

林業技術を考える会

～林業へのICT技術の導入に向けて～



森林・林業へ活用できるICT技術の最新情報を提供すると共に、今後の方向性を考えたいと思います。

平成30年 **3月23日 (金)** 13時～15時40分

とりぎん文化会館 第1会議室 (鳥取市尚徳町101-5)

プログラム

開会挨拶 鳥取県農林水産部森林・林業振興局 局長 尾崎 史明



講演「レーザによる森林計測の現状と未来

～ここまでできる「航空レーザ」、「ドローンレーザ」、「地上レーザ」～ 」……………1

アジア航測株式会社 代表取締役社長 小川 紀一郎 氏



講演「アナログ空中写真をGIS、GPSへ繋ぐ森林境界明確化システム」…13

富山県農林水産総合技術センター森林研究所 副主幹研究員 小林 裕之 氏

※各講演の終わりに、ICT技術のデモンストラ
ーションと質疑の時間を設けております。

主催 鳥取県
問合せ先 鳥取県 林政企画課 電話0857-26-7683

＜講師の御略歴＞

アジア航測株式会社 代表取締役社長 小川 紀一郎 氏



1956年10月神奈川県生まれ。1982年3月に北海道大学大学院農学研究科林学専攻修士課程修了、同年4月にアジア航測株式会社入社。以後、一貫して治山砂防調査・計画分野を中心に流砂系における土砂動態現象の解析業務に携わってきた。技術士(建設、森林、応用理学、総合技術監理)。博士(農学)。2011年12月より代表取締役社長となり現在に至る。

主な著書:「土砂災害調査マニュアル」(1988年、鹿島出版会;分担執筆)、「応用地学ノート」(1996年、共立出版;分担執筆)、「斜面防災・環境対策技術総覧」(2004年、産業技術サービスセンター;分担執筆)、「地文学事始・日本人はどのように国土をつくったか」(2005年、学芸出版社;分担執筆)、「家族を守る斜面の知識」(2009年、土木学会・丸善;分担執筆)。

北海道大学農学部非常勤講師。NPO法人「空とぶ森」理事長、砂防学会副会長、日本測量調査技術協会副会長、自然環境共生技術協会理事。

富山県農林水産総合技術センター森林研究所 副主幹研究員 小林 裕之 氏



1959年富山県生まれ。1982年京都大学農学部林学科卒業、同年富山県に奉職。富山県農林水産総合技術センターに勤務後、GIS、GPS、リモートセンシング等森林管理のICT化に携わってきた。博士(農学)。

撮影時期の異なる過去のアナログ写真から作成したオルソ写真、公図と登記簿から作成した森林素図を元に森林所有界を推定し、カシミール3Dなどの無料GISソフトウェア、ハンディGPSやノートPCを活用して、地元説明会や現地調査を行う仕組である「森林境界明確化支援システム」(富山県森林研究所と新川森林組合が共同開発)は、林業経営の現場で役立つ技術的な発明、改良、創意工夫事案を顕彰する「林業経営『創意工夫』表彰行事」(公財)大日本山林会主催)を受賞(平成28年度)。

主な著書:「林業GPS徹底活用術」(2009年、(一社)全国林業改良普及協会;分担執筆)、「続 林業GPS徹底活用術 応用編」(2011年、(一社)全国林業改良普及協会;分担執筆)

受賞歴:「GPS, RS, GIS技術の森林管理業務への応用に関する研究とその普及」森林技術賞(一社)日本森林技術協会)平成26年度

レーザによる森林計測の現状と未来 ～ここまでの「航空レーザ」・「ドローンレーザ」・「地上レーザ」～

2018年3月23日
アジア航測株式会社
小川紀一郎

アジア航測の概要

会社名	アジア航測株式会社
代表者	代表取締役社長 小川 紀一郎
資本金	16億7377万円
上場	東京証券取引所 第2部上場 (1964年上場)
本社(本店)	東京都新宿区西新宿6-14-1 新宿グリーンタワービル
新百合本社	神奈川県川崎市麻生区万福寺1-2-2 新百合21ビル
売上高(連結)	239億円(2017年9月 第70期決算)
従業員	従業員数: 1,203名(2017年9月30日現在)

アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

森林測量技術の歴史

0年 相対概念による地図

1821年 伊能嘉矩(大日本治海実測図) 三角点網整備

1924年 5万分1図 空中写真測量

1983年 2万5千分1図 GPS測量

2011年 国土形勢整備 GNSS測量

742年 行基 伊勢国(大日本治海実測図)

0年 1000年 1500年 1800年 2000年 1900年

アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

森林測量技術の歴史

年代	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
測量技術の変遷				GPS	リモートセンシング	合成開口レーザ	GNSS
上空					デジタルマッピング	デジタル空中写真測量	ALB
地上	地形測量(実測)	空中写真測量	三角測量	三辺測量(測距儀)	多角測量(TS)	GPS測量	地上レーザ
またる成果	地形図 空中写真				地形データ(2次元) 空中写真	地形データ(3次元) 空中写真 断面データ	地形データ(3次元) 断面データ
適用分野の変遷	地形図として一般に提供、公共事業における基礎資料(測量成果)として活用					I-Construction ICTスマート林業	
	GIS(行政、設備管理)への活用					シミュレーション、ナビゲーションへの活用	
						リアルタイムモニタリングへの活用	

森林ジオマティクス技術の活用

森林ジオマティクスとは、森林空間情報科学と呼ばれ、リモートセンシングやGIS、GPS、レーザプロファイラ、写真測量等を用いた空間解析技術の総称

種別	空間スケール	縮尺レベル	解析項目
衛星画像(中分解能)	広域レベル(基幹流域)	1/50,000~	土地被覆区分 地形区分
衛星画像(高分解能)	広域レベル~中域レベル(基幹流域~支流域・単位流域)	1/5,000~ 1/25,000	裸地・崩壊地分布
航空撮画像	広域レベル~中域レベル	1/2,500~	樹木高、樹種区分、裸地・崩壊地分布
航空レーザ計測	広域レベル~中域レベル(基幹流域~支流域・単位流域)	1/10,000	微地形、樹高区分、樹木本数、森林内部構造、地形区分 裸地・崩壊地分布、土砂粒径

4

ICTスマート林業の必要性

- 国土の約7割は森林
日本は木質資源大国
- 地方創生、吸収源対策(林地台帳)、G空間、TPP対策など森林・林業に社会が注目
- 一方で、高齢化・就業者数減少など課題はたくさん
- そこで、**航空レーザ計測によるICTスマート林業が必要**

アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

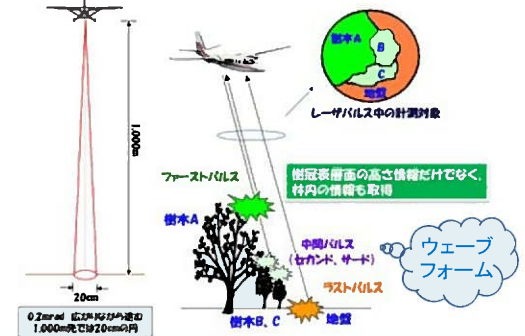
5

航空レーザ計測の仕組み



アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

航空レーザ計測の仕組み



アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

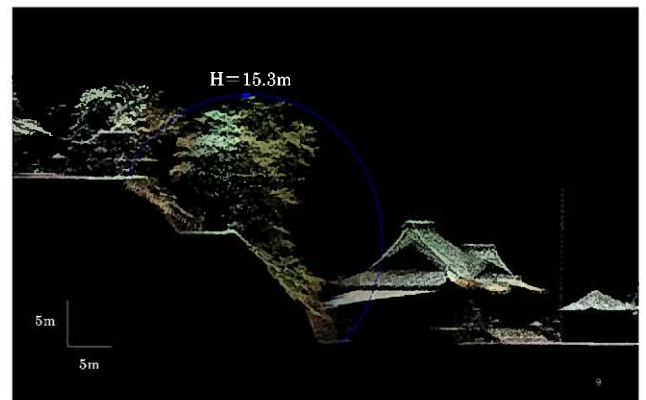
プラットフォームの特性

特性項目	飛行機	ヘリコプター
飛行速度	100-300km/h程度	90-180km/h程度
計画エリアの計画面積	大きい ・平野部、山岳部を問わず大面積作業に適する	小さい ・特定地域の詳細調査に適する
計測精度	低い ・通常1m-2mに1点程度の計測を効率的に実施 ・計測精度を高めるため、同じ領域を繰り返し計測する場合あり	高い ・50cm以下に1点の高密度計測が可能
飛行特性	従来安定性・操作性が良い	機動性が高い(速度・高度の制御が容易)
操作性	高い(コース間の換装時間は長い) ・大面積領域で得意な曲線コースの場合には効率的な計測が可能	低い(ヘディングの安定性が飛行機よりやや劣る) ・河川、道路、線路、送電線等の曲線・屈折に合った効率的な計測が可能
高度変化	基本的に水平飛行 ・山地は踏査対象高度やサイドラップを増やしてコース設計する	山地などの地形に合った計測が可能 ・コース数は飛行機より減らすことが可能
航続時間	長い(5-8時間) ・航続距離が長く、遠隔地でも拠点から到着した後にそのまま計測可能	短い(2-3時間) ・地形調査時に時間がかかる ・現地ヘリポートが必要になることがある
計測機材搭載方法	基本的にセンサーは機内に搭載 ・機下中心にして機体左右にスキャンすることが多い	基本的にセンサーは機外に搭載 ・機体を機下以外に向けての設置も可能 ・機外に懸けて設置も可能にに対して計測が可能 ・前方に向けて計測し、受信、送電線等に干渉なく照射することで、障害物調査などに適する



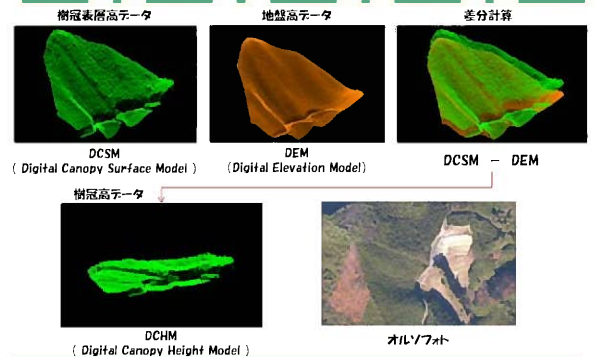
アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

ヘリレーザによる計測事例(高尾山)



8

航空レーザ計測の成果データ



アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

11



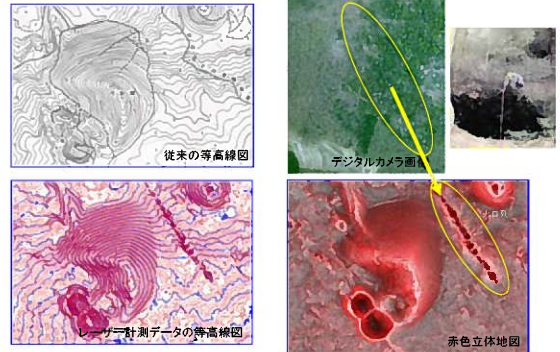
赤色立体地図の作成

航空レーザ計測では、地上データ間隔が1~2m程度と非常に高密度で座標データが得られるので、それにともない地表面の微細な地形を把握することができる

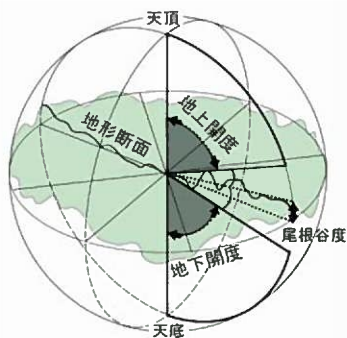
航空レーザ計測等で取得したDEMによって各種地形因子を計算し、それを画像化することで地形を効果的に表現する赤色立体地図を開発した

この方法は、傾斜の大きい地点ほどより赤く（彩度）、尾根を明るく谷を暗く（明度）調整することにより、一枚の正射投影画像でありながら自然な立体感が得られる

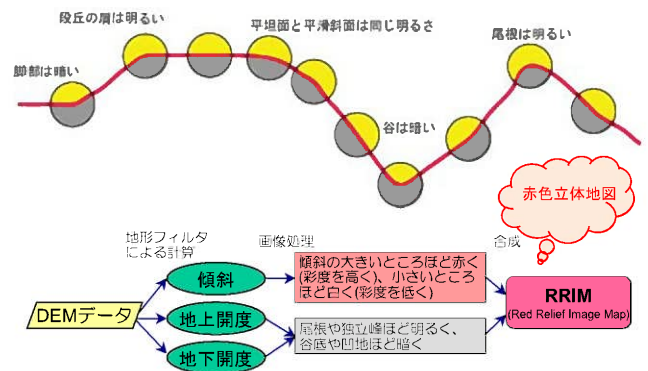
従来の地形表現と立体地図の比較



地上開度と地下開度の導入



横山隆三・白沢道生・菊池祐(1999) 開度による地形特徴の表示,写真測量とリモートセンシング,38,4,26-34

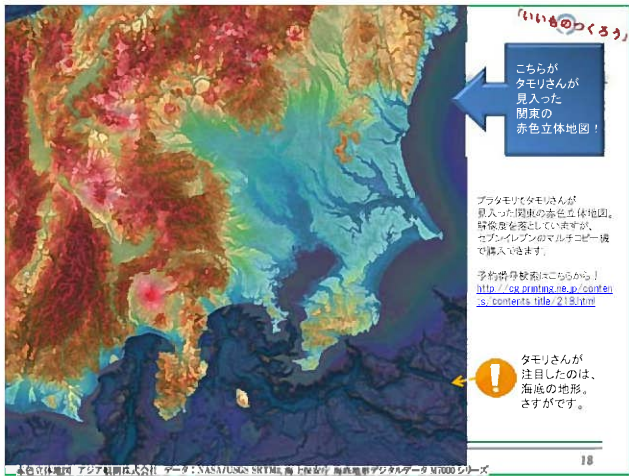


オルソフォトと赤色立体地図の活用



プラタモリで活躍する「赤色立体地図」





航空レーザ計測の利点～地形～

- 詳細な地形情報を取得できる
→崩壊地などを避けた壊れにくい路網整備に有効
- 幅2m程度の作業道も識別できる
→既設路網の分布図が作成できる
→新規路網の計画時に効率的
- 現地調査時間の効率化・削減

アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

19

森林調査手法の比較

地上調査		空中写真調査		航空レーザ解析	
サンプル調査	△	サンプル調査	△	Wall-to-Wall (全数調査)	○
直接計測	○	間接計測 (技術者による推定)	△	直接計測	○
手動	△	手動	△	自動	○
近接	△	遠隔	○	遠隔	○

・ 単木情報取得スピードは他手法の2,000倍以上
 ・ 全数調査は森林調査革命(次世代技術)

アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

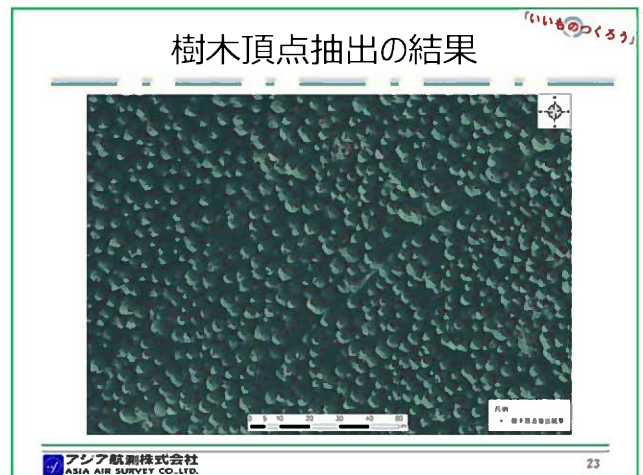
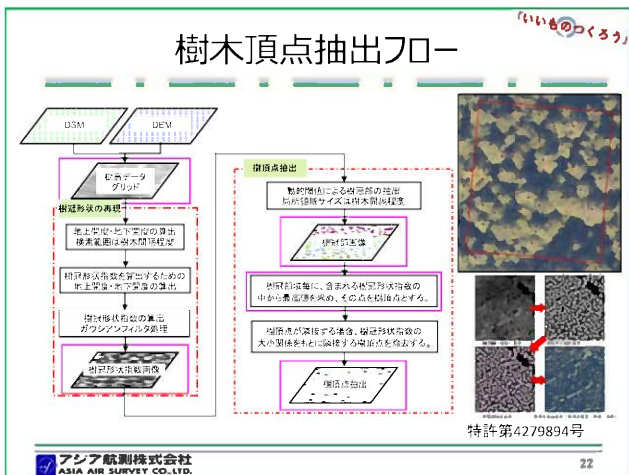
20

新しい森林調査・管理方法

- 航空レーザ解析による全数調査 (毎木調査)
- 小班から単木単位の森林資源管理

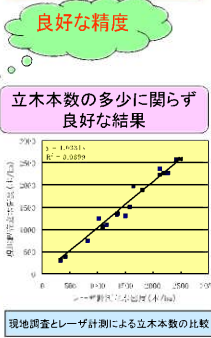
アジア航測株式会社
ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

21



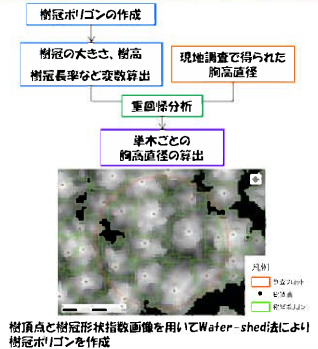
樹高・立木本数の現地検証結果

PLOT 面積 (m ²)	平均樹高(m)			立木本数			抽出 精度		
	現地 調査	レーザ 計測	誤差 (m)	現地調査 木/ha	レーザ計測 木/ha	抽出 精度			
P1	376	11	11	0	51	1,357	51	1,357	100%
P2	443	12	11	-1	59	1,331	60	1,354	102%
P3	587	18	18	-2	23	392	25	426	109%
P4	386	19	18	-1	12	311	13	336	108%
P5	346	16	17	1	37	1,068	38	1,097	103%
P6	377	20	22	2	28	744	31	823	111%
P7	250	10	12	2	59	2,357	53	2,118	90%
P8	346	17	20	3	68	1,963	57	1,645	84%
P9	185	18	18	1	23	1,242	19	1,026	83%
P10	132	9	9	0	30	2,265	30	2,265	100%
P11	353	16	17	1	48	1,302	53	1,501	115%
P12	195	12	12	0	50	2,566	47	2,412	94%
P13	306	14	15	1	69	2,268	67	2,192	97%
P14	184	16	14	2	41	2,225	39	2,116	95%
P15	360	16	17	1	54	1,502	57	1,585	106%
P16	260	15	19	4	48	1,866	47	1,809	96%
P17	320	16	17	1	33	1,102	35	1,168	106%
P18	280	15	17	2	72	2,571	70	2,499	97%
	RMSE			1.64				平均抽出精度	100%



胸高直径の推定

- 樹冠の大きさと現地調査の胸高直径との相関を利用
- 複数の重回帰式を検討
- 単木レベルで胸高直径を推定



重回帰式

$$DBH = \alpha X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3}$$

樹頂点と樹冠形状指数画像を用いてWater-shed法により樹冠ポリゴンを作成

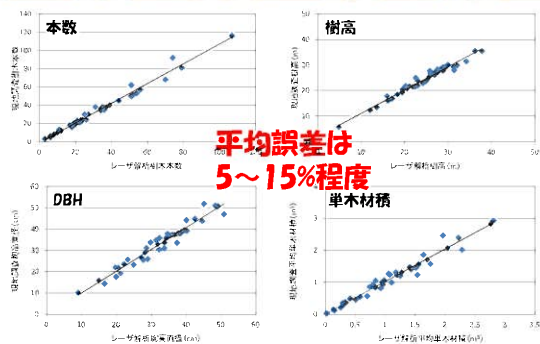
胸高直径推定に用いるパラメータ

- 樹頂点抽出結果から樹高を計測
- 樹冠投影面積はWater-Shedアルゴリズムで抽出
- 樹冠内の最大・最小樹冠高から樹冠長、樹冠長率を算出
- 樹冠を円錐と仮定して樹冠表面積・体積を算出

空から胸高直径を推定

- スギ、ヒノキ、カラマツ、アカマツを対象に北海道から九州まで7地区で検証
- 樹冠投影面積と樹高をパラメータにした重回帰式の補正R²（決定係数）は0.9程度
胸高直径の推定精度は2cm程度
- 航空レーザ解析で胸高直径は推定可能

レーザ解析の精度～現地との比較～



材積の現地検証結果

モデル 番号	樹種	モデル林での現地調査結果			レーザ計測による解析結果					
		樹高 (m)	胸高 直径 (cm)	モデル 材積 (m ³ /ha)	樹高 (m)	立木本数 (本/ha)	B 材積 (m ³ /ha)*			
P1	ヒノキ	11	18	376	8.29	220.48	11	1357	187.42	0.85
P2	スギ	12	21	443	13.92	314.22	11	1354	210.93	0.67
P3	スギ	18	36	587	19.09	325.21	16	426	251.52	0.77
P4	スギ	19	37	386	11.94	309.33	18	336	267.88	0.87
P5	ヒノキ	16	29	346	20.58	594.80	17	1097	413.56	0.70
P6	スギ	20	36	377	27.25	722.81	22	823	644.92	0.89
P7	ヒノキ	10	15	250	7.86	314.40	12	2118	262.37	0.83
P8	スギ	17	15	346	29.30	846.82	20	1645	616.82	0.73
P9	スギ	18	23	185	12.07	652.16	18	1026	475.23	0.73
P10	ヒノキ	9	16	132	3.04	230.30	9	2265	171.65	0.75
P11	スギ	16	24	353	17.42	493.48	17	1501	486.70	0.99
P12	ヒノキ	12	17	195	7.41	380.00	12	2412	268.82	0.71
P13	スギ	14	19	306	14.92	487.58	15	2192	424.97	0.87
P14	スギ	16	21	184	7.32	397.83	14	2116	354.16	0.89
P15	スギ	16	24	360	20.69	574.72	17	1585	498.18	0.87
P16	ヒノキ	15	20	260	12.48	480.00	19	1809	554.26	1.15
P17	スギ	16	22	300	12.30	410.00	17	1168	451.45	1.10
P18	スギ	15	17	280	14.18	506.43	17	2499	508.88	1.00

A: 樹高・胸高直径から立木材積表により単木の材積を求めて1ha当りに算定
B: 樹高・立木本数から密度管理図により1ha当りの材積を算定
P1～9モデル林は唐津市・多久市および隈原林、単層林から選定

単木森林管理の利点

- 樹高と胸高直径を基に素材生産量を詳細に把握可能
 - 実伐採量と比較して誤差は1割程度
- 路網計画と生産量を組み合わせてB/Cの検討
 - 全所有者さんにプラン提供
 - 提案型施業の実現、集約化の促進！
- オフィスでできる効率的な林業経営の実践で生産力を向上

LaserMap[※]を用いた林相図作成

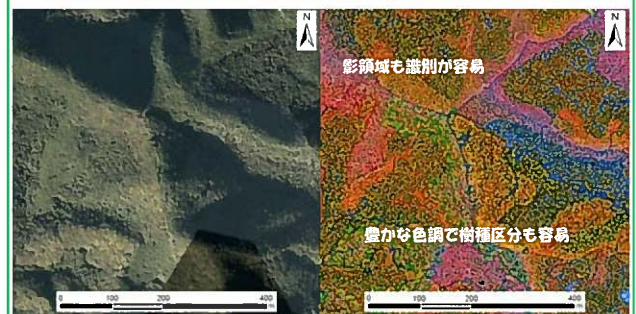
- 空中写真の立体視判読やオルソ画像判読による植生分類が行われている
 - オルソ画像には以下の弱点がある
 - ① 地形や地物の影による識別困難箇所
 - ② 画像接合部や倒れ込みによる識別不能箇所
 - ③ 光線条件や周辺減光による色調ムラ
- 解決策**
- オルソ画像の情報を使わないレーザ計測データのみを用いた新しい地図を作成

※LaserMapはアジア航測株式会社の登録商標です

LaserMapの紹介

- レーザ林相図（特許第5592855号）
（樹高、樹冠のテクスチャ、反射強度）
- 写真判読に必要な植生の色調、樹冠形状、樹高の情報が読み取れる
（レーザパルスは近赤外波長の1,064nmであるため、反射強度は樹種の識別に有効）

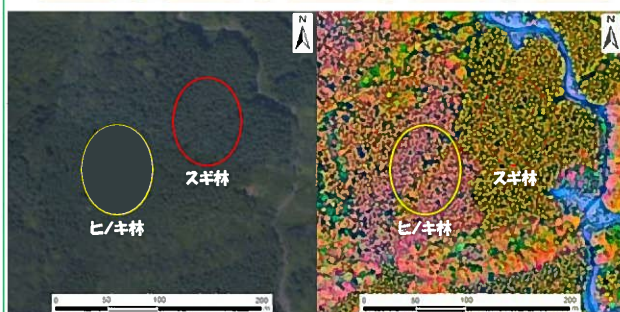
レーザ林相図の特徴1



オルソ画像

レーザ林相図

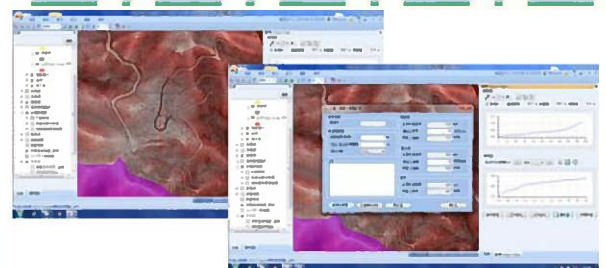
レーザ林相図の特徴2



オルソ画像

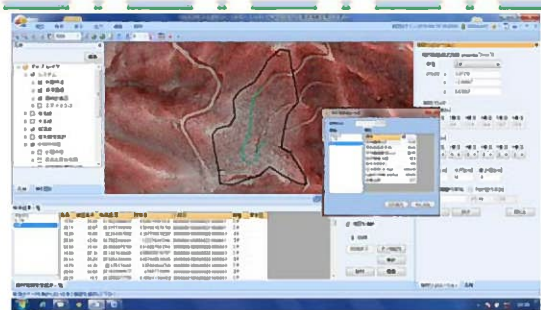
レーザ林相図

林道設計機能



- 縦横断面図作成、延長・土量から工事概算をPCで効率的に実施（詳細設計は要現地調査）

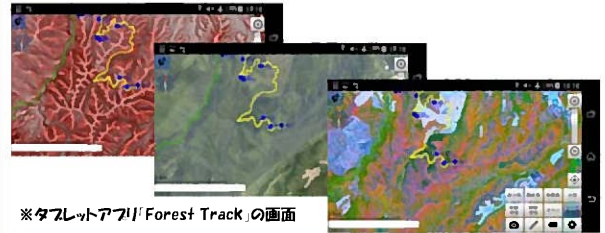
間伐施業範囲の森林情報把握



- 路網と素材生産量を併せた施業評価が可能

タブレットで現場利用

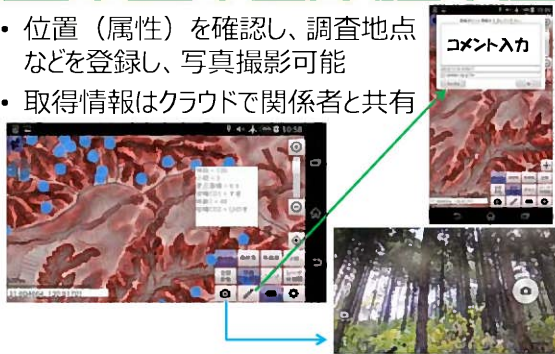
- 赤色立体地図、オルソ画像（過去、現在など複数）、レーザ林相図が表示可能
- 設計路網や集約化した伐区も表示可能



※タブレットアプリ「Forest Track」の画面

タブレットを用いた効率的な現地作業

- 位置（属性）を確認し、調査地点などを登録し、写真撮影可能
- 取得情報はクラウドで関係者と共有



ドローンレーザデータを用いた 詳細な林相判読の試み

岡山県西粟倉村
森林の維持管理を目的とした
ドローンによる計測活用調査業務

ドローンレーザの特徴

- 近年、ドローンを利用した三次元計測が注目されており、様々な分野において活用事例が報告されている
- ドローンは航空機と比べ低高度で計測するため分解能が高く、従来より詳細な三次元情報が取得できる
- 森林分野においてドローンがどのような形で活用できるか活発に研究されている

調査対象地

- 対象地 岡山県英田郡西粟倉村村有林
- 構成樹種 スギ・ヒノキ・マツ・広葉樹
- 検討エリア 8.8ha
- ドローンレーザ 2016年12月計測
- 航空機レーザ 2016年10月計測

使用したレーザ機器

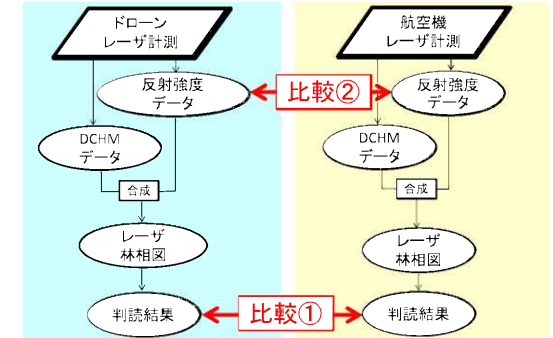


機体名: SPIDER-eX
 搭載センサ: RIEGL VUX-1
 対地高度: 100m
 対地速度: 4m/s
 計測点密度: 200~1000点/m²



機体名: セスナ208
 搭載センサ: ALS70
 対地高度: 1083~2104m
 対地速度: 70m/s
 計測点密度: 5~6点/m²

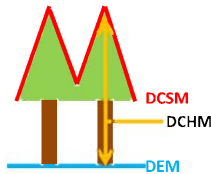
研究の流れ



森林解析の手法

・DCHMデータ

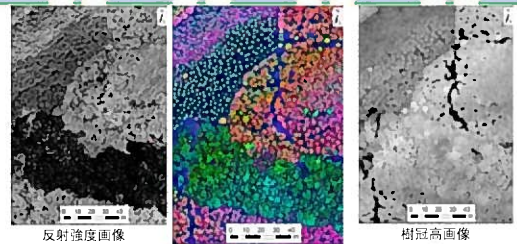
解像度 ドローン:10cm 航空機:50cm
 森林の表層高データであるDCSMから
 地盤高DEMデータを引くことで、
 DCHMデータ(樹冠高データ)を作成



・反射強度データ

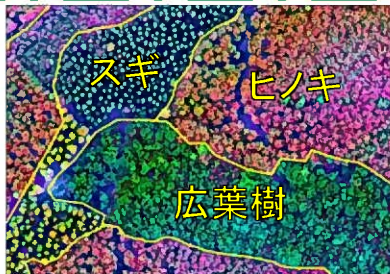
レーザ計測と同時に取得できるレーザ光の強度を示した値
 本研究のドローンデータは16bit=65536階調、
 航空機データは8bit=256階調で反射強度が表現される。

レーザ林相図作成



レーザ反射強度・樹冠形状画像・画像樹冠高画像を合成し、
 樹木のレーザ反射特性・高さ情報を明瞭化・視覚化した画像
 である
 「レーザ林相図」を作成した。

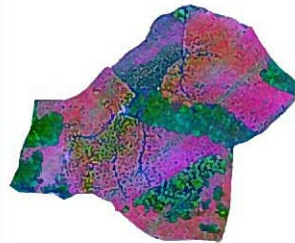
林相判読



作成したレーザ林相図を基に林相判読を実施。
 判読要素は「樹冠色」、「樹冠形状」の2要素。
 判読項目はスギ・ヒノキ・マツ類・広葉樹の4項目

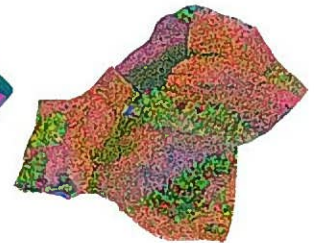
レーザ林相図

ドローン-レーザ林相図



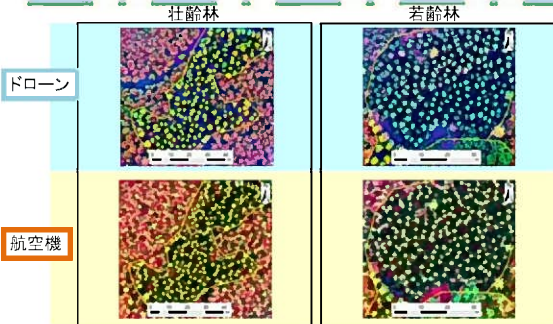
解像度: 10cm
 計測年月: 2016年12月

航空機-レーザ林相図



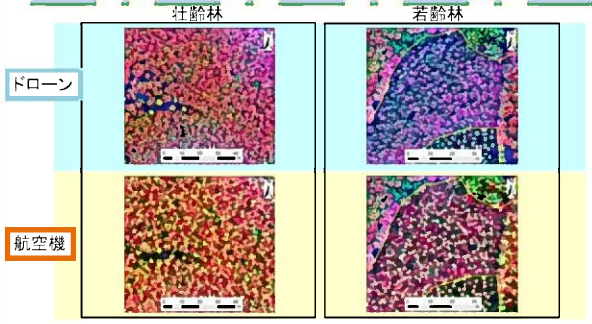
解像度: 50cm
 計測年月: 2016年10月

レーザー林相図比較 (スギ林)



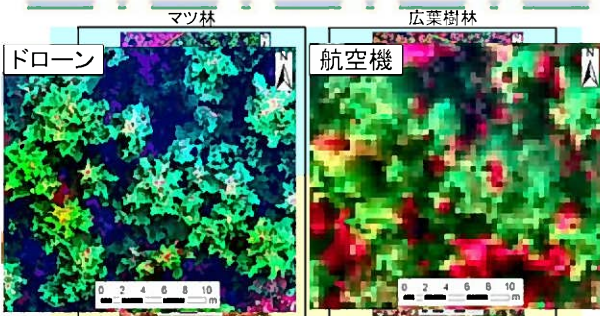
個々の樹冠が明瞭かつ樹冠色が黄がかった黄色で表現できた

レーザー林相図比較 (ヒノキ林)



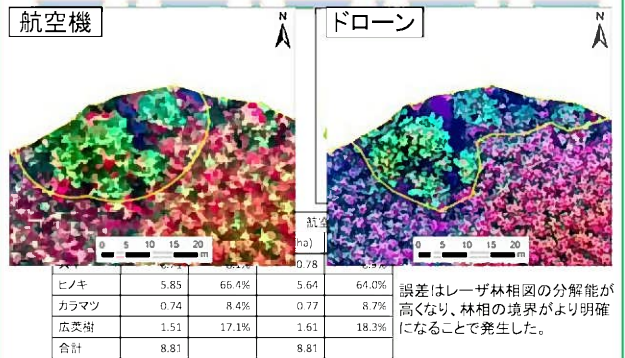
スギと比べ樹冠が不明瞭かつ樹冠色が桃色～紫色で表現できた

レーザー林相図比較 (マツ・広葉樹林)



マツ特有の樹冠形状が視認可能

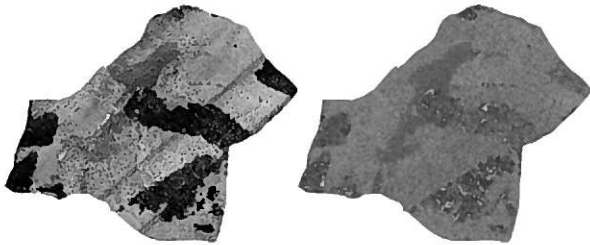
レーザー林相図 判読結果



反射強度比較①

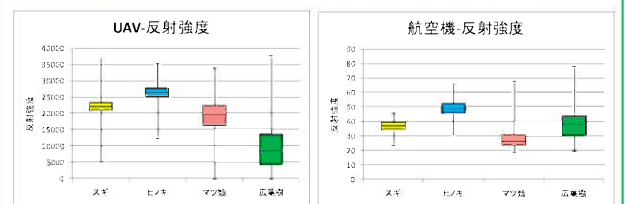
ドローン-反射強度

航空機-反射強度



各林相に半径1mの検証プロットを30点、合計120点設置し、林相毎の反射強度を比較した

反射強度比較②



ドローンの反射強度: ヒノキ > スギ ≧ マツ > 広葉樹

航空機の反射強度: ヒノキ > 広葉樹 ≧ スギ > マツ

針葉樹の反射強度における大小関係に大きな変化は無かった
ドローン計測において広葉樹の反射強度が大きく下がった

地上レーザデータを用いた 森林解析の試み

公益社団法人 森林保全・管理技術研究所
森林調査等におけるレーザ計測(航空・地上)
活用手法の開発に関する調査研究

千葉大学 園芸学研究所
加藤 顕

地上レーザの特徴

- 航空レーザデータは広域を効率よくデータを取得することはできるが、樹木の上部または側部のデータしか取得できない
- このため、森林内の幹形状を取得できる地上レーザが森林内を計測するには優れている
- 地上レーザは照射する位置を自由に設定できるため、様々な方角から対象木の3次元データを取得できる
- 地上レーザは航空レーザデータによる森林解析より細かい幹構造を解析できる

地上レーザの特徴

- センサーを林内に設置してデータを取得するため、取得される3次元データは樹冠下部からのレーザ反射が多い
- 非破壊で森林の3次元構造を計測できるため、毎木調査等で行われている現地調査を飛躍的に効率化できる
- 樹高、胸高直径、毎木位置図を正確に計測できる

使用した機材

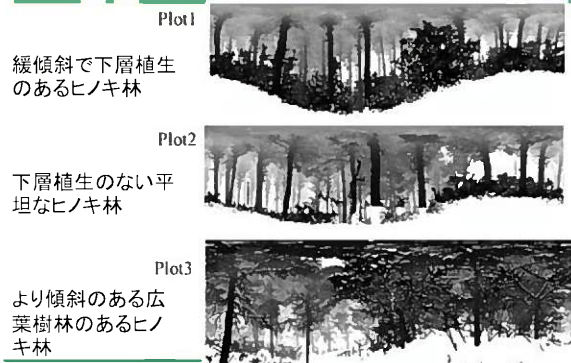
- 使用した地上レーザ:
LMS511(SICK社製)
- 計測可能距離:50m
- 回転台:いずみ製作所製
- 角度分解能:0.1667度
- 計測時間:360度1回転3分



調査対象地

- 対象地 岐阜県中津川市苗木財産区有林
- 構成樹種 ヒノキ(48年生)、3箇所
- 検討エリア 20m×20m (0.04ha)
- 計測時期 2015年12月

パノラマ図の作成



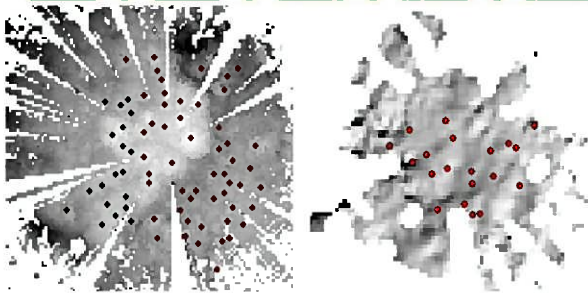
地表面の解析方法

- 地上レーザは最後に反射してくるラストリターンが必ずしも地形からの反射ではない
- 地上レーザで取得された3次元データの標高値の最低点だけを集め、初期のDTMを作成
- 幹の一部から反射されてきている場所を自動で特定し、ノイズとして除き、地面を判別した
- ノイズ部分には内挿法を用いてデータを補完し連続データを作成した

樹頂点と樹木位置の解析方法

- 樹高計測についてはデジタル林冠モデルのピークを自動で判別し、それを梢端と定義し、樹高計測を行う
- 正確な樹木位置図を作成するには地上レーザによる地上計測が優れている
- 正確な毎木位置図が作成できれば、地上レーザによって取得された幹部データを自動で切り出し、様々な高さで幹直径を3次元データから計測できる

樹頂点と樹木位置



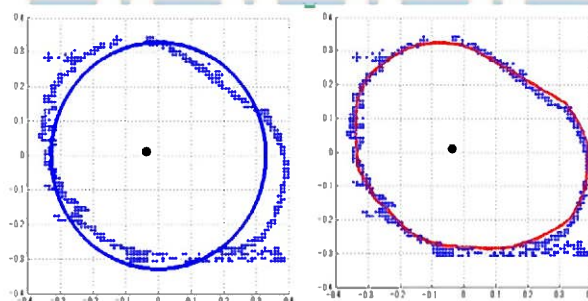
樹頂点

樹木位置図

幹形状(直径)の解析方法

- 樹木位置図を基準に、データを胸高直径の高さで切り出し、その幹直径を自動計測した
- 一般的に幹直径を推定する方法は円を当てはめるが、新たにニューラルネットワークの手法を応用して、複雑な幹形状をそのまま正確に計測できるアルゴリズムを開発した
- その結果、人が現場で計測するのと同じ精度で計測ができるようになった
- 樹木の曲りを評価するために、幹部の中心位置を高さ1m間隔でレーザデータを抜き出し、中心位置を自動で把握した

胸高直径の位置での幹形状

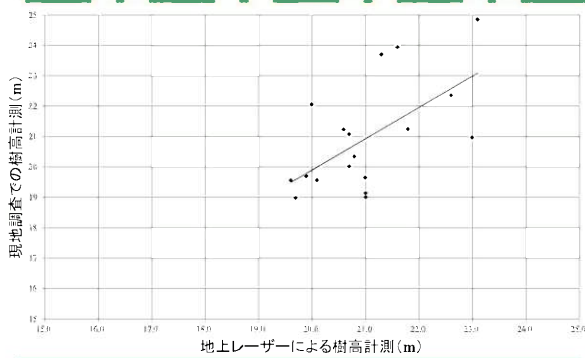


幹形状を円推定ではなく、より形状に沿って推定

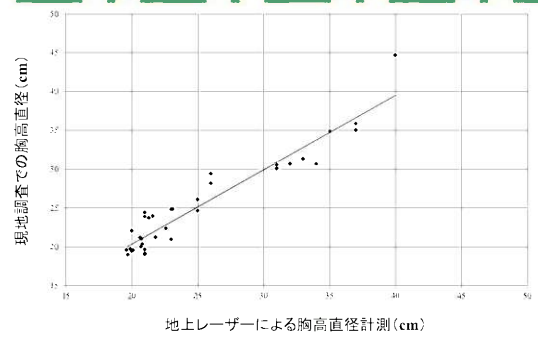
樹高と胸高直径の解析結果

- 地上レーザデータによって取得された3次元データから十分に正確な樹木データが得られた
- マニュアル計測のように測定者の技量に関係なく、だれでも同じように樹木計測ができる
- 樹高では1.38m、胸高直径では2.13cmの誤差で計測できた

地上レーザによる樹高計測



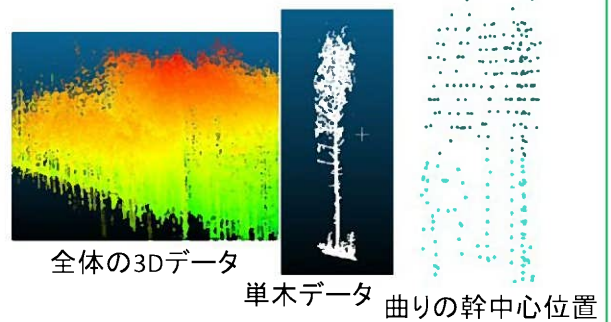
地上レーザによる胸高直径計測



樹冠内の幹情報の解析結果

- ・ 幹中心位置が樹冠下部まで一列に並んでいる
- ・ 曲りの評価ができる幹部中心位置を樹冠下まで自動で抽出できた
- ・ 地上レーザの3次元データを約20m四方のプロットで取得したが、単木単位でもデータを取得できる
- ・ センサーの設置位置をより対象木に近づけ、より詳細な樹冠内部の3次元データを得ることができれば、樹冠内の幹情報も取得できる
- ・ その結果、樹冠内の幹の曲りも伐倒せずに測定できる

地上レーザによる対象木の曲り評価



全体の3Dデータ

単木データ

曲りの幹中心位置

森林経営・管理の近代化 (ICT林業)



ご清聴ありがとうございました。

アナログ空中写真を GIS, GPSへつなぐ 森林境界明確化支援システム

富山県農林水産総合技術センター

森林研究所

小林裕之

kobayasi@fes.pref.toyama.jp

もくじ

1. 鳥取の昔の写真を見てみよう！（デモ）
2. システム開発の背景
3. 森林境界明確化支援システムの紹介
4. オルソモザイク画像の作成（動画）
5. Google Earthで表示（動画）
6. カシバードで鳥瞰図（デモ）
7. 地元説明会，現地調査の様子
8. システム構成，価格など
9. おわりに

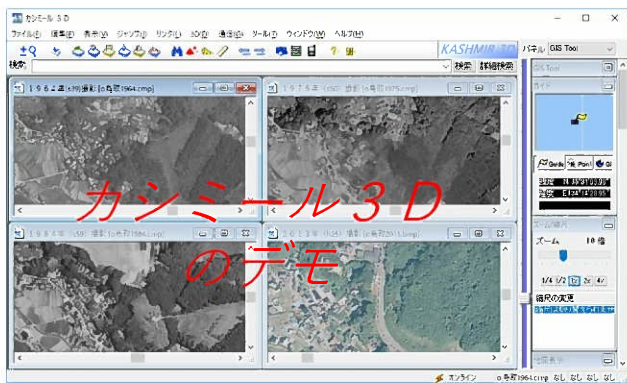
小林裕之（H30.3.23@とりぎん文化会館）

1

小林裕之（H30.3.23@とりぎん文化会館）

2

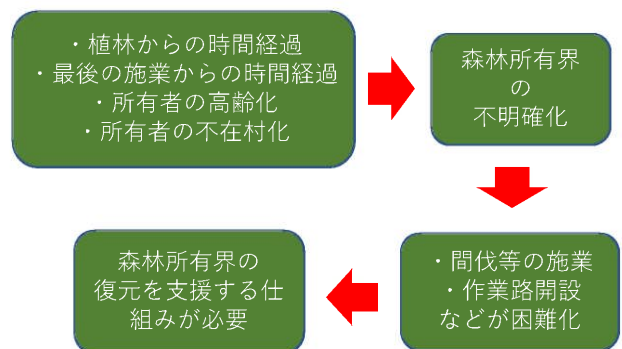
1. 鳥取の昔の写真を見る！



小林裕之（H30.3.23@とりぎん文化会館）

3

2. システム開発の背景(1)



小林裕之（H30.3.23@とりぎん文化会館）

4

2. システム開発の背景(2) - ICT林業を支える3つの"S" -

- GIS
 - ・ 地理情報システム
 - ・ 地理的情報を、閲覧、入力、解析、出力するシステム
- GPS (GNSS)
 - ・ 全地球測位システム
 - ・ カーナビ、スマホ、ドローンに受信機内蔵
 - ・ ガーミン社のハンディGPS～測量用高級機
- RS
 - ・ リモートセンシング
 - ・ 直接ものに触れないで検知する技術
 - ・ 衛星画像、空中写真、ドローンによる空撮画像など

小林裕之（H30.3.23@とりぎん文化会館）

5

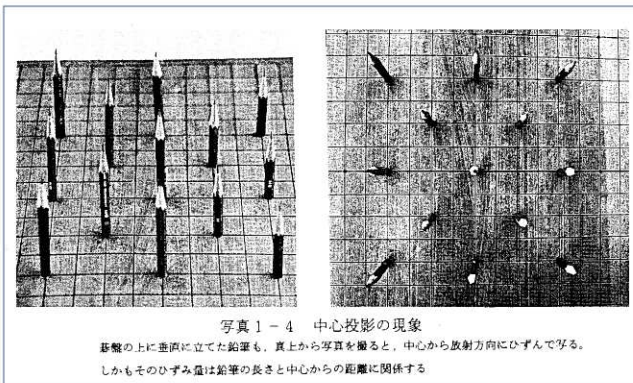
2. システム開発の背景(3)



小林裕之（H30.3.23@とりぎん文化会館）

6

中心投影写真の特徴

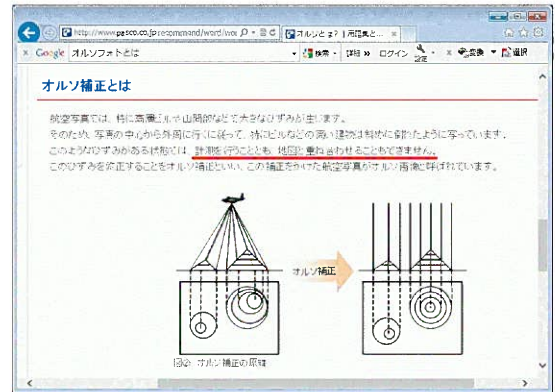


最新 森林航測テキストブック、渡辺 宏著、日本林業技術協会、1993より

小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

7

オルソ写真とは



<http://www.pasco.co.jp/recommend/word/word019/>より

小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

8

3. 支援システムの紹介(1)

【森林研究所】

＜業務用ソフトウェア＞
 ・PhotoScan
 ・TNTmips

＜3大フリーソフト＞
 ・カシミール3D
 ・Google Earth
 ・QGIS

（TNTmipsの画面例）

オルソモザイク変換

昭和30、40、50年代など、撮影時期が異なるオルソモザイク写真の比較から地味、植林などの地味履歴の違いが判読できる

・撮影時期の異なる過去の空中写真群をオルソモザイク写真へ変換
 ・森林基本（計画）図に位置座標を付与し、市町村単位で接合
 ・富山県民有林GISデータをTNTmipsで取り込み
 ・上記データを3大フリーソフト用に交換

小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

9

3. 支援システムの紹介(2)

【森林組合】

＜3大フリーソフト＞
 ・カシミール3D
 ・Google Earth
 ・QGIS

（Google Earthの画面例）

（写真等）
 ・資料等（資料等）
 ・資料等（資料等）
 ・資料等（資料等）

・公園と登記簿から、山林位置と所有者を示す森林素図を作成
 ・森林素図とオルソ写真などを比較し、森林所有者を推定
 ・現地調査、地元説明会用データの切り出し
 ・所有者さんと現地立ち会い調査

小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

10

3. 支援システムの紹介(3)

【地元説明会】

ノートPC
 液晶プロジェクタ
 スクリーン

・カシミール3Dの鳥瞰図作成機能でオルソ写真を立体表示
 ・森林素図ほか資料の提示

カシミール3D (カシバード)

（マウス操作でカメラ高度、方位角、縮角等をリアルタイムで変更可）

小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

11

3. 支援システムの紹介(4)

【現地調査】

GPSロガー
 ノートPC
 スマートフォン (ガーミンGPS)

（Bluetoothで接続）
 （最大4時間のオルソ写真を表示可）

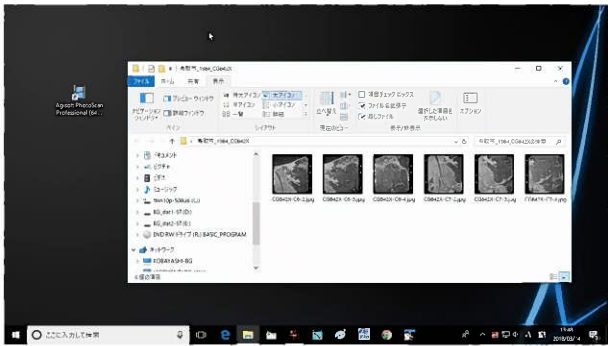
（ノートPC、Windows版）
 カシミール3Dで時系列オルソ写真の複数同時表示とナビ
 （ガーミンGPS）
 オルソ写真をカスタムマップとして表示してナビ

（内蔵コンパスにより画像が自動回転）

小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

12

4. オルソモザイクの作成 (動画)



小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

13

4. オルソモザイクの作成論文



過去のアナログ空中写真のスキャン画像 (国土地理院より無償で入手) をまとめてオルソ化し、接合する方法を確立した。

小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

14

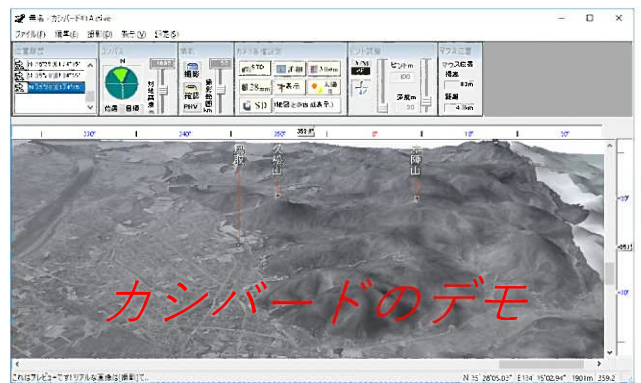
5. Google Earthで表示 (動画)



小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

15

6. カシバードで鳥瞰図表示



小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

16

7. 地元説明会, 現地調査(1)



鳥瞰図を見る所有者さん



空中写真について説明



境界明確化啓発ビデオの視聴



質疑応答中

小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

17

7. 地元説明会, 現地調査(2)



所有者がPC画面と森林素図を見比べながら議論しているところ

小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

18

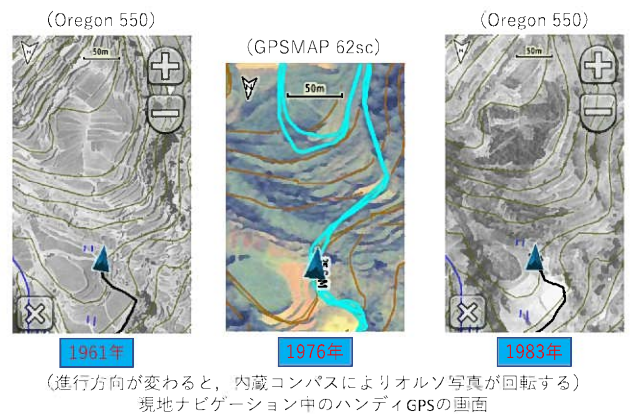
7. 地元説明会, 現地調査(3)



小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

19

7. 地元説明会, 現地調査(4)



小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

20

7. 地元説明会, 現地調査(5)



元耕作放棄田へ突入前



元耕作放棄田をナビ中



所有者から昔話を聴取中



所有者が鳥獣図を熟視中

小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

21

8. システム構成, 価格(1)

-ハードウェア-

- ノートPC
 - Windows, 軽い, 液晶が明るい, Bluetoothあり, 10万円程度
- GPSロガー
 - Wintec WBT-202, 1.2万円など
- ハンディGPS
 - Oregon750英語版 (6万円)
 - Oregon750日本語版 (9万円)
- 据置型PC
 - 本体15万円, 増設メモリ5万円, グラフィックカード5万円, ディスプレイ5万円 (2.5万円x2) 程度

小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

22

8. システム構成, 価格(2)

-データ&ソフトウェア-

- 空中写真画像 (タダですよ!)
 - 400dpi画像は国土地理院の地図・空中写真閲覧サービスサイトより無償でダウンロード可能
 - 1,200~1,270dpi画像は地理院との協定締結済みであれば、申請して無料で入手可能
- 無料GISソフトウェア
 - Google Earth Pro (主として閲覧, シェープファイルの表示)
 - カシミール3D (主として閲覧, GPS受信機と連動)
 - QGIS (汎用型GIS, 日本語の取り扱いに弱点あり)
- 有料ソフトウェア
 - PhotoScan Pro (約50万円, オルソモザイク作成, ドローン空撮画像解析)
 - TNTmips (約80万円, 汎用型GIS)

小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

23

富山県におけるオルソモザイク画像の整備状況



H29は6時期, 単写真 (1,200~1,270dpi) で約4,000枚分のオルソモザイクを作成

小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

24

9. おわりに



本システムのホームページ
<https://shinrin-kyokai.jimdo.com/>
小林裕之 (H30.3.23@とりぎん文化会館)

25