

林業成長化に向けた現地検討会

～ICTによる森林管理～

【次第】

日 時 令和4年11月24日(木)
場 所 滋賀県甲賀市信楽町神山 三郷山国有林
主 催 三重森林管理署・滋賀森林管理署・奈良森林管理事務所・和歌山森林管理署

- | | | | |
|---|-------|-----------------------|-------------|
| 1 | 開 会 | あいさつ | 13:00～13:05 |
| 2 | プログラム | | |
| | (1) | 地上レーザスキャナを活用した収穫調査体験等 | 13:05～14:05 |
| | (2) | 大型ドローンによる資材運搬 | 14:20～14:50 |
| | (3) | ドローンによる防護柵点検 | 14:50～15:20 |
| 3 | 意見交換会 | | 15:20～15:40 |
| 4 | 閉 会 | あいさつ | 15:40～15:45 |

令和4年度
Bブロック

奈良

和歌山

滋賀

三重

林業の成長産業化に向けた 現地検討会 ～ICTによる森林管理～



プログラム

- 13:00~13:05 開会挨拶
- 13:05~14:05 地上レーザスキャナを活用した収穫調査（体験）等
- 14:20~14:50 大型ドローンによる資材運搬
- 14:50~15:20 ドローンによる防護柵点検
- 15:20~15:40 意見交換
- 15:40~15:45 閉会挨拶



主催：三重森林管理署・滋賀森林管理署・奈良森林管理事務所・和歌山森林管理署（Bブロック）

ICTによる森林管理について

令和4年度Bブロック現地検討会

ICT機器を使用した森林計測

目的背景

- ・ 戦後造林された人工林が利用期を迎えている
- ・ 林業従事者高齢化、担い手不足
- ・ 低い生産性

課題

森林資源活用のための森林調査（材積等）も、
低コスト化、効率化が必要



ICT機器を活用した効率的な森林計測

ICT機器を使用した森林計測【活用例】

	航空レーザ	ドローンレーザ	ドローン写真	地上レーザ
技術内容	航空機に取り付けられた LiDAR,GNSS,IMU により計測、解析（4点/m ² ）	ドローンに取り付けられた LiDAR,GNSS,IMU により計測、解析（100点/m ² ）	ドローンで写真を撮影し、3D化することで解析	小型のレーザー スキャナとGNSS を使用しリナ イを循環し計測、 解析
計測範囲	1000ha~/日	10ha/回	10ha/回	～1ha/日
計測で得られる単木データ	樹頂点（位置、 数） 樹高 地形	樹頂点（位置、 数） 樹高 地形		立木位置、本数、 高さ毎の直径、 地形
解析で得られる単木データ	胸高直径 材積 樹種	胸高直径 材積 樹種	樹頂点 樹高 胸高直径 材積 樹種	樹高、矢高（細 り、曲がり）、 材積
特徴	広域の計測に適 する	団地規模の資源 把握に適する	レーザーと比較 し精度劣る詳細 な地形データが 別途必要	林内の情報が高 精度 事業地単位の計 測に適する

ICT機器を使用した森林計測

◆従来の調査では輪尺や測竿など手作業により胸高直径や樹高を計測し材積を算出。

森林の上空からのレーザや写真解析、地上レーザ計測により、単木単位の樹高・胸高直径・材積・位置情報等が取得可能。

◆立木位置が、GIS等で閲覧可能であり、どの位置に、どの大きさの木があるという情報が得られ、3次元データなどの高精度な情報がデジタル情報として入手可能。

◆地上レーザ計測では、機器と解析ソフトにより、計測・解析を業者に委託することなく、事業者等による計測と解析が可能なシステムもある。

地上レーザを使用した森林計測

地上レーザでわかること

※森林3次元計測システムOWL（株）アドイン研究所）の場合

計測・計算項目	機能
胸高直径	2cm括約の表記可
樹高	2cm括約の表記可
曲がり	根本50cmから6mの高さの最大矢高で表現
計測範囲（面積）	小面積が得意 面積1ha以上も可能
立木位置	直径の太さの違いも画面上で表現可
立木本数	指定エリア内の本数・haあたりの本数を算出
材積	総材積、間伐材積等を算出
3次元計測	画像（点群）林内の状態をパソコン上で再現
GPS値	計測地点、立木位置の座標

地上レーザを使用した森林調査【事例】

調査箇所：滋賀県甲賀市三郷山国有林113林班り小班

林齢：41年生

樹種：ヒノキ

面積：0.38ha 平均傾斜：9.3度

調査内容：従来方法（手作業）と地上レーザスキャナによる収穫調査（毎木）

従来方法：輪尺（胸高直径）、樹高（レーザ距離計）

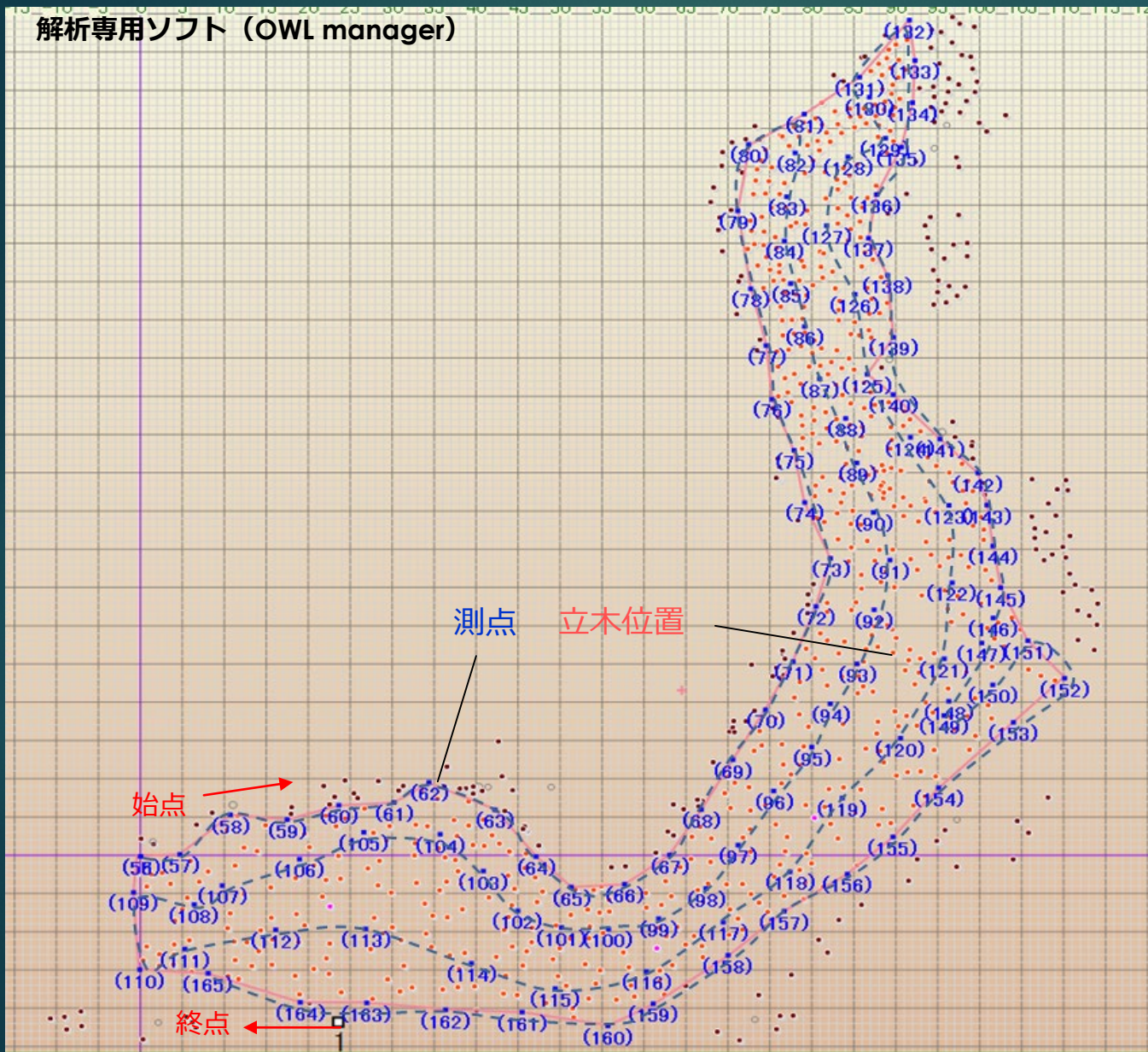
地上レーザスキャナ：森林3次元計測システムOWL



林況写真

地上レーザによる調査

解析専用ソフト (OWL manager)



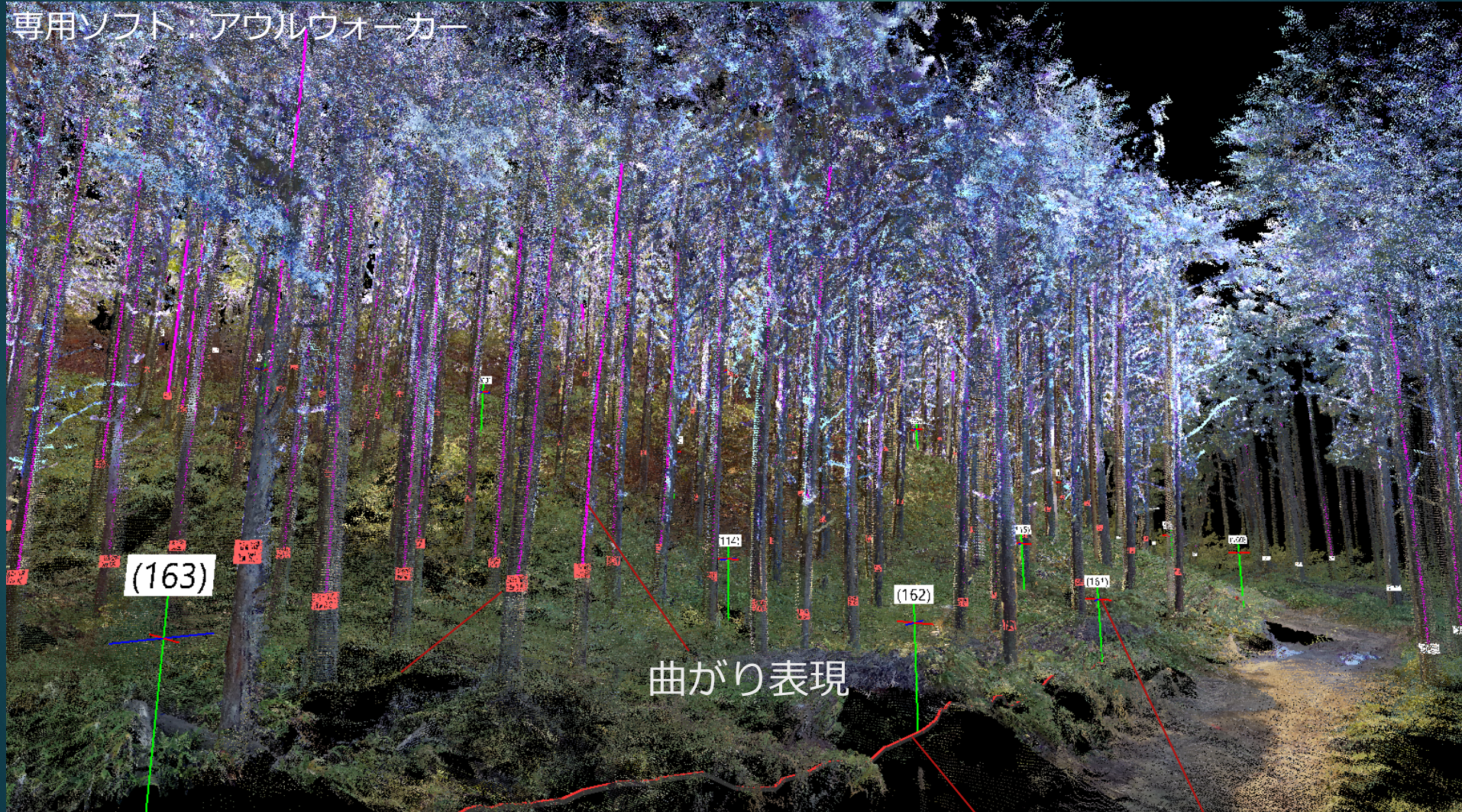
- ・地上レーザを一筆書きに測点を移動し、計測
- ・111点測定 (平均5.5m間隔)



測点と立木位置 (三郷山国有林113り林小班)

3次元計測画像（点群データ）

専用ソフト：アウルウォーカー



三郷山国有林113り林小班

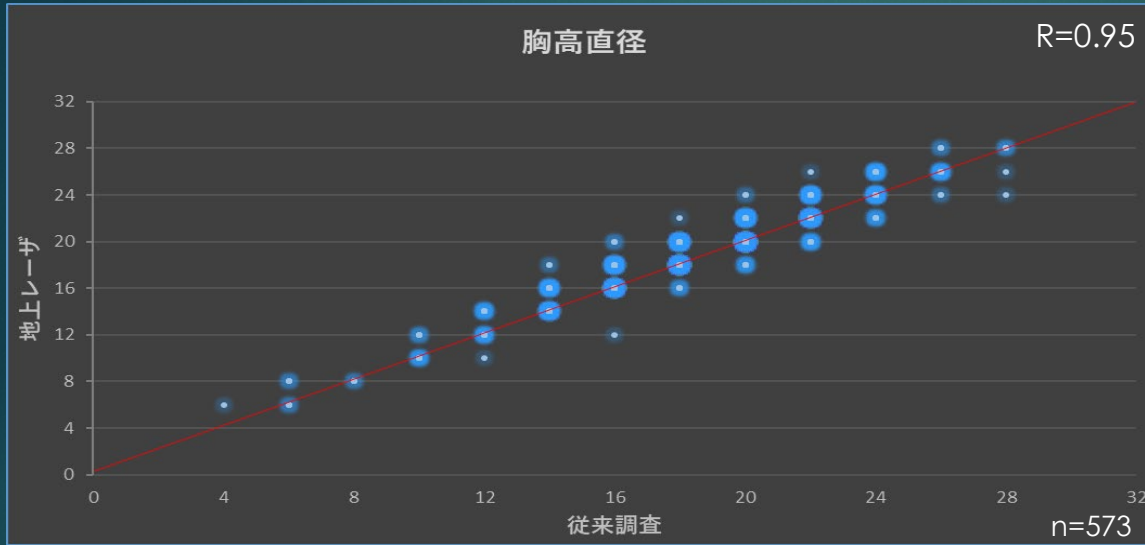
調査地界

測点

地上レーザによる調査

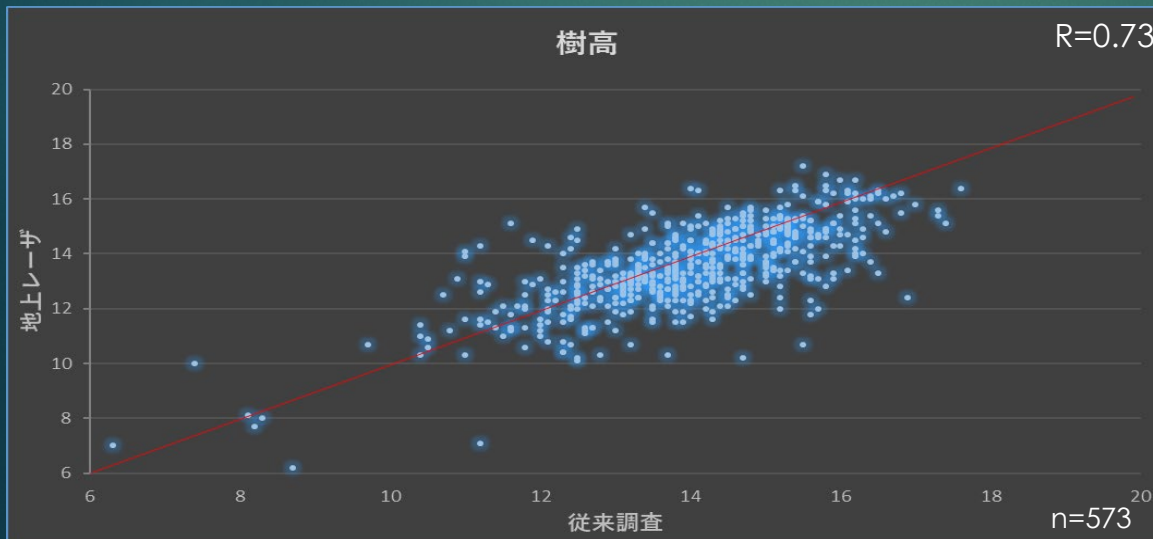
調査結果

・精度について



調査本数573本

- ・胸高直径
従来方法 平均18.7cm±4.0
中央値20cm
地上レーザ平均19.2cm±4.0
中央値20cm
誤差率 3.0%
RMSE 1.34cm 精度92.8%

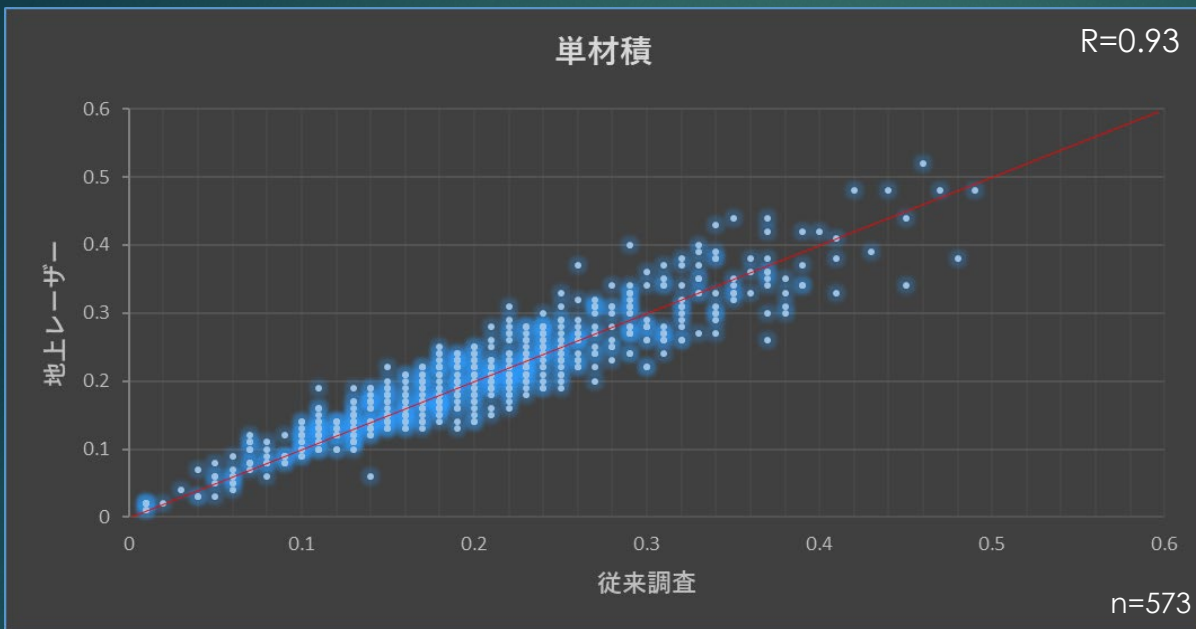


- ・樹高
従来方法 平均13.98m±1.50
中央値 14.1m
地上レーザ平均13.53m±1.51
中央値 13.6m
誤差率 -3.3%
RMSE 1.12m 精度91.9%

地上レーザによる調査

調査結果

・精度について



・単材積
従来方法 平均0.207m³±0.09
中央値0.20m³
地上レーザ平均0.210m³±0.09
中央値0.21m³
誤差率 1.5%
RMSE 0.03m³ 精度86%

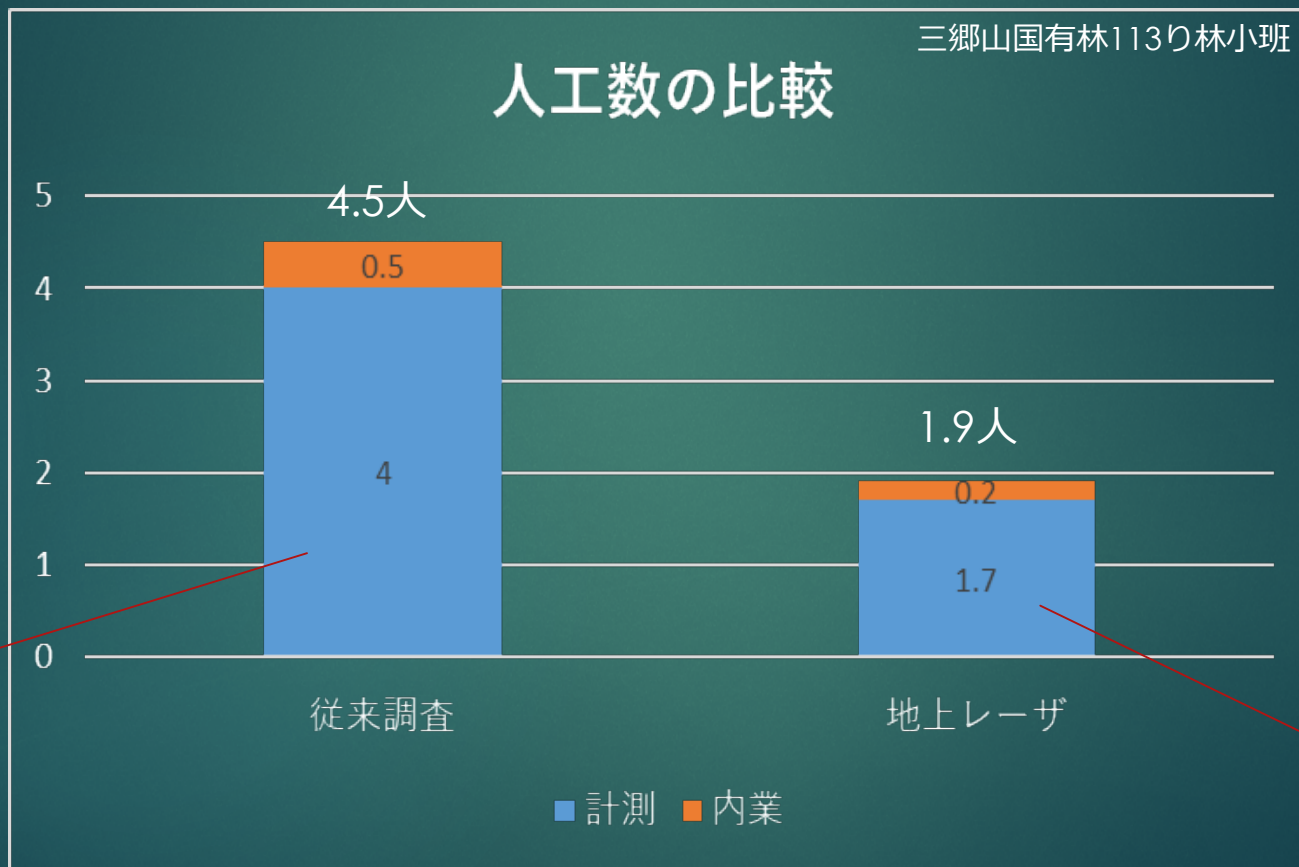
区域材積

		材積	差
従来調査	調査区域0.38ha	118.4	
	ha当たり	311.7	
地上レーザ	調査区域0.38ha	120.2	+1.8(1.5%)
	ha当たり	316.3	+4.6(1.5%)

今回の調査においては、地上レーザによる森林計測（胸高直径・樹木高）は、概ね精度が高いと考えられる。

作業の効率性について

今回の調査では、2.6人地上レーザの方が効率的に実施



手作業で
胸高直径、
樹高を計測

地上レーザ
計測、刈払
作業

※従来調査は毎木で樹高を測定

地上レーザによる調査

採材・金額計算シミュレーション

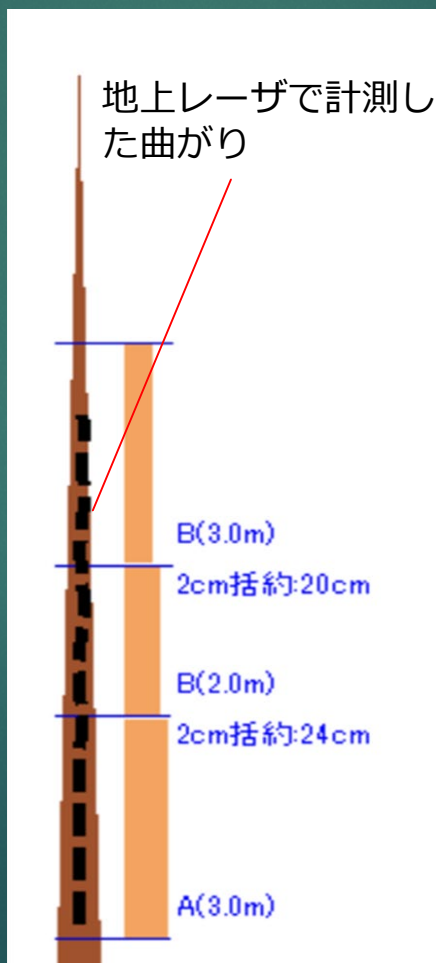
地上レーザにより調査した1本単位の立木の曲がり、細りに基づいて、長さ・等級区分毎の材積、金額（市場価格）の計算（シミュレーション）が可能

価格表

（市況に応じて長さ、径、単価を任意に入力）

樹種	長さ(m)	末口径(cm)	等級	単価		
ヒノキ	3m	14~17	A	¥17,000		
		18~21		¥17,000		
		22~25		¥18,000		
		26~29		¥18,000		
		14~17	B(やや曲)	¥15,000		
		18~21		¥15,000		
		22~25		¥16,000		
		26~29		¥16,000		
		14~17	C(曲)	¥10,000		
		18~21		¥10,000		
		22~25		¥11,000		
		26~29		¥11,000		
	4m	A	14~17	¥18,000		
			18~21	¥18,000		
			22~25	¥19,000		
			26~29	¥20,000		
		B(やや曲)	14~17	¥15,000		
			18~21	¥15,000		
			22~25	¥16,000		
			26~29	¥17,000		
		C(曲)	30~33	¥17,000		
			14~17	¥10,000		
			18~21	¥10,000		
			22~25	¥11,000		
		D(チップ)	26~29	¥12,000		
						¥7,000

幹曲がりに応じて採材シミュレーション



採材・金額計算結果

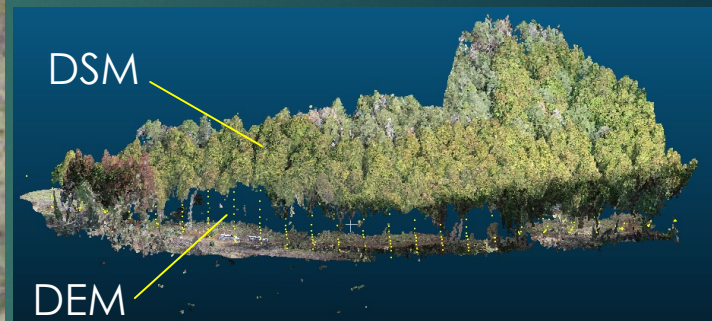
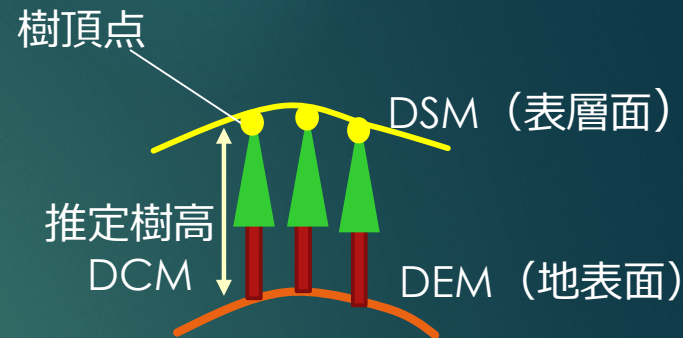
（三郷山国有林113り林小班）

長さ(m)	末口径(cm)	等級	本数	材積(m ³)	単価(円)	合計(円)
3m	14~15	A	88	5.17	¥17,000	¥87,964
	14~15	B(やや曲)	109	6.41	¥15,000	¥96,138
	14~15	C(曲)	19	1.12	¥10,000	¥11,172
	16~17	A	59	4.53	¥17,000	¥77,030
	16~17	B(やや曲)	49	3.76	¥15,000	¥56,448
	16~17	C(曲)	1	0.08	¥10,000	¥768
	18~19	A	48	4.67	¥17,000	¥79,315
	18~19	B(やや曲)	43	4.18	¥15,000	¥62,693
	18~19	C(曲)	1	0.10	¥10,000	¥971
	20~21	A	22	2.64	¥17,000	¥44,879
	20~21	B(やや曲)	18	2.16	¥15,000	¥32,399
	20~21	C(曲)	3	0.36	¥10,000	¥3,599
	22~23	A	6	0.87	¥18,000	¥15,681
	22~23	B(やや曲)	13	1.89	¥16,000	¥30,201
	22~23	C(曲)	1	0.15	¥11,000	¥1,597
	24~25	A	2	0.35	¥18,000	¥6,220
	24~25	B(やや曲)	3	0.52	¥16,000	¥8,294
	26~27		1	0.20	¥18,000	¥3,650
	28~29	A	1	0.24	¥18,000	¥4,233
	14~15		34	2.67	¥18,000	¥47,980
	14~15	B(やや曲)	87	6.82	¥15,000	¥102,312
	14~15	C(曲)	7	0.55	¥10,000	¥5,487
	16~17	A	23	2.36	¥18,000	¥42,393
	16~17	B(やや曲)	55	5.63	¥15,000	¥84,479
	16~17	C(曲)	3	0.31	¥10,000	¥3,071
	18~19	A	18	2.33	¥18,000	¥41,990
	18~19	B(やや曲)	34	4.41	¥15,000	¥66,096
	18~19	C(曲)	1	0.13	¥10,000	¥1,296
20~21	A	5	0.80	¥18,000	¥14,399	
20~21	B(やや曲)	16	2.56	¥15,000	¥38,399	
22~23		9	1.74	¥16,000	¥27,878	
24~25		1	0.23	¥16,000	¥3,686	

樹種	等級	材積(m ³)	合計(円)
ヒノキ	A	26.82	¥465,734
	B(やや曲)	40.31	¥609,023
	C(曲)	2.78	¥27,961
	合計(A,B,C)	69.91	¥1,102,718
	その他	30.52	¥213,660
全合計		100.43	¥1,316,278

ドローンの活用について

- ・ドローンによるオルソ画像から樹頂を抽出。
- ・オルソ画像から作成した表層面データ (DSM) と地表面データ (DEM) ※から樹高を推定 ※国土地理院HPや航空レーザから入手



樹木頂点抽出

- ・本数551本 (誤差率-3.8%)
- ・平均樹高14.0m (誤差0.1%)

林分材積の推定

$V = 111.3\text{m}^3$ (誤差率-6.0%)

数量比数 (R_y) = 0.70

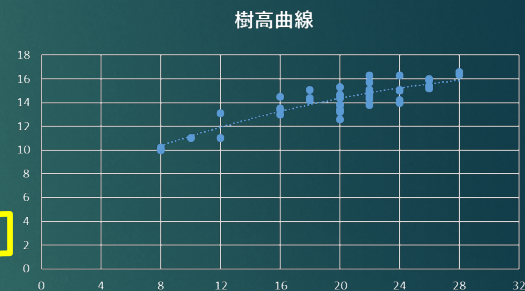
(林分密度管理図曲線式による計算)

ドローンと地上レーザの連携について

- ・上空からの調査では胸高直径はわからない。
- ・地上レーザを組み合わせて、ドローンで計測した樹高の胸高直径を推計。



- ・地上レーザで標準地調査
- ・樹高曲線を作成



胸高直径	樹高	本数	材積
8	10.5	8	0.24
10	11.4	21	1.05
12	12.1	19	1.33
14	12.8	44	4.40
16	13.5	83	11.62
18	14.0	96	17.28
20	14.3	119	27.37
22	14.8	109	30.52
24	15.2	42	14.28
26	15.6	7	2.80
28	16.1	3	1.44
計		551	112.33



森林3次元計測システムOWL（アウル）とは

Optical Wood Ledger

光学的な森林台帳

林内から簡便に計測し、多くの情報を得る装置

開発：(株)アドイン研究所
筑波大学 知能ロボット研究室
森林総合研究所
(株)森林再生システム

取得特許：樹木情報計測方法、樹木情報計測装置、プログラム

基本的理屈

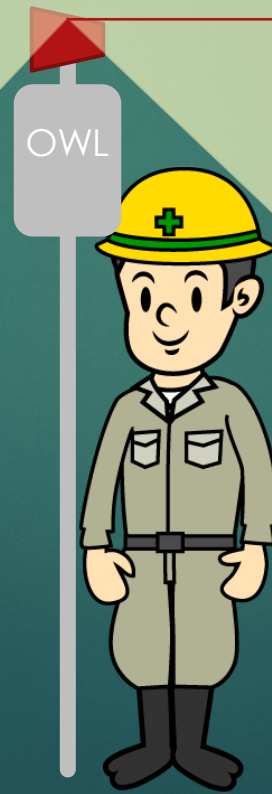
- 本体の測域センサからレーザーが照射され
- 幹や枝葉に当たってセンサに帰ってくる
- 当たったものの形状をもとにサイズなどを検出する
- 検出データをソフト上で合成・計算する

レーザースキヤンのイメージ

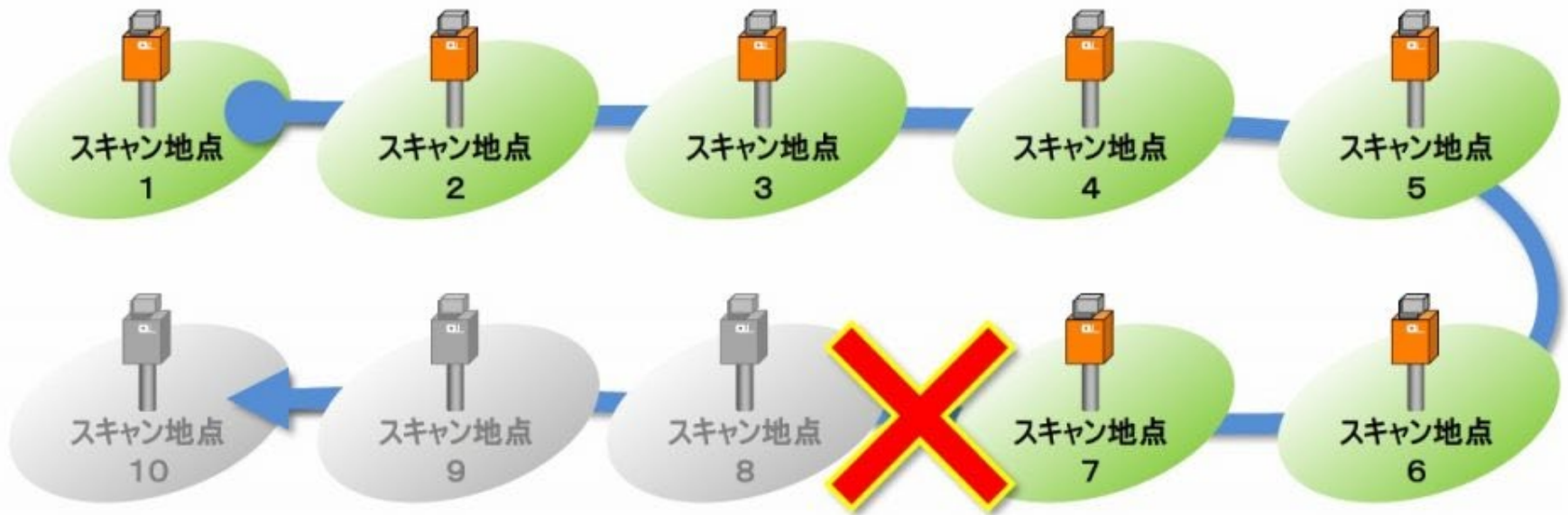


保証距離30m
43,200 p / 1秒

約**10m**毎に取得



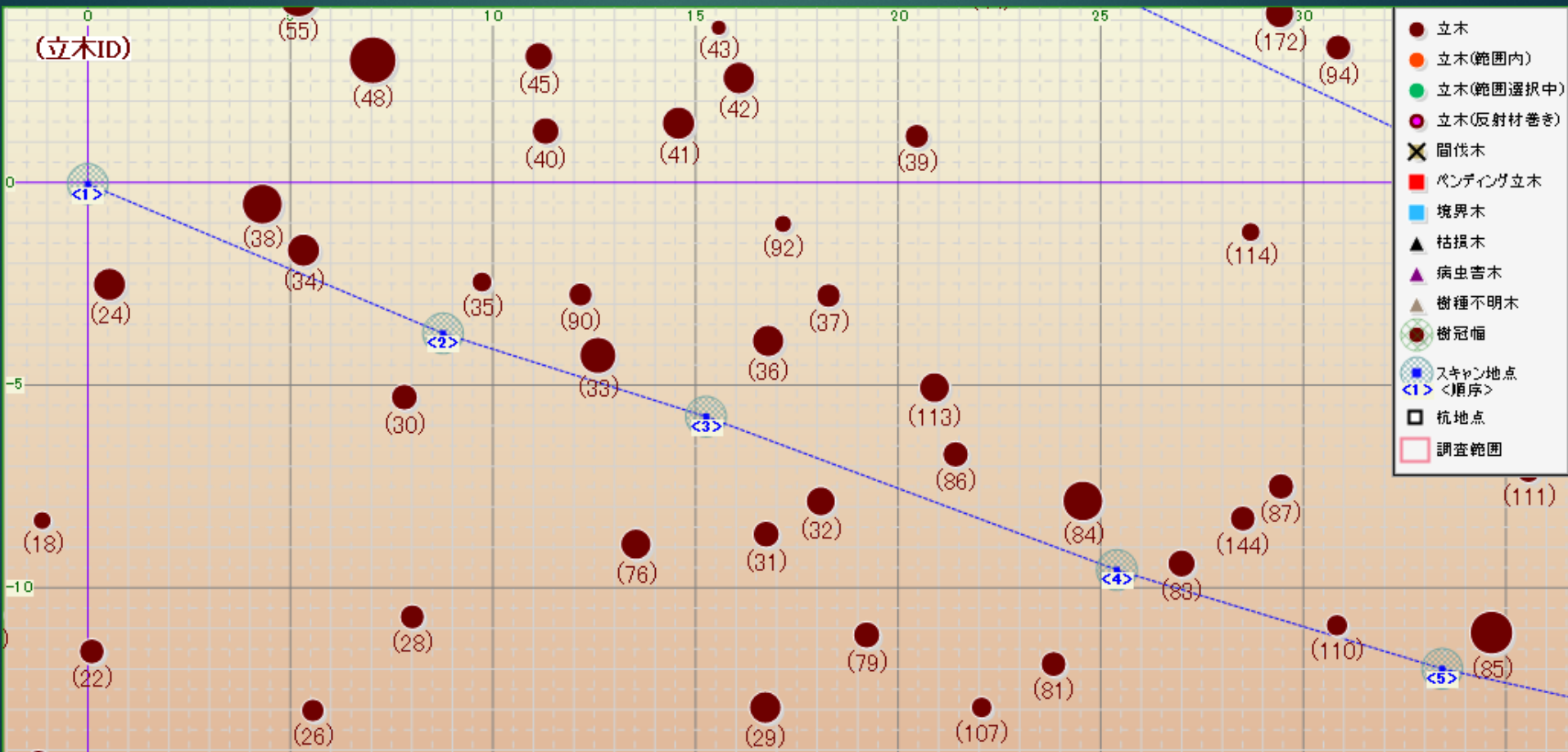
取りたい範囲を「止まって測る」 を繰り返す。



例: 結合順序を1→10とした場合

スキャン地点7と8の間で空間的に結合が出来ない場合はスキャン地点1～7までの解析結果となります。

ソフト上で結合すると このように再現される。

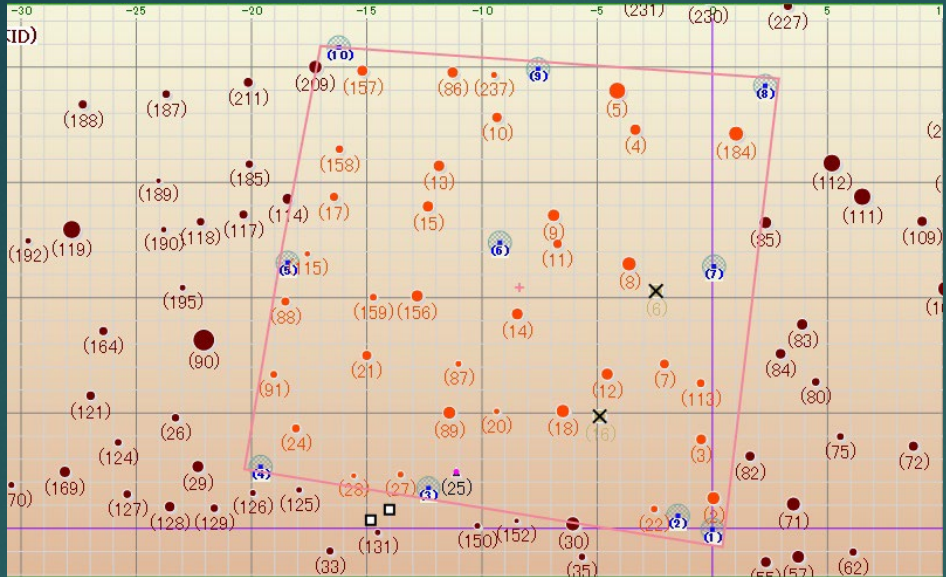


データは**一筆書き**に合成する

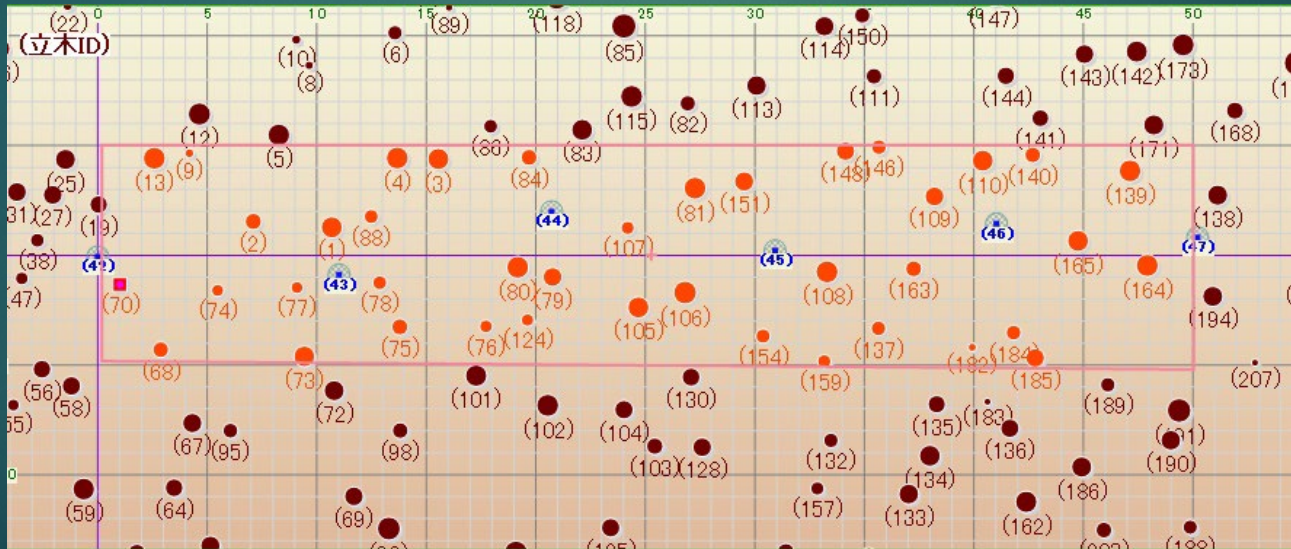


これまでの調査・方式を合理的に刷新できる のが新技術の良さ

1. 現場にプロットを設置しなくて済む
2. 計測ポイントは「ここでなければいけない」ということがない
3. 立木計測以外も同時に取得しているデータがある

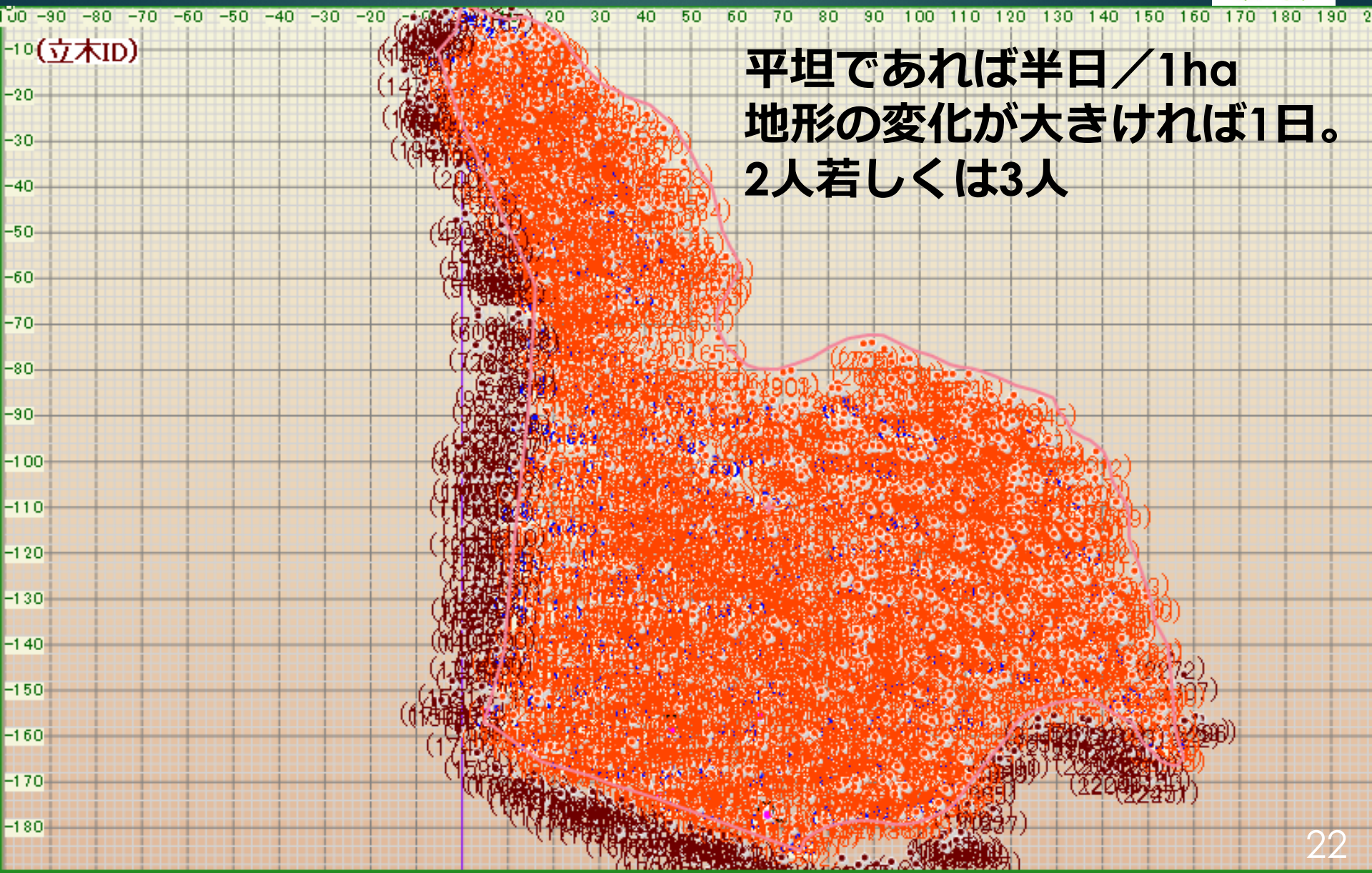


20×20のプロット



ジグザグ計測

全木計測（結合さえ出来れば制限なし）



(立木ID)

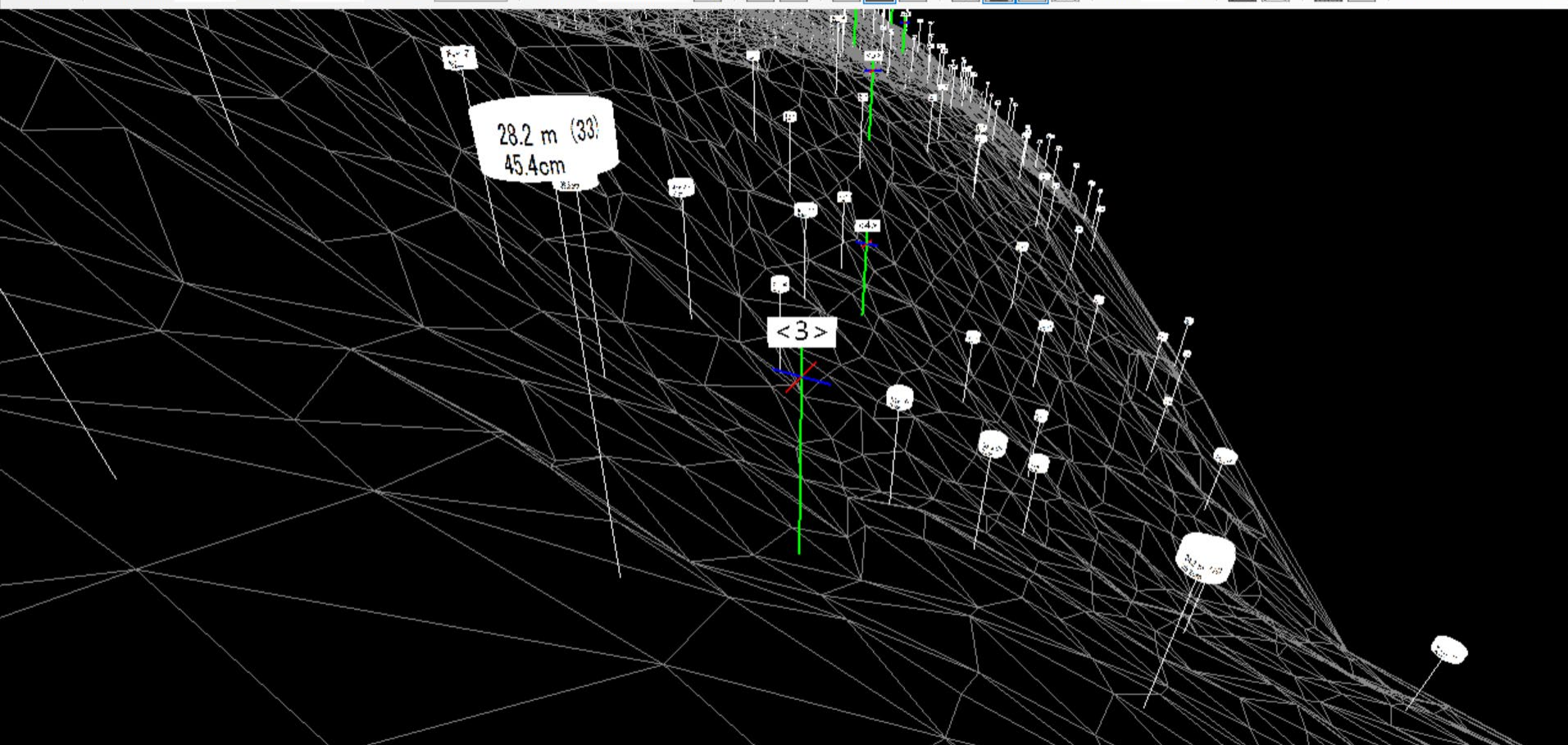
平坦であれば半日／1ha
地形の変化が大きければ1日。
2人若しくは3人

地形が測れている



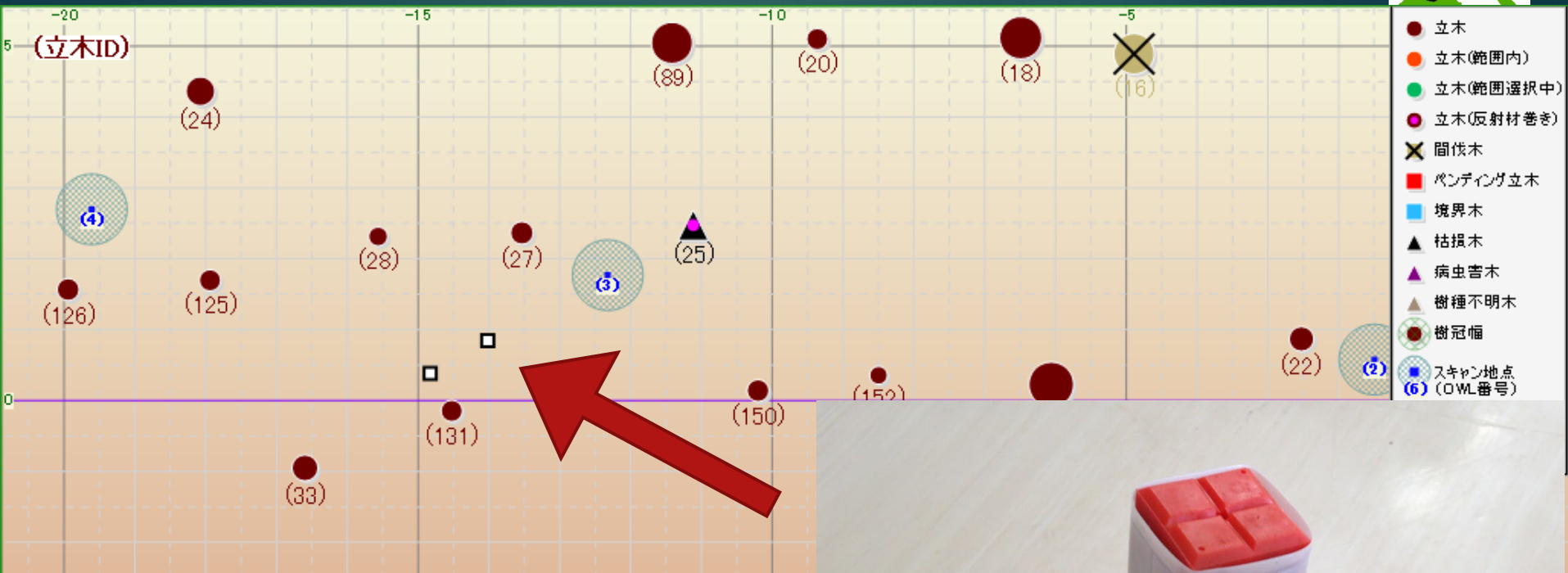
OWWalker version 1.2.0.1 - Adin research inc.

ファイル スキャン地点 1 立木ID 4 立木番号 立木選択 プロパティ 間隔 1 m 視野距離 ヘルプ



C:\Users\hiroyo kagaya\Desktop\20160801\三重県\宮川\2018間伐予定地\滝又23-6-2-0\points_data.pcd

反射材を利用する機能



反射テープを巻いた木や杭を検出できる。
高さは50~80センチの位置

どの地点で測ったのか、杭検出機能とGPSで把握が可能。



良いデータを取る基本ポイント

- ▶ ボタンを押し静止して45秒・・・データの良し悪しが決まる大切な時間。
- ▶ レーザー飛距離は30メートル。でも、遠くなれば精度は落ちる。故に、約10メートル毎に計測データを取得する。
- ▶ レーザーは透過しない。目に見えないものは測れない。



45秒を有効なデータにするために。

- ・ ボタンを押す前に態勢を確保！
- ・ 横揺れしない、ねじらない
- ・ 真横、前後、上部が遮られていないか？
- ・ 地面から通直に生えているものを「立木だ」と認識。よって、地面と立木が見えているか？
- ・ 人が木のそばに立っていないか？

地面から生える比較的通直なものを「立木」と認識



地面が見えない！→測れたり、測れなかったり。
正確な計測は難しい。

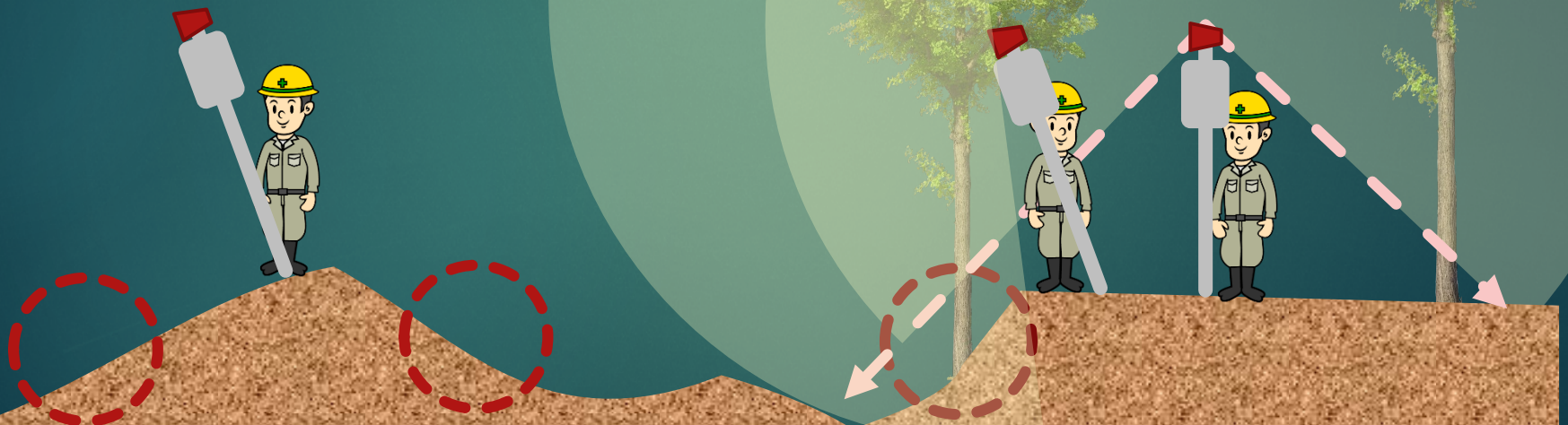


少し刈払えば、可能。

地形の変化が激しいところは変化点 が入るよう計測



こういう場合は10mにこだわらず、
地形が取れるようなポイントで測る



人の退避①

退避しているつもりでもスキャン
範囲に入っている



人の退避②



計測したい立木とOWLの間に入らない



人の退避③

立木と同化。手をつかない。





OWLが苦手とする計測

疎林・・・少なくとも計測範囲に
5～6本立木がないと結合が難しい

飛びぬけた大径木・・・ $\Phi 100$ 以上
など。「こんなに大きいはずはない」と認識

PCを現場に持ち込み、 その場でデータ結合を実施(推奨)

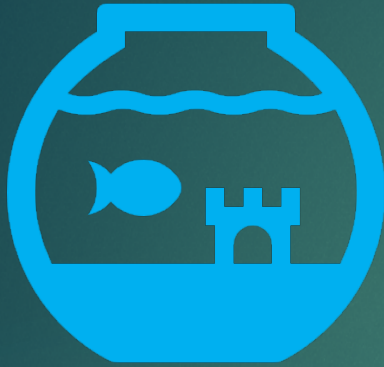
- ①データアップロード
 - ②解析
 - ③結果確認
- ほんの**5分**ほど！



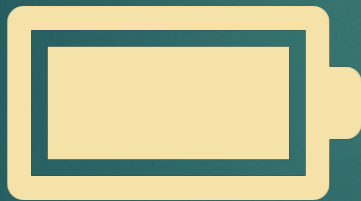
OWLの方位を大体合わせる



その他



生活防水程度



バッテリー持ち時間
4～6時間



雨天、濃霧時
使用 不可