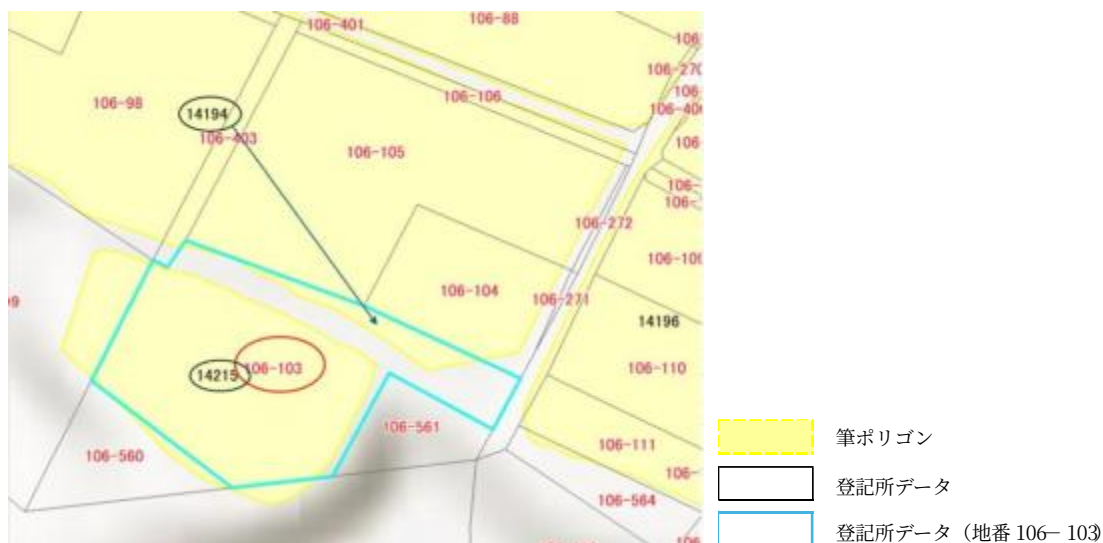


図 7-9 登記所データと筆ポリゴンの包含関係

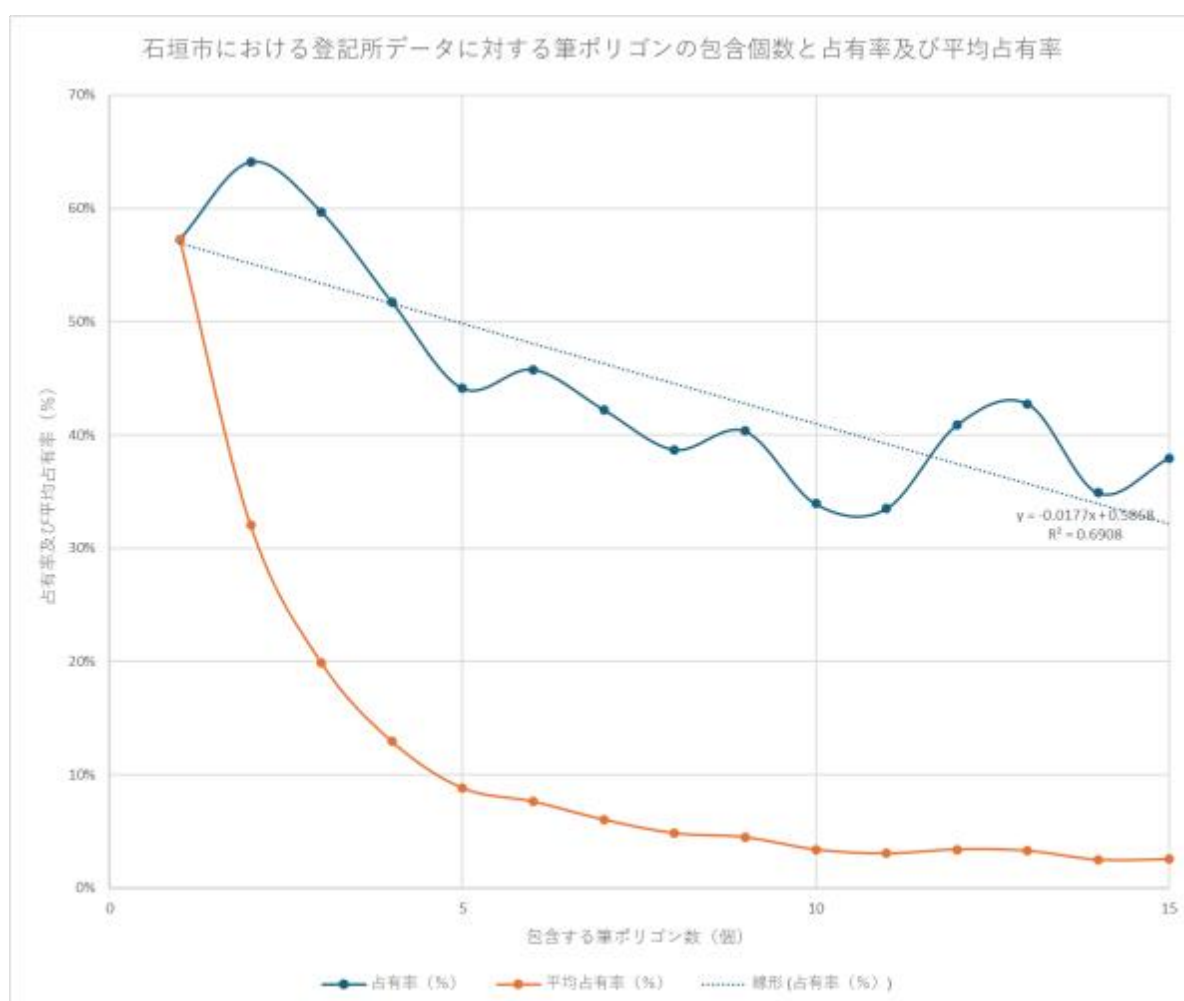
石垣市の登記所データについて、包含する筆ポリゴン数別の占有率および平均占有率の平均を求めた。石垣市のデータにおいては、最大で 58 個の筆ポリゴンを包含している区画があった。このような区画は、山林や道路等の農地以外の土地で、筆ポリゴンが微小な区画として包含している土地に見られた。よって、包含される筆ポリゴンの個数が 15 個までのデータを用いた。表 7-3 にその値を示す。

表 7-3 石垣市における登記所データの筆ポリゴン包含数と占有率及び平均占有率

包含する筆ポリゴン数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
占有率 (%)	57%	64%	60%	52%	44%	46%	42%	39%	40%	34%	33%	41%	43%	35%	38%
平均占有率 (%)	57%	32%	20%	13%	9%	8%	6%	5%	4%	3%	3%	3%	3%	2%	3%

図 7-10 に上記データのグラフを示す。このグラフから、一つの登記所データに含まれる筆ポリゴン数に比例して筆ポリゴンの占有率は減少する傾向が見られる。

よって、斜面長以外の要因が同じ条件の場合、図 7-3 で示した区画の分割数に比例して流出量が減少する傾向も加わり、筆ポリゴンで算定した USLE（単位流出量）は、登記所データで算定した USLE より少なくなると想定される。



7.1.2 筆ポリゴンの分析

筆ポリゴンの区画別の包含する登記所データの件数と面積占有率を求めた例を示す。
表 7-4 に野底地区の抜粋したデータを示す。

表 7-4 筆ポリゴンの区画別登記所データ包含解析結果

① 市町村名	② 大字名	③ ID	④ 筆面積 (㎡)	⑤ 地籍数 (個)	⑥ 地籍面積 (㎡)	⑦ 占有率 (%)	⑧ 1 地籍当たり 平均占有率(%)
石垣市	字野底	354	1,257	4	1,257	100.0%	25.0%
石垣市	字野底	360	6,884	6	6,884	100.0%	16.7%
石垣市	字野底	361	9,450	6	9,450	100.0%	16.7%
石垣市	字野底	362	17,922	14	17,919	100.0%	7.1%
石垣市	字野底	363	2,509	6	2,509	100.0%	16.7%
石垣市	字野底	414	2,294	4	2,294	100.0%	25.0%
石垣市	字野底	415	1,202	4	1,202	100.0%	25.0%
石垣市	字野底	416	984	3	984	100.0%	33.3%
石垣市	字野底	441	6,360	11	6,360	100.0%	9.1%
石垣市	字野底	459	3,782	7	3,782	100.0%	14.3%

① :市町村名、② :大字名、③ :ID 番号、④ :筆ポリゴン面積

⑤ : 地籍数 一つの筆ポリゴン区画と重なる登記所データ数

⑥ : 地籍面積 ⑤の個数の登記所データが占める面積

⑦ : 占有率 一つの筆ポリゴン区画に占める登記所データの面積率 = ⑥／④*100

⑧ : 平均占有率 一つの登記所データが占める平均面積率 = ⑦／⑤*100

表 7-4 で 6 個の登記所データを包含する ID が 361 の区画の状況を図 7-11 に示す。
この区画では、黒丸で囲った 6 個の登記所データが赤丸で囲った 361 の区画に重なっている。361 の区画の面積は、9,450 ㎡で、361 の区画内の 6 つの登記所データの面積の合計も、9,450 ㎡で、占有率は、100%となっている。

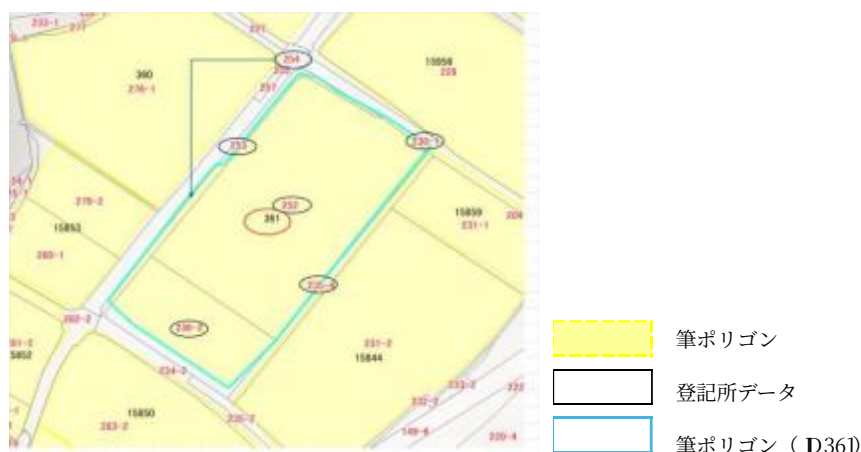


図 7-11 筆ポリゴンと登記所データの包含関係

石垣市の筆ポリゴンについて、包含する登記所データ数別の占有率および平均占有率の平均を求めた。石垣市のデータにおいては、最大で 73 個の登記所データを包含している区画があった。このような区画は、山林や道路等の農地以外の土地で、登記所データが微小な区画として包含している土地に見られた。よって、包含される筆ポリゴンの個数が 15 個までのデータを用いた。表 7-5 にその値を示す。

表 7-5 石垣市における筆ポリゴンの登記所データ包含数と占有率及び平均占有率

包含する登記所データ数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
占有率 (%)	99.7%	99.5%	99.5%	99.7%	99.5%	99.5%	99.5%	99.3%	99.4%	99.5%	98.9%	99.3%	99.1%	99.5%	98.9%
平均占有率 (%)	99.7%	49.8%	33.2%	24.9%	19.9%	16.6%	14.2%	12.4%	11.0%	10.0%	9.0%	8.3%	7.6%	7.1%	6.6%

図 7-12 に上記データのグラフを示す。このグラフから、一つの筆ポリゴンに含まれる登記所データが増加しても、登記所データの占有率は減少しない傾向が見られる。これは、登記所データが一部の欠損域を除き、基本的に陸域をすべてカバーしているためである。

ここでの占有率は、道路、水路等の農地以外の登記所データを含めた占有率であるが、筆ポリゴンは航空写真で農地と判別した区画であることから、農地以外の登記所データの包含率は低いと想定される。

よって、斜面長以外の要因が同じ条件の場合、登記所データで算定した USLE（単位流出量）は、図 7-3 で示した区画の分割数に比例して流出量が減少する傾向によって、筆ポリゴンデータで算定した USLE より少なくなると想定される。

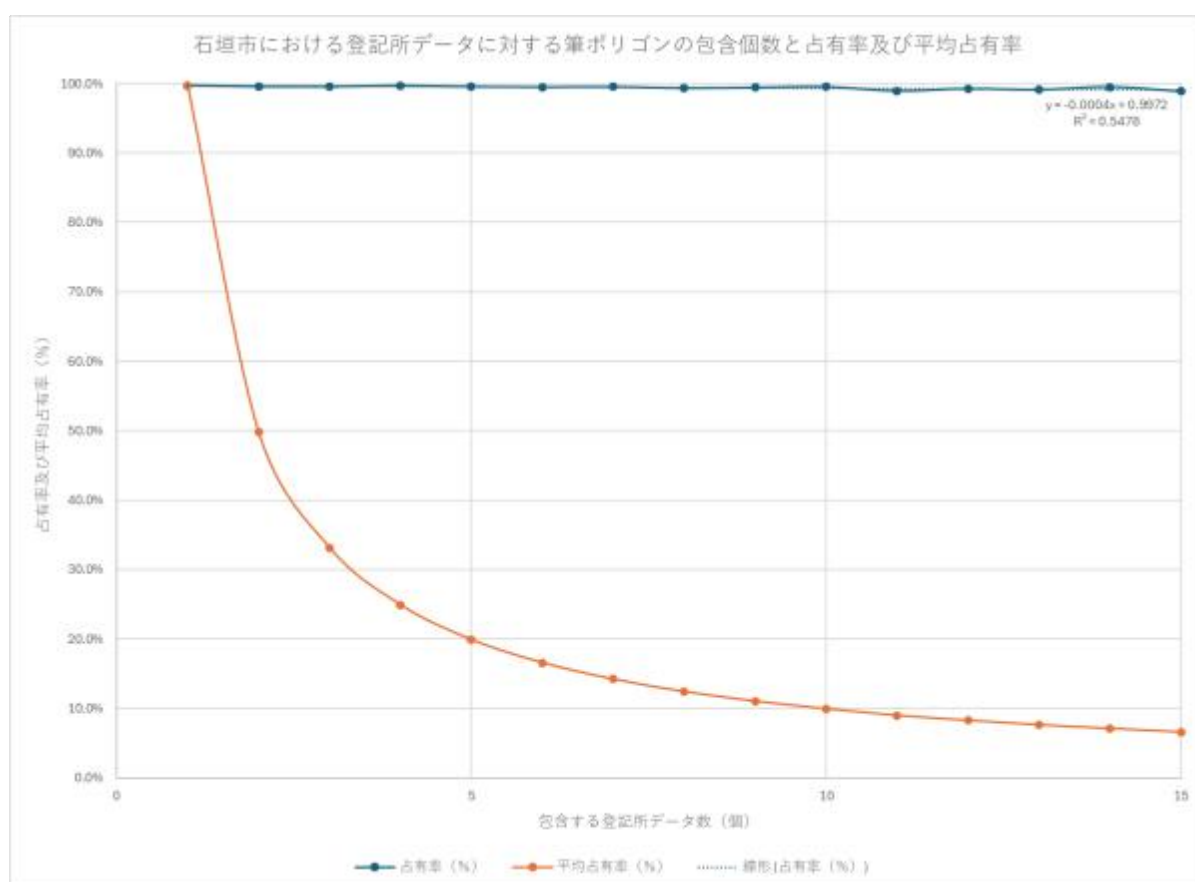


図 7-12 石垣市の筆ポリゴンにおける登記所データ包含数と占有率及び平均占有率

流出量の算定を行う農地区画について、所有者等の権利関係を示す目的の登記所データの境界対して、航空写真をもとに農地と判別される区画を囲った筆ポリゴンの境界が流出量の精度向上において優位性が高いと想定された。

しかし、登記所データと同様に筆ポリゴンにおいても、一つの農地区画と想定される区画が細分化されている箇所が含まれていることから、細分化による地形係数への影響を把握するために登記所データと筆ポリゴンについて、それぞれの包含関係について比較を行った。

両区画ともに、別の種類の区画によって分割される区画が存在し、いずれも細分化したデータの流出量を積み上げたものが、元の区画の流出量より少なくなることが想定される。

つまり、別の種類の区画で分割される割合が低い方の区画タイプが、高い区画タイプよりも流出量が低くなることが想定される。

そこで、図 7-6 および図 7-7 を比較すると、筆ポリゴンが登記所データで分割される割合の方が、登記所データが筆ポリゴンで分割される割合より高いことから、登記所データによる区画は、筆ポリゴンによる区画と比較して流出量が低くなると想定される。

このことから区画形状から見た区画の優位性は、推定流出量が安全側として過小評価にならない筆ポリゴンの方が高いと考えられる。

一方で、登記所データの区画は、大字、地番によって識別されるため、赤土等流出防止対策協議会や農業委員会や製糖工場など関連組織が保有するデータとの連携が容易である。よって、データの更新からみた区画の優位性は、登記所データの方が、筆ポリゴンに対し優位性が高いと考えられる。

登記所データと筆ポリゴンのそれぞれの優位性を活かすために、相互のデータ移行を行う仕組みについては、登記所データと筆ポリゴンの空間解析（ユニオン）を行い、両方のデータの重なり具合の関係データを作成し、面積按分で情報の転記を行う方法を検討した。

この仕組み自体の難易度は低いですが、得られた結果の説明において、両データ間の面積の重なり具合の関係など追加的な情報が必要となり、仕組みが複雑化し、流出量の算定結果の説明も複雑となる。

よって、農地区画については、情報共有の優位性を考慮した登記所データによる情報の一元化が望ましいと考える。なお、流出量算定のための面積は、登記所データに含まれる筆ポリゴンの面積を「耕地面積」として補正を行う。

7.2 UAV 解析データの反映手法の検討

7.2.1 地形係数関連解析結果の反映手法の検討

ドローン撮影画像を解析して把握した農地の地形特性、利用状況、作付け作物、赤土等流出防止対策の実施状況等の情報を USLE の各係数に反映させる手法について検討した。

・USLE の係数値の元となる農地の地形特性、利用状況、作付け作物、赤土等流出防止対策の実施状況等の現況情報を効率的に更新するために、ドローン撮影画像の解析手法について検討を行った。

(1) 地形係数の反映

ドローン撮影画像から、オルソ画像、数値標高モデル、数値地形モデルの画像生成を行い、生成した数値地形モデルをもとに、ArcGIS の地形分析モデルの「Slope（勾配）」ツールを用いて、地表に設置した格子状のセルの勾配を算出した。その勾配値を農地の区画形状ごとに、区画に含まれるセルから農地の平均勾配を算定した。なお、本業務では対空標識による補正を行っていないためドローンに搭載されている GPS の誤差を含んでいる。

図 7-13 に、石垣島野底のオルソ画像を示す。



図 7-13 石垣島野底のオルソ画像

図 7-14 石垣島野底の数値標高データによる標高区分図を示す。色合いが標高値を示している。

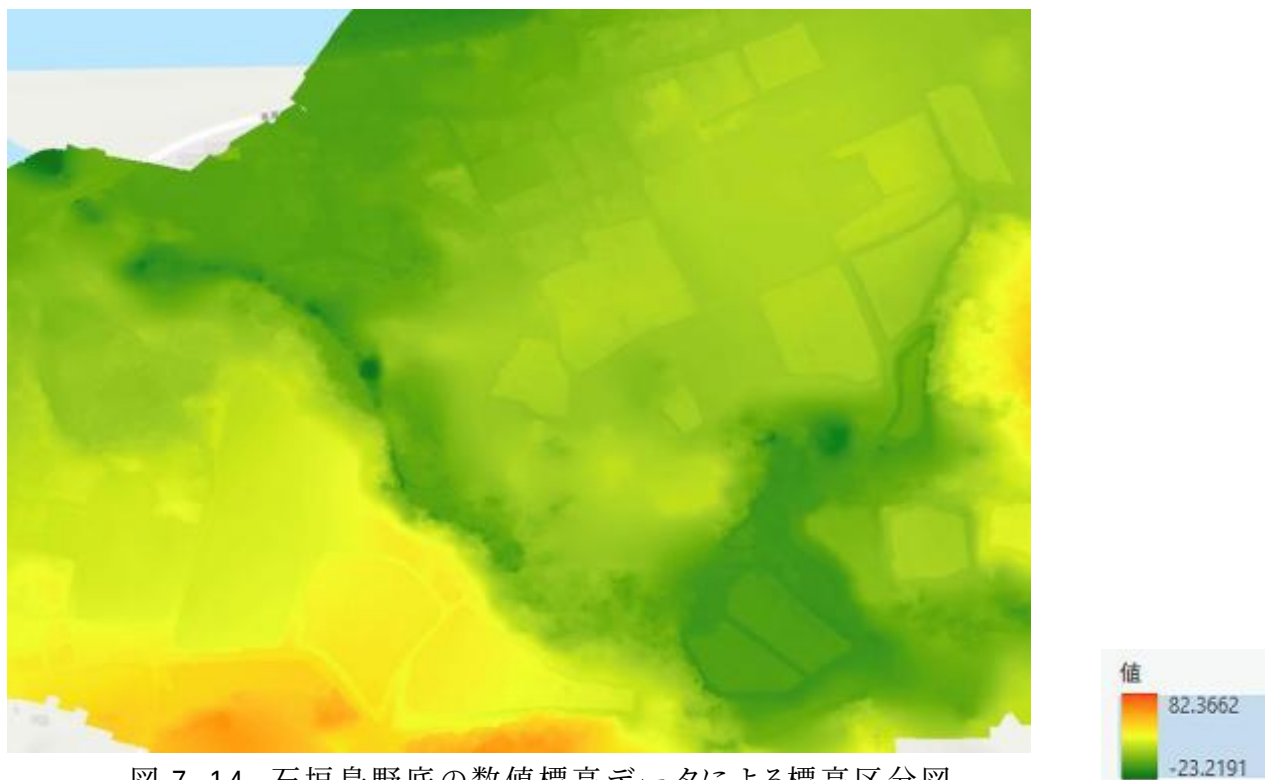


図 7-14 石垣島野底の数値標高データによる標高区分図

図 7-15 に、石垣島野底の勾配区分を示す。色合いが角度を示している。



図 7-15 石垣島野底の勾配区分図

図 7-16 に勾配区分図と登記所データを示す。区画ごとに平均勾配を求めた。

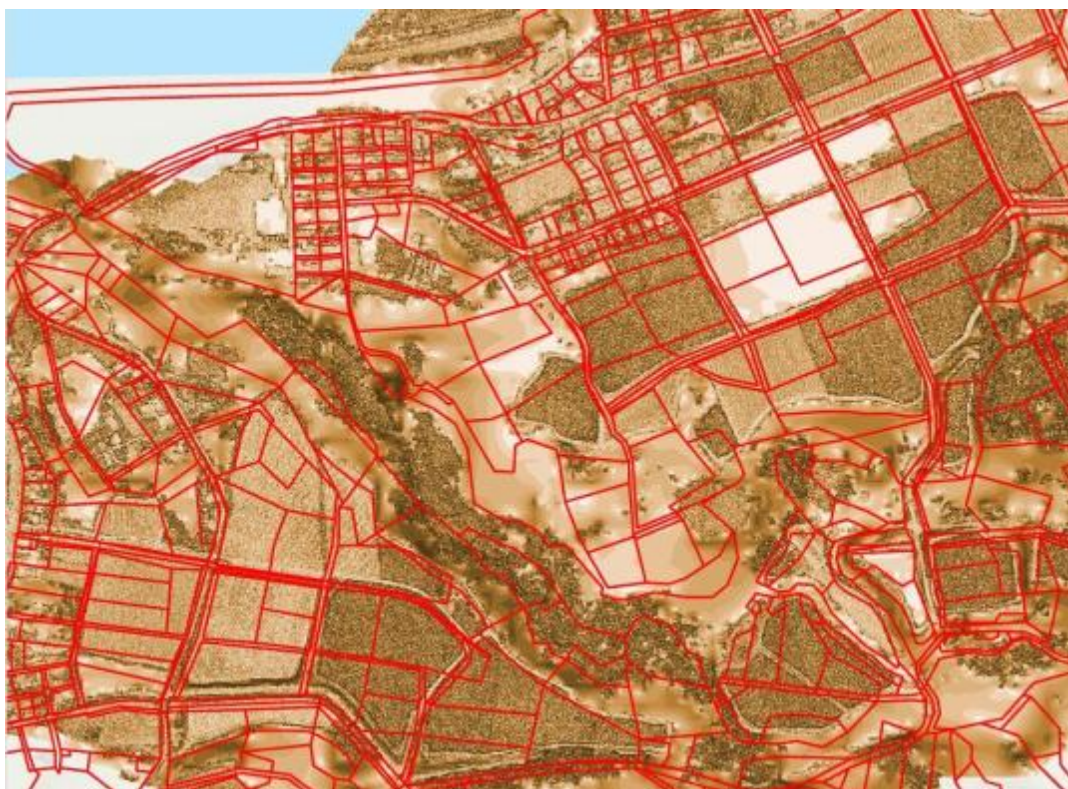


図 7-16 石垣島野底の勾配区分図と登記所データの重ね合わせ図

図 7-17 に、勾配区分図と筆ポリゴンを示す。区画ごとに平均勾配を求めた。



図 7-17 石垣島野底の勾配区分図と筆ポリゴンの重ね合わせ図

筆ポリゴンを例に、平均勾配の算定過程を以下に示す。

なお、画像解析を行うにあたって、解析時間の短縮のために、画像の解像度を4分の1に集約したデータを用いた。※集約は、解像度の高い複数の画素をまとめて解像度の低い画素に置き換えるもので、置き換えた画素の値は、元の画素の値の平均値が割り当てられる。集約によって画素数が少なくなるため解析時間の短縮が図られる。

石垣島市の撮影区画1(野底地区周辺)の画像の範囲を図7-18に示す。また、この区画における集約前(Lowデータ)と集約後(集約データ)のデータ仕様を表7-6に示す。



図 7-18 石垣市撮影区画1(野底地区周辺)の範囲

表 7-6 石垣市撮影区画1の画像データの仕様

	① Lowデータ 高解像度	② 集約データ 低解像度	③ 比率
カラム数	36,429	9,108	0.25
ロウ数	31,677	7,920	0.25
解像度(m)	0.0838	0.335	4.00
非圧縮容量(MB)	4,300	275	0.06
	4.30 GB	275.17 MB	

カラム数 :横方向の画素数

ロウ数 :縦方向の画素数

解像度 :1画素当りのサイズ (m)

非圧縮容量 :画像を圧縮しない場合のファイル容量 (MB)

図 7-19-1 に Low データ、図 7-19-2 に集約データを示す。また、図 7-20 に各々のデータの拡大図を示す。左側が Low データで、1つの格子サイズが約 8 cm、右側が集約データで、1つの格子サイズが約 30 cmとなる。



図 7-19-1 石垣市撮影区画 1 (野底地区周辺) の Low データ



図 7-19-2 石垣市撮影区画 1 (野底地区周辺) の集約データ

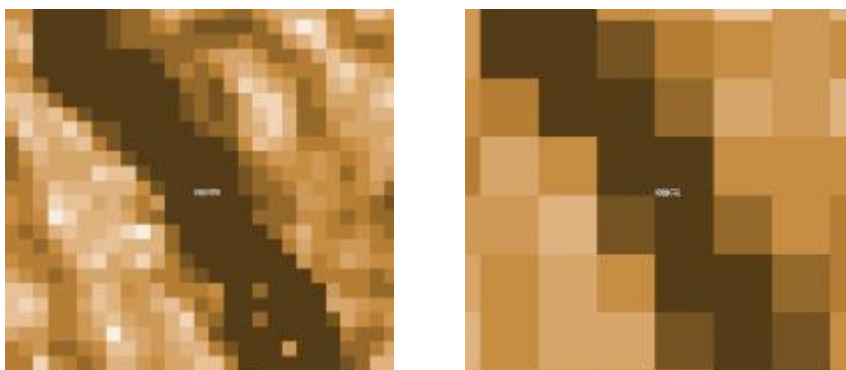


図 7-20 Low データ及び集約データの拡大図

平均勾配の算定にあたっては、登記所データ及び筆ポリゴンの区画ごとに勾配値のヒストグラムを求める。本業務では、ArcGIS のゾーンヒストグラムツールを用いた。

ヒストグラムは、ドローンの撮影区画の範囲ごとに求めた。

図 7-21 に撮影区画ごとに登記所データ及び筆ポリゴンの勾配値のヒストグラムを求める ArcGIS の処理フローを示す。

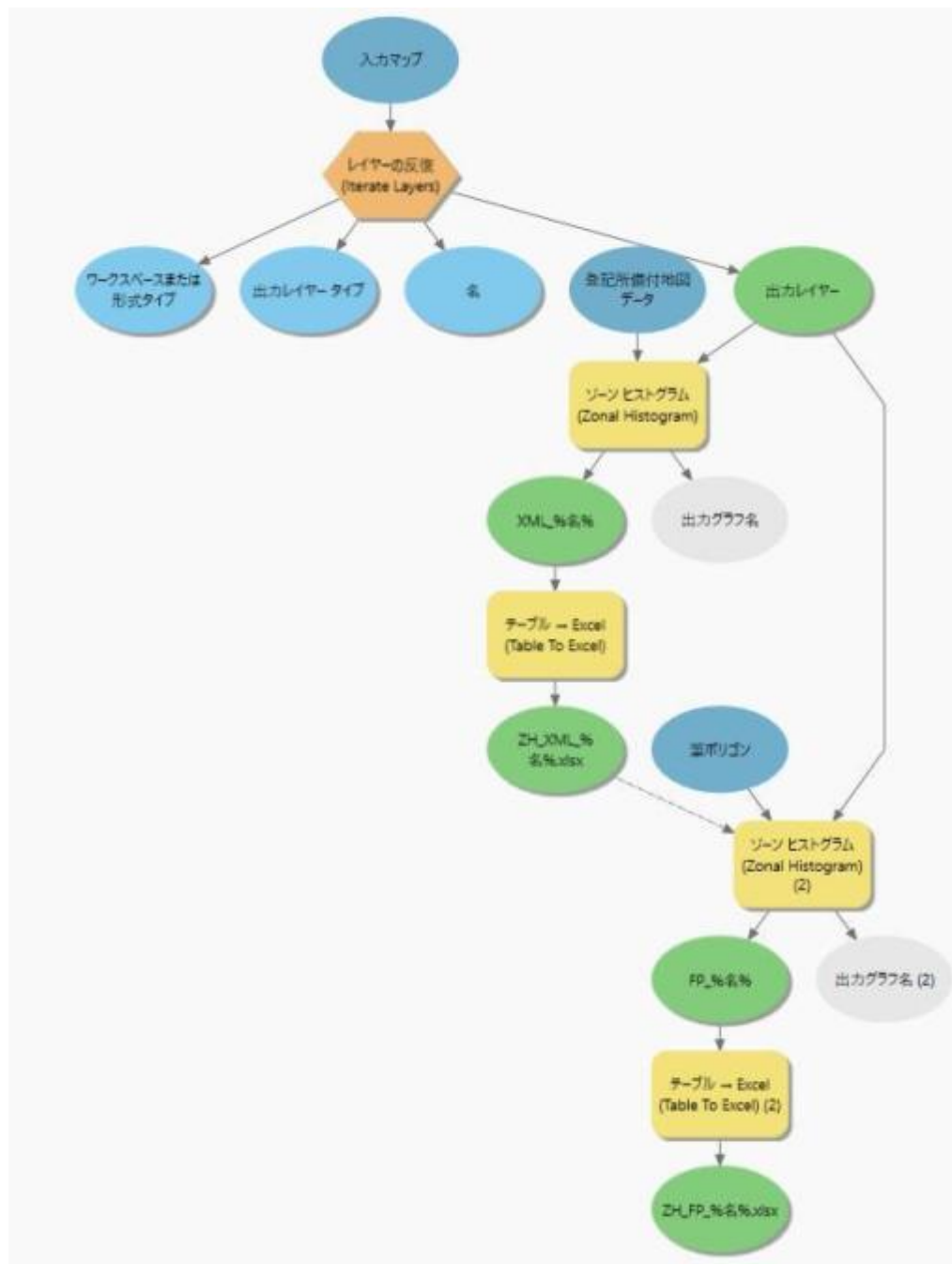


図 7-21 勾配値のヒストグラム取得のための ArcGIS の処理フロー

1. 区画ごとの勾配値のヒストグラムの取得及び加重平均による勾配設定

勾配の画像データは、格子ごとに傾斜が 0～90（度）の範囲で保存されている。このデータを、下記の式で勾配（％）に換算し、図 7-22 に示すと通りのクラス分けを行った。

クラスごとの勾配状況を図 7-23 に示す。

$$\text{勾配 (\%)} = \tan(\text{勾配 (度)}) \times 100$$

このクラス分けしたデータについて筆ポリゴンごとにクラスごとの画素数を求めた。

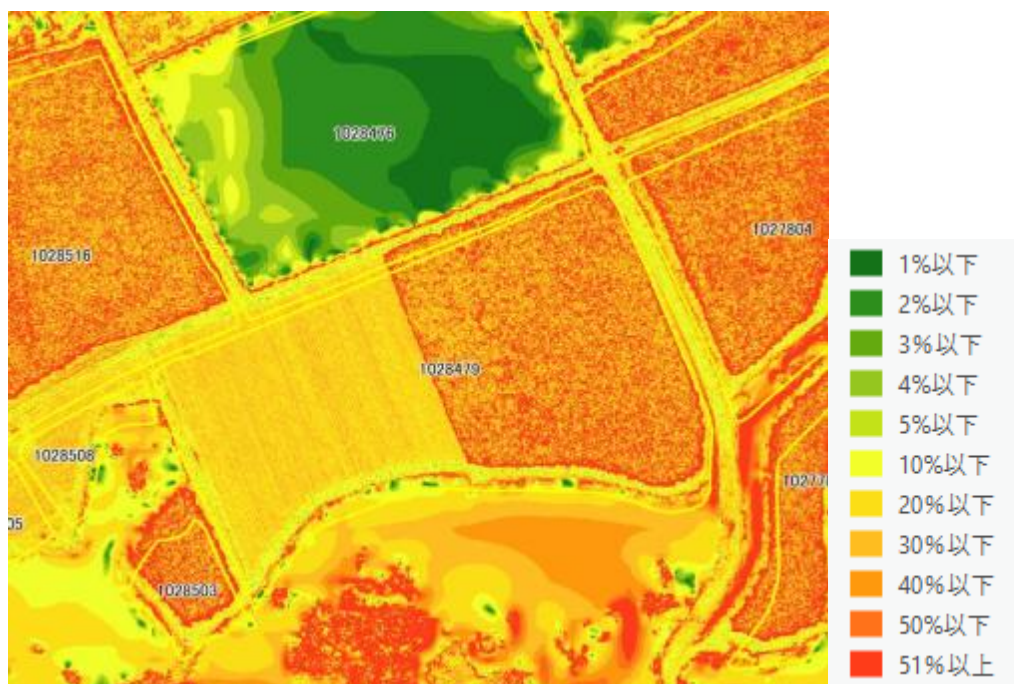


図 7-22 勾配データのクラス分け

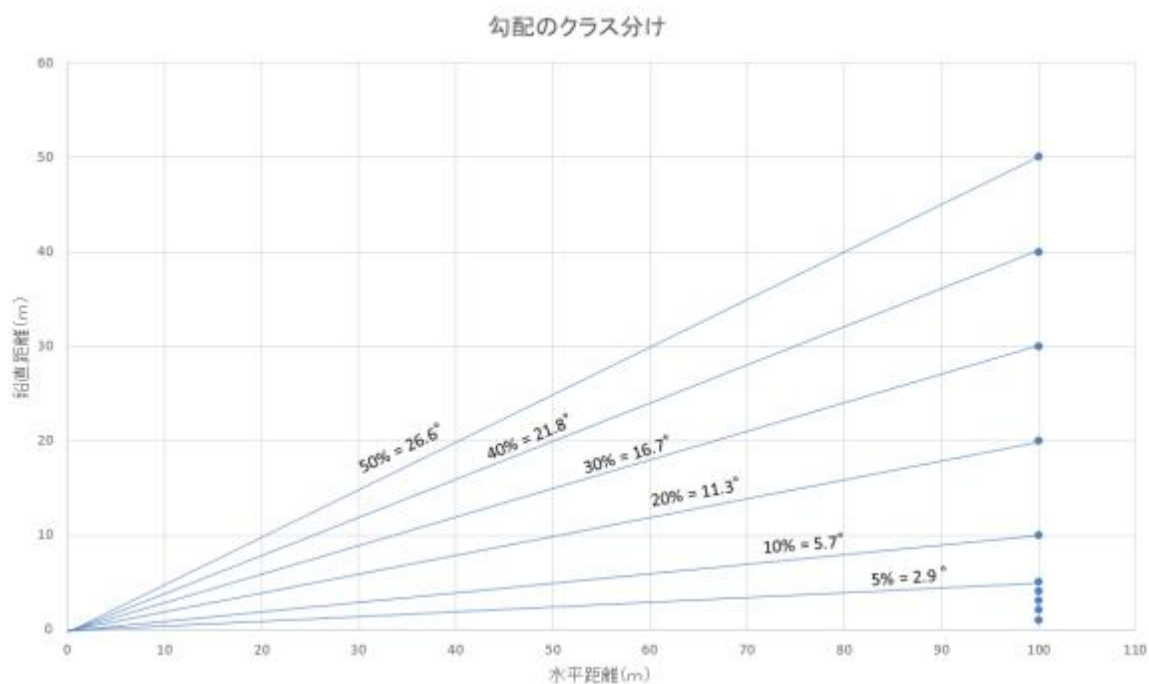


図 7-23 勾配のクラスごとの傾斜

表 7-8 に野底地区の筆ポリゴン別勾配区分別画素数及びクラス別加重平均を求めた結果を示す。加重平均は下記を用いた。また、重みづけの値は、各クラスの下に示す。

$$\text{加重平均} = \Sigma (\text{重みづけ値} \times \text{画素数}) / \Sigma \text{画素数}$$

表 7-8 筆ポリゴン別勾配区分別画素数及び加重平均による設定勾配

ID	1%以下	2%以下	3%以下	4%以下	5%以下	10%以下	20%以下	30%以下	40%以下	50%以下	51%以上	加重平均 [%]
Key_O_1028476	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	7.5	15	25	35	45	80	5.8
Key_O_1028479	21015	40329	16150	12632	10396	12513	5813	2185	1032	770	2676	5.8
Key_O_1028493	47	122	153	471	1098	9735	47303	43875	21040	14389	19898	30.7
Key_O_1028493	970	1900	2667	4793	2015	4291	3712	2261	1383	1021	2614	17.5
Key_O_1028502	5	16	21	27	51	736	5087	5821	3903	2022	1367	29.6
Key_O_1028503	0	0	0	23	91	981	1776	1983	1861	1524	3096	41.1
Key_O_1028505	0	10	40	148	325	2790	8266	5616	545	32	59	17.5
Key_O_1028508	20	54	34	65	129	1491	4239	2997	665	93	182	19.3
Key_O_1028516	0	3	11	274	695	5280	17416	28119	28973	22394	34805	42.1
Key_O_1028529	0	5	2	6	9	62	291	241	201	173	422	42.1
Key_O_1028593	1	8	19	92	305	6177	13933	3555	1390	881	2237	21.4

図 7-24-1 に図 7-22 に表示されている 1028479 番の筆ポリゴンのクラス別画素数を示す。また、図 7-24-2 に表 7-8 のデータについてのクラス別画素数の分布も示す。



図 7-24-1 1028479 番の筆ポリゴンのクラス別画素数

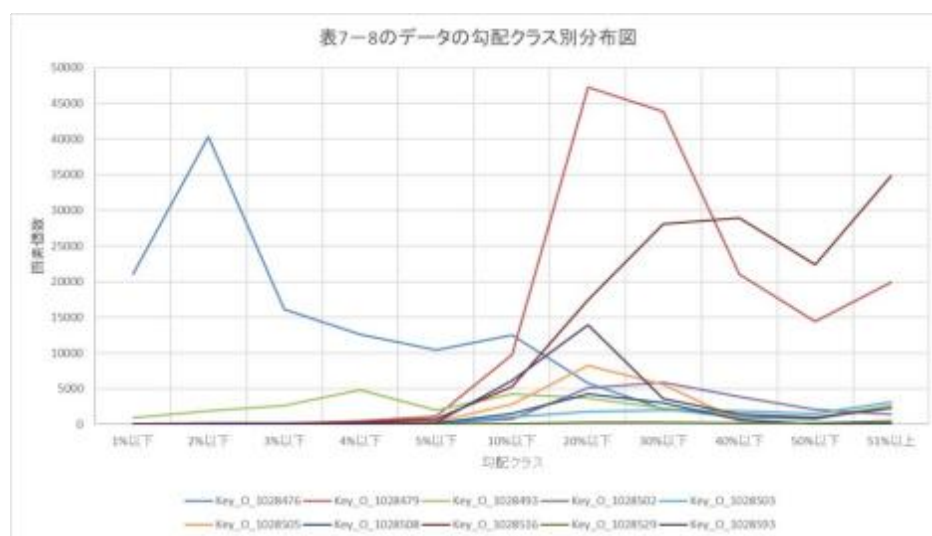


図 7-24 表 7-8 のデータについてのクラス別画素数

登記所データも、筆ポリゴンと同様の手法で、勾配の算定を行った。図 7-25 に登記所データと重ねた図を示し、表 7-9 にクラス別の集計結果を示す。図 7-25 の青枠で囲った部分を表 7-9 では黄色で示している。

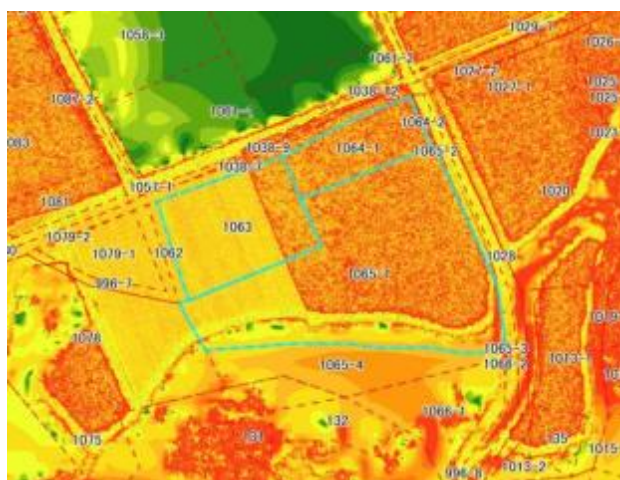


図 7-25 登記所データと勾配データ

表 7-9 登記所データ別勾配区分別画素数及び加重平均による設定勾配

市町村名	大字名	地番表示	1%以下	2%以下	3%以下	4%以下	5%以下	10%以下	20%以下	30%以下	40%以下	50%以下	51%以上	加重平均	slope
			0.5	1.5	2.5	3.5	4.5	7.5	15	25	35	45	60	[%]	
石埭市	野底	1065-1	38	86	119	310	623	5385	17832	18629	14074	10301	14980	35.6	3.49
石埭市	野底	1064-1	0	0	0	0	0	79	1755	4121	3785	2707	9167	40.8	3.50
石埭市	野底	1063	0	0	0	0	6	651	12963	11048	2296	1119	1273	24.1	5.24
石埭市	野底	1062	0	0	0	0	0	41	1049	1038	37	0	0	20.0	5.24
石埭市	野底	1061-2	1	3	5	10	21	66	43	5	1	4	3	11.5	0.00
石埭市	野底	1061-1	4800	9311	7447	6745	3228	4600	2461	746	411	287	1263	7.1	3.49
石埭市	野底	1060-2	17	38	36	40	59	213	117	12	0	0	0	7.9	3.49
石埭市	野底	1060-1	15931	21590	4538	1559	740	1333	342	6	0	0	0	1.6	3.49
石埭市	野底	1059-2	0	0	0	0	0	15	21	6	4	5	7	25.9	3.50
石埭市	野底	1268	15	42	59	92	122	1517	7179	15253	6740	2179	6341	34.0	1.75

※「slope」は登記所データに登録されている値であり参考値です。

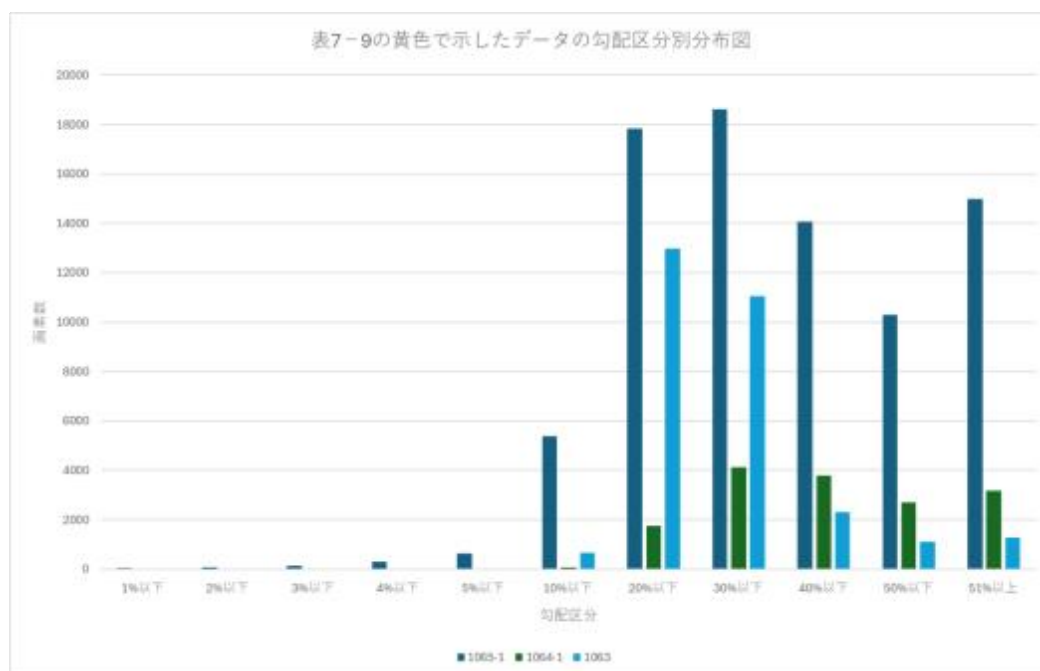


図 7-26 表 7-9 の黄色表示データのクラス別画素数

登記所データは、旧計画時の現地調査結果を継承する方針で作成した。その継承データの勾配値とUAVの画像解析から得られた加重平均の勾配値の比較を行った。

図 7-27 に石垣島の野底地区のデータについて、横軸に継承データの勾配、縦軸に画像解析結果の勾配の組み合わせで、区画データをプロットしたものを示す。

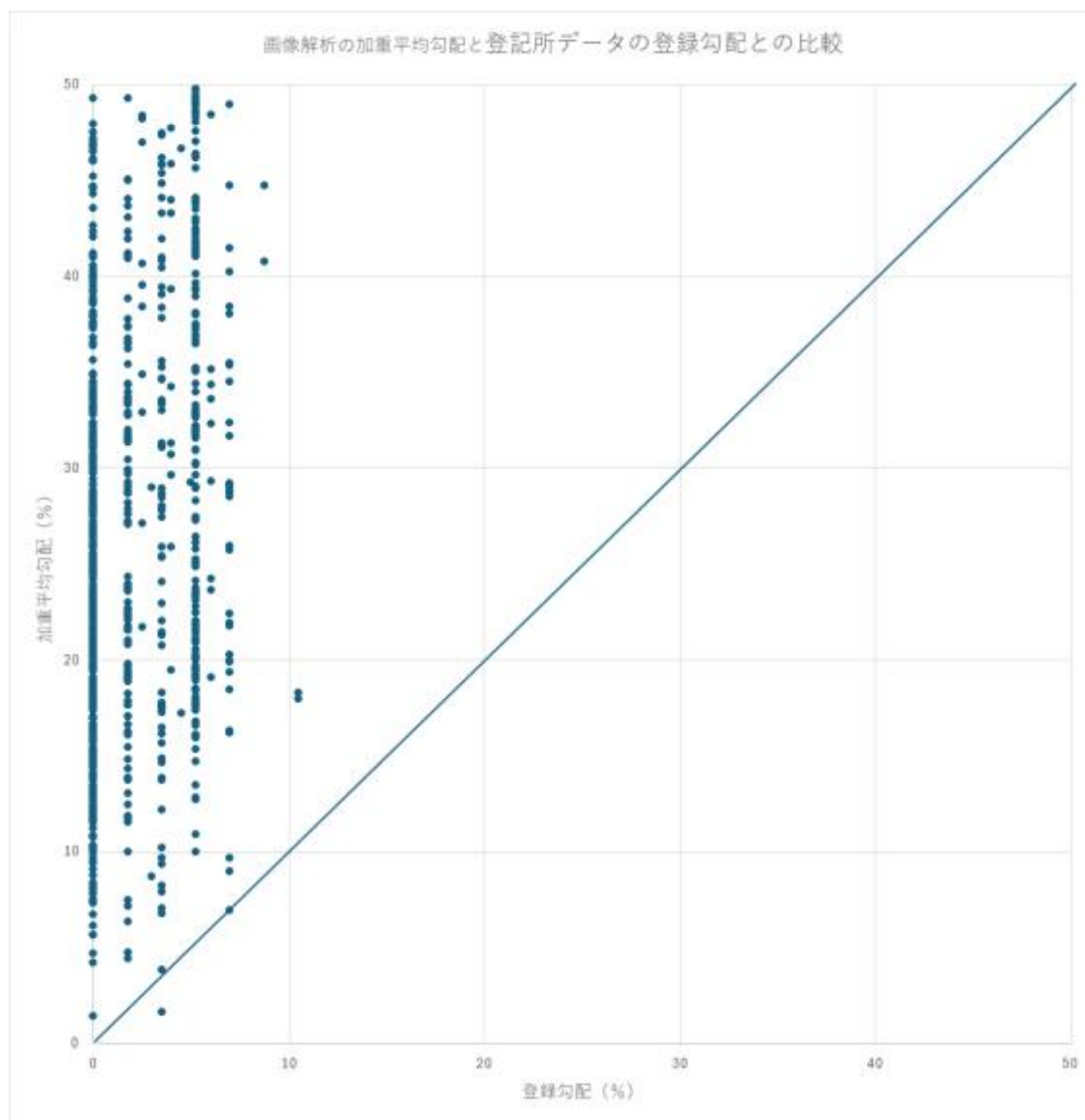


図 7-27 野底地区の継承データと画像解析結果の勾配値との対比

上記グラフから、画像解析結果の勾配が継承データの勾配より高い傾向が読み取れる。

これは、標高値について、表層モデルから地形モデルに変換における樹木等の除去の精度に起因するものか、Slope ツールの条件設定に起因するものか、検証が必要と考える。

令和 4年度の農地区画に含まれる矩形の標高値から算定した結果との比較は、上記検証を行ったのちに精度検証を行う。

7.2.2 植生関連解析結果の反映手法の検討

植生等の判別は、令和4年度の人工知能による解析手法をもとに、農業委員会や製糖工場の作付け情報やオルソ画像によるハウス等の登録が可能なクラウドシステムでの教師データの補完により判別精度の向上を図った。



図 7-28 水土里情報クラウドシステムによる作物情報登録画面の例

解析手法

農地の利用状況について、人工知能(AI)による作付状況分類手法の検討を行った。撮影したドローン画像のオルソ化後、植生指標やピクセル分類モデル、オブジェクト検出モデルを使用して8種別に分類することとした。

- ・サトウキビ
- ・パイナップル
- ・花卉電照菊)
- ・牧草
- ・ビニールハウス
- ・野菜マルチング込み)
- ・果樹柑橘類、バナナ)
- ・裸地

今回の分類では、全ての作物を一度に学習させて分類するのではなく、段階的に処理を行っていく。

その実施フローを図 7-29 に示す。

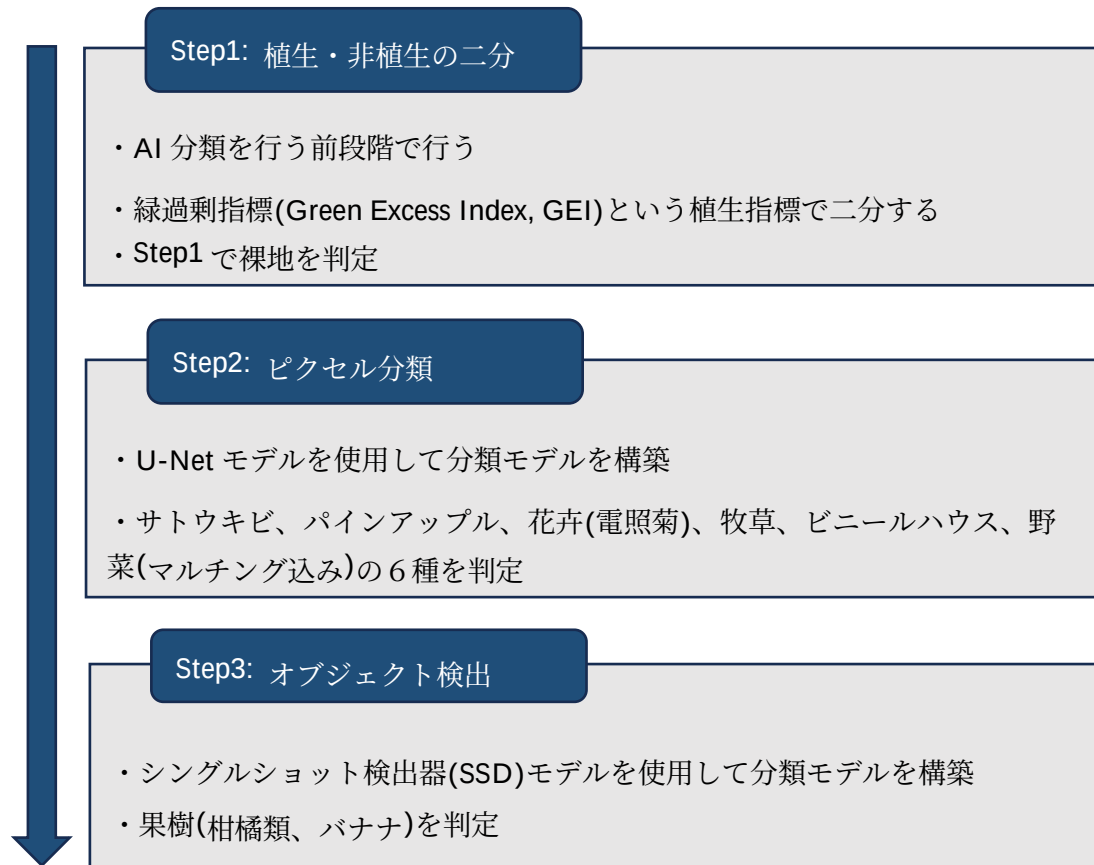


図 7-29 作物分類の解析フロー

(1) 緑過剰指標(GEI)について

1) 概要

緑過剰指標(Green Excess Index, GEI)は、植生の健康状態や生育状況を把握するために使用されるリモートセンシング指標の一つであり、可視光の3つのバンド値(RGB)を用いた可視光植生指標で、式(1)にその定義を示す。

(1)

定義式から分かるように、分子の緑バンドは赤バンド、青バンド値の2倍の重みになっている。植物葉における低い分光反射率は青バンドと赤バンドの両方で起こるため、GEIの分子項を()+ と表現することで、葉緑素の光吸収を強調した植生指標となる。-1.0 から+2.0までの値をとり、緑色光が強い(緑色が濃い)ほど、指数が大きくなる。また、GEI処理した画像では植生が強いほど白っぽく映る。

GEI処理前のオルソと処理後のオルソを図7-30-1、7-30-2に示す。



図 7-30-1 処理前のオルソ

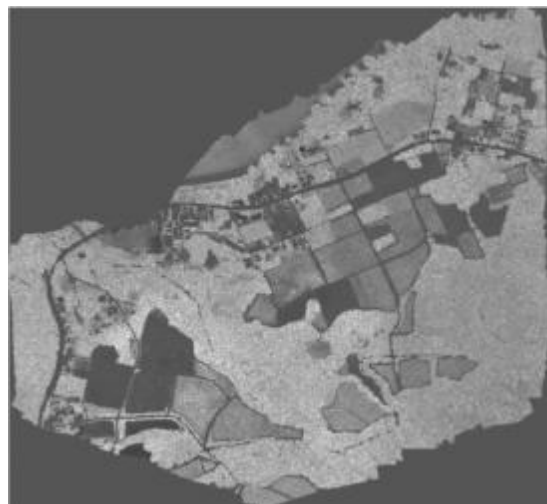


図 7-30-2 GEI処理したオルソ

2) 閾値の検証

GEI処理をするにあたり、閾値を決定する必要がある。今回はオルソ画像から目視でクラスごとにポリゴンデータを作成し、それをもとにGEI処理した画像からクラス別でクリッピングを行う。その後ピクセルの統計量を計算し、ポリゴン内のピクセルの平均値に基づいて閾値を検討した。

クラスごとに統計量を算出し、植生(サトウキビ、パイナップル、花卉、牧草、野菜、果樹)と非植生(裸地、ビニールハウス)の結果から、今回は閾値を0.08とした。それぞれの統計量の平均値が閾値以上なら植生がある、閾値以下なら植生がないとしている。ビニールハウスに関しては裸地と同じく非植生に分別されるが、特徴がはっきりしているため、ピクセル分類にて判定を行う。

【GEI の閾値の算出の詳細について】

宮古島友利地区をサンプル地区とし、オルソ画像をもとに目視で植生地(サトウキビ、パインアップル、花卉、牧草、野菜、果樹)と非植生地(裸地、ビニールハウス)のポリゴンを作成し、作成したポリゴンごとに包含される GEI 値の平均値を算出した。

ポリゴンデータを非植生地グループ、植生地グループの順に個別並べたものについて GEI 値をプロットした結果を図 7-30-3 に示す。

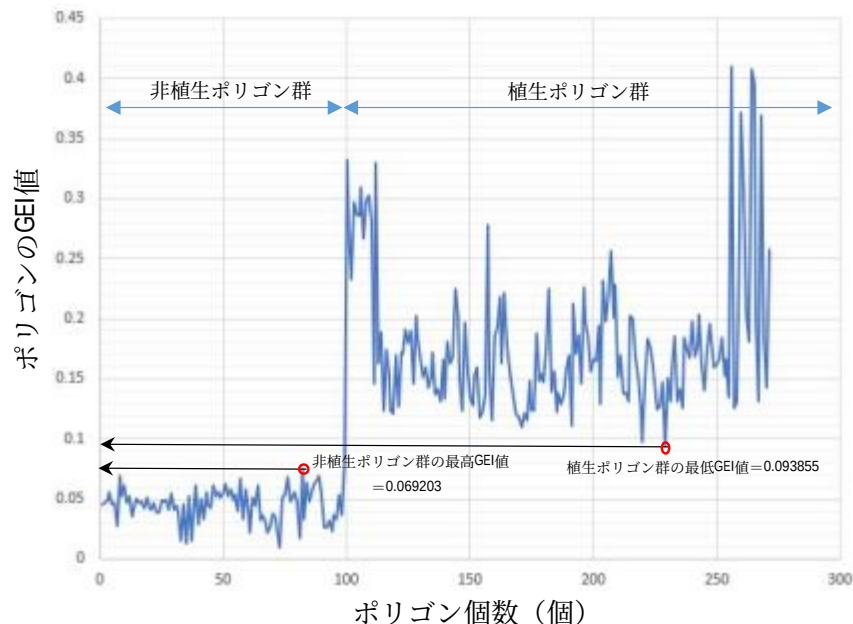


図 7-30-3 非植生群と植生群の GEI 値

図 7-30-4 において非植生群の GEI の最大値が 0.069203 (0.07)、植生群の GEI の最小値が 0.093855 (0.09)であった。よって、0.07 と 0.09 の中間点の 0.08 を閾値と設定し、それ以上を植生あり、以下を植生なしとした。

(2) ディープラーニングワークフロー

AI 分類処理は、①トレーニングサンプル(教師データ)の作成、②ディープラーニングモデルのトレーニング、③推論の実行という 3 ステップのプロセスで構成される。いずれのステップも Esri 社の ArcGIS Pro を用いて処理を行った。ArcGIS Pro のディープラーニング機能は、地理空間データの解析において非常に強力なツールを備えており、またディープラーニングプロジェクトの各段階で豊富なドキュメントとチュートリアルも存在するため、これらのリソースを活用することで初心者でも地理空間データの分析にディープラーニングを適用することができる。

上記 3 つのステップで 픽셀分類、オブジェクト検出処理を行う。

1) 픽셀分類

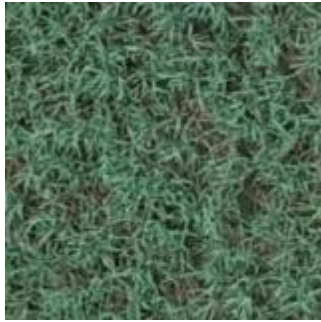
(1) トレーニングサンプル(教師データ)の作成

[ディープラーニングのオブジェクトのラベル付け]ツールを使用して教師データの作成を行う。図 7-31 に示すように、マップ上に存在する作物の領域をポリゴンで囲っていく。一定数ポリゴンで囲った後に[ディープラーニング用のトレーニングデータをエクスポート]ツールを使用し、ポリゴンでマークしたデータを基に画像チップの作成を行う。

クラス別の画像チップの例を図 7-32 に示す。



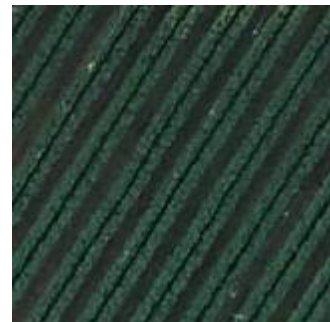
図 7-31 作物の領域のポリゴン設定の例



サトウキビ



パインアップル



花卉(電照菊)



牧草



ビニールハウス



野菜

図 7-32 クラス別の画像チップの例

また、ディープラーニングモデルのトレーニングに欠かせないアノテーションラベルについても記述する。アノテーションラベルとは生成された画像チップ内のオブジェクトや特徴に対するラベルやタグ情報のことで、これらのラベルは、モデルが何を見ているのかを理解するための重要な情報となる。

ArcGIS Pro は、地理空間データ内で事前に定義されたフィーチャーやオブジェクトを自動的に検出し、それらに対応するアノテーションラベルの生成を行う。画像チップとアノテーションラベルのデータセットを基にモデルのトレーニングを行う。

サトウキビを例に、アノテーションラベルの例を図 7-33 に示す。画像チップにはサトウキビと裸地が混同しているが、アノテーションラベルで示すサトウキビの領域のみを正確に学習することができる。



図 7-33 サトウキビのアノテーションラベルの例

(2)ディープラーニングモデルのトレーニング

[ディープラーニングモデルのトレーニング]ツールで、生成した画像チップを使用してモデルのトレーニングを行う。モデルタイプはU-Net、バックボーンモデルはRESNET-152、最大エポック数は200、バッチサイズ8というパラメータでトレーニングを開始。また、入力トレーニングデータは各クラス500枚ずつ読み込ませた。このモデルの学習曲線を図7-34に示す。グラフからトレーニング損失、バリデーション損失ともに減少し、モデルが良好に学習していることが分かるが、こちらのモデルに対してさらに追加で500枚ずつトレーニングを行い、モデルを強化学習させた。この強化学習後のモデルの学習曲線を図7-35に示す。

1回目の強化学習の学習曲線からトレーニング損失、バリデーション損失ともに低く、安定した値を取っている。また、どの評価指標も良好なスコアを記録している。よって、2回目以降の強化学習は、オーバーフィッティング(過学習)を起こす恐れがあり、不要と判断した。

また、モデルの精度は適合率(Precision)と再現率(Recall)の調和平均を取ったF1スコア(0~1)で0.951225~0.989424の結果を得た。表7-10に作物区分ごとのF1スコアを示す。

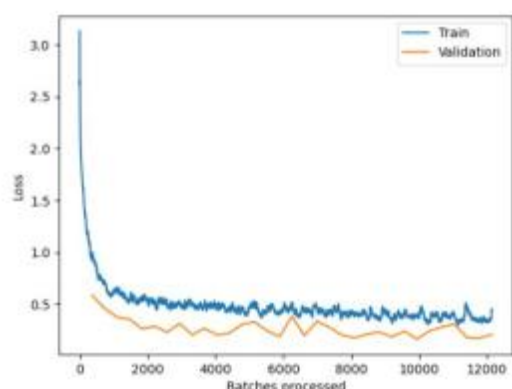


図 7-34 強化学習前のモデルの学習曲線

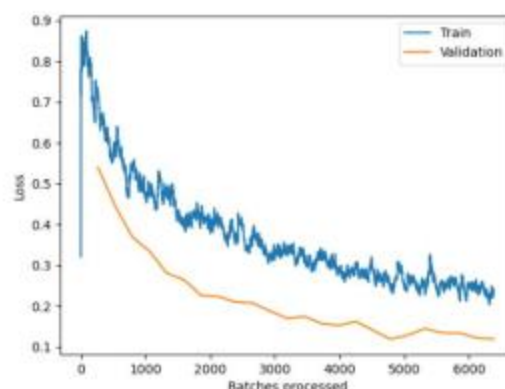


図 7-35 強化学習後のモデルの学習曲線

表 7-10 作物区分ごとのF1スコア

作物区分	Precision	Recall	F1
No Data(その他)	0.941384	0.906434	0.923579
サトウキビ	0.977864	0.962577	0.97016
パイナップル	0.940734	0.961952	0.951225
花卉(電照菊)	0.970969	0.989526	0.98016
牧草	0.980775	0.998227	0.989424
ビニールハウス	0.951437	0.965849	0.958589
野菜(マルチング)	0.945141	0.974958	0.959818
野菜(普通畑)	0.945092	0.980378	0.962412

ここで、野菜はマルチングと、普通畑という2 つに分けて学習を行ったが、分類結果はこの2 つが統合された結果で表示されるため、1 つの野菜というクラスにマルチングと普通畑が含まれる。

(3)推論の実行

[ディープラーニングを使用したピクセルの分類]ツールを使用し、各ピクセルがクラスまたはカテゴリに属する分類済みラスターを生成する。強化学習後のモデルを用いた分類結果を、作物区分ごとに図 7-36 に示す。

サトウキビ



パイナップル



花卉(電照菊)



牧草



ビニールハウス



野菜(マルチング込み)



図 7-36 作物区分 6 種別の分類例

2) オブジェクト検出

(1) トレーニングサンプル(教師データ)の作成

ピクセル分類と同様、[ディープラーニングのオブジェクトのラベル付け]ツールを使用して教師データの作成を行う。ピクセル分類と違って、トレーニングサンプルは円ツールを使用し、オブジェクトの周囲に境界を描画していく。(図 7-37-1)

その後、[トレーニングデータのエクスポート]ツールから画像チップを作成する。その画像チップの例を図 7-37-2 に示す。



図 7-37-1 トレーニングサンプルの設定例



柑橘類(タンカン)



バナナ

図 7-37-2 画像チップの例

また、アノテーションラベルについて、円ツールを使用してトレーニングサンプルを作成した場合は、画像内のオブジェクトの境界の座標が提供される。この座標を基に画像チップ内で柑橘類やバナナを認識し学習していく。画像チップにアノテーションラベルの座標を描画した例を図 7-37-3 に示す。



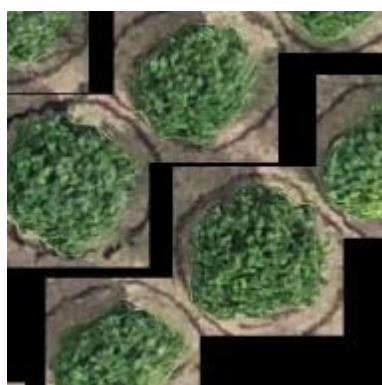
柑橘類(タンカン)



バナナ

図 7-37-3 アノテーションラベルの座標を描画した例

さらに、教師データにマスキング処理を施し、オブジェクト検出の精度向上を目指した。図 7-37-4 に示すように、対象オブジェクト以外の不要な領域にマスク処理を施すことでその領域の特徴を考慮しないようにし、モデルの特徴量抽出がより判別したいオブジェクトを注視してくれるようになる。このマスク処理を施した教師データを基にモデルのトレーニングを行った。



柑橘類(タンカン)



バナナ

図 7-37-4 マスク処理を施した教師データ

(2) ディープラーニングモデルのトレーニング

ピクセル分類と同様、[ディープラーニングモデルのトレーニング]ツールを使用してモデルのトレーニングを行う。モデルタイプはシングルショット検出器(SSD)、バックボーンモデルは DENSENET-161、最大エポック数は 200、バッチサイズ 8 というパラメータでトレーニングを開始。また、入力トレーニングデータはバナナが約 1600 枚、柑橘類が約 3600 枚で、合計約 5200 枚だった。また、作成したモデルが地域などの要因によって検出精度に差が出ることを防ぐため、各地域(沖縄本島、宮古島、石垣島)の教師データを用いて再チューニングを行い、汎化性能を高めた。このモデルの学習曲線を図 7-37-5 に示す。グラフから、学習(バッチプロセス)が進むにつれロス値が低減しているため学習の妥当性が伺える。また、トレーニング損失とバリデーション損失に大きなギャップが無く、Overfitting(過学習)を起こしていないことも分かる。

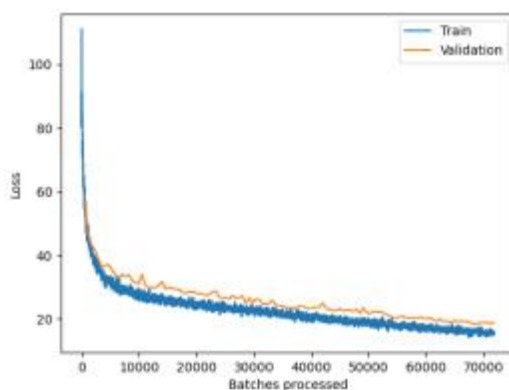


図 7-37-5 チューニング後のモデルの学習曲線

モデルの精度として、適合率(Precision)はそれぞれバナナが 0.582543 で、柑橘類が 0.758132 となった。

(3)推論の実行

[ディープラーニングを使用したオブジェクトの検出]ツールを使用し、検出したオブジェクトを含むフィーチャークラスを生成する。検出結果を図 7-37-6 に示す。

柑橘類(タンカン)



バナナ



図 7-37-6 果樹(柑橘類、バナナ)の分類例

参考文献

- 1) 尾崎 敬二「小型無人航空機搭載デジタルカメラによる単一空撮可視光画像から推定する植生指標」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/isj/57/3/57_302/_pdf/-char/ja

7.2.3 解析結果の農地区画への反映手法の検討

ドローン撮影画像の解析結果を農地区画に反映する手法について検討を行った。

(1) 解析データ

植生の設定について、ドローン撮影画像から、下記の解析結果を取得した。

1. GEI

各ピクセルに、緑過剰指標の-1.0 から+2.0 までの値が、0～255の階調で登録されている。この階調値を、勾配の設定と同様に、閾値を0.08として、植生地と非植生地のクラス分けを行った。

石垣島の野底地区の GEI 区分を図 7-38-1 と図 7-38-2 に示す。

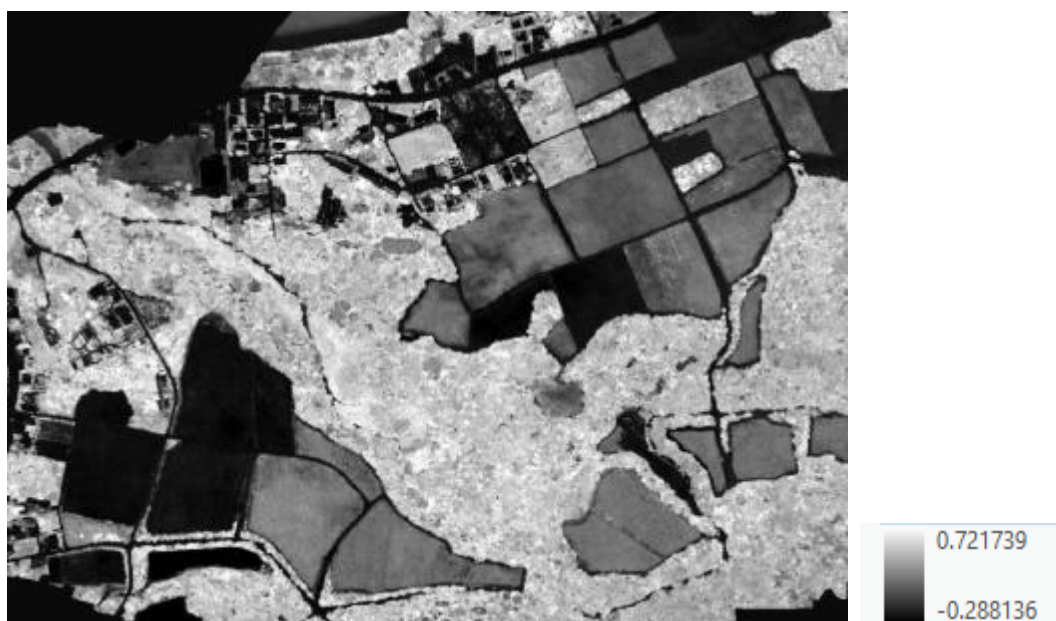


図 7-38-1 野底地区の GEI 区分図 (255 階調表示)



図 7-38-2 野底地区の GEI 区分図 (植生地と非植生地の 2階調表示)

2. ピクセル分類

各ピクセルに、ピクセル分類によって仕分けされた値が、登録されている。
分類された仕分け値を以下に示す。

- 0 Nodata
- 1 サトウキビ
- 2 パインアップル
- 4 花卉
- 6 牧草
- 7 ビニールハウス
- 15 野菜

図 7-39 に、石垣島の野底地区のピクセル分類結果を示す。



図 7-39 野底地区のピクセル分類図（7階調表示）

3.オブジェクト検出

オブジェクト検出によって抽出されたオブジェクトごとにポリゴンデータが作成されている。

図 7-40 に、石垣島の野底地区のオブジェクト検出結果を示す。



図 7-40 野底地区のオブジェクト検出区分図（2階調表示）

4.分析結果による植栽判定

本業務で採用した3段階の解析手法の結果について、植栽判定の手順を表 7-11 に示す。

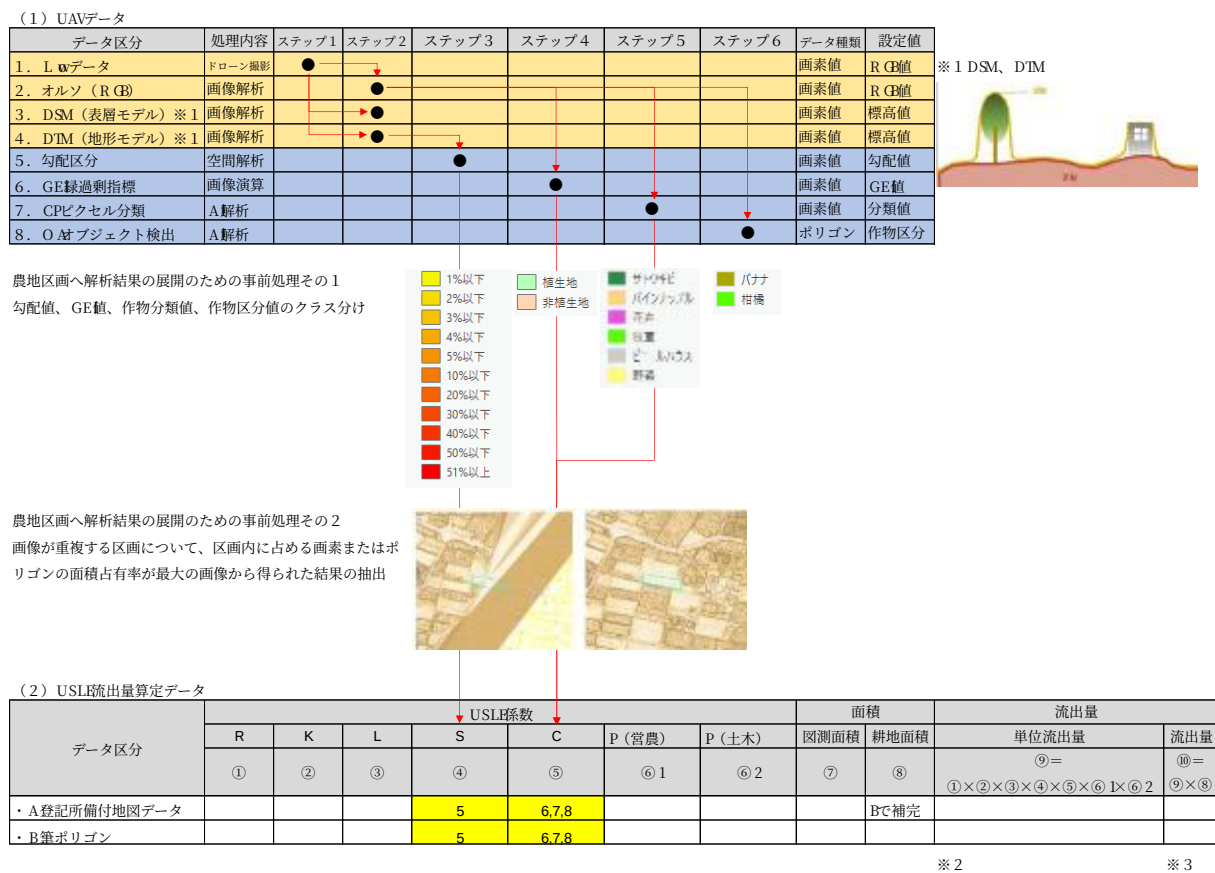
表 7-11 植栽の判定手順

ステップ1	ステップ2	ステップ3
GE値	ピクセル分類	オブジェクト検出
閾値 0.08による判別	分類値による判別	多数派オブジェクトの占有率による判定 閾値 40%
0.08以上 植生地	0 Nodata	40%未満 設定なし
		40%以上で柑橘類が多数派のオブジェクトの場合 柑橘類
		40%以上でバナナが多数派のオブジェクトの場合 バナナ
	1サトウキビ	
	2パイナップル	
	4花卉	
	6牧草	
0.08未満 非植生地	7ビニールハウス	
	15野菜	

ステップ3のオブジェクト検出(OA)では、対象となる樹木類は植栽間隔が広いものと想定し、本業務では 40%とした。今後の検証において、柑橘類とバナナで個別に閾値を設定するか検討する必要がある。

(2) 解析データフロー

図 7-41-1 にドローン画像の解析結果とUSLE の地形係数と作物係数の関係を示す。



※2：海域単位等広域な流出量は、単位流出量に面積を乗じて算定。
※3：農地利用動態調査の成果に基づき、農地利用動態調査の結果に基づき算定。

図 7-41-1 ドローン画像の解析結果とUSLE の地形係数と作物係数の関係

図 7-41-2 に AI 解析と解析結果の農地区画への展開の関係性を示す。

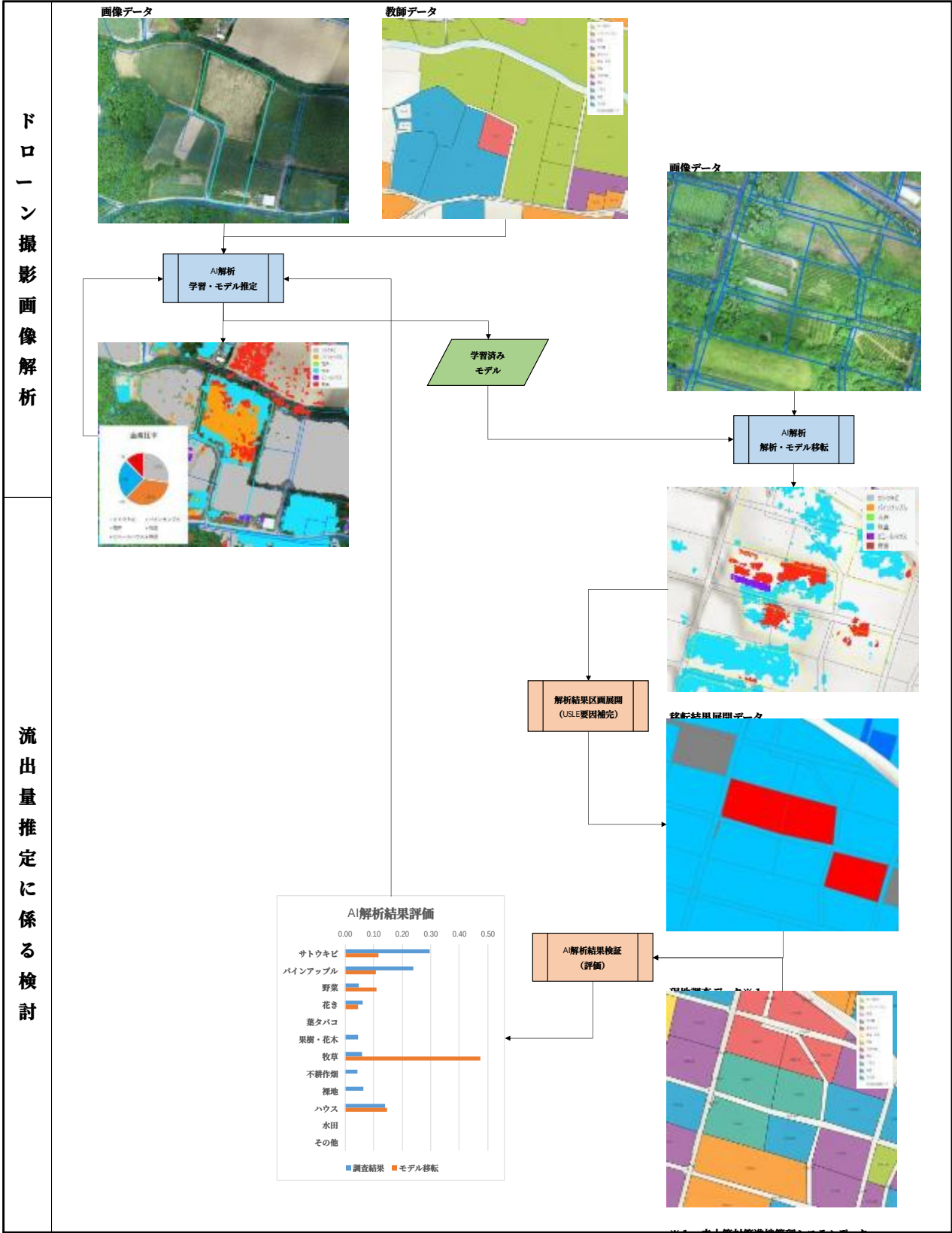
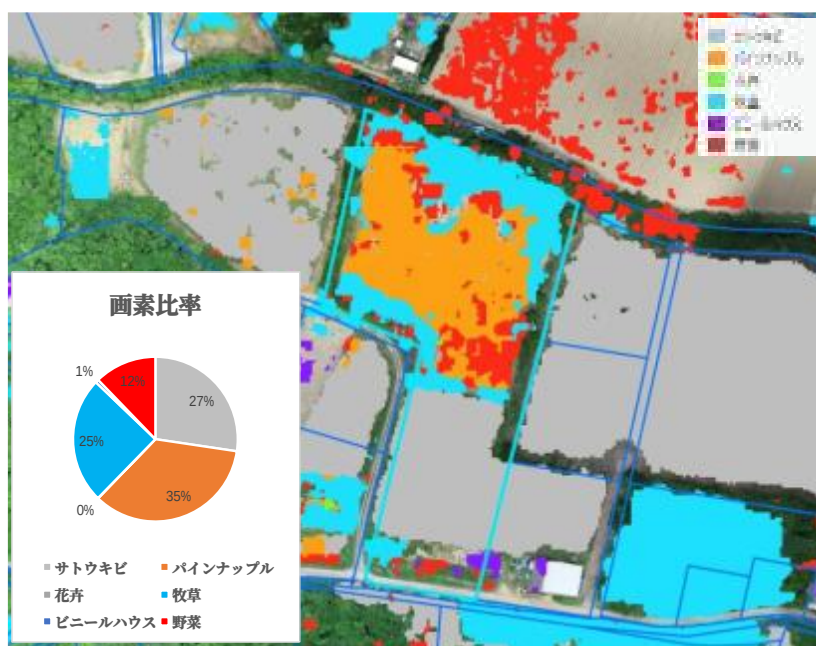


図 7-41-2 AI 解析と解析結果の農地区画への展開の関係性

図 7-41-3 にピクセル分類解析結果の農地区画へ展開例を示す。本年度の区画への展開は、区画ごとにピクセル分類で作物判別された画素数の集計を行い、その個数が最も高い作物を区画の作物として選定した。写真の青枠の区画の作物はパイナップルとなる。



項目	設定値
ID	361733
OBJECTID	1704
LABEL	Key_O_1003085
Key_XML	1003085
サトウキビ	2551
パイナップル	3255
花卉	4
牧草	2317
ビニールハウス	59
野菜	1140
判定_CP	パイナップル
判定作物占有率	0.349024233
合成作物係数	0.145594664
画素計_C P	9326
最大画素数_C P	9326
件数_C P	1
区画内画素率_C P	1
画像名_C P	X.M.C 区画 2

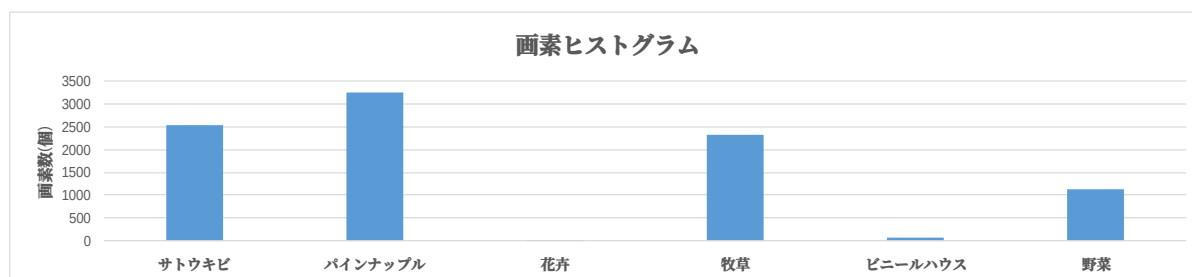


図 7-41-3 ピクセル分類解析結果の農地区画へ展開例

生成した解析結果とUSLE 算定データ間のデータフロー及び処理手順を図 7-42-1 に示す。

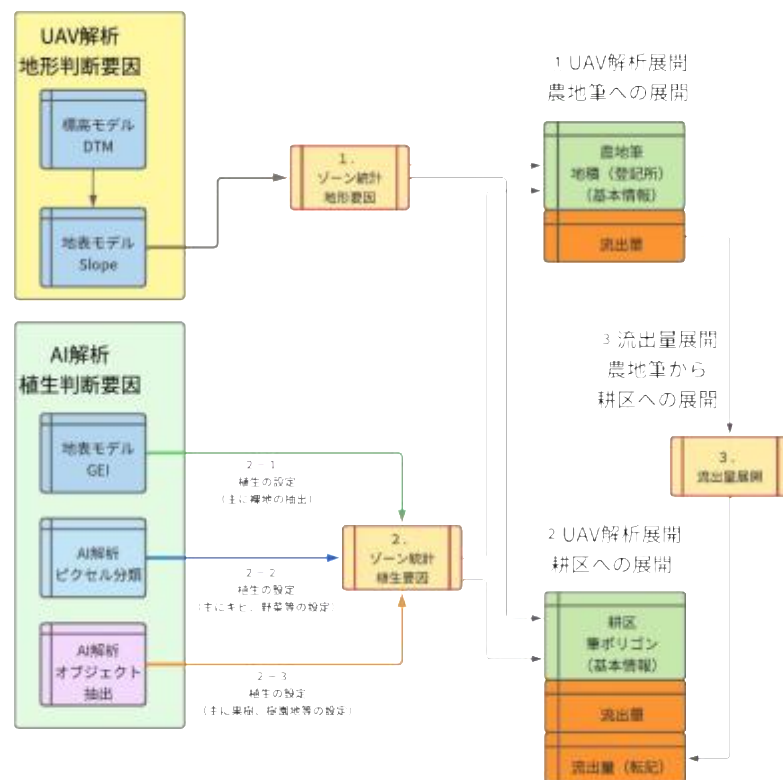
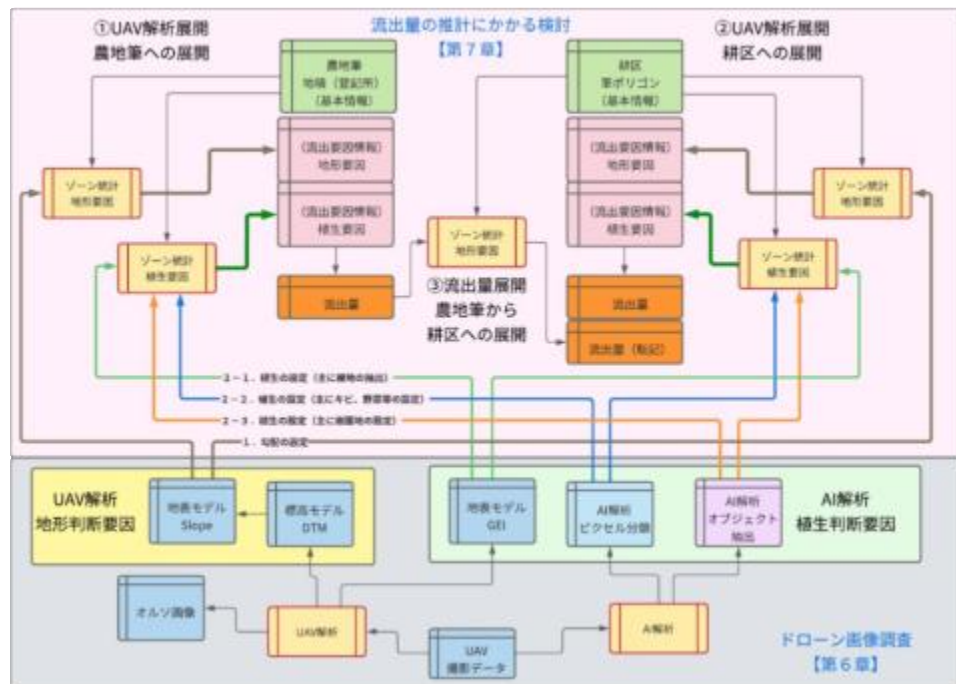


図 7-42-1 解析フロー

植生判別において、GEI とピクセル分類は画像データの画素値の集約を行い、オブジェクト検出は、ポリゴンデータの集約を行う。

本業務では、ArcGIS の空間解析ツールを用いた。画像データの画素値の集約はゾーンヒストグラムツールを用いた。また、ポリゴンデータの集約は、エリア内での集計ツールを用いた。集約は、ドローンの撮影区画の範囲ごとに求めた。

図 7-42-2 に撮影区画ごとに登記所データ及び筆ポリゴンの集約値を求める ArcGIS の処理フローを示す。左側が、画像データの画素値の集約のフローを示している。右側が、ポリゴンデータの集約のフローを示している。

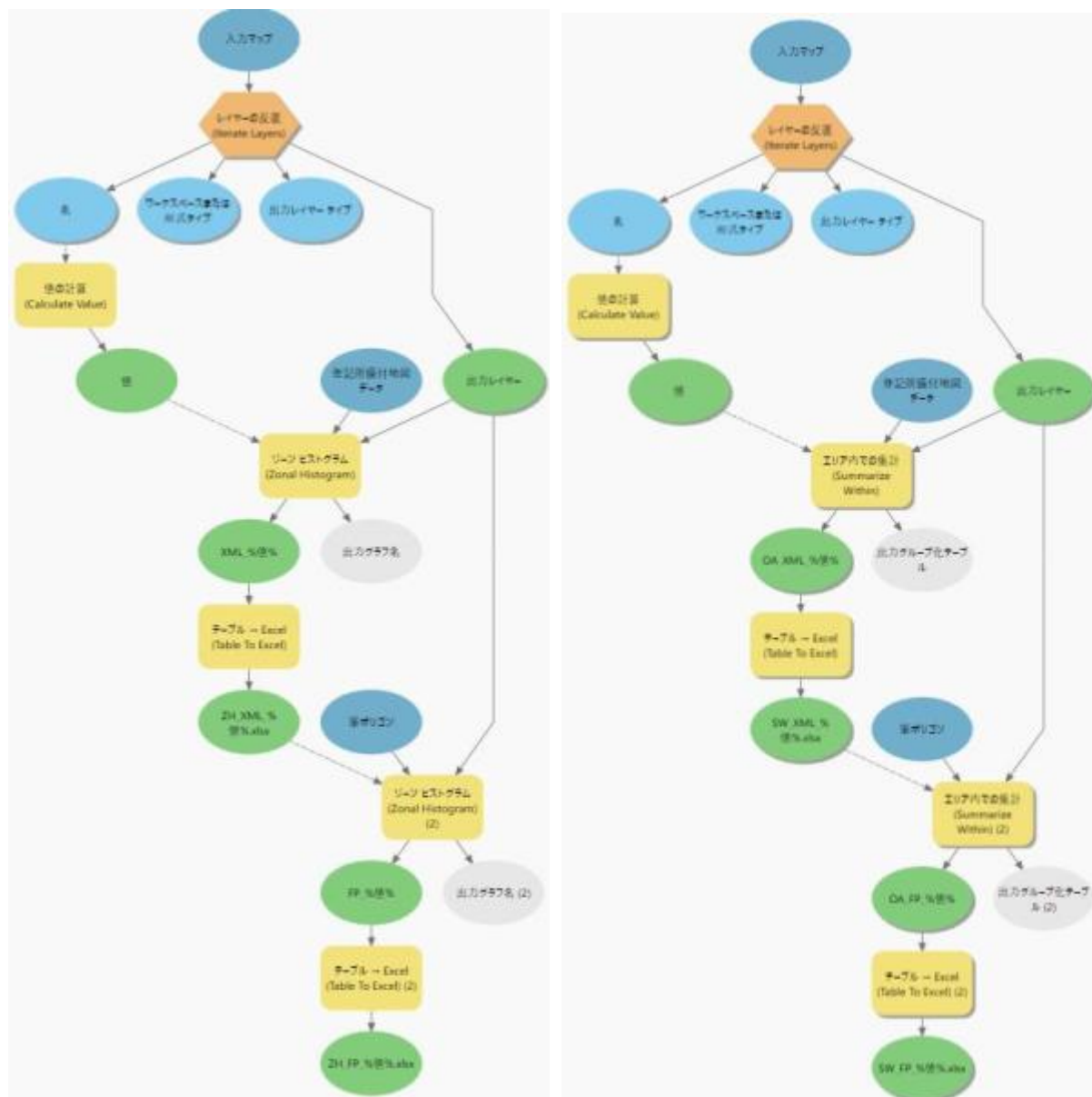


図 7-42-2 登記所データ及び筆ポリゴンの集約値を求める ArcGIS の処理フロー

(3) 解析結果

本年度は、モデル作成において学習データのサンプリングエリアにおける精度検証は行っているが、モデルを学習エリア以外の範囲に展開して推定したモデル移転の結果を評価するための真値データがないため移転精度の検証は行わない。ここでは画像解析結果とその結果を区画（登記所データおよび筆ポリゴン）に展開した結果のサンプルを示す。

また、移転精度の評価方法の案を示す。

図 7-43-1 に勾配および植生分析フローと解析結果の記載範囲を赤枠で示す。

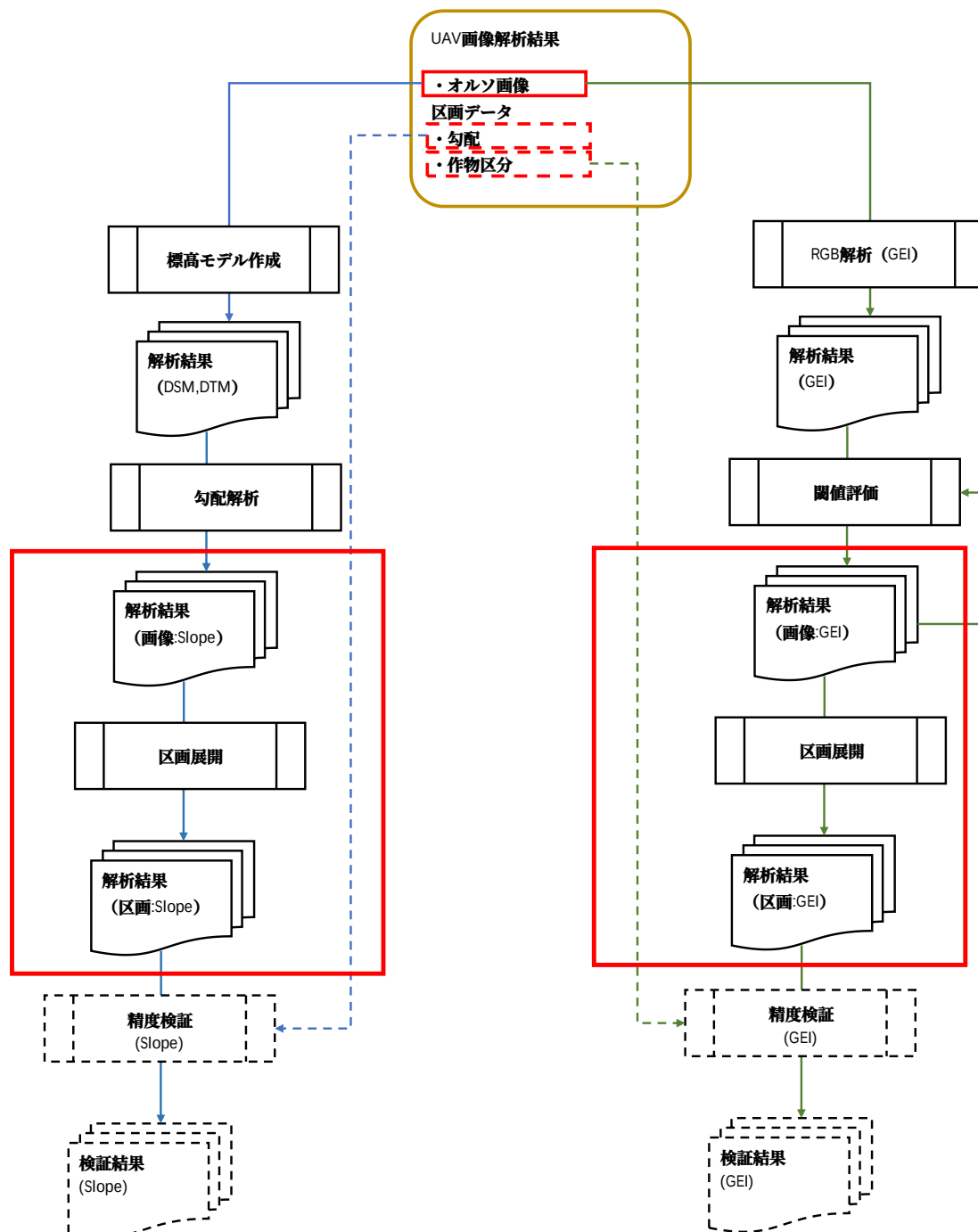


図 7-43-1 勾配および植生分析フローと解析結果の記載範囲

図 7-43-2 にピクセル分類およびオブジェクト検出フローと解析結果の記載範囲を赤枠で示す。

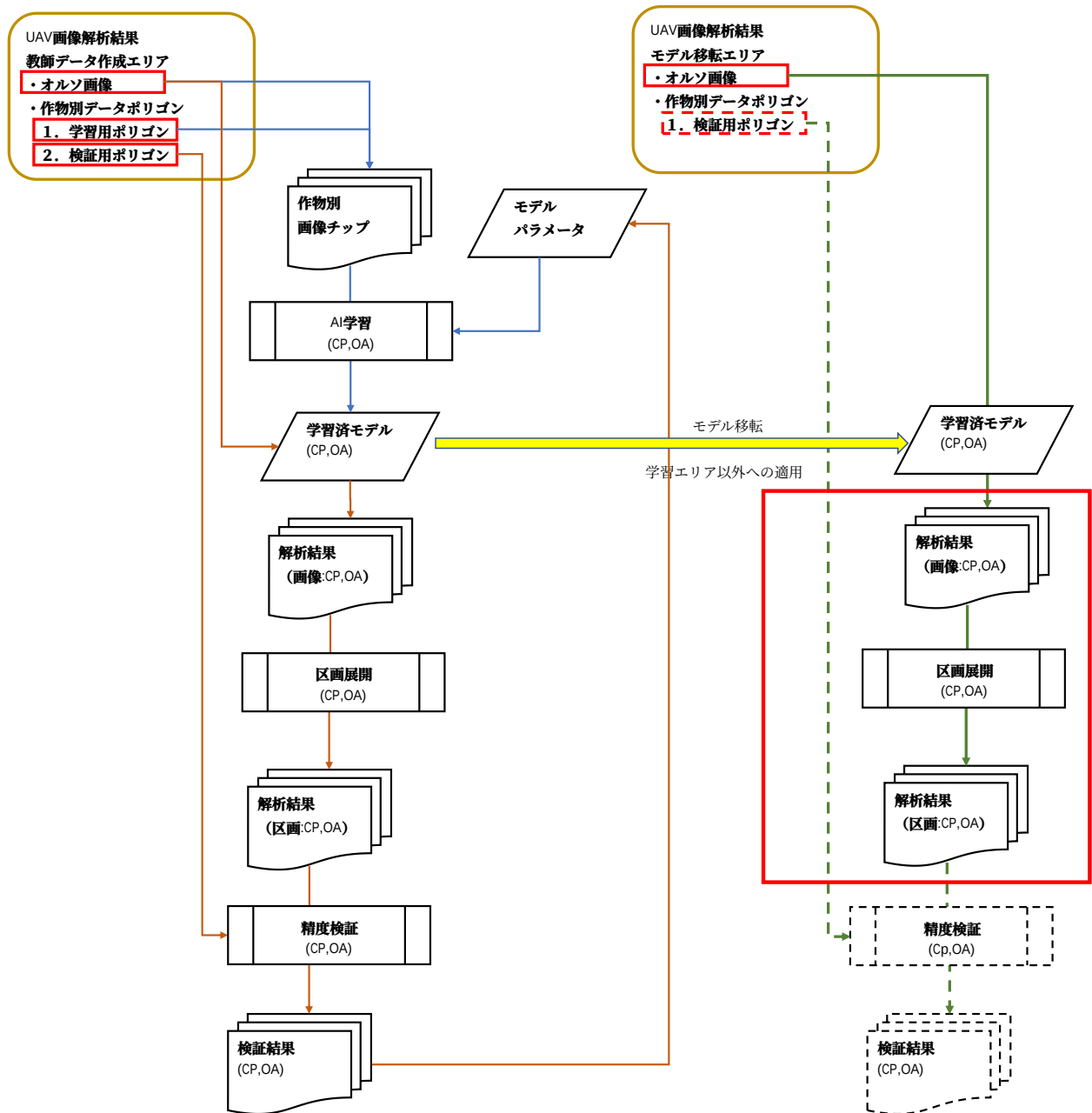


図 7-43-2 ピクセル分類およびオブジェクト検出フローと解析結果の記載範囲

1) 勾配 (Slope)解析結果および区画への反映結果

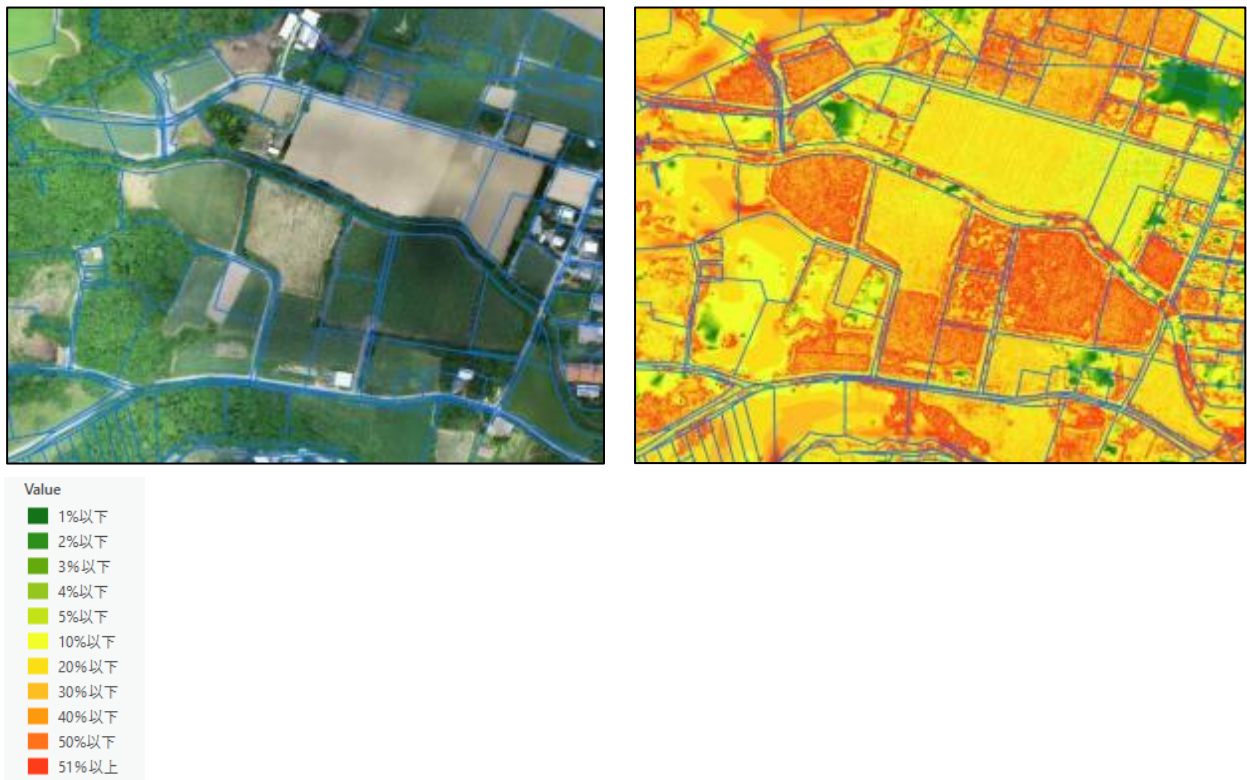


図 7-43-1 勾配の画像解析結果 (左 :オルソ、右 :Slope 解析結果)



図 7-43-2 勾配の区画展開結果 (左 : 登記所データ右 : 筆ポリゴ)

2) 植生・非植生 (GEI)解析結果および区画への反映結果

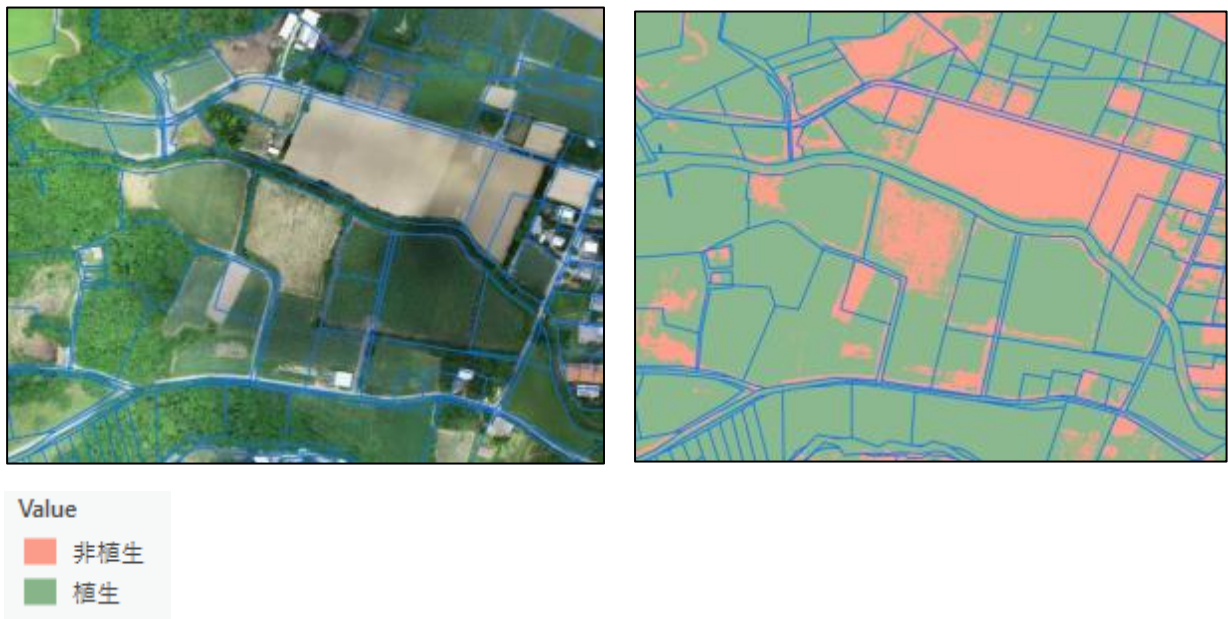


図 7-44-1 植生・非植生 (GEI)の画像解析結果 (左:オルソ、右:GEI 解析結果)



図 7-44-2 植生・非植生 (GEI)の区画展開結果 (左:登記所データ右:筆ポリゴン)

3) ピクセル分類 (CP) 解析結果および区画への反映結果



図 7-45-1 ピクセル分類 (CP) の画像解析結果 (左 :オルソ、右 :CP 解析結果)



図 7-45-2 ピクセル分類 (CP) の区画展開結果 (左 : 登記所データ 右 : 筆ポリゴン)

4) オブジェクト検出 (OA)解析結果および区画への反映結果



図 7-46-1 オブジェクト検出 (OA)の画像解析結果 (左 :オルソ、右 :OA 解析結果)



図 7-46-2 オブジェクト検出 (OA)の区画展開結果 (左：登記所データ右：筆ポリゴ)

5) 画像解析結果の評価案

画像解析モデルの構築では、撮影データからサンプリングしたデータを学習データと評価データに分け、強化学習と転移学習を行いモデルの判定精度の向上を行った。

ここではサンプリングデータと異なる撮影範囲に、構築したモデルを適用（モデル移転）した場合、モデルから得られた推定値がどの程度正確に予測できているか評価する方法について検討した。

一般的に推定モデルの精度検証は、推定値を実測値と比較することによって行われる。しかし、ドローン撮影範囲において、撮影と同時期に植生状況を調査した実測値となるデータがない。よって、本年度は、農林部の進捗管理システムのデータを仮の実測値としてモデルの評価を行った。

今後、モデルの評価精度を向上するには、撮影と同時に植生調査を行った実測値を用いた検証を行う必要がある。

画像解析モデルの強化学習、転移学習、モデル移転の関係を図 7-47 に示す。

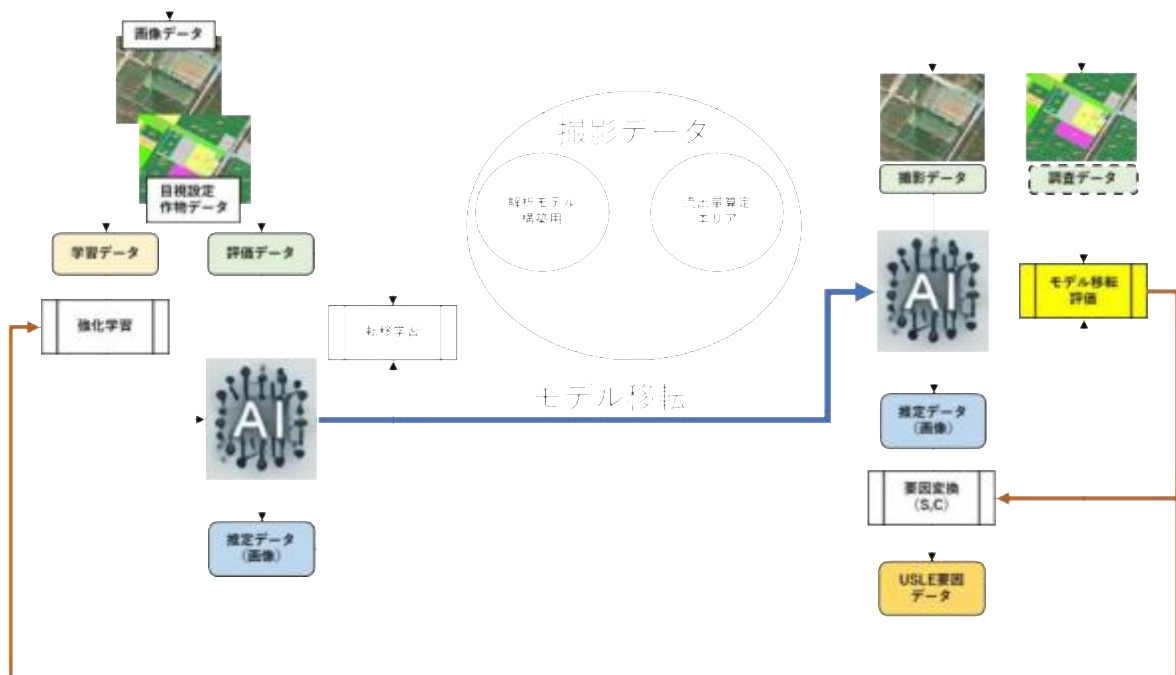


図 7-47 画像解析モデルの強化学習、転移学習およびモデル移転評価の関係

モデル移転の評価は、以下の方針のもとで検討を行った。

1. 評価対象

範囲は、流出源調査の対象海域でかつドローン撮影データがある平良湾北海域及び宜野座南東海域を対象とした。

評価対象は、下記の2パターンとした。

1- 1. 画像展開の検証

ドローン画像の解析結果を区画に展開した結果の評価

1- 2. 作物判定結果の検証

海域単位での作物の解析結果の評価

2. 評価方法

評価は、推定値と実測値の2つの集団について、特徴が一致するとする帰無仮説 (H_0) と特徴が一致しないとする対立仮説 (H_1) の検定によって行う。

連続型データの植生・非植生区分 (GEI) および離散型データの 픽셀分類 (CP) の値は、海域において特定の分布を持たない前提でノンパラメトリック検定を行うこととした。

具体的には、下記の検定を行った。

1. GEI の登記所データと筆ポリゴンの展開結果の Wilcoxon の順位和検定

2値化した画像データの展開方法について評価を行うために、データ間の代表値 (中央値) に差があるかどうか検定を行う。

図 7-48-1 に検定の概要を示す。

2. CP の展開元画像と登記所データの展開結果のカイ二乗分布による独立性検定

カテゴリ分けした画像データの展開方法について評価を行うために、データ間に関連があるかどうか検定を行う。

図 7-48-2 に検定の概要を示す。

3. CP の登記所データと既存の登録作物のカイ二乗分布による適合度検定

推定した結果の精度について評価を行うために実測値における期待度数に対する適合度の検定を行う。

図 7-48-3 に検定の概要を示す。

表 7-12 に評価案の検討パターンを示す。

表 7-12 画像解析結果の評価案

検証区分	画像解析結果	画像解析結果の区画展開		検証データ	備考
		登記所データ	筆ポリゴン	農地筆データ	
画像展開の検証	GEI	○	○		同一画像から展開した結果の2群のデータの順位和検定
	CP	○	○		展開元画像と展開結果の2群のデータの独立性について検定 帰無仮説 H_0 : 作物展開方法と作物区分は独立している 対立仮説 H_1 : 作物展開方法と作物区分は独立していない
作物判定結果の検証	CP	○		○	展開した結果と仮想真値の2群のデータの適合度について検定 帰無仮説 H_0 : 登記所データと農地筆データの作物は関連がある 対立仮説 H_1 : 登記所データと農地筆データの作物は関連がない

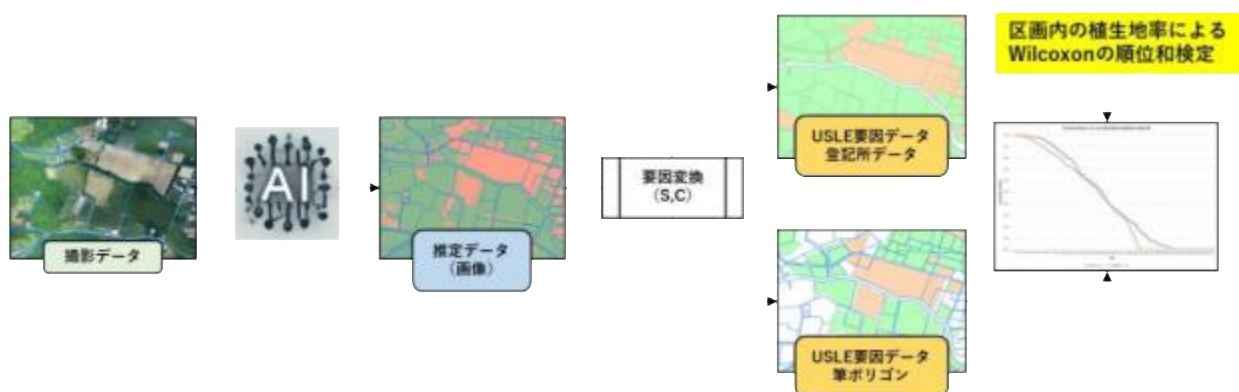


図 7-48-1 GEI の登記所データと筆ポリゴンの展開結果の Wilcoxon の順位和検定

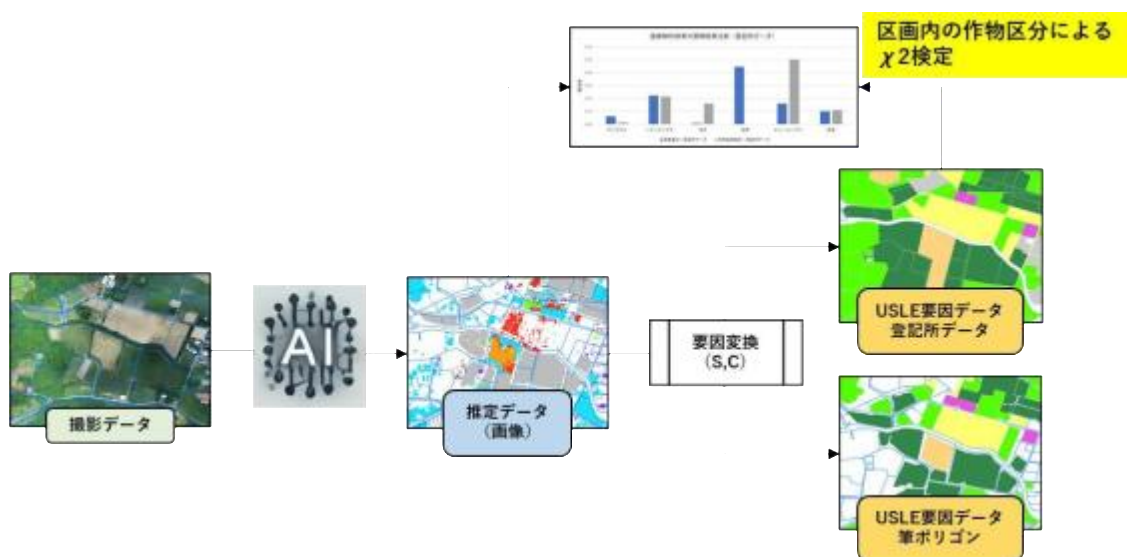


図 7-48-2 CP の展開元画像と登記所データのカイ二乗分布による独立性検定



図 7-48-3 CP の登記所データと既存の登録作物のカイ二乗分布による適合度検定

(a) 画像展開の検証

a) 植生・非植生区分

植生・非植生区分 (GEI) の評価値を閾値の 0.08 で植生地と非植生地の 2 ランクに区分したのち、登記所データと筆ポリゴンの区画ごとに各ランクが占める画素数を集計した。

その結果をもとに、区画内の植生地率を算定し Wilcoxon の順位和検定を行った。なお、登記所データは、筆ポリゴンと重なるデータのみ用いた。

宜野座南東海域を例に植生・非植生の画像解析結果を筆ポリゴンと登記所データに展開した例を表 7-13-1 に示す。また、各々の区画ごとに算定した植生地率を順位付けの要素として用いた順位和算定例を表 7-13-2 に示す。

表 7-13-1 植生・非植生解析結果の区画展開例

No	筆ポリゴン				登記所データ			
	画素数		植生地率	判定_GEI	画素数		植生地率	判定_GEI
	非植生地	植生地			非植生地	植生地		
850	779	800	0.507	植生地	40	424	0.914	植生地
851	1526	1565	0.506	植生地	25	264	0.913	植生地
852	238	242	0.504	植生地	45	475	0.913	植生地
853	624	634	0.504	植生地	144	1515	0.913	植生地
854	412	414	0.501	植生地	11	115	0.913	植生地
855	493	492	0.499	非植生地	103	1075	0.913	植生地
856	258	257	0.499	非植生地	69	719	0.912	植生地
857	1869	1856	0.498	非植生地	53	551	0.912	植生地

表 7-13-2 植生・非植生解析結果の順位和算定例

個数 / No	区画区分別件数				順位	W _A	W _B	ti(ti ² -1)
植生地率	筆ポリゴン	登記所データ	(空白)	総計				
1.00	67	46		113	0	0	0	0
0.90	31	30		61	61	1891	1830	0
0.80	25	28		53	53	1325	1484	0
0.70	18	29		47	47	846	1363	0
0.60	25	26		51	51	1275	1326	0
0.50	16	19		35	35	560	665	0
0.40	19	20		39	39	741	780	0
0.30	27	23		50	50	1350	1150	0
0.20	23	11		34	34	782	374	0
0.10	31	11		42	42	1302	462	0
0.00	109	70		179	179	19511	12530	0
総計	391	313		704	704	29583	21964	0

(1) 平良湾北海域

平良湾北海域における検定結果を以下に示す。

平良湾北海域における区画別植生地率で順位付けしたグラフを図 7-49-1 に示す。

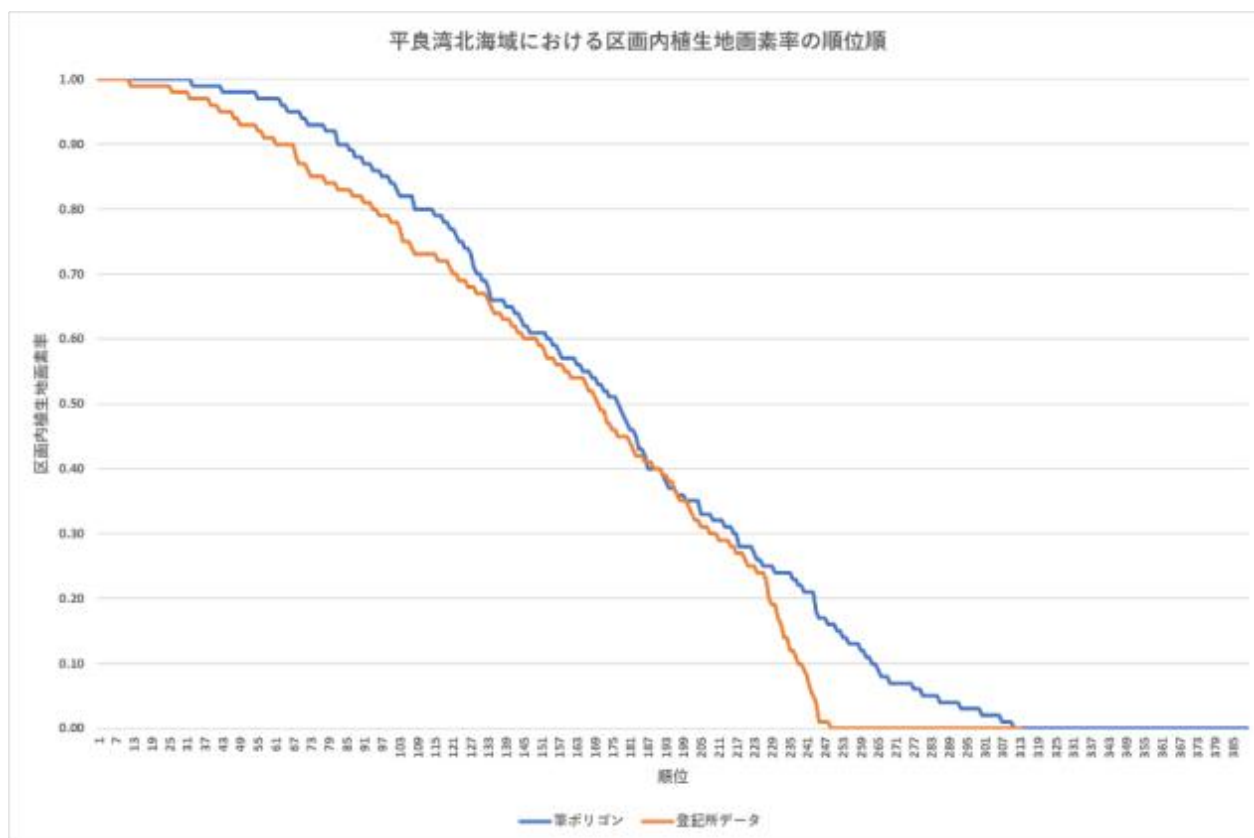


図 7-49-1 区画別区画内植生地率の順位順分布

平良湾北海域における区画別植生地率と構成比のグラフを図 7-49-2 に示す。

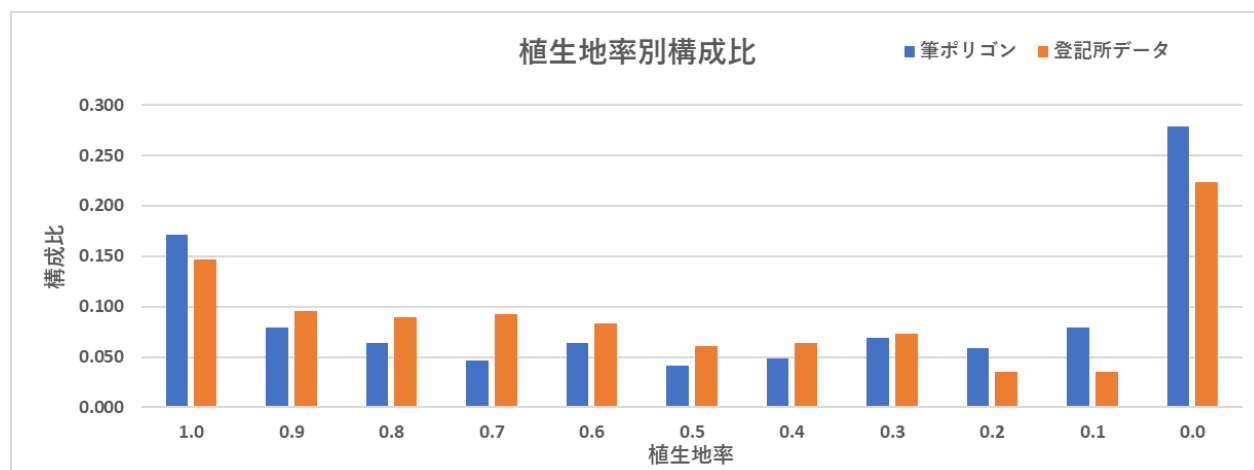


図 7-49-2 区画別区画内植生地率と構成比

平良湾北海域における順位和検定結果を表 7-13-3 に示す。

表 7-13-3 植生・非植生解析結果の検定結果

個数 / No	区画区分別件数				順位	W_A	W_B	$t_i(t_i^2-1)$
植生地率	筆ポリゴン	登記所データ	(空白)	総計				
1.00	67	46		113	0	0	0	0
0.90	31	30		61	61	1891	1830	0
0.80	25	28		53	53	1325	1484	0
0.70	18	29		47	47	846	1363	0
0.60	25	26		51	51	1275	1326	0
0.50	16	19		35	35	560	665	0
0.40	19	20		39	39	741	780	0
0.30	27	23		50	50	1350	1150	0
0.20	23	11		34	34	782	374	0
0.10	31	11		42	42	1302	462	0
0.00	109	70		179	179	19511	12530	0
総計	391	313		704	704	29583	21964	0

順位和算定		期待値、分散	
n_A	391	$E(W) = n_A(n_A + n_B + 1)/2$	137,828
n_B	313	$V(W) = n_A n_B (n_A + n_B + 1)/12 - n_A n_B \sum t_i t_i^2 / (12(n_A + n_B)(n_A + n_B - 1))$	7,123,383
$\sum W_A$	141,867	標準化	
$\sum W_B$	105,941	$Z = (W - E(W)) / \sqrt{V(W)}$	-11.95
$W = \min(W_A, W_B)$	105,941	p 値	0

帰無仮説 H_0 : 筆ポリゴンと登記所データで画素展開結果に差はない。

対立仮説 H_1 : 筆ポリゴンと登記所データで画素展開結果に差がある。

有意水準 5% において、 $Z < -1.96$ であることから、帰無仮説 H_0 は棄却され、筆ポリゴンと登記所データで画素展開結果に差がないとは言えない。

平良湾北海域においては、サンプル数が少ないことから、上記の結果となったことが想定されるが、筆ポリゴンと登記所データの区画の包含関係を考慮した画像解析結果の展開方法の調整が必要と考えられる。

(2) 宜野座南東海域

宜野座南東海域における検定結果を以下に示す。

宜野座南東海域における区画別植生地率で順位付けしたグラフを図 7-49-3 に示す。

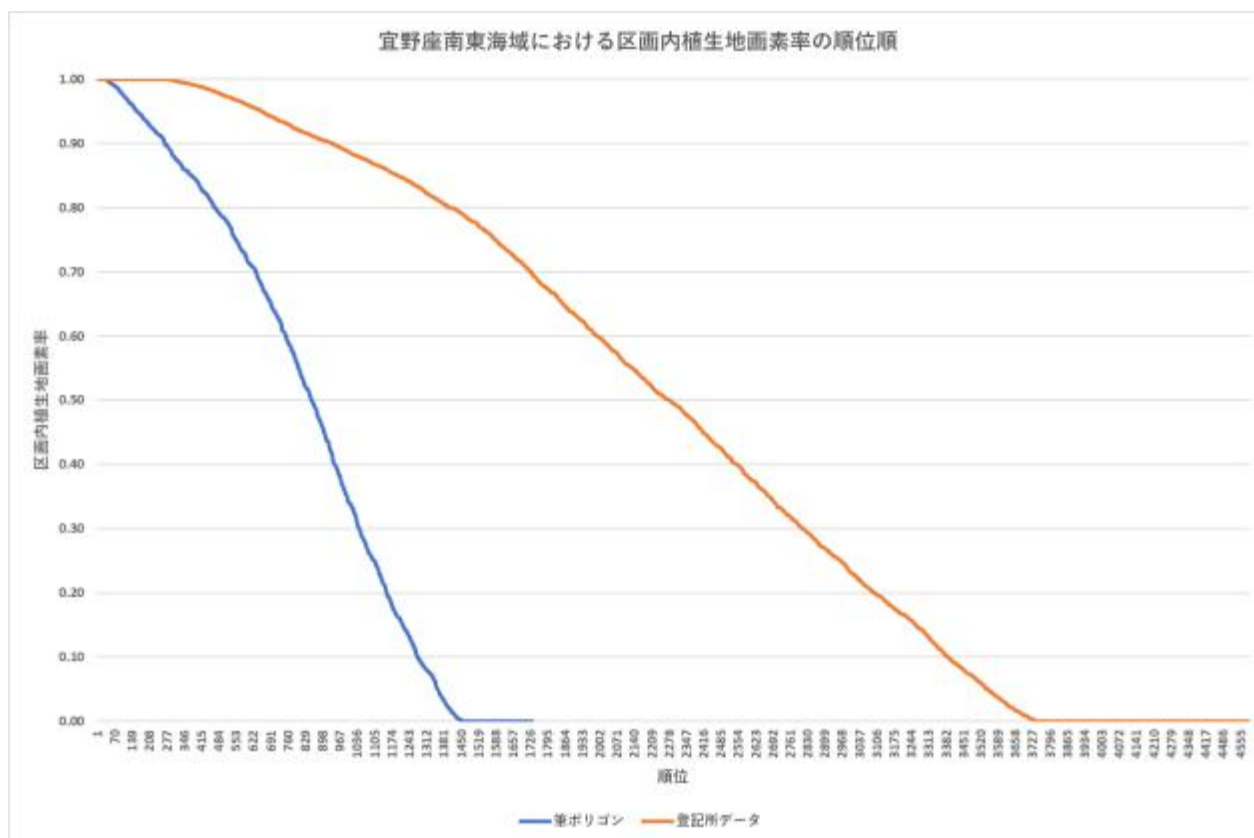


図 7-49-3 区画別区画内植生地率の順位順分布

宜野座南東海域における区画別植生地率と構成比のグラフを図 7-49-4 に示す。

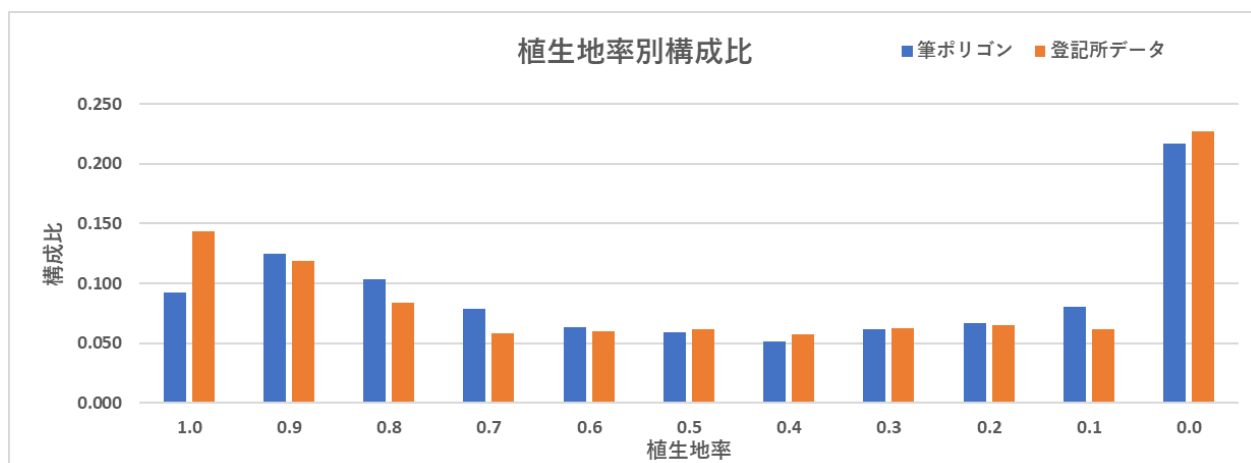


図 7-49-4 区画別区画内植生地率と構成比

宜野座南東海域における順位和検定結果を表 7-13-4 に示す。

表 7-13-4 植生・非植生解析結果の検定結果

個数 / No	区画区分別件数				順位	W_A	W_B	$t_i(t_i^2-1)$
植生地率	筆ポリゴン	登記所データ	(空白)	総計				
1.00	161	658		819	0	0	0	0
0.90	216	544		760	760	164160	413440	0
0.80	179	386		565	565	101135	218090	0
0.70	137	269		406	406	55622	109214	0
0.60	110	276		386	386	42460	106536	0
0.50	103	283		386	386	39758	109238	0
0.40	90	263		353	353	31770	92839	0
0.30	107	286		393	393	42051	112398	0
0.20	116	299		415	415	48140	124085	0
0.10	139	285		424	424	58936	120840	0
0.00	377	1041		1418	1418	534586	1476138	0
総計	1735	4590		6325	6325	1118618	2882818	0

順位和算定		期待値、分散	
n_A	1,735	$E(W) = n_A(n_A + n_B + 1)/2$	5,487,805
n_B	4,590	$V(W) = n_A n_B (n_A + n_B + 1)/12 - n_A n_B \sum t_i t_i^2 / 12 (n_A + n_B)(n_A + n_B - 1)$	4,170,251,931
$\sum W_A$	5,597,979	標準化	
$\sum W_B$	14,404,834	$Z = (W - E(W)) / \sqrt{V(W)}$	1.71
$W = \min(W_A, W_B)$	5,597,979	p 値	0.088

帰無仮説 H_0 : 筆ポリゴンと登記所データで画素展開結果に差はない。

対立仮説 H_1 : 筆ポリゴンと登記所データで画素展開結果に差がある。

有意水準 5% において、 $Z < 1.96$ であることから、帰無仮説 H_0 は棄却されず、筆ポリゴンと登記所データで画素展開結果に差がないと言える。

宜野座南東海域においては、サンプル数が多く、検定の精度は高いと想定される。この海域は、平地で筆ポリゴンと登記所データの区画形状の差が少ない（同じ形状をしている）と想定され、展開結果に差がない結果となったと考えられる。

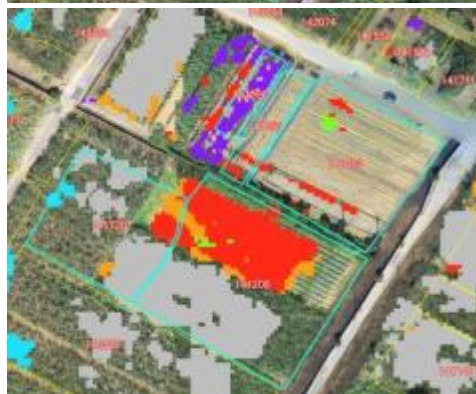
b) ピクセル分類

ピクセル分類 (CP) の評価値を6ランクに区分したのち、登記所データと筆ポリゴンの区画ごとに各ランクが占める画素数を集計した。その結果をもとに、区画内の各ランクの画素数を集計し、カイ二乗分布による独立性検定を行った。なお、登記所データは、筆ポリゴンと重なるデータのみ用いた。

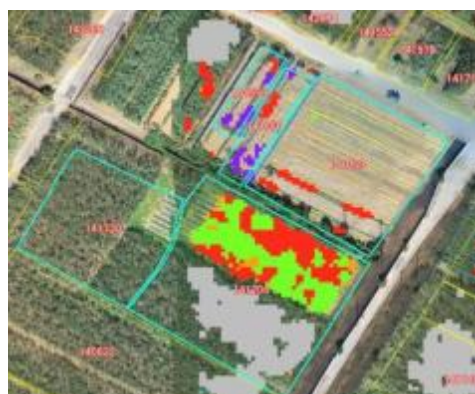
宜野座南東海域を例に筆ポリゴンにピクセル分類結果を展開した例を表 7-14 に示す。この表では区画内で最大の画素数の作物区分を黄色で示し、「判定_CP」にその作物区分を、「判定作物占有率」にその作物の画素が区画に占める率を示す。また、「画素データファイル」に画素取得に使用した解析結果のファイル名を示す。例では、OBJECTID が 141660 の区画のみ FP_CP_本島宜野座 11 のファイルを使用し、それ以外は FP_CP_本島宜野座 10 を使用している。これは区画内に含まれる画素数が最大のファイルを用いたことによる。表 7-14 に示した区画について、オルソ画像とピクセル分類結果を図 7-50 に示す。

表 7-14 ピクセル分類結果の区画 (筆ポリゴン) 展開例

OBJECTID	区画内画素数						判定 CP	判定作物占有率	画素データファイル
	サトウキビ	パイナップル	花卉	牧草	ビニールハウス	野菜			
141069	0	0	14	0	0	57	野菜	0.80	FP_CP_本島宜野座村 10
141208	605	89	12	0	0	564	サトウキビ	0.48	FP_CP_本島宜野座村 10
141596	0	0	0	0	90	0	ビニールハウス	1.00	FP_CP_本島宜野座村 10
141660	0	0	0	0	33	18	ビニールハウス	0.65	FP_CP_本島宜野座村 11



FP_CP_本島宜野座 10



FP_CP_本島宜野座 11

図 7-50 オルソ画像 (上図) とピクセル分類結果 (下図) の例

(1) 平良湾北海域

表 7-15-1 に平良湾北海域におけるピクセル分類の展開結果の画素数集計表を示す。

表 7-15-2 に 平良湾北海域におけるピクセル分類の判定結果の件数集計結果を示す。

表 7-15-3 に平良湾北海域におけるピクセル分類の画素数および件数の占有率を示す。

表 7-15-1 平良湾北海域におけるピクセル分類の展開結果の画素数集計表

区分	画素数							区画数
	サトウキビ	パインナップル	花卉	牧草	ビニールハウス	野菜	画素合計	
画素集計：登記所データ	11,337	41,250	1,563	82,707	29,684	18,797	185,338	219
画素集計：筆ポリゴン	10,428	36,541	1,166	58,289	21,889	11,963	140,276	303

表 7-15-2 平良湾北海域におけるピクセル分類の判定結果の件数集計結果

区分	区画数							区画合計
	サトウキビ	パインナップル	花卉	牧草	ビニールハウス	野菜	画素合計	
判定結果集計：登記所データ	3	47	35	0	110	24	219	219
判定結果集計：筆ポリゴン	6	81	50	1	126	39	303	303

表 7-15-3 平良湾北海域におけるピクセル分類の画素数および件数の占有率

区分	占有率						
	サトウキビ	パインナップル	花卉	牧草	ビニールハウス	野菜	
画素集計：登記所データ	0.06	0.22	0.01	0.45	0.16	0.10	
判定結果集計：登記所データ	0.01	0.21	0.16	0.00	0.50	0.11	
画素集計：筆ポリゴン	0.07	0.26	0.01	0.42	0.16	0.09	
判定結果集計：筆ポリゴン	0.02	0.27	0.17	0.00	0.42	0.13	

上記集計結果のうち、登記所データの展開元画素の集計値と展開後の判定結果の集計値と作物区分の関係を図 7-51 に示す。

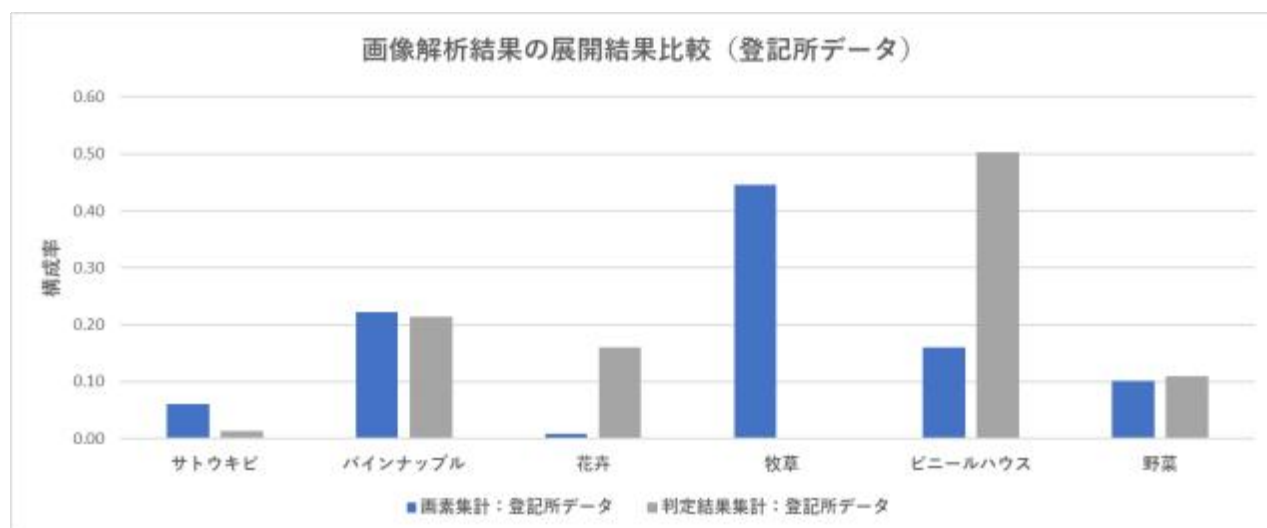


図 7-51 登記所データの展開元画素と判定結果の集計値比較

表 7-15-4 平良湾北海域におけるピクセル分類の χ^2 検定結果

区分		サトウキビ	パイナップル	花卉	牧草	ビニールハウス	野菜	計
実測値	画素集計：登記所データ	0.061	0.223	0.008	0.446	0.160	0.101	1.00
	判定結果集計：登記所データ	0.014	0.215	0.160	0.000	0.502	0.110	1.00
	計	0.075	0.437	0.168	0.446	0.662	0.211	2.00
理論値	画素集計：登記所データ	0.037	0.219	0.084	0.223	0.331	0.106	1.00
	判定結果集計：登記所データ	0.037	0.219	0.084	0.223	0.331	0.106	1.00
	計	0.075	0.437	0.168	0.446	0.662	0.211	2.00
χ^2 検定値	画素集計：登記所データ	0.015	0.000	0.068	0.223	0.088	0.000	0.395
	判定結果集計：登記所データ	0.015	0.000	0.068	0.223	0.088	0.000	0.395
$\chi^2 =$								0.790
行数m =								2
列数n =								6
自由度 = (m-1) × (n-1) =								5

帰無仮説 H_0 :ピクセル分類の画像と登記所データで画素の比率は独立である。

対立仮説 H_1 :ピクセル分類の画像と登記所データで画素の比率は独立ではない。

有意水準 5%において、 $P > 0.05$ であることから、帰無仮説 H_0 は棄却されず、ピクセル分類の画像と登記所データで画素の比率は独立である (関係性がない)と言える。

平良湾北海域においては、サンプル数が少なく、検定の精度は低いと想定されるが、解析画像における作物構成と登記所の区画に反映した結果の作物構成の関係性が低いことから、画像解析モデルの精度とともに区画への展開方法について検討が必要と考えられる。

(2) 宜野座南東海域

表 7-16-1 に宜野座南東海域における 픽셀分類の展開結果の画素数集計表を示す。表 7-16-2 に 宜野座南東海域における 픽셀分類の判定結果の件数集計結果を示す。表 7-16-3 に宜野座南東海域における 픽셀分類の画素数および件数の占有率を示す。

表 7-16-1 宜野座南東海域における 픽셀分類の展開結果の画素数集計表

区分	画素数							区画数
	サトウキビ	パインナップル	花卉	牧草	ビニールハウス	野菜	画素合計	
画素集計：登記所データ	328,044	143,106	5,763	246,613	287,696	88,765	1,099,987	3,467
画素集計：筆ポリゴン	300,603	119,939	4,744	184,423	222,601	67,721	900,031	1,502

表 7-16-2 宜野座南東海域における 픽셀分類の判定結果の件数集計結果

区分	区画数						
	サトウキビ	パインナップル	花卉	牧草	ビニールハウス	野菜	区画合計
判定結果集計：登記所データ	682	587	21	933	747	497	3,467
判定結果集計：筆ポリゴン	303	245	11	375	404	164	1,502

表 7-16-3 宜野座南東海域における 픽셀分類の画素数および件数の占有率

区分	占有率					
	サトウキビ	パインナップル	花卉	牧草	ビニールハウス	野菜
画素集計：登記所データ	0.30	0.13	0.01	0.22	0.26	0.08
判定結果集計：登記所データ	0.20	0.17	0.01	0.27	0.22	0.14
画素集計：筆ポリゴン	0.33	0.13	0.01	0.20	0.25	0.08
判定結果集計：筆ポリゴン	0.20	0.16	0.01	0.25	0.27	0.11

上記集計結果のうち、登記所データの展開元画素の集計値と展開後の判定結果の集計値と作物区分の関係を図 7-52 に示す。

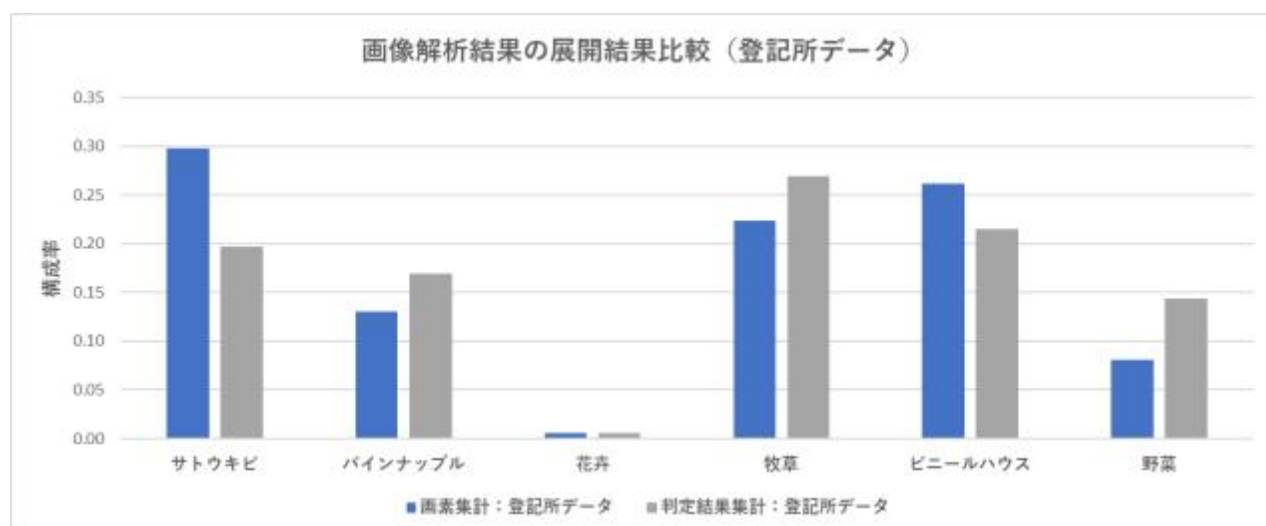


図 7-52 登記所データの展開元画素と判定結果の集計値比較

表 7-16-4 宜野座南東海域におけるピクセル分類の χ^2 検定結果

区分		サトウキビ	パイナップル	花卉	牧草	ビニールハウス	野菜	計
実測値	画素集計：登記所データ	0.298	0.130	0.005	0.224	0.262	0.081	1.00
	判定結果集計：登記所データ	0.197	0.169	0.006	0.269	0.215	0.143	1.00
	計	0.495	0.299	0.011	0.493	0.477	0.224	2.00
理論値	画素集計：登記所データ	0.247	0.150	0.006	0.247	0.239	0.112	1.00
	判定結果集計：登記所データ	0.247	0.150	0.006	0.247	0.239	0.112	1.00
	計	0.495	0.299	0.011	0.493	0.477	0.224	2.00
χ^2 検定値	画素集計：登記所データ	0.010	0.003	0.000	0.002	0.002	0.009	0.026
	判定結果集計：登記所データ	0.010	0.003	0.000	0.002	0.002	0.009	0.026
$\chi^2 =$								0.052
行数m =								2
列数n =								6
自由度 = (m-1) × (n-1) =								5

帰無仮説 H_0 :ピクセル分類の画像と登記所データで画素の比率は独立である。

対立仮説 H_1 :ピクセル分類の画像と登記所データで画素の比率は独立ではない。

有意水準 5%において、 $P > 0.05$ であることから、帰無仮説 H_0 は棄却されず、ピクセル分類の画像と登記所データで画素の比率は独立である (関係性がない) と言える。

宜野座南東海域においては、サンプル数が多く、検定の精度は高いと想定されるが、平良湾北海域と同様に、解析画像における作物構成と登記所の区画に反映した結果の作物構成の関係性が低いことから、画像解析モデルの精度とともに区画への展開方法について検討が必要と考えられる。

c) 地域全域に展開した結果の評価

登記所データと進捗管理システムのデータを土地住所で合成し、同じ住所の土地について、5-1-2で展開した判定CPの結果と進捗管理システムの登録データを組み合わせて作成したデータをもとに、カイ二乗分布による適合度の検定を行った。なお、登記所データは、進捗管理システムのデータで、作物が登録されているデータのみ用いた。

宜野座南東海域を例に画像解析結果と進捗管理データを突合した結果を表7-17-1に示す。また、表7-17-1に示した区画について、画像解析結果と進捗管理データの作物区分図を図7-53に示す。また、その結果の対比表を表に7-17-2示す。

この表における進捗管理データの作物比率を期待値とし、画像解析結果の作物比率の適合度を評価する。

表 7-17-1 宜野座南東海域における画像解析結果と進捗管理データ

OBJECTID	市町村名	大字名	地番	画像解析結果			進捗管理データ	
				判定_GEI	判定_CP	判定_OA	作物コード	作物名
6483	国頭郡宜野座村	字漢那	1348	非植生地	野菜		1	サトウキビ
6485	国頭郡宜野座村	字漢那	1350-1	非植生地	野菜		1	サトウキビ
6486	国頭郡宜野座村	字漢那	1351-1	非植生地	野菜		1	サトウキビ
6487	国頭郡宜野座村	字漢那	1352-1	非植生地	ビニールハウス		1	サトウキビ
6489	国頭郡宜野座村	字漢那	1353	非植生地	サトウキビ		10	ハウス
6490	国頭郡宜野座村	字漢那	1354	非植生地	サトウキビ		10	ハウス

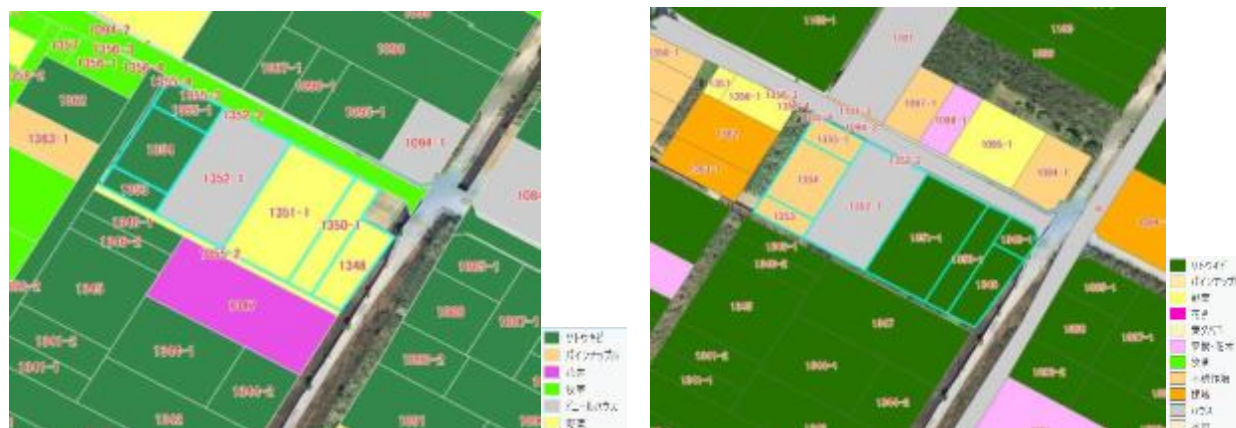


図 7-53 登記所データの画像解析結果 (左)と進捗管理データ (右)の比較図

表 7-17-2 宜野座南東海域における判定結果の対比表

データ件数		進捗管理データ			
		サトウキビ	ハウス	野菜	総計
判定CP	サトウキビ		3		3
	ビニールハウス	1			1
	野菜	3			3
	総計	4	2		7

(1) 平良湾北海域

表 7-18-1 平良湾北海域における画像解析結果と進捗管理データを突合結果

データ件数	進捗管理データ											適合割合	
判定CP	サトウキビ	バインアップル	野菜	花き	果樹・花木	牧草	ハウス	不耕作畑	裸地	その他	総計	一致件数	一致率
サトウキビ	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	3	1	0.33
バインアップル	8	14	0	0	3	0	13	7	0	0	45	14	0.31
野菜	1	5	0	0	6	0	7	4	0	0	23	0	0.00
花き	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
牧草	2	21	5	0	12	9	10	26	0	0	91	9	0.10
ビニールハウス	2	6	0	0	1	0	16	7	0	0	32	16	0.50

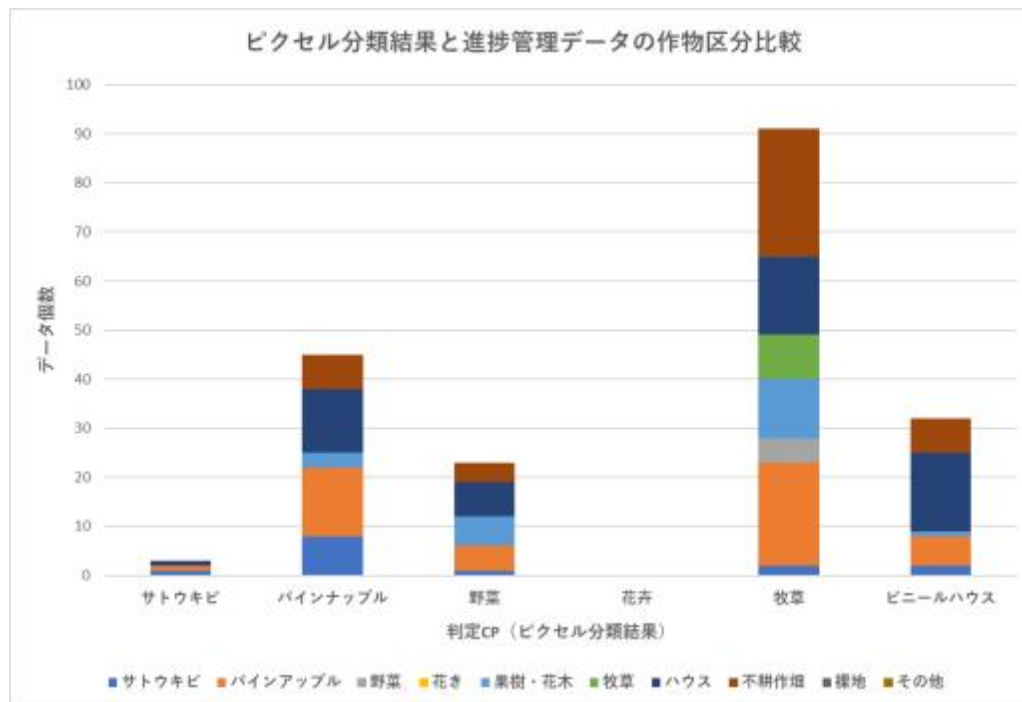


図 7-54-1 画像解析結果と進捗管理データの作物判定区分の比較

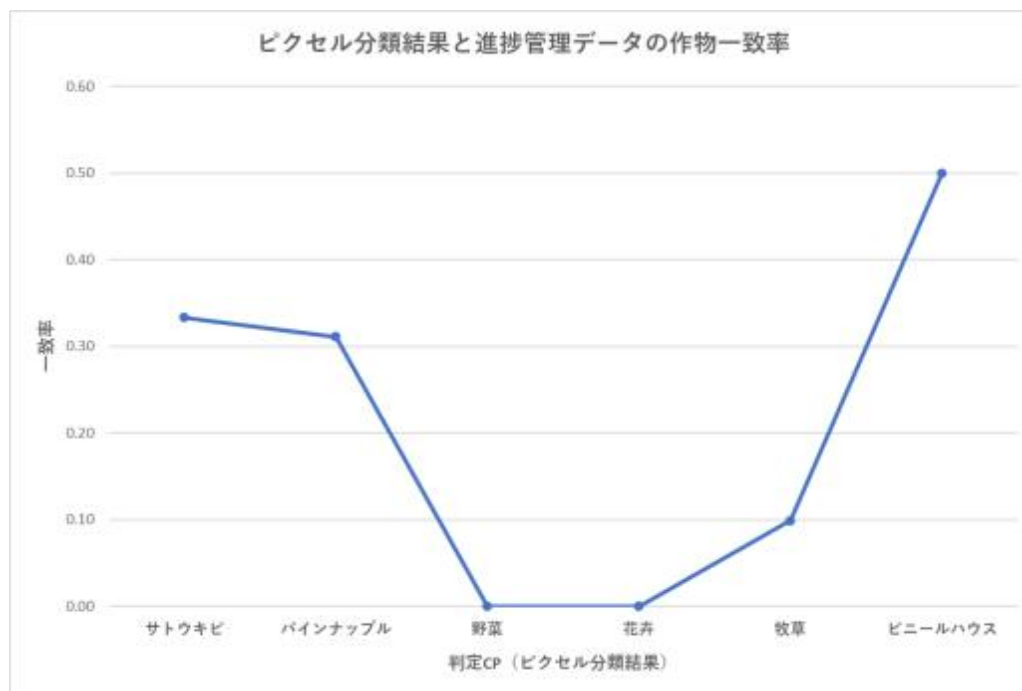


図 7-54-2 画像解析結果と進捗管理データの作物一致率

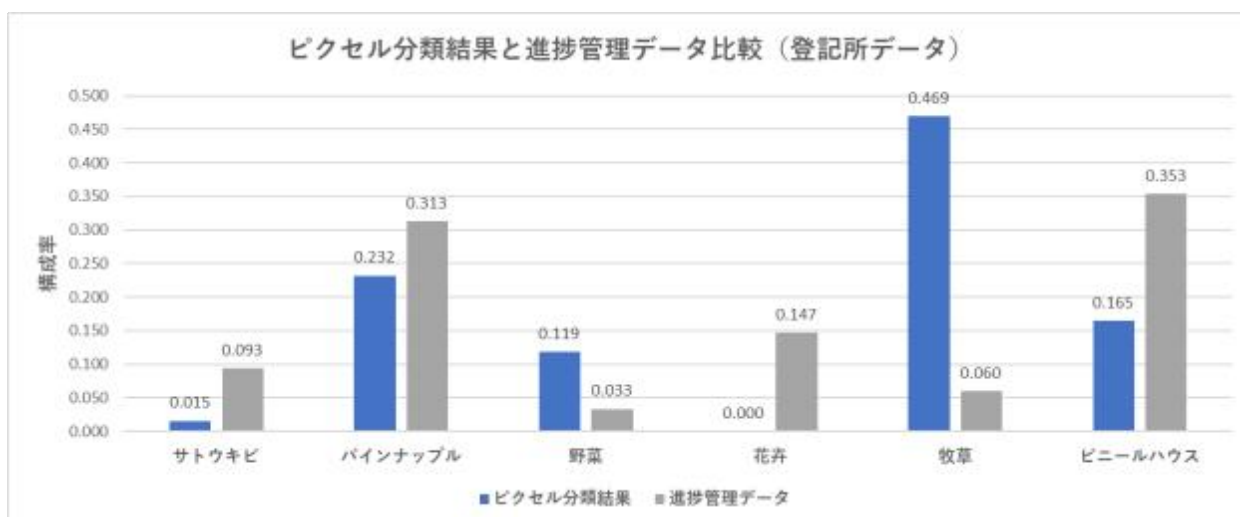


図 7-54-3 画像解析結果と進捗管理データの作物構成率の比較

表 7-18-2 平良湾北海域における χ^2 検定結果

データ区分		サトウキビ	パイナップル	野菜	花卉	牧草	ビニールハウス	計
実測値	ピクセル分類結果	3	45	23	0	91	32	194
理論値	進捗管理データ	14	47	5	22	9	53	150
実測値	ピクセル分類結果	0.015	0.232	0.119	0.000	0.469	0.165	1.00
理論値	進捗管理データ	0.093	0.313	0.033	0.147	0.060	0.353	1.00
χ ² 検定値		0.065	0.021	0.218	0.147	2.789	0.100	3.340
		χ ² = 3.340						
		行数m= 2						
		列数n= 6						
		自由度= (m-1)× (n-1)= 10						

(2) 宜野座南東海域

表 7-19-1 宜野座南東海域における画像解析結果と進捗管理データを突合結果

データ件数	進捗管理データ											適合割合	
判定CP	サトウキビ	パインアップル	野菜	花き	果樹・花木	牧草	ハウス	不耕作畑	裸地	その他	統計	一致件数	一致率
サトウキビ	404	0	40	7	14	18	38	73	53	0	647	404	0.62
パインアップル	247	10	42	5	17	1	40	84	49	0	505	10	0.02
野菜	149	6	50	6	7	3	63	69	45	0	398	50	0.13
花き	6	1	1	0	0	1	1	3	2	0	15	0	0.00
牧草	279	6	77	10	22	37	72	170	77	0	750	37	0.05
ビニールハウス	138	0	56	4	11	7	272	79	37	0	604	272	0.45

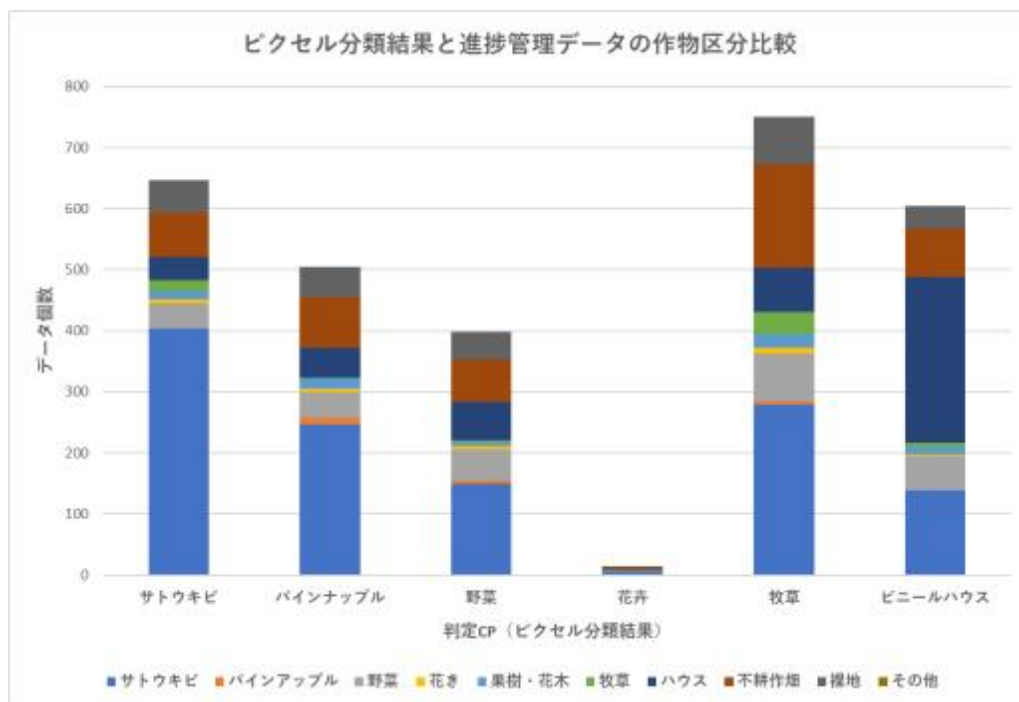


図 7-55-1 画像解析結果と進捗管理データの作物判定区分の比較

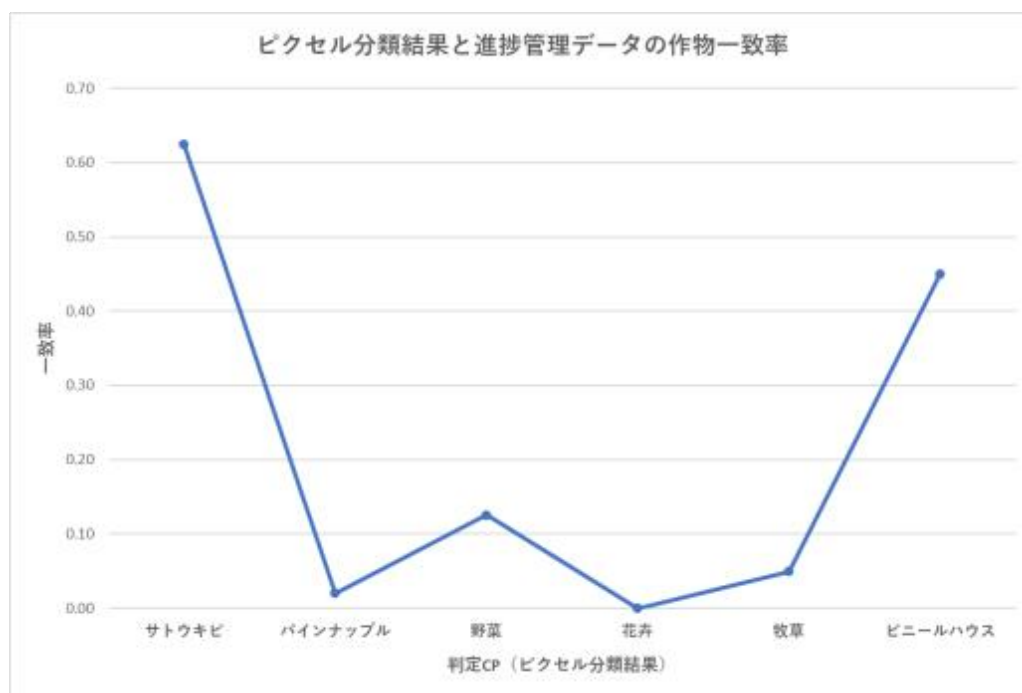


図 7-55-2 画像解析結果と進捗管理データの作物一致率

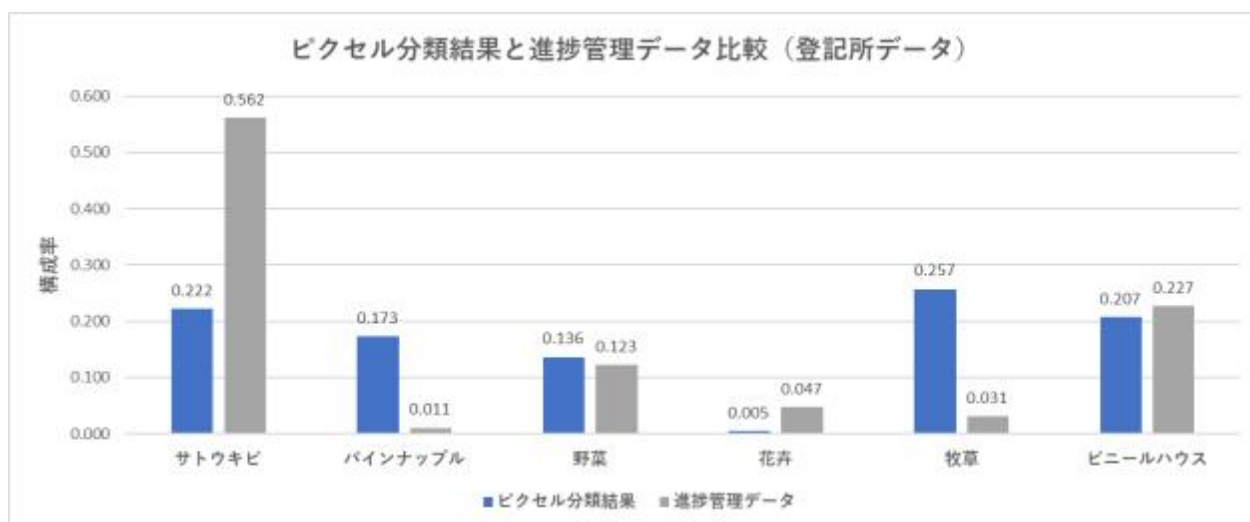


図 7-55-3 画像解析結果と進捗管理データの作物構成率の比較

表 7-19-2 宜野座南東海域における χ^2 検定結果

データ区分		サトウキビ	パインナップル	野菜	花卉	牧草	ビニールハウス	計	
実測値	ピクセル分類結果	647	505	398	15	750	604	2,919	
理論値	進捗管理データ	1,223	23	267	103	67	495	2,178	
実測値	ピクセル分類結果	0.222	0.173	0.136	0.005	0.257	0.207	1.00	
理論値	進捗管理データ	0.562	0.011	0.123	0.047	0.031	0.227	1.00	
χ ² 検定値		0.206	2.499	0.002	0.038	1.663	0.002	4.408	
		χ ² =							4.408
		行数m=							2
		列数n=							6
		自由度=(m-1)×(n-1)=							

6) 作物について、3種類の解析結果の評価

筆ポリゴンに展開した結果をもとに、植生・非植生判別、ピクセル分類、オブジェクト検出の区画展開後の各検定結果の組合せパターンを表 7-20 に示す。左側の表は、組合せ表を示し、右側の表は、作物係数の区分を示す。

表 7-20 において緑色で示した判定_CP と判定_OA が両方登録されている区画と判定_GEI が「非植生」で判定_CP または判定_OA で作物が設定されている区画で件数が多いものについては、画像解析モデルおよび画像展開方法の調整が必要と考える。

表 7-20 植栽の判定結果の組み合わせ表

No	判定_GEI	判定_CP	判定_OA	件数	最終判定
1	植生地	サトウキビ		14,372	1
2	植生地	パインナップル		3,246	2
3	植生地	ビニールハウス		2,257	10
4	植生地	花卉		99	4
5	植生地	牧草		15,419	7
6	植生地	野菜		3,213	3
7	植生地		柑橘	148	6
8	植生地	サトウキビ	バナナ	19	
9	植生地	サトウキビ	柑橘	7	
10	植生地	パインナップル	バナナ	20	
11	植生地	パインナップル	柑橘	24	
12	植生地	ビニールハウス	バナナ	6	
13	植生地	ビニールハウス	柑橘	82	
14	植生地	花卉	柑橘	2	
15	植生地	牧草	バナナ	10	
16	植生地	牧草	柑橘	249	
17	植生地	野菜	バナナ	1	
18	植生地	野菜	柑橘	103	
19	植生地			2,292	99
20	非植生地	サトウキビ		2,430	1
21	非植生地	パインナップル		1,413	2
22	非植生地	ビニールハウス		7,735	10
23	非植生地	花卉		271	6
24	非植生地	牧草		7,063	7
25	非植生地	野菜		4,189	3
26	非植生地	サトウキビ	バナナ	2	
27	非植生地	サトウキビ	柑橘	4	
28	非植生地	パインナップル	バナナ	7	
29	非植生地	パインナップル	柑橘	4	
30	非植生地	ビニールハウス	バナナ	1	
31	非植生地	ビニールハウス	柑橘	116	
32	非植生地	花卉	柑橘	2	
33	非植生地	牧草	バナナ	4	
34	非植生地	牧草	柑橘	47	
35	非植生地	野菜	柑橘	38	
36	非植生地		柑橘	38	
37	非植生地			7,075	99
38		サトウキビ		18	1
39		パインナップル		7	2
40		ビニールハウス		38	10
41		牧草		36	7
42		野菜		21	3
43			バナナ	27	6
44			柑橘	311	6
合計				119,952	

Ccode	作物区分
1	サトウキビ
2	パインナップル
3	野菜
4	花き
5	葉タバコ
6	果樹・花木
7	牧草
8	不耕作畑
9	裸地
10	ハウス
11	水田
99	その他

表 7-20 で示した各検定結果の組合せの件数分布を図に示す。

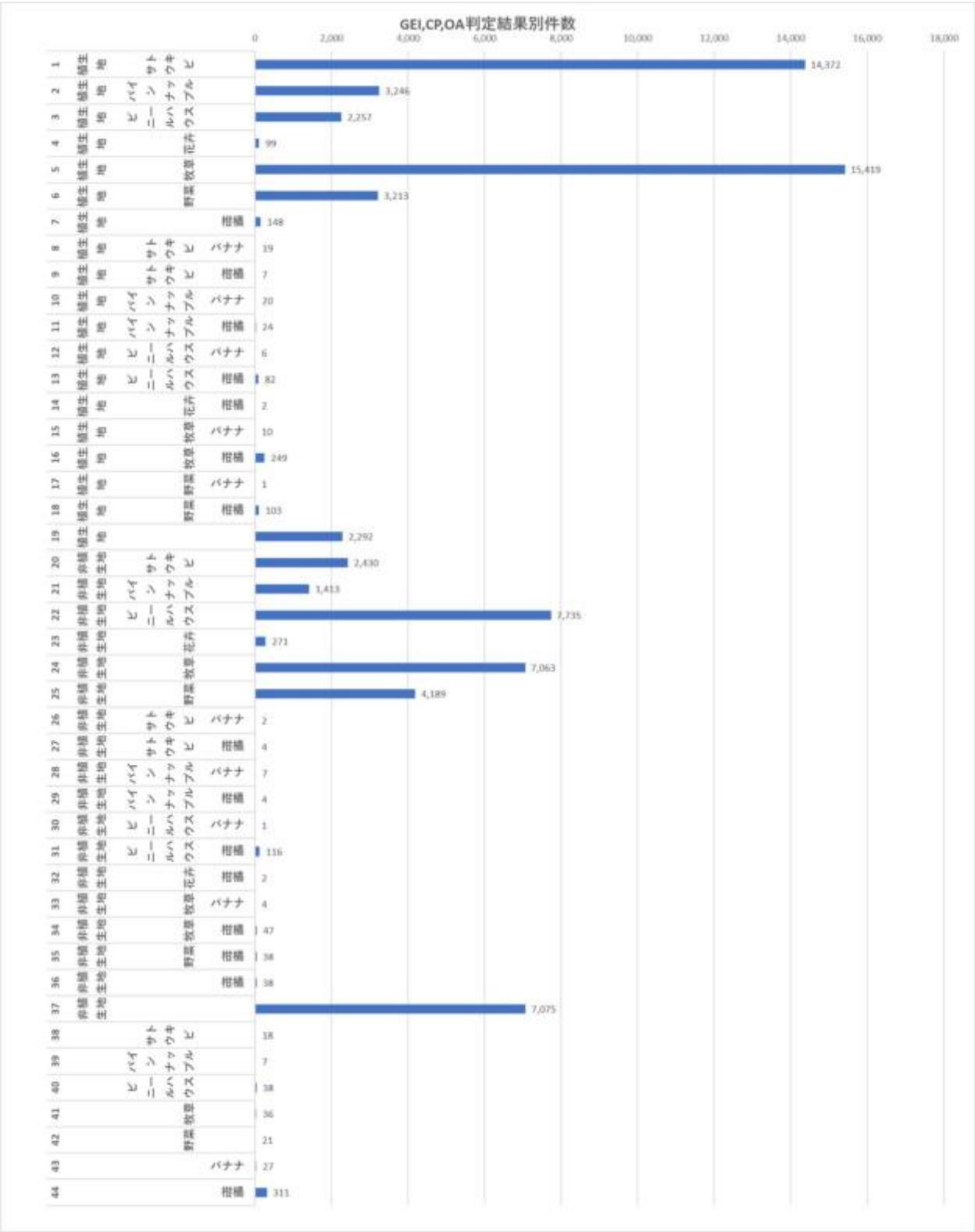


図 7-56 各検定結果の組合せの件数分布

7.3 赤土等対策進捗管理システムとの連携に関する検討

・農林水産部と収集した情報および推定結果の共有による効果的な流出防止対策実施のために、跡土等対策進捗管理システム（沖縄県農林水産部）との連携について検討した。

農地からの推定結果について、農林水産部の事業効果の評価における算定結果との整合性を確保するため、農林水産部と協議を行い、進捗管理システムへ検討結果の反映を行った。また、農地以外の開発事業、森林、米軍基地等の流出源についても一元的な流出状況の把握を可能とするため関係データを統合した。さらに、海域調査結果についても統合した。

画像解析結果を反映した筆ポリゴンを水土里情報のクラウドシステムへ登録し、関係機関で閲覧できるようにプロトタイプを作成した。

今後、陸海の相互評価を可能とする情報プラットフォームについて検討する。

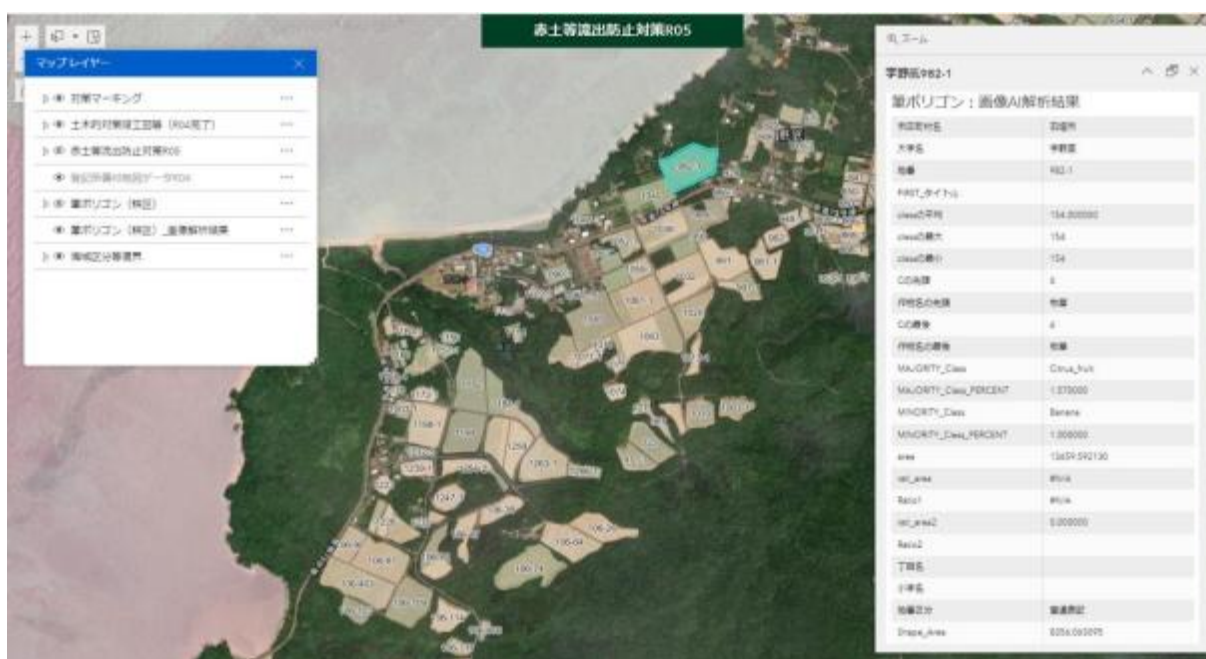


図 7-57 水土里情報クラウドシステムによる流出源統合管理の例

農地からの赤土等流出量の推計値の検討においては、次の事項に留意した。

- (1)年間赤土等流出量を推計するための農地の筆データは、令和4年度赤土等流出防止対策検証事業委託業務などにおいてドローンで撮影した画像を用いて算出する。
- (2)検討する推計値は、沖縄県赤土等流出防止対策基本計画（旧計画）の最終評価に示す令和3年度の年間赤土等流出量と比較ができるものとする。
- (3)推計手法は、第三者が再現できるものとし、今後、システム化することを踏まえ検討する。
- (4)検討にあたっては、農地管理や農業土木などの専門家の助言等を得て行う。

本業務では、さらなる情報整備による個々の流出要素の精緻化を進める一方で、より精度が高いと想定される改良モデルとの比較による精度向上についての検討も行う。

表 7-21-1 関係組織とデータの関係性

No.	赤土等流出防止対策統合システム		関係機関							
			環境保全課	村づくり計画課	農地農村整備課	営農支援課	赤土対策協議会	農業委員会・製糖工場	水土里ネット	
1	共通情報	画像	UAV画像	○			○			○
2			衛星画像	○						○
3		地区・区域・区画	市町村							○
4			海域	○						○
5			流域							○
6	陸域情報	農地	区画（地籍・耕区）	○	○					○
7			位置特定要因							○
8			気象要因		○					○
9			土壌要因		○					○
10			地形要因			○				○
11			植生要因				○		○	○
12			営農対策				○			○
13			土木の対策			○				
14			対策箇所マーク	○		○		○		
15			流出源マーク	○						○
16		開発		○						△
17	海域情報	森林		○						△
18		米産基地		○						△

表 7-21-2 関係データの作成フロー

区分	データ区分	内容	R04以前	R05	R06計画段階	R06実績報告段階	備考
マップ	地籍データ（USL E）	現況	●	●	●	●	流出量の精度向上
		計画（MP）	△※1	△※2			
	筆ポリゴン	現況	△※3	△※4	△	△	登録ルールの明確化
		対策箇所（点、線、面）	計画		◎対象予定箇所を登録	◎	
	流出源実態調査（点・線・面）	実績	●	●		●予定⇒実績、追加	環境保全課業務
		現地調査結果	△	●	●	●	
	UAVデータ	オルソ	●	●	●	●	
		標高	△	△	△		
		勾配	△	△	△		
		GEL(植生地/非植生地分類)		△	△		
	関係機関データ	ゼタセル分類（作物分類）		△	△		
		オブジェクト検出（果樹抽出）		△	△		作物係数補完
	海域、河川モニタリング	農業委員会作物調査					保全課海域調査結果
		製糖工場OCR収量データ		△※5	△	△	
エクセル	対策箇所実績報告（営農支援課）	海域		△	△	△	赤土協議会へ報告
		河川			△	△	
	海域別削減量（農地農村整備課）	計画			◎対象箇所の集計	◎	業務報告書
		実績	●	●		●対象箇所の集計	
土木的対策			●	●	●	●	
営農的対策			●	●	●	●	

※1 ゾーン区分図

※2 対策予定箇所？

表 7-21-3 営農対策と土木対策の反映履歴

区分	市町村等	H25	H26	H27	H28	H29	H30	H31/R01	R02	R03	R04	R05	R06
	システム開発	新規開発						UAV補完				環境部との連携対応	
営農対策	大宜味村												
	東村												
	今帰仁村												
	本部町												
	恩納村				12月以降								
	宜野座村							MP					
	糸満市							MP					
	久米島町											MP	
	石垣市						MP						
	竹富町				12月以降								
	名護市										データ構築		
	国頭村												データ構築
	MP 八重瀬町 土木対策							MP					

1. 令和 5年度撮影地区

個数 / OD *	列ラベル					
行ラベル	ClassifyPixels	DEM	GEI	ORTHO	TIN	総計
宮古島市	7		7	7	7	28
石垣市	18	18	18	18		72
総計	25	18	25	25	7	100

2. 令和 4年度撮影地区

個数 / OD *	列ラベル					
行ラベル	ClassifyPixels	DEM	GEI	ORTHO	TIN	総計
うるま市	98	98	98	98		392
伊是名村	24	24	24	24		96
浦添市	1	1	1	1		4
沖縄市	5	5	5	5		20
恩納村	17	17	17	17		68
宜野座村	17	17	17	17		68
金武町	11	11	11	11		44
国頭村	61	61	61	61		244
今帰仁村	33	33	33	33		132
糸満市	37	37	37	37		148
西原町	21	21	21	21		84
大宜味村	3	3	3	3		12
中城村	27	27	27	27		108
東村	10	10	10	10		40
読谷村	26	26	26	26		104
南城市	78	78	78	78		312
南風原町	10	10	10	10		40
八重瀬町	17	17	17	17		68
豊見城市	4	4	4	4		16
北中城村	8	8	8	8		32
本部町	24	24	24	24		96
読谷町	4	4	4	4		16