

第4回気象災害軽減イノベーションフォーラム  
October 24, 2018

# ドローンの利活用について

株式会社 雪研スノーイーターズ 大槻 政哉

## はじめに

株式会社 雪研スノーイーターズ

商号 株式会社 雪研スノーイーターズ  
建設コンサルタント登録：建 第7457号  
測量業者登録：第29018号

会社所在地 本社 札幌市中央区南2条西7丁目5-6  
東京事務所、関西事務所

URL <http://www.snow-eaters.com>

社員数 約30名

## はじめに

### 株式会社 雪研スノーイーターズ

- 建設コンサルとして、「雪」をキーワードに 道路、鉄道、建築、防災等の分野での調査解析、防雪計画、対策施設の設計、研究開発を実施

- 2017年より、一般社団法人日本UAS産業振興協議会（JUIDA）の認定ドローンスクールとして、「雪研ドローンスクール」（<http://www.yukigakudrone.com>）を開催



## ドローンとは？

### ■ ドローンの定義

「無人で遠隔操作や自動制御によって飛行できる航空機の総称。」

“新語時事用語辞典”より

航空法では、「無人航空機」と呼ばれるもので、

「人が乗ることのできない飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船であって、遠隔操作又は自動操縦により飛行させることができるもの」と定義されています。

“「無人航空機」（ドローン、ラジコン機等）の安全飛行のためのガイドライン”（国土交通省航空局）より

そのほか、UAV（Unmanned Aerial Vehicle）、UAS（Unmanned Aircraft System）など

# ドローンとは？

## ■ ドローンの歴史

- ・ 第二次世界大戦前～中（1930～40年台）に軍事的無人航空機として開発が開始、戦後も研究が進められ、GPSによって航法技術が実用化
- ・ 産業利用として、日本の農業散布用ヘリコプターから始まり、1980年代に利用が研究され、1990年代に販売開始
- ・ 現在、広く利用されている電動マルチコプターは、2010年のパロット社のマルチコプターの発売をきっかけに拡がり、バッテリーや通信技術等の発達の後押しした。



RQ-4 Global Hawk  
<https://news.northropgrumman.com>



<https://www.yanmar.com/>



<https://www.parrot.com/>

# ドローン（UAV、無人航空機）について

## ■ ドローンの種類 ※小型

### 回転翼機

プロペラの回転によって揚力、推進力を得て飛行する。

- ・ シングルローター（ヘリコプター）
- ・ マルチコプター  
ローターが3つ以上のもの
- 垂直着陸やホバリングが可能



<https://www.yamato-motor.co.jp/>



<https://www.aj.com/>

### 固定翼機

主翼が固定されており、前進することで揚力を得て飛行する。

- 飛行距離、速度に優れる



<https://www.trimble.com/>

### 飛行船・気球

空気より軽い気体を利用して、浮力で飛行する。

- 安全性が高い

## ドローン（UAV、無人航空機）について

### ■ドローンの利用

分野	事例
物流	輸送
測量・調査	測量（公共測量等）、調査
災害対応	災害現場の情報収集、捜索・救助支援等
建築・土木工事 インフラ等維持管理	土木施設・建築物等の工事管理、橋梁、のり面、道路、 河川等の施設の点検・管理
農林水産業	農薬散布、管理、調査等
その他	報道、警備・監視、一般撮影、エンタテインメントなど

## ドローン（UAV、無人航空機）について

### ■ドローンによる計測

- 「ドローン」は、あくまで空中から対象物を計測するためのプラットフォーム、「センサー」を搭載することにより、計測が可能となる

例えば、

- ・カメラ（可視、赤外など）
- ・レーザー（LiDAR）
- ・ほか、各種センサー（接触計測用や非接触用）



<https://www.dji.com/>



<http://www.riegl-japan.co.jp>

- センサーに加え、GNSS（衛星を用いた測位システム）+IMU（慣性計測測地）による位置・姿勢情報技術、コンピュータビジョン技術等を組み合わせることにより、3次元の計測データを得ることが可能となる

## ドローンによる計測事例の紹介

### 【雪氷関係】

- ・ 雪崩
- ・ 吹雪
- ・ 氷河
- ・ 降雪実験
- ・ 建築

### 【その他】

- ・ 火山防災
- ・ 植生調査

## 「雪崩」の計測事例

- ・ 北海道ニセコにおける人工雪崩実験

## 「雪崩」の計測事例（1）

### 人工雪崩実験における雪崩流下中と雪崩発生前後の撮影

- ◆ 北海道ニセコ町で実施した「人工雪崩実験」(2016~2018年)
- ◆ ドローンの内蔵カメラにより雪崩発生前後、流動中の状況を撮影



## 「雪崩」の計測事例（1）

### 【動画映像による雪崩流下運動の把握】

- ◆ 静止したドローンより、雪崩の流下状況について動画で撮影
- ◆ 雪崩は、発破後から30秒程度流下し、停止



2016年 雪崩実験 (2016.3.28)

## 「雪崩」の計測事例（1）

【動画映像による雪崩流下運動の把握】

- ◆ 撮影した動画から、雪崩の流下速度や拡がりの時間変化などを整理

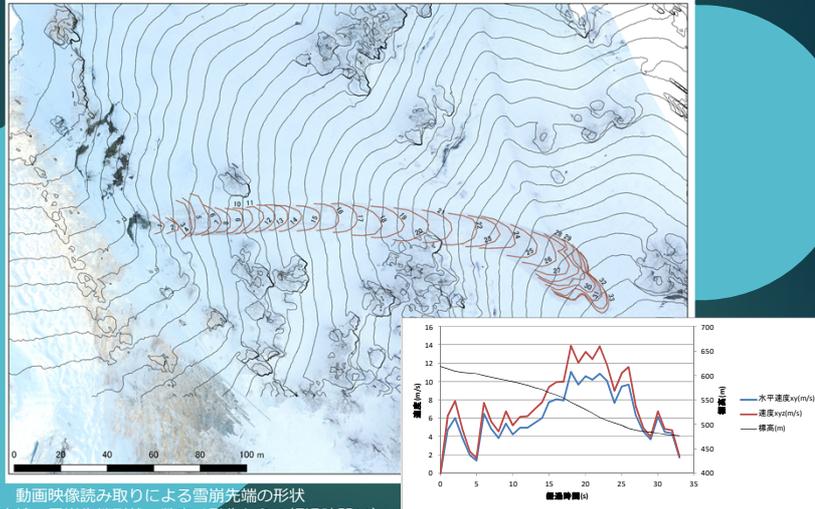


図 動画映像読み取りによる雪崩先端の形状  
(赤線：雪崩先端形状、数字は発生からの経過時間(s))

図 雪崩の流下速度

## 「雪崩」の計測事例（1）

【撮影画像、SfM/MVSによる地形、積雪、デブリ形状の把握】

- ◆ ドローンで撮影した写真より、SfM/MVSを用いてDSMを作成
- ◆ 地形や積雪、デブリの形状を把握

SfM/MVSとは？  
SfM : Structure from Motion MVS : Multi View Stereo  
動画、複数の静止画からカメラの位置などを推定し、3次元形状を復元し (SfM)、高密度の点群データを作成する (MVS) 技術。コンピュータービジョン分野において開発され、発展した。

DSM : Digital Surface Model 数値地表モデル

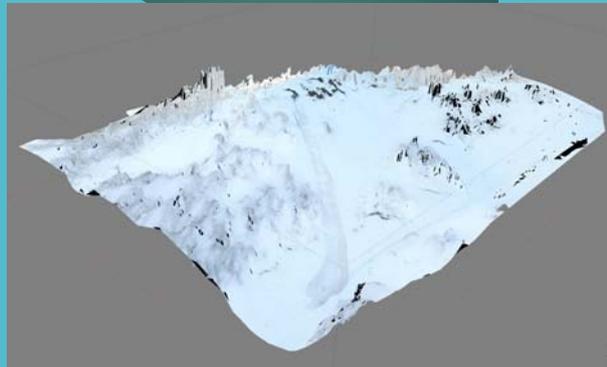


図 SfM/MVSによる地形 (雪面) の鳥瞰図 (雪崩発生後) 2016年 雪崩実験 (2016.3.28)  
ソフトウェア"Agisoft PhotoScan Professional"を用いて作成

## 「雪崩」の計測事例（1）

【撮影画像、SfM/MVSによる地形、積雪、デブリ形状の把握】

- ◆ 雪崩発生前後の表面高さの差より、積雪表面の変化やデブリ形状・ボリュームを把握

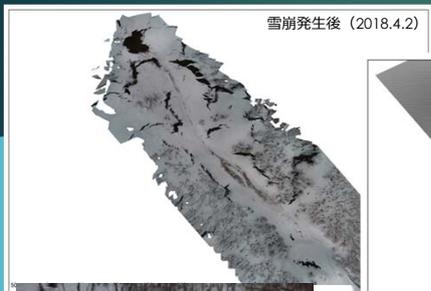


図 雪崩発生後のオルソ画像とデブリ

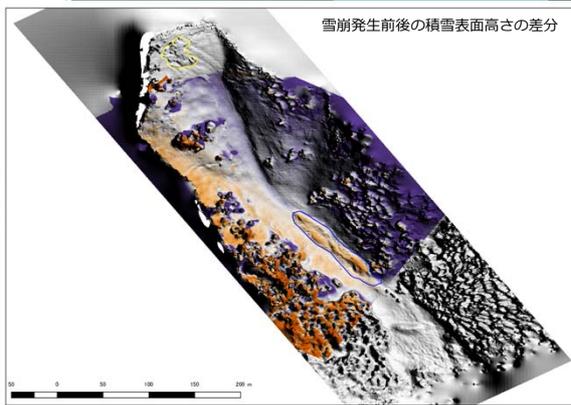
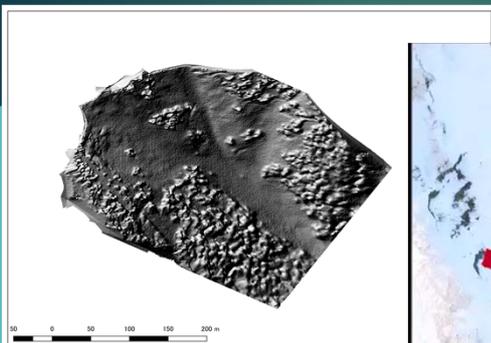


図 雪崩の発生区とデブリ

## 「雪崩」の計測事例（1）

【SfM/MVSによるDSMを用いた雪崩数値シミュレーション】

- ◆ 作成したDSM (Digital Surface Model) からシミュレーションのメッシュを作成し、解析や解析結果の検証も可能



## 「吹雪」の計測事例

・吹きだまりの計測事例

## 「吹雪」の計測事例

吹きだまり形状の把握（国立研究開発法人防災科学技術研究所 提供）

【UAV-SfMによる吹きだまり形状の計測】

- ◆ UAV-SfMにより、吹きだまり等が生じている積雪面の形状を把握

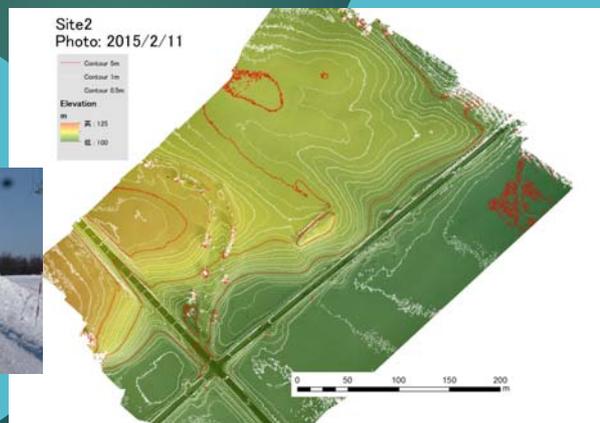


図 積雪面形状（北海道中標津町、Site2、2015.2.9）

## 2013/3/2 道東吹雪災害を受けて



北海道新聞



毎日新聞

## 「吹雪」の計測事例

【UAV-SfMによる吹きだまり形状の計測】

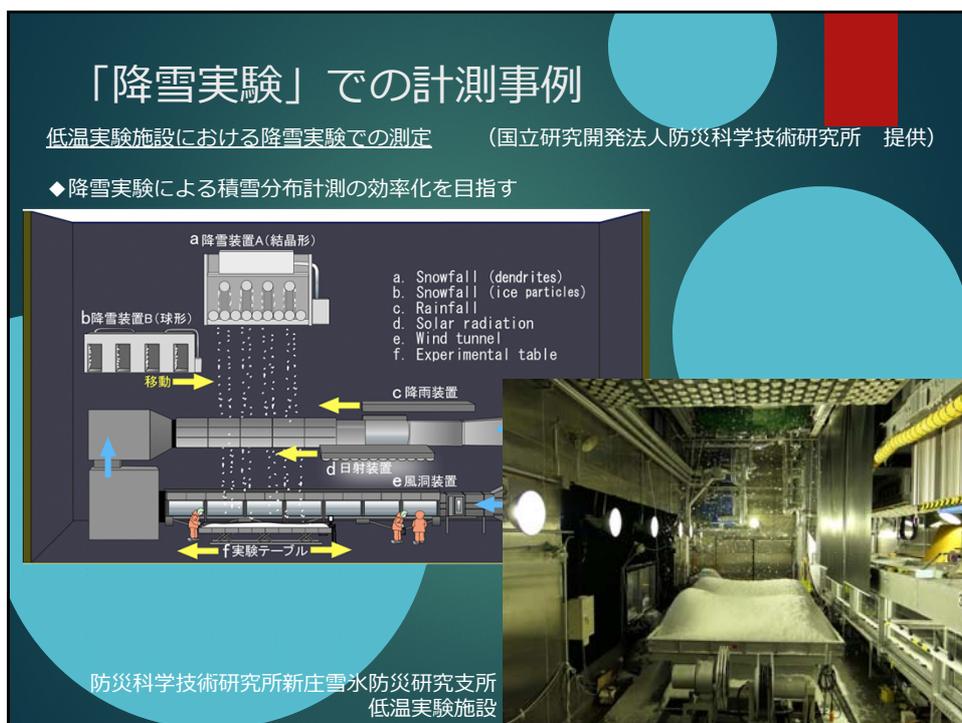
- ◆ UAV-SfMにより、吹きだまり等が生じている積雪面の形状を把握
- ◆ 作成したDSMにより、吹雪数値シミュレーションのメッシュ作成や解析結果の検証が可能



図 積雪面形状  
(北海道中標津町、Site4、2015.2.9)

図 シミュレーションによる解析例  
(吹きだまり)

Site 4 - 対地高度 150m、設置した道路の周囲、GCPが見える。解像度は 4cm/画素





## 「建築」の計測事例

空撮画像を用いた写真測量による屋根上積雪深の測定

(北海道科学大学 提供)

- ◆ UAV-SfMの手法により、建物の屋根上の積雪深、積雪形状を測定

- 北海道科学大学の体育館 (HIT Arena)



- ◆ 平面規模：約60m×約70m
- ◆ 高さ：約18m
  - ・メインアリーナ (バスケ2面)
  - ・サブアリーナ (バドミントン2面)
  - ・武道場 (柔道, 剣道)



※千葉隆弘 (2018) 空撮画像を用いた写真測量による屋根上積雪深の測定精度～機体の種類および画像枚数と測定精度との関係～、日本雪氷学会北海道支部研究発表会、2018

## 「建築」の計測事例

- ◆ UAV-SfMの手法により、建物の屋根上の積雪深、積雪形状を測定

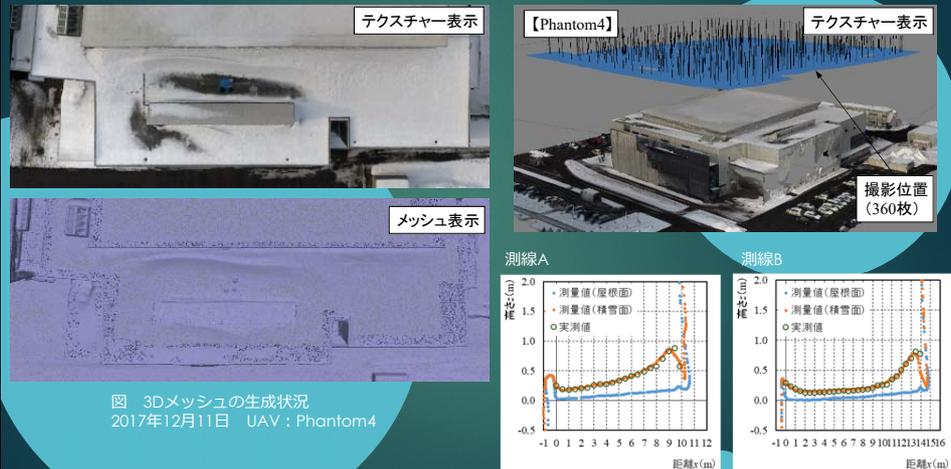


Phantom4 による撮影状況 2017年12月11日



## 「建築」の計測事例

◆ UAV-SfMの手法により、建物の屋根上の積雪深、積雪形状を測定



## 「植生調査」での計測事例

・ 新設される「遊水地」の現在の植生環境の調査

## 「植生調査」の計測事例

空撮画像を用いた植生環境調査

目的：新設される「遊水地」の現在の植生環境の調査  
(遊水地供用による植生環境の変化に備える)

ドローン調査：

- ・対象は1km×2kmと広いため、ドローンでの調査が効率的
- ・ドローンでは植物の細かな判読が難しいため、地上目視調査による植生判読結果で補完



飛行前の風速確認



使用した機体  
(DJI Phantom3 Pro)

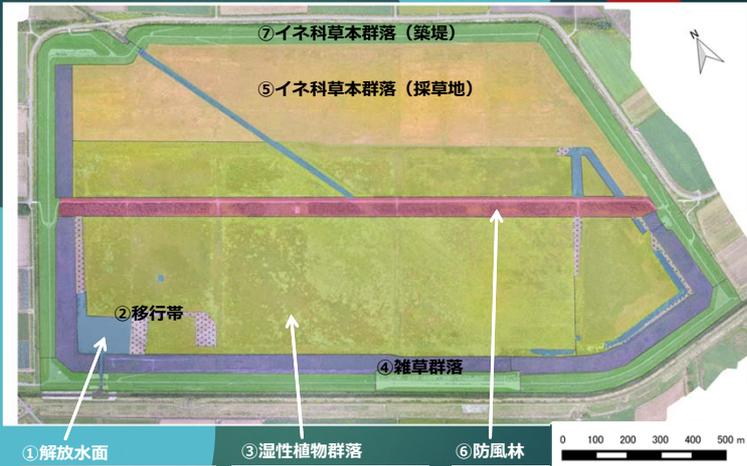


野鳥等への配慮

## 「植生調査」の計測事例

空撮調査結果

- ・オルソ画像を作成
- ・目視で植生群落毎にエリア分け



①解放水面



フトイ、ガマ

③湿性植物群落



・ヨシ、フトイが多い

⑥防風林



・ヤチダモ、ストロブマツ

# ドローンによる計測（雪氷調査系）の展望

## ■ その他、計測技術との比較

### vs. 人工衛星

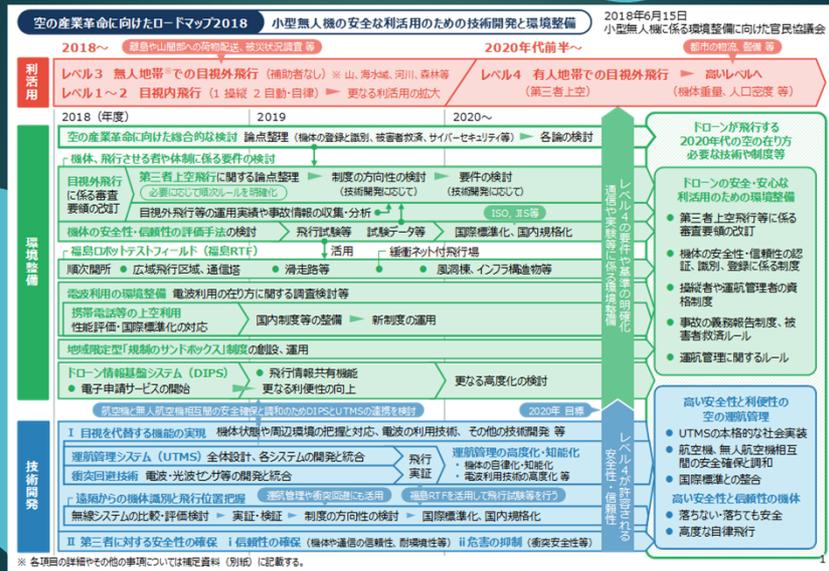
- 解像度が高い
- 時空間的な自由度、計測間隔の密度が高くてできる
  - ← 気象の影響は受ける
- センサーの自由度が高い
- × 広範囲の計測は不利

危険な場所での計測 頻度の高い計測（時間、空間）豊富なセンサー選択

今まで取得することができなかった、解像度・詳細度、範囲、頻度、観測点数での観測データの取得が可能

積雪、吹雪、雪崩、氷河等の「雪氷現象」の理解、雪氷災害の原因究明において、強力なツール

# ドローンによる計測の展望



# 国土省施策 (i-Construction)

## i-Construction



UAVなど新しい道具を用いて、建設産業全体の省力化を達成することが求められる。

# ドローンによる計測の展望

## ■ ドローンによる計測の課題

課題	課題・解決
技術的な課題	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ ドローンの利用                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・航法 → GNSSの精度向上、コンピュータビジョン・ロボットビジョン、センシング技術など</li> <li>・制御 → インターフェース、自律制御技術</li> <li>・機体の安全性 → バッテリー、認証技術など</li> <li>・対環境 → 防水性、耐風性</li> <li>・通信 → 電波・伝送技術開発、規格</li> <li>・安全対策 → 故障時の制御、通信等断絶時の制御、衝突防止技術など</li> </ul> </li> <li>■ 計測                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・センサー → センサーの小型化・最適化、新しいセンサーの開発</li> </ul> </li> </ul> など
制度的な課題 (国内を主に)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・技能の保証 → 操縦ライセンス</li> <li>・機体の安全性保証 → 認証、検査</li> <li>・利用の管理 → 飛行計画書など</li> <li>・運航基準 → 航空機との兼合い、法律などの整備</li> <li>・事故時の賠償、保証 → 保険制度の整備</li> </ul> など

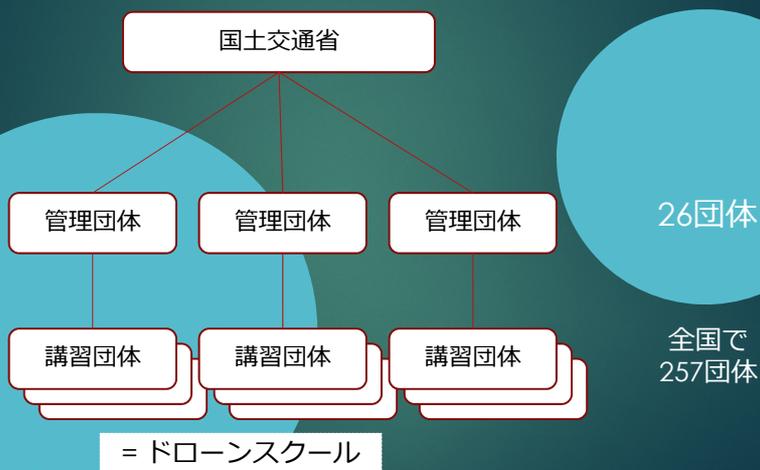
## ドローンスクールの概要

- ▶ 雪研ドローンスクールは、JUIDAの認定を受けたドローン（無人航空機）の操縦士および安全運航管理者養成スクールです。
- ▶ 所定のカリキュラムを修了し、JUIDAに申請することで、「無人航空機操縦技能証明証」や「無人航空機安全運航管理者証明証」が発行されます。
- ▶ 2017年6月に開校し、2018年10月現在で38名の修了生を輩出しています。



- ※ JUIDA (一般社団法人日本UAS産業振興協議会)は、国土交通省が認めた、無人航空機講習団体の管理団体の一つです。

## 講習団体と管理団体



※ 団体数は平成30年10月時点

## カリキュラム例

- ▶ 無人航空機の運航に必要な知識を座学で学び、ドローンの操縦を実技講習で学びます。
  - ▶ 操縦技能
    - ▶ 座学 6時間 (概論、法律、気象、技術1、技術2、運用)
    - ▶ 実技 10時間
  - ▶ 安全運航管理者
    - ▶ 座学 3時間
- ▶ 以下は、2日間の日程でのタイムテーブル例です。

●1日目		●2日目		
09:00~16:30	座学①概論	8:30~15:30	実技3.5時間	
	座学②法律		昼休み	
	座学③気象		実技3時間	
	昼休み		15:30~18:45	安全運航管理
	座学④技術			解散
座学⑤技術				
座学⑥運用				
16:30~20:00	実技3.5時間			
	夕食			
	宿泊			

## スクール受講生

個人 (10)

クリエイティブ系  
8%

OA機器メーカー (1)

デザイン (1)

印刷業 (1)

電気保安・管理 (1)

庭園管理・造園工事 (1)

産業廃棄物処理 (1)

警備業 (3)

監視・点検系  
16%

建設・土木系  
30%

建設コンサルタント (8)

設計・測量 (2)

建設 (1)

土木工事 (1)

環境調査・研究 (5)

大学 (5)

調査・研究系  
26%

## スクール風景



修了証授与式



座学風景



屋外実技講習



屋外実技講習

雪氷研究大会（2018.札幌）公開講演会

## ご静聴ありがとうございました

謝辞

資料のご提供いただきました皆様へ、深く感謝申し上げます