

第2回地方公共団体の危機管理に関する研究会
2019（令和元）年7月26日（金）15:55～16:55
北農健保会館



防災科研

生きる、を支える科学技術
SCIENCE FOR RESILIENCE

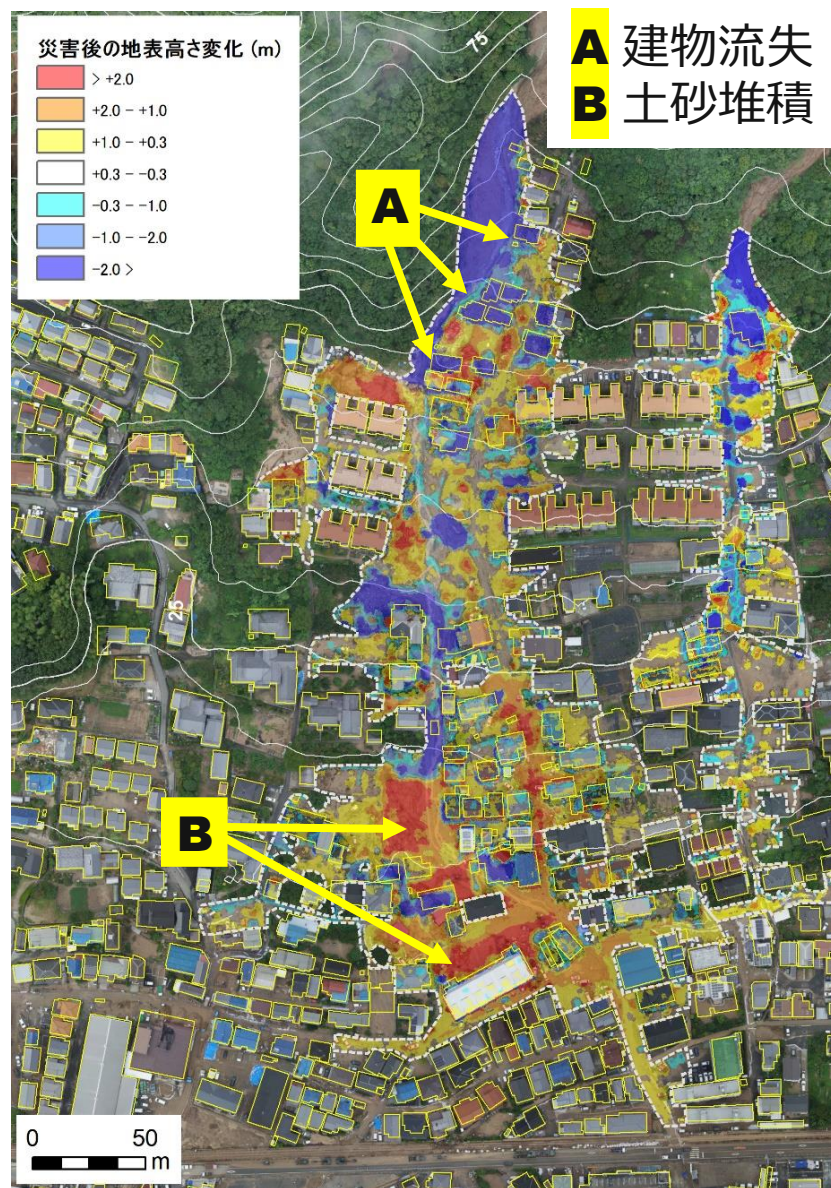
自然災害における ドローン活用の可能性と課題

内山庄一郎

国立研究開発法人 防災科学技術研究所

uchiyama@bosai.go.jp

飛ばせる、その先へ



搜索支援地図 (特許6467567)
2014.8 広島市土石流災害

1. 災害対応の全体像における位置付け
 - ドローンに求められる役割は何か？
2. 形だけの活用体制 (課題抽出)
 - 意思決定プロセスの欠如
3. 災害対応におけるドローンの活用
 - 求められる人材像
4. もう一つの課題
 - 交わらない二つの円
5. さらなる展開
 - 広大な未開拓ゾーン

1. 災害対応の全体像における位置付け

大規模災害の例：必ず来たる国難災害、南海トラフ地震

全体最適化：大規模災害における災害対応の視点

- 垂直な対策（組織内で閉じた対策）では太刀打ちできない
- 過去の失敗例：緊急輸送道路が隣接市町村と接合していない

水平な対策：個々の「連携」の集合体

- 地方レベル：地域間連携
- 組織レベル：多機関連携、組織内連携

➤一機のドローンが、災害対応を変革するスタープレイヤー
にはならない

1. 消防防災分野でのドローンの活用

1. 火災

- リアルタイム火の見櫓：火勢、火災拡大や部隊展開状況の確認

2. 救助

- 山間部・水難：搜索検索、進入標識、救命索発射銃の代替

3. 情報収集

- 救助活動中の周辺状況の把握：現場地図作成、状況監視、偵察

4. 災害対応

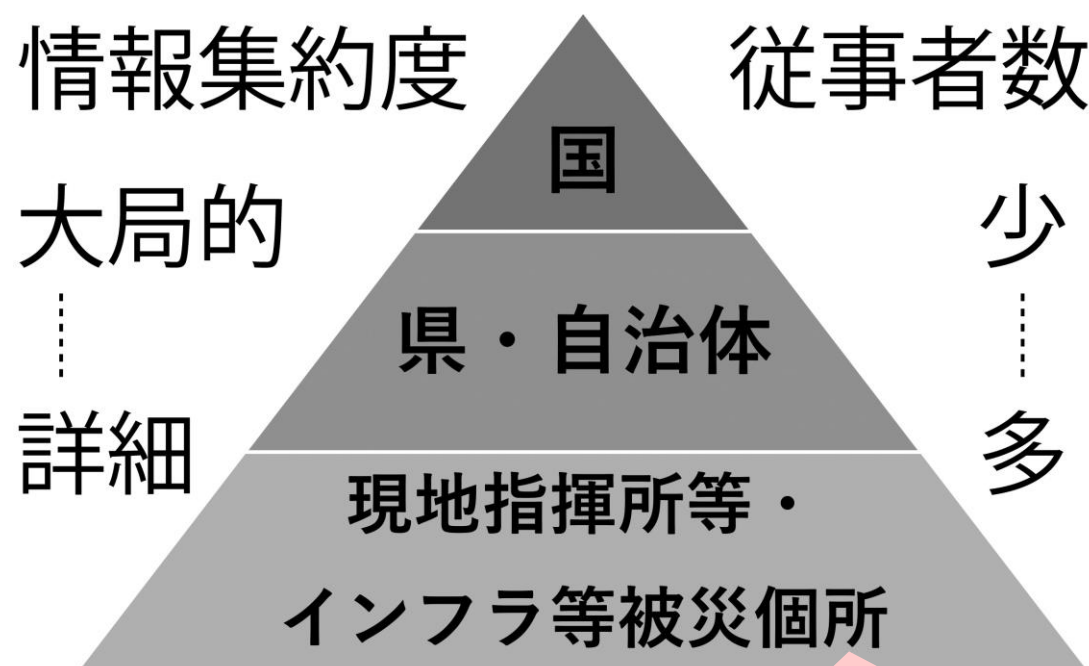
- 被害状況の把握：被害範囲規模、二次災害発生可能性の把握

参照：消防庁、2018、消防防災分野における無人航空機の活用の手引き

1. 災害対応の全体像における位置付け

➤ ドローンはどこで役に立つ？

災害情報の三角形：災害情報の集約度と、利用者・従事者数



上：広域的、大局的、集約的

下：局所的、個別的、詳細

ドローンの活用は搜索救助に限らないが、ドローンの性質（後述）が求められる代表例の一つ。

【確認】 有人航空機との違い：機械特性

	有人航空機（BK-117C-2）	無人航空機（DJI Inspire 2）
機体の大きさ	全長13.03 m	対角0.6 m
最大離陸重量	3,585 kg	4.25 kg
ダウンウオッシュ	極めて強い	強い送風機程度
近傍での騒音	会話が困難、窓が揺れる	草刈り機程度
最低巡航高度	地表から300m（都市部）	第三者等から30m以上離れた高度
任務可能時間	120分程度	20分程度（無風時）
最大搭乗者数	10名（操縦士含む）	0名（人間の搭乗は不可）
運航コスト（参考）	約80万円/時間 （チャーター機の場合）	0円 （原価償却費等を考慮しない）
機体価格（本体）	約10億円	約40万円
映像の分解能（※1）	24.3 cm/画素 （高度300 m、2/3型FHD ※2）	1.1 cm/画素 （高度50 m、MFT20Mpx ※3）

※1 画角72度（35 mm判換算焦点距離30 mm）で計算

※2 2/3型FHD：2/3型素子フルハイビジョン

※3 MFT20Mpx:マイクロフォーサーズ素子2000万画素)

【確認】 有人航空機との違い：ミッション

1. 有人航空機：汎用的

- ホイスト降下等による救助
- 救急搬送
- 林野火災等の消火
- ヘリテレによる映像伝送

2. 無人航空機：専用的

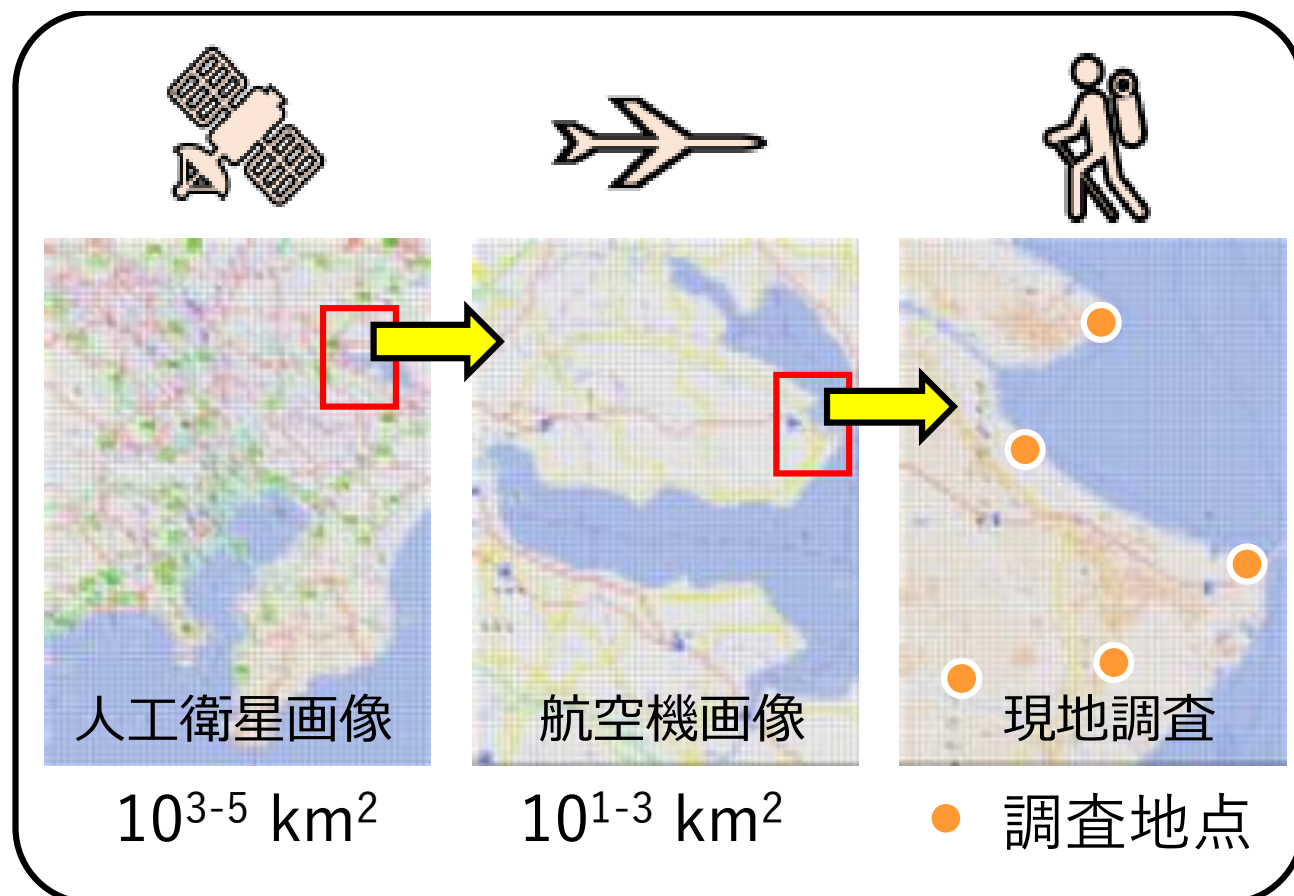
- 撮影用機材：高分解能な映像・画像による情報収集
- 輸送用機材：軽量な物体の輸送
- 測量用機材：レーザー測量による地表面の計測
- 無人ロボットとしての特性
 - ハイリスクエリアでの活動
 - 夜間や有人機が飛行できない条件下での活動

1. 災害対応の全体像における位置付け

確認：ドローンの性質を考える前に…

既存の災害情報の取得手法の性質

人工衛星・航空による画像撮影と現地調査との間のギャップ



	空間 分解能	コスト
	メートル	
	サブ メートル	
	—	

1. 災害対応の全体像における位置付け

既存手法と比較したドローンの性質（メリット）

1. 適時性（＝迅速性、機動性）
2. 連続性（＝四次元情報の取得）
3. 高分解能性
4. 三次元情報
5. 非代替性

		対象範囲	空間分解能	コスト
人工衛星画像 航空機画像 ドローン 現地調査		$10^3 \sim 5 \text{ km}^2$	メートル	
		$10^1 \sim 3 \text{ km}^2$	サブ メートル	
		$10^{-1} \sim 1 \text{ km}^2$	センチメートル	
		アクセス 可能範囲	—	

➤ ドローンは、迅速な局所的、詳細情報の取得ツール

✓ 小さな現場にも入り込めて、安く速く詳細な情報を得る

1. 災害対応の全体像における位置付け

➤ ドローンに求められる役割

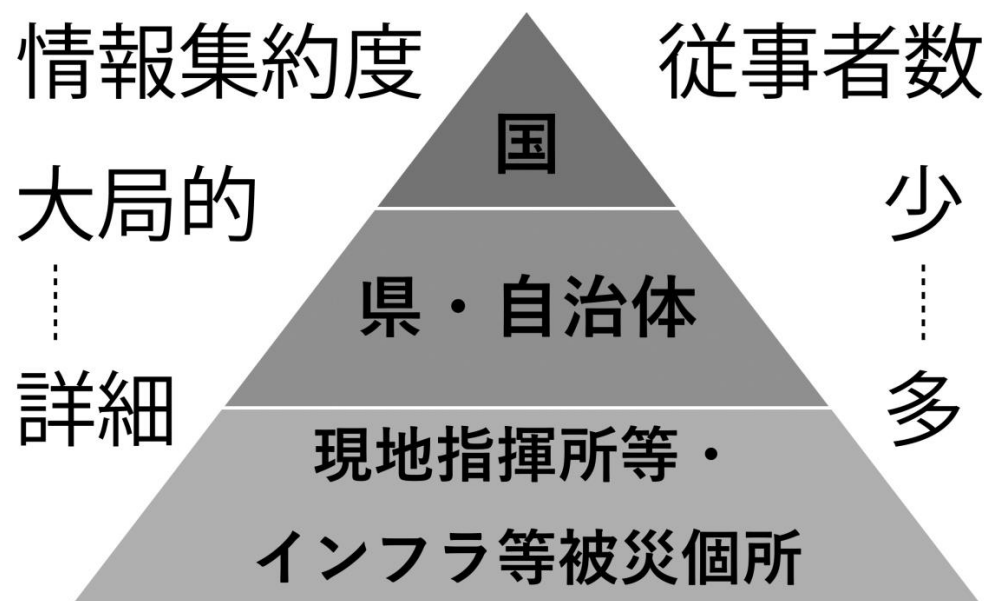
災害情報の三角形の下のレイヤーで、次の活動を展開する

1. 迅速、局所的、詳細な情報の取得

2. 詳細情報を基にした現場の意思決定を支援

✓ 詳細情報を必要とする現場は多い：運用者の育成が必要

✓ 希少で高額な最新ドローンよりも、安く運用しやすい機体



1. 災害対応の全体像における位置付け

ドローンの活用の評価：3つの評価軸

1. 時間の短縮

- 例) 迅速な搜索救助の完了
 - ✓生存救助率向上
 - ✓すみやかな復旧、復興フェイズへの移行
- 例) 道路破損箇所の把握
 - ✓応急復旧箇所のスクリーニング、住民への周知
 - ✓早期の生活再建への道筋

2. コストの削減

3. 安全の向上

- 例) 崖の転落者検索
 - ✓安全な初動対応の実現
 - ✓安全確保の結果、時間が長くなる場合もありうる

2. 形だけの活用体制（課題抽出）

【確認】災害対応におけるドローンの役割：情報支援

1. 局所的、個別的、詳細な情報の取得
2. 詳細情報を用いた意思決定支援

主に二系統：災害対応におけるドローンの活用形態

1. **情報支援**：情報取得→加工→評価→**インテリジェンス化**
✓インテリジェンス：意思決定に直接使える情報
2. 現場作業：音声伝達、物資輸送などの各種作業

「今すぐ使える」ドローンの性能（コストを含む）

- 情報取得（映像、画像）は実用レベル：**社会実装可能**
- 作業用ドローンはプロトタイプ：今後の発展に期待

2. 形だけの活用体制（課題抽出）

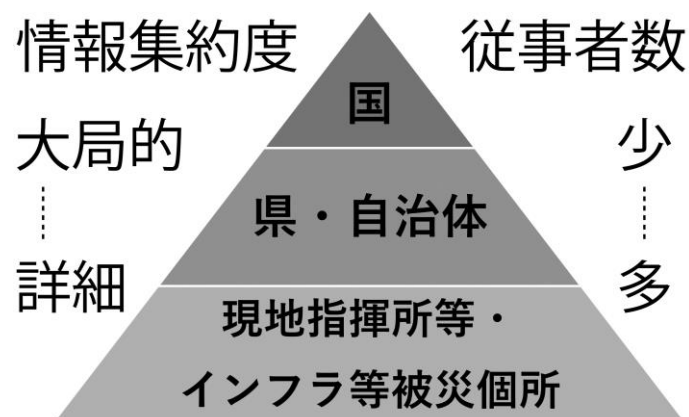
活用体制の中で意思決定プロセスはどこにある？

無策に撮影する行為は「ドローンの活用」ではない

➤ 実用的な実施体制の構築が急務

- どんな目的で、何の情報を収集するのか？
- 誰が飛行させるのか？
- 誰が情報（映像・画像）を見るのか？
- 情報から、誰がインテリジェンス化をするのか？

✓ そもそも映像で見える「情報」なのか？：無駄な飛行



2. 形だけの活用体制（課題抽出）

機能するのか疑わしい「災害協定」

- 根源的問題は意思決定プロセスの欠如

【現状】 協定事業者の多くが販売店やドローンスクール

- では、彼らに「意思決定」をさせるのか？

- ✓ 畑違いで難しい。責任問題も生じる

- では、誰が意思決定を行うのか？

- ✓ 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、教育なしに使わせるのは非現実的

【課題】 役割分担と連携、新技術に対する教育研修

- 協定事業者の役割、デジタル情報の連携手法

- 災害対応の現場従事者の役割、空間情報の活用研修

2. 形だけの活用体制（課題抽出）

機能するのか疑わしい「災害協定」

【事例】 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、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」は現場で受け入れられない
- 隊員が訓練で使ったことのないツールは使えない

2. 形だけの活用体制（課題抽出）

機能するのか疑わしい「災害協定」

- 連携体制の不在

災害対応は、連携の集合体

日頃の訓練がない「顔の见えない関係」では使えない

連携体制の構築と維持にかかる両者のコスト負担

- 役割の分担、連携の訓練

取得→加工→評価→インテリジェンス化→意思決定
(協定事業者) → 連携 → (災害対応の現場従事者)

3. 災害対応におけるドローンの活用

【確認】 災害対応におけるドローン活用の位置付け

ドローンの仕事

1. 迅速、局所的、詳細な情報の取得

人間の仕事

2. 取得した情報を用いたインテリジェンスの抽出
3. インテリジェンスを駆使した意思決定

3. 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 広範囲の情報収集

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.

3. 災害対応におけるドローンの活用

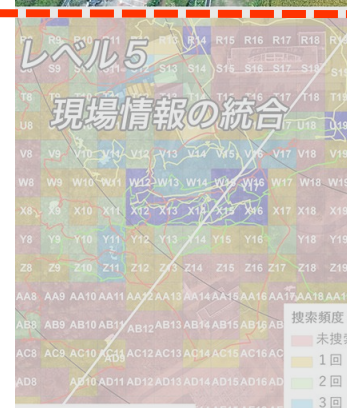
活用の5段階 (難易度)

Lv. 1 直上からの状況把握

Lv. 2 広範囲の情報収集

Lv. 3 現場地図の作成

手の届かない場所から
撮影をするロボット
「空飛ぶカメラ」



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.

3. 災害対応におけるドローンの活用

Lv. 1 「地図的映像」：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

3. 災害対応におけるドローンの活用

Lv. 2 広範囲の情報収集：海上の要救助者

- 風を読む技能（気象、地形）
- ✓ 救助率の向上が期待される



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

3. 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 広範囲の情報収集

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
プラスアルファの技能



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.

3. 災害対応におけるドローンの活用

Lv. 3 現場地図の作成

プラスアルファ（必要な技能）

- 写真測量（自動化）
- 画像判読（人間）

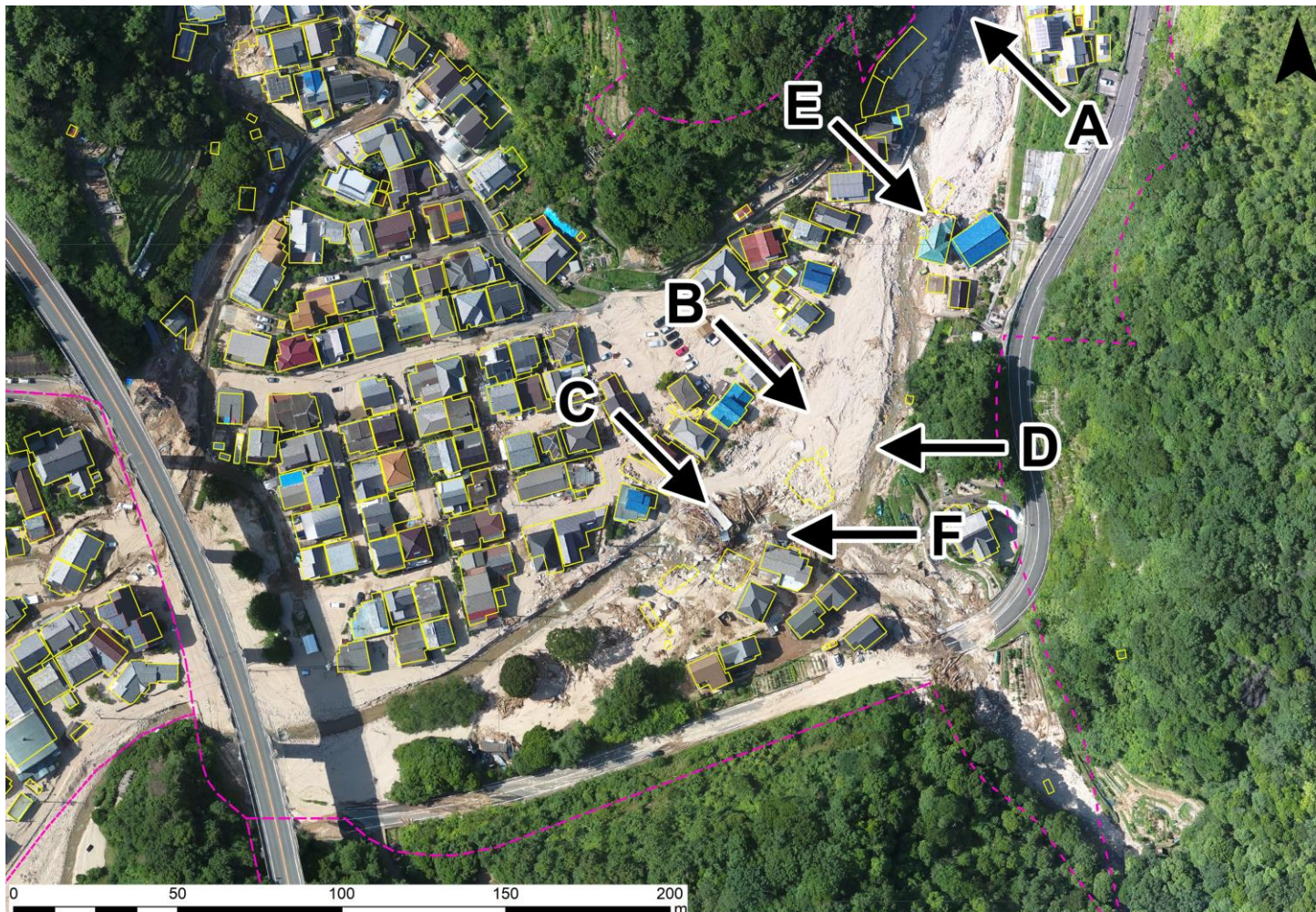
✓インテリジェンス化



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

3. 災害対応におけるドローンの活用

情報を評価し、現場活動に必要なインテリジェンスを抽出



インテリジェンスの抽出例：
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、土砂が溜まりやすい。流されてきたものはCの上流が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

3. 災害対応におけるドローンの活用

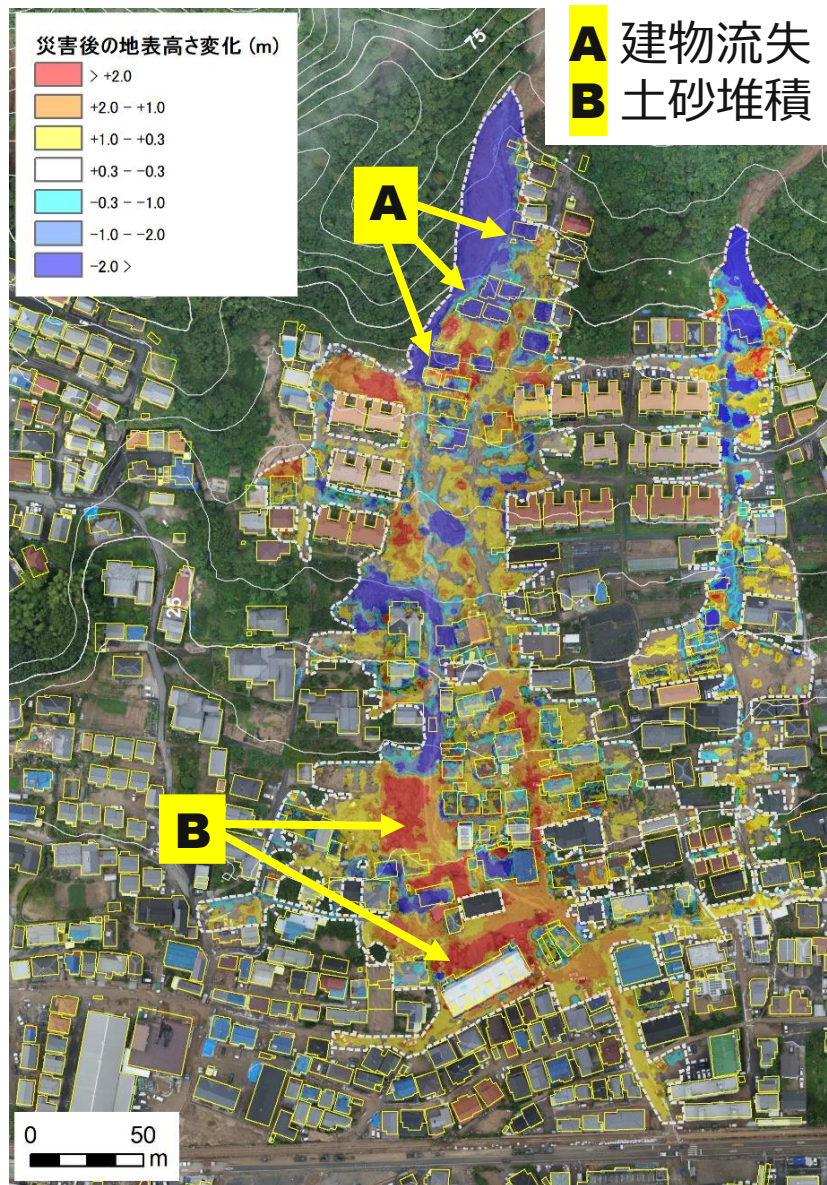
土砂災害検索時の着目ポイント

1. 地形変化

- 土石流の流下経路
- 小河川の位置の変化（災害前写真と比較）
- 小さな橋、暗渠のある位置
 - 上流側に土砂等をトラップしやすい
- 流下した土砂のサイズの分布
 - 大きな岩は大きな力で流される
 - 上流側ほどサイズは大きい

2. 搜索地点

- 谷出口から200m以内
- 土石流の主流路沿い
 - 細粒・泥状土砂は、下流側でも被害大
- 流失、流下した住宅の位置
- 土砂が流れ止まった位置
- 土砂が溜まりやすい場所（橋、暗渠、側溝、平坦地、流路に直交する道路）



搜索支援地図
2014.8 広島市土石流災害

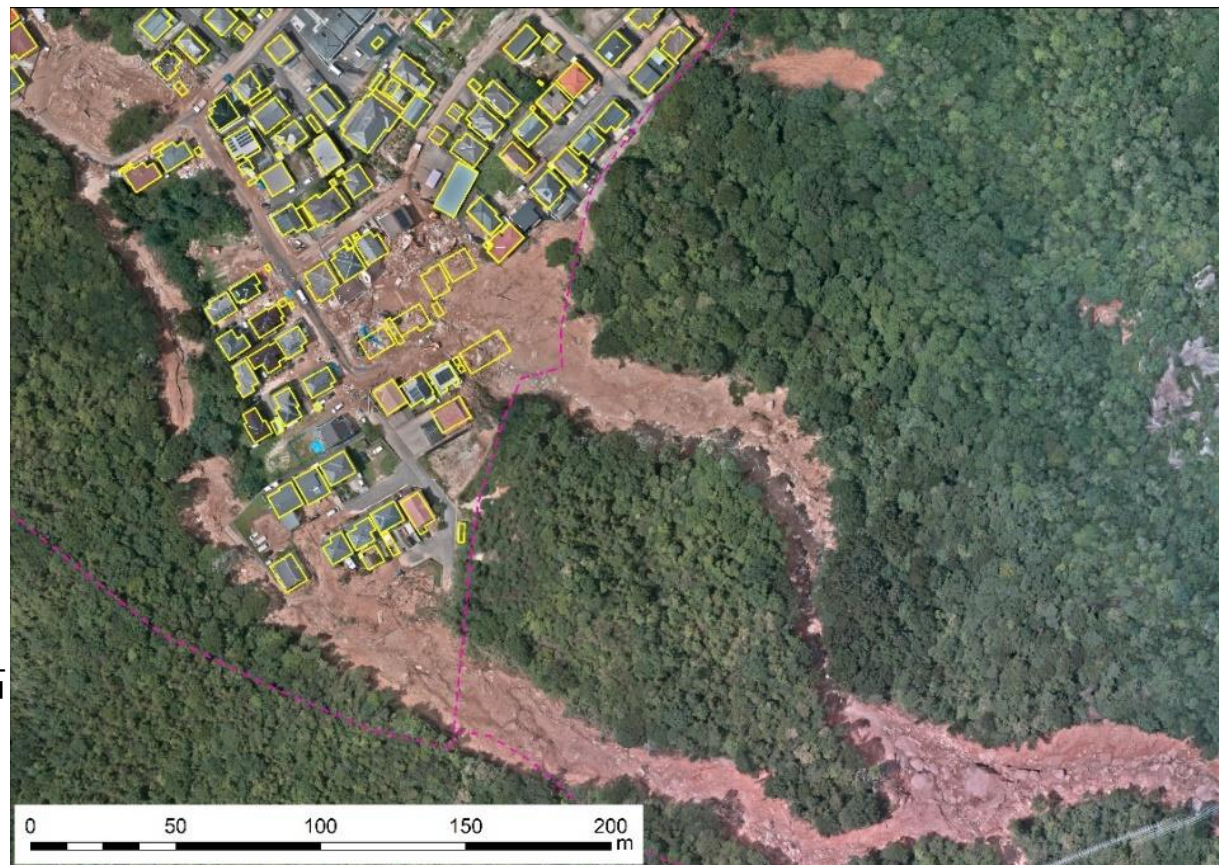
3. 災害対応におけるドローンの活用

Lv. 4 既存情報の重ね合わせ

プラスアルファ

- 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・他 (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

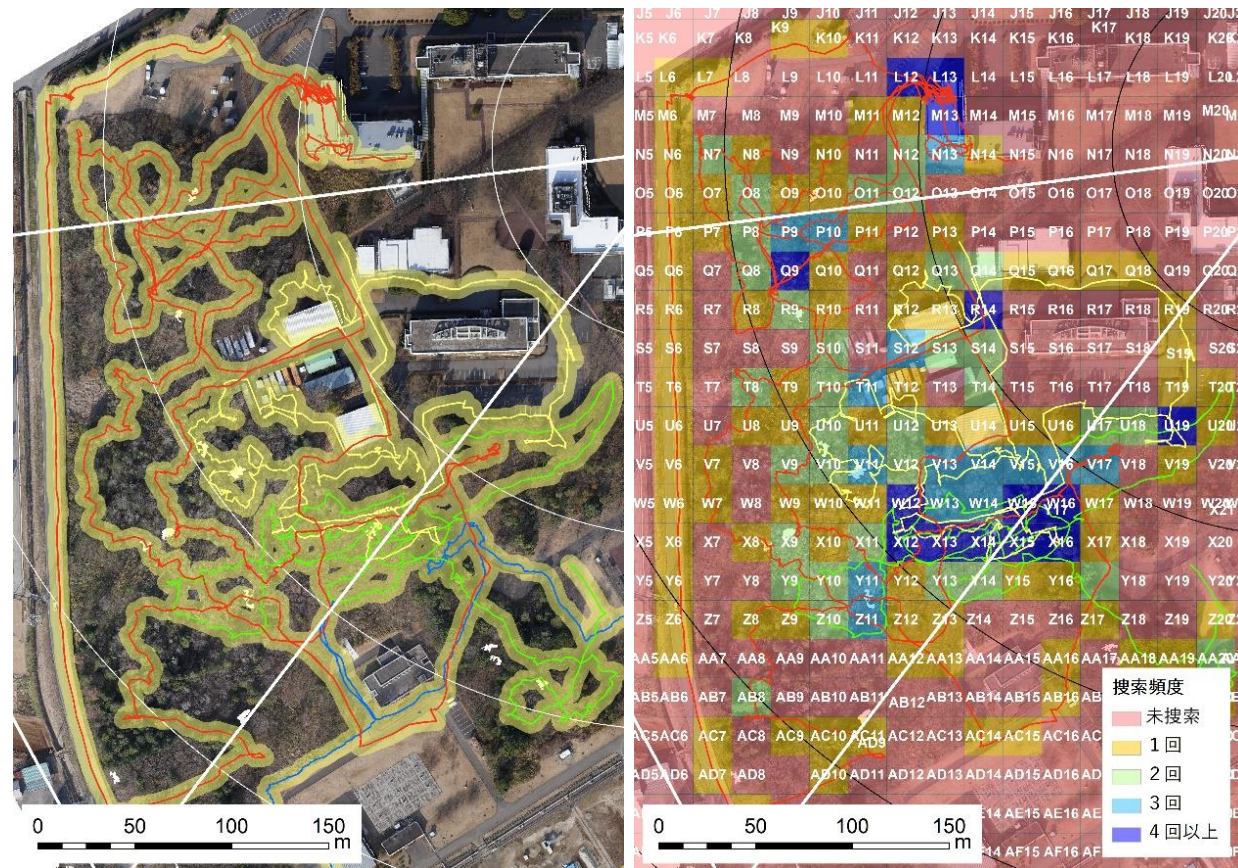


2018年7月豪雨による広島県の土石流災害の被害 撮影・オルソ画像作成：防災科学技術研究所

3. 災害対応におけるドローンの活用

Lv. 5 現場情報の統合 プラスアルファ

- 「現場の動き」の
データ化
- ✓ 共通状況図 (COP)
- ✓ 搜索漏れの可視化



3. 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

Lv. 2 広範囲の情報収集

レベルアップの壁は空間情報の取り扱い

ドローンはまだ自動ではやってくれない😞

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.

3. 災害対応におけるドローンの活用

災害時に実用的にドローンを活用するには？

- **活用の日常化**：使わなければ、わからない。
 - 火災出場時、Lv. 1の運用を常時実施する

活用の5段階（難易度）

Lv. 1 直上からの状況把握

Lv. 2 広範囲の情報収集



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.

3. 災害対応におけるドローンの活用

「飛ばせる、その先へ」導く知識体系化の試み

➤機体が先行して整備される現場

ドローンスクールは「自動車教習所」

指先のテクニックだけでは「活用」は難しい

災害時の活用には、風を読む技術、映像技術の理解、

災害時の運用ノウハウ、関連法規の理解が必要

✓いかにして意思決定に利用されたか？

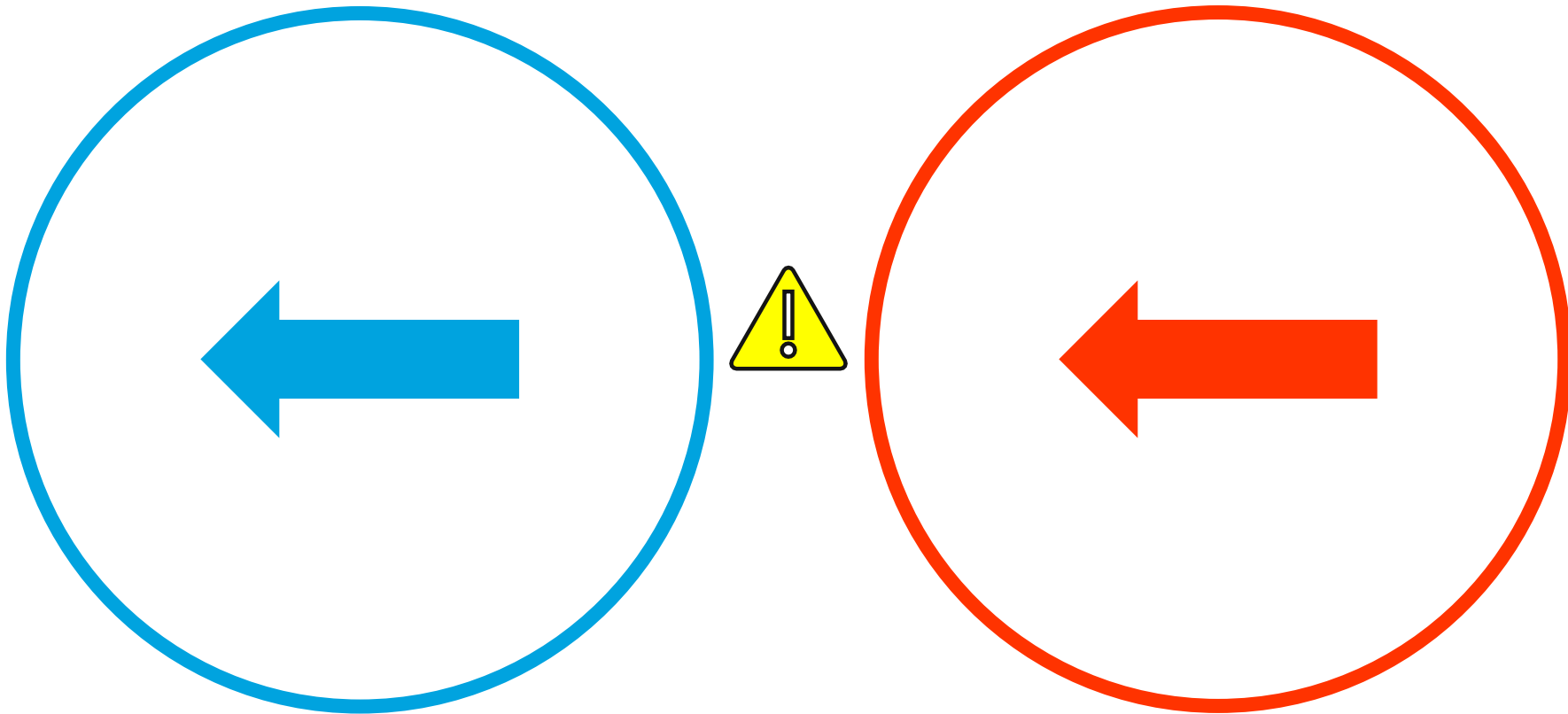
導入するだけでは成果は生まれない

ドローンが「自動でやってくれる」未来は、まだ先



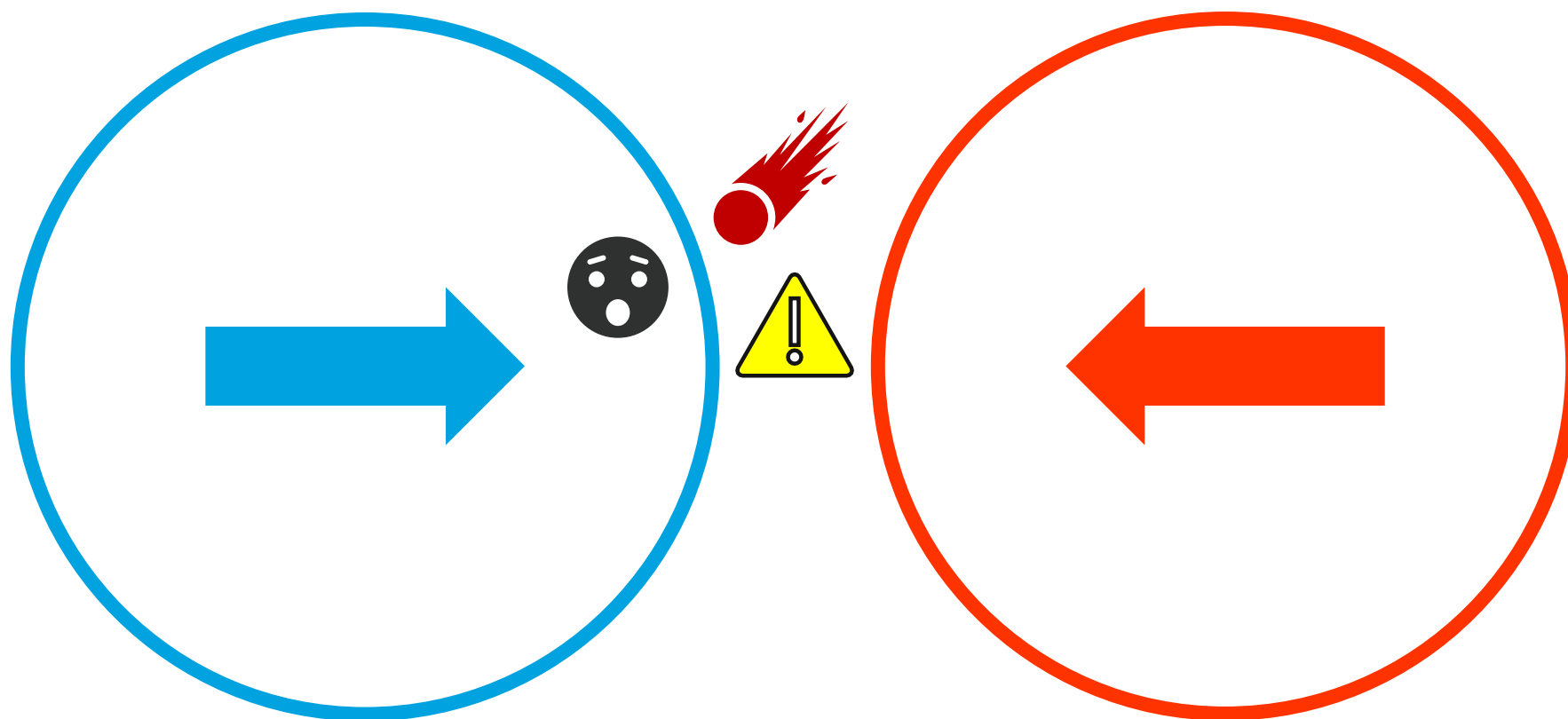
4. もう一つの課題

交わらない二つの円



4. もう一つの課題

交わらない二つの円



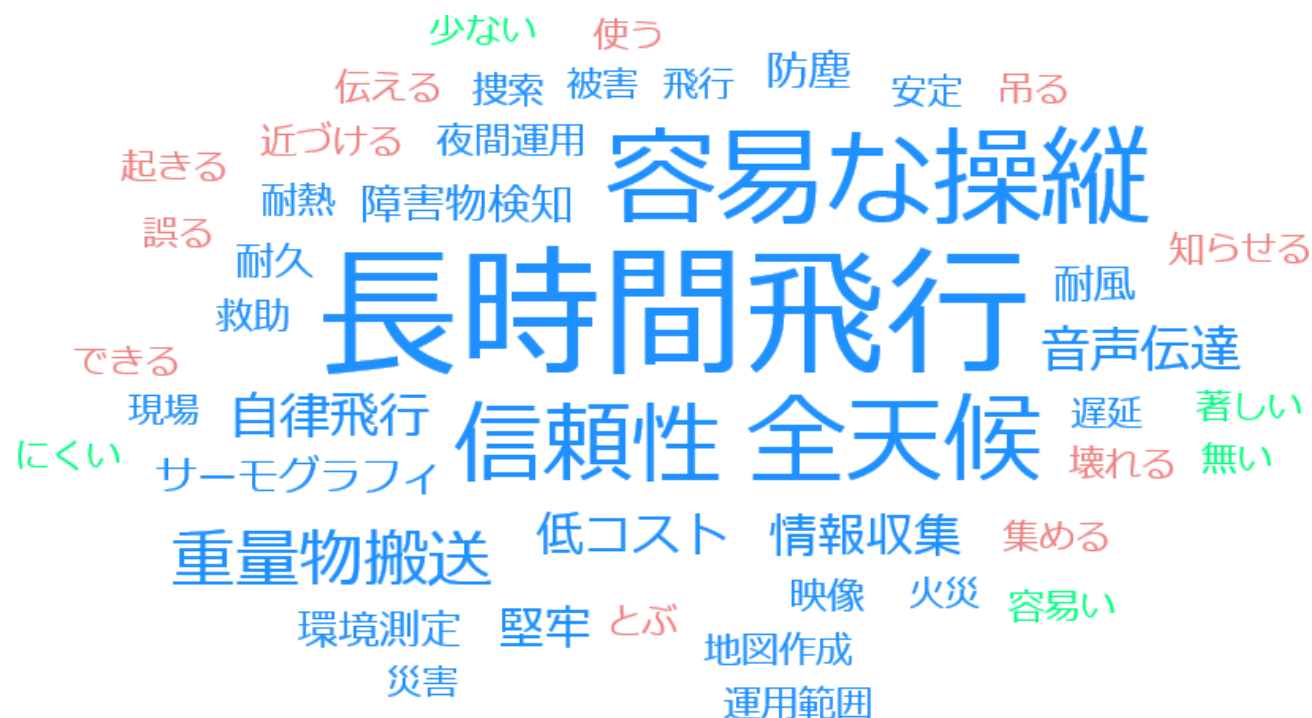
- ゾーニング（危険個所の評価）の実施：活動可能場所の指定
- 協定事業者等に対する現場活動スキルの訓練

5. さらなる展開

広大な未開拓ゾーン

実現の可否はともかく、ドローンに求める性能・機能は何ですか？

消防機関へのアンケート



ユーザーローカル テキストマイニングツール
(<https://textmining.userlocal.jp/>) による分析

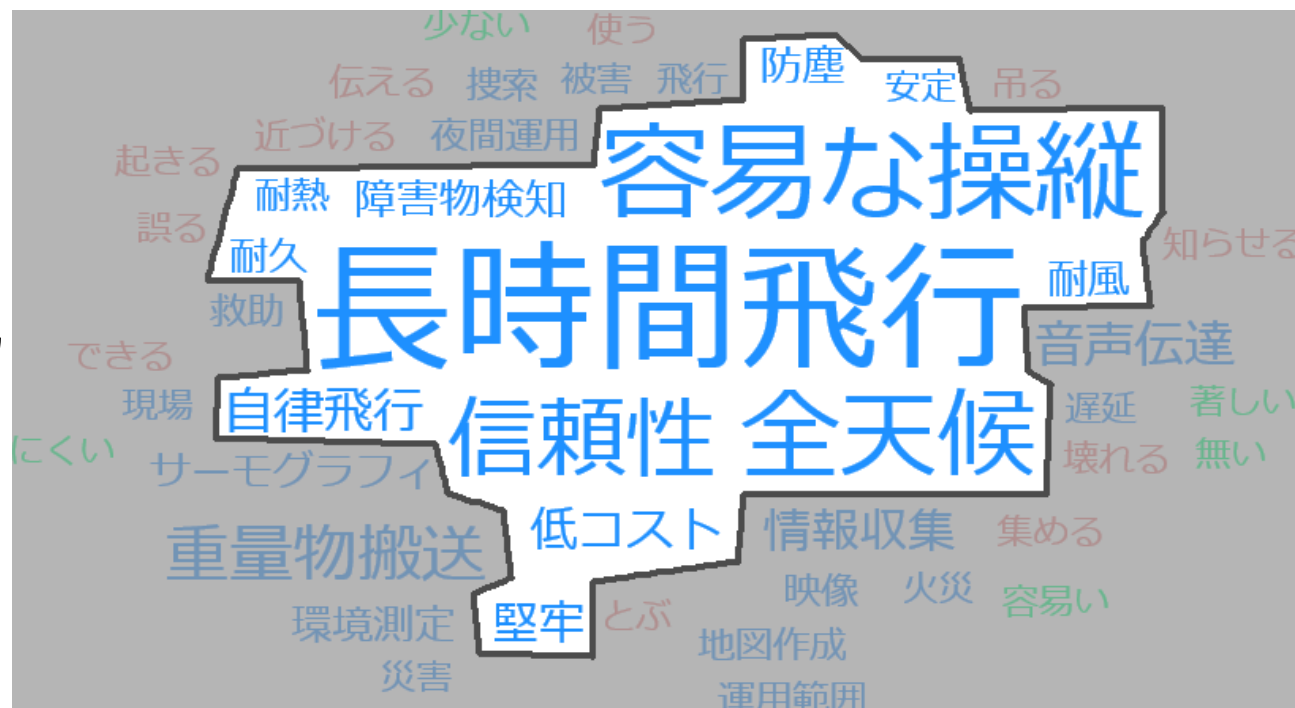
5. さらなる展開

広大な未開拓ゾーン

実現の可否はともかく、ドローンに求める性能・機能は何ですか？

消防機関へのアンケート

1. **性能**：長い時間飛べて、操縦が簡単で、雨でも台風でも使えて、自動で危険を回避し、故障もなく、落としても壊れない安い機体



ユーザーローカル テキストマイニングツール
(<https://textmining.userlocal.jp/>) による分析

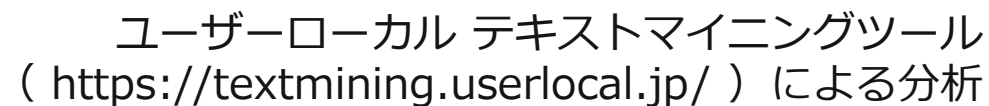
広大な未開拓ゾーン

消防機関へのアンケート

- ✓ 拡張性から代替性へ

↓

人間の代わりに作業をする



飛ばせる、その先へ

1. 災害対応の全体像における位置付け

ドローンの役割：局所的詳細情報の取得と意思決定支援

2. 形だけの活用体制

意思決定プロセスの欠如：災害協定の実効性

3. 災害対応におけるドローンの活用

活用のポイントは、情報価値の理解とインテリジェンス化。機体の性能よりも使う人間側の技能が重要。空間情報を操る能力がレベルアップのポイント

4. もう一つの課題：交わらない二つの円

ゾーニングの実施と活動場所の指定、非専門家に対する現場活動スキルの教育研修

5. 広大な未開拓ゾーン

「空飛ぶカメラ」から「空の高度救助資機材」へ。進化の石は、機械的性能

