

先進光学衛星センサ利用検討のための 林業分野における有用性評価

1. 森林分野での先進光学衛星の必要性
 2. 単木ごとの樹種分類
 3. 松くい虫被害の区分
 4. 産業への貢献
- 林業成長産業化を目指すスマート精密林業

森林分野での先進光学衛星の必要性

背景

- ・森林率69%、北欧に次ぐ森林国
- ・林業GDP 北欧（3～4%）、NZ（3%）、澳（2%）
Why? 日本は0.04%、発展途上で伸びしろ大
- ・人工林1千万haが利用期を迎え、林業の時代到来
- ・森林調査、収穫調査は人海戦術で限界。
- ・国産光学衛星が無い状態が続き、研究者は減少。
- ・世界標準のドローン、航空機、モバイルによるレーザ計測と情報共有・見える化の技術開発が進行中。



期待

- ・先進光学衛星は森林情報を見える化でき、森林資源の基本情報把握とデータ更新、レーザデータとの複合利用。
- ・森林は広い面積なので、衛星データ利用は最適。
- ・信州大学はスマート林業の国内外のフロンランナー
オープンイノベーション主催し、林業成長産業化を先導。

委託内容

背景

長野県及びその周辺域の樹木を対象とし、先進光学衛星の観測バンドを用いた、樹種分類、松くい虫被害の区分について有用性の評価を行う。

委託内容

1. 単木ごとの樹種分類

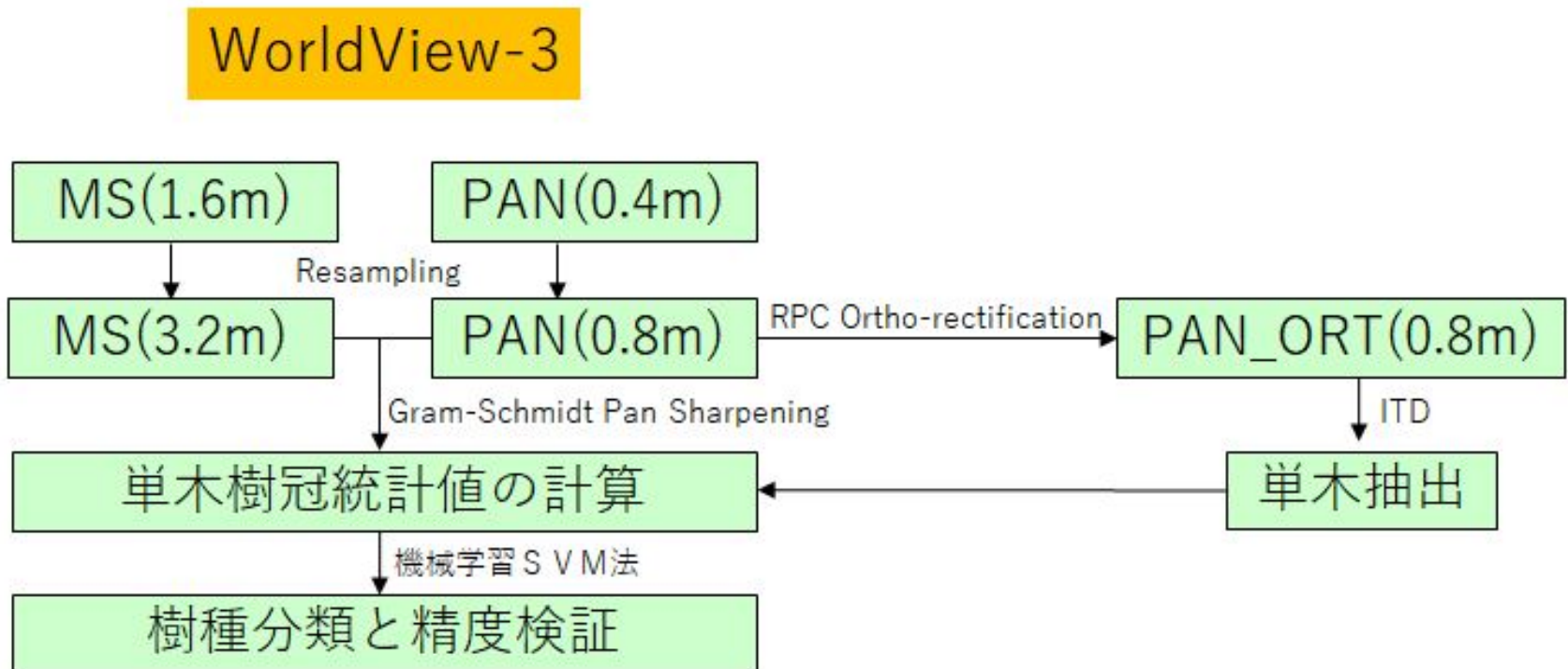
北信州森林組合（中野市）を対象に、単木の樹種分類に関する知財技術（特許4858793号、4900356号、6570039号）を用いて、衛星画像の解析から単木樹冠を抽出し、樹種分類を行う。

2 松くい虫被害の区分（健全木・感染木・枯死木）

伊那市を対象に、松くい虫の被害区分算定方法及び松くい虫被害区分算定装置（特許6544582号）を用いて、松くい虫の健全木・感染木・枯死木の区分を行う。2017年との経年比較で被害の進捗を把握。

3. 単木ごとの樹種分類（1）

先進光学衛星 マルチ3.2m、パンクロ0.8mにデグレート使用



3. 単木ごとの樹種分類（2）

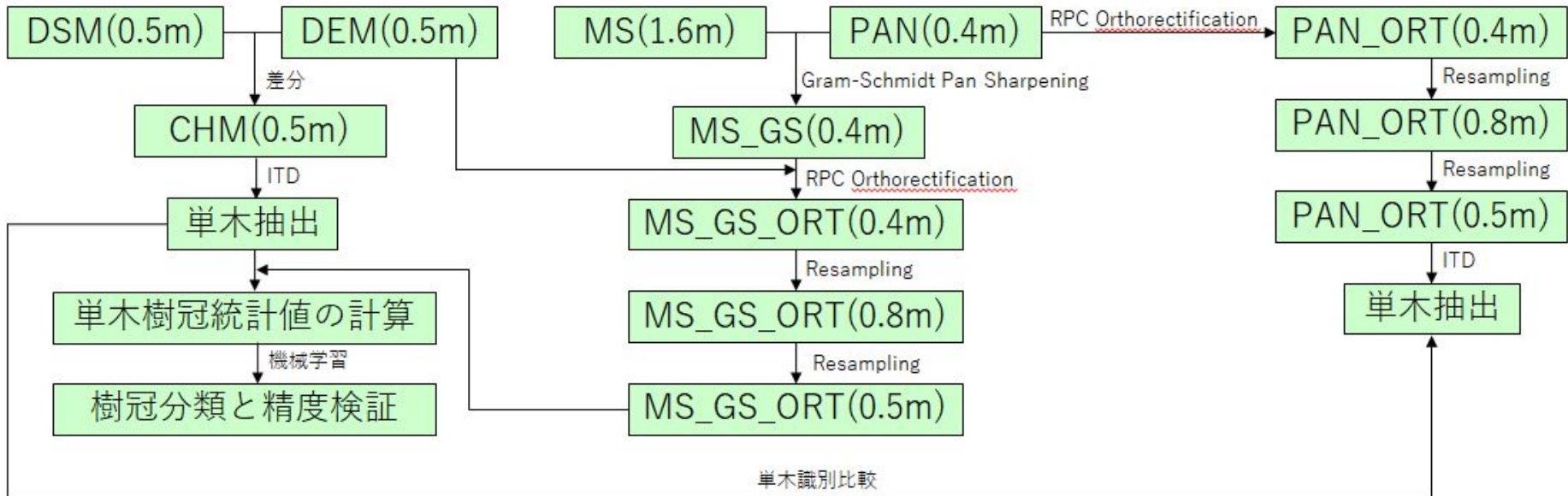
航空レーザとの併用で高さ情報を統一した0.5m使用

航空機レーザデータ

Airborne laser data

先進光学衛星データ

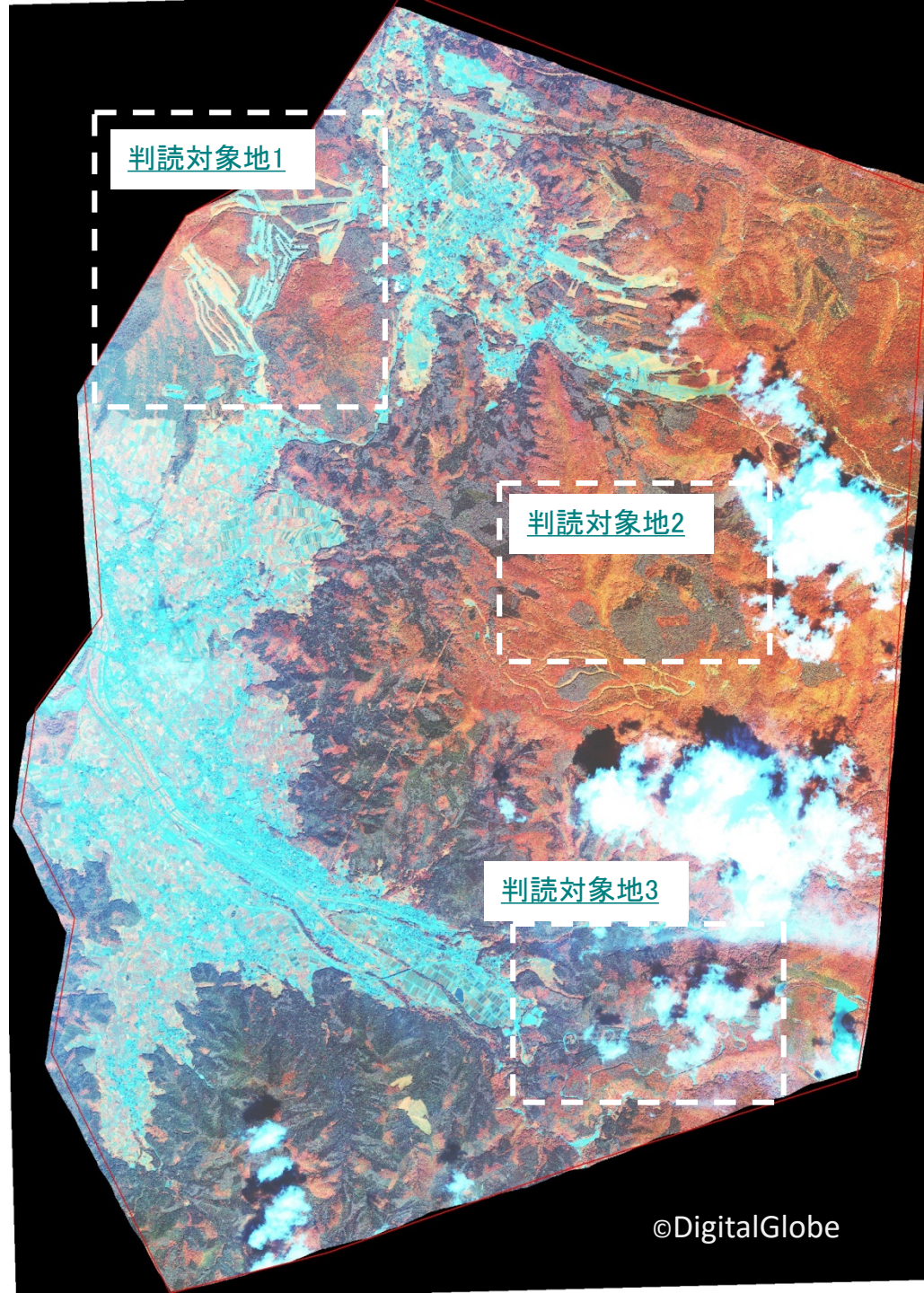
WorldView-3



調査地

WV衛星データ
フォルスカラー RGB:732

中野市のWV衛星画像
撮影日2018年7月16日 WorldView-3
R : G : B = NIR1 (7) : 3 : 2
雲が少ない解析に適した画像である。



単木樹頂点 拡大 PAN画像



©DigitalGlobe

0 25 50 100 Meters

- PAN樹頂点
- PAN単木樹冠

単木樹頂点 拡大 マルチバンド画像



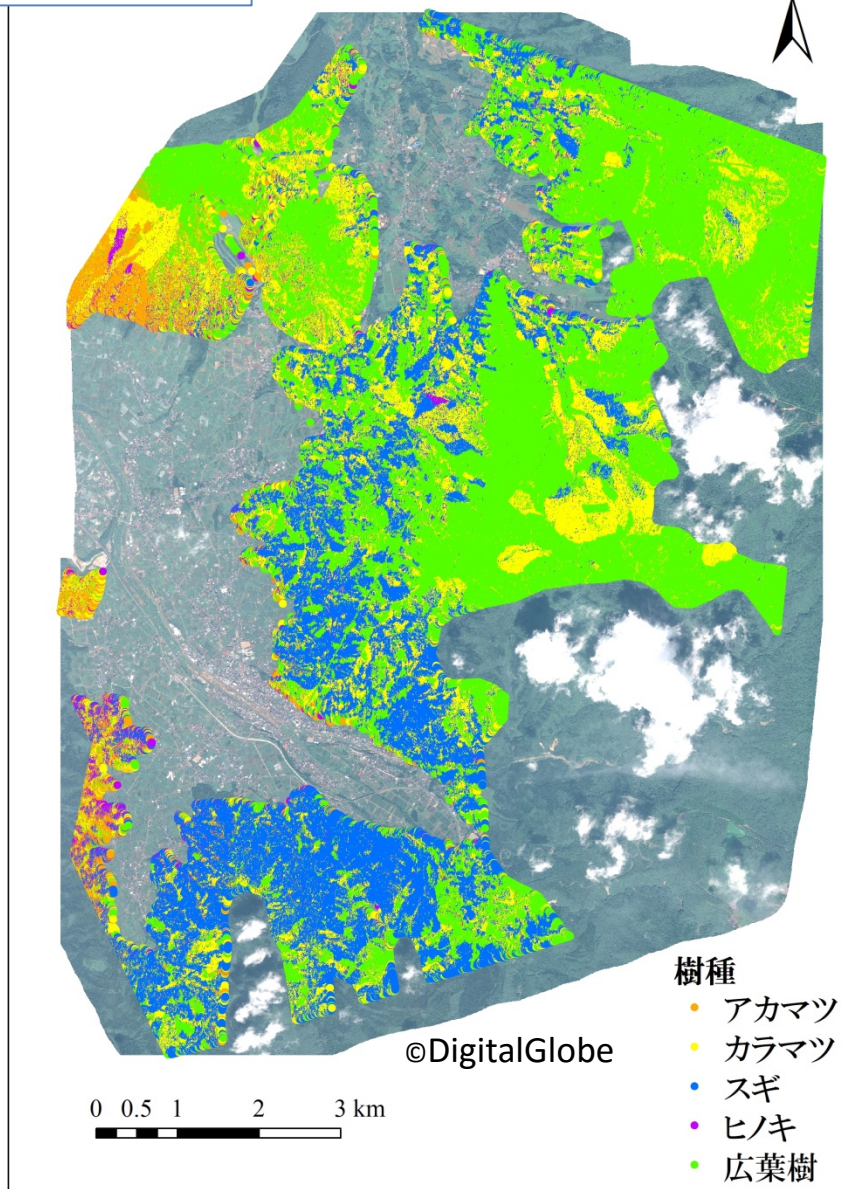
©DigitalGlobe

0 25 50 100 Meters

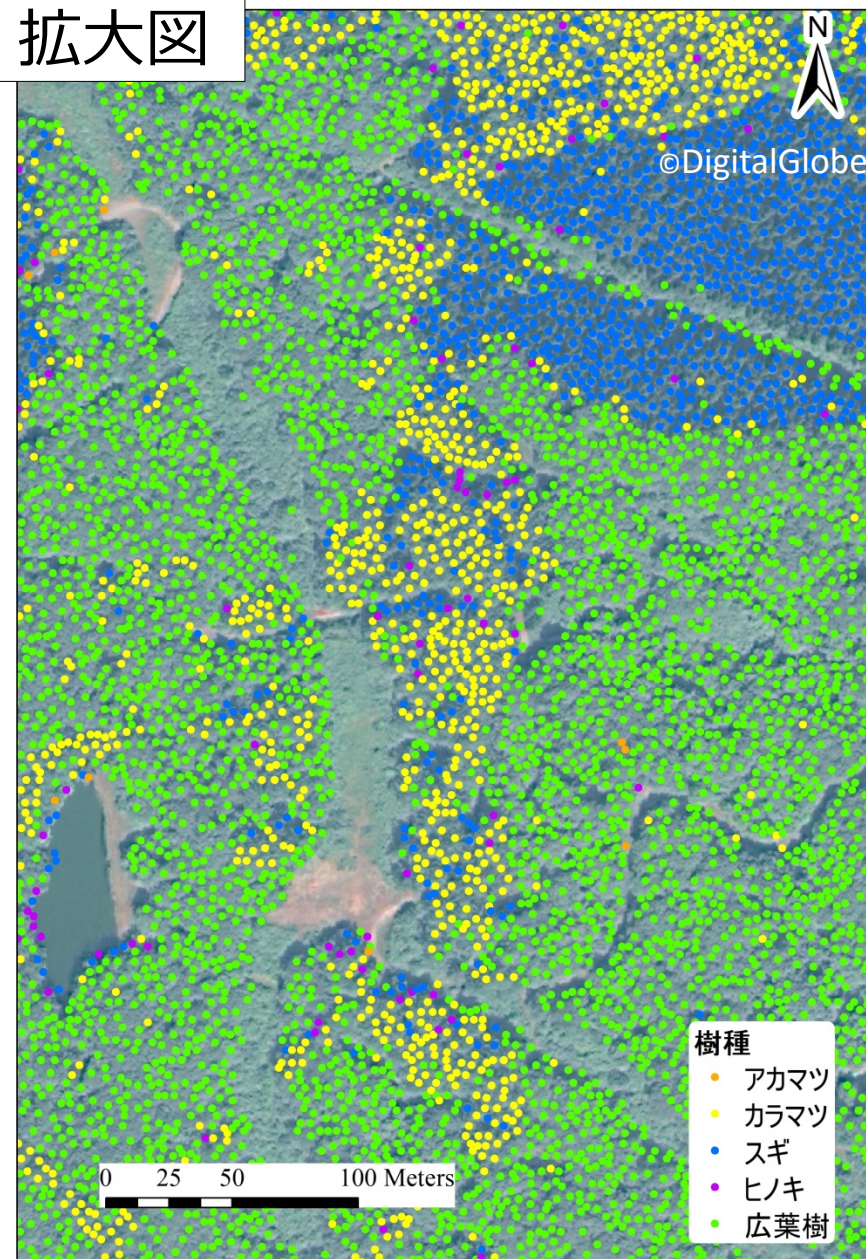
- CHM樹頂点
- CHM単木樹冠

先進光学衛星 マルチ3.2m、パンクロ0.8mのパンシャープン画像を用いた

樹種分類



拡大図



先進光学衛星 マルチ3.2m、パンクロ0.8mのパンシャープン画像を用いた 樹種分類の精度検証 Confusion Matrix

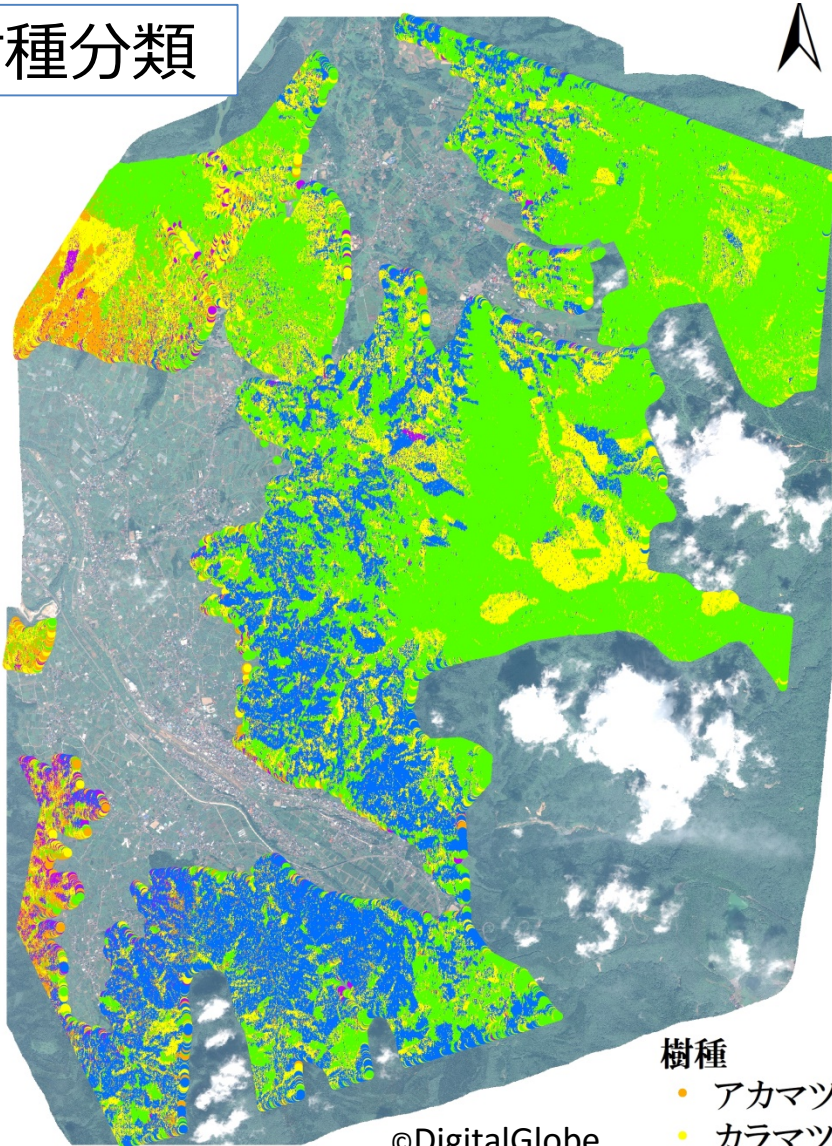
- ・使用した6バンドは1(Coastal)、2(Blue)、3(Green)、5(Red)、6(Red edge)、7(NIR)
- ・使用した統計値は単木樹冠における6バンドの平均値、中央値、標準偏差
- ・分類方法は機械学習のCubic SVM (support vector machine)
- ・精度検証は教師付き学習データ(70%)とは別に、検証データ(30%)で実施した

	アカマツ	ヒノキ	カラマツ	広葉樹	スギ	Total	Producer's accuracy
アカマツ	1435	25	100	17	0	1577	91.0
ヒノキ	27	521	79	5	35	667	78.1
カラマツ	95	54	5320	145	65	5679	93.7
広葉樹	11	2	134	15851	9	16007	99.0
スギ	3	11	60	4	1677	1755	95.6
Total	1571	613	5693	16022	1786	25685	
User's accuracy	91.34	84.99	93.45	98.93	93.90		96.6
Overall accuracy	96.57						

- ・樹種分類の精度は実用段階(8割)を超える高い精度(95.94%)である。
 - ・ヒノキ(78.1%)以外、9割である。
- ※先進光学衛星の樹種分類は期待できる。

航空レーザと航空レーザとの併用で高さ情報を統一した0.5mパンシャープン画像

樹種分類

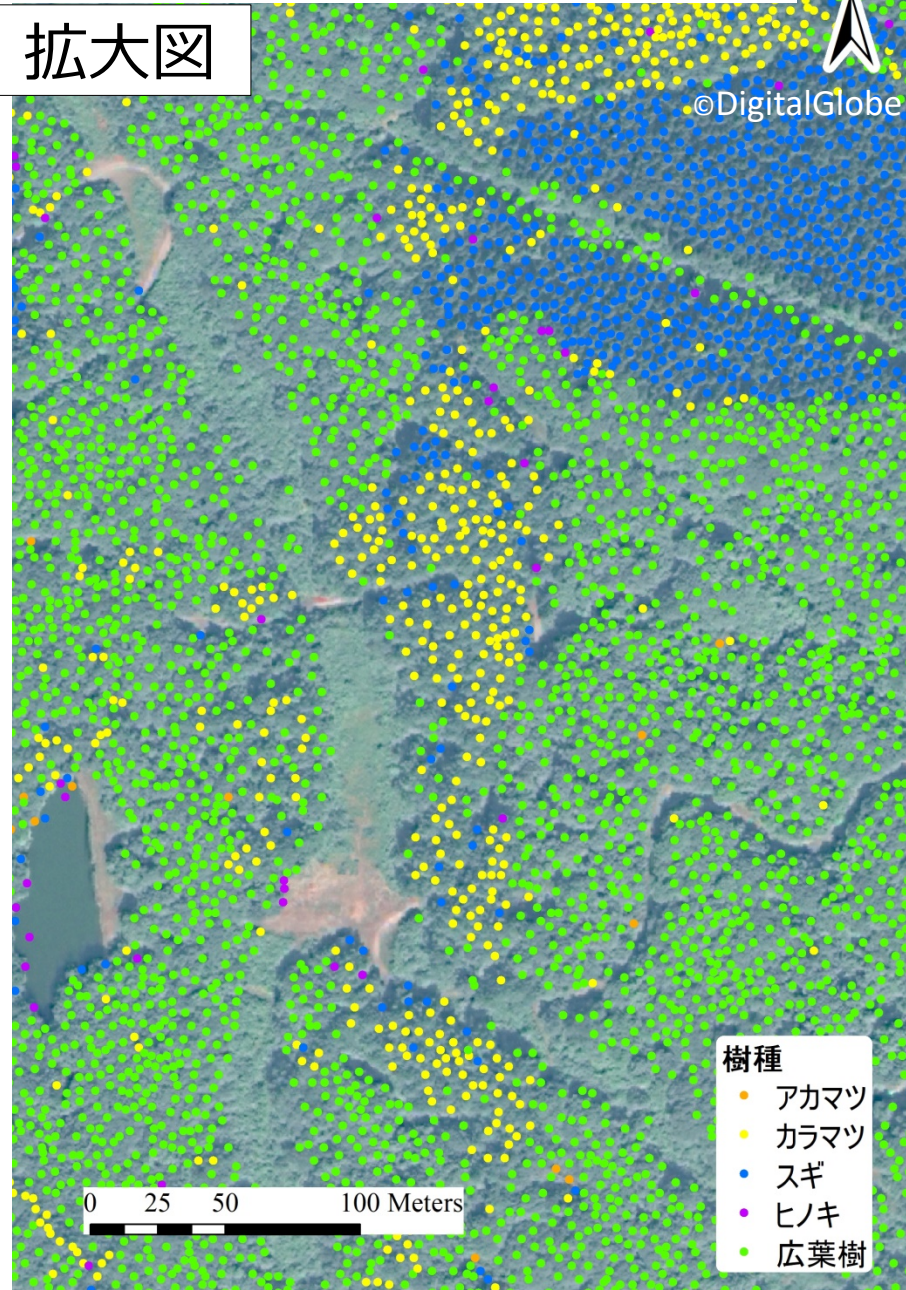


0 0.5 1 2 3 km

樹種

- アカマツ
- カラマツ
- スギ
- ヒノキ
- 広葉樹

拡大図



0 25 50 100 Meters

樹種

- アカマツ
- カラマツ
- スギ
- ヒノキ
- 広葉樹

航空レーザとの併用で高さ情報を統一した0.5mパンシャープン画像を用いた 樹種分類の精度検証 Confusion Matrix

- ・使用した6バンドは1(Coastal)、2(Blue)、3(Green)、5(Red)、6(Red edge)、7(NIR)
- ・使用した統計値は単木樹冠における6バンドの平均値、中央値、標準偏差
- ・分類方法は機械学習のCubic SVM (support vector machine)
- ・精度検証は教師付き学習データ(70%)とは別に、検証データ(30%)で実施した

	アカマツ	ヒノキ	カラマツ	広葉樹	スギ	Total	Producer's accuracy
アカマツ	1063	16	108	21	3	1211	87.8
ヒノキ	17	494	89	2	22	624	79.2
カラマツ	64	50	3617	155	53	3939	91.8
広葉樹	10	1	112	13190	11	13324	99.0
スギ	4	19	75	8	1481	1587	93.3
Total	1158	580	4001	13376	1570	20685	
User's accuracy	91.8	85.2	90.4	98.6	94.3		95.9
Overall accuracy	95.94						

- ・樹種分類の精度は実用段階(8割)を超える高い精度(95.94%)である。
- ・ヒノキ(79.2%)以外、9割である。
- ・航空レーザは高さ(樹高)と体積(材積)の森林施業で使用する森林資源データを取得できる長所がある。先進光学衛星の樹種分類と併用することで実利用できる。

3. 単木ごとの樹種分類 まとめ

- 先進光学衛星マルチ3.2m、パンク0.8mのパンシャープン画像を用いた樹種分類と、航空レーザとの併用で高さ情報を統一した0.5mパンシャープン画像を用いた樹種分類を行った。
- 日本の主たる針葉樹であるアカマツ、カラマツ、スギ、ヒノキ、広葉樹について樹種分類を実施した。
- 樹種分類の精度は実用段階（8割）を超える高い精度であり、ヒノキ以外、9割であった。

※先進光学衛星の樹種分類は期待できる。

先進光学衛星の活用案

＜単木毎の樹種分類＞

(1)単木毎の樹頂点抽出

衛星画像から木の樹冠を識別し、単木毎の樹頂点を抽出する。

(2)樹種分類

衛星画像から各樹冠の分光反射特性に基づき、樹種分類データを作成する。

(樹木の種類によって、光の反射特性が異なる特性を利用)

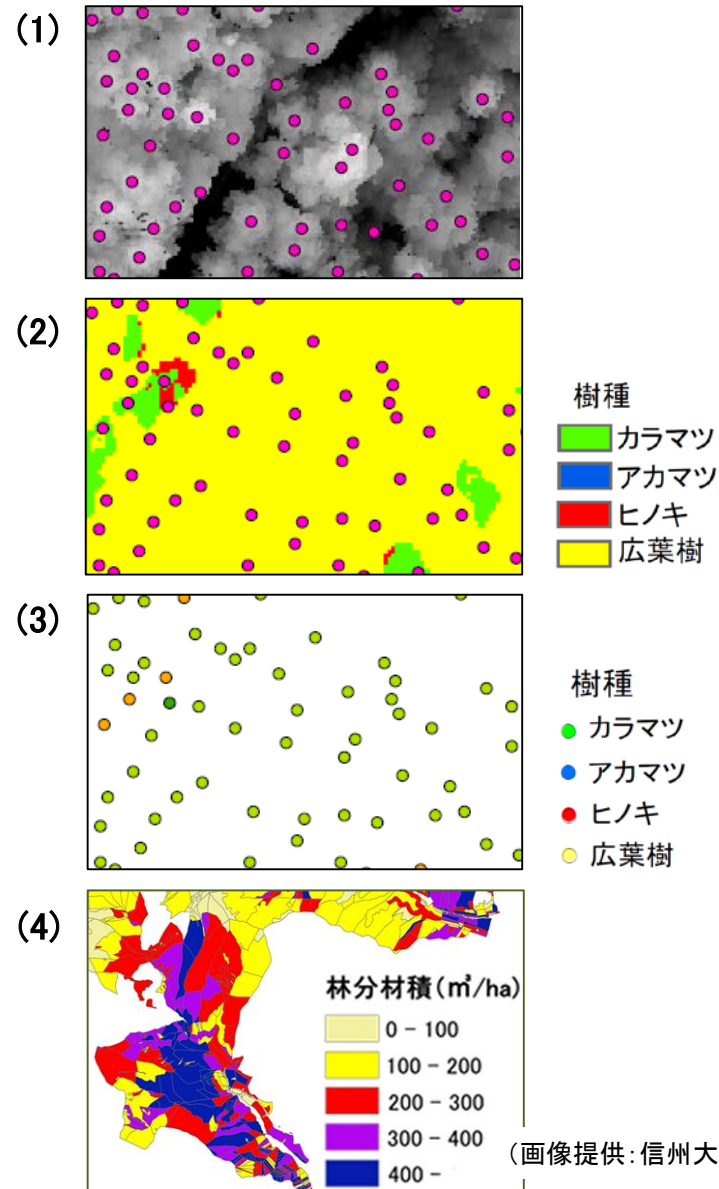
(3)単木毎の樹種分類

各樹頂点に対応する樹種を特定することで、単木毎の樹種分類を行う。

(4)林分ごとの材積区分

樹種別単木ごとの資源量データを林分ごとにまとめ、蓄積量(材積)を5クラスに区分する。

→樹種・樹冠に関する情報、全樹種の本数や樹種別の本数が分かることで、収穫などの区域を適切に選定することができる。



4. 松くい虫被害の区分 伊那市

松くい虫被害は在来のマツノマダラカミキリと外来の病原体であるマツノザイセンチュウが結びつくことによって引き起こされ、日本全国、アジア地域で猛威をふるう最大の森林被害である。

伊那市は、平成28年ごろから松くい虫被害が発見され、松枯れ被害が拡大している。人手による目視による調査では見落としや間違いが起こる。また、広範囲の踏査は負担が大きい。

そこで、高分解能人工衛星画像と航空機レーザを使用した広域の森林を対象とした松くい虫被害区分を実施している。また、狭い範囲を対象として人工衛星画像より高分解能な情報をしよるために、ドローンを利用した被害把握の研究も実施している

平成28年度：予備調査、ドローン空撮

平成29年度：Worldview-2,3と航空レーザデータを用いた松枯れ被害の把握

被害木データから市で冬季伐倒・駆除、RedEdge波長のドローン空撮

平成30年度：松枯れ被害の進捗 経年変化

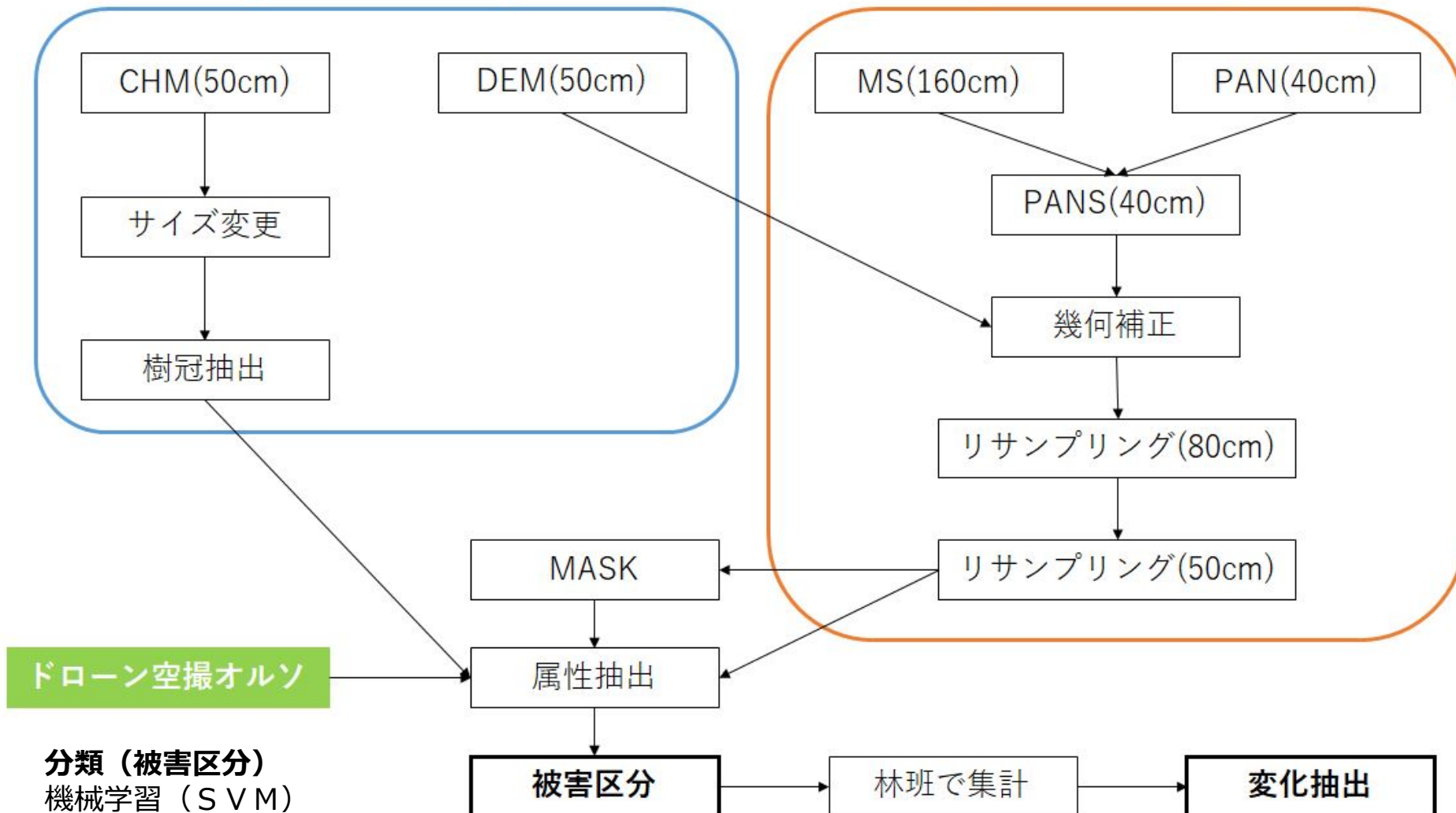
解析のフロー

松くい虫の被害区分算定方法と樹木
本数算定方法（特許）を使用

先進光学衛星データ

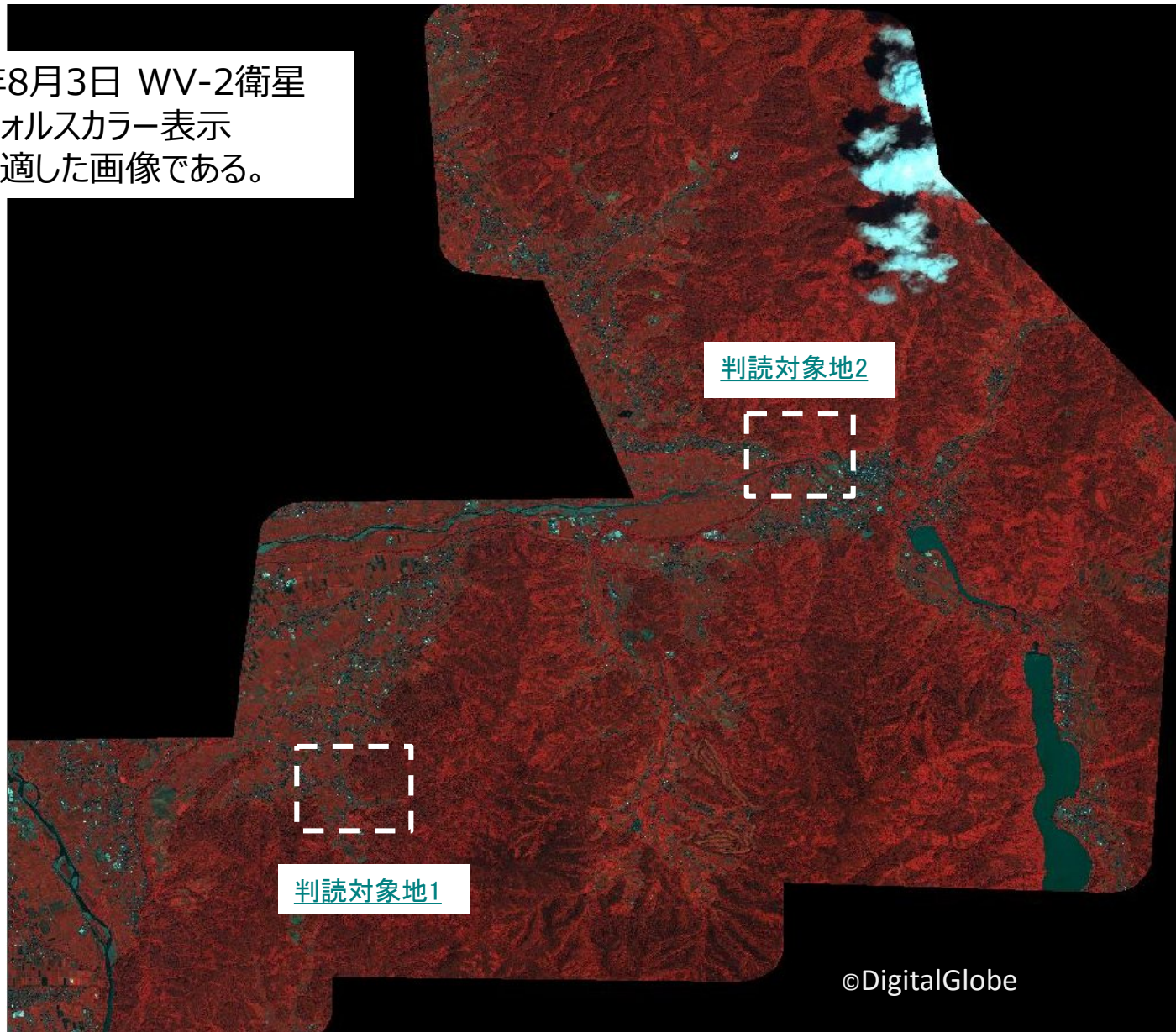
航空機Lidar

WorldView-2



4. 松くい虫被害の区分 伊那市

撮影日2018年8月3日 WV-2衛星
RGB = 732 フォルスカラー表示
雲がない解析に適した画像である。



伊那市高遠町（たかとうまち）三峰川 令和元年撮影 松くい虫被害の最前線



©DigitalGlobe

平成29年度の衛星画像では被害木が確認できなかった場所だったが、今年度の判読では、三峰川の南斜面で、多数の被害木(白枠内)が確認できた。

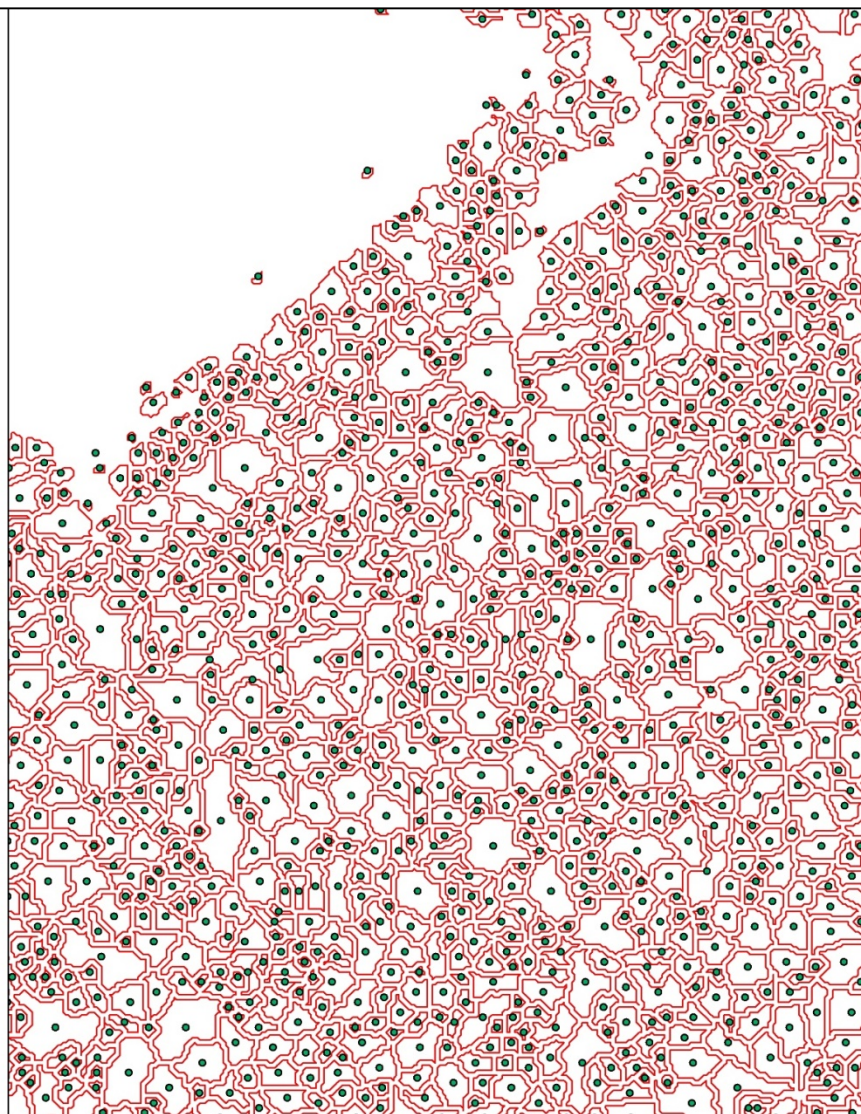
伊那市全域の単木樹冠（左）と樹頂点（右）の半自動抽出



伊那市富県（とみがた） 拡大した単木樹冠と樹頂点



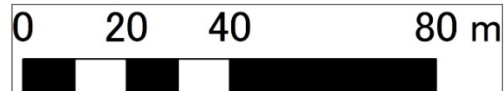
精密樹冠と樹頂点抽出が確認
1個の樹冠と樹頂点が対応



● 樹頂点



樹冠



松くい虫被害区分

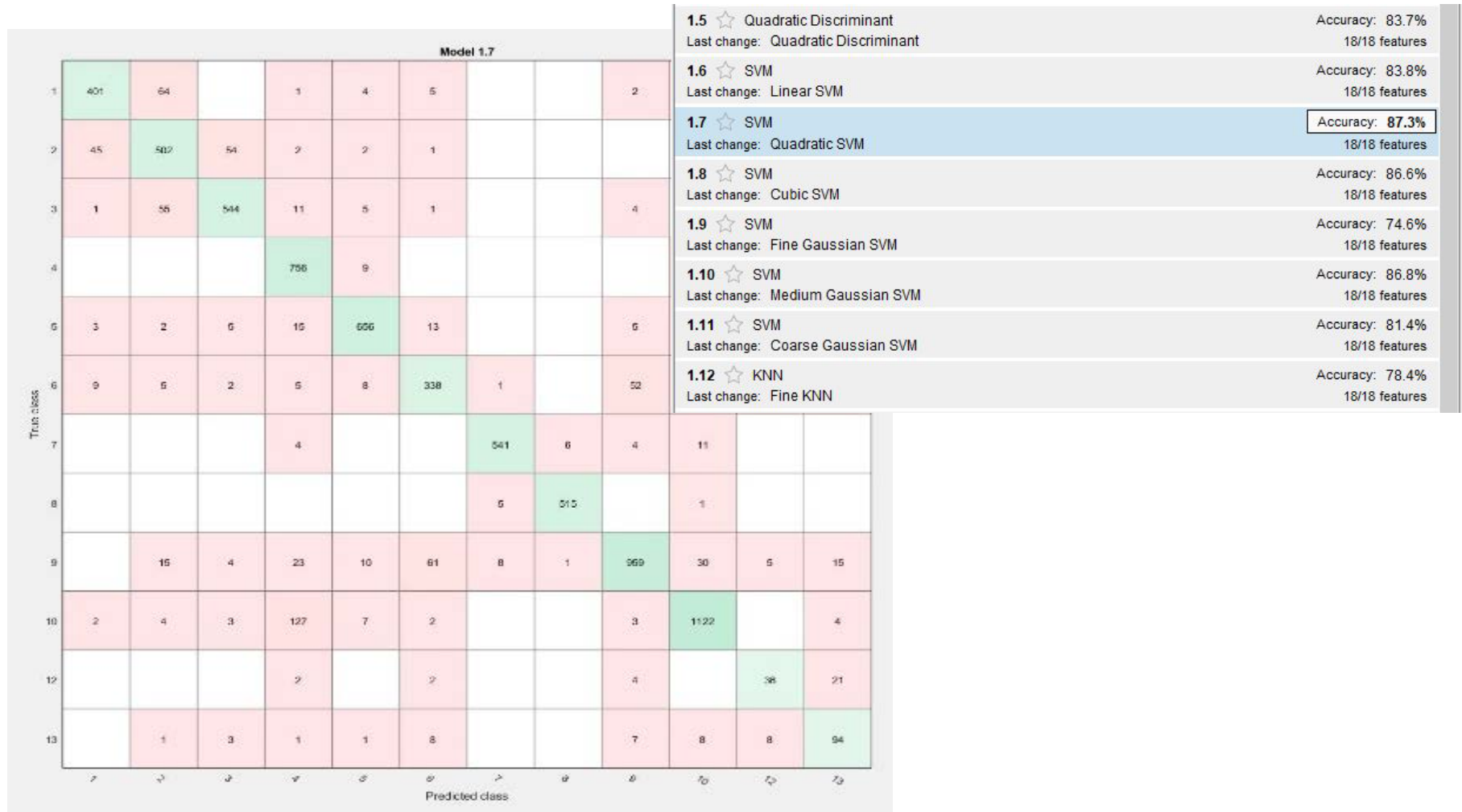
トレーニングクラス

クラス	クラス名	サンプル数
1	広葉樹1	478
2	広葉樹2	608
3	広葉樹3	621
4	カラマツ	856
5	ヒノキ	706
6	裸地	474
7	雲	566
8	影	521
9	屋根	1150
10	健全木	1274
11	感染木	11
12	枯死木	65
13	枯損木	144

4. 松くい虫被害の区分

(1) バンドの影響の検証 先進光学衛星相当の分解能 (3.2m)

② WV2の1、2、3、5、6、7バンドを使用して感染木以外の12クラスで分類



機械学習 SVM法の分類精度表

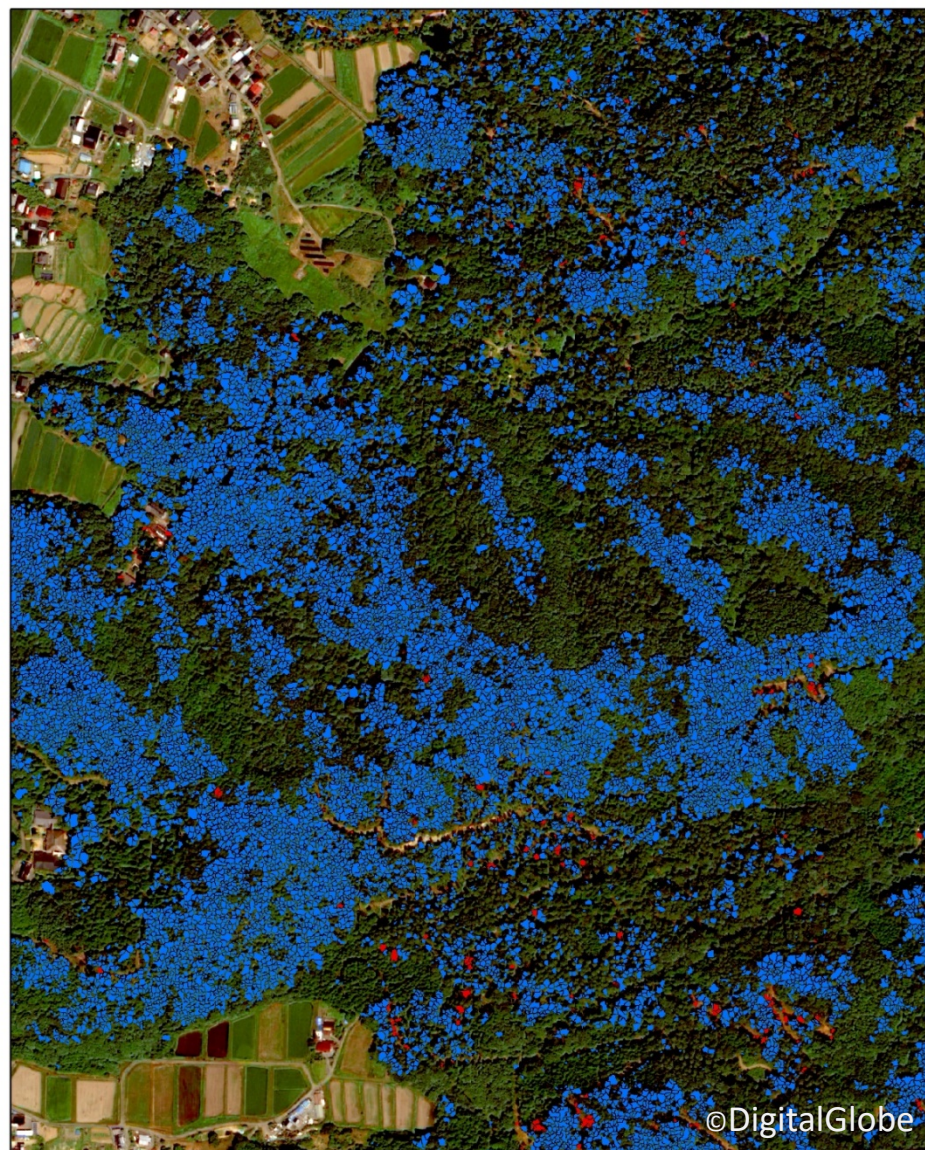
13項目の分類精度：87.3%

アカマツの被害区分 部分拡大図

健全木 被害の無い松

枯死木（前年度被害木：葉が茶色になって枯れた松）

枯損木：枯死から数年経過し、落葉して幹と枝のみで、落枝の危険



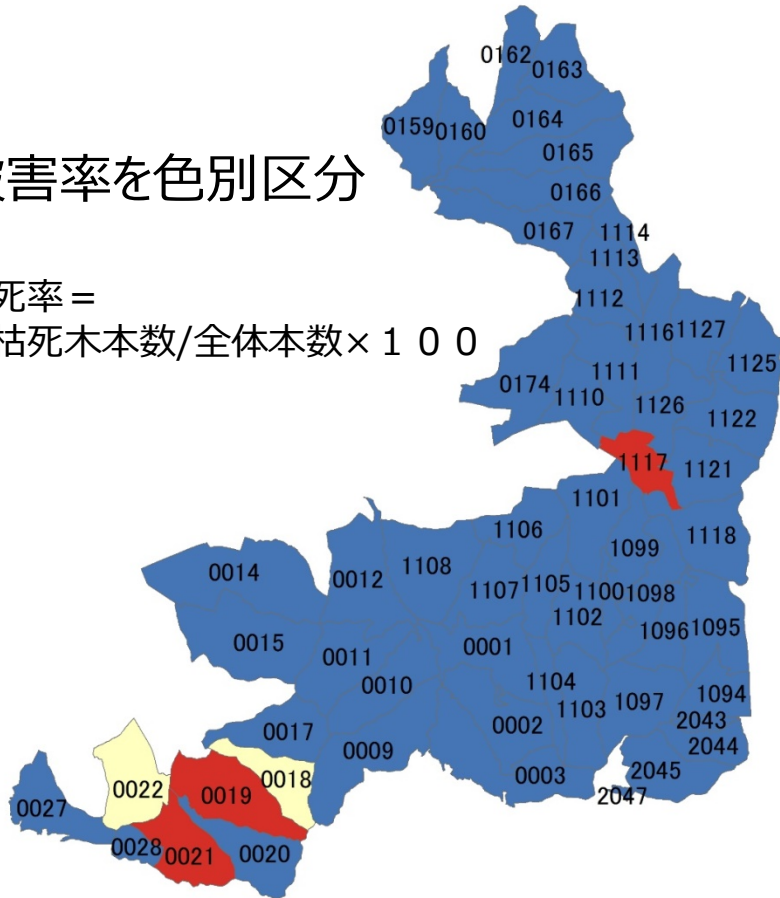
松枯れ被害区分結果



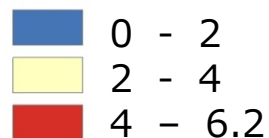
枯死率の経年変化

被害率を色別区分

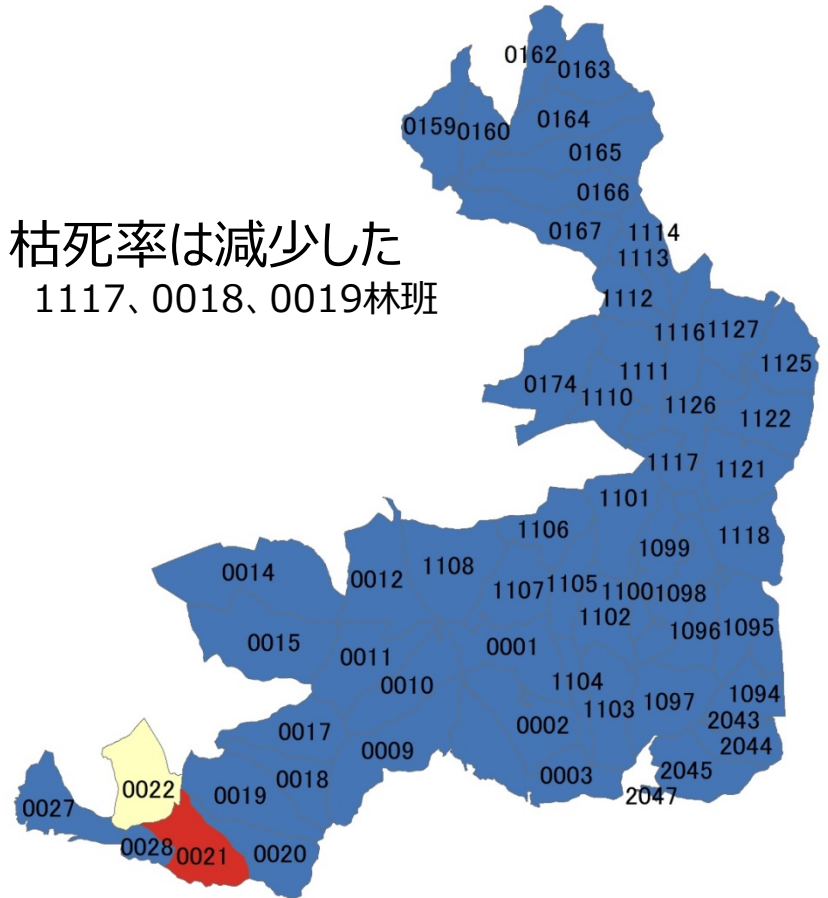
枯死率 =
(枯死木本数/全体本数 × 100)



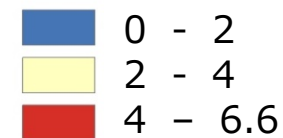
2017年度枯死率(%)



枯死率は減少した
1117、0018、0019林班



2018年度枯死率(%)



4. 松くい虫被害の区分 まとめ

- 伊那市では、昨年の被害区分結果を生かして、松くい虫被害木の早期伐倒燻蒸処理を行うことで被害の拡大を抑えている。
2018年度は、感染木のWV衛星画像で発見できなかった。
- 被害区分の交差検定結果は87.3%となった。枯死木や枯損木の被害区分を実施できた。被害区分の目視判読結果では、おおむね正しい区分であった。
- 2か年の経年変化では、枯死率では1117、0019林班で減少した。枯死木が伐採されたことや、被害が進行して枯損木になったと考えられる。一方、枯損率はやや減少した。被害から時間が経つことで落葉・落枝が進み、衛星画像で分類できなくなったと考える。

先進光学衛星の活用案

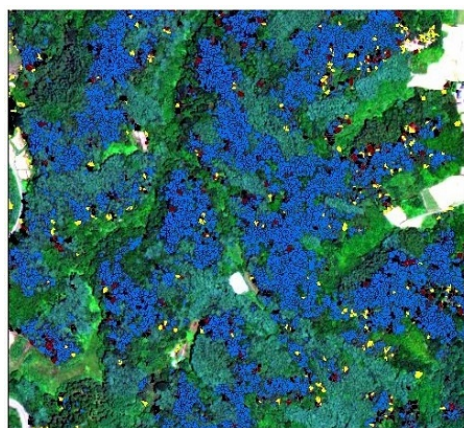
＜RedEdgeバンドの特徴＞

植生の活性度に感度があり、作物種(畑地と雑草等)や群落の分類精度の向上、健康状態(健康な植物と病気の植物)の把握、樹種の分類(常緑樹・落葉樹等)、水稻では出穂～収穫のステージの判別や水稻と転作作物との判別等への利用が期待される。NDVI(植生指数)精度の向上も期待される。

応用例としては、農地の精密管理や生育状況把握等での活用や、例えばパイプラインのガス漏れが発生した際に周囲の植生の健康状態を調べることで影響範囲を把握することができるとも考えられる。

＜マツ枯れ被害把握での利用例＞

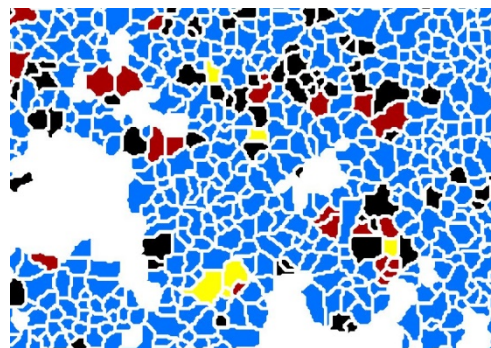
長野県松本市において、信州大が衛星画像(WorldView-2,3等)とレーザ計測を用いたマツ枯れ被害の単木レベルでの実用化と検証を行っており、被害状況の分類(健全木・感染木・枯死木・枯損木)や、林小班単位での被害木の本数の自動集計を行い、被害の拡大と防除に活用している。



■ 健全木
■ 感染木
■ 枯死木
■ 枯損木

0 75 150 300 m

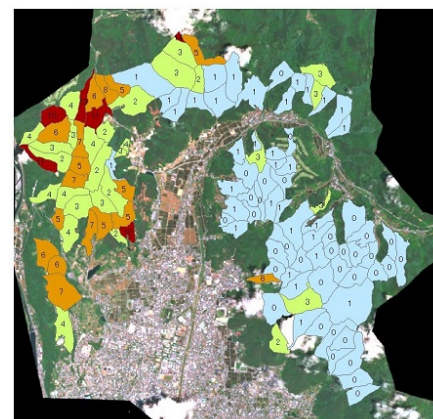
単木レベルでの被害木の分類結果



■ 健全木
■ 感染木
■ 枯死木
■ 枯損木

0 15 30 m

林小班単位での枯死木割合



枯死木割合(=枯死木/(健全木+感染木+枯死木+枯損木))

0-2%
2-5%
5-10%
10-15%

0 1,500 3,000 m

(信州大学 加藤正人教授提供)

5. 産業への貢献

未来投資会議2018で話題提供 スマート林業の出発点

総理大臣

記者会見

閣議

国の政策

歴代内閣

資料集

[首相官邸トップ](#) > [総理大臣](#) > [総理の一日](#) > 平成30年5月17日 未来投資会議



平成30年5月17日

未来投資会議

印刷

ツイート

シェア



発言する安倍総理1

1/2



平成30年5月17日、安倍総理は、総理大臣官邸で第16回未来投資会議を開催しました。

総理大臣

▶ [総理の一日](#)

▶ [平成30年](#)

▶ [平成29年](#)

▶ [歴代総理の一日](#)

▶ [総理の演説・記者会見など](#)

▶ [総理の指示・談話など](#)

▶ [施政方針・所信表明](#)

▶ [総理の動画](#) 

▶ [第4次安倍内閣 閣僚等名簿](#)

▶ [主な本部・会議体](#)

▶ [政府の基本方針・計画等](#)

国の政策

省庁のあらゆる政策をワンストップ検索

▶ [特集ページ／東日本大震災関連](#)

未来戦略2018

I [4] 1 農林水産業全体にわたる改革とスマート農林水産業の実現①

課題

- ・農山漁村は人口減少の危機に直面
- ・稼げる農林水産業を実現し、農山漁村の居住の場としての魅力を高めることが必要

目指すべき社会

- ・最先端技術とデータを駆使し、農林水産業の生産性を飛躍的にアップ



- ・マーケットインの発想でデータをつなげ、バリューチェーン全体で利益を高めていく



民間の取組・事例

林業分野にICTを積極導入

北信州森林組合

- ・森林GIS(地理情報システム)や航空レーザーをいち早く利用
- ・IoTの導入や、ドローン、スマホの活用を積極的に進め、生産・流通の更なる効率化を推進



ドローンによるレーザー計測で立木を正確に把握



ICTを駆使した水産業支援を展開

AI×水産業



水揚量データ

魚名	数量 (kg)	単価 (円)	金額 (円)
ほっけ	17.5	311	5,443
ヒラメ	0.6	1,000	600
さけ	15.4	410	6,314

はこだて未来大学 マリンIT・ラボ

- ・IoTによる海水温の見える化や、タブレットを利用したナマコの資源管理を支援
- ・AIによる水揚予測に着手。定置網漁業者や流通業者とともに、水揚予測を基にした売上の最大化とコストの最小化に挑戦中

未来投資会議 基本方針2019を受けて 自民党 「令和」時代・経済成長戦略

3. 地域活性化への取組を加速

(5) ロボット、AI、ICT等の先端技術を活用した「**スマート農林水産業**」の推進

②ICTや自動化機械等の活用で、若者や女性にとって魅力ある林業現場の実現

我が国の森林は本格的な利用期を迎えており、木材生産量が年々増加するなど明るい兆しも見えるが、林業現場は、「きつい、危険、高コスト」から脱却しきれていない。

このため、手間のかかる森林情報の収集や造林に当たり航空レーザ計測やドローン等を活用するとともに、伐採や運搬を自動・遠隔操作で行う林業機械の開発、ICTを使った生産管理等を進め、自伐型林業を含めた様々な林業経営者とともに、若者や女性にとって魅力ある産業への転換を図る。



LSによるスマート精密林業「長野モデル」の取組みが反映

日本林業成長産業化シンポジウム

ICTスマート精密林材業による サプライチェーンシステム in 東京

挨拶

- 信州大学長（主催者代表）濱田 州博
- 農林水産省 林野庁長官 牧元 幸司
- 長野県副知事 太田 寛
- 内閣官房 日本経済再生総合事務局 参事官 永井 春信

平成31年

1月17日 木

10:00-17:30

プログラム

基調 講演

- プラチナ社会研究 三菱総合研究所 理事長 小宮山 宏
- バイオ・エコノミー フィンランド大使館 上席商務官 木村 正裕
- ICTスマート精密林材業によるサプライチェーンシステム 信州大学 教授 加藤 正人

ICT 精密林材業によるサプライチェーン

AIによる森林の Digital Twin

産業技術総合研究所 人工知能研究センター チーム長
中村 良介

林業生産情報のソフトウェア開発

アジア航測 ICT 林業課長 大野勝正

竹中工務店の木造・木質建築への取り組み

竹中工務店 木造・木質建築推進本部長 松崎 裕之

地方創生と市町村の森林経営管理

西栗倉村 参事 上山 隆浩

林業情報化に向けた ICT 活用

北信州森林組合 業務課長 堀澤 正彦
ジツタ 東京営業所長 久保田 敦司

情報共有とクラウド

フューチャー Technology Innovation Group 執行役員 近藤 雅章

森林信託事業

三井住友信託銀行 地域共創推進部長 風間 篤

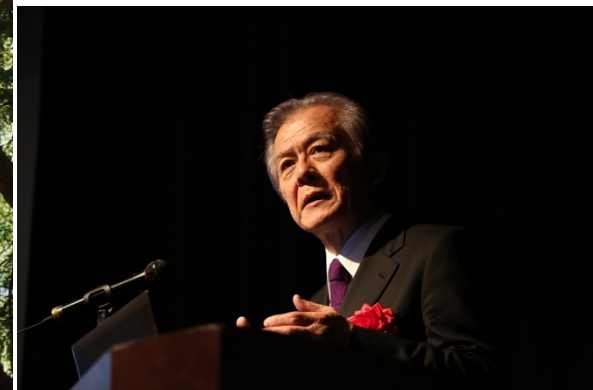
サプライチェーン・マネジメント

林野庁 木材産業課長 猪島 康浩

パネルディスカッション



牧元林野庁長官



小宮山理事長



350名の事前登録満員

ICTスマート精密林業報告会

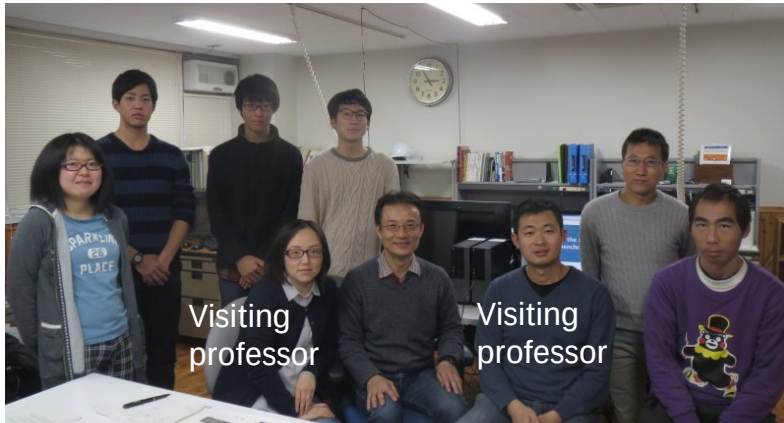
～スマート林業は「成長エンジン」になりうるか～

西粟倉村は、基幹産業の持続性が危ぶまれていた山間地だが大局的な構想で山間地の地方創生を実践している。本セミナーでは西粟倉村長の登壇とコンソーシアムが開発したICT技術と、産総研のAIやビッグデータを用いた革新的なアプローチによるイノベーションが国土の7割を占めている森林に商機を見いだせるかパネル討議を実施する。

外から見ると、「国土の約70%が森林にもかかわらず、日本林業は3Kと言われ衰退産業だ」。その現状を打破するには、従来の林業界の枠を超えて、日本の産業界をリードする総合商社、政策金融、大手ゼネコン、AI研究者に参画していただき、課題解決に向けた情報と知恵とお金、そして『日本林業を盛り上げて成長産業化に結び付けるという“志”を持つ方々とのネットワーク』が必要である。

おわりに

【スマート精密林業コンソーシアム】のメンバーの協力と支援で、実証研究を一步一步進めています。
技術レベルを世界標準にすることで、国内外への情報発信と技術展開 モデルの輸出産業化



人材育成 最先端森林レーザ計測特別講義
2015年から毎年フィンランドから海外招聘教員



研究成果の国内外での情報発信、国際学会発表
フィンランド最先端レーザ研究所のメンバーと



最先端レーザ計測の共同研究 信州演習林 2018年2月

日本林業を伸びしろが大きい
若者と女性に夢のある産業にしましょう
先進光学衛星は林業に活用できます