# 平成 30 年度

「国有林における収穫調査等の効率化手法実践体制構築委託事業」

# UAV立木調査マニュアル

平成 31 年 3 月 林 野 庁 目 次

[J	芧	】  椆	Æ	説·					•••	••	•••	•••		• •		• •		••				•••	•••								•••	1
	1	マニ	ニユ	アル	の	目É	内・		•••		•••	•••		• •		•••		• •				• •					• • •				• •	1
	2	UA	V Z	を用り	いた	立	木	調査	₹7	'ニ	・ユ	ア	ル	-12	:0	~	て	• •				•••					• • •	•••			••	1
:	3	本マ	7二	ュフ	* ル	Dì	窗厈	龜	囲	• •	•••	••		••	• •	•••		• •				• •					• • •	•••			••	2
	簃	I 部】	U	AV	によ	る	立	木割	間査	Ē方	法	÷.		• •	• •	• •						• •	• • •				• • •				••	3
Ι	j	総彰	え・		• • •	•••	•••		•••	• •	•••	••		••	•••	• •		• •	•••			••		•••			•••				••	3
	1	国有	「林	にお	うける	るり	又種	虧調	査	• •	•••	••		••	• •	•••		• •				• •	• • •	•••		•••		•••			••	3
2	2	作業	美の	工程	i	•••		• • •	••	• •	•••	•••		••	• •	•••		• •				•••	• • •				• • •	• • •			• •	3
:	3	作業	美の	流れ	ı··	•••		• • •	••	• •	•••	•••	• •	••	• •	•••		• •				•••		• • •			• • •	•••			••	3
Π		作業計	┣面	ī∙Þ	Հ城調	投沪	定・	•••	•••	• •	•••	•••	• •	•••	• •	••		• •				•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••			••	4
	1	作業	魡	·画·	•••	•••		•••	•••	• •	•••	•••	• •	•••	• •	•••		• •		•••		•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••			••	4
	2	区垣	拔設	定·	• • •	•••			•••	• •	•••	••	• •	••	• •	•••		• •	•••			•••					•••	•••			• •	4
		(1)	周	囲	ミ測)	及7	文文	控	標	識(	の言	設計	置	• •	• •	• •		• •				• •	•••				•••				••	4
		(2)	対	空根	いちょうちょう こうしょう こうしょう こうしょう こうしょう しんしょう 見んしょう しんしょう 見んしょう しんしょう しんしょ しんしょ	•••			•••	• •	•••	•••		• •	• •	• •		• •				• •	•••				•••				••	5
		(3)	対	空根	いちょう いちょう こうしょう こうしょう こうしょう しんしょう 気能 しんしょう しんしょう しんしょう しんしょう 気能 しんしょう 気能 しんしょう しんしょう しんしょう 気能 しんしょう しんしょ しんしょ	刀装	<u> 教</u> 及	えび	配	置	•••	•••	• •	••	• •	•••		• •				••	• • •		•••		• • •	•••			••	6
	3	地上	:調	]査・	• • •	•••		•••	••	• •	•••	•••	• •	•••	• •	•••		••				•••	•••	• • •			• • •	•••			••	7
Ш	1	UAV	によ	よる	撮影	•		•••	•••	• •	•••	•••	• •	••	• •	•••		• •	•••	•••		•••	•••	•••	•••	•••	• • •	•••	• • •		••	8
	1	飛行	計	·画·	• • •	•••			•••	• •	•••	•••	• •	••	• •	•••		• •				• •	•••				•••				•••	8
		(1)	地	形図	]等	•••			•••	• •	•••	•••	• •	••	• •	•••		• •				• •	•••				•••				••	8
		(2)	飛	行拿	き件等	等	•••	• • •	••	• •	•••	•••	• •	•••	• •	•••		• •			•••	•••	•••		• • •	• • •	•••	•••			••	8
		(3)	討	F認ī	<u>ज</u> े • •	• •	••	•••	••	••	••	••	••	• •	•••	••	••	••		•••	•••	•••		•••	•••	•••		•••	•••	•••		8
4	2	撮景	彡準	l備・	• • •	•••	•••	•••	•••	• •	•••	•••	• •	• •	•••	• •		• •	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	• • •	•••	• • •		••	9
		(1)	機	体の	)準(	庯	•••	• • •	••	• •	•••	•••	• •	•••	• •	•••		• •			•••	•••	•••		• • •	• • •	•••	•••			••	9
		(2)	点	、検伯	F業	•••	•••	•••	•••	• •	•••	•••	• •	• •	•••	• •		• •	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	• • •	•••	• • •		• ]	13
		•	١	ЭЛ	(DJI	G	i0 4	4)」	ア	・プ	°IJ	D	画	「面	ī構	成		• •				•••	•••				•••				• ]	13
		•	・機	後体の	)スラ	テー	ータ	1ス	チ	エ	ツニ	ク	• •	••	• •	•••		• •				• •	•••				•••				• ]	16
		(3)	飛	行フ	プロ :	グ	ラム	ぃの	入;	力	•••	•••	• •	•••	•••	•••	•••	••			•••	••	•••	• • •	•••	•••	•••	•••			• 2	20
		•	• 「 <b>(</b>	GSP	(DJ	Ι	GS	Pro	o)]	レフ	アフ	プリ	U C	<b>の</b> [	町口	面積	黄成	ζ·			•••	•••	•••		•••	•••	•••	•••			• 2	20
	_	•	・飛	行言	⁺画の	<b></b> カ†	乍成	ζ	•••	• •	•••	•••	• •	•••	• •	•••		• •				• •	•••				• • •	• • •			• 2	22
	3	飛行	Jブ	ロク	<b>ブラ</b> -	40	の実 、	〔行	•••	••	•••	•••	• •	•••	•••	•••		••			• • •	••	•••	• • •	•••	• • •	•••	•••			• ;	30
		(1)	ホ	; — J	ゝポ~	1:	/	・の	設	置	•••	•••	•••	••	•••	•••		••			• • •	••	•••	• • •	•••	• • •	•••	•••			• :	30
		(2)	釆	行う	- X	۲.	(マ	/ニ	ユ	アノ	ル	操作	作,	)	•••	•••		••			• • •	••	•••	• • •	•••	• • •	•••	•••	•••		• ;	30
		•	安	:全价 (一一	電認の	力 身	美施	<u>ة</u>	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••		•••	•••	•••	•••	•••	• • •	•••	•••	• • •	•••	•••			• ;	30
		•	・飛	行う	- ス	1-0	り阱	<b>∮始</b>	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••		•••	•••	•••	•••	•••	• • •	•••	•••	• • •	•••	•••			• ;	31
		(3)	飛	行言	↑画0	力量	美门	Γ	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••		•••	•••	•••	• • •	•••	• • •	•••	•••	• • •	•••	•••			• ;	33
4	4	撮景	シ回	[像0]	)点れ	篼		•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••	•••		•••	•••	•••	•••	•••	• • •	•••	•••	• • •	•••	•••			• ;	35
,	r	<u></u>																														20
1	寸	記・	•••		••••		· · ·	•••	•••	••	•••	· · ·	•••	•••	•••	• •		•••		•••		•••	•••	•••	•••	• • •	• • •	•••	•••		• ;	38
		(1)	谷一	·狸キ	こヤ!	リン	ノレ -	/ <u> </u>	ン	ЗĴ	ン ( 	`` _~	$\mathcal{O}$	יי א י	C	•••		•••				•••	•••	•••		• • •	• • •	•••	• • •		• ;	58 46
		(2)	フ	アー	- A !	ショ	ェア	: 0) ~	У . —	ツン	ブラ	デー	<u> </u>	Þ	 ,	• •		•••		•••		•••	•••	•••	•••	• • •	•••	•••	•••		• 4	16 46
		(3)	フ	フイ	トン	スラ	アー	- 4	Х,	1:	1	$\mathbf{v}$	ア・	-	グ・	_	•••	•••	•••	•••	•••	••	•••	•••	•••	•••	• • •	•••	•••		• 4	Ŧ8

IV	S	fM 解析·····	49
	1	写真の読み込み・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	50
:	2	写真の整列 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	52
:	3	点群データの作成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	55
4	4	3D データの作成 ·····	55
	5	オルソ画像の作成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	56
(	6	データの出力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	57
v	D	CSM・DEM データの作成 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	59
	1	元データの用意・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	59
	2	データの読み込み	63
:	3	解析と出力・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	64
VI	梎	Ŋ頂点抽出・樹冠構造解析	69
	1	データの読み込み・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	69
	2	樹頂点抽出 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	72
:	3	樹冠構造解析	83
4	4	データの切り取り・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	91
VII	枟	オ積計算 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	99
	1	胸高直径推定式 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	99
:	2	材積計算	99

【第	貧Ⅱ部】	胸高直径推定式の作成・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	102
Ι	総説	推定式の作成と作業の流れ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	102
1	林木	の成長と森林調査法について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	102
2	2 作業	きの流れ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	103
Π	プロッ	, ト設定 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	103
1	プロ	マットの規模と数量、設定の考え方・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	103
	(1)	プロットの規模及びプロット数・・・・・	103
	(2)	プロット設定の考え方・・・・・	103
	(3)	対空標識	103
Ш	地上調	看	104
1	調査	E項目及び調査方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	104
	(1)	調査項目 ·····	104
	(2)	調查方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	104
	(3)	調査野帳 (例)	104
IV	UAV 🛃	最影・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	105
V	SfM 解	释析等	105
VI	樹頂点	(抽出・樹冠構造解析・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	105
VII	推定式	€検討・決定 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	105
1	回帰	会析による胸高直径推定式の作成	105
2	2 推定	こ式の作成手順(R言語による回帰分析)	105
	(1)	胸高直径推定式を求めるためのデータファイルの準備	105
	(2)	R への読み込み	106
	(3)	回帰式の当てはめと変数の推定・・・・・	106
	(4)	推定式の分析評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	107
	(5)	推定結果のファイルの書き出し・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	107



## 【序】 概説

1 マニュアルの目的

国有林野事業においては、利用期に達した人工林を伐採し、将来的に均衡のとれた齢級構成 に誘導するとともに、国産材の安定的・効率的な供給体制の構築に貢献するため、立木販売を 中心に収穫量を増加させることとしている。このような中、限られたマンパワーに対応しつつ、 収穫調査を効率的かつ適切に実施していくことが重要な課題となっており、これまで、UAV を 使用した効率的な立木調査の手法について検討を重ねてきたところである。

本マニュアルは、これまでの検討結果を踏まえ、「国有林における収穫調査等の効率化手法 実践体制構築委託事業」(平成 30 年度林野庁委託事業)において、国有林野事業において実施 する際の考え方及び具体の作業手順について、実務者にとってわかりやすく整理したものであ る。

2 UAVを用いた立木調査マニュアルについて

国有林野事業における立木調査の方法は、「収穫調査規程準則」及び各森林管理局の「収穫 調査規程」等に定められているが、基本的な調査方法は、調査員が調査対象林分に入り込み、 胸高直径や樹高を輪尺や測高機により直接測定する方法とされている。

一方、近年の UAV や画像解析技術の進展は、森林の立木について UAV 撮影画像の解析によ り樹高や樹冠形状等を詳細に把握することを可能とした。この技術を活用し、UAV 撮影画像か らは把握できない胸高直径を樹高や樹冠形状から推定し、調査対象林分内に入り込むことなく 立木調査を行う方法が実用化されつつあり、収穫調査等の効率化に大きく寄与することが期待 されている。

本マニュアルは、第 I 部において、UAV 撮影画像の解析等により樹高や胸高直径、立木本数 を把握し林分材積を求める立木調査方法について、具体的手順や留意点等を整理した。また、 第 II 部においては、第 I 部において使用する樹高及び樹冠形状から胸高直径を推定する推定式 の作成方法について、プロットの設定から推定式の作成、適用に当たっての具体的手順や留意 点等を整理した。

なお、汎用ソフトを使用していること、解析技術に関する知見が十分ではないこと等から、 現時点における適用範囲は林相が均一な森林に限定されるなどの課題も存在している。

このような技術水準にあると言うことを前提とし、本マニュアルを現場で活用しつつ、更な る適合性、実用性の向上に取り組む必要がある。

本マニュアルは、第I部「UAVによる立木調査方法」、第II部「樹高及び樹冠形状から胸高 直径を推定する推定式の作成方法」で構成され、具体的な作業は共通する部分も多いが、大ま かな流れは下記(参考)「作業の流れ」に示す通りであり、詳細は各論で詳説している。 (参考) 作業の流れ



3 本マニュアルの適用範囲

「樹高及び樹冠形状から胸高直径を推定する推定式」については、推定胸高直径の実際の適 合度を確認しつつ調整を行っていくことが必要であると考えられる。また、SfM 解析について 十分な経験を有し、安定して解析する技術力が求められる。このため、本マニュアルは、この ような技術段階にあることを踏まえ、製品生産箇所等における資源量把握の参考として活用す ることを想定して作成されており、また、本マニュアルに基づき作成した推定式の適用範囲も 林相が均一な森林に限定されることに留意する必要がある。

### 【第I部】UAVによる立木調査方法

## I総説

1 国有林における収穫調査

国有林野事業においては、利用期に達した人工林を伐採し、将来的に均衡のとれた齢級構成 に誘導するとともに、国産材の安定的・効率的な供給体制の構築に貢献するため、立木販売を 中心に収穫量を増加する中、立木価格の低迷や限られたマンパワーに対応しつつ、収穫調査を 効率的かつ適切に実施していくことが重要な課題となっている。

また、収穫調査等国有林材の販売関連業務分野において ICT 技術を積極的に活用し、業務の 効率化を推進することが求められている。

## 2 作業の工程

UAV による収穫調査方法は、これまでの毎木調査法の材積算定手法を画像解析により行うものであり、作業工程の違いは次表のとおりである。

毎木調	『査法(従来型)	毎木調査法(UAV活用型)				
	事前調査	事前調査	<ul> <li>UAV飛行に係る事前確認(安全等)を含む</li> </ul>			
	区域測量	区域測量				
	標準地測量					
	<b>毎木調査</b> (標準地を除く)	UAV空撮	<ul> <li>・飛行計画の設定</li> <li>・対空標識の設置</li> <li>・飛行の実施(2名体制)</li> </ul>			
	標準地調査 (径級・樹高)	サンプリング調査	<ul> <li>         ・樹高の測定         <ul> <li>             HA当たり本数(画像解析参考データ)             </li> </ul> </li> </ul>			
	面積計算	面積計算				
	计建计算	オルソ画作成・解析	<ul> <li>経験を有する技術者での対応</li> <li>データ入力 → オルソ画作成はPC自動処理</li> </ul>			
復命書	M惧訂昇	推定式での材積計算	<ul> <li>推定式の確立が前提</li> </ul>			
作成		材積データの入力等				
	搬出計画	搬出計画				
	更新計画	更新計画				
	総括表	総括表				

3 作業の流れ

UAV による立木調査においては、胸高直径、樹高、本数をプロット調査による胸高直径推定 式等に基づき算出することとなる。

林分材積算出の具体的な作業の流れは、次表に示すとおりとなる。



(注) 第 I 部「UAVによる立木調査方法」における工程別作業区分及び順序

#### Ⅱ 作業計画・区域設定

1 作業計画

作業実施者は、作業着手前に作業の方法、使用する主要な機器、要員、日程等について適切 な作業計画を作成するものとする。

2 区域設定

立木調査計画に基づき、調査区域を GNSS 受信機やポケットコンパス・バーテックス等によ る測量により、立木調査区域を設定する。

サンプリング調査にあっては、樹高標準地法としての径級・樹高の計測を行うとともに、調 査対象地のHA当たり本数を確認すべく、半径4m円内(50 m<sup>2</sup>)について径級状況を踏まえ複 数箇所を調査する。この本数確認は、SfM解析においてパラメータ設定が適切か否かを効率的 に確認するために必要である。(精密毎木調査の箇所は不要)

- (1) 周囲実測及び対空標識の設置
- ① 周囲実測

調査計画林分を GNSS 受信機やポケットコンパス等により計測する。

対空標識の設定

UAVによる立木調査において調査対象区域の位置情報をどのような方法で、より精確に取 得するかが重要な課題である。

GNSS受信機により周囲実測を行うことにより調査対象区域の位置情報を取得することが できるが、地形条件等によりGNSS受信機による周囲実測が困難な場合は、上空が開けた林道 上等に対空標識を設置し、その位置情報をUAVで取得した上で、対空標識から調査対象林分ま での経路をポケットコンパスで測量することによって調査区域の位置情報を取得すること ができる。

※ 参考 グランドコントロールポイント(GCP)

「UAVを用いた公共測量マニュアル(案)」の「第16条 運用基準」においては、



1 対空標識の模様は、次を標準とする。





○刑

2 対空標識の辺長又は円形の直径は、撮影する空中写真に 15 画素以上で写る大きさを標準と する。

十型

3 対空標識の色は白黒を標準とし、状況により黄色や黒色とする。

X型

- 4 対空標識の設置に当たっては、次に定める事項に留意する。
- (1) あらかじめ土地の所有者又は管理者の許可を得る。
- (2) UAV から明瞭に撮影できるよう上空視界を確保する。
- (3) 設置する地点の状態が良好な地点を選ぶものとする。
- 5 設置した対空標識は、撮影作業完了後、速やかに回収し原状を回復するものとする。
- 6 空中写真上で周辺地物との色調差が明瞭な構造物が測定できる場合は、その構造物を標定点 及び対空標識に代えることができる。

と規定され、この「対空標識」に位置情報としてトータルステーション等による公共測量に おける高精度な位置情報(経度・緯度・高度)が備わったものがグランドコントロールポイ ント(GCP)と言われている。



ホームポイントを兼ね、作業道に設定した「GCP」の例

- (2) 対空標識
- 対空標識とは

当マニュアルにおいては、「対空標識=オルソ画像挿入時に必要な位置情報としての役目 を持つ、空撮時に目印となる地面に設置する標識」として定義する。

② 対空標識(四角·丸)

対空標識は、通常は四角か丸い形状のもので、判別しやすいパターンを使用する。 飛行高度に合わせてサイズを選択するべきであるが、今回は、高度 150m 以下として計画 していることから、60m 位で飛行させる場合、40 cm×40 cmのサイズの標識が推奨されるこ とを考慮し、90 cm×90 cmとした。

対空標識は、固定して使用する。風等で動いてしまうとモデル全体の精度が出ない場合が ある。



飛行計画実行時の対空標識の設置体

## ③ 対空標識(光源体)

林内に設けた標準地等の位置を知るため、強力な光源を目印にする対空標識を設置する。 下左の写真のように大きな光源をもつ専用の製品を設置したり、下右の写真のように部材に 強力な LED の懐中電灯を束ねて設置し、光源による対空標識とする。



大きな光源をもつ専用の製品を利用した光源体



部材と懐中電灯を利用した光源体源



光源体による対空標識の設置 (プロット設定時のドローン空撮画像)

(3) 対空標識の数及び配置

調査対象区域の確認としての対空標識は、区域測点上に設けることが好ましいところであ り、上空支障木が存在することからオルソ画像上に正しく位置標示されなくなるおそれがあ る。このため、上空の確実に空けた場所、2箇所以上設置することを標準とする。なお、コ ンパス測量の誤差が内在していることに留意する。(必要に応じて対空標識を増やす等の対 応についても検討する必要がある。) 3 地上調查

簡易なサンプリング調査等を通じて調査対象林分の次のデータを取得しておく。

(1) 立木密度(1ha 当たり本数)

汎用ソフト ArcGIS を用いた画像解析において、樹頂点を抽出するためのパラメータである「平滑化の値」と「フォーカル統計の値」の設定が適切か否かを効率的にチェックするために本数密度のデータを取得する必要がある。(画像解析により得られた樹頂点の密度とサンプリング調査で得られた本数密度との差が大きくても 2 割以内になることを目安として、適切な解析パラメータの値を設定するため)

(2) 樹高曲線

森林に関しては、航空レーザー計測等による精度の高い DEM データが利用可能な地域が 都市部に比べて少なく、また、等高線読み取りによる 10mメッシュ数値標高モデルは 5m程 度の誤差も想定される。

このため、こうした地域においては、当面の対応として、調査対象区域を現地で設定した 際に簡易なサンプリング調査によって径級毎の樹高曲線を作成し、その数値を樹高とみなし て材積計算を行う。

(3)低質材の径級と出現率

サンプリング調査において低質材の径級と出現率を記録しておき、調査区全体に乗じて、 収穫調査結果として補正する。

## 【簡易なサンプリング調査の例】

例えば、尾根から沢に向けて移動しながら、複数地点において、軽量な渓流竿等を用いて、調査者を中心に半径4mの円(約50m)を描いて調査する。

- ① 円内に入る立木の本数をカウント(境界木は 0.5本とする)し、200倍するとその地 点での 1ha 当たり本数の概数が得られる。
- ② 樹高曲線を作成する必要がある場合には、半径 4m円内に入る立木の胸高直径と樹高 を計測する。低質材の径級と本数(出現率)を記録しておき、補正に活用する。
- ③ 10地点程度で実施し、本数データを平均して「本数密度」を取得する。また、直径・ 樹高データから回帰式又はフリーハンドにより「樹高曲線」を作成する。



## Ⅲ UAV による撮影

- 1 飛行計画
- (1) 地形図等
  - 調査区域地形図・・・・ 常にホームポイント、調査区域及びその周辺の地形を把握する。特に、飛行計画においては、ホームポイントから飛行目的地の高度差を認識しておくことが必要不可欠である。
- (2) 飛行条件等
  - 気象条件の確認・・・・ 雨天、霧の中では飛行させない。

特に、風には注意が必要である。

- 予備バッテリー・・・・ 空撮設定条件により飛行時間は大きく変化する場合があり、特に、 飛行速度・オーバーラップ率等の設定変化時は大きく変化する。
- オーバーラップ率等の事前確認・・・・ 写真重複度(オーバーラップ(OL)、サイドラップ (SL))について、国土地理院の「UAVを用いた公共測量マニュアル」 では、OL=80%以上、SL=60%以上を標準としている。
  - 山地では撮影コースを斜面に沿って設定することが多く、コースの 高低差も考慮して余裕を持った設定をすることが望ましい。
- (3) 許認可
- ① 森林における UAV 飛行にあっては、UAV 本体が目視外になるケースが多く、先般の航空 法改正により無人航空機の飛行の許可・承認が必要となっている。

なお、許可・承認の手続きを行った場合は必ず許可書等を現地に携帯する。

- ② 国有林外からの UAV 離発着は極力避けることが必要であるが、民地の多い区域において 公道等を利用する場合は、道路管理者等からの承諾等が必要になる。
- ③ 公道路側帯利用の場合、道路横断飛行は絶対に行わない。
- ④ 安全監視員を必ず同行させる。



2 撮影準備

UAV 機器及び関連ソフト

アプリケーション	:GSP (DJI GS Pro) バージョン2.0.2
	DJI(DJI GO 4) バージョン 4.3.12
ドローン本体	: Phantom 4 Pro
タブレット	: iPad mini iOS12.1.4

- (1) 機体の準備
- ① 飛行に必要なもの

Phantom 4 pro を飛行させるために必要な物品は、次の通りである。 ケーブルは、タブレットと送信機を接続するために使用するものであり、タブレット側の 端子に合わせたものが必要となる。(iPad mini を使うため、Lightning ケーブルを使用する)



2 充電器

送信機用とインテリジェントバッテリー(本体用)用の 2 つのケーブルに分かれており、 同時に充電することができる。

インテリジェントバッテリーにおいては、以下の画像のような台座を使用することで同時 に3本の充電が可能である。台座へのセットには向きがあるので注意する。また、100%充電 モードと50%放電モード(残量が50%未満の場合は50%まで充電)があるので注意する。しば らく使用しない場合は、バッテリーの寿命を考慮し50%放電モードを行う。



③ プロペラとプロペラカードの装着

プロペラガードとプロペラには、二種類あります。プロペラガードは機体装着部、プロペ ラは中央部が「黒」または「銀」の色で認識できる。それぞれ装着箇所が決まっているので 注意して装着する。



ア)「黒」のプロペラガードとプロペラをローター中央



イ)「銀」のプロペラガードとプロペラをローター中央 部の3つの爪に「黒」点がないローターに装着する。 プロペラは右回しで回らなくなるまで回す。プロペラガードは「カチッ」と音がするまで差し込む。





- ※ プロペラカードは、プロペラの保護だけではなく、本体の保護にも有効です。飛行時の 障害物との接触による損傷の軽減にもなりますので、装着することをお勧めする。
- ウ) プロペラのチェック

プロペラの装着時には、破損 や付着物の有無を必ずチェッ クする。破損している箇所が少 しでもある場合は、交換する。 特に夏場は虫などが寄って きて、切り裂いたりしている。 一見触れていないようでも自



然と草などを切っていることがあるので、付着物がある場合は、きれいに拭き取る。 また、プロペラがローターにしっかり固定されているか、必ずチェックする。

- ④ 送信機 (プロポ)の準備
  - ア)2本のアンテナが平行になるように立てる。 機体と送信機は電波によって繋がっている。アンテナは しっかりと立て、操縦中は常に機体に向けるように意識す る。
  - イ)タブレットの固定

ホルダー右のボタンを押して、ホルダーを伸ばす。iPad を載せる。伸ばしたホルダーを上から押し縮めて、しっか りと固定する。固定が甘いと操縦中にタブレットが落下す

る可能性がある。



ウ) タブレットと送信機の接続 タブレットと送信機を iPad 用の USB ケーブルで接続する。



⑤ カメラ・ジンバルの固定具を外す





⑥ マイクロ SD カードの装着
 マイクロ SD カードの向きに注意し、「カチッ」と音がするまで差し込む。

取り出すときは、SD カードを軽く押すと取出しが可 能な状態になりますので引き出す。

参考:今回使用した SD カードはサンディスク Extreme Pro UHS-II U3 対応 microSDXC カード





- ※ SD カードの抜き差しは、データの損失や SD カードの損傷につながるので、必ず本体の 電源を切ってから行う。
- ⑦ 送信機と機体の電源の投入

電源ボタンを軽く押し、続けて長押しする。電源が投入されると電子音が鳴り、電源ボタンとゲージが点灯する。

続けて、タブレットの電源を投入する。



バッテリーの**電源ボタンが右側**になるように、機体に装着し、電源ボタンを一回軽く押し、 続けて長押しする。電源が投入されると電子音が鳴り、電源ボタンとゲージが緑色に点灯す る。



- ※ 電源の投入順は、機体の誤動作(プロペラの回転等)を避けるために、必ず、送信機、 機体の順に投入する。
- ※ 電源の切断順は、投入時とは逆に、機体、送信機の順に切断する。操作方法は投入時 と同じ操作を行う。

⑧ 準備完了。



- (2) 点検作業
- ① 「DJI (DJI GO 4)」アプリの画面構成



⑦ システムステータス

現在の機体のシステムステータスが表示される。背景色とメッセージ内容で、機体の状態を識別する。

緑色:離陸可能(GPS受信中)

黄色:離陸可能(GPS 未接続)

赤色: 点検・確認が必要(エラーがある状態)

タップすると、機能ステータス一覧が表示される。詳細は、「② 送信機と機体のステー タスチェック」で説明する。 フライトモード
 フライトモードが表示される。

タップすると、MC(メインコントローラ)パラメータ 設定画面が表示される。基本設定(マルチフライトモー ド、リターントゥホーム高度など)や、飛行制限(最大 飛行高度など)、詳細設定など、機体の各種設定を行う。

また、ホームポイントの設定を機体が離陸した場所か、 送信機の場所にするか選択する。機体が離陸した場所を 設定することをお勧めするが、離陸した場所の状況等を 考慮し設定する。

# (リターントゥホーム機能を使用した場合の機体が 自動で戻ってくる場所の設定)



「詳細設定」内の「センサー」において、IMU キャリブレーション及びコンパスキャリ ブレーションを行う。

⑦ GPS 信号の強さ

GPS の信号強度と受信中の GPS の数が表示される。

室 障害物検知ステータス

障害物検知システムの有効状態が表示される。白色表 示の場合は有効、赤色表示の場合は無効状態を表す。

タップすると、ビジュアルナビゲーション設定画面が 表示される。ビジョンシステム、障害物センサーの各種 設定を行う。

安全な飛行を行う上で、すべての設定を有効にするこ とをお勧めする。

⑦ 送信機信号

送信機の信号強度が表示される。

タップすると、送信機設定画面が表示される。送信機 モードの設定、送信機裏のボタン設定、送信機スティッ クキャリブレーションを行う。

また、送信機と機体のリンクが取れていない場合、こ こでリンクする。

⑦ HD ビデオリンク信号

機体と送信機間の HD ビデオの楕円リンクの信号強度 が表示される。

タップすると、映像転送設定画面が表示される。映像 チャンネルノイズグラフより周辺の電波状況を確認す る。赤い縦線が多くある場合は、映像転送品質が不安定 なため、映像の途切れや遅延が発生する。







⑦ 機体のバッテリー残量 機体のバッテリー残量が表示される。

タップすると、機体のバッテリー画面が表示される。 装着されているバッテリーの状態や、自己放電するまで の日数の設定などができる。

インテリジェントバッテリー内は、4 つのセルに分割 されている。そのすべての電圧が同じぐらいかどうか確 認する。

⑦ 一般設定

タップすると一般設定画面が表示される。フライトパ ラメータ、カメラのリセット、クイックビュー機能の有 効化、ジンバルロール値の設定、フライトルート表示の オン/オフの設定等が可能。

- ⑦ バッテリーレベルインジケータ バッテリーレベルがリアルタイムに表示される。イン ジケータのカラーゾーンは、他の機能の実行に必要な電 カレベルである。
- ラ カメラ切り替え写真と動画の切り替え。
- ⊕ シャッター
   白○は写真の撮影、赤●は動画の録画開始。
- シカメラの設定
   タップするとカメラの ISO、シャッター、オート露出など、ガメラの基本設定ができる。
- ③ マップ フライトの飛行経路が表示される。タップするとカメラ GUI からマップ GUI に切り替わる。
- フライトテレメトリ
   機体の計測情報が表示される。
   飛行姿勢アイコンにより飛行姿勢が表示される。



- D: 機体とホームポイントの距離が表示される。
- H: 機体と地面の距離が表示される。
   (ホームポイントを 0m として表示する。高低差のある場所では、高度制限に注意 する。)
- HS: 機体の水平移動速度が表示される。

	截名	のバッテリー	
*			а ал 5.4 v 51.0°с
•1))	3.65V 3.65V 3.65V	3.857	///////////////////////////////////////
	重度のバッテリーアラーム 🛑		20%
00	低電圧警告 ——	- The and	30%
LUD.	スマートゴーホーム		P
HU	フライト時間		00:00
Ā	自己放電		10 =
	メイン画面に電圧を表示		
0	バッテリー詳細		

		一般設定	×
8	甲位		
•))	パラメータ単位	sunil.	(1912)84 (sm/n)
	π× <del>9</del>		MAD
00	長押し操作	aprelle	200002250-0
	ライブストリーミング		1
HU	ライブ中継ブラットフォームを	選択します	>
Ā			
1	飛行維路表示		
0	座標補正 (中国大陸使用)		
	マップバッファ		
•••		現行推動設	
	ライセンスを解除		>

- ・赤い矢印が機体の進行方向を示す。
- 水色とグレー領域がピッチを示す。
- 水色とグレー領域の境界の角度は、
   ロール角を示す。

- VS: 機体の垂直移動速度が表示される。
- VPS: 視覚的高度位置決めシステムにより、機体直下のリアル高度を測定し表示する。 画像のように 0.1mと表示されているように、機体が地面にある場合、センサー と地面(障害物)までの高度を表示する。
- ② 戻る

タップするとメイン画面に戻る

② 機体のステータスチェック

送信機及び機体のステータスチェックについて説明する。 ステータスチェックは、「DJI (DJI GO 4)」アプリを使用する。



画面左上の「システムステータス」をタップする。画面の左側に機体ステータス一覧が表示される。

#### 機体ステータス一覧の説明

送信機、機体、タブレットの電源を投入したら、「DJI (DJI GO 4)」アプリを起動し、デバ

イスを開始をタップする。

「機体ステータス一覧」の内容は飛行時において、すべて重要な項目である。飛行を開始 する前には、必ずチェックする。

「全体のステータス」がノーマルであればエラーはないが、送信機モード、送信機・機体のバッテリー状況、SD カードの残り容量のチェックは必ず行う。

エラーがある場合は必ず、エラーを解消してから飛行を開始する。

- ・ 全体のステータス

   機体全体の状態を確認する。
   機体、カメラの故障、ファームウェアのア

   ップデート(※)、キャリブレーションエラ

   (※)、その他エラーがある場合、エラー
   メッセージが表示される。
- ⑦ フライトモード
   送信機の左前方にある「P, S, A」のスイッ
   チにより切り替える。
  - Pモード:GPS、ビジョンシステム、赤外線 検知システムを使用し、機体を安定的な 飛行ができる。送信機を操作しなくても、 その場でホバリングできる。
  - ※ 飛行計画を実行するときは、必ず、この 設定にする。





Sモード:Pモードより高速飛行が可能。 Aモード:ATTIモード

GPS、ビジョンシステムを使用しないので、送信機を操作しないと、その場でのホバリングは風に流される。

※ ビジョンシステムとは、超音波センサーと画像データ を使って、GPS がなくても機体の現在の位置を維持する システム。(Phantom4Proの場合)

⑦ コンパス

コンパスの状態を確認する。

エラーが表示される場合は、キャリブレーション(※)を行う必要がある。

🗊 IMU

「Inertial Measurement Unit」の略。運動を司る3軸の角度(または角速度)と加速度 を検出する装置(機体の姿勢を制御するセンサー)の状態を確認する。

エラーが表示される場合は、キャリブレーション(※)を行う必要がある。キャリブレ ーションを行っても、エラーが表示される場合は、故障が考えられる。

⑦ ESC ステータス

「Electronic Speed Controllers」の略。スティック操作の信号をモーター回転制御へ と変換する電子基盤の状態を確認する。エラーが表示される場合は、飛行を中止する。 ⑦ ビジョンセンサー
 ビジョンポジショニング機能の状態を確認する。
 エラーが表示される場合は、キャリブレー
 ション(※)を行う必要がある。

④ 送信機モード

コントロールスティックのモード設定を 確認する。

モード1、モード2、モード3、カスタムの 4種類のモード設定が可能ですが、それぞれ コントロールスティックの操作による機体 の動作が異なりますので、日頃使用している モード設定になっているか、飛行前に必ず確 認する。

※ DJI が推奨する、モード2の使用をお勧めする。

		機体ステータス	、一覧		$\times$
•)))	ビジョンセンサー	•		正常	
00	送信機モード	Ð		モード1	>
	送信機バッテリー	Ø		99%	
R	無線チャネル品質	G			
	<ul> <li>         ・ 強い干渉が検知さ         ・         ・         ・</li></ul>	されました。長距離飛行	には注意してくださ		
2	ボタンのカスタマイズ	9	C1 前方・下 C2 パッテリー:	<del>.</del> 伏服	
Ŕ	機体バッテリー	•		55%	
ĒĮ	機体バッテリーの温度	$\bigcirc$		30.0°C	
0	ジンバルステータス	$\textcircled{\below}{\below}$		正常	
	SDカード残り容量	<b>E</b>	フォーマット	60748 MB	

モード別のコントロールスティックの操作方向と、その時の機体の移動方向を以下に示 す。(タップすると表示される。)





- ⑦ 送信機バッテリー
   送信機のバッテリー残量を確認する。
- ⑦ 無線チャンネル品質 電波及び電磁波からの干渉を確認する。 無線 LAN 機器、高圧鉄塔・電波塔など強い電磁が発せられる場所など、強い電波干渉が あるときなどは、長距離飛行に注意を促す警告が表示される。

③ ボタンのカスタマイズ



送信機の裏面にあるボタン(C1: 左手、C2:右手)の設定が可能。 設定内容は、C1、C2ともに以下の 操作内容にカスタマイズできる。

 カメラの前方/下方 : カメラの向きを前方または真下に変更できる。
 ジンバルフリー/FPVモード : エルロン操作と連動しジンバルが傾く。
 マップ/ライブビュー切り替え:マップの表示を全画面に切り替える。
 バッテリーの確認画面が表示される。
 ナロモード(押したままで) :ボタンを押したままの状態にすると一時的に障害物セン サーが 0FF になる。
 狭い場所などの飛行に利用できる。

※ 送信機から手を離さず操作できるので、よく使う操作は、設定しておくと便利である。

- ⑦ 機体バッテリー
   機体のバッテリーの残量を確認する。
- ※ 機体バッテリー温度 バッテリー自体の温度を確認する。
   飛行時の適温は、40度です。極端に低いときはバッテリー自体を温めことをお勧めする。
   15度以下になるとローターが回らず飛行でないことがある。また、50度以上になると電 池の消耗が速いので飛行時間には注意が必要である。
- ③ ジンバルステータス
   ジンバルカメラの状態を確認する。

エラーが表示される場合は、**キャリブレーション(※)**を行う必要がある。キャリブレ ーションを行っても、エラーが表示される場合は、故障が考えられる。

- € SD カード残り容量
  - SD カードの残り容量を確認する。
  - エラーが表示される場合は、別の SD カードを挿入する。また、フォーマットが可能である。

SD カードが挿入されていなくても飛行に支障はない。

(※) キャリブレーション及び、ファームウェアのアップデートについては、付記を参照。

(3) 飛行プログラムの入力

飛行計画は、「GSP (DJI GS Pro)」アプリを使用し、以下の設定を行う。
●地図写真を参照しながらの飛行計画区域の設定
●飛行高度やオーバーラップ率、サイドラップ率、カメラ設定など、各種パラメータの設定

- (m) R  $A \oplus \Box$ Æ (F) (F) D 0Fr 🅀 接続されていません 🕅 🌂 📍 カメラ接続なし ᇥ A N/A 97% ක EVER 素材 マップ 2D ② C照査区(H31:02:17) 0 1 更新日: 2019-02-18 14:42 💡 茨城県 常陸太田市 天下野町 ③ C照査区(H31:02:17) 0 更新日: 2019-02-18 14:41 🛛 茨城県 常陸太田市 天下野町 プロットCGNSS 0 プロットC1 更新日: 2018-12-27 14:00 ♀ 茨城県 常陸太田市 東徐町 0 プロットC5 更新日: 2018-12-10 11:32 Q 茨城県 常陸太田市 天下野町 0 プロットC2 更新日: 2018-12-10 11:31 Q 茨城県 常陸太田市 天下野町 O ミッション10 編集 実行
- ① 「GSP (DJI GS Pro)」アプリの画面構成

- ⑦ 機体/送信機の接続 機体と送信機間の現在の接続状態を表示する。
- ⑦ フライトモード 現在の機体の飛行モードを表示する。
- ⑦ GPS の信号強度
   現在の GPS の信号強度と接続中の衛星数を表示する。
- 注 送信機の信号強度送信機の信号強度を表示する。
- ⑦ カメラモデル 使用されているカメラモデルとビデオダウンリンクの強度を表示する。
- グ バッテリーレベルインジケータ
   DJI インテリジェントフライトバッテリーを使用している場合、残りの飛行時間を動的
   に表示する。赤色のゾーンは非常に低いバッテリーレベルを表す。

唐 機体のバッテリー残量

DJI インテリジェントフライトバッテリーを使用している場合、現在のバッテリー残量 とバッテリー電圧を表示する。他のバッテリーを使用している場合は、バッテリー電圧を 表示する。

- ⑦ iPad バッテリー残量
   iPad のバッテリー残量を表示する。
- ⑦ 一般設定

コンパスキャリブレーション、スティックモード、測定ユニットの設定、使用条件を設 定する。ヘルプをタップするとアプリまたはフライトコントローラのバージョン、使用方 法を表示する。

② 計画飛行準備/計画飛行一時停止/計画飛行再開/計画飛行終了

**計画飛行準備 :**パラメータの設定後、タップするとチェックリストに入いる。

**計画飛行一時停止**:飛行計画の実行中にタップすると一時停止する。詳細なアクション メニューが表示される。

**計画飛行再開** : 飛行計画の実行を一時停止した後、バッテリーの交換等を行いタッ プする。飛行計画の実行再開や別の操作を実行するためのメニュー が表示される。

**計画飛行終了**:飛行計画の実行を終了する。

⑪ 回転ロック

地図の回転のロックとロック解除。ロック中は iPad の回転に追従せず、北が一番上に表示される。ロックを解除すると地図の表示が iPad の回転に追従する。

- ジ 地図モード タップすると、標準地図、衛星地図、またはハイブリットマップに切り替わる。
- ③ ロケーション iPadの位置を中心に地図を配置する。
- ⑦ 新規ミッション ミッションタイプとウェイポイントの設定方法を選択し新しい飛行計画を作成する。
- ションリスト 保存された飛行計画すべてがリスト表示される。 保存した飛行計画をコピーまたは削除する場合は、 リスト内の対象となる飛行計画をタップしたまま左に スライドする。オプションが選択可能となるので、オ プションを選択する。





リストの右側にある矢印をタップすると、リストを折りたたんだり、 展開されたりする。 ③ 計画飛行の編集

リスト内の編集したい飛行計画を選択し、「編集」をタップする。選択した飛行計画の飛 行区域やパラメータの編集が可能となる。

- ⑦ スケール地図の縮尺を表示する。
- ② 戻る タップするとメイン画面に戻る。
- ② 飛行計画の作成
  - 1) iPad の電源を投入し、「GSP (DJI GS Pro)」アプリを起動し、ミッションリストをタッ プする。

<b>.</b>	💄 jff09a				● 🛣 🖻
	個人スペース	ドローン	フライトログ		
GSP	<sup>жетин</sup> 11 н <b>40</b> міл	2.0	6.0	飛行時間	飛行距離
DJI GS Pro	<sup>потала</sup> 116,907 м	-	-	-	-
	IR入済み信に				
	使用号 Free 無減ライセンスでは、最大10億ミッション をクラウドと問題できます			KD->bMab	
	ミッションリスト		ミッショ	ンリスト	

2) ミッションリスト上の「新規ミッション」をタップする。



3)新規ミッション選択画面が表示されたら、「計測撮影・領域モード」→「地図上指定」 の順にタップする。



4) ミッション設定画面が表示される。

地図上の飛行計画予定地周辺の上をタップする。タップした箇所に四角い領域が表示さ れ、画面右側にパラメータリストが表示される。



5) 飛行計画名を入力する。

パラメータリストの右上の「ペン」をタップすると、キーボードが表示されるので、名 前を入力する。

※ 設定内容は保存できるので、後でわかりやすい名前を付けることをお勧めする。

6)飛行計画区域を設定する。

区域の大きさを変更する場合は、変更する白い「○」 をタップしたまま変更したい方向にスライドさせる。 また、ポイントを増やす場合は、「+」をタップした まま変更したい方向にスライドする。

※ 空撮時のオーバーラップ率、サイドラップ率等を 考慮し、実際の区域より、広めに設定する。





予め座標値が分かっている場合は、 パラメータリスト下部に、直接座標 値を入力する。

座標を入力したいポイントをタッ プし、ポイントが青色「●」状態にな ったら緯度、経度に入力する。

7) 飛行計画区域の設定が完了。



次に、この飛行計画区域を、どのように飛行するのか、どのように撮影するのか、各種パ ラメータ(基本設定/詳細設定)を設定する。

8) パラメータリストの「基本設定」の設定

パラメータリストの「基本設定」をタップし、写真撮影の方法や間隔、飛行高度等を設 定する。

基本設定パラメータについて、以下に説明する。

⑦ カメラモデル

機体と接続されると、アプリが自動的に対応 するカメラを選択する。

⑦ カメラ方向

経路に沿って飛行するときのカメラの向きを 選択する。

**コースと並行** :カメラはコースと並行になる。 **コースと垂直** :カメラはコースと垂直になる。 進行方向に沿う:未確認。

- ⑦ 撮影モード 撮影方法を選択する。
  - ホバリング撮影:機体が各ウェイポイントでホ バリングしながら撮影する。撮影は安定する が、必要なウェイポイント数が多くなるため、 飛行時間が長くなる。
  - 等時間間隔/等距離間隔で撮影:経路に沿って

飛行している場合、撮影時にホバリングしな

い。飛行時間は短くなるが、短い露出時間が必要である。 このいずれかのモードを選択すると、撮影間隔と飛行速度は自動計算される。 飛行速度:カメラの機能と解像度の設定内容に従って、自動計算。 撮影間隔:オーバーラップ率や他のパラメータの設定内容に従って、自動計算。

三 飛行経路生成モード

スキャンモードまたは区域内モードを選択する。

**スキャンモード**: ラインをひとつずつスキャンして飛行経路を生成する。 区域が凹多角形の場合、コースが区域の境界を越えることがある。

**区域内モード**:生成される飛行経路のすべての部分が区域内になる。

区域が凸多角形の場合、飛行経路は、スキャンモードと同じ飛行経路となる。 区域が凹多角形の場合、精度を上げるために飛行経路を最適化するため、飛行経路が 交差する場合がある。

⑦ 飛行速度

3.6~52.8KM/Hの範囲で設定する。

スライダーを左右に動かして設定します。細かい設定を行う場合は、数値の上をタッ プし「+」か「-」をタップして設定する。

※ 撮影モードを「ホバリング撮影」にした場合のみ設定が可能である。「等時間間隔」 または、「等距離間隔」にした場合は、自動計算されるため設定できない。

基本設定	詳細設定
🖾 カメラモデル 🍞 🛛 P	hantom 4 Pro Camera 〉
▼ カメラ方向	コースと平行 〉
◎ 撮影モード 🕐	等時間間隔で撮影 >
🖻 飛行経路生成モード 🎦	スキャンモード 〉
入飛行速度 5.0 KM/H 分	● 撮影間隔 4.0 SEC
✓ 飛行高度 99.7 M	■ 解像度 2.7 CM/PX
緯度 0.000000	
経度 0.000000	< • >
ê ê	~

- ⑦ 撮影間隔
  - シャッターの間隔を設定する。

設定は、数値の上をタップし「+」か「-」をタップする。

エラーメッセージが表示された場合は、画面の指示に従い設定を調整する。

- ※ 撮影モードを「等時間間隔」または、「等距離間隔」を選択した場合に、自動計算されるが設定は可能となる。
- ※ オーバーラップ率にもよるが、SD カードへの保存時間を考慮して、4.0SEC に設定 する。
- 飛行高度

5~500mの範囲で設定する。

設定は、スライダーを左右にスライドさせる。細かい設定を行う場合は、数値の上を タップし「+」か「-」をタップする。

- エラーメッセージが表示された場合は、画面の指示に従い設定を調整する。
- ※ 設定が 150m 以上の飛行は、飛行許可申請が必要です。飛行許可を申請していない 場合は、150m 以内で設定する
- ※ 設定が 150m 以内であっても、設定飛行区域がホームポイントよりも低い場合、設 定した飛行高度にその高低差を加算した高度が実際の飛行高度となるので、ホームポ イントの設定には注意する。
- ※ 逆に、設定飛行区域がホームポイントよりも高い場合、設定した高度にその高低差 を減算した高度が実際の飛行高度となるので、飛行区域内の樹木など障害物がある場 合は、その高さを考慮し設定する。
- 9) パラメータリストの「詳細設定」の設定

パラメータリストの「詳細設定」をタップし、画像のオーバーラップ率、ミッション完 了時動作等を設定する。

詳細設定パラメータについて以下に説明する。

⑦ 飛行経路上の画像オーバーラップ率 同一経路に沿って撮影される2枚の連続する 画像のオーバーラップ率を設定する。

10~99%の範囲で設定する。

設定は、スライダーを左右にスライドさせる。 細かい設定を行う場合は、数値の上をタップし 「+」か「-」をタップする。

※ 国土交通省の推奨基準は 80%であるが、SfM 解析を意識した場合、90%以上に設定するな ど、撮影場所の地形など、状況によって変更 する。

⑦ 飛行経路間の画像オーバーラップ率

**サイドラップ率**ともいう。2本の並列する経 路上の2枚の画像のオーバーラップ率を設定す る。

10~99%の範囲で設定する。

設定は、スライダーを左右にスライドさせる。 細かい設定を行う場合は、数値の上をタップし



「+」か「-」をタップする。

# ※ 国土交通省の推奨基準は 60%であるが、SfM 解析を意識した場合、70%以上に設定す るなど、撮影場所の地形など、状況によって変更する。

⑦ コースアングル

飛行予定区域に対する飛行経路の角度を設定する。

東が 0°で、反時計回りのときは正の値、時計回りのときは負の値になる。0<sup>~</sup>360°の 範囲で設定する。

設定は、スライダーを左右にスライドする。細かい設定を行う場合は、数値の上をタップし「+」か「-」をタップする。

# ※ できるだけ対空標識の上空を通過するように設定する。(サイドラップ率の設定が 影響するので併せて調整する。)

⑤ マージン

飛行区域を制御するためにエリアマージンを設定する。飛行経路生成モードの設定内 容によって設定範囲が変わる。

飛行経路生成モードが「スキャンモード」の場合は、-30~+30mの範囲で設定する。 飛行経路生成モードが「区域内モード」の場合は、-30~0mの範囲で設定する。 設定は、スライダーを左右にスライドする。細かい設定を行う場合は、数値の上をタ ップし「+」か「-」をタップする。

⑦ ジンバルピッチ

ジンバルピッチ角を設定する。

ピッチ角は、-90~0°の範囲で設定する。下向きは-90°、前方は0°で表す。 設定は、スライダーを左右にスライドする。細かい設定を行う場合は、数値の上をタ ップし「+」か「-」をタップする。

- ⑦ ミッション完了時動作
  - ミッション完了後、最後のウェイポイントでの機体のアクションを設定する。
  - **自動帰還**:最後のウェイポイントから、自動でホームポイントまで戻り着陸する。選 択するとリターン時の飛行高度の設定画面が表示されるので、20~150mの範囲で設定 する。
  - **ホバリング**:最後のウェイポイントで、ホバリングする。操縦者が機体をコントロール することが可能です。

# ※ 林内においては、樹木など多くの障害物があるので、「ホバリング」設定をお勧め する。

**自動着陸**:最後のウェイポイントで、自動で着陸し停止します。着陸した機体を着陸 地点まで行って回収する必要があります。 10) 飛行計画の設定結果を確認する。

パラメータ(基本設定/詳細設定)の設定が完了したら、飛行計画の設定結果を確認し、 画面左上の「保存」をタップし設定を保存する。



※ 飛行計画の設定は、送信機と接続していない状態でも設定が可能である。林内での設 定は、インターネットの接続が難しくなるので、事前に事務所等、確実にインターネッ トと接続可能な場所で行うことをお勧めする。 11) カメラの設定

カメラの設定について説明します。

- <1> ミッション設定画面の 「カメラビュー」をタップ する。
- <2> カメラビューが表示さ れるので、その上をタップ する。
- <3> カメラビュー画面に切 り替わる。
- <4> カメラの「設定」をタップする。

カメラの基本設定

- シャッタースピード優先「S」
- ISO「自動」

設定が高くなると画質に影響しま す。飛行環境が比較的よく太陽光が強 い場合などは、自動設定を解除し、 100<sup>~</sup>200 に設定することで画質の向上 が見込まれる。

 シャッタースピード「1/1000」 1/640 秒以上に設定することで、風 などの影響による画像のブレの軽減に 繋がる。

飛行計画実行時の天候などで、全体的 に暗い場合は、EV 値を調整し、明るめ の画像を撮影する。



**1** 1×370

Ø 撮影モート

コースと平行 >

1で撮影 >





(1) ホームポイントの設置

実際に林内において、飛行計画を実行するために、機体を安全に離着陸できるポイントを決める。飛行計画実行中に、トラブルが発生し、リターントゥホーム機能を使用した場合の機体が自動で戻ってくる場所となるので、**周りに障害物がなく、上空が空けた場所**を選択する。(2 撮影準備の(2)点検作業の①-⑦のホームポイントの設定が「機体が離陸した場所」の場合)

安全のため、ホームポイント上空まで戻ってきたら、 リターントゥホーム機能を解除し、マニュアルで着陸さ せる。



(2) 飛行テスト (マニュアル操作)

マニュアル操作による簡単な飛行テストを行う。

目的は、飛行中の機体の動作確認や送信機の操作確認等をチェック、事故やケガなどを避け るためにも、飛行当日に行う作業として、飛行前に必ず実施する。

以下の点に注意して、マニュアル操作による飛行テストを開始する。

## ※ 安全確認を行う。

※ プロペラの回転が始まったら、絶対にコントロールスティクから親指を離さないようにする。

※ コントロールスティックは、ゆっくり操作する。急激な操作は大変危険です。

※ コントロールスティックは、動作毎に必ずニュートラルポジションに戻す。操作に慣れる までは、一度に複数の操作を行わないようにする。

# ※ コントロールスティックをニュートラルポジションに戻すときは、親指を離さずにゆっく りと戻すこと。親指を離してしまうと、戻る勢いで思わぬ動きをする可能性があるので注意 する。

安全確認の実施

安全確認は、飛行テストに限らず、飛行計画の実行など、実際に機体を飛行させる場合、 飛行を開始する前に必ず行う。

安全確認について、以下にまとめる。

#### ●周辺環境の安全確認

- ア)天気、風速等に問題はないか
- イ)安全飛行に影響を及ぼす電線など、建造物はないか
- ウ) 電波干渉の可能性がある、高圧電線や鉄塔などはないか
- エ) コンパスエラーが生じる可能性がある、鉄板などはないか
- オ)飛行区域周辺 30m 以内に第三者がいないか

## ●プロペラの始動前

## (送信機、機体、iPad の電源投入前)

- ア)機体本体に傷や歪みなどがないか
- イ)プロペラなど各パーツに、破損や付着物がないか バッテリーに膨張など異常はないか
- ウ) プロペラやバッテリーなど各パーツが、しっかり固定されているか
   ●特にプロペラは、ローターに緩みなく固定されているか
   ●バッテリーは、正しく装着されているか
- エ)送信機のアンテナは、平行に立っているか

## (送信機、機体、iPad の電源投入後)

- オ)機体ステータス一覧に異常はないか
   ●バッテリーの状態は問題ないか(充電、温度など)
   ●周辺の電波状況は支障ないか
   ●送信機の設定モードは適切か
- カ)機体本体から3m以内に操縦士を含め人の立ち入りはないか

### ●プロペラの始動後

- ア)機体、プロペラから異音はないか
- イ) LED が正常に機能しているか
- ② 飛行テストの実施

以下の操作を行い、プロペラの回転、異音、機体のホバリングや移動の安定性など、機体 に異常がないこと、また、機体がコントロールスティクの操作通りにかつスムーズに動作す るか確認する。

なお、送信機モードが「モード 2」に設定されていることを前提に説明する。

- ア)プロペラの始動準備 安全で平らな場所に機体を置き、プロペラ始動前の安全確認を行う。 機体の後方(バッテリー側)へ送信機を持って 3m 以上離れる。
- イ)プロペラを始動する

左右のコントロールスティックをニュート ラルポジションから**ハの字**または、**逆ハの字** になるように**手前いっぱい**に倒す。

プロペラが回転を始めたら、コントロール スティックをニュートラルポジションに戻 し、**プロペラ始動後の安全確認**を行う。



プロペラの始動 (八の字)



プロペラの始動 (逆八の字)

ウ)離陸する



左側のコントロールスティックを奥にゆっく り倒すと、機体がゆっくりと上昇する。 エ)機体の異常の確認及び、機体と送信機の連携を確認する

### ホバリングチェック:

目の高さぐらいまで上昇したら、コン トロールスティックをニュートラルポジ ションに戻し、ホバリング状態で、数秒 維持する。

## 機体の回転 (ラダー):

- 左回転:左側のコントロールスティック を左にゆっくり倒す。
- 右回転: 左側のコントロールスティック を右にゆっくり倒す。

## 前、後進(エレベーター):

前進:右側のコントロールスティックを 奥にゆっくり倒す。

後進:右側のコントロールスティックを手前にゆっくり倒す。

## 左右の平行移動(エルロン):

左へ平行移動:右側のコントロールスティックを左にゆっくり倒す。 右へ平行移動:右側のコントロールスティックをひだり右にゆっくり倒す。

## 上昇・下降(スロットル)

上昇:離陸時と同様に左側のコントロールスティックを奥にゆっくり倒す。 下降:左側のコントロールスティックを手前にゆっくり倒す。

オ)着陸する



各チェックが終わったら、左側のコントロー ルスティックを手前にゆっくり倒します。機体 が着陸したらコントロールスティックを手前い っぱいまで倒し、プロペラが停止するまで3秒 間維持する。

※ 操作通りに動作しない場合、送信機モードの設定が、自身が通常使用しているモード設 定になっていないか、送信機または、機体の故障が考えられるので、直ちに飛行を中止す る。

※ 送信機モードの設定が違う場合は、慎重にゆっくり操作する。



DJI 推奨の「モード 2」の コントロールスティックの操縦

(3) 飛行計画の実行

飛行計画を実行する上で、SfM 解析を意識して実行する必要がある。以下の点に注意して、 実行する。

- ・立木の樹頂点に、揺れが確認できる場合は実行しない。(画像がぶれてしまう)
- ・立木等の影が大きい、太陽の高度が低い時間帯は実行しない。(明暗コントラストが強くなる)

いずれも、カメラ等の設定でカバーできると思われるが、薄曇りで、無風または微風で、太陽の高度が高い時間帯に実行する。

- 安全確認等の実施
   安全確認等を実施し、問題がないことを確認したら飛行計画を実行する。
- ② 飛行計画の選択

「GSP (DJI GS Pro)」アプリのミッションリストより、事前に設定した飛行計画を選択し「編集」をタップする。

カメラ設定や飛行計画区域、パラメータの設定内容を確認し、林内の天候や地形など飛行 環境を考慮し、**必要であれば設定を変更**する。

③ 離陸



GPS の受信が確保できたら、マニュアル操作で離陸し、設定飛行高度まで上昇する。

GPS の受信が確保できない場合は、マニュアル操 作でいったん安全な場所まで上昇し、GPS の受信が 確保できるまでコントロールスティックをニュー トラルポジションに戻し、ホバリング状態で待機 する。

※ GPS が 7 つ以上確保できない場合、以下の操作はできないので注意する。

- ビジョンポジショニングが作動している時 :8m以上の上昇
- ビジョンポジショニングが作動していない場合:50m以上の上昇
- 予飛行計画の実行

※ 林内では、樹木など障害物が多いので、マニュアル操作で離陸し設定飛行高度まで上昇し てから飛行計画を実行することをお勧めする。
### ④ 飛行計画実施

「計画飛行準備」をタップすると、飛行準備画面が表示される。

<	R Phantom 4 Pro	GPS 🌾 15 📶 🛗 📶	🔘 <sub>til</sub>    P4P Camera 🕅 96%(1	653v 計画飛行準備 3237	···· 7
8			飛行準備		0 4 0
<u>0</u>	76 M	Phantom 4 Pro	P モード 障害物回避機能が有効	障害物回避を無効に	1
		⊘ 飛行エリアと機体の距離	約 163.4 M		✔ 熱行疑路長さ 3771 M
		gps	衛星数:15 強度 : 強い	_	L 积行流域回来 5.36 HA • • • •
		🕑 コンパス & IMU	正常	_	詳細設定 Phantom 4 Pro Camera >
		🥑 バッテリー	1個バッテリー接続中、残量:96% (16.53V	) 温度:36°C	コースと平行 >
		🥑 カメラ	Phantom 4 Pro Camera (S MODE 1/640 ご注意:露出モード と フォーカスモード	, AFC)	等時間間隔で撮影 >
		SDカード	SDカード残量: 6954 枚 撮影予定枚数: 約 373 枚		区域内モード >
3-34	12	🔮 ミッション完了時動作	ホバリング		■ 無像症 2.7 CM/PX
		<b>ジ</b> ウェイポイント	データ送信完了		
C		キャンセル	飛	000 行開始 1000	
	Э літая 0.4 КМ/Н	w 36°40°48.19448'N <u>≭</u> Rfimi § 148°29°47.69375″E <mark>100.6 M</mark>		ê (î	~

飛行準備画面にエラー表示の有無を確認し、「飛行開始」をタップする。

表示されている項目にエラーがある場合は、飛行は開始できないので、「キャンセル」をタップし、機体を着陸させ、エラーを解消し、再度、飛行計画を実行する。

※ 飛行中はできるだけ送信機のアンテナを機体に向け、非常時の対応のために常に送信機 のコントロールスティックから親指を離さないように心掛ける。

⑤ 飛行計画実施の完了

飛行計画の実行が完了す ると、ミッション完了画面が 表示される。

写真枚数を確認し、「閉じ る」をタップする。

画像解析時の参考になる ので、飛行計画作成時の枚数 とミッション完了時の枚数 をチェックする。



⑥ 着陸

飛行計画の実行が完了すると、詳細設定パラメータで設定した「ミッション完了時動作」 に従い、機体が動作する。「ホバリング」を設定した場合は、飛行計画完了地点にホバリング 状態で待機しているので、マニュアル操作でホームポイントまで帰還し、着陸する。

# ※ 着陸時には、カメラが下を向いているので、正面になるように調整する。下向きのまま 着陸するとレンズが地面に接触し、傷がつく可能性がある。

風速 5m/sec 以上の状態、雨の場合、雨になりそうな場合、雲や霧の中では飛ばさないように注意する。(国土交通省「無人航空機飛行マニュアル」より)。

地上で、風速 5m/sec 以上の場合、上空では、10m/sec の風が吹いていることを想定し、 絶対に飛行しないように注意する。コントロールが効かなくなり、機体は流され、バッテ リー切れで墜落し大きな事故に繋がる。

また、Phantom 4 Pro は、完全防水ではないので、雨や霧の飛行は特に注意する。機体の故障や墜落などの事故に繋がる。

- 4 撮影画像の点検
- (1)空撮画像をパソコンに取り込む

機体より、SD カードを抜き取り、空撮画像をパソコンに取り込みます。

(2) 画像確認

ミッション完了時の撮影枚数と飛行計画作成時の撮影予定枚数をチェックし、極端に枚数に 誤差がある場合は、SfM 解析上、支障がでる可能性があるため、飛行計画の再実行を検討する 必要がある。(下記、「参考」を参照。)

また、画像のプレビューでスクロールし、画像に飛びがないか、風の影響で、同じ箇所で撮 影したり、画像の向きが変わったりなど、撮影の流れから外れていないかチェックする。



(参考1)

「UAV を用いた公共測量マニュアル(案)」(平成 29 年 3 月改正)
(撮影結果の点検)
第 62 条 撮影の直後に、現地において撮影結果の点検を行うものとする。
2 撮影結果の点検は、次の各号について行い精度管理表にまとめるものとする。
- 撮影範囲

空中写真の画質
三 隣接空中写真間の重複度
四 隠蔽部の範囲

五 全ての標定点及び検証点が適切に撮影できているか。

# UAV撮影コース別精度管理表(三次元点群作成)

ſ	地区	: 名	Τ		2		名称		a en tra	地上面素	i u se	画	供補責座	作	5A	業			
1	地方	名				***	画紫数	pixel	× pixel	寸法	26.49	181 170	刘兆而没	13%	庚	শা			
			1			l	センササイス	inth	× min	c	m	ră.	5 i. m	+	- 4	Æ.			
ł	摄	: \$2		日時	飛行方向	1.3.4	名称			ļ				技	術	者	1		印
ł		年		月日		222	H: 100000			RL PEOT		a1.007c							
ł	h	: m				ISO	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	シャッター速度		at mouth	~	AT IN C	× . *	社	. F	内	1.1.2		ÉO
l			$\sim$	.	W E		画像	記錄方	式	h	重複率。	<b>秋方法</b>		点	検	者	192		
F		9.	_	速		デー	夕形式			Ø	) 使用ソ	フト名	など	社」	内 検	查	年	月	. 8
Ē	1			m/s	s	7-;	9 713 22		-	191	リ 使用シ	ント名	x 2	年	月	頁	*	я	FI I

## 

V M M M				-						
ファイル名	コース番号	写真番号	採	色調の良否	おうしょう くくしょう ひょうしょう ひょうしょう ちょうしょう しょうしん しょうしん しょうしん しょうしょう しょうしょう うちょう うちょう しょう うちょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう し	ボケ・ブレ	ゴミ・ノイズ	隠蔽部の有無	対標明否	障 害 事 項 そ の 他
										·····
			1							
										and a second
		-								

【コース方	向重複度(	OL率)】			 【コース間】	重複度(SL	_率)]			
7 - 1 1.4	コニス発品	公吉妥旦	3-3	航跡の	コース番号	コース間	3-7	番号 计	コース間	コース番号
271704	/ 10 / 5	子类化力	方向	ず		重複度			重複度	
			重複度	n	写真番号		ファイル名	写真番号		写真番号
							4			
					· .	2000 2000		e gali		
								- A 121		
								a na standar A standar		
									:	
			(最小OL)						: <sup>1</sup>	nan g
			%	(最大値) %	最小値 (最小SL)	%			%	

※OL率及びSL率は、採用した写真のみを用いて計算するものとする。

※0L率90%以上かつSL率60%以上で撮影計画を立案した場合は、0L率及びSL率の点検を省略できるものとする。

- (参考2) <第62条 運用基準>
  - 1 空中写真の画質は、全ての写真を対象に、ボケ、ブレ、ノイズ等について点検するものとす る。
  - 2 空中写真間の重複度は、撮影結果から、主点間の距離が長い地点等重複度が小さいと考えられる箇所を複数抜き取り、撮影範囲等を元に計算する。ただし、実際の写真重複度の計算が困難であって、同一コース内の隣接空中写真との重複度を90%以上として撮影計画を立案している場合には、点検を省略できるものとする。
  - 3 隠蔽部の有無は、三次元点群作成に障害がないかを点検するものとする。

#### 【解説】

重複度については、同ーコース上で隣接する空中写真の重複度と、隣接するコース同士で隣り 合う空中写真の重複度を点検する。重複度の計算は、撮影標定図において隣接する写真の主点間 距離を取得し、対地高度や撮影範囲等を踏まえて行うことが一般的である。現時点では、自動的 に重複度の計算を行うソフトウェア等が必ずしも普及していないことから、重複度が小さいと考 えられる地点を、撮影標定図に示された主点間隔等を元に複数抽出し、それらを対象に計算を行 うことを規定しているが、可能であれば、全ての写真を対象に重複度を計算することが望ましい。 なお、写真の品質の点検は全数点検することとしており、UAV 撮影コース別精度管理表への記 載は、一枚毎の記載が標準となるが、枚数が多すぎる場合には、精度管理表の全項目について問 題の無い写真はまとめて記載するという対応も考えられる。

#### <管理表記載例>

区名方名	000	***	名称 画素数	00	000 D pixel	× 00	地上南素	21 日 基準面7	高 対地;	<b>商度 機</b>	棄 矧 名	0	000
搬影日時	· 飛行:	方向	センタサイズ	00	X m C	00 mm	1 cm	12	m 5	8 m ±	任	1011	00 00 5
9年0月0	E N	kyx	40.475 焦点距離		000	NN 2	+ INFOL.	90% #	+ MISL	60% 2+	111 -10 cha		
h:m 10:16~10:37	w -	- E	320	シャッター	<u>該</u> 1/1 方 式	10001	-	重複手点検	方法	点	検者		00 00 1
風 速 2~3 m/	s s	デー	夕形式	RAW, THE	P, JPEG,		1334	たけ使用ソ	7 hany	社 1	内検査		
質]							a	(数值	0%·計画 直(青字)	はあくま	で参考	影結果をお	し値です)
14				色	12	ボ	3	見	*		- 1		
ファイル名	コース番号	写真撮号	採	0	暗し影シ	1.7	;	部の	標明		192	吉亦項	
			15	西	***	L	イズ	有無	香			E 03 HB	
001.jpg~	C-1	1001~	0	L	L			1		1		227	1-6 1 7 P
11121.jpg	-	1121	-			0.×.(	>.レ.	明·不明	など、前	記載方法(	は問い	ません。	-
11122.jpg	0-1	1122	0	L	4	例えば、 対標明3	ハレー	ション・1 審認した	増影部で 対標の	には原因の	となった 載して	こ地物(池. ま構いまま	、屋根など
123.jpg~	C-1	1123~	0	k		L		L	0	m · J C 10		01110 0.0	
1198.jpg		1198	-	-	-	-	-	-	~	- 22	では、	不採用の	写真も記
1199.jpg	C-1	1199	×	L	L	×	L	L	4	録し	ている	ますが、あ	らかじめ、
200.jpg~	0-1	1200~	0	L	L	k	Þ	Ŀ	0	省し	17.94	育いません	10
1270.jpg		1270	-					-	~				
1271.jpg 550.jpg~ 1620.jpg	C-1 【画質】枚 C-1	1271 2数が多す 1550~ 1620	<ul><li>○</li><li>ぎる場</li><li>○</li></ul>	トレート	レ 、全項 レ	レ 目に問題 レ	レクロの無い	レ い写真(; レ	レ	て記載す	ること	もできます	0
1271.jpg 550.jpg~ 1620.jpg 久方向重計	C-1 【画質】林 C-1 复度(OL革	1271 (数が多す 1550~ 1620 E)】	<ul><li>o</li><li>ぎる場</li><li>o</li></ul>	と合にはレ	レ 、全項 レ	レ 目に問題 レ 【コーフ		レ い写真(; レ 夏度(SL	レ はまとめ の _率)】	て記載す	-a=2:	もできます	
11271.jpg 550.jpg~ 11620.jpg 太方向重打	C-1 【画質】林 C-1 复度(OL革	1271 (数が多す 1550~ 1620 星)】	<ul><li>○</li><li>ぎる場</li><li>○</li></ul>	と合には	レ 、全項 レ	レ 目に問題 レ 【コーフ コースi	レ 道の無 レ X間重	レ い写真() レ 夏度(SL	レ はまとめ の (率)]	て記載す <sub>コース番号</sub>	ること	もできます	。
1271.jpg 550.jpg~ 1620.jpg 久方向重打	C-1 【画質】林 C-1 夏度 (OL耳	1271 数が多す 1550~ 1620 至)】	0 ぎる場 0	合には	レ 、全項 レ	レ 目に問題 レ コース	レ 頃の無 レ ス間重 <sup>#号</sup>	レ い写真(: レ 夏度(SL <sup>コース開</sup> 重複度	レ はまとめ の (率)]	て記載す	-a=ะ	もできます コース間 重複度	。
11271.jpg 550.jpg~ 11620.jpg 久方向重 イル名 コー:	C-1 【画質】林 C-1 夏度(OL基 次委号 写真	1271 (数が多す 1550~ 1620 E)】	<ul> <li>ごううう</li> <li>ごううう</li> <li>ごうう</li> <li>ごう</li> <li>ごう</li></ul>		レ 、全項 レ 、 な す の で れ	レ 目に問題 レ スコース マース1	レ 道の無 し 、 (間重 ( <sup>長号</sup> )	レ 「 」 「 」 「 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」 」	レ はまとめ (事)]	て記載す コース番号 名 写J	-ること: 真番号	もできます コース間 重複度	。 コース番号 写真番号
11271.jpg 550.jpg~ 11620.jpg 久方向重打 144名 3	C-1 【画質】林 C-1 复度(OL3 <sup>又委号</sup> 写真	1271 (数が多す 1550~ 1620 至)】	<ul> <li>ござる場</li> <li>の</li> <li>つ</li> <li>コース 方板度</li> </ul>			レ 目に問題 レ スープ ア真都	レ 道の無 レ レ 、 間重 *	レ い写真(: レ 夏度(SL <sup>コース間</sup> 重複度	レ しままとめ の アマイル	て記載す コース番号 名 写	-ること: 真番号	もできます コース間 重複度	。 コース番号 写真番号
11271.jpg 550.jpg~ 11620.jpg イルキ コー:	C-1 【画質】林 C-1 夏度(OLJ 夏度(OLJ 夏	1271 (数が多す 1550~ 1620 E)】 素号	<ul> <li>ごぎる場</li> <li>つ</li> <li>つ</li> <li>っ 方向 度</li> </ul>		レ 、全項 レ	レ 目に問題 レ 【コーフ <sup>3</sup> 7真番	レ 道の無	レ い写真(: し <u>夏度(SL</u> 重複度	レ はまとめ の アナイル	て記載す コース#号 名 写J	-ること: 真番号	もできます コース関 重複度	。 コース番号 写真番号
11271.jpg 550.jpg~ 1620.jpg イルキ、コー:	C-1 【画質】林 C-1 友度(OLJ ス番号 写真	1271 (数が多す 1550~ 1620 至)] 美身	<ul> <li>ごろ場</li> <li>つ</li> <li>つ</li> <li>つ</li> <li>つ</li> <li>つ</li> <li>カ</li> <li>カ</li> <li>市</li> <li>水</li> <li>ホ</li> <li>エ</li> <li>エ<td></td><td>レ 、全項 レ <sup>えまり)**</sup>1</td><td>レ 目に問題 レ マース 第 英者</td><td>レ 道の無</td><td>レ い写真(: レ 夏度(SL <sup>コース開</sup> <sup>重複度</sup></td><td>レ はまとめ の ファイル</td><td>て記載す コース番号 名 写J</td><td>-ること<sup>-</sup></td><td>もできます コース間 重複度</td><td>。 コース番号 写真番号</td></li></ul>		レ 、全項 レ <sup>えまり)**</sup> 1	レ 目に問題 レ マース 第 英者	レ 道の無	レ い写真(: レ 夏度(SL <sup>コース開</sup> <sup>重複度</sup>	レ はまとめ の ファイル	て記載す コース番号 名 写J	-ること <sup>-</sup>	もできます コース間 重複度	。 コース番号 写真番号
1271.jpg 550.jpg~ 1620.jpg イル本 コー:	C-1 【画質】林 C-1 友度(OL琴	1271 (数が多す 1550~ 1620 E)】	<ul> <li>ござる場</li> <li>つ</li> <li>コース 方向重複度</li> </ul>		レ 、全項 レ え **>>**	レ 目に問題 レ 【コーフ <sup>3ース4</sup>	レ 道の無 レ レ 、 【間重 1 5 5	レ <b>支</b> <u>支</u> <u>支</u> <u>支</u> <u>支</u> <u>支</u> <u>支</u> <u>支</u> <u>支</u>	レ はまとめ の ファイル	て記載す コース番号 名 写)	真番号	もできます コース間 重複度	。 2-ス番号 写真番号
1271.jpg 550.jpg~ 1620.jpg ス方向重 イルホ コー:	C-1 【画質】林 C-1 友度(OL琴 次泰令 写真	1271 (数が多す 1550~ 1620 E)] #約 第9 96の場合	<ul> <li>ごース</li> <li>ごース</li> <li>方向 重複複度</li> <li>(は、【二</li> </ul>	合にはレ	レ 、 全項 レ 、 ま つ <sup>1</sup> い 向 重都	レ 目に問題 レ コース 3 ス 兵系 の 度度(OLE	レ 夏の無 レ レ 、 【間重 * * * * * * * * * * * * *	レ よい写真() し <u> 夏度(SL</u> ) 一 ス間 重複度 コース間	レ	て記載す コース番号 名 写 (SL率)】	高振り	<ul> <li>・</li> <li>・</li></ul>	。 2-2番号 写真番号 でも、これら
1271.jpg 550.jpg~ 1620.jpg イルも コー: 1面0.90%6 削除して[[ +た](無理解)	C-1 【画質】林 C-1 <u>友度(OLJ</u> 文章令 写真 ·計画SL60 画質】の利	1271 (数が多す 1550~ 1620 E)] E)] Saの場合に編集しす たる出版しす	<ul> <li>ごううううして、</li> <li>ごううううして、</li> <li>こううううして、</li> <li>こうううして、</li> <li>こうううして、</li> <li>こうううして、</li> <li>こううううして、</li> <li>こううううして、</li> <li>こうううううして、</li> <li>こうううううして、</li> <li>こうううううして、</li> <li>こうううううして、</li> <li>こううううううして、</li> <li>こうううううううしょう</li> <li>こうううううしょう</li> <li>こううううううしょう</li> <li>こうううううしょう</li> <li>こうううううしょう</li> <li>こうううううううしょう</li> <li>こううううううしょう</li> <li>こううううううううううううう</li> <li>こうううううううううううううう</li> <li>こううううううううううう</li> <li>こうううううううううううううううう</li> <li>こうううううううううううううううううううううううううううう</li> <li>こうううううううううううううううううううううううううううううう</li> <li>こうううううううううううううううううううううううううううううううううううう</li></ul>		レ 、 全 項 レ 、 、 全 項 レ の の の の を ま の ア い し の の の の を ま の の の の を ま の の の の を ま の の の の	レ 目に問題 レ 【コーフ コース: 37真者 夏度(OL&	レ 通の無 レ レ レ 、 、 間重 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、	レ い写真(: <u> し</u> <u> 夏度(SL</u> <u> 夏度(SL</u> <u> 雪声ス間</u> 二 ス間 二 ス間	レ はまとめ の ファイル 引重複度 またど 110	て記載す コース番号 名 <u>等</u> (SL率)】	(点番号)の欄を が大き	もできます コース間 重複度 空欄にし <sup>-</sup> くぶわたり	。 2-ス委号 写真委号 ても、これら
1271.jpg 550.jpg~ 1620.jpg ス方向重 イルを コー: 1回の190%6 削除して[[ ただし、無理] コーニスだけ コーニスだけ	C-1           【画質】林           C-1           変度(OL3           文素や 写真           ・計画SL60           画質】のお           して、記載           でも記載	1271 (数が多す 1550~ 1620 E)] # 996の場合 に福集して 下さして下さい	○ = 方前 で こ 方前 度 は、 【 構 、 、 、 、 構 、 、 、 、 構 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、	と 合には レ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	レ 、全項 レ 、 、 全項 レ 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、	レ 目に問題 マース マス マス マス マス マス マス マス マス マス マス マス マス マス	レ 道の無 レ レ 下 間重 (時 重 (時 重 ) と ( に 間重 ) と ( に ) し に ) し に ) し	レ 	レ の ア 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7 7	て記載す コース#8 名 写 (SL率)】 Vの飛行:		もできます ユース間 重複度 空欄にし <sup>-</sup> くぶれたり	。 コース乗号 写真書号 でも、これら した場合に
1271.jpg 550.jpg~ 1620.jpg ス方向重 イルも コー: 1面の190% 削除して[[ ただし、無理 シコースだけ]	C-1 【画質】材 C-1 夏度(OLJ () () () () () () () () () () () () ()	1271 (数が多す 1550~ 1620 E)] # 996の場合に福集し に花編集し にてきい	○ つ 方 載 復 で る 場 場 し 、 (二、 (二、 構 点 要 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、	レ 合には レ ー マス 古 イ い ま む り こ	レ 、 全 項 レ 、 、 全 項 し 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、	レ 目に問題 マース 3万系奏 度度(OL基	レ 道の無 レ 、間重 # <sup>5</sup> <sup>5</sup> <sup>1</sup> <sup>1</sup> <sup>1</sup> <sup>1</sup> <sup>1</sup> <sup>1</sup> <sup>1</sup> <sup>1</sup>	レ レ <u> 夏度(SL</u> コース間 コース間 コース間	レ 0 2774ル 引重複度 ほど、UA	て記載す =-ス番号 名 <u>5</u> ((SL率)) Wの飛行:	ること (K#9) の欄を が大き	もできます ユース間 重複度 空欄にし <sup>-</sup> くぶれたり	。 コース委号 写真書号 でも、これら した場合に
1271.jpg 550.jpg~ 1620.jpg ス方向重 イルを コー・ 甘園OL90% 削除して[[ ただし、無理 シコースだけ]	C-1 【画質】材 C-1 <u>復度(OLJ</u> ×#0 <sup>6</sup> 写真 -計画SL60 画質】のみ して、記載 」でも記載	1271 (数が多す 1550~ 1620 (1620) (1620) (1530~ (1630) (175) (1750)	○ ス ス - カ - カ - カ - カ - カ - カ - カ - カ	レ 合には レ ー ス方 イ ル まあり ジ	レ 、 全 項 レ 、 、 、 、 、 、 、 、 、	レ 目に問題 マース 3万系系 度度(OL基 のまた、1)	レ 道の無 レ レ 、間重 # <sup>(1)</sup> (1)]と( (1))]と( (1))]と( (1))]と( (1))	レ レ <u> 夏度(SL</u> 	レ 0 2774ル 引重複度 ほど、UA	て記載す コース番号 名 写J ((SL率)]	cること の 欄を が 大き の して、 の して、 して、 して、 して、 して、 して、 して、 して、	もできます コース間 重複度 空欄にし <sup>-</sup> くぶれたり	。 コース乗号 写真書号 でも、これら した場合(a
1271.jpg 550.jpg~ 1620.jpg ス方向重 イルを コー・ 十面01.90% 削除して【 にたじ、無理 シコースだけ	C-1 【画質】材 C-1 <u>復度(OLJ</u> スポサ 写真 -計画SL6C 画質】のみ して、記載 :でも記載	1271 (数が多す 1550~ 1620 (本) (本) (本) (本) (本) (本) (本) (本) (本) (本)	<ul> <li>ぎる場</li> <li>フカ向度</li> <li>スカ向度</li> <li>スカ向度</li> <li>ストロース</li> <li></li></ul>	レ 合には レ ー ス方 な ち い は あり ジ ー	レ 、 全項 レ 、 た ま む ん の の 。 ま せ ん	レ 目に問題 コースは 第五章 の 東た、	レ 運の無( レ 、 (間重) *** *** *** *** *** *** *** *	レ レ 夏度(SL コース間 コース間	レ の 第 2774 の 3 1 1 2774 の 2774 の 2774 0 2777 1 2777 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	て記載す コース番号 を (SL率)】		もできます コース間 重複度 空欄にして くぶれたり	。 コース番号 写真番号 ても、これら した場合(a
1271.jpg 550.jpg~ 1620.jpg ス方向重 イルを コー・ 十面01.90% 静除して【i ただし、無理 ワコースだけ	C-1     【画質】材     C-1     夏度(OL3     文章や 39頁     ·     行動SL66     画質】のみ して、記載     · でも記載	1271 (数が多す 1550~ 1620 (1620) (162) (1620)	<ul> <li>ぎる場</li> <li>フカ向度</li> <li>スカ向度</li> <li>スカ向度</li> <li>ストローズ</li> <li>スト</li></ul>	レ 合には レ ー-ス方 な あり ジャャ ー	レ 、 全 項 レ 、 全 項 し 、 金 項 。 。 。 。 。 。 。 。 。 。 。 。 。	レ 目に問題 コースは マス な長 朝 度 (OL3 こ また、)	レ 項の無( 「 「 「 」 、 「 」 、 「 」 、 、 「 」 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、	レ レ 変度(SL コース間 コース間 分かるに	レ の 第 二 ファイル の 二 ファイル	マ記載す コース貞号 を、写1 に(SL率)】	xxxxx	シース間 重複度 空欄にしてくぶれたり	。 コース番号 写真番号 ても、これら した場合に
11271.jpg 550.jpg~ 11620.jpg ス方向重 イルネ コー: 十面01.90% 削除して【I ただし、無理 ワコースだけ	C-1     【画質】材     C-1     夏度(OL3     文章や 39頁     予頁     予頁     予目面SL66     面質】のみ して、記載     でも記載	1271 (数が多す 1550~ 1620 (ま)) まり (の場合した編集時すして下さい)	<ul> <li>ごうううな します</li> <li>ごうう な します</li> <li>ごうう な しょう かく しょう かくしょう しょう かくしょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう しょう</li></ul>	レ 合には レ ー ス方 な あり 記 ー	レ 、全項 レ	□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □	レ 通の無 レ レ 、 間重計 等 等 等 等 等 等 等 等 等 等 等 等 等	レ <u> し</u> <u> 夏度(SLI)</u> コース間 分かるほ	レ 0 () 0 77144 うままとめ 0 0 77144 うままとめ 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	マンパン マンパン マンパン マンパン マンパン マンパン マンパン マンパン	(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	シース同 重複度 空欄にしてくぶれたり	。 コース番号 写真番号 ても、これら した場合に
11271.jpg 550.jpg~ 11620.jpg ス方向重 イルキ コー: 十面01.90% 削除して【i ただし、無理 りコースだけ	C-1      【画質】材      C-1      東度(OL      マーカー       マーカー      マーカー      マーカー      マー      マーカー       マーカー       マーカー       マーカー      マー      マーカー       マー      マー      マー       マー       マー       マー       マー       マー	1271 (数が多す 1550~ 1620 (まの) まり) の場合しに編集し にを省略す して下さい	<ul> <li>ごううな場の</li> <li>ごううなしても、</li> <li>こっろの</li> <li>こっの</li> <li>こうの</li> <li>この</li> <li>こうの</li> <li>こうの</li> <li>こう</li></ul>	レ 合には し ー ス方 な あ り 記 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	レ 、全項 レ	レ 目に問題 マース1 マ	レ 通の無 レ レ 、 間重計 等 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	レ <u> 東度(SLI)</u> コース間 コース間	レ 0 第)] ファイル 引重複度 ほど、UA	マロ載す コース奏参 を ((SL車)) (の飛行: ()	(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	もできます コース間 重複度 空欄にし <sup>-</sup> くぶれたり	。 コース番号 写真番号 ても、これら した場合に
31271.jpg 1550.jpg~ 1550.jpg~ 2.5方向重打 イルキ コー: 1面01.90% 計開除して【I ただし、無理 ウコースだけ	C-1           【画質】材           C-1           夏度(OL3           ス番号 写真           ・計画SL600           画質】のみして、記載           ・でも記載	1271 (数が多す 1550~ 1620 (1520 (1520)	<ul> <li>ごうろ場</li> <li>ごううちの</li> <li>「たくしょう」</li> <l< td=""><td>レ 合には レ - ス方な よ な し - ス方な し - ス方な し - ス方な し - ス方な し - ス方な し - ス方な し - マット - マッ</td><td>レ 、全項 レ 向重 の 。 た せ ん ( 面)</td><td>し し し し し し し し し し し し し し し し し し し</td><td>レ 通の無 レ 、間重 # * * * * * * * * * * * * *</td><td>レ  ス問  ス問  ス問  ス問  ス問  ス問</td><td>レ 0 () () () () () () () () () ()</td><td>マロン (SL車)]</td><td>xx 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5</td><td>もできます コース間 重複度 空欄にし- くぶれたり</td><td>。 コース番号 写真番号 でも、これら した場合(;</td></l<></ul>	レ 合には レ - ス方な よ な し - ス方な し - ス方な し - ス方な し - ス方な し - ス方な し - ス方な し - マット - マッ	レ 、全項 レ 向重 の 。 た せ ん ( 面)	し し し し し し し し し し し し し し し し し し し	レ 通の無 レ 、間重 # * * * * * * * * * * * * *	レ ス問 ス問 ス問 ス問 ス問 ス問	レ 0 () () () () () () () () () ()	マロン (SL車)]	xx 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	もできます コース間 重複度 空欄にし- くぶれたり	。 コース番号 写真番号 でも、これら した場合(;

※OL率90%以上かつSL率60%以上で撮影計画を立案した場合は、OL率及びSL率の点検を省略できるものとする。

付記

(1) 各種キャリブレーションについて

キャリブレーションの種類

1	コンパスキャリ ブレーション	機体周辺に磁気を乱すものがある場合、画面左上に「コンパスキャリブレーション が必要です。」と表示されます。表示されているときは、まず機体を移動させ磁気干 渉の起こさない場所を探し移動してください。それでもメッセージが表示される場合 は、コンパスキャリブレーションを行います。 また、ステータス一覧にエラー表示がなくても、安全に飛行を実施する上で、飛行 計画を実行する前に実施してください。長時間の車での移動、前回の飛行計画の 実施から大きく時間が経っている場合は、必ず実施してください。飛行中、機体が 誤った方向に進んだり、最悪墜落の可能性もあります。
2	IMUキャリブ レーション	・飛行中に機体が安定しない。 ・機体を運搬中にIMUが狂いIMUエラーが発生する ・コンパスがずれている 等の際、IMUキャリブレーションを行います。
3	ビジョンシステ ムのキャリブ レーション	機体ステータス一覧に「ビジョンセンサーキャリブレーションエラー」「ビジョンシステ ムエラー」と表示される場合、ビジョンシステムのキャリブレーションを行ってくださ い。 このキャリブレーションは、パソコンを使用して行います。
4	ジンバル自動 キャリブレーショ ン	機体ステータス一覧の「ジンバルステータス」にエラーが表示されたり、目視でジン バルが傾いている、ジンバルの調子おかしい場合、ジンバル自動キャリブレーション を行います。
5	送信機スティッ クキャリブレー ション	送信機の電源を投入した際、ビープ音が鳴り、画面に「送信機スティックキャリブ レーションを実行してください」とメッセージが出た場合、送信機スティックキャリブ レーションを行います。 機体ステータス一覧には表示されません。

次に、各キャリブレーションの操作手順について説明する。

① コンパスキャリブレーション操作手順

コンパスキャリブレーションは、以下の点に注意し行う。
●強い磁気干渉を受ける可能性のある場所では行わない。(金属が多い場所、立体駐車場、 地下埋設物が多い場所、など)
●障害物のない開けた場所で行う。
●携帯電話、時計、WIFI など強磁性のあるものを携帯しない。

- ア)「DJI (DJI GO 4)」アプリのカメラビュー画面右上の「一般設定」をタップする。
- イ) MC パラメータ設定➡詳細設定➡センサー➡コンパスの順にタップし進む。

- ウ)「コンパスをキャリブレートしてください」をタップします。確認画面が表示されるので、「開始します」をタップする。
- エ)画面の指示に従い、機体を水平に保ち、 機体を中心に左周りに一周する。
- オ)水平のキャリブレーションが成功すると 次の指示画面が表示される。画面の指示に 従い、機体を横に向けて垂直に保ち、機体 を中心に左周りに一周する。
- カ)キャリブレーションが正常に完了するとカメラビュー画面に戻る。
- ※ エラー画面が表示されたら「再校正」を タップして再度処理を行う。(場所を移動 して行うことをお勧めする。)



コンパスキャリブレーション をしますか?

スタートをクリックし、コン パスキャリブレーションを行

開始します

キャンセル



② IMU キャリブレーション操作手順

IMU キャリブレーションは、以下の点に注意 し行う。

- ●必ず水平な場所で行う。
- プロペラ及びプロペラガードを取り外す。
- ア)「DJI (DJI GO 4)」アプリのカメラビュー 画面右上の「一般設定」をタップする。
- イ) MC パラメータ設定→詳細設定→センサー →IMU の順にタップし進む。
- ウ)「IMUをキャリブレートしてください」を タップする。
- エ)「開始します」をタップするとキャリプレーションが開始される。





# オ)以下の順に指示画面が表示される。機体を指示画面と同じ向きになるように置く。



カ)完了画面が表示されたら、「再起動する」をタップし、機体の再起動を行う。



③ ビジョンシステムのキャリブレーション操作手順

ビジョンシステムのキャリブレーションは、パソコンにおいて「DJI Assistant2」アプリ を使用し、キャリブレーションを行う。

準備するもの パソコン
USB ケーブル(機体とパソコンを接続する)
機体
「DJI Assistant2」

「DJI Assistant2」は DJI の公式サイトより、最新版をダウンロードしインストールする。DJI 公式サイトは、<u>https://www.dji.com/jp/phantom-4-pro/info#downloads/</u>

ア)「DJI Assistant2」を起動する。

CUI ASSISTANT	akira.matsuura@kuu∙satsu.com ▼	日本語 ▼
<pre></pre>		
$\boxtimes \mid \emptyset$	ri-9	∋>:V11.6

- イ)パソコンと機体を USB ケーブルで接続し機体の電源を投入する。
- ウ) 画面に Phantom4Pro のアイコンが表示されたらクリックする。

接続され	いているデバイス	
	P4P	
	Phantom 4 Pro	

エ) 画面左側のメニューより「キャリブレーション」をクリックする。

操作についてチュートリアルを参照し、動かし方が理解できたら「次へ」ボタンをクリ ックする。(参照しなくてもよい。)

「キャリブレーションを開始します」をクリックする。キャリブレーションは全部で3 /3まである。

< <i>су</i> р Р4Р		
இ ファームウェアのア		
🖓 Data Upload	Tutorial 3/3	1
🚀 Flight Data	rutoriar 5/5	2
売 シミュレーター		
мс出力	Frame Alignment Error	
0		
Privacy Policy Terms Of Use		
日本語 🔫		1
akira.matsuura@kuu-satsu.com	M Do not show calibration steps again. Previous キャリプレーションを開始します。	l

オ)パソコンの画面全体にキャリブレーションパターンが表示される。機体を画面から一度 離し、近づけると赤枠が表示されるので、緑枠と重なるように画面と機体の距離や方向を



調整する。

カ)水色のターゲットが表示されるので、機体の向きを調整して青枠を水色に移動させる。

認識するとターゲットが次の場所へ移動するので、同じように青枠を移動させる。

画面の指示に従いこの作業を正面、下面、後方のセンサーをそれぞれ2回づつ行う。
 なお、機体の向きを変えるときは、機体の位置を変えないようにし、向きだけを変える。
 機体を移動したり、機体の傾きや画面までの距離を正しく保たないとエラーで先に進みません。微調整を行いながら認識させる。



キ)カ)の作業が終了すると、「キャリブレーションが進行中です・・・」とインジケータが 表示される。



ク)インジケータが100%になり、「キャリブレーション完了」と表示されたら完了。

- ④ ジンバル自動キャリブレーション操作手順
  - ア)「DJI (DJI GO 4)」アプリのカメラビュー 画面右上の「一般設定」をタップする。
  - イ) ジンバルパラメータ設定をタップし進む。
  - ウ)「ジンバル自動キャリブレーション」をタ ップする。
  - エ) ヒントが表示されたら「OK」をタップす る。
  - オ)「ジンバルキャリブレーション中..」とイ ンジケータが表示さる。
  - カ)キャリブレーションが完了すると、カメラビュー画面に切り替わり「ジンバルキャ
    - リブレーション完了」と表示されたら完了。





**31%** ジンバルキャリブレーション中..





⑤ 送信機スティックキャリブレーション操作手順

送信機スティックキャリブレーションは、以下の点に注意し行う。 ●機体の電源は入れない。
●磁気性のある物体に近づかない。

- ア)「DJI (DJI GO 4)」アプリのカメラビュー画 面右上の「一般設定」をタップする。
- イ)「送信機設定」→「送信機構成」→「校正」→
   「開始」の順にタップし進む。
- ウ) 警告メッセージの内容を確認し「OK」をタ ップする。





X

•)))

....

送信機校正

C2 -

スティックモード

ボタンのカスタマイズ





送信機設定

送信機のデフォルト設定はMode 2です。これを変更すると機体の操作方法が変わり 設定を把握していなければモード設定の変更はお控えください。



エ)送信機構成画面が表示される。

カ)続けて、送信機の左前方のダイヤルを左右に



最大まで回転させ、キャ リブレーション画面の 数値を 100%にする。



キ)「完了を押して校正終了です」というメッセージが表示されたら、「完了」をタップする。

オ)、カ)の操作については、以下のサイトの動画参照。 <u>https://sekidocorp.com/technical/faq\_150907\_002/</u> (2) ファームウェアのアップデート

ファームウェアとは、

機体、送信機、バッテリーに直接組み込まれている、ドローンを動かすために必要なプログ ラム。それぞれのバージョンが合っていないと、正常に動作しません。

アップデータを行う場合は、以下の点に注意して行う。
●インターネットに接続できる環境で行う。
●アップグレード中に iPad の電源を切らない。
●送信機のバッテリー残量を 50%以上にする。

ファームウェアのアップデート手順

アップデート方法には、3 つの方法がありますが、ここでは、「DJI (DJI GO 4)」アプリのメ イン画面から行う方法を説明する。

- 「DJI (DJI GO 4)」アプリを起動する。
- ② メイン画面に「ファームウェアを更新できます。」と表示されるので、その上をタップする。

また、機体ステータス一覧の「全体のステータス」をタップすると「送信機のアップグ レードが必要です」と表示される。送信機のアップグレードが必要な場合のみ表示される。



③ 画面が切り替わり、「今すぐパッケージサ イズをダウンロードします。」と表示されるの で、その上をタップしダウンロードを開始す る。

ダウンロード中画面に切り替わる。



④ ダウンロードが完了すると、「更新を開始します。」と表示されるので、その上をタップする。

更新中画面に切り替わる。

<	Update Firmware
	Download Complete         V01.01.0203         (83.2.108)           Ensure the annual buttery is over 50% before updating. Do not set 0.10 G app.         Update Log:
	更新在图由します。

⑤ 更新が完了すると、更新完了画面が表示 されますので、「OK」をタップする。

V01.01.0203 832.446 Ensure the arcraft battery is over 50% before updating. Do not leave DJI GO 4 app.
Update Complete
Updating100%

以上で、ファームウェアのアップデートは完了。

インテリジェントバッテリーを数個、所有している場合は、バッテリー毎にアップデートを 行う。

アップデートに失敗した場合は、機体を再起動し、再度アップデートを行う。 処理時間は、一回 15 分ほどかかります。 (3) フライトステータスインジケーター (機体アーム部分の LED)

フロント LED インジケータと機体ステータスインジケータがある。

フロント LED インジケータは機体の方向を示す。機体の電源を投入すると、フロント LED が 赤色に点灯し、機体の機首を示す。機体ステータスインジケータはフライトコントローラのス テータスを表示する。

以下に、フライトインジケータの LED の状態と意味と動作を説明する。

- 1 機体ステータスインジケータの説明
  - 通常の場合

LED の状態	意味
●、●、●の順に点滅	電源投入及び自己診断テスト中
●と●が交互に点滅	ウォーミングアップ
●がゆっくり点滅	Pモード(GPS あり)
●が2回点滅	Pモード(ビジョンシステムあり)
●がゆっくり点滅	Aモード(GPS、ビジョンシステムなし)
●が素早く点滅	制動中

 ② 警告の場合

LED の状態	意味
●が素早く点滅	送信機信号消失
●がゆっくり点滅	低バッテリー警告
●が素早く点滅	バッテリーの重大警告
●が点滅	IMUエラー
●点灯	重大なエラー
●と●が交互に点滅	コンパスのキャリブレーションが必要

#### ③ 制限区域等に侵入した場合

LED の状態	機体の動作	区域
	機体は自動で下降体制に入り着陸後プロペラを停止。	飛行禁止区域
●が点滅	機体は適切な高度まで下降し、高度制限から 15 フィ ート下がった地点でホバリング。	飛行高度制限区域
	制限は適用されないが警告。	警告区域

通常の場合の点滅は、必ず記憶しておくこと。通常以外の点滅・点灯の場合は、異常であるこ とを認識し対応する。 「PhotoScan」を使い、UAV で撮影した写真を SfM (Structure from Motion)解析し、対象の樹 冠表層の点群データとオルソ画像を作成する。PhotoScan 上での作業工程は次の通りである。



- 1 写真の読み込み
  - ① 撮影した写真を対象区域毎にフォルダ整理する。PhotoScan に写真を読み込む際は、フォ ルダを指定可能である。



② PhotoScan を立ち上げ、「Workflow」→「Add Foloder」から SfM 解析を行いたい地区の写 真をまとめたフォルダを選択する。

📕 Untitled — Agisoft PhotoScan Professional												
File Edit View	Wo	rkflow N	lodel Ph	noto Ortho	Tools	Help						
0	1	Add Pho	tos	▼ ∅	Хţ	🕀 🤤 🤹						
Reference	2	Add Fold	ler			₽× Model						
		Align Ph	otos			Persp						
Cameras X		Build Der	nse Cloud	Z (r	n)	4						
		Build Me	sh									
		Build Tex	ture									
		Duild Tile	d Medel									
		build file	a wodel									
		Build DE	M									
<		Build Ort	homosaic.			>						
Markers X		Alian Ch	unks	📕 Add Folder								×
		Merge Cl	hunke	$\leftarrow \rightarrow \cdot \uparrow$	← → < ↑ 📙 > パソヨン > ローカル ディスク (D:) > 本部 > B地区 > 🗸 🗸							Q
		merge ci	TUTIKS	整理 ▼ 新	しいフォルダー						8== 👻	0
		Batch Pro	ocess		•	反告	^	西北口時	4 <del>0</del> *5	#77	0==	•
	_			עבעיא 💻		12 80		足利口町	12.78	517		
				🧊 3D オブジ.	エクト	B		2018/12/24 18:36	ファイル フォルター			
<				🕹 ダウンロー	ř.			2018/11/29 14:40	ファイル フォルター			
^				📃 デスクトッス	1	JU9PB1=2		2019/01/21 15:55	ファイルフォルター			
Scale Bars D	)istan	ce (m)	Accurac	🔮 אילעבדיא				2010/11/29 14:40	ファイルフィルター			
			· ·	📰 ピクチャ		70%-P304		2010/12/05 15:07	ファイルフォルター			
				■ ビデオ				2019/01/21 15:52	ファイルフォルター			
				► 55=35m/	,	- 707/105		2010/11/29 14:40	ファイルフォルター			
					(0)			2019/01/21 15:54	ファイルフォルター			
				Windows				2010/11/29 14:40	ファイル フォルダー			
				ローカル テ	1,79 (E	- 2021.00		2010/11/2014/40	2711724142			
					フォルダ	-: ブロットB1=2						
										フォルダーの選択	キャンセ	211
										フォルターの選択	キャンセ	200

 ③ 『Add Photos』のウィンドウが表示されるので「Create camera from each files」を選び 実行する。成功すると、「Reference」や「Photos」の部分に、写真が一覧となって表示され

∕ <b>∂</b> ₀								
📙 Add Photos	×							
Please select data layout:								
Create camera from each file add 1 chunks, 74 cameras								
Create multiframe cameras from folders as cameras add 1 multiframe chunks, 1 cameras								
OK Cancel								



【Phantom 4 Pro をはじめ、ローリングシャッターを採用したカメラを使用した場合】
 「Tools」→「Camera Calibration」を開き、「Enable rolling shutter compensation」の
 チェックボックスをオンにする。

				8									×
Ortho	Tool	k Heln			Camera Calibration							— L	^
orano	1001	is nup		ſ	EC6310 (8.8mm)	Came	ra type:			Frame			•
• • @		Markers	• •	-	74 images, 5472x3648 pix	Pixel	size (mm):		[	0.00241228 × 0.00241228			
		Tie Points	•			Food	longth (mm)		ſ	0.0			
		Dense Cloud					iengui (iiiii).			0.0 			
		Dense cloud				M En	able rolling sh	utter compen	isation [	Film	n camera with fiducia	il marks	
Alti		Mesh	•		,	Initi	ial Adjuste	d Bands	GPS/INS 0	ffset			_
527		Orthomosaic	•										
527		Lens	•			Тур	e:	Auto		•	Fix calibration		
527						f:	3648						
527	10	Camera Calibration				cx:	0			ы	0		
527.	R	Ontimize Cameras				017	0			 h?	0		=
527	de la	opumize cameras				Cy.	•				0		=
		Calibrate Reflectance				k 1:	U			p1:	U		
A 1+;		Calibrate Colors				k2:	0			p2:	0		
Alu						k3:	0			p3:	0		
		Set Primary Channel				k4:	0			p4:	0		
		Set Brightness											_
	<u> </u>	Cat Dantas Transforms				_							
	-29	Set Raster Transform				Cam	era label	Resolution	Camera	model	Focal length	Date & time	^
		Generate Contours				🖪 (	OJI_0001.JPG	5472x3648	FC6310		8.8	2019:01:20 13:36:01	1
		Survey Statistics				1	OJI_0002.JPG	5472x3648	FC6310		8.8	2019:01:20 13:36:04	4
		ourrey outroacom					OJI_0003.JPG	5472x3648	FC6310		8.8	2019:01:20 13:36:06	6
Errc		Run Script	Ctrl+R				JJI_0004.JPG	5472x3648	FC6310		8.8	2019:01:20 13:36:08	8
		Kun Scripta.	Cultry				JJI_0005.JPG	5472X3648	FC6310		8.8	2019:01:20 13:36:10	
	2	Preferences						5472x3648	FC6310		8.8	2019/01/20 13:36:1/	
L	_						DIL 0008 IPG	5472x3648	FC6310		8.8	2019:01:20 13:36:16	6
						i 🖭	OJI 0009.JPG	5472x3648	FC6310		8.8	2019:01:20 13:36:18	8
							OJI 0010.JPG	5472x3648	FC6310		8.8	2019:01:20 13:36:20	0
							OJI_0011.JPG	5472x3648	FC6310		8.8	2019:01:20 13:36:22	2 🗸
								OF	Consel				
							L	UK	Garicei				

② 「Workflow」→「Align Photos...」で写真のアライメントを行う。表示される設定項目においては、「Accuracy」を「High」に指定する。

🚦 Untitled* — Agi	soft PhotoSc	an Profes	sional		Alian Photos X						
ile Edit View	Workflow	Model	Photo	Ortho	,	-					
- 🖻 🔚 🤊	Add P	hotos		<b>*</b> 🤌	F ⊂ General —						
eterence	C Add F	older			Accuracy:		High 🔻				
	Align	Photos			Generic pre	eselection					
ameras L ] 💽 DJI_000 1	Build I Build I	Dense Clo Mesh	ud	Alti 527	i 7 Reference preselection 7 □ Reset current alignment 7 Advanced						
] 🔄 DJI_000 1	Build 1	lexture		527							
] 🔄 DJI_000 1	Build 1	filed Mod	el	527							
1 Solution 14	Build (	JEM Drthomos	aic	527	Key point limit:	:	40,000				
larkers L	Align	Chunks		Alti	Tie point limit:		4,000				
otal Error	Merge	Chunks		l'	Apply masks to	0:	None 👻				
Check points	Batch	Process			🗹 Adaptive ca	amera model fitt	ing				
						OK	Cancel				

③ GCP の設定を行う。写真の一覧から、対空標識等が写っている写真を選択しダブルクリックすると画面中央に表示される(マウスのカーソル操作等で拡大縮小が可能)。写真上の目標地点で右クリックし「Add Marker」を実行。設置したマーカーは、カーソルを合わせて左クリック長押しで移動させることが可能である。



④ 設置したマーカーは写真と同じく「Reference」に一覧となって表示される。マーカーを右 クリックし「Filter Photo by Markers」を選択すると、「Photos」の写真の一覧がソフト側 で自動検出された該当マーカーを写したもののみになる。写真を一枚一枚確認しながらマー カーの位置調整を行う(削除する際は「Remove ~」を実行)。





⑤ GCP 設置時に取得したマーカーの緯度(Latitude)、経度(Longitude)、標高(Altitude)
 を入力する。

Markers	Longitude	Latitude	Altitude (m)	/
🔲 Þ point 1	140.683613	36.8671918721395	543427	C
Total Error				
Control points				
Check points				
Control points Check points				

- ⑥ GCPの設定が完了したら、再度、「Workflow」→「Align Photos...」で写真のアライメントを行う。
- ⑦ 「Tools」→「Optimize Cameras...」でカメラの最適化を行う。表示される設定項目においては、「General」のチェックボックスは表示されたそのまま(解析した写真によって自動的に選ばれる)。「Advanced」の「Adaptive camera model fitting」のチェックボックスをオンにし実行する。



- 3 点群データの作成
  - 「Workflow」→「Bulid Dense Cloud...」を実行し、高密度ポイントクラウドを作成する。 表示される設定項目においては、「Quality」を「High」。「Depth filtering」を「Mild」にす



- 4 3D データの作成
  - 「Workflow」→「Build Mesh...」を実行し、メッシュを構築する。表示される設定項目に おいては、「Face count」を「High」にする。

Viev	N	Wor	kflow	Model	Photo	Ort											
14	9		Add Photos Add Folder			-	Г		Ruild Mech		1) 1			×			
	ð		Align l	Photos				8_8	Dulla Mesh								
	L		Build [	Dense Clo	ud			Γ.	🔻 General —					- E			
0	1.		Build I	Mesh					Surface type:			Arbitrary (3D)	-				
0	1		Build 1	Texture													
0	1		Build 1	Tiled Mod	el							Source data:			Dense cloud	-	
0	1		Build [	DEM					Face count:			High (1772661)	-				
			Build (	Orthomos	aic		]		race count.			Thigh (1,772,0017	•				
	L		Align	Chunks				<ul> <li>Advanced —</li> </ul>					-				
nts			Merge	Chunks						0	К	Cancel		1			
ts		_	Batch	Process			L			28 J. 3 W.	- Palace	50 S. 12.8	1 N & 1 M 1				

高密度ポイントクラウド構築とメッシュ構築は、読み込んだ写真の枚数によって作業 時間が増減する。また、PCスペックによってはメモリ不足等によって解析失敗、もしく は PhotoScan がエラー終了する場合もある。状況に応じて、「Quality」や「Face count」 を「Medium」に変更することを推奨する。

### 5 オルソ画像の作成



② 「Workflow」→「Build Orthomosaic」を実行し、作成したメッシュを元にオルソモザイク を構築する。表示される設定項目においては、「Projection」(座標系)に注意すること。

Wor	kflow Model Photo O		Build Orthomosaic		×				
<b>1</b>	Add Photos Add Folder		<ul> <li>▼ Projection</li> <li>Type:          <ul> <li>Geograph</li> </ul> </li> </ul>	hic 🔿 Planar 🛛 Cylindrica	ı				
	Align Photos Build Dense Cloud Build Mesh Build Texture Build Tied Model		WGS 84 (EPSG::4326) - 🦗						
	Build DEM		Parameters						
	Build Orthomosaic		Surface:	Mesh 💌					
	Align Chunks		Blending mode:	Mosaic (default) 🔹 👻					
	Merge Chunks		🗹 Enable hole filling						
	Batch Process		Enable back-face culling						
			Pixel size (* ):	2.35646e-07	х				
			Metres	1.89337e-07	Y				
			O Max. dimension (pix):	4096					
			Region						
			Setup boundaries:	-	х				
			Estimate	-	Y				
		1	Total size (pix):	×					
			ОК	Cancel					

- 6 データ出力
  - 「Tools」→「Dense Cloud」→「Classify Ground Points...」を実行し、解析されている 点群データから地上点を分類分けする。後の解析で地上点の検出精度が悪い場合は、表示さ れる設定項目において、「Max angle」や「Max distance」を調整する。

10	Tools	Help		
Ø	N	Markers	•	💫 📣 📣 🏭 🛍 🛨 🐶 🏴 🗷 🚔 👘
	т	lie Points	•	
	0	Dense Cloud	•	Colorize Dense Cloud
Alti	N	Mesh	•	Invert Point Normals
527.	C	Orthomosaic	•	Classify Ground Points
527	L	.ens	•	Assign Class Ctrl+Shift+C
527.	i (	Camera Calibration		Reset Classification
527. 527.		Dptimize Cameras Calibrate Reflectance Calibrate Colors		Select Points by Mas Select Points by Colo Select Points by Shap
	s 2 🧑 s	Set Primary Channel Set Brightness Set Raster Transform		Filter By Class     From:     Any class       Filter By Selection     To:     Ground + Low Points
	S	Generate Contours Survey Statistics		Compact Dense Clour Restore Dense Cloud. Max angle (° ): 30.0
Errc	۲ 💫 🖌	Run Script Ctrl+ Preferences	·R	Update Dense Cloud. Max distance (m): Gell size (m): 50
				OK Cancel

② 「File」→「Export」→「Export Points...」を実行し、点群データをテキストファイル (ファイルの種類「XYZ Point Cloud (\*.txt)」として出力する。表示される設定項目におい ては、「Point classes」の「Select...」から「Ground」と「Low Point (noise)」のチェッ クボックスをオフにする。



Export Points - XYZ X	Martin Contraction	
Coordinate System	E Select Point Classes	×
WGS 84 (EPSG::4326)     •     •     •     •       Shift: E:     0     N:     0     A:     0	Created (never classified)	^
Export Parameters Source data: Dense cloud 💌	Ground     Low Vegetation     Medium Vegetation	
Point classes: All Select	High Vegetation Building Low Point (noise)	
Export images JPEG PNG Rester transform: None	Aodel Key-point (mass point)     Rail	
Include comment	Road Surface     Overlap Points     Wire - Guard (Shield)	
Split in blocks (m): 1000 x 1000	Wire - Guald (Silled)     Wire - Conductor (Rhare)     OK Cancel	~
OK Cancel		245 / Y

③ 「File」→「Export」→「Export Orthomosaic」→「Export JPEG/TIFF/PNG」を実行し、 オルソ画像を出力する。尚、出力された画像ファイルが大きすぎて使いにくい場合は、表示 される設定項目の「Max. dimension(pix)」を調整し、解像度の最大サイズを調整する。

File	Edit View	Workflow	Model Photo Ortho To	ools Hel	p	Export Orthomosaic	×
	New	Ctrl+N	<del>-</del> 👼 - 🔶 - 🐥 - 🤌   >	< 4 3	2 🔍 🔅 🔠 🔡 🗕 🖌	Orandiante Sustain	
	Open	Ctrl+O		8	× Model	Coordinate System	
	Append				Perspective 30*	WGS 84 (EPSG::4326)	- 🌾
5	Save	Ctrl+S	Latitude Altitud	le (m)	^	P. I	
	Save As		36.867420 527.948	3000		Kaster	
	Export	•	Export Points	00		Pixel size (* ):	2.35646e-07 ×
	Import	•	Export Model	100		Metres	1.89337e-07 Y
	Upload Data		Export Tiled Model	00	✓		4000
	1 B1test.psx		Export Orthomosaic 🔹	Exp	oort JPEG/TIFF/PNG	Max. dimension (pix):	4096
	2 F3_304.psx		Export DEM	Exp	oort Google KMZ	t in blocks (pix):	1024 × 1024
	3 F3.psx		Generate Report	Exp	oort Google Map Tiles	Raster hsform:	None 👻
	4 F45_302.psx		Export Cameras	Exp	ort World Wind Tiles	Background color:	White
	5 F45.p5x		Export Markers	Exp	port Tile Map Service Tiles		
_	Exit		Export Masks		>	Region	
Scale	Bars	Distance (m)	Export Texture			Setup boundaries:	140.682129 - 140.684868 X
Tota	Error		Export Panorama	[		Reset	36.866387 - 36.868451 Y
Co	ntrol scale		Export Orthophotos			<b>T</b> + 1 + (+)	
Ch	eck scale b		Undistort Photos			Total size (pix):	11622 × 10902
			Render Photos			✓ Write KML file	Write World file
						Write tile scheme	
						Compression	
						Image description:	
						TIFF compression:	LZW 👻
						JPEG guality:	90
						Write BigTIFF file	✓ Write alpha channel
						Generate TIFF overviews	
						Expor	rt Cancel

l

### V DCSM・DEM データの作成

「Global Mapper」を使い、次項の「V 樹頂点抽出・樹冠構造解析」に必要な DCSM (数値樹 冠表層モデル)データと DEM (数値標高モデル)データを作成する。Global Mapper 上での作業工 程は次の通りである。



- 1 元データの用意 (DEM)
  - ① 『航空レーザー測量データポータルサイト(https://www.sokugikyo.or.jp/laser/)』を 参照すれば、全国各地の高精度レーザー測量による DEM データの有無を確認できる。対象地 域の高精度 DEM データを確認出来ない場合は、全国を網羅している国土地理院の基盤地図情 報を参照する。



② 「基盤地図情報 ダウンロードサービス」から「基盤地図情報ビューア」をダウンロードし 解凍しておく (ZIP 形式)。

「基盤地図情報 ダウンロードサービス」(<u>https://fgd.gsi.go.jp/download/documents.html</u>)

2014/07/31以降提供	の基盤地図情報データのファイル名について	PDF形式:79KB	
2014/07/30以前提供	の基盤地図情報データのファイル名について	PDF形式:139KB	
ミソフトウェア	A		
基盤地図情報ビュー	Z ZIP形式:6.85MB 2018/07/26更新		
基盤地図情報ビュー 基本項目と数値標高ヲ	<mark>ア</mark> ZIP形式:6.85MB 2018/07/26 更新 デルの表示ソフトウェア		
基 <mark>盤地図情報ビュー</mark> 基本項目と数値標高日 Shape形式、拡張DM	Z ZIP形式:6.85MB 2018/07/26 更新 デルの表示ソフトウェア 形式等へのエクスポートも可能です		
基盤地図情報ピュー 基本項目と数値標高日 Shape形式、拡張DM ※簡易的な表示ソフト	Z ZIP形式:6.85MB 2018/07/26 更新 モデルの表示ソフトウェア 形式等へのエクスポートも可能です ・ウェアのため、大量のデータの表示・エクスポートはで	きません。	

③ 「基盤地図情報 ダウンロードサービス」から DEM データのダウンロードを行う。「数値標 高モデル」の「ファイル選択へ」をクリック。尚、ダウンロードにはアカウントを作成しロ グインする必要がある。

「基盤地図情報 ダウンロードサービス」(<u>https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php</u>)

ロード データの説明	利用者登録	各種資料	更新情報	お知らせ	利用規約	<u>ロジアウト 基本市</u> 使い方	FAQ	お問い
							1	
お知らせ								
2019/03/27 提供	データを整備・更新	「しました(数値	[標高モデル)					
2019/03/27 機能	改良したサ <mark>イ</mark> トを公	開しました。						
2019/02/20 <u>提供</u>	データを <u>整備・更</u> 新	<u>iしました(ジオ</u>	イド・モデル)					
							<u>#</u>	知らせー
ガウンロード								
272H-L								
ダウンロードしたい	基盤地図情報の「フ	ファイル選択へ」	ボタンをクリック	してください。				
ダウンロードしたい	基盤地図情報の「フ	ファイル選択へ」	ボタンをクリック	_てください。				
<del>ダウンロード</del> ダウンロードしたい 基盤地I	基盤地図情報の「フ 図 <b>情</b> 報	ファイル選択へ」	ボタンをクリック 基盤地図	してください。		基盤地図	]情報	1
ダウンロードしたい 基盤地( 基本)	基盤地図情報の「フ 図情報 項目	ファイル選択へ」	<sup>ボタンをクリック</sup> 基盤地図 数値標高・	してください。 情報 モ <i>デル</i>		基盤地図 ジオイド・	情報 ・モデル	
メッシュード ダウンロードしたい 基盤地( 基本: 過去のデータもダウ	基盤地図情報の「フ 図情報 項目 ンロードできます	7ァイル選択へ」	ボタンをクリック 基盤地図 数値標高: <sup>3</sup> まのデータはダウンロ	してください。 情報 モ <i>デル</i> コードできません		基盤地図 ジオイド・	l情報 ・モデル	
ダウンロードしたい 基盤地に 基本へ: 過去のデータもダウ	基盤地図情報の「フ 図情報 2頁目 ンロードできます	7ァイル選択へ」	ボタンをクリック 基盤地図 数値標高・ sto データはダウンロ	してください。 情報 モ <i>デル</i> コードできません		基盤地図 ジオイド・	情報 ・モデル	
ダウンロードしたい 基盤地 基本 38まのデータもダウ ファイル	基盤地図情報の「フ 図情報 項目 ンロードできます 選択へ	7ァイル選択へ」 *	ボタンをクリック 基盤地図 数値標高・ stoデータはダウンロ ファイル影	してください。 情報 モ <i>デ<sup>*</sup>ル</i> aードできません 訳へ		基盤地図 ジオイド・ ファイル	l情報 モデル 選択へ	
メンイロード ダウンロードしたい 基盤地 基本 : : : : : : : : : : : : : : : : : :	基金地図情報の「オ 図情報 頁目 ンロードできます 選択へ 20世現	ファイル選択へ」	ボタンをクリック 基盤地図 数値標高: ファイル& デークの)	してください。 情報 モデル aードできません 設 <mark>沢へ</mark> <sup>2</sup> 5月		基盤地図 ジオイド・ ファイル データの	)情報 モデル 選択へ 囲 <sup>田</sup> の	
メッシュート ダウンロードしたい 基盤地 基本 ジウンロードしたい	基単地図情報の「ブ 図情報 頁目 ンロードできます 選択へ 2世現	ファイル選択へ」	ボタンをクリック 基盤地図 数値標高: <u>ファイルズ</u> データの	してください。 情報 モ <b>デ・ル</b> ロードできません <u>説明</u>		基盤地図 ジオイド・ ファイル データの1	情報     モデル         	
メッシュート ダウンロードしたい 基盤地 基本: 過去のデータもダウ ファイル データの	基盤地図情報の「オ 図情報 夏日 ンロードできます 選択へ D1088	7ァイル選択へ」	ボタンをクリック 基盤地図 数値標高: <u>ファイル炎</u> データの	してください。 情報 モデル aードできません 説 <mark>状へ</mark> <sup>送明</sup>	-	基盤地図 ジオイド・ ファイル データの	情報   モデル  選択へ   週 <sub>0</sub>	
	基盤地図情報の「オ 図情報 項目 ンロードできます 選択へ D1003 ロードサービスは、	7 アイル選択へ」	ボタンをクリック 基盤地図 数値標高: まのデータはダウンロ <u>テータの</u> :**。	してください。 情報 モデル aードできません 説れへ <u>党明</u>	-	基盤地図 ジオイド・ ファイル データの話	情報   モデル  選択へ     <sup>     </sup> 0	
メファトロード ダウンロードしたい 基盤地 基本: 過去のデータもダウ ファイル データの 基盤地図情報ダウン IDとパスワードをお	<ul> <li>基盤地図情報の「オ</li> <li>図情報</li> <li>頁目</li> <li>&gt;ロードできます</li> <li>選択へ</li> <li>D103</li> <li>ロードサービスは、</li> <li>持ちでない方は、</li> </ul>	7 テイル選択へ」 3 利用者登録制で 6現登録句でお礼	ボタンをクリック 基盤地図 数値標高: まのデータはダウンロ テータの データの です。 肌いいたします。	してください。 情報 モ <i>デル</i> aードできません <b>説</b>		基盤地図 ジオイド・ ファイル: データの	]情報 ・モデル 選択へ <sup>- 囲</sup> Ω	

④ 検索条件指定を「5A」にし、表示された地図上で必要な地域をクリック。「ダウンロードファイル確認へ」へ進み、「まとめてダウンロード」を実行すれば、必要なデータをダウンロードできる。尚、地域によっては「5A」のデータが存在しない場合もある。その際は、検索条件指定を「5B」「5C」……の順に変更してダウンロードしなおす。



(C) 2017 国土地理院

⑤ 基盤地図情報ビューアを起動し、「ファイル」→「新規プロジェクト作成」を実行し、④で ダウンロードしたデータを「追加」し「OK」をクリックする。

- 基盤地図情報ビューア				- 🗆 🗙
ファイル(F) 設定(L) 表示(V) 属	性(A) 計測(R) エクスポート(E) ヘルプ(H)			
	地図 情報 基盤地図	青報		基盤地図情報ビューア Version 4,00
		新規プロジェクト作成	×	
●□市町村の町若しくは字の境界…		このプロジェクトのタイトル	or or	
一日日本の他		PARAMETER DESIGNATION DE LA CONTRACTION DE LA CONTRACTICA CONTRACTICA DE LA CONTRACT	* ++>/1/1	
		EBかどとなアイル DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一半FG-OML-58027F-Com-50771001-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一半FG-OML-58027F-Com-50% 2017101-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-Com-50% 2017101-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-Com-50% 2017101-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-Com-50% 201710101-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-Com-50% 2017101-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-5017F0101-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-5017F0101-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-5017F0101-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-5017F0101-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-5017F0101-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-5017F0101-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-5017F0101-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-5017F0101-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-5017F0101-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-7018071F0-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-7018071F0-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-7018071F01-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-7018071F0-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-7018071F0-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が一+FG-OML-58027F-OMC-7018071F0-001.xml DVUlsee+if*IDDPackacy#Fit (L72#)が Fit Box Fit B	1870. НТВ У-СТАРР Сем (1755)	-
				基盤地図情報が 国土の未来を築きます

⑥ 「エクスポート」→「標高メッシュをシェープファイルへ出力」を実行し、任意の場所に シャープファイル化した DEM データを出力する。



- 2 データの読み込み
  - ① Global Mapper を立ち上げ、PhotoScan で作成した点群データ(テキストファイル)を読み 込む。設定される表示項目はデフォルトが基本となるが、以前の操作によって項目が変更さ れている場合もあるので注意が必要である。

Generic ASCII Text File Import Options (B1test.txt)		X Select Projection for B1test.txt
Import Type Point Chy (All Features are Points) Point, Line, and Area Features Area Ohn) (All Features are Polygons / TINs) Elevation Grid from 3D Point Data Lidar Point Cloud (3D Points + Optional Intensity/Color) Confecto Data	Coordinate Delimiter Select the characters that are used to separate the coordinates in a coordinate line from the file. Select the Auto-Detect option if you are not sure. O Auto-Detect option if you are not sure. O Auto-Detect option if you are not sure. H O Space or tab O Tab Feature Classification	DK Projection Projection: Geographic (Latitude/Longitude) Load From File Save To File
Coordinate Dider: X / Easting / Longitude Coordinate First Coordinate Format: Default (Decimal or Separated) Coordinate Layout Fields to Skip at Start of Line: Rows to Skip at Start of File: Coordinate Line Petix Coordinate Line Petix © None. Coordinates appear immediately at the start of any © None. Coordinates begin with the text sting specified below. Cordinate lines begin with the text sting specified below. Cordinate lines begin with the text sting specified below. Cordinate lines begin accordinate line Cordinate lines begin accordinate line Cordinate lines begin accordinate line Cordinate lines Cordinate Segin with the text sting specified below. Cordinate lines Cordinate lines Cordinate line Segin accordinate line Cordinate line Segin accordinate line Segin accordinate line Segin accordinate line Segin accordinate line Segin acco	Assign Loaded Alera Features the Classification: Unknown Area Type Assign Loaded Line Features the Classification: Unclassified Line Features the Classification: Unclassified Line Feature Assign Loaded Lida Samples the Classification: Unknown Point Feature Assign Loaded Lida Samples the Classification: Unclassified Lida Samples the Classified Lida Samples th	Search by EPSG Code Zone: Datum: WGS84
Select Coordinate Offset/Scale	Treat coodinate values 4-9 as fly-through path data Break Line/Area Features on Change in Field 3 Break Field is Pen Up/Down (0/1) Create Areas from Closed Lines	CENTRAL LONGITUDE 0 Use Selected Projection for All Selected Files

 ② 「Tools」→「Configure...」を実行し、座標系を設定する。表示された設定項目の中で 「Projection」を選び、Projection・Zone・Datum を各地域や作業目的にあわせたものに変 更する。

apper v2	0.0 (b	092518) [64-bit] - REGISTERE	U			
View	Tools	Analysis Layer Search	GPS Help	General	n	~
-	to	Zoom	Alt+Z	🗎 Vector Display	Projection:	
	m		7	Display Options	Japanese Projection System	~
ا پ 🤤	2)	Pan (Grab-and-Drag)	Alt+G	Area Styles	Load From File Save To File.	
v RGB/E	<i>?</i>	Measure	Alt+M	<ul> <li>Line Styles</li> <li>Vertical Options</li> </ul>	Search by EPSG Code	
(1 Lave	0	Feature Info	Alt+P	Shader Options	Zone:	
5 <b>कि</b> न		Path Profile/LOS	Alt+L	<ul> <li>Lidar</li> <li>Feature Templates</li> </ul>	Datum:	
ent Wo		View Shed	Alt+V	<ul> <li>GPS Options</li> <li>Projection</li> </ul>	JGD2000 (JAPAN)	✓ Add Datum
31test.t		Digitizer	Alt+D	<ul> <li>3D View Properties</li> </ul>	Planar Units:	
	<i>.</i>	Digitizei	AILTD		METERS	~
		Image Swipe			Attribute	Value
		Coordinate Converter			CENTRAL MERIDIAN SCALE FACTOR	0.999900000
		coordinate converteri			CENTRAL MERIDIAN	139.8333333
		Control Center	Alt+C			36.0000000
		Connection Manager			FALSE NORTHING (m)	0
1	2	Configure				
Į		Map Layout Editor				
Ļ						
					OK Cancel A	pply Help

 「Analysis」→「Create Elevation Grid from 3D Vector/Lidar Data...」を実行し、DCSM データを作成する。表示される設定項目は、まず「Grid Options」のタブにおいて、X-axis・ Y-axisをそれぞれ「0.1」に(10 cm刻みの DCSM データを作成する)。「Tight — Loose」のつ まみを左端へ設定する。次に「Grid Bounds」のタブにおいて「Current Projection」を有効 にし、四つの数値を全て整数にする(後の解析におけるエラー回避のため、小数点以下を削 除)。

0.0 (b092518) [64-bit] - REGISTERED					
Tools	Analy	ysis Layer Search GPS Help			
2		Create Elevation Grid from 3D Vector/Lidar Data			
Set up	*	Combine/Compare Terrain Layers			
lev		Count Overlapping Raster/Terrain/View Shed Layers			
s) —		Generate Contours (from Terrain Grid)			
Kennen		Generate Contours (from TIN Areas)			

d Options Tiling Grid Bounds Description B1test.txt Tertical Units METERS Grid Spacing Automatically Determine Optimal Grid Spacing Automatically Determine Optimal Grid Spacing Manually Specify the Grid Spacing to Use X-axis: 0.1 meters Y-axis: 0.1 meters Y-axis: 0.1 meters Hy optimist the change the ground units that the resolution is specified in, you need to change the current projection on the Projection tab of the Configuration dialog. Elevation Grid "No Data" Distance Criteria [0.5] This setting controls how far from a known data point that an elevation grid cell has to be before it is considered invalid. The	Grid Options       Tiling       Grid Bounds         O All Loaded Data       Draw a Box         O All Data Visible On Screen       Use Layer Bounds         O Lat/Lon (Degrees)       Use Layer Bounds         North       36.8682594617492       140.682153452819         South       36.866455540376       140.684773607067         East       Image: Current Projection (Japanese Projection System - meters)         North       96674       75680         South       96476       75911	
Description B Itest.txt Mertical Units METERS Grid Spacing Automatically Determine Optimal Grid Spacing Munually Specify the Grid Spacing to Use X-axis: 0.1 meters Y-axis: 0.1 meters If you mish to change the ground units that the resolution is specified in, you need to change the current projection on the Projection tab of the Configuration dialog. Elevation Grid "No Data" Distance Criteria [0.5] This setting controls how far from a known data point that an elevation grid cell has to be before it is considered invalid. The	<ul> <li>All Loaded Data</li> <li>All Data Visible On Screen</li> <li>Lat/Lon (Degrees)</li> <li>North 36.8682594617492</li> <li>South 36.866455540376</li> <li>140.684773607067</li> <li>East</li> <li>Current Projection (Japanese Projection System - meters)</li> <li>North 96674</li> <li>75680</li> <li>West</li> <li>South 96476</li> <li>75911</li> <li>East</li> </ul>	
METERS          Grid Spacing       Automatically Determine Optimal Grid Spacing         Manually Specify the Grid Spacing to Use         X-axis:       0.1         meters         Y-axis:       0.1         meters         From mish to shange the ground units that the resolution is specified in, you need to change the current projection on the Projection tab of the Configuration dialog.         Elevation Grid "No Data" Distance Criteria [0.5]         This setting controls how far from a known data point that an elevation grid cell has to be before it is considered invalid. The	Ose Layer Bounds           O Lat/Lon (Degrees)           North         36.8682594617492           140.682153452819         West           South         36.866455540376           140.684773607067         East           O Current Projection (Japanese Projection System - meters)           North         96674           75680         West           South         96476	
Grid Spacing Automatically Determine Optimal Grid Spacing Manually Specify the Grid Spacing to Use X-axis: 0.1 meters Y-axis: 0.1 meters Hy Joanniah to change the ground units that the resolution is specified in, you need to change the current projection on the Projection tab of the Configuration dialog. Elevation Grid "No Data" Distance Criteria [0.5] This setting controls how far from a known data point that an elevation grid cell has to be before it is considered invalid. The	North         36.8682594617492         140.682153452819         West           South         36.866455540376         140.684773607067         East           Image: Current Projection (Japanese Projection System - meters)         North         96674         75680         West           South         96476         75911         East	
Automatically Determine Optimal Grid Spacing     Manually Specify the Grid Spacing to Use     X-axis: 0.1 meters     Y-axis: 0.1 meters     If you mish to change the ground units that the resolution is     specified in, you need to change the current projection on the     Projection tab of the Configuration dialog.     Elevation Grid "No Data" Distance Criteria [0.5]     This setting controls how far from a known data point that an     elevation grid cell has to be before it is considered invalid. The	South       36.866455540376       140.684773607067       East <ul> <li>Current Projection (Japanese Projection System - meters)</li> <li>North</li> <li>96674</li> <li>75680</li> <li>West</li> <li>South</li> <li>96476</li> <li>75911</li> <li>East</li> </ul>	
X-axis:       0.1       meters         Y-axis:       0.1       meters         If your mish to change the ground units that the resolution is specified in, you need to change the current projection on the Projection tab of the Configuration dialog.         Elevation Grid "No Data" Distance Criteria [0.5]         This setting controls how far from a known data point that an elevation grid cell has to be before it is considered invalid. The	Ourrent Projection (Japanese Projection System - meters)       North     96674       South     96476       75911     East	
X-axis:       0.1       meters         Y-axis:       0.1       meters         If you wish to change the ground units that the resolution is specified in, you need to change the current projection on the Projection tab of the Configuration dialog.         Elevation Grid "No Data" Distance Criteria [0.5]         This setting controls how far from a known data point that an elevation grid cell has to be before it is considered invalid. The	(•) Current Projection (Japanese Projection System - meters)       North     96674       South     96476       75911     East	
Y-axis: 0.1 meters If you nish to change the ground units that the resolution is specified in, you need to change the current projection on the Projection tab of the Configuration dialog. Elevation Grid "No Data" Distance Criteria [0.5] This setting controls how far from a known data point that an elevation grid cell has to be before it is considered invalid. The	North         96674         75680         West           South         96476         75911         East	
If you mish to change the ground units that the resolution is specified in, you need to change the current projection on the Projection tab of the Configuration dialog. Elevation Grid "No Data" Distance Criteria [0.5] This setting controls how far from a known data point that an elevation grid cell has to be before it is considered invalid. The	South 96476 75911 East	
Projection tab of the Configuration dialog. Elevation Grid "No Data" Distance Criteria [0.5] This setting controls how far from a known data point that an elevation grid cell has to be before it is considered invalid. The		
Elevation Grid "No Data" Distance Criteria [0.5] This setting controls how far from a known data point that an elevation grid cell has to be before it is considered invalid. The	O Corper w/ Size - Current Projection (Japanese Projection Syst	
This setting controls how far from a known data point that an elevation grid cell has to be before it is considered invalid. The		
default setting assumes all grid points are valid. Lower values	North         500741540151230         730000227050231         West           Width         231.867357377254         Height         198.128297641786	
make the valid grid stay tighter around known data points.	O MGRS (Military Grid Reference System) Bounds	
	Top Left 54 S VF 71670 80305	
Tight Loose	54 S.VE 71003 00104	
-3D Area/Line Features as Breaklines (Hard Edge)	54 S VF 71903 80104 Bottom Right	
tten 3D Area Features	<ul> <li>Crop to Selected Area Feature(s)</li> </ul>	
ber 3D Area Features Using Curve Value:		
Save Triangulation Network (TIN) as a Vector Laver	Reset to Last Exported Bounds	
Heights Relative to Ground (Using Loaded Grid Layers)		
Fill Entire Bounding Box Instead of Just Inside Convex Hull		
Export Grids Directly to Global Mapper Grid Files Rather Than Displaying in the Main Map View. Use with Gridding Tab options		
to Allow Gridding of Very Large Data Sets		
		- las

② 画面左、レイヤーのチェックボックスを操作し、作成された DCSM データを確認する。この とき、作成済みのオルソ画像を読み込ませると、地上点群が上手く除外されているか判別で きる。地上点群の誤りが多いと判断した場合は、PhotoScan に戻り設定変更して該当の工程 をやり直す。



 ③ DCSM データの出力を行う。レイヤーのチェックボックスを操作し、DCSM データのみを表示 する状態にした後、「File」→「Export」→「Export Elevation Grid Format...」を実行す



④ 出力形式はイメージファイルを選択。表示される設定項目は、「Erdas Imagine Export」タブにおいて「Elevation (32bit floating~)」を選択し、X-axis・Y-axis をそれぞれ「0.1」へ。「Export Bounds」タブにおいて「Current Projection」の項目を整数にする。

Che l'and a familie d'anne de	
Select Export Format	×
Select the format to export your loaded data to. See http://www.bluemarblegeo.com/products/global-mapper-formats.php for information on the available formats.	
Erdas Imagine File	
OK Cancel	
Erdast ine Export Options X	X Erdas Imagine Export Options X
Erdas Imagine Export Tiling Export Bounds	Erdas Imagine Export Tiling Export Bounds
File Type	O All Loaded Data Draw a Box
O 8-bit Palette Image	All Data Visible On Screen     Use Laver Bounds
<ul> <li>Elevation (16 bit integer samples)</li> </ul>	O Lat/Lon (Degrees)
Elevation (32 bit floating point samples)	North 36.868250889724 140.682152544701 West
Palette	South 36.8664472850098 140.684764089868 East
	Current Projection (Japanese Projection System - meters)
Vertical Units METERS	North 96673 75679 West
Sample Spacing	South 96475 75911 Fast
X-axis: 0.1 meters	
Y-axis: 0.1 meters	North         96673.9882528728         75679.95         West
Always Generate Square Pixels	Width 231.10000000006 Height 198.10000000006
If you wish to change the ground units that the spacing is specified in, you need to change the current	MGRS (Military Grid Reference System) Bounds
projection by going to Config->Projection.	Top Left 54 S VF 71670 80304
Click Here to Calculate Spacing in Other Units	54 S VE 71902 80103
Save Map Layout (Scale/Margins/Grid/Legend/etc.)	Count to Selected Area Enter(c)
Save Vector Data if Displayed	Crop to selected Area Peature(s)
Create Compressed File	
Add Overview (Pyramid) Layers	Reset to Last Exported Bounds
Block Size (Advanced Users Only): 64	
Cancer Appiy Help	Cancer Appry Help

⑤ 不要なレイヤーを除外し、点群を読み込んだだけの状態に戻す。X-axis・Y-axisの設定を「0.5」に変更して、工程①~④を再び行い。0.5m 刻みの DCSM データも出力する。



 ⑥ DEM データに関しても工程①~⑤を行い、「0.1m」と「0.5m」の2種類のDEM データを作成 する。ただし、工程①において「Tight — Loose」のつまみを「Distance Criteria」が「15」 程度になるよう調整する。DEM データは隙間が埋まるように生成する必要があり、失敗した 場合は更に値を大きくする(つまみを右へ寄せていく)

Grid Options     Tiling     Grid Bounds       Description     09gf781_g1.txt       Vertical Units     METERS       Grid Spacing     O Automatically Determine Optimal Grid Spacing					
Description 09gf781_g1.txt Vertical Units METERS Grid Spacing O Automatically Determine Optimal Grid Spacing					
Vertical Units METERS  Grid Spacing O Automatically Determine Optimal Grid Spacing					
Grid Spacing O Automatically Determine Optimal Grid Spacing					
Automatically Determine Optimal Grid Spacing					
Manually Specify the Grid Spacing to Use					
X-axis: 0.1 meters					
Y-axis: 0.1 meters					
If you wish to change the ground units that the resolution is specified in, you need to change the current projection on the Projection tab of the Configuration dialog.					
Elevation Grid "No Data" Distance Criteria [15.0]					
This setting controls how far from a known data point that an elevation grid cell has to be before it is considered invalid. The default setting assumes all grid points are valid. Lower values make the valid grid stay tighter around known data points.					
Tight Loose					
<ul> <li>Use 3D Area/Line Feature as Breaklines (Hard Edge)</li> <li>Flatten 3D Area Feature</li> <li>Taper 3D Area Features using Curve Value:</li> <li>Ignore Zero Elevations</li> <li>Save Triangulation Network (TIN) as a Vector Layer</li> <li>Heights Relative to Ground (Using Loaded Grid Layers)</li> <li>Fill Entire Bounding Box Instead of Just Inside Convex Hull Export Grids Directly to Global Mapper Grid Files Rather Than</li> <li>Displaying in the Main Map View. Use with Gridding Tab options to Allow Gridding of Very Large Data Sets</li> </ul>					
OK Cancel Apply Help					



【DEM 成功例】



「Arc GIS」を使い、前項で作成した DCSM・DEM データから樹頂点の抽出と樹冠構造の解析を行う。この際、「ArcGIS Spetial Analyst エクステンション」で利用可能な機能を使用する。ArcGIS 上での作業工程は次の通りである。



### 1 データの読み込み (DCHM データの作成)

前項で作成した 0.1mDCSM、0.5mDCSM、0.1mDEM、0.5mDEMの四つのファイルを ArcGIS に読み込む。尚、ファイルによっては「ピラミッド構築」に関するメッセージがでるので「はい」を選択する。

B1testDSM10.img (2321 x 1981) のビラミッド構築 ×					
このラスター データ ソースはピラミッド構造を持っていないか、 ピラミッド構造が不十分です。 ピラミッド 構造により異なる解像度において高速な表示を行ないます。					
ピラミッドの構築には時間がかかる場合があります。 ピラミッドを構築しますか?					
<u>ピラミッドについて</u> (はい(Y)	いいえ(N) キャンセル(C)				
ピラミッド リサンプリング手法	最近隣内挿法 🗸 🗸				
ピラミッドの圧縮タイプ	デフォルト 🗸				
圧縮品質	75				
□ 今後、この設定を使用してこのダイアログを表示しない(U)					
② 「ラスター演算」を使って DCHM データを出力する。「Arc Toolbox」→「Spatial Analyst ツール」→「マップ代数演算」→「ラスター演算」。もしくは「ラスター 演算」等のキーワ ードで「検索」を行う。「Arc Toolbox」及び「検索」は、「ジオプロセッシング」の中にある が、設定でツールバーやウィンドウ側面に固定表示が可能である。





 ③ ラスター演算の操作画面で、「"DCSM データ"-"DEM データ"」の数式を図のように入力し、 DCHM データを出力する。このとき出力名には「.img」の拡張子を入力すること。これは 0.1m・ 0.5m それぞれで行う(DCHM データを二つ作成する)。

ArcGIS での作業においては、意図しない形式で保存されるのを防ぐため、拡張子は 毎回入力することを推奨する。また、計算式を間違えた等、同名のファイルを作り直し たい場合は、ArcGIS 上から削除し、PC 上に保存されている元ファイルも削除した上で 再度出力すること(上書きはエラーとなる場合が多い)

べ ラスター演算 (Raster Calculator) ー		×
マップ代数演算式 →数式入力操作パネル(手入力省略可)		~
レイヤーと変数       条件         ◆ B1testDSM10.img       7       8       9       / ==       !=       & Con         ◆ B1testDSM50.img       4       5       6       * >>       !       Pick         ◆ B10DEM.img       4       5       6       * >>       !       !       !         ◆ B50DEM.img       1       2       3       -       < <=		
『BltestDSM10img"-"Bl0DEMimg" ←入力された数式("0.1mDCSM"-"0.1mDEM")		
出力ラスター D¥Users¥jff00¥Desktop¥B1test¥B1DCHM10.img	Ē	3
↑保存場所と出力名の指定		
		~
OK キャンセル 環境 へ	ルプを表示	: >>

"BltestDSM50.img"-"B50DEM.img"	
出力ラスター	←0.5mに関しても同様に
D:¥Users¥jff00¥Desktop¥B1test¥B1DCHM50.img	

GCP によって緯度経度・標高を補正した精度の高い DCSM データと、高精度の DEM デー タを用意できた場合のみ、以後の解析によって得られた樹頂点に関連づけられたこの差 分(DCHM)の値を樹高と見なすことが可能になる

## 2 樹頂点抽出

 ① 0.1mDCHM データに対して、「フォーカル統計」機能を使い、平滑化処理を行う。「入力ラス ター」に先ほど出力した 0.1mDCHM データを指定。高さ・幅のセルをそれぞれ「5」とする。 「統計情報の種類(オプション)」は「MEAN」を指定。尚、出力名に関しては、頭に「fi15」 (平滑化→フィルタ→fi1、設定値=5の意)をつける等、実施した作業内容に応じた名前を つけていくと整理しやすい。



🔨 フォーカル統計 (Focal Statistics)	-		×
Aフラスター B1DCHM10.img ← 0. 1mDCSM		•	<u>*</u>
出力ラスター D¥Users¥jff00¥Desktop¥B1test¥fil5B1DCHM10.img			<u> -</u>
近傍解析 (オプション) ↑保存場所と出力名の指定			
近傍範囲の設定 高さ: 5 幅: 5 単位: ●セル ○マップ			
統計情報の種類(オブション) MEAN ☑計算時に NoData を除外(オブション)			~

② 再び「フォーカル統計」機能を使う。「入力ラスター」に①で出力した平滑化済み 0.1mDCHM データを指定。高さ・幅のセルを「6」。統計情報の種類(オプション)を「MAXIMUM」に設定 する。

≪ フォーカル統計 (Focal Statistics)	_		×
人力ラスター fil5B1DCHM10.img ←平滑化した 0.1mDCSM		<b>.</b>	<u>^</u>
出力ラスター D:¥Users¥jff00¥Desktop¥B1test¥focal56B1DCHM10.img		6	3
近傍解研 (オブション) ● 保存場所と出力名の指定 ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●			

 ③ ラスター演算を使い「Con ("平滑化+フォーカル統計 0.1mDCHM データ"=="平滑化 0.1mDCHM データ",1,0)」を実行する。これにより樹頂点が抽出される。

🔨 ラスター演算 (Raster Calculator)		_		×
マップ代数演算式 レイヤーと変数 今 focal56B1DCHM10.img 今 fil5B1DCHM10.img 今 B1DCHM50.img 今 B1DCHM10.img 今 B1DCHM10.img 今 B1testDSM10.img 今 B1testDSM50.img	7       8       9       /       ==       !=       &         4       5       6       *       >       >=                 1       2       3       -       <	条件 Con Pick SetNull 算術演算 Abs Exp		
Con("focal56B1DCHM10.img" == "	fil5B1DCHM10.img <sup>*</sup> ,1,0) ←Con 数式を入力			
出力ラスター D¥Users¥jff00¥Desktop¥B1test¥co	onB1DCHM10.img		6	3
↑保存場所と	出力名の指定			

 ④ 「ラスター→ポイント」機能を使い、③で出力したデータをシェープファイルに変換する (出力名の拡張子に「.shp」を指定)。

検索 2 >		
<table-cell-rows> 🔶 🏠 🌫 🔲 🚽 ローカル検索 💦 🗸</table-cell-rows>		
オペて         ミッジ         ディ         イメージ           ラスタ         ポイント         ×         Q		
<u>すべての範囲</u> マ		
<u>検索結果: 57 アイテム</u> ▼ <u>並べ巻え</u> ▼ うスター → マルチボイント (Raster To Mu Z 値にラスター セルの値が反映される 3D マル ツールポックス\システム ツールポックス\3d a		
ペ ポイント → ラスター (Point to Raster) ( ポイント フィーチャをラスター データセットに ツールボックス\システム ツールボックス\conv		
ベ ラスター → ボイント (Raster to Point) (	ペ ラスター → ポイント (Raster to Point) —	
▼ラスター データセットをポイント フィーチャに ツールボックス\システム ツールボックス\conv	٨, א א א א א א א א א א א א א א א א א א א	^
タイ ボイントの計算 (Compute Tie Points 重なり合うモザイク データセット アイテム間の リレールギックコンスコン(レルールギックコン) オート	Con 数式で作成したテータ	- 🖻
タールバックス、システム タールバックス (data	Value	~
	出力ポイントフィーチャ	
	D.¥Users¥jff00¥Desktop¥B1test¥topB1.shp	
	↑保存場所と出力名 ( shn)の指定	
		~
	OK キャンセル 環境 ヘノ	ルプを表示 >>

⑤ 出力したシェープファイルは、画面左の「コンテンツ」→「マップレイヤー」に追加されている(「コンテンツ」が表示されていない場合は、ツールバーの「ウィンドウ」→「コンテンツ」)。これを右クリックし「属性テーブルを開く」を実行する。開かれたテーブルにおいて「属性検索」を実行し、「"grid\_code"=1」と指定して適用させる。すると、樹頂点部分のみを青く表示(選択)した状態にできる。



-	ブル						
0 0	-   E	a - I 🖬 🕷		ĸ			
o	oB1	屋橋	+				
	FID	Shap.	pom tid	grid_c	ode		
	0	Point	1		0		
_	1	Point	2				
-	2	Point	3				
-	4	Point	5				
-	5	Point	6		属性検索		×
	6	Point	7				
	7	Point	8		] テーブル ウィンド	ו-בעומל	・ドを選択するために WHERE 句を入力してください
	8	Point	9		222+o-+->+.	****	
_	9	Point	10		湛扒方法:	新規選択	代セットの作成 ~
_	10	Point	11		"FID"		•
-	12	Point	13		"pointid"		
-	13	Point	14		"grid code"		
					= <> > > = < < = _ % () Is In SELECT * FRO "grid_code"=1 ↑ '	Like And Or Not Not State Stat	e d d n t t l l l (個別(値の取得(V) 移動(G): l WHERE: d_code" =1 を入力
						確認	R(Y) ヘルブ(H) 読み込み(D) (保存(\/)



適用

閉じる





⑥ 樹頂点を選択した状態で、改めて④で出力したシェープファイルを右クリックし「データのエクスポート」を実行。樹頂点のみのシェープファイルを出力する。設定では、「選択フィーチャ」「データフレームと同じ座標系」を指定し、シェープファイルで保存する。 「マップにレイヤーとしてエクスポートデータを追加しますか?」には「はい」を実行。



この時点で④で出力したシェープファイルや Con を実行して出力されたデータは表示する必要がなくなる。以降、このような表示不要となったデータは、動作軽減のために随時非表示を推奨する(「コンテンツ」内でチェックボックスを外す)。

⑦ 「複数の抽出値→ポイント」機能を使い、樹頂点データからノイズを除去する。「入力ポイントフィーチャ」に、⑥で出力したデータを指定。入力ラスターに 0.1mDCHM のイメージファイルを指定する。これにより、DCHM データが存在しない部分(樹冠でない部分)に抽出された樹頂点を分類することができる。

検索		+ ×			
< 🔶 🏠 🧶 🗄	▼ 口-力ル検索	~			
すべて <u>マップ</u> <u>デー</u>	<u>y y-ll 1x-y</u>	~			
複数の抽出	×Q				
<u>すべての範囲</u> ▼					
<u>検索結果: 1 アイテム</u> ▼	<u>並べ替</u> え	₹.▼			
<u> 複数の抽出値→7</u> 1 つい上のラフター	ドイント (Extract Multi	<u>V</u>			
ツールボックス\シス	ステム ツールボックス\spa	ati			
<ul> <li>✓ 複数の抽出値 → ポイント     </li> </ul>	(Extract Multi Values to Point	te)			×
入力ポイントフィーチャ	←⑥で出力した	樹頂点データ			, ^
BlOutput スカラフター	)			<b>_</b>	
52.9-		出力フィールド名		+	1
B1DCHM10.img		B1DCHM10			1
0. 1mDCl	Ⅲ を指定			1	1
				+	
				>	
	→/ズ 小挿(オノンヨン)				
					~
	ОК	キャンセル	環境	ヘルプを表示し	>>

⑧ 再度「データのエクスポート」を行う。これは、ArcGIS 上の処理において、⑦のようにデータに操作を加えた後、連続して操作すると、以後の「データのエクスポート」がエラーで実行されない場合があるため。

データのエクスポート	×
エクスポート: すべてのフィーチャを指定	*
座標系の選択	
○ レイヤーのソース データと同じ座標系	
◎ データ フレームと同じ座標系	
○エクスポート先のフィーチャ データセットと同じ座標系 (エクスポート先がジオデータベース内のフィーチャ データセットである場合(このみ有効)	
出力フィーチャクラス:	ר
D:¥Users¥jff00¥Desktop¥B1test¥B1Output2.shp	
▲ 休存場所と出力名(.shp)の指定	

 ③ ⑧で出力したデータの属性テーブルを開くと新たな項目が追加されており(ここでは B1DCHM10)、この項目が「-9999」となっているものがノイズ(DCHM データが存在しない) である。属性検索で「"新たな項目"=-9999」を指定した後、「選択セットの切り替え」を実 行し、それらを除外した選択状態にする。



⑩ ⑨の選択状態で、「データのエクスポート」を行う。

データのエクスポート	×
エクスポート: 選択フィーチャ 選択フィーチャを指定 ~	
座標系の選択	
○ レイヤーのソース データと同じ座標系	
● データフレームと同じ座標系	
○エクスポート先のフィーチャ データセットと同じ座標系 (エクスポート先がジオデータベース内のフィーチャ データセットである場合にのみ有効)	
出力フィーチャクラス:	
D:¥Users¥jff00¥Desktop¥B1test¥B1Output3.shp	J

 ① 「高度な可視領域」機能を使ってノイズの除去を行う。「入力ラスター」には 0.5mDCHM デ ータを指定。「入力観測ポイント〜」には、⑩で出力したファイルを指定する。「出力ラスタ



「る度な可視領域 (Visibility) –		2	×
入力ラスター BIDCHM50img 入力観測ポイント、またはライン フィーチャ	•	ė	^
		2	
D:¥Users¥jff00¥Desktop¥B1test¥topB1DCHM.img		<b>B</b>	
出力 AGL (地上レベル) ラスター (オブション) ↑ 保存場所と出力名 (.img)の指定		<b>6</b>	
解析タイプ (オブション) FREQUENCY		~	
□ 不可視のセルには NoData を使用 (オブション)			
- Z 値の倍率 (オブション)		1	
しーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーーー			
屈折係数(オプション)		0.13	
◇ 観測点 パラメーター		0.10	~
OK キャンセル 環境… ヘノ	レプを表	眎≫	

 
 ⑩ 「複数の抽出値→ポイント」機能を使って⑩で出力したシェープファイルと⑪で出力した イメージファイルを組み合わせる。

べ 複数の抽出値 → ポイント (Extract Multi Values to Poin	its)	_		×
入力ポイント フィーチャ ┣10utput3	ープファイル		- e	^
入力ラスター 「				
ラスター ◆topB1DCHM.img	出力フィールド名 topB1DCHM		+ ×	
⑪で出力したイメージファイ	N		1	
<			>	
□ ポイントの位置で値を共一次内挿(オプション)				
				×
ОК	キャンセル 環境	A	ルプを表示	>>

13 12で出力したシェープファイルで「データのエクスポート」を行う。

データのエクスポート ×
すべてのフィーチャを指定 エクスポート: すべてのフィーチャ
座標系の選択
○ レイヤーのソース データと同じ座標系
●データフレームと同じ座標系
○エクスポート先のフィーチャ データセットと同じ座標系 (エクスポート先がジオデータベース内のフィーチャ データセットである場合にのみ有効)
田力フィーチャクラス:
D:¥Users¥jff00¥Desktop¥B1test¥B1Output4.shp
↑保存場所と出力名(.shp)の指定
OK キャンセル

 ④で出力したシェープファイルの属性テーブルを開き、新たに追加された項目(ここでは 「topB1DCHM」に関して「30未満」を除外して選択する(⑨と同様の操作)。



⑤ ⑭の選択した状態で「データのエクスポート」を行う。これがノイズを除去した樹頂点デ ータのシェープファイルとなる。



このとき、オルソ画像等と比較してノイズが多すぎる場合は、①・②の平滑化及び フォーカル統計の設定数値や⑭の除外数値を変更することで検出精度向上が可能であ る。しかし、立木密度やギャップの有無等様々な条件でその最適な数値は変化するの で注意が必要である。

また、樹頂点の抽出は 3D データである DCHM データから行われており、オルソ画像 上で明確に視認できるものであっても 3D データ上では抽出できない場合もあること に留意が必要である



●ノイズ除去前の樹頂点 ●ノイズ除去後の樹頂点

## 3 樹冠構造解析

 『「2,樹頂点抽出」の①』で平滑化した DCHM データに、「ラスター演算」を使い(-1)を 乗算し反転させる。

レイヤーと変数 topB1DCHM.img conB1DCHM10.img focal56B1DCHM10.img fil5B1DCHM10.img B1DCHM50.img B1DCHM50.img fil5B1DCHM10.img <sup>*</sup> *(-1)	"平滑	7 8 4 5 1 2 0 化した DCI	9 6 3	/ * + * (-1)	> < (	!= >= <= )	&   ~	条件 Con Pick SetNull 算術演算 Abs Exp	~
ビカラスター D:¥Users¥jff00¥Desktop¥B1test¥-fil5B1DCHM10.img									

② ①で出力したイメージファイルに「流向ラスターの作成」機能を実行する。

検索	+ ×				
< 🔶 🏠 🎅 🔚 👻 ローカル検	索 ~				
<b>すべて マップ</b> データ <u>ツール</u>	<u>x-5</u>				
流向	×Q				
<u>すべての範囲</u> ▼					
<u>************************************</u>	<u>#*##</u> =				
NIG 2 (10W DIFE D8、多重流向 (MFD)、または D-	infinity (DIN				
ツールボックス システム ツールボ	ックス\spati				
名セルについて、セルが流入する河	Distance) ( 川上の経路に				
ツールボックス\システム ツールボ	ックス\spati				
6					
~ 流向ラスターの作成 (Flow Direction)				_	<u> </u>
入力サーフェス ラスター	H +1 1 た イ メ	ージファイル			
-fil5B1DCHM10.img					- 🖻
出力流向ラスター					
D:¥Users¥jff00¥Desktop¥B1test¥flou	B1DCHM10.img				6
ニョンジにあるセルはすべて外側に流出	(オプション)	↑ 但友提訴と出力を	(img)	の指定	
   出力降下率ラスター(オブション)		体行物川と山川石	(. Img)		
					<b>6</b>
流向タイプ(オプション)					
D8					~

③ 「集水域ラスターの作成」機能を実行する。「入力流向ラスター」には②で作成したイメージファイルを指定。「流出点データ〜」には『「2,樹頂点抽出」の⑮』で出力した樹頂点データ。「流出点フィールド」には「FID」を指定する。

検索	÷×		
< 🔶 🏠 🗧 🗄	▼ 口-力ル検索 ~		
<b>すべて</b> <u>マップ</u> <u>データ</u> 集水域	<u>x Q</u>		
<u></u> 	前の韓ラ 👻		
「集水域ラスターの ラスター内のセルに ツールボックス、シス	作成 (Watershed) (Spat 対する <b>集水域</b> を決定します。 ペテム ツールボックス\spati		
第二、 すべての流域の形状 ツールボックス、シス	& (Dasin) (Spatial Analia) を表すラスターを作成します。 ミテム ツールボックス\spati		
🔨 集水域ラスターの作成	(Watershed)		- 🗆 X
入力流向ラスター flowB1DCHM10.img	←②で出力したイメー	-ジファイル	,
入力流向ラスター 「flowB1DCHM10.img 流出点データとして使用	←②で出力したイメー	ージファイル 樹頂点データ	
入力流向ラスター flowB1DCHM10.img 流出点データとして使用 B10utput5	←②で出力したイメー	ージファイル 樹頂点データ	
入力流向ラスター flowB1DCHM10.img 流出点データとして使用 B10utput5 流出点フィールド (オプシ	←②で出力したイメー する入力ラスター、またはフィーチャ シ ←FID 指定	-ジファイル 樹頂点データ	
入力流向ラスター 「flowB1DCHM10.img 流出点データとして使用 B10utput5 流出点フィールド(オプシ FID	←②で出力したイメー する入力ラスター、またはフィーチャ シ ←FID 指定	ージファイル ・樹頂点データ	
入力流向ラスター flowB1DCHM10.img 流出点データとして使用 B10utput5 流出点フィールド(オプシ FID 出力ラスター D:¥Users¥jff00¥Deskt	←②で出力したイメー する入力ラスター、またはフィーチャ → → FID 指定 op¥B1test¥waterB1DCHM10.img	ージファイル ・樹頂点データ	
入力流向ラスター flowB1DCHM10.img 流出点データとして使用 B10utput5 流出点フィールド(オプシ FID 出力ラスター D¥Users¥jff00¥Deskt	←②で出力したイメー する入力ラスター、またはフィーチャ → → ←FID 指定 op¥B1test¥waterB1DCHM10.img ↑ 保存場所と出力名(.	-ジファイル 樹頂点データ img)の指定	
入力流向ラスター flowB1DCHM10.img 流出点データとして使用 B10utput5 流出点フィールド(オプシ FID 出力ラスター D¥Users¥jff00¥Deskt	←②で出力したイメー する入力ラスター、またはフィーチャ → → → ←FID 指定 op¥B1test¥waterB1DCHM10.img ↑保存場所と出力名(.	ージファイル 樹頂点データ img)の指定	
入力流向ラスター flowB1DCHM10.img 流出点データとして使用 B10utput5 流出点フィールド(オプシ FID 出力ラスター D:¥Users¥jff00¥Deskt	←②で出力したイメー <sup>する入力ラスター、またはフィーチャ</sup> → <sup>32)</sup> ←FID 指定 op¥B1test¥waterB1DCHM10.img ↑保存場所と出力名(.	-ジファイル 樹頂点データ img)の指定	
入力流向ラスター flowB1DCHM10.img 流出点データとして使用 B1Output5 流出点フィールド(オプシ FID 出力ラスター D:¥Users¥jff00¥Deskt	←②で出力したイメー する入力ラスター、またはフィーチャ → → ←FID 指定 op¥B1test¥waterB1DCHM10.img ↑保存場所と出力名(.	-ジファイル 樹頂点データ img)の指定	

 ④ 出力されたイメージファイルが、各樹冠を図示したものになる。「コンテンツ」から該当を 右クリックし「プロパティ(レイヤープロパティ)」→「シンボル」→「個別値」を指定すれ ば視認しやすくなる。

レイヤー プロパティ			>
一般 ソース キー メタデー	9 範囲 表示 シンボル フィ	(ールド 属性の結合とリレート 時間	
表示(S): パントル場	各値に色を割り当ててまた	直します。	
世紀70 分類 ストレッチ 不連続カラー	-値フィールド		
	シンボ… <b>くセル値&gt;</b> くその他の値すべて>   く見出し>	<b>ラベル</b> <その他の値すべて>	デー ^
	0 1 2	0 1 2	43 57 360
	3 4 5	3 4 5	216 235 95 ¥
	すべての値を追加(U) デフォルト色(O)	(値を追加(V)	肖耶余
シンボルについて	カラーマップ(Q) ▼	NoData f	±(N)



⑤ 「ラスター→ポリゴン」機能を実行し、③で作成したイメージファイルをシェープファイル(.shp)に変換する。

検索			-12	×		
◆ ⇒ 🟠	2 🗄 🛨	口一力ル検索		~		
<b>すべて</b> <u>マッ</u> ラスタ ポリ <u>すべての範囲</u> 、	<u>ヹ <del>ヹ-</del>タ</u> ゴン	<u>۳–۲ ۲×-</u> ک	× Q	^		
<u>検索結果: 21 7</u> ベボリゴン ポリゴン ツールボッ	<u>?イテム</u> ▼ → ラスター フィーチャを ックス\システ	・(Polygon to ラスター データ ム ツールボック	並べ替え ▼ Raster) セットに ス\conv			
ラスター ラスター ラスター     シールボ     シー     シー	→ ボリゴン データセット ックス\システ	<sup>,</sup> (Raster to F をポリゴン フィ ム ツールボック	Polygon) ーチャに クス\conv			
ボリゴン 分断された ツールボッ	の集約 (Agg Eポリゴンお。 ックス\システ	pregate Poly よび隣接するポリ ム ツールボック	jons) ( リゴンを距 フス\cove			
ペ ボリゴン 頂点を指 いーリボ	<u>で抽出 (Ext</u> <sup>ヘ</sup> ラスター -	ract by Polyc + ポリゴン (Raster	to Polygon)		-	o x
	入力ラスタ・ waterB1D	- CHM10.img	<u>←3で</u> ।	出力したイメージファイル		
	フィールド ( Value	オブション)				×
	出力ポリゴ) D:¥Users <sup>3</sup>	ン フィーチャ ¥iff00¥Desktop¥	B1test¥cloudf	B1.sho		
	□ ポリゴン	・ 単純化(オプショ	ン)	↑保存場所と出力名(.shp)の指定		
	<u></u> マルチ/	የート フィーチャの1	乍成 (オプション	)		
	1 ポリゴン つ	フィーチャあたりの最	最大頂点数(オ	プジョン)		

⑥ ⑤で出力したシェープファイルの属性テーブルを開き「フィールドの追加」を行う。この際、タイプは「Double」を選択する。これを必要な項目数だけ繰り返す(本事例では樹冠投影面積(Sjukan)と樹冠長(Hjukan)の2項目)。

テーブル	l	
Ø9	検索と置換(D)	
<b>-</b>	属性検索(B)	
M	選択セットの解除(C)	<u> </u>
2	選択セットの切り替え(S)	フィールドの追加 ×
Y	すべて選択(A)	
	フィールドの追加(F)	名前(N): Sjukan
	すべてのフィールドを表示(フィールドの追加(E)	
<b>~</b>	フィールドのエイリアスを表	タイプ(T): Double
	テーブルの整理(R) 。	- フィールド プロパティ
	フィールドの幅をデフォルト値に戻す(U)	
	フィールド順序をデフォルトに戻す(O)	
	属性の結合とリレート(J) ▶	
	リレ−ションシップ(T) ►	
dh	グラフ作成(G)	
	レイアウトにテーブルを追加(L)	
2	キャッシュの再読み込み(H)	
e	印刷(P)	OK キャンセル
	レポート(E)	
	エクスポート(X)	
	表示設定(N)	

⑦ 樹冠投影面積用に追加したフィールドを右クリックし、「ジオメトリ演算」を実行する。これによって得られた値が、各樹冠の投影面積である。

テーブル		
	「「右クリック」	
Pohron 1 1		
1 Polygon 2 0		
2 Polyson 3 3	「 陣順(ごの替え(E) 0	
3 Polygon 4 5	高度な並べ替え(V) 0	
5 Polyson 5 4		
6 Polygon 7 6	#マリ−(S)	
7 Polygon 8 8	∑ 統計情報(□	
8 Polygon 9 15		
10 Polygon 10 7	🗑 フィールド演算(F)	
11 Polygon 12 11	3分(1)(2)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)(1)	
12 Polygon 13 10	0	
13 Polygon 14 13	フィールドを非表ティーク ロー・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
14 Polygon 15 12	ジオメトリ演算(C)	
16 Polyson 17 11	列の固定/解除 ファフィール のたけ ニュー ゴルのますフィー	
17 Polyson 18 14	○ フィールド創作化に、テーフルの表すノイ	
18 Polygon 19 18	▲ フィールド前派にし、ニテヤから派生したシオメトリ値	
13 Polygon 20 16	♀ プロパティ(1) (回復、同長、長さなど)	
21 Polyson 22 22		
22 Polyson 23 21		
23 Polygon 24 19	0 トを計算するのが、選択したレノートの	
24 Polygon 25 23	0 か計量するUDがを選択したす。テーノル	
26 Polyson 27 26	か ノイーナヤクラスまたはシェーノ ファイルの	
27 Polygon 28 24	「「「「」」「面積」を指定」」、	
28 Polygon 29 24		ς
29 Polygon 30 25		
31 Polygon 31 23		
32 Polygon 33 33	プロパティ(P): 両括	
33 Polygon 34 20		
34 Polygon 35 31	应槽系	
36 Polyson 37 32		
1 37 Polygon 38 34	○データソースの座標系を使用(D):	
38 Polygon 39 39		
39 Polygon 40 35	PCS: JGD2000 Japan Plane Rectangular CS IX	
/ Ⅰ◀ ◀		
(daud P1)		
Cloud		
	PCS: JGD2000 Japan Plane Rectangular CS IX	
	単位(U): 平方メートル [sq m] 🗸 🗸 🗸 🗸 🗸 🗸 🗸 🗸 🗸	
		1
	↑工体の単位な地会	
	■ 週期レコートのの利用する(ト)	
	ジオメトリ演算について マレン・レット	1
	<u> </u>	

⑧ 「ゾーン統計をテーブルに出力」機能を実行する。入力ラスターに⑦で作成したシェープ ファイルを指定。ゾーンフィールドは「FID」。入力値ラスターは 0.1mDCHM イメージファイル を設定する。出力名は「任意の名前.dbf」とする。

検索	- <b>P</b> (
< 🔶 🏠 🥭 🔠 👻 ローカル検索	
<b>すべて</b> <u>マップ</u> <u>データ</u> <u>ツール</u> <u>イメージ</u>	
ゾーン統計         ×	9
	_
	₩ <del>2</del>
<ul> <li>ゾーン統計をテーブルに出力 (Zonal St</li> </ul>	atis
<sup>*</sup> 他のデータセットのゾーンごとにラスター値 ツールボックス、システム、ツールボックス、s	ēを集
<ul> <li>メーン統計 (Zonal Statistics) (Spatia</li> </ul>	
別のデータセットのゾーン内にあるラスター	-の値
ツールボックス\システム ツールボックス\s	pati
・ ジーン統計をテーンルに出力 (Zonal Statistics as lable)	×
入力ラスター、またはフィーチャ ゾーン データ ←⑤ で	出力したシェープファイル 💦 🔨
	L 🖻
FID FID	~
入力値ラスター ←0.1	mDCHM
B1DCHM10.img	
出力テーブル D¥Users¥iff00¥Deskton¥B1test¥cloudB1dbf.dbf	
✓計算時(こNoData を除外 (オプション)	保存場所と出力名 (.dbf) の指定
	~
	Y
ОК	キャンセル 環境 ヘルプを表示 >>

⑨ ⑧で出力された「.dbf」ファイルと⑤で出力したシェープファイルを結合させる。「コンテンツ」から⑤で出力したシェープファイルを右クリックし、「属性の結合とリレート」→「結合」を実行する。設定においては、「結合に利用する値を持つフィールド」と「結合のマッチングに利用するフィールド」に「FID」を指定する。



⑩ ⑤で出力したシェープファイルで「データのエクスポート」を行う。
 データのエクスポート ×



① ⑩で出力したシェープファイルの属性テーブルを開き、⑥で追加した樹冠長用のフィールドを右クリックし「フィールド演算」を実行する。入力式は「[MAX] - [MIN]」で、検出された樹冠内において高さの最大値と最小値の差分を示すことで、本解析による樹冠長となる。(樹冠体積や表面積をこの時点で求めたい場合は、同じようにフィールド追加とフィールド演算を行い、数式を指定すればよい。)

7-																
0	🗄 -   碧 -   🏪 🔂 🛛 🖉 🗶 👘 🗾 🗾 🦰 右クリック															
clo	udB1l	ong														x
	FID	Shape *	ld	gridcode	Sjukan	Hjukan			EIN I	OOLINIT	ADEA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	
Н	0	Polveon	1		0573121		£.	뷥	<b>頁で</b> 並べ;	替え(A)	6	120.941345	121.57428	0.632935	121.265439	· · · ·
H	1	Polygon	2	0	0.408255		_				-3	120,956421	121.412567	0.456146	121.186772	† I
П	2	Polygon	3	3	2.14404		₹	降川	頁で並べ	替え(E)	5	120.464386	121.879181	1.414795	121.356237	1
	3	Polygon	4	5	0.942271			÷.	=+->+ ^/:	#= 200	4	120564972	121.923035	1.358063	121.466057	ţ I
	4	Polygon	5	4	2.360543	I		向店	もの重い	≌⁄.(V)	3	120.338531	121.888702	1.550171	121.206769	Î.
	5	Polygon	6	2	3.551956			ш-	11 /02		-5	119.216827	122.203491	2.986664	121.016319	Ĩ
	6	Polyson	7	6	2.254548			9.6	9-(5)		7	120.627319	1 21 .951 202	1.323883	121.427941	Ι
	7	Polygon	8	8	0.432694		7	統言	+	۱ ۱	.4	120.475006	1 21 .475006	1	121.115346	Ι
	8	Polygon	9	15	0.01		4	WL8	THE FIX ( )	/	1	121.236755	121.236755	0	121.236755	1
	9	Polygon	10	7	9.908003			74	一川応定領	雪(E)		9	122.307922	4.649384	120.680207	
	10	Polygon	11	9	4.638856		222	24	JV15 gg	≠(1)	N	110.122028	121.663116	2.241 089	120.826268	
	11	Polygon	12	11	0.01	I		ジオ	メトリ演算	寛(C)	n	121.498566	121.498566	0	121.498566	1
Н	12	Polygon	13	10	0.860852			-			<b>TA 111</b> 2			.4671.02	120.695133	1
Ш	13	Polygon	14	13	0.56198			74-	-ルドを非	:表示(O	ノイールト	<b></b> 涌异(┠)		844147	119.429728	4
Н	14	Polygon	15	12	1.031154			<u> </u>		201211-0	記簿子	たちウナスアレ		964294	119,519813	4
Ш	15	Polygon	16	15	0.832139			<b>A</b> 110	)固定/顧	20全(7)	計昇지	を指定すること	で、このフィールト	503302	121.72092	4
Н	16	Polygon	17	11	4.180166			7.30		F104(4-)	の値を調	安定または更新	します。現在テ	3.053985	121.502705	4
Н	17	Polygon	18	14	4.809201		×	74-	- ルド省服	≨(D)	-ブル内	」でレコードが選打	択されていれば	3.262634	120.332671	4
Н	18	Polygon	19	18	3.377748		~	<u> </u>	ANT DOD	24(10)	濯択;	されたし コードの	店のみが計管さ	9.2612	119.522491	4
н	19	Polygon	20	10	8.050247		A	τn	パティハ		h = +		E07077581.44C	3.37439	121,718127	+
Н	20	Polygon	21	17	0.280305				/////////		164.90			057007	101 504070	+
н	21	Polygon	22	22	3.174000		-	21	21	064	0.64	1.01.000000	104200001	2,307.337	10015010	+
н	02	Polygon	23	19	10460602			02	02	1.006	10.06	121.333323	1024322021	2.300030	101 00007	+
н	23	Polygon	24		5 77096			94	23	562	5 62	117 760071	101 439395	3 678314	120.059684	+
н	25	Polygon	26	26	0754755		-	25	25	75	075	120953949	1 22 01 20 24	1.058075	121 538741	+
н	26	Polygon	27	26	0.101100		1	26	26	1	0.10	120780487	120780487	0	120780487	+
н	27	Poheon	28	24	1 8821 06		1	27	27	155	1 55	121 41 8579	123140198	1 721619	122.61.0085	+
н	28	Polygon	29	24	0.01			28	28	1	0.01	121173492	121173492	0	121173492	+
н	29	Polveon	30	25	2 501 394			29	29	250	2.5	121108643	124.089844	2,981201	122.64596	+
Н	30	Polveon	31	29	1,115111	0		30	30	99	0.99	120.879822	121.693665	0.813843	121.346129	+
	31	Polygon	32	27	7.52799	0		31	31	687	6.87	120.815582	124.630615	3.815033	122.901711	1
H	32	Polygon	33	33	0.883855	0		32	32	50	0.5	119.2276	121.202393	1.974792	120.423807	t
	33	Polygon	34	20	5,733021	(	2	33	33	556	5 5 5 6	119,536438	122,651184	3.114746	121.61004	t
	34	Polygon	35	31	0.577157	(		34	34	58	3 0.58	119,773102	121.598389	1.825287	1 21 .043 21 3	†
	35	Polygon	36	28	2,958917	(		35	35	288	3 2.88	121.195923	124,686676	3.490753	123.229505	t I
	36	Polygon	37	32	1.062914	0	)	36	36	96	5 0.96	122.236359	123.401276	1.164917	122,971957	ţ I
	37	Polygon	38	34	2.332924	0	)	37	37	223	3 2.23	120.004517	121.637054	1.632538	120.84027	
E		ID-1	201	201	0.006.404	· · · · ·		201	201	•	0.01	100.075004	100.075004	01	100.075004	r
15															,	
L I	• •	0	ь н		0 / 1472 選	(兄)										
						~										
cl	oudB1	long														



② 空間結合を使い、⑩で出力したシェープファイルを『「2,樹頂点抽出」の⑮』で出力した 樹頂点データに結合させる。これにより、検出された樹頂点に樹冠投影面積や樹冠長等の値 を関連づけることができる。

検索	+= ×
< 🔶 🏠 🥃 🔚 🗸 ローカル検索	~
<b>すべて</b> マップ データ ツール イメージ 空間結合 × すべての範囲 ▼	^
<u> 栓索結果: 1 アイテム</u> ▼	<b>*</b>
空間結合 (Spatial Join) (分析) (ツール) フィーチャクラスの属性を、空間リレーションシ ツールボックス、システム ツールボックス、analy	y
🔨 空間結合 (Spatial Join)	– – ×
ターゲットフィーチャ ← 樹頂占デー	- タ ^
B1Output5	
結合フィーチャ ← ⑪で出力	したシェープファイル
cloudB1long	<ul> <li>E</li> </ul>
出力フィーチャクラス	
D:¥Users¥jff00¥Desktop¥B1test¥treeB1.shp	
結合方法(オプション) ↑ 保友場所と出っ	h久 (shn)の指定
JOIN_ONE_TO_ONE	×
☑ すべてのターゲット フィーチャを保持する (オプション)	
結合フィーチャのフィールド マップ (オブション)	
pointid (Long)     Grid_code (Long)     Prid_code (Long)     B1DCHM10 (Float)     topB1DCHM (Long)     J- Id (Long)     J- gridcode (Long)     J- gridcode (Long)     J- spikan (Double)     J- Hjukan (Double)     J- FID_ (Long)     J- FID_ (Long)     J- COUNT (Long)     J- AREA (Double)     J- AREA (Double)	
	<b>~</b>
マッチ オプション (オプション)	
	~
検索範囲(オプション)	- برا-بر
距離フィールド名(オブション)	
OK	キャンセル 環境 ヘルプを表示 >>

## 4 データの切り取り

最終的に解析で得られたデータを、調査プロットや収穫区域に合わせて切り取る必要が あり、これには対象区域のシェープファイル等を用意しなければならない。区域のシェー プファイル作成方法は様々あり、ここで解説する方法はその一例である。

① 対象区域についてコンパス測量や GNSS 測量、オルソ画像から読み取った対空標識の座標 情報(個別属性を使用)等から、区域の測点の座標情報を次のように Excel で整理する。そ して、このファイルは「CSV(コンマ区切り)(拡張子.csv)」として保存する。

1	А	В	C	D
1	ID	Х	Y	
2	1	59297.38	75732.97	
3	2	59302.65	75747.09	
4	3	59299.61	75766.09	ID=区域の測占来号
5	4	59296.07	75783.79	
6	5	59307.32	75771.76	Ă,1一例示の座係(日本例地示)
7	6	59316.78	75750.59	
8	7	59311.86	75734.26	
9	8	59321.22	75717.76	
10	9	59345.61	75699.51	
11	10	59357.68	75708.03	
12	11	59360.08	75723.08	
13	12	59347.71	75751.76	
14	13	59368.86	75740.46	
15	14	59394.47	75745.5	
16	15	59401.36	75769.87	

#### 【ArcGIS でオルソ画像から座標を抽出する例】

Q 無題 - ArcMap - 0 × ファイル(F) 編集(E) 表示(V) ブックマーク(B) 挿入(I) 選択(S) ジオプロセシング(G) カスタマイズ(C) ウィンドウ(W) ヘルプ(H) Ţ 個別属性 μ× ArcToolbox レイヤー: -<最上位レイヤー> ⊡- B1=2.tif RGB 🔝 フィーチャ作成 位置: 75,809.433 96,557.640 メートル 🏾 \* フ. 値↑ クリックした場所の座標 赤 189 a カタログ > < 1フィーチャを検索しました。 8 B 8 H K カーソル位置の座標→ 75809.433 96557.64 メートル

② 「ファイル」→「データの追加」で①で用意した CSV ファイルを読み込む Q 無題 - ArcMap

ファイ	「ル(F) 編集(E) 表示(V) ブックマーク(E	) 挿入(I) 選択(S) ジオプロセシング(G) カスタマイズ(C) ウィ
	新規作成(N) Ctrl+N 開<(O) Ctrl+O	▶ - 1:1,500 - III (200 - IIII) - IIII (200 - IIIII) - IIIIIII (200 - IIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIIII
	上書き保存(S) Ctrl+S 名前を付けて保存(A) コピーを保存(C)	
	共有(H) データの追加(T)	<ul> <li>データの追加(T)</li> </ul>
	サイン イン(I) ArcGIS Online	<ul> <li>ペースマップの追加</li> <li>Add Data From</li> </ul>
	ページ設定/印刷設定(U) 印刷プレビュー(V)	<ul> <li>★★ XY データの追加( ジオコーディング(C)</li> <li>★↓ XY データの追加( ・ムに追加します。)</li> </ul>
8	印刷(P) マップのエクスポート(E)	☆ ルートイベントのi ブにドラッグすることもできます。 ☆ クエリレイヤーのi
R.	マップの分析(7)	Contraction of the Association o

③ 「コンテンツ」に追加された CSV ファイルを右クリックし「XY データの表示」を実行する。 設定では、用意した CSV の座標情報に合わせた座標系を指定する。

	開く(O) 属性の結合とリレート(J)	
×	削除(R)	XY データの表示
	データ(D)	▶ テーブルに会まれる X_Y 座標データなしイヤーとしてつップに追加することが
	フィーチャの編集(E)	<ul> <li>す。</li> </ul>
<b>P</b>	住所のジオコーディング(G)	マップかとテニゴルを避けまたけ他のテニゴルを希照。
#	ルートイベントの表示(U)	マジカッジーブルを通知なたは他のジーブルを変換。
**+ ×Y	XY データの表示(X)	CS.csv 💌
		Z フィールド(Z): 人力座標の座標系 説明: 投影座標系: Name: JGD2000_Japan_Plane_Rectangular_CS_IX 地理座標系: Name: GCS_Japanese_Geodetic_Datum_2000 座標系の指定(日本測地系) ↓ □詳細表示(D) 編集(E)

④ 「ウィンドウ」→「カタログ」を実行し、任意の場所(フォルダ)で右クリック。「新規作成」→「シェープファイル」から新たなシェープファイルを作成する。この際「フィーチャタイプ」は「ポリゴン」を指定。また座標系の指定も行う。



前: ィーチャ タイプ:	CS_test.shp ポリゴン	任意の名前	i.shp (⊵	<u> </u>	-プファイ,
空間参照 説明:					
投影座標系: Name: JGD_200 地理座標系: Name: GCS_JG 座	00_Japan_Zone_9 D_2000 延標系の指定	(日本測地系)		^	
<			ť	~	
□詳細表示			編集		
<ul> <li>□ M 値を含む座橋</li> <li>□ Z 値を含む座橋</li> </ul>	票 (ルート データ格約 票 (3D データ格納に)	内に使用) :使用)			
		OK	the		

⑤ ④で作成されたシェープファイルは「コンテンツ」に追加されているので、右クリックし「フィーチャの編集」→「編集の開始」を実行する。同時に読み込んでいるデータにより警告が表示される場合があるが、「継続」を実行する。



⑥ 編集が開始されるとツールバーにある「フィーチャ作成」を実行できる。もし表示されていない場合は、「カスタマイズ」→「ツールバー」で「エディター」をチェックし表示させる。



⑦ 「フィーチャ作成」で表示された画面において、④で作成したシェープファイルを上部一覧からクリックし、下部の「作図ツール」から「ポリゴン」を実行する。③で表示させておいた CSV ファイルの各測点を順番にクリックしていきトレースする。最後の測点でダブルクリックすると外周が青い選択状態となり完了する。



⑧ 区域のトレースが完了したら、「エディター」→「編集の保存」で内容を保存し、「編集の 終了」を実行する。これにより対象区域のシェープファイル(ポリゴン)の作成が完了する。



 ⑨ 「ジオプロセッシング」→「クリップ」機能を使い、全解析データから対象区域の部分を 切り抜く。



⑩ 切り抜き完了後は、必ず⑧と同じく「編集の保存」と「編集の終了」を実行する。
 <sup>3</sup> 542F5(W) < 1,1/7(H)</li>
 <sup>4,1/2(H)</sup>

	編集の終了(P)		編集の終了(P)	a 44
	編集の保存(S)		編集の保存(S)	
•	相対移動(M)		相対移動(M)	編集の終了(P)
	ライン分割(L) 編集の保存(S)	***	ライン分割(1)	編集セッションを終了します。
• 1+Ŧ	ポイントの作り前回の保存以降に行った編集をすべて	8 INT.	ポイントの作成(P)	存していない場合は、保存する を確認するメッヤージが表示さ
14	保存します。保存の後は、以前の編集 平行コピー(Y) 操作を元に戻すことはできません。	· · · //	平行コピー(Y)	
	マージ(G)	¢:	マージ(G)	
1	バッファー(B)	and a	パッファー(B)	
	ユニオン(U)	-	ユニオン(U)	
•	クリップ(C)		クリップ(C)	
	フィーチャの整合チェック(V)		フィーチャの整合チェック(	V)
•	スナップ		スナップ	• • • • • • • • • •
<b>`</b>	その他の編集ツール(E)	8.0.0	その他の編集ツール(E)	
	and the second sec	0.0	毎年ウンドウ	
1	福果ワイントワ	2002000 C	個本ノレノレノ	

# 【データ切り抜き例】



# ●検出された樹頂点 —対象区域

シェープファイルは、「.shp」「.shx」「.sbx」等々、複数のファイルで構成されている が、この中で「.dbf」ファイルについては、Excel 等で開くことが可能である。解析結 果の数値のみを参照したい場合は、これらから取り出すことができる。

	А	В	С	D	E	F	G	Н	1	J	K
1	Join_Count	TARGET_FII	pointid	grid_code	CSDCHM10	topCSDCHM	ld	gridcode	Sjukan	Hjukan	OID_
2	1	1737	3243398	1	17.2102000000	444	2404	1737	17.84239912290	11.24990844720	2313
3	1	1758	3272464	1	18.0846000000	368	2338	1758	4.83827659883	2.08395385740	2247
4	1	1794	3325854	1	18.31470000000	408	2423	1794	14.38137491960	13.55761718760	2332
5	1	1795	3326060	1	16.94710000000	301	2388	1795	0.55386619955	11.57357788080	2297
6	1	1804	3340269	1	17.72330000000	399	2516	1804	19.26480827230	16.76605224610	2424
7	1	1810	3350767	1	19.4123000000	654	2482	1810	20.94700002910	17.34817504890	2391
8	1	1811	3354492	1	19.2542000000	662	2500	1811	16.74496538140	14.37768554690	2409
9	1	1813	3357902	1	16.67310000000	114	2424	1813	1.94790062390	12.86553955070	2333
10	1	1822	3368445	1	21.2499000000	746	2468	1822	16.27204362330	16.08068847660	2377
11	1	1823	3368588	1	17.0536000000	356	2421	1823	2.08055918657	13.47613525390	2330
12	1	1836	3382950	1	20.0340000000	957	2517	1836	17.89251558730	18.86715698250	2425
13	1	1859	3415311	1	22.41510000000	99	2613	1859	30.61408741560	22.01205444340	2519
14	1	1869	3425920	1	21.4724000000	688	2536	1869	15.03729953300	9.93441772460	2444
15	1	1876	3433256	1	19.0789000000	436	2529	1876	14.45595497020	8.23403930670	2437
16	1	1880	3440457	1	22.4139000000	840	2496	1880	7.44820277735	14.28686523430	2405
17	1	1898	3476621	1	19.9364000000	374	2527	1898	11.31842498710	18.66635131840	2435
18	1	1903	3487522	1	23.0652000000	1000	2612	1903	19.75217378420	17.27883911140	2518
19	1	1904	3487640	1	20.0206000000	548	2587	1904	18.99796192280	16.96795654300	2493
20	1	1907	3491305	1	22.12250000000	758	2588	1907	22.78629492050	20.54290771490	2494
21	1	1925	3516687	1	22.4658000000	1148	2583	1925	14.09361866930	21.82257080080	2489
22	1	1926	3516752	1	22.0907000000	1066	2659	1926	15.55118004690	21.59771728520	2565
23	1	1939	3534769	1	21.7368000000	371	2646	1939	16.46038739770	12.65548706050	2552
24	1	1940	3535256	1	19.47720000000	857	2660	1940	16.67766017570	19.39898681640	2566
25	1	1950	3557110	1	21.4250000000	601	2647	1950	15.75439918430	18.68792724610	2553
26	1	1951	3557229	1	22.8341000000	1194	2722	1951	28.40167715440	20.78674316400	2625
27	1	1955	3564399	1	19.91910000000	315	2699	1955	23.26455968090	19.21533203130	2603
28	1	1956	3568567	1	18.5368000000	382	2635	1956	11.23443958070	18.07272338870	2541

UAV 立木調査法による材積計算については、以下に示す手順・方法により、調査対象林分の データが自動集計される。自動計算は、別紙 Excel シートに計算式が組み込まれているので、 以下の説明に従って、必要な数値を入力するとともに、必要なデータをコピー&ペーストすれ ばよい。

なお、手順3の係数の値は、第二部で詳述する「回帰分析による推定式の作成」で得られる 係数値を入力する。

1 胸高直径推定式

胸高直径推定式とは、現地調査で得られた各プロットの平均胸高直径と、SfM 解析により得られたデータから、単木ごとの胸高直径を推定する式のことである。過去の報告によれば、胸高直径推定式は、樹冠投影面積(SC)と樹高(H)を独立変数とした"べき乗式"

 $DBH = aSC^{b} x H^{c}$ (2  $\overline{x}$   $\overline{x}$ )

あるいは、上の式に樹冠長(CL)を加えた DBH = aSC<sup>b</sup> x H<sup>2</sup>c x CL<sup>2</sup>d (3変数)

を用いて近似されることが多い(a、b、c、d は定数である)。各変数にかかる係数は、解析ソフトを用いて求めることができ、各変数の統計学的な意味についての検定結果も出力されるものがある。

推定式の決定においては、統計的に意味をもった変数を採用し、また推定式から得られた推 定値の精度を実測値と比較検証しておくことが大切である。

	U	IAV立木	調査法によ	る調査結果	具の集計	(別紙Excel素	表)		
手順	0	この様式	で用いている	材積表は、茨	城県全域の	スギを対象とし	ている。		
		他地域、	他樹種の計算	に際しては、	当該幹材積	表の係数に変更	「すること。		
手順	1	"データ	ンート"に "SfM	解析によるD	SMデータ"	を貼り付ける。			
手順	2	"計算シー		タシートの <b>CS</b>	DCHM10、	Sjukan, Hjuk	an をコピー。	&ペースト	
			<mark>注意1</mark> :Sjuk	anやHjukan⊄	≫ しんしゅう ひんしゅう しんしゅう ひんしゅう しんしゅう しんしゅう しんしゅう ひんしゅう しんしゅう ひんしゅう ひんしゅう しんしゅう ひんしゅう しんしゅう しんしゅ しんしゅ	つ時は、その行う	データをすべ	て削除するこ。	<u>ل</u>
			<b>注意 2</b> :計算	シートの色付	きセルは、	計算式が組み辺	しんである。貝	占り付けたデー	ータの数と色
			付きセルの範	囲が同じにな	っているか	確認する。デー	ータと計算式の	Dセルが一致す	-るように、
			必要に応じて	セルをコピー	または削除	にて揃える。			
手順	3	胸高直径	を 推定式は、2	変数か3変数	か、確認す	3			
			2 変数	$DBH = a \times i$	樹冠投影面	積b × 樹高c			
			3変数	$DBH = a \times 7$	樹冠投影面	積b × 樹高c ×	樹冠長d		
			下表に該当す	る係数の値を	入力する				
				а	b	с	d	注)2変数の	り場合、dの
			係数値	1.4781	0.13	0.7569	0.1552	入力は不要	
手順	4	手順3て	「係数値を入力	すると、自動	的にDBHお	よび材積が計算	Eされ、林分集	<b>集計値とヒスト</b>	、グラムが更
		新されて	調査データが	得られる。					

2 材積計算

<b>ボータ シート</b>
I.

Join_Count	TARGET_FID	pointid	grid_code	CSDCHM10	topCSDCHM	₽	gridcode	Sjukan	Hjukan	OID	FD	COUNT	AREA	NIM	MAX	RANGE	MEAN	STD	NUN
1	1737	3243398	1	17.21	444	2404	1737	17.84	11.25	2313	2403	1769	17.69	6.05	17.30	11.25	14.66	1.42	25,938.06
1	1758	3272464	1	18.08	368	2338	1758	4.84	2.08	2247	2337	481	4.81	16.13	18.22	2.08	17.15	0.50	8,249.61
1	1794	3325854	1	18.31	408	2423	1794	14.38	13.56	2332	2422	1398	13.98	4.79	18.35	13.56	16.04	1.61	22,427.34
1	1795	3326060	1	16.95	301	2388	1795	0.55	11.57	2297	2387	56	0.56	5.42	16.99	11.57	15.99	2.12	895.41
1	1804	3340269	1	17.72	399	2516	1804	19.26	16.77	2424	2515	1906	19.06	0.99	17.76	16.77	14.75	1.99	28,110.98
1	1810	3350767	1	19.41	654	2482	1810	20.95	17.35	2391	2481	2070	20.70	2.42	19.76	17.35	16.46	1.89	34,078.34
1	1811	3354492	1	19.25	662	2500	1811	16.74	14.38	2409	2499	1642	16.42	5.18	19.56	14.38	16.83	2.21	27,630.85
1	1813	3357902	1	16.67	114	2424	1813	1.95	12.87	2333	2423	195	1.95	4.02	16.88	12.87	13.91	2.74	2,711.63
1	1822	3368445	1	21.25	746	2468	1822	16.27	16.08	2377	2467	1593	15.93	5.85	21.93	16.08	17.77	2.35	28,308.16
1	1823	3368588	1	17.05	356	2421	1823	2.08	13.48	2330	2420	204	2.04	4.13	17.60	13.48	15.21	2.44	3,102.98
1	1836	3382950	1	20.03	957	2517	1836	17.89	18.87	2425	2516	1758	17.58	2.41	21.28	18.87	16.97	2.58	29,838.43
1	1859	3415311	1	22.42	66	2613	1859	30.61	22.01	2519	2612	2991	29.91	0.53	22.54	22.01	14.46	4.45	43,263.47
1	1869	3425920	1	21.47	688	2536	1869	15.04	9.93	2444	2535	1490	14.90	11.81	21.74	9.93	18.82	1.66	28,047.22
1	1876	3433256	1	19.08	436	2529	1876	14.46	8.23	2437	2528	1389	13.89	11.00	19.23	8.23	16.73	1.59	23,238.31
1	1880	3440457	1	22.41	840	2496	1880	7.45	14.29	2405	2495	679	6.79	8.48	22.76	14.29	17.70	2.58	12,015.08
1	1898	3476621	1	19.94	374	2527	1898	11.32	18.67	2435	2526	1072	10.72	1.78	20.45	18.67	14.28	4.53	15,309.89
1	1903	3487522	1	23.07	1000	2612	1903	19.75	17.28	2518	2611	1889	18.89	5.87	23.15	17.28	19.84	2.01	37,482.56
1	1904	3487640	1	20.02	548	2587	1904	19.00	16.97	2493	2586	1883	18.83	3.34	20.30	16.97	15.85	2.96	29,854.03
1	1907	3491305	1	22.12	758	2588	1907	22.79	20.54	2494	2587	2203	22.03	1.58	22.12	20.54	15.89	4.00	35,013.81
1	1925	3516687	1	22.47	1148	2583	1925	14.09	21.82	2489	2582	1368	13.68	0.83	22.65	21.82	16.73	3.84	22,881.07
1	1926	3516752	1	22.09	1066	2659	1926	15.55	21.60	2565	2658	1509	15.09	0.55	22.15	21.60	13.52	5.45	20,401.26
1	1939	3534769	1	21.74	371	2646	1939	16.46	12.66	2552	2645	1590	15.90	9.43	22.08	12.66	18.65	1.59	29,660.99
1	1940	3535256	1	19.48	857	2660	1940	16.68	19.40	2566	2659	1661	16.61	0.14	19.54	19.40	15.49	3.24	25,728.80
1	1950	3557110	1	21.43	601	2647	1950	15.75	18.69	2553	2646	1551	15.51	2.92	21.60	18.69	18.35	2.22	28,455.20
1	1951	3557229	1	22.83	1194	2722	1951	28.40	20.79	2625	2721	2818	28.18	2.44	23.23	20.79	16.11	4.07	45,406.21
1	1955	3564399	1	19.92	315	2699	1955	23.26	19.22	2603	2698	2251	22.51	0.70	19.92	19.22	13.48	5.13	30,354.32
1	1956	3568567	1	18.54	382	2635	1956	11.23	18.07	2541	2634	1122	11.22	0.69	18.77	18.07	15.19	2.79	17,043.30
1	1969	3586890	1	20.16	233	2625	1969	5.13	6.31	2531	2624	504	5.04	13.89	20.19	6.31	19.02	1.00	9,583.73
1	1970	3586920	1	21.42	614	2653	1970	13.08	6.79	2559	2652	1293	12.93	15.00	21.78	6.79	18.52	1.37	23,948.29
1	1994	3631832	1	21.24	226	2693	1994	12.09	8.16	2598	2692	1196	11.96	13.17	21.33	8.16	18.52	1.65	22,144.32
1	2003	3650893	1	19.34	543	2696	2003	15.01	20.34	2601	2695	1419	14.19	-0.93	19.40	20.34	13.73	5.55	19,479.44
1	2017	3684227	1	23.93	836	2784	2017	32.40	19.90	2687	2783	3120	31.20	4.19	24.09	19.90	15.43	3.75	48,128.68
1	2021	3691568	1	22.84	332	2724	2021	11.80	9.80	2627	2723	1137	11.37	13.41	23.21	9.80	19.96	1.45	22,692.84
1	2024	3695679	1	20.77	898	2770	2024	6.76	10.13	2673	2769	666	6.66	10.70	20.83	10.13	17.70	2.04	11,788.60

# 計算シート

C (1) 4 477 + C (-		* <i>b</i>	推定式によ	材積表によ							
STIVIAHATI	-よる田力7	×	り計算	り計算							
1	2	3	4	5				林分集計表	Ę		
CSDCHM10	Sjukan	Hjukan	DBH	材積			THOPH	77.6411			
17.21	17.84	2.09	26.97	0.471		业木本级 本	平均DBH	平均H	平均材積	総材積 m3	
18.00	14.04	13.56	28.30	0.239		平 1051	28.32	20.42	0.68	712.81	
16.95	0.55	11.57	17.05	0.198		1001	20.02	20.42	0.00	712.01	
17.72	19.26	16.77	29.63	0.577		径級ヒス	トグラム		材積ヒス	トグラム	
19.41	20.95	17.35	32.26	0.748		径級	本数		単木材積	本数	
19.25	16.74	14.38	30.25	0.655		4	0		0.1	12	
16.67	1.95	12.87	20.16	0.266		6	0		0.2	54	
21.25	16.27	16.08	33.04	0.850		8	0		0.3	88	
17.05	2.08	13.48	20.83	0.289		10	1		0.4	115	
20.03	17.89	18.87	32.80	0.795		12	6		0.5	150	
22.42	30.61	22.01	39.22	1.244		14	6		0.6	114	
19.08	15.04	9.93	27.03	0.738		10	13		0.7	97	
22.41	7 45	14 29	30.52	0.525		20	57		0.0	73	
19.94	11.32	18.67	30.74	0.697		22	66		1.0	61	
23.07	19.75	17.28	36.46	1.107		24	95		1.1	52	
20.02	19.00	16.97	32.50	0.780		26	115		1.2	44	
22.12	22.79	20.54	36.97	1.096		28	112		1.3	28	
22.47	14.09	21.82	35.47	1.025		30	107		1.4	20	
22.09	15.55	21.60	35.41	1.007		32	99		1.5	13	
21.74	16.46	12.66	32.44	0.836		34	111		1.6	13	
19.48	16.68	19.40	31.95	0.736		36	76		1.7	10	
21.43	15.75	18.69	33.89	0.899		38	58		1.8	9	
22.83	28.40	20.79	39.04	1.253		40	30		1.9	3	
19.92	23.26	19.22	33.89	0.842		42	21		2.0	4	
20.16	5.13	6.31	20.92	0.377		44	19		2.1	2	
20.10	13.08	6.79	23.03	0.432		40	0		2.2	2	
21.42	12.00	8.16	28.60	0.649		40 50	1		2.5	0	
19.34	15.01	20.34	31.58	0.716		52	0		2.5	0	
23.93	32.40	19.90	40.86	1.380		54	0		2.6	0	
22.84	11.80	9.80	30.99	0.800		56	1		2.7	0	
20.77	6.76	10.13	26.97	0.569		58	0		2.8	0	
19.25	10.98	16.27	29.18	0.610		60	0		2.9	1	
22.78	17.89	18.94	36.17	1.078		62	0		3.0	0	
18.44	7.95	16.54	27.17	0.512		64	0				
18.99	6.31	8.42	24.27	0.428		66	0				
22.36	11.16	7.06	28.77	0.691		68	0				
19.31	1.44	18.67	22.95	0.392		/0	0				
22 02	1.48 5.49	20.12	22.18	0.345							
22.93	15.40	20.75	37.05	1 165							
22.69	0.75	8.20	20.98	0.391							
22.43	9.89	21.59	33.78	0.931			DR	Hヒストク	*ラム		
24.30	16.43	20.15	37.92	1.252	140		00				
21.56	24.66	20.72	36.67	1.054	120						
21.77	0.53	15.85	21.51	0.393	100						
23.38	6.32	21.87	32.95	0.921	60						
24.45	6.67	13.88	31.98	0.904	40						
25.62	11.17	11.06	34.21	1.075	20						
24.28	12.67	7.32	31.31	0.862	4 6 8 10	12 14 16 18 20	0 22 24 26 28 3	0 32 34 36 38	40 42 44 46 48	3 50 52 54 56 5	8 60 62 64 66 68 70
21.62	20.16	10.84	32.37	0.829			材	責ヒストク	ブラム		
19.95	14.44	19.14	31.86	0.748	100						
21.00	£ 71	22.45	25.10	0.857	80						
20.11	11 03	22.45 8.60	32.19	0.923	60						
24.00	7.97	10.47	28.54	0.658	40	╎┫╎┓╎──					
15.49	9.45	10.87	22.80	0.310	20	╷╏╷╏╷╻					
20.47	1.31	16.15	23.16	0.423	0						
28.39	23.45	20.01	44.63	1.910	0.8 0.9 1.0	0 1.1 1.2 1.3	1.4 1.5 1.6	1.7 1.8 1.9	2.0 2.1 2.2	2.3 2.4 2.5 2.	.6 2.7 2.8 2.9 3.0

#### 【第Ⅱ部】胸高直径推定式の作成

#### I 総説 推定式の作成と作業の流れ

1 林木の成長と森林調査法について

一般に林木は、樹齢を重ねながら樹高、胸高直径を増大させるとともに、樹冠径や樹冠長も 成長状況に応じ変化していく。

林木の成長を表す外見的要素は表1のとおり整理される。

〔表1〕

	•	連年の上長成長が累加された結果であり、樹齢が大きいほど大きくなる
樹高	•	折損等がなければ不可逆的
	٠	地位の影響を大きく受け、地位が良い場合、上長成長が大きくなる
	•	連年の肥大成長(胸高位置の直径成長)が累加された結果であり、樹齢が大きいほど大きくなる
吃去去每	•	不可逆的
胸局但径	•	地位の影響を大きく受け、地位が良い場合、上長成長、樹枝の水平方向への成長が大きくなり、 肥大成長も大きくなる
	٠	林分が閉鎖すると樹冠直径の成長が規制され、連年の肥大成長も規制される
	•	生枝と生葉で構成される樹木の枝葉空間(樹冠)の水平方向の距離
	•	直近の枝葉の水平方向の成長が樹冠直径となる
樹冠直径	•	樹冠直径が大きいほど、肥大成長も大きくなる
	•	一般に、隣接する林木と枝葉空間は共有できないため、林分が閉鎖した場合は、隣接木との競 合が発生し、樹冠直径の成長が規制される
	•	間伐により新たな空間が発生すると樹冠直径は大きくなる
	•	生枝と生葉で構成される樹木の枝葉空間(樹冠)の垂直方向の距離
掛写長	•	直近の上長成長が樹冠長となる
個心文	•	樹冠長が大きいほど、肥大成長も大きくなる
	•	一般に、隣接木との競合が発生しても樹冠長の成長はあまり規制されない

これらの林木の成長を表す外見的要素を測定し、森林の状態を把握することを森林調査法と 言い、最も一般的な森林調査法として樹高と胸高直径により林木の材積を把握する方法が広く 用いられてきている。

しかしながら、この森林調査法は、林内において樹木を直接計測するものであり、多大の労 力を要することから、これに代わる調査方法が模索されてきたところである。

近年、UAV や画像解析技術の進展と合わせ、レーザーによる詳細な地形情報インフラが整備 されつつあることから、林内において樹木を直接計測する従来方法に代わる森林調査法とし て、UAV による森林調査法が実用化されつつある。

この方法は、林内において樹高と胸高直径を直接計測する方法に代わって、UAV 撮影画像から取得した樹冠直径や樹冠長から胸高直径を推定するとともに、UAV 撮影画像から取得した樹 頂点データと国土地理院等から提供されるレーザーによる詳細な地形情報データとの差分から樹高を推定し、直接計測によらないで林分材積を求める方法である。

胸高直径の推定には、樹冠直径や樹冠長等との間で認められる相関性に着目し、一定の回帰 式を求め、これにより胸高直径を算出するものであるが、この回帰式は、地位や林齢、地域等 により相関性に差異があることが知られている。本マニュアルは、適合性の高い回帰式を求め るためのプロット調査の方法から回帰式の作成に至る一連の方法について、現場実務担当者に わかりやすく解説したものである。

#### 2 作業の流れ

UAV による森林調査においては、樹冠径、樹冠長などの樹冠形状や林齢、樹高等から胸高直 径を推定することとなる。

この胸高直径の推定に当たっては、プロット調査により樹冠形状と胸高直径等との関係について相関性の強いものを明らかにし、回帰式を作成することとなる。

具体的な作業の流れは、次表に示すとおり、調査プロットを設定し、地上調査により胸高直 径や樹高等の実測、UAVによりプロット内の立木毎の樹冠形状を把握、これらにより得られた データを分析し、相関性が確認される因子の抽出、回帰式を作成する手順となる。



(注)第Ⅱ部「樹高及び樹冠形状から胸高直径を推定する推定式の作成方法」における工程別 作業区分及び順序

#### Ⅱ プロット設定

- 1 プロットの規模と数量、設定の考え方
- (1) プロットの規模及びプロット数

林分のサンプリング調査にあっては、偏りの少ない一定のデータ数を 確保するとともに現地調査効率等を考慮し、谷から尾根に向かって原則 として 10m×40m の帯状プロットとする。

また、プロット総数は30カ所以上が望ましい。

(2) プロット設定の考え方

オルソ画像の解析において林分傾斜が対象区域において変化するこ とは好ましくないことから、単一傾斜林分に設定する。

また、現在の汎用ソフトでは列状間伐箇所等(間伐直後など林冠が大 きく疎開している箇所を含む)は解析が困難であることからプロットか ら除外する。



- (3) 対空標識
  - ① 対空標識

プロットには区域を示す標柱のほか、オルソ画像上から位置を特定するための対空標識 を設置するものとする。

対空標識は、第Ⅰ部 Ⅱ-2-(1)②及び同 2-(2)①~③を準用する。

② 対空標識の数及び配置

プロット調査対象区域の確認としての対空標識(四角、丸)は、区域測点上に設けるこ とが好ましいが、一般に上空に支障木が存在することから上空の開けた場所に最低2カ所 以上設ける。



プロット調査野帳

プロット No.				樹	種			材	大士			林小班				
テープ	胸高直径	樹高	樹冠長	品質	〔区分	(該当に〇印)	被圧木	プ	ロット内の	立木	、位置		<u></u>	* -	4	
番号	(cm)	(m)	(m)	一般	低質	低質の理由	(●E囗)	視準点	方位角		距離(m)		少	有丁	- 4	
1								①→	۰	'						
2								O→	٥	'		〔プロット箇	所の周囲計	測〕		
3								O→	o	'		番号	方位角	斜距離	高低角	水平距離
4								O→	0	'		1 – 2				
5								O→	۰	'		2 - 3			•	
6								O→	0	'		3-4				
7								O→	0	'		4 - 5				
8								O→	0	'		5-6				
9								O→	0	'		4 - 7				
0								O→	0	'		3 – 8				
1								O→	0	'		2 – 9				
2								O→	٥	'		1 - 10				
3								O→	۰	,						
4								O→	۰	'						
5								O→	٥	'		プロット彩	面方向			
6								O→	۰	'						
7								O→	۰	'		平均傾斜				
8								O→	۰	'						
9								O→	٥	'		林分の状	況等			
0								O→	۰	'						
1								O→	۰	'						
2								O→	۰	'						
3								0→	0	'						
4								O→	0	'						
5								O→	٥	'						
6								O→	٥	'						
7								O→	٥	'						
8								O→	٥	'						
9								O→	۰	'						
0								O→	٥	'						

調査年月日

年 月

日

参考: プロット毎木調査において地上レーザ計測装置を導入されている場合は、立木位置情報が確実に取得さ れることから活用されたい。

#### IV UAV 撮影

UAV 撮影に係る飛行計画、撮影準備、飛行プログラムの実行は、第Ⅰ部 Ⅲ-1~3を準用する。

#### V SfM 解析等

SfM 解析等は、第 I 部 IV 及び Vを準用する。

#### VI 樹頂点抽出・樹冠構造解析

樹頂点抽出・樹冠構造解析は、第 I 部 VIを準用する。

#### ₩ 推定式の検討・決定

#### 1 回帰分析による胸高直径推定式の作成

UAV 立木調査法における胸高直径 DBH の推定式として、以下に示す2変数および3変数の推 定式を検討する。

2 変数推定式 DBH = a × 樹冠投影面積<sup>b</sup> × 樹高<sup>c</sup> 3 変数推定式 DBH = a × 樹冠投影面積<sup>b</sup> × 樹高<sup>c</sup> × 樹冠長<sup>d</sup> ただし、a、b、c、dは係数である。



- 2 推定式の作成手順(R 言語による回帰分析)
- (1) 胸高直径推定式を求めるためのデータファイルの準備
  - ・推定式の回帰分析で使用するデータは、調査プロットごとの平均値である。
  - ・目的変数である胸高直径 DBH は、毎木調査で得られた各プロットの平均値である。
  - ・従属変数である樹冠投影面積、樹高、樹冠長は、SfM 解析の出力値の平均値である。
  - 注意1:回帰分析するデータファイルに空欄等があるとエラーが発生するので、事前にデータの異常 値の有無を確認し、空欄やゼロなどを含むデータ行は削除しておく。
  - 注意2:DEM データが未整備等のために、SfM 解析で適切な樹高値が得られない場合は、プロット調査 で計測した樹高平均値をそのまま代用する。
- (2) R(R:オープンソース・フリーソフトウェアの統計解析向けのプログラム)への読み込み(データの読み込みと 準備)
  - ・Rstudioを使って、データファイル(Excel 形式)を読み込む。
    - file <code>>import dataset > from excel</code>
  - ・作成する推定式の形式は、以下の"非線形"回帰式である。
  - $y = a \times X_1^b \times X_2^c \times X_3^d$
  - ・Rの非線形回帰パッケージ nls をインストールして、非線形回帰分析を行う。
  - ・Rstudioのメニュー view>show packages、またはCtrl + 7 でパッケージを表示する。
  - ・Install と書かれたタブをクリックすると window が立ち上がる。
  - ・Packages と書かれている部分の下の空欄に「nls2」と入力し、install を押すと非線形回 帰式のパッケージがインストールされる。

調査プロット	サブプロット	DBH	h	Ca	Ch_m	Ch_sfm
A	6	25.72	23.43	6.32	7.02	4.36
A	7	33.20	22.97	13.70	9.97	10.88
A	8	28.00	22.45	8.79	8.58	6.24
В	1	34.21	28.31	8.34	7.56	8.53
В	2	23.21	18.22	6.94	7.68	7.47
В	4	26.88	21.46	7.34	8.46	6.40
В	5	28.80	23.88	7.42	8.65	6.23
В	6	31.68	25.03	11.30	8.00	9.29
С	3	24.04	20.31	9.72	7.46	5.24
С	4	30.47	23.03	12.66	10.00	8.24
D	4	27.63	24.05	8.97	8.79	7.58
D	7	24.58	19.51	6.32	6.95	6.96
E	6	33.16	25.48	10.85	9.85	7.11
F	4	27.25	23.17	7.23	8.69	6.81
F	7	26.00	20.77	7.62	8.13	7.08

## 図 推定式作成に用いるデータファイルの例

いずれサブプロットごとの平均値で、DBH: 胸高直径、h:樹高、Ca:樹冠投影面 積、Ch\_m:毎木調査から得られた樹冠長、Ch\_sfm:SfM 解析から得られた樹冠長

(3)回帰式の当てはめと変数の推定

次の回帰式 DBH = a × 樹冠投影面積<sup>b</sup>× 樹高<sup>o</sup>× 樹冠長<sup>d</sup> で、上記2のデータファイ ルからデータを読み込んで回帰分析する場合、R では以下のように記述する:

yosoku\_dbh<-nls (sugi\_yosoku\_siki\$DBH~ a\*(sugi\_yosoku\_siki\$Ca^b)\*(sugi\_yosoku\_siki\$h^c)\*(sugi\_yosoku\_siki\$Ch\_sfm^d), data=sugi\_yosoku\_siki, start=list(a=1, b=0.5, c=0.5, d=0.5))

- ・yosoku\_dbh が求める推定式のRでの名称である。
- ・回帰分析するデータは、「データファイル名\$列名」の形式で指定する。上の例では sugi\_yosoku\_siki\$DBH となる。
- ・変数 a, b, c, d の値(a=1, b=0.5, c=0.5, d=0.5)は、非線形回帰式の分析で設定しなければならない初期値である。その都度、適切な数値を設定する必要があるが、実際には上例と同じ値で差し支えないであろう。
- ・上記により、3変数の推定式が計算される。

## (4) 推定式の分析評価

・分析結果の表示

回帰式をオブジェクトに格納することで(ここでは yosoku\_dbh)、回帰分析で得られた係数 等の分析結果が出力される。コマンド summary()を使うと以下のように、各推定式の係数の 値(Estimate)、標準誤差(Std. Error)、P 値(Pr)が表示される。

```
summary(yosoku_dbh)
```

```
Formula: sugi_yosoku_siki$DBH ~ a * (sugi_yosoku_siki$Ca^b) * (sugi_yosoku_
siki$h^c) * (sugi_yosoku_siki$Ch_sfm^d)
Parameters:
Estimate Std. Error t value Pr (>|t|)
a 1.47807 0.42555 3.473 0.00521 **
b 0.13003 0.05507 2.361 0.03773 *
c 0.75688 0.09696 7.806 8.24e-06 ***
d 0.15518 0.06101 2.544 0.02730 *
```

## ・計算値と実測値の散布図

DBHの実測値および推定式による計算値の散布図は、コマンド plot()で描画する。

plot(sugi\_yosoku\_siki\$DBH\_est, sugi\_yosoku\_siki\$DBH, xlim=c(0,50), ylim=c(0,50)) ここで、xlim=c(0,50)は、描画する x 軸の範囲(0~50)を示す。ylim は y 軸の範囲である。

## (5) 推定結果のファイルへの書き出し

計算結果をファイルに保存するには、コマンド sink()と print()を使う。

sink()は()内で指定したファイルに結果を出力させる関数である。file="abc.txt"でファイル名 abc というテキストファイルにデータを保存するという命令になる。append =T は追加記録を行う命令。append=F とすると、結果がファイルに上書きされる。また print()で()内の変数をファイルに書き出すという命令になる。すなわち、オブジェクト yosoku\_dbh を result\_suitei.txt に保存するには、以下のようなコマンドになる。

```
sink(file = "result_suitei.txt", append=T)
print(yosoku__dbh)
sink()
注:()内を空欄にした sink()によって、出力先を画面に戻すことになる。
```

以上により、推定結果が出力されたテキストファイル"result\_suitei.txt"が保存される。 このファイルには推定式の係数等が含まれるので、これをエクセルなど表計算ソフトにコピー&ペーストすることで、推定式の変数が利用できる。



2変数推定式 DBH = a×樹冠投影面積<sup>b</sup>×樹高<sup>c</sup>のパラメータの比較

使用データ	プロット数	а	b	С	r <sup>2</sup>
全データ	39	1.1406*	0.079	0.9778**	0.57
列状間伐を除く	22	0.8655 <sup>ns</sup>	0.0486 <sup>ns</sup>	1.0876**	0.55
列状間伐と外れ値を除く	15	1.4456*	0.2194**	0.7994**	0.87

3変数推定式 DBH = a×樹冠投影面積<sup>b</sup>×樹高<sup>c</sup>×樹冠長<sup>d</sup>のパラメータの比較

使用データ	プロット数	а	b	С	d	r <sup>2</sup>
全データ	39	1.0358*	0.1071*	0.9468**	0.0655 <sup>ns</sup>	0.59
列状間伐を除く	22	0.739 <sup>ns</sup>	0.0411 <sup>ns</sup>	1.0067**	0.2168*	0.66
列状間伐と外れ値を除く	15	1.4781**	0.1300*	0.7569**	0.1552*	0.92

注) 記号は有意水準を示す: \* p<0.05、 \*\* p<0.01、 . p<0.1、 ns p > 0.1

「全データ」:調査プロット39箇所のすべてのデータで回帰分析

「列状間伐を除く」:調査プロットのうち列状間伐を除く22プロットで回帰分析

「列状間伐と外れ値を除く」:樹頂点数が実際よりも20%過大あるいは過小なプロットも

除いた15プロットで回帰分析

平成 31 年 3 月 業務受託 : 一般財団法人日本森林林業振興会 〒112-0004 東京都文京区後楽一丁目 7 番 12 号 TEL: 03-3816-2471 担当:石田祐二

UAV 立木調査マニュアル

国有林における収穫調査等の効率化手法実践体制構築委託事業報告書