

令和5年度第3回地方公共団体の危機管理に関する研究会
2023（令和5）年10月31日（火）13:00～14:10（東京）

消防防災活動を加速させる 災害初期対応のための ドローン教育プログラム

内山庄一郎

uchiyama@bosai.go.jp

国立研究開発法人 防災科学技術研究所

マルチハザードリスク評価研究部門

（兼）防災情報研究部門 室長

（兼）災害過程研究部門 （兼）自然災害情報室

（兼）情報統合運用室 （兼）共創デザイン・リエゾングループ

防災科研 (NIED)

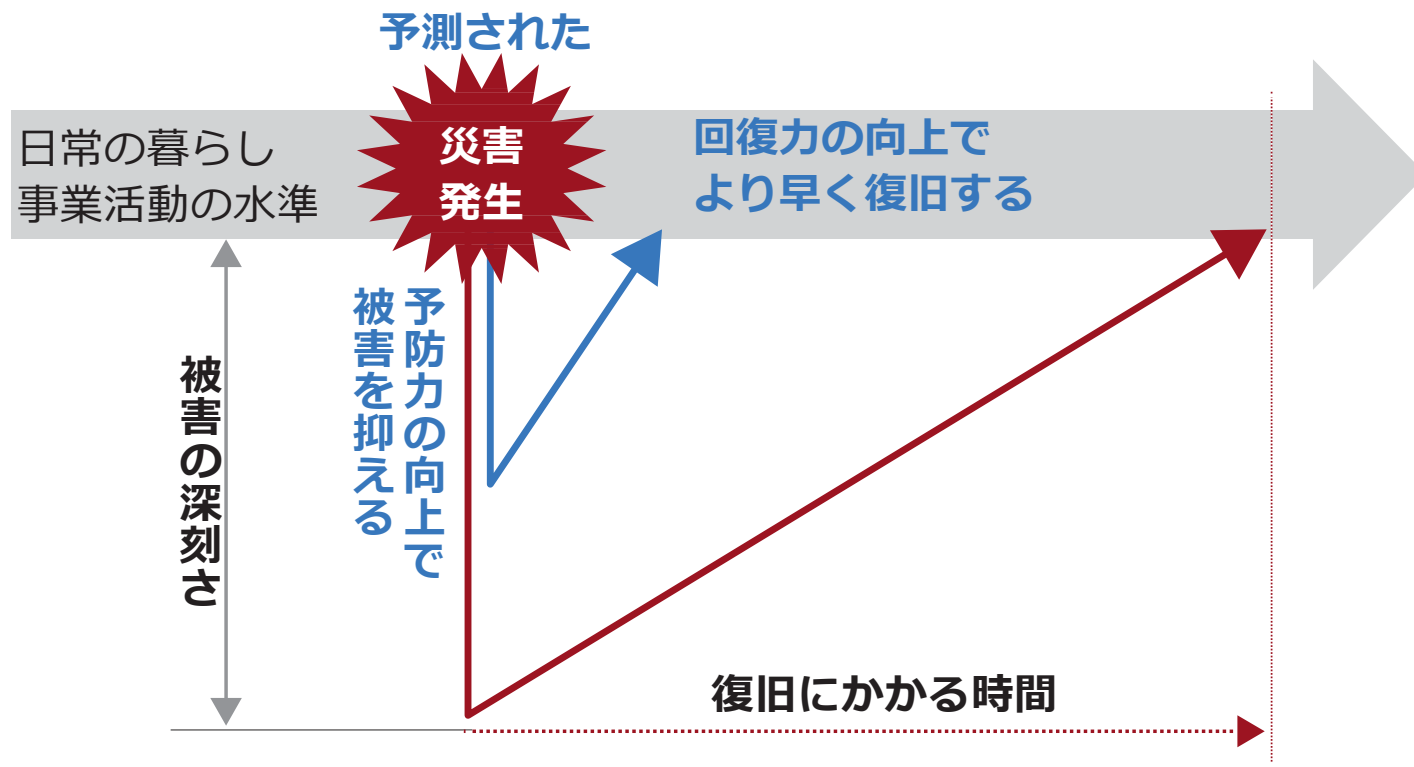
国立研究開発法人 防災科学技術研究所 (*NIED, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience*)

防災に関する科学技術の研究を行う文部科学省所管の国立研究開発法人
本部は茨城県つくば市にあるほか、全国に実験施設や観測施設を有する



レジリエンスとは？

予測力・予防力に回復力を加えた総合力



「被害を最小限に抑えること（予防力）」と、災害が起きた後に
「速やかに回復すること（回復力）」の両面から取り組むことで、
「レジリエンス」を向上させることができます。

自己紹介

1978年 宮城県仙台市出身、青森県八戸市育ち

防災科研 主任専門研究員

博士（環境学）（東京大学）

修士（文学）（東北学院大学）



委員等

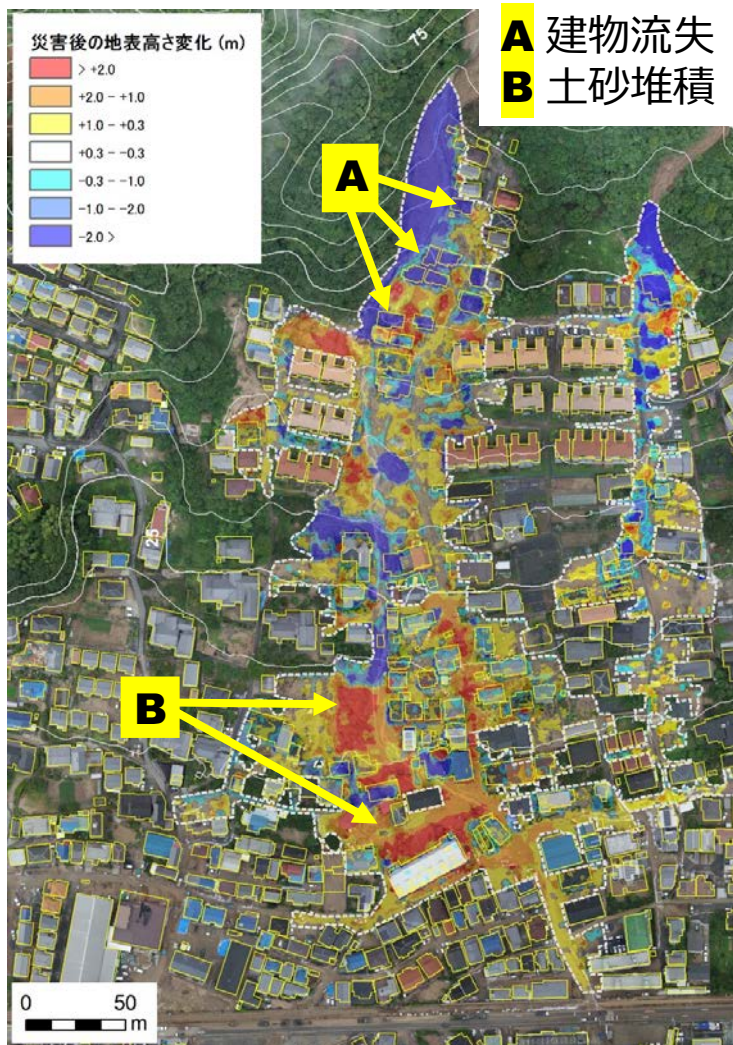
- 神石高原町防災アドバイザー
- 神戸市レジリエンステクノロジーオフィサー
- 陸上自衛隊 教育訓練研究本部 客員研究員

著書

- 新版 必携ドローン活用ガイド（2020、東京法令出版）
- 読むだけで上手くなる 目指せ！ドローンの匠！！
（2018～連載中、月刊消防、東京法令出版）



飛ばせる、その先へ



1. 国難級災害への対応

➤ 避けられない天災にどう対処するか

2. 平時の活用

➤ 新たな観点をプラスしよう

3. 災害初動での活用

➤ 自治体と民間の「共通言語」は？

4. 求められる能力向上

➤ 安全運航・空間情報活用・自然災害

5. まとめ

➤ 地産地防を全国へ

搜索支援地図 (特許6467567)
2014.8 広島市土石流災害

1. 国難級災害への対応

新たなステージ

自然と社会の変曲点

「フェーズフリーな超しなやか社会」と5D-MaaS共創拠点

我が国の防災対策

地すべり等防止法（1958）
急傾斜地法（1969）
砂防法（1987）

・ハード対策の推進：防災基本計画・砂防三法

- ・戦後の防災対策：防災施設整備
- ・危険箇所の増大：宅地開発等

（1963）

➤100年以上：防災施設整備完了まで（2003時点）

- ・急傾斜地崩壊危険箇所I：11万か所超、整備率20%未満



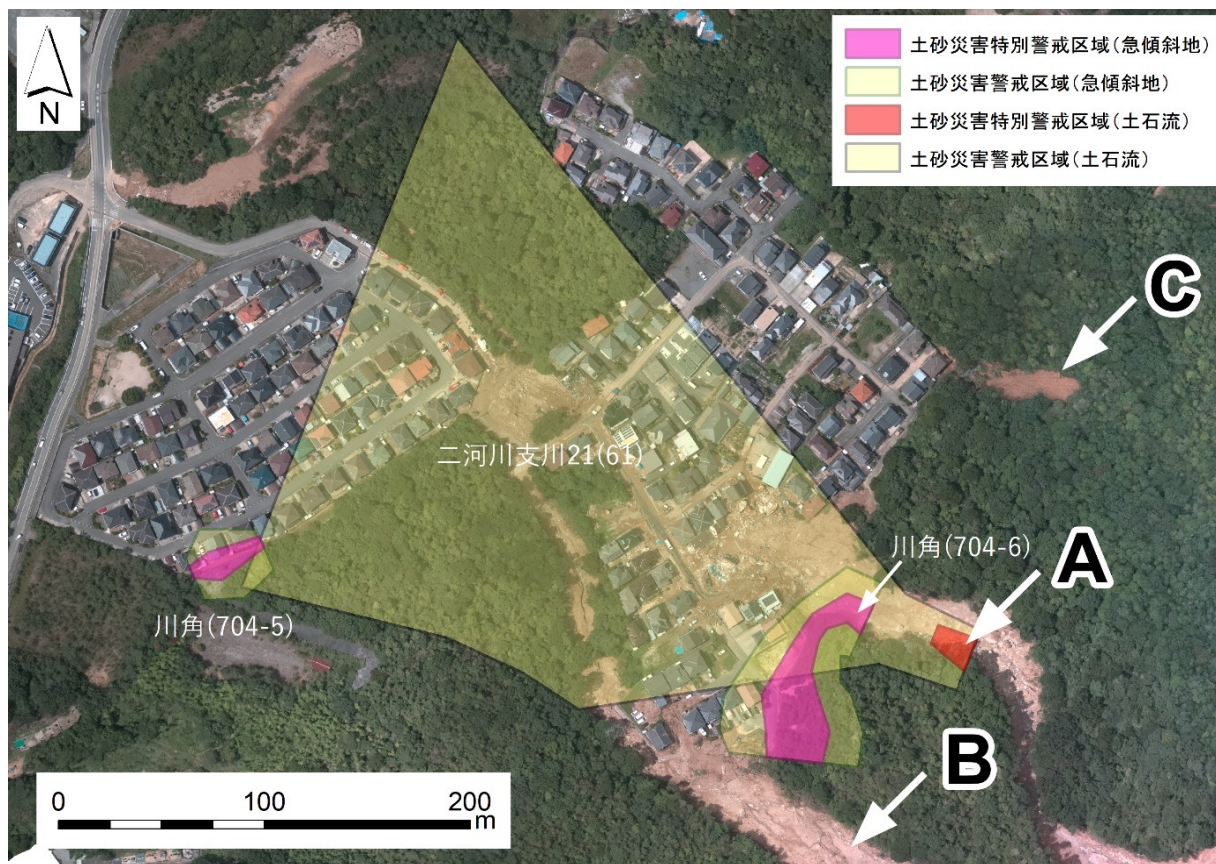
・ソフト対策の推進

- ・土砂災害防止法（2000）

➤土砂災害警戒区域等：推計66.3万地区（2019.2時点）

- ・危険の周知と避難体制の構築
- ・開発行為の規制

自然と社会の変曲点



平成30（2018）年7月豪雨による土石流被害

土砂災害警戒区域等の指定：平成29年3月9日（災害発生前）

➤被害想定と実際との差異：土砂発生量の予測精度

「新たなステージ」における防災

明らかに、雨の降り方が変化している

➤豪雨、台風の**激甚化、高頻度化**

- ハイリスク地域への都市機能・経済・人口の集中
- 防災施設整備の充実による安全の過信

1. 想定外を直視した科学的知見の更新

- 変わらざるを得ない地域のあり方

2. 長期的な視座に立った防災の在り方の見直し

- 人類の生存可能性を高める新たな取り組み

大規模災害の増加

・気候変動

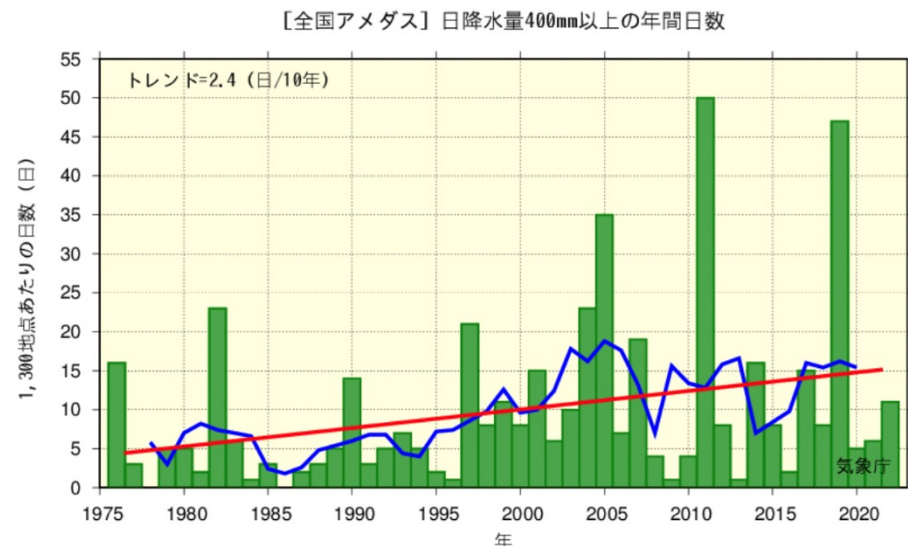
大雨の頻度が最近10年間では最初の10年間と比べて約1.9倍に増加

・巨大地震

- ・必ず発生する「国難級災害」
- ・南海トラフ地震
- ・首都直下地震
- ・日本海溝・千島海溝沿いの巨大地震

・疫病・戦争

- ・新型コロナウイルスの再来
(スペイン風邪、SARS、MARS)
- ・政情不安

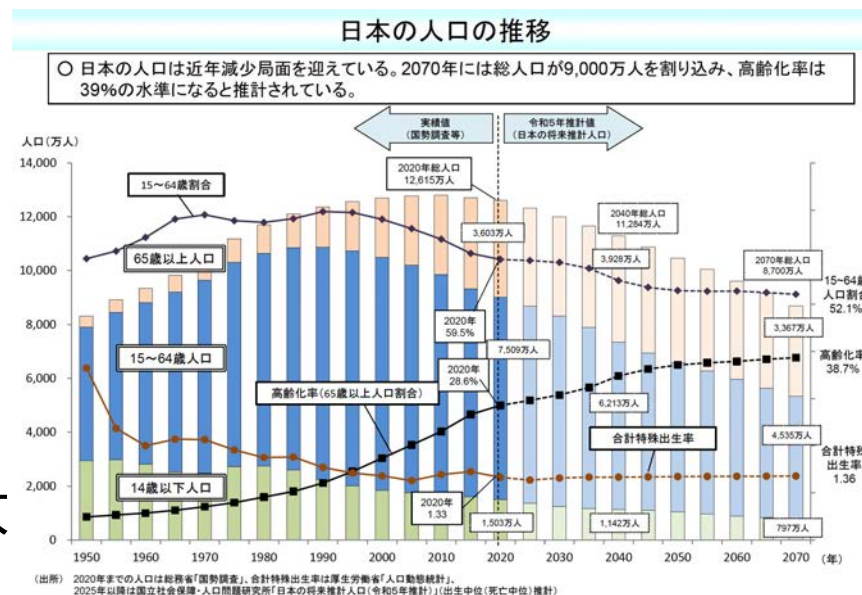


出典：気象庁HP

https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html

長期的な社会課題：深刻な人材不足

- 命を守るサービスの遅延・不足
 - 災害対応能力の低下
- 人口減少
 - 労働力人口の減少
 - 人材不足・なり手の減少
- 超高齢化
 - 高齢者向けサービス需要の拡大
- 地域格差・経済格差の拡大
- 国際経済市場としての魅力喪失
 - 長期的な悪循環



出典：厚生労働省HP
https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_21481.html

国難級災害への対応

- 長期的、俯瞰的な視点を持ち
 - 明確なビジョンと具体的なアクションを考え
 - 今から、全員で取り組む
-
- モチベーションの維持にはスピリット
 - 計画のみならず、新技術の戦術化、訓練による実践を通じて着実にステップアップする

2. 平時の活用

- 各地で展開される実証実験
- フェーズフリーの観点をプラス
- 航空法第132条の92の運用をあらかじめ検討する

フェーズフリーの観点

訓練も「日常化」の主要な手段

五段階の活用レベル

操縦の難易度と必要な資機材のレベル分け

チーム・個人のスキルリスト化

活用の5段階（難易度）

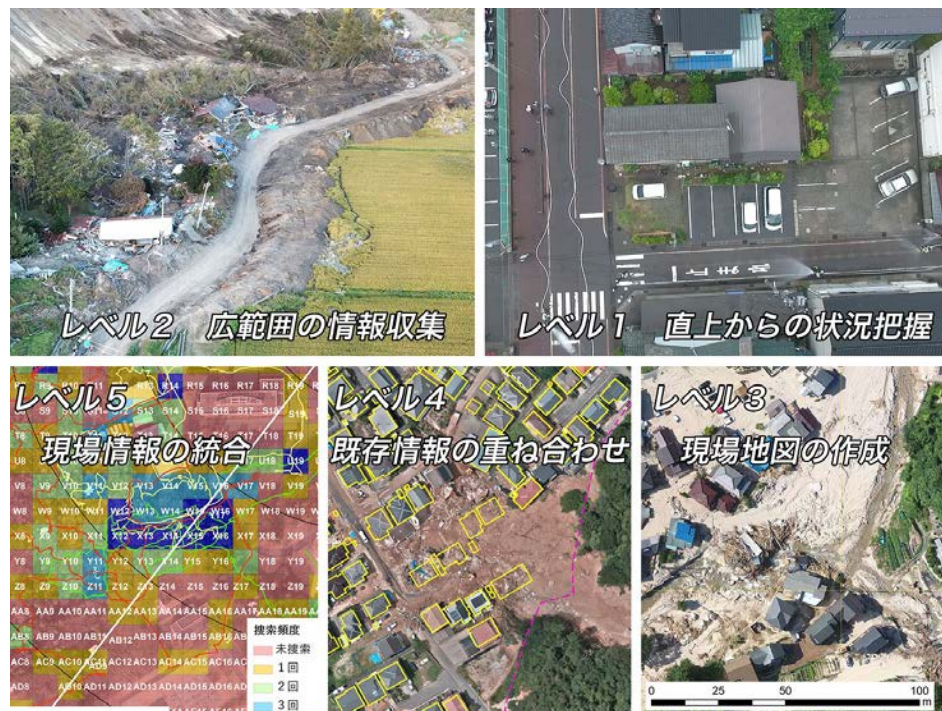
Lv. 1 直上からの状況把握

Lv. 2 遠隔地の状況把握

Lv. 3 現場地図の作成

Lv. 4 既存情報の重ね合わせ

Lv. 5 現場情報の統合



内山 (2018) 災害におけるドローンの活用. 月刊消防, 11月号, pp.1-7.

レベル1 地図的映像

「私の偉大な才能であり、指揮官として私を際立たせたものは、全体像をはっきりと見る能力である」 ナポレオン・ボナパルト

リアルタイムに書き換わる地図

1. カメラを真下に
2. 画面の上を北に

✓情報価値の理解

✓映像技術の理解



俯瞰視点は位置把握が難しい



新潟県糸魚川市火災防ぎょ訓練（平成29年6月）撮影：防災科学技術研究所

レベル1 地図的映像

レベル1のポイント

1. 飛行対地高度と撮影範囲の関係の把握

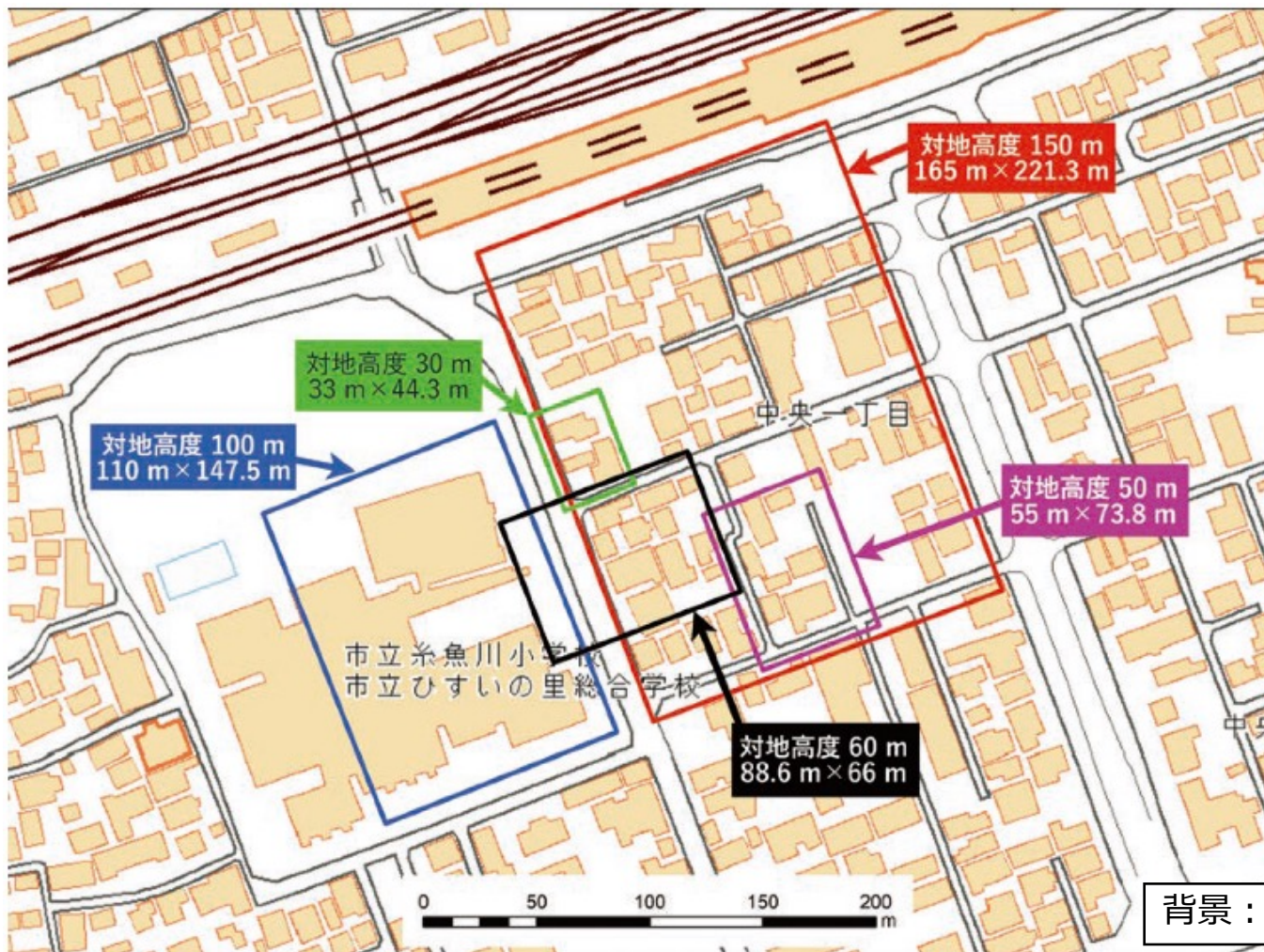
- 事案の範囲よりも少し広い範囲が映る高度
- あらかじめ撮影範囲を計算で求めておく

2. カメラの向き最適化

- 地図的映像：カメラを真下に、映像の上を北に
- 俯瞰的な視点で目標物を探すことは難しい

レベル1 地図的映像

飛行対地高度と撮影範囲の関係の把握

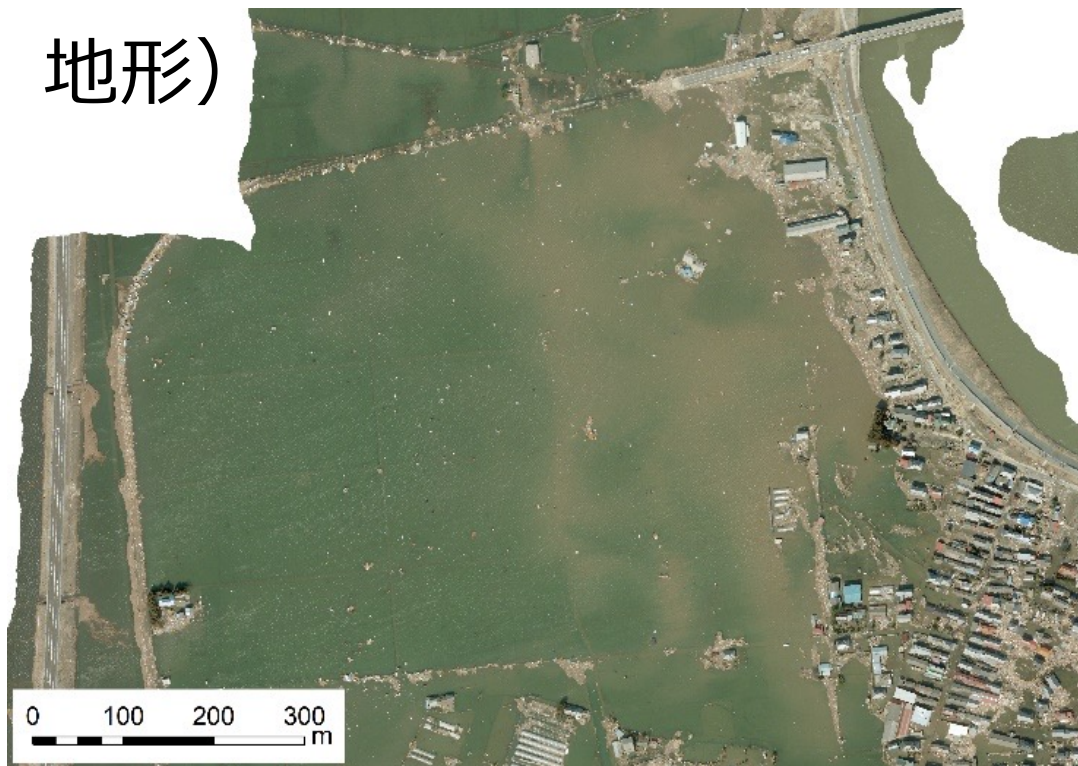


レベル2 遠隔地の状況把握

活用例) 海上の要救助者

- 風を読む技能 (気象、地形)

✓救助率の向上



2011年東北地方太平洋沖地震の津波被害 撮影：国土地理院 オルソ画像作成：防災科学技術研究所

※ドローンで撮影した写真ではありません。
もしもこの時ドローンがあれば、という想定です

4.災害対応におけるドローンの活用

活用の5段階（難易度）

Lv. 1 直上からの状況把握

Lv. 2 遠隔地の状況把握

Lv. 3 現場地図の作成

Lv. 4 既存情報の重ね合わせ

Lv. 5 現場情報の統合

「空飛ぶカメラ」に
プラスアルファ



内山 (2018) 災害におけるドローンの活用. 月刊消防, 11月号, pp.1-7.

レベル3 現場地図の作成

マッピングの基礎

- 写真測量（自動化）
- 画像の判読（人間）
- インテリジェンス化

災害前の様子（地理院地図）



2018年7月豪雨による広島県の土石流災害の被害 撮影・オルソ画像作成：防災科学技術研究所

レベル4 既存情報の重ね合わせ

地理空間情報技術の基礎

- 地理空間情報 (GIS)

- ✓被災家屋を迅速に特定

- ✓**搜索支援地図**

内山ほか (2014) 平成26年8月豪雨による広島土石流災害における空撮写真を用いた搜索支援地図の作成. CSIS DAYS 2014優秀研究発表賞



2018年7月豪雨による広島県の土石流災害の被害 撮影・オルソ画像作成：防災科学技術研究所

レベル5 現場情報の統合

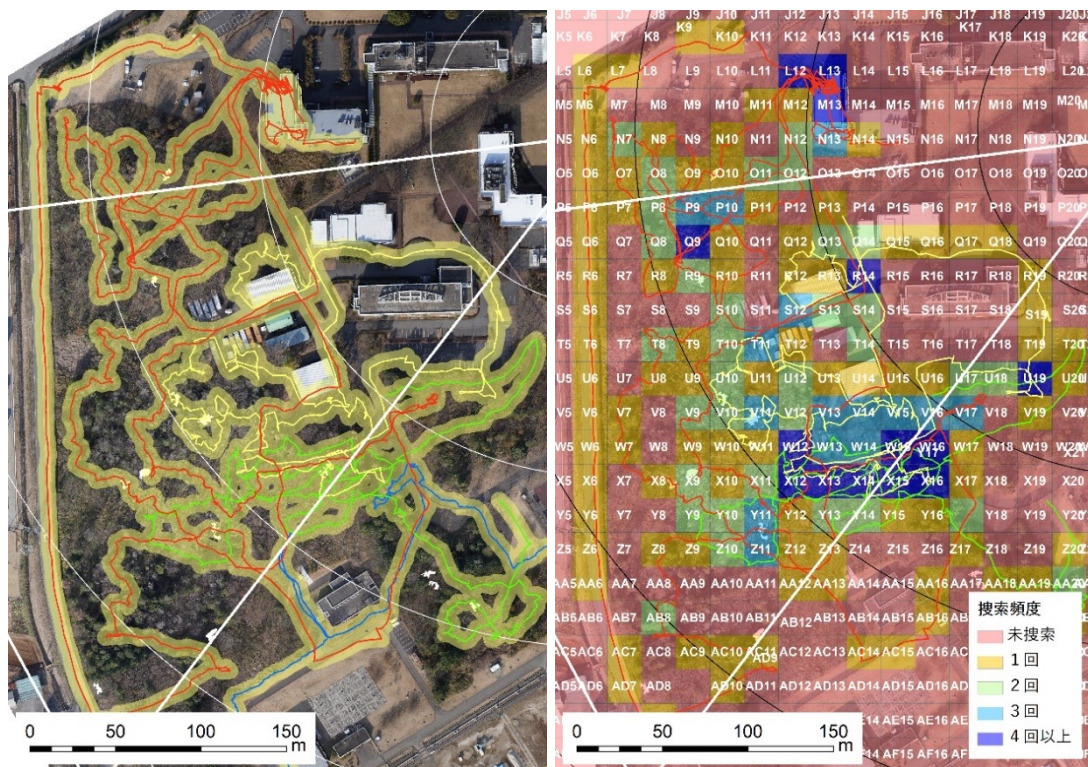
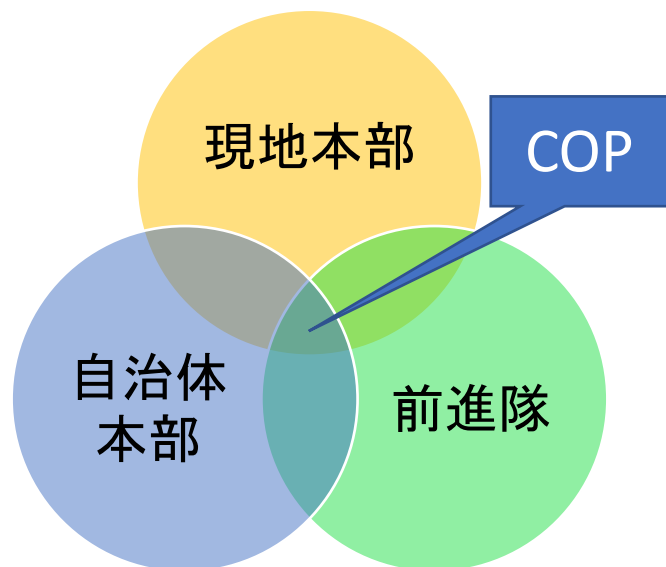
(例) 搜索実績の管理

✓ 搜索漏れの可視化

✓ 現場の動きのデータ化

✓ 共通状況図 (COP)

Common Operational Picture



ドローン地図を活用した搜索活動の可視化と効率化
(防災科学技術研究所)

4.災害対応におけるドローンの活用

活用の5段階（難易度）

Lv. 1 直上からの状況把握

Lv. 2 遠隔地の状況把握

Lv. 3 現場地図の作成

Lv. 4 既存情報の重ね合わせ

Lv. 5 現場情報の統合

レベルアップには知識教育と装備充実



内山 (2018) 災害におけるドローンの活用. 月刊消防, 11月号, pp.1-7.

フェーズフリーの 観点をプラス

1. 高度な活用レベルは訓練
を通じて日常化
2. チームと個人のスキルを
リスト化
 - 異動後も有効なスキル
リストによる人材拡充

無人航空機スキルリスト

【基本情報】

名前：山田 太郎（やまだ たろう）

所属：T 市消防本部 K 消防署 T 分署 警防課 ドローン隊

経歴：

2010 年 4 月 T 市消防本部

2011 年 4 月 C 消防署 S 分署 救急課

2016 年 4 月 C 消防署 N 分署 警防課

2021 年 4 月より現職

【ドローン運行スキル】

総飛行時間：50 時間（現場での飛行経験あり）

資格・ライセンス：なし

使用機材：Phantom4、Mavic3 Enterprise

大分類	小分類	スキル
安全運航	航空法	○ 習得済 (2021/4/30)
安全運航	関連法規	○ 習得済 (2021/4/30)
安全運航	災害時運航	○ 習得済 (2021/5/15)
安全運航	要素技術	○ 習得済 (2021/5/20)
安全運航	マニュアル	○ 習得済 (2021/6/1)
安全運航	点検・整備	○ 習得済 (2021/6/8)
安全運航	気象	○ 習得済 (2022/2/3)
安全運航	電波	○ 習得済 (2022/3/5)
安全運航	離着陸	○ 習得済 (2021/7/8)
安全運航	地図的映像の撮影	○ 習得済 (2021/8/22)
安全運航	遠距離飛行	○ 習得済 (2022/12/8)
安全運航	特定飛行	習得中
空間情報	オルソ画像作成（現場地図の作成）	習得中
空間情報	情報の重ね合わせ	習得中
空間情報	スペクトルと赤外線	－ 未習得
自然災害	大規模災害	△ 要強化
自然災害	土砂災害	△ 要強化
自然災害	水害	△ 要強化

航空法

航空法第132条の92の適用について
災害時の運航における実務上の留意点

航空法

第132条の92

- 適用除外となる項目
- 災害時の運航における実務上の留意点

第132条の89	飛行日誌	第132条の88	飛行計画	第132条の87	第三者が立ち入った場合の措置	薬物の影響下での飛行を除く	第一項第一号(アルコール又は	第132条の86	飛行の方法	第132条の85	飛行の禁止空域
----------	------	----------	------	----------	----------------	---------------	----------------	----------	-------	----------	---------

航空法第132条の92：概要

- 特例適用者
 - 事故や災害時、国、地方公共団体、これらの者の依頼を受けた者
- 目的
 - **搜索又は救助**を行うためにドローンを飛行させる場合
 - 事故や災害の発生等に際して人命や財産に急迫した危難のおそれがある場合において、人命の危機又は財産の損傷を回避するための措置（調査・点検、捜査等の実施を含む。）
- 災害前の調査、災害後の復旧・復興に関する事業など、上記の目的ではない飛行の場合、航空法第132条の92は適用されない
- 第一義的に負っている**安全確保の責務**を解除するものではない
- 必読「航空法第132条の92の適用を受け無人航空機を飛行させる場合の運用ガイドライン」（国土交通省航空局）

航空法第132条の92：留意点1

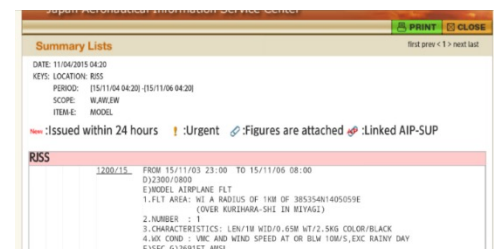
飛行目的は適切か？

- 航空法第132条の92で定められた飛行目的は**搜索、救助**
- それ以外の調査や測量等は、緊急を要する目的であっても、通常の許可・承認の申請が必要
- 平時において、通年で許可・承認を取得し、定期的に訓練を積んで対応能力を高めることが正しいアプローチ
- 災害時になってから飛行の緊急性を主張しても間に合わない

航空法第132条の92：留意点2

航空情報（NOTAM）を発行したか？

- 空港周辺、あるいは対地高度150 mを超えて飛行させる場合は、航空情報（NOTAM）の発行が必要
- 空域を管理する空港に対し電話連絡のうえ電子メール、ファクシミリ等により行うことができる
- NOTAMを出さずに禁止空域を飛行させると、有人航空機の操縦者が、無人航空機が当該空域を飛行していることに気付かないおそれがある
- NOTAMの発行は、**空域使用の優先権を意味しない**
- **有人航空機を優先**とし、常に注意を払い、必要に応じて降下や着陸などの安全確保行動をとる



航空法第132条の92：留意点3

関係機関と飛行情報を共有したか？

災害時は救助活動や報道等の有人航空機の交通が増加

• 航空運用調整班

都道府県の災害対策本部に設置される航空運用調整班を通じて、警察、消防、自衛隊、海上保安庁、国土交通省、ドクターヘリ等の有人航空機を運航する機関に対して、飛行情報を共有・調整する

• 飛行範囲・場所、時間、海拔高度、形状・色・数、等

• 航空運用調整班の**所掌外の事項**

➤ 公的・民間ともにドローンの運航調整

➤ 報道ヘリ等の運航調整

航空法第132条の92：留意点4

航空安全の確保は十分か？

- 緊急時であっても、安全確保の義務は解除されない
- 安全確保に疑義がある場合は飛行させない
- 災害時に、経験のない飛行や、機体性能を超える飛行を行い、結果として事故につながった例がある
 - ドローンの活用可能性調査は、ハイリスクなものほど平時に計画・訓練し、成功を阻害する要因を十分に検証して安全を確保した上で災害時に実施するもの
- 墜落の被害は衝突時の衝撃力だけではない
- バッテリー発火による火災のリスクが高い
- 機体の価格は無関係

課題：災害時におけるドローンの運航



平成27年常総市の水害：30分間で**少なくとも14機**の有人航空機に遭遇

- ・ 災害時等、有人機が過密な状況での飛行ルール、運用技術がない
- ・ 航空無線などドローン運航者と有人機との意思疎通の手段がない

➤ UTM:
UAS traffic management

小型無人機等飛行禁止法

災害時にも適用される

災害その他やむを得ない場合

- 小型無人機等の飛行を行う直前までに、警察署に**口頭で通報**すること
 - ✓機体の実物を見せる、機体の写真を提供する

小型無人機等飛行禁止法

- 対象施設の敷地・区域の上空（レッド・ゾーン）
- 周囲おおむね300mの上空（イエロー・ゾーン）
- 警察官は違反者に対して、機器の退去その他の必要な措置をとることを命令することができる。
- やむを得ない限度において、小型無人機等の飛行の妨害、機器の破損その他の必要な措置をとることができる。
- 命令に違反した場合は1年以下の懲役又は50万円以下の罰金（レッドゾーンの飛行は命令の有無を問わず罰則適用）
- 「小型無人機等飛行禁止法の概要」

<https://www.npa.go.jp/bureau/security/kogatamujinki/pdf/gaiyou.pdf>

3. 災害初動での活用

- 自治体と民間の協業可能性
- 公益性の高さだけでは現場を止める理由にならない
- 形だけの災害時協力協定を避けるために必要なこと

形だけの活用体制：独りよがり

機能するのか疑わしい「災害協定」

災害直後、災害現場に現れた知らないドローン事業者。飛ばさせてくれと懇願され、消防防災ヘリの空域退出を要請された。
隊長のあなたは、どうする？

現実問題として、災害直後の生存確率が高い時間帯に、

- 成果不明な「実験的社会貢献」は受け入れられない
- 平時に使ったことのないツールは使えない

形だけの活用体制：膨大なデータ

ある自然災害で、ドローンによって膨大な写真や動画が撮影され、そのデータが現地災害対策本部に提供された

提供を受けた現地災害対策本部には、データを見る時間も、データから情報を読み取る人員も、動画を再生できるスペックを持ったPCもなかった

仮にデータを確認する時間が割けたとしても、有用な情報が得られるかどうか、本部では誰も確信できなかった

ドローンを導入しただけでは、成果は生まれない
撮影をしただけでは、情報の価値は低い

今そこで、何が、なぜ必要か？

災害初動でのドローン活用に必要な3つの能力

1. **プロセス理解**：災害対応プロセスの理解
2. **飛行計画**：安全運航と情報取得
3. **情報活用**：情報解釈と共有のための科学的知識

外部機関との連携の注意点

- ・協定事業者等ができること：撮影・マッピング
- ・現場従事者がやるべきこと：解釈・意思決定

災害初期対応機関におけるドローンの活用（2022）日本地震工学会誌、No.46
<https://www.jaee.gr.jp/jp/wp-content/uploads/2023/06/kaishi46.pdf>

形だけの活用体制

【協定事業者】 多くが販売店やドローンスクール

- ・ 災害対応プロセスや現場の意思決定に関する知識はない

【現場従事者】 現場の意思決定者

- ・ 現在の現場従事者は空間情報に馴染みがない
- ・ 経験のない情報を教育なしでは使えない

【課題】 役割分担・連携・**知識教育**

- ・ 協定事業者の役割：情報の取得
- ・ 現場従事者の役割：情報の解釈
- ・ 連携：顔の見えない関係では現場で動けない
- ・ **知識が共通言語**

➤ 災害対応プロセス、安全運航、情報取得・活用

科学的な知識の効果

位置情報を持ったデジタル情報の取得ツール
なぜ、何を、どのように取得し、読み取るのか
理論的に計画・実行・活用するための知識

あなたなら、どうする？

対地高度50mの高さからカメラを真下に向け、分解能7.6cmのハイビジョンFPV映像を使用して道迷い者の検索を行う。

以下の状況において、要救助者を発見できる可能性について検討せよ。なお、対象者の状態は考慮せず、分解能にのみに着目する。

1. 落葉して枝のみになっている樹林帯
2. 手のひらサイズ（20cm四方）の木漏れ日がある樹林帯
3. ペットボトルキャップサイズ（3cm四方）の小さな木漏れ日がある樹林帯

空間情報技術：識別レベル

ジョンソン基準（1958）による識別レベル

1. **検知不可**（物体を発見することができない）：－
2. **検知**（物体が存在していることが分かる）：**2画素**±0.5画素
3. **向き**（物体の向きが分かる）：2.8画素±0.7画素
4. **認識**（物体が何だかわかる）：**8.0画素**±1.6画素
5. **識別**（物体の個々を区別できる）：**12.8画素**±3.0画素

※ターゲットとなる物体とその背景とのコントラストが大きいことを条件とする

識別レベル：効果測定

1. 落葉して枝のみになっている樹林帯

【認識】 時折枝で遮られるものの、人間はほぼその全容が画面に映ることが想定される。したがって、発見できる可能性は高い。

2. 手のひらサイズの木漏れ日がある樹林帯

【検知】 間隙はおよそ2.6画素であり、識別レベルでは「検知」に相当。人間の全容が映ることは期待できないが、一部が映り込む可能性がある。この条件では、対象者の服装や動きの有無により搜索効率への寄与度合いが変化する

3. ペットボトルキャップサイズの小さな木漏れ日がある樹林帯

【検知不可】 木漏れ日は0.4画素程度にしかならず、映像判読による発見はほぼ不可能。対地高度を下げて映像の分解能を上げる方法もあるが、斜面地帯であり、低高度での飛行は墜落リスクが高い

認識レベル	必要画素
検知	2画素±0.5画素
認識	8.0画素±1.6画素
識別	12.8画素±3.0画素

体系的な知識は経験を加速させる

インテリジェンスに必要な科学的理解

操縦技能だけでは、ドローンは活用できない

➤論理的に説明できますか？

知の戦力

安全
運航

空間
情報

自然
災害

【安全運航】点検の各工程における航空工学的な意味は？

【空間情報】デジタル画像における見えるものの限界とは？

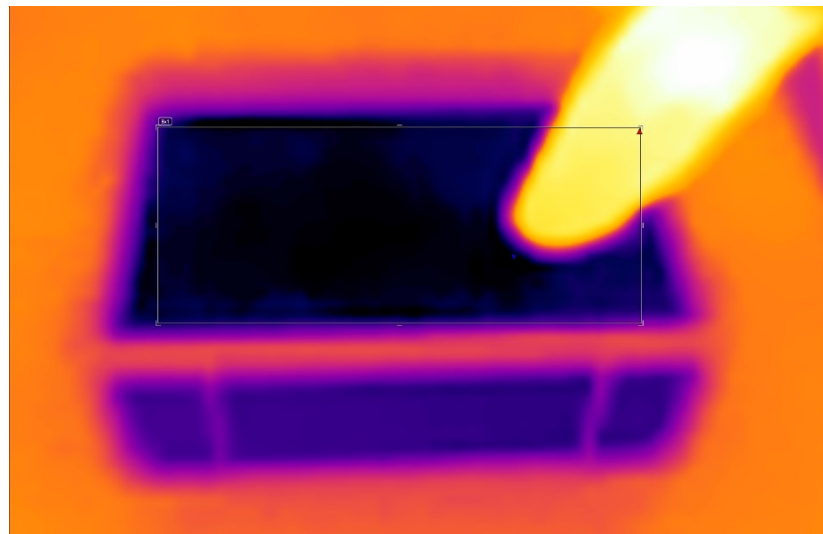
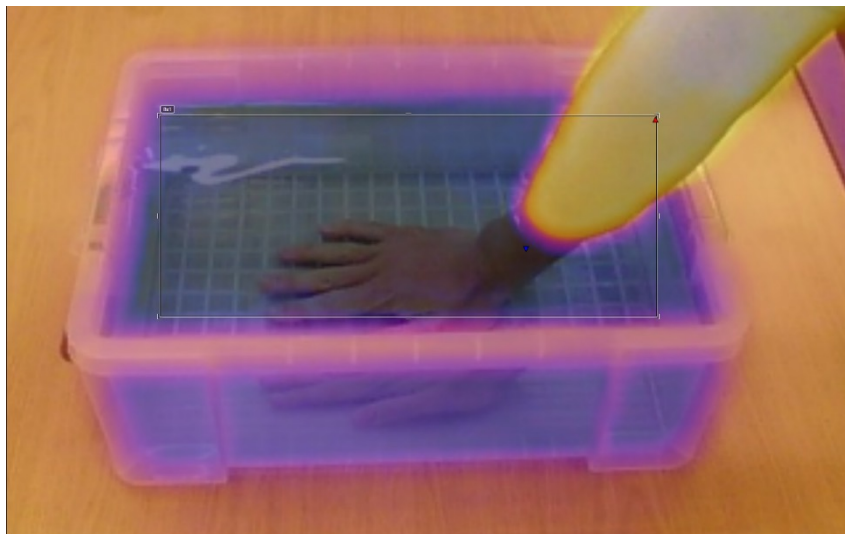
【空間情報】水中の溺水者を発見するために適切なセンサーは？

【自然災害】着眼点として、土石流で被害が起きやすい場所は？

➤勘と経験よりも、**科学的知識による解釈**のほうが勝率は高い

例題：水中の溺水者は熱赤外カメラで見えるか？

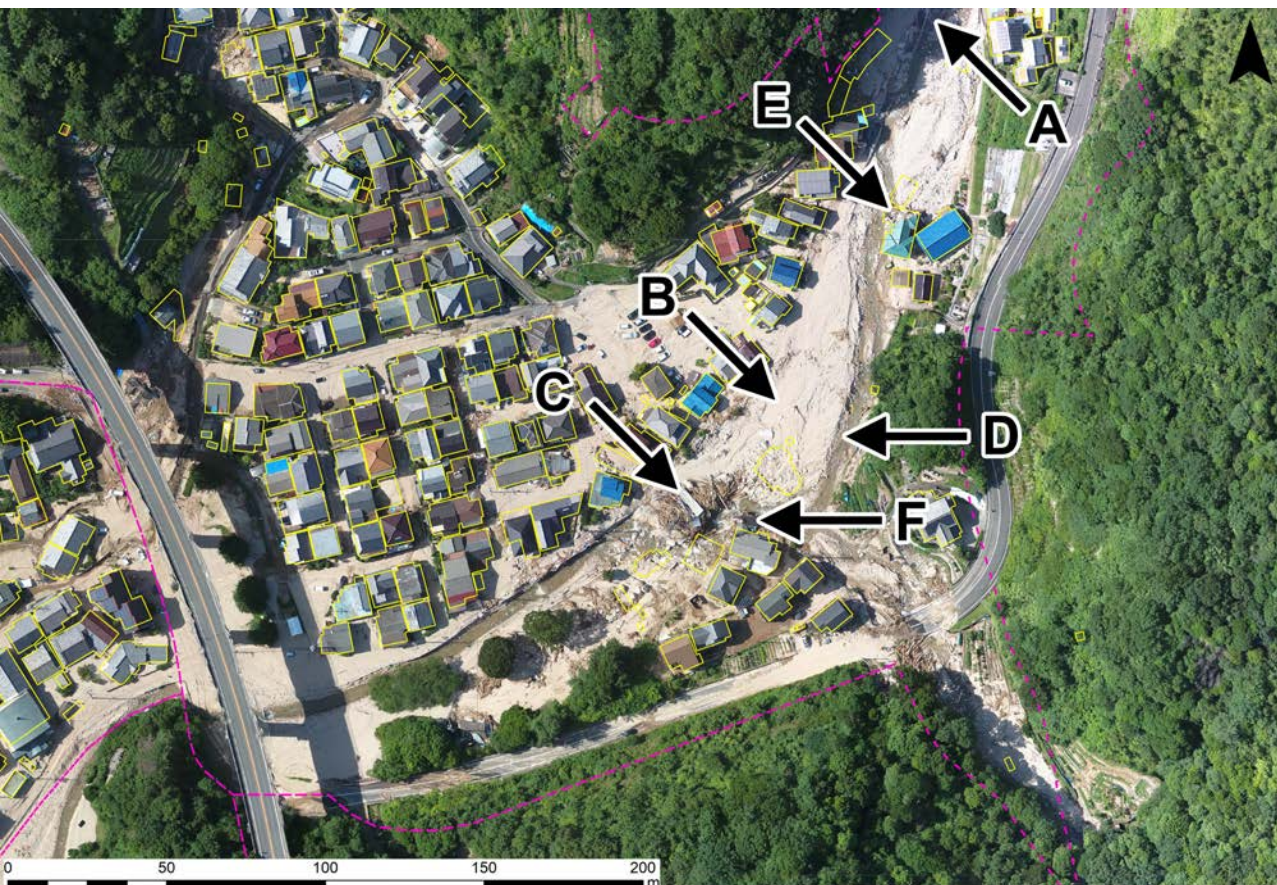
水中の要救助者は、デジカメとサーモカメラ、どちらで見えるか？



操縦訓練だけでは答えられない

- 救助活動には、専門知識が必須
- 状況に応じた適切な手段の選択が必要

自然災害科学：判読



写真から読み取れる土砂の流れ止まりの位置の推定
土石流の堆積物は橋梁Cの上流側でサイズが大きく、下流側では泥状で細粒。この付近で流速の低下が生じており、土砂が溜まりやすい。流されてきたものはCの上流側に残されている可能性が高い

A：既存の小河川、**B**：埋積された小河川、**C**：小さな橋梁が巨礫や流木を捕捉し、小河川の埋積が進んだ、**D**：新たに形成された流路、**E**：新たな流路上にある家屋の一部が破壊された
F：橋梁（C）を回り込んだ土石流が、ここでも家屋の一角を破壊した

4. 求められる能力向上

多分野にわたる専門知識の体系的な習得

ドローン災害対応システムGEORIS（ジオリス）

「何が足りないか」すら分らない

操縦スキルだけでは、現場で立ち尽くす

- 多分野にわたる専門知識（一部）
 - 航空工学、電波工学
 - 地理情報システム、写真測量、情報工学
 - 地学、気象学
 - 自然災害科学、社会学（メカニズム、脆弱性、防災対策）
 - 搜索・救助活動、組織の業務所掌、戦略・戦術・手技・目的
- 課題：温故知新のち不易流行
 - 専門知識が多分野にわたり、知識が体系化されていない
 - 総合的に教えられるインストラクターもいない
 - 新技術に合わせた業務プロセス改革を主導できる人材不足

新しい情報戦術を的確に扱う 次世代標準の災害対応人材の育成

生きる、を支える科学技術



防災科研

災害情報の活用ノウハウ、
災害現場での安全運航と
リスク管理手法



GEORIS

あらゆる自然災害を対象とした災害タ
イムラインの全フェーズにおける総合
的な研究推進

災害状況把握技術の
研究開発

災害の初期対応フェーズを迅速
化する
ドローンソリューション

Geo hazard Response via Intelligence and Sharing

人と支援システムによる
自然災害への対応

意思決定を支援す
る確実性の高い情
報の取得

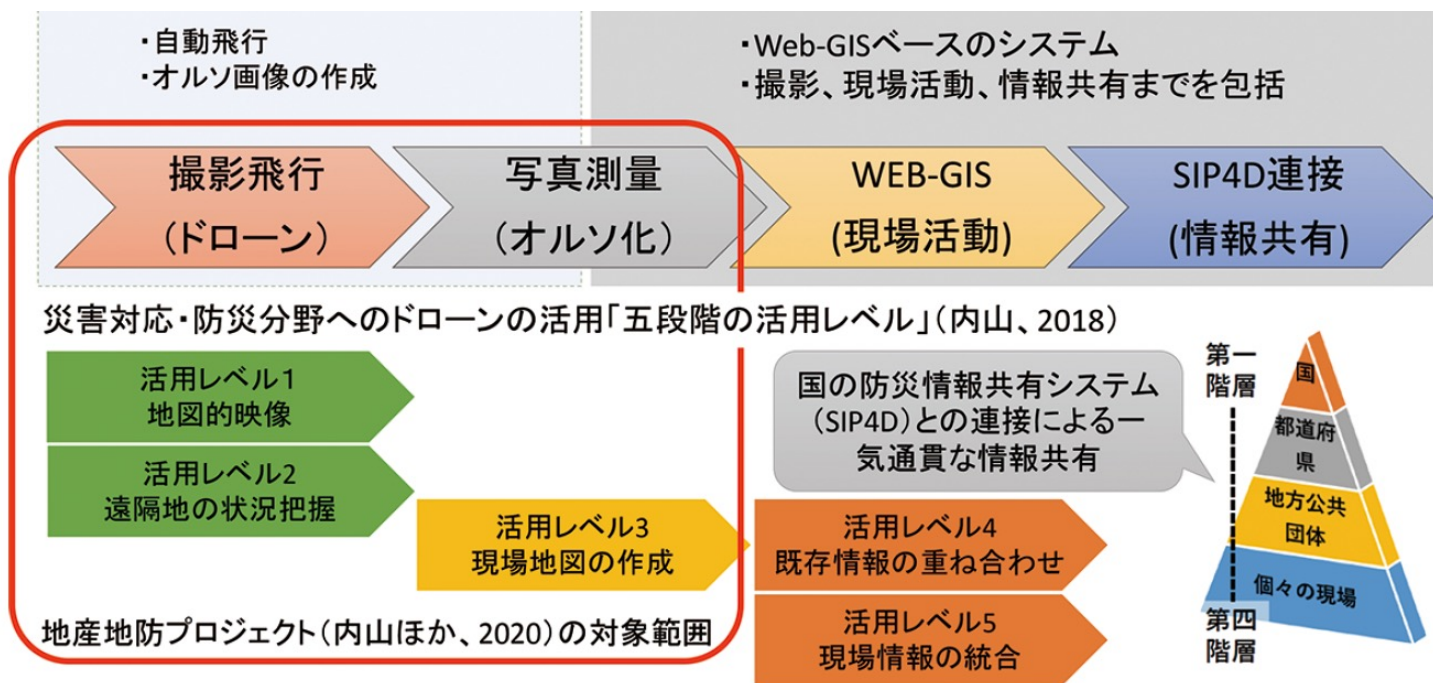
状況の共有
による活動
の効率化



ドローン災害対応システムGEORIS

ドローンによる情報活動の理論と実務体系

1. 科学的な情報解釈など、あらゆる災害への適応性を高める**知識教育**
2. マッピングに関する専門技術をシームレスに統合した**情報システム**



GEORIS (ジオリス) : *Geohazard response via intelligence and sharing*

災害初期対応フェイズを迅速に完了させる

GEORISで実現できること

GEORIS education : 戦術の創造



1. ドローンで見えるものの正確な理解
2. 災害時の確実性の高い状況把握
3. 災害現場での安全な運航体制の構築
4. 被害特性別の初動時の着眼点の理解
5. 情報共有の知識と手段の理解

GEORIS mapper : 知の集約



6. 必要な範囲のオルソ画像の作成
7. 本部などと活動状況を瞬時に共有
8. 地域全体の被害状況の把握
9. 活動状況の可視化と的確な意思決定
10. 外部機関が提供する情報の参照

5. 飛ばせる、その先へ

1. 国難級災害への対応

➤ **これからの我が国では、長期的視座に立った取り組みを、全員で**

2. 平時の活用

➤ **フェーズフリーの概念をプラス。航空法第132条の92の正確な理解**

3. 災害初動での活用

➤ **自治体と民間の連携に必要な「共通言語」の相互理解**

4. 求められる能力向上

➤ **安全運航・空間情報・自然災害の専門知識を活かした効果的な運航**

➤ **GEORIS education/mapper**

5. まとめ

➤ **自分の地域は自分たちで守る、地産地防を全国へ**