

災害監視無人機システムの 研究開発と実証実験



JAXA航空本部 石川和敏

無人(航空)機とは・・・

- 航空機(Aircraft)
 - － 定義: 人が乗って航空の用に供することができる飛行機、回転翼航空機、滑空機及び飛行船その他政令で定める航空の用に供することができる機器(航空法第2条)
 - － 飛行機: ライトフライヤー号(1903/12/17) ……→ A380, B787等(長距離・高速輸送)
 - － 操縦系: 機械式(操舵) → 油圧式(自動操縦) → 電気式(自動操縦)
- 無人機(UAV, Unmanned Aerial Vehicle)
 - 無人航空機システム(UAS, Unmanned Aircraft System)
 - － 定義: 無操縦者航空機(航空法第87条)
 - － 遠隔操縦式, 自動操縦式
 - － 軍用: 標的機→偵察機, 攻撃機… , 民間: ヤマハ農薬散布ヘリコプタ, ホビー機など
- 法制化の状況
 - － ICAO(国際民間航空機関): RPAS(Remotely Piloted Aircraft System)として議論中
 - － 低高度・小型機: FAAが認証(Scan Eagle, Puma)

JAXAにおける無人機(利用技術)の研究開発プログラム

	FY15~19(第1期)	FY20~24(第2期)	FY25~29(第3期)	FY30~34(第4期)
成層圏プラットフォーム	飛行船システム			
		災害監視無人機システム	
	気象観測無人機			
		昼夜連続近接リモセン技術開発		
			放射線モニタリング小型無人機	
				滞空型無人航空機システム(計画中)



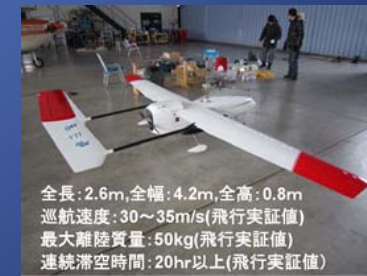
成層圏プラットフォーム飛行船システム



気象観測無人機



昼夜連続近接リモセン技術開発



災害監視無人機システム研究開発

- 災害情報収集への無人機活用の提言など
 - 総務省: 初動監視時における被災地情報収集のあり方に関する検討会
 - 国交省: 大規模自然災害時の初動対応における装備・システムのあり方検討委員会
 - 第三期科学自然基本計画 分野別推進戦略「社会基盤分野」: 衛星等による自然災害観測・監視分野(無人航空機システムを運用に供し災害発生時におけるタイムリーかつ詳細な現場情報の収集・提供を可能とする)
- 防災関係者などへの調査結果
 - 必要な情報が異なる: 時期(発災前～発災中～復旧期), 災害対応機関(国, 地方自治体など)
 - 無人機の安全性・運用ルールが未整備, 実用性が不明確
- 研究開発目標
 - 1) システムコンセプトの提案
 - 2) 安全性に対する考え方と評価方法の確立
 - 3) 有用性の実証 ～ 実証実験

1) システムコンセプトの提案

目的: 災害発生時における、無人機を使った観測システムコンセプトを提案する

条件:

- ①大規模災害発生時における発災直後の全体被害状況の早期把握と、指定された場所の実時間連続監視を実現する無人機システム
- ②地方自治体でも運用可能なこと

システム・コンセプト(初期提案)

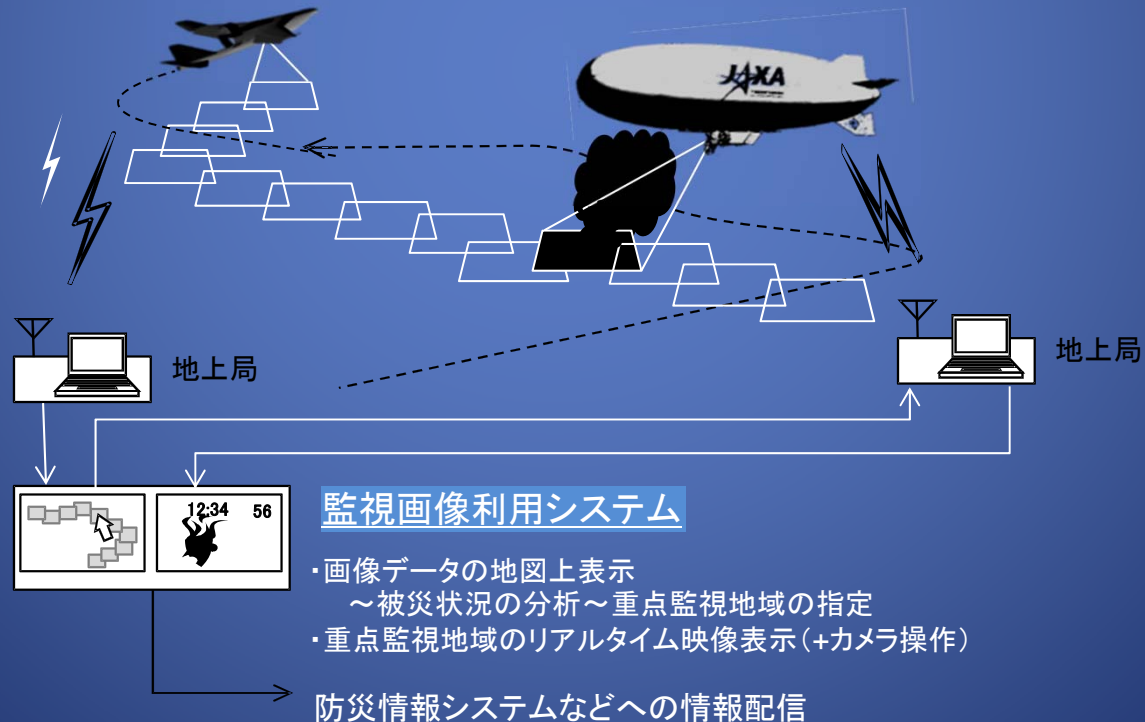
運用性と安全性に優れた小型無人飛行機／飛行船の組み合わせにより, ユーザ(地方自治体の防災担当部署などを想定)が自ら運用して災害発生時の迅速かつ詳細な状況把握を可能とするシステム・コンセプト(下図)を提案。

無人飛行機システム

- ・初動監視(被災状況の早期把握)

無人飛行船システム

- ・連続監視(詳細な被災情報の収集)

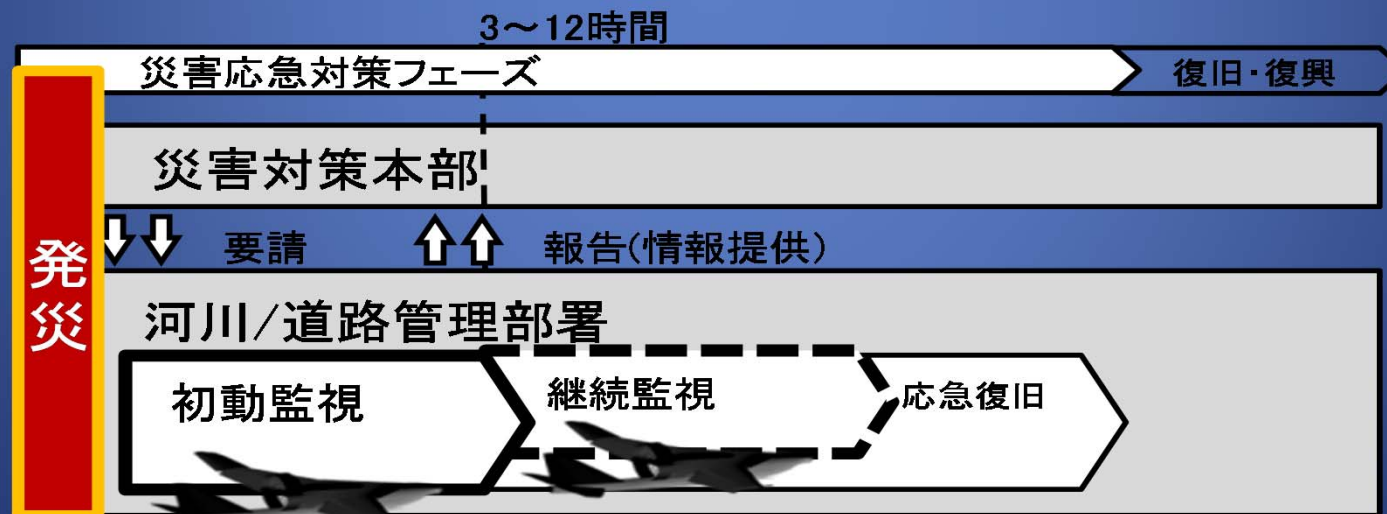


災害監視無人機システム概念 (実証実験時)

(実証ミッション) 山間部における河川／道路施設の被災状況の把握(河道閉塞／道路閉塞等の外観調査など)

(運用シナリオ)

- ①初動監視: 指定された河川／道路に沿った閉塞箇所の有無、位置、状況等の把握
- ②継続監視: 指定された地点の的確な度状況把握(余震や降雨等による変容の把握)



運用イメージ

1. 監視画像利用システムで撮影場所を指定
2. 監視画像利用システムから無人飛行機システムに撮影場所を送信
 - (2.1)運用シミュレータで飛行経路情報を生成
 - (2.2)飛行経路に沿ったシミュレーションを行い、地形および地形風に対する安全性等を確認
 - (2.3)運用シミュレータから地上局に飛行経路情報を送信
 - (2.4)地上局で飛行経路の確認及び安全措置の生成
 ※安全措置: 退避場所、帰投経路などを指定
 - (2.5)地上局から機体に飛行経路などの情報を送信
 - (2.6)自動飛行(発進から着陸)による撮影
3. 自動着陸の後、撮影情報(画像、撮影情報)を監視画像利用システムに送信
4. 監視画像利用システムで情報登録及び検索・表示、評価を行う



運用イメージ: 実証実験の流れ

無人飛行機システム

要求: ユーザ(地方自治体の防災担当部署などを想定)が自ら運用して災害発生時の迅速かつ詳細な状況把握が可能

特徴:

- ・指定場所を全自動で撮影し、撮影場所の情報(位置等)とともに提供
- ・安全性・信頼性を評価。地上局で機体状態をモニタし安全措置を行える
- ・現地まで車2台で移動し、狭い場所(100m)でカタパルト発進、胴体着陸が可能



無人飛行機(11,14,15号機)

無人飛行機の仕様・諸元

全長/全幅	1.6m/2.2m
全備質量	5.0kg
ペイロード	0.3kg以上
飛行高度	250m以下
飛行速度	最大90km/h
購読時間	20分

運用性要求

自動飛行(離陸～着陸), 車載(2台),
2～3名, 50m平坦地での運用

安全性要求

JAXA無人機システム安全技術基準(非
高密度・第三者立入制限区域外)適用



カタパルト(自動)発進

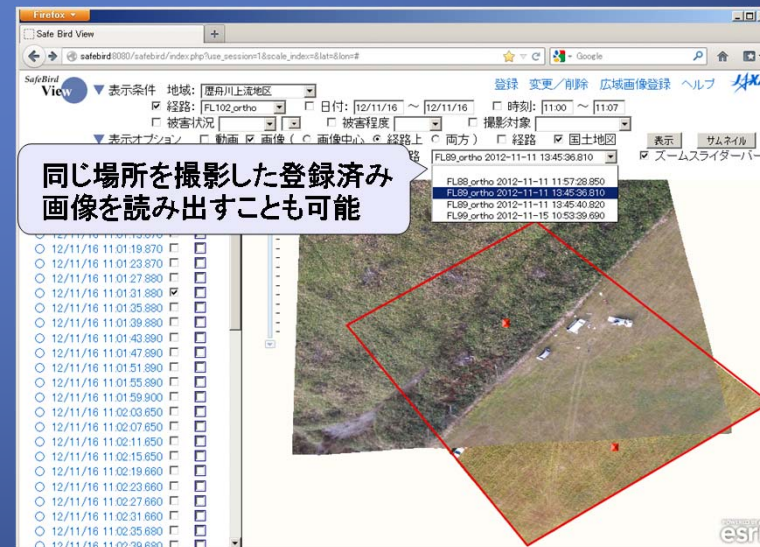
監視画像利用システム

要求: 撮影場所の指定、撮影情報の保存・登録などが可能
特徴:

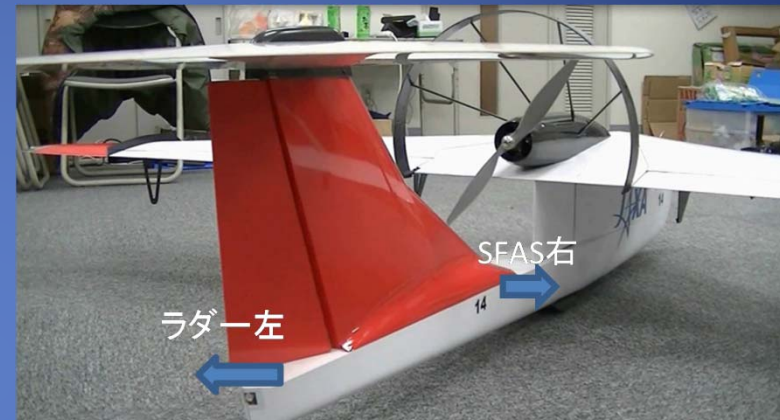
(1) 監視画像場所の設定

(2) 撮影情報(写真及び撮影情報)の登録・処理

- ・画像・飛行記録登録、オルソ幾何補正、ハザード情報登録
- ・地図・画像一覧表示、検索表示、飛行経路管理表示、監視地点指定
- ・詳細情報表示、被災情報登録
- ・背景地図(衛星・航空写真、地形図など)表示切替
- ・監視地点送受信・管理
- ・撮影画像印刷



災害監視無人機システム概要説明(ビデオ約5分)



無人飛行機システムの特徴, 監視画像利用システムの操作例(設定, 解析等)

2) 安全性に対する考え方と評価方法

目的:(小型無人機の)実運用に必要な安全性の確保方法の提案

課題:

- ① (無人機の)安全性や運用ルールが未整備
- ② 小型機は搭載量制限が厳しい

実施内容:

- ① 有人地帯上空運用における地上安全に対する考え方の提案
- ② 小型機の衝突時における安全性の評価方法の提案

地上安全に対する考え方

- 地上にいる人や物への安全性に対する考え方は未整理
 - 有人航空機: 墜落しない確率 = 搭乗者と地上に対する安全性
 - 無人機(未搭乗者)の地上に対する安全性とは?
- 新規開発機などでは飛行場所などを制限 = 不慮の事故に対し地上物の被害拡大を制限する
- 特に、小型機の場合、
 - 搭載量に厳しい制限がある = 冗長系などは組みにくい
 - 軽量ならば衝突しても被害をあたえないのではないか?
- 上記から、墜落しない、衝突しない、死傷させないが、一定値以下とする考え方を提案し、JAXA社内安全技術基準を作成

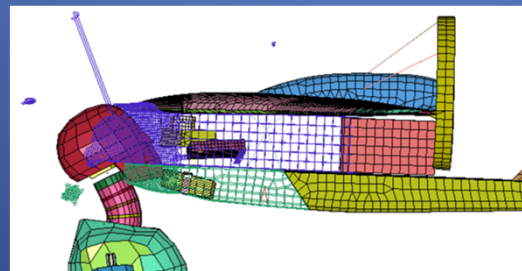


衝突時安全性の評価

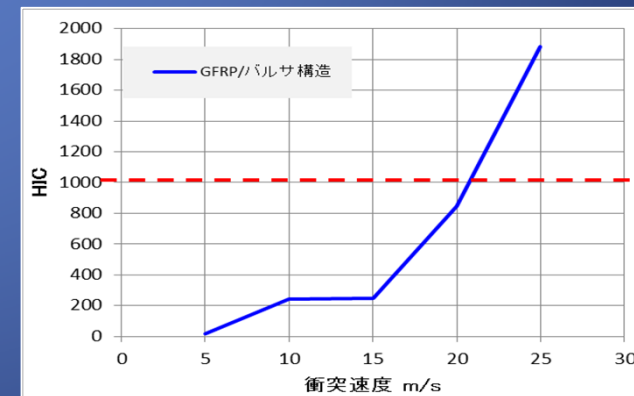
- 地上に対する安全性を評価する条件として「人(人頭)と衝突」を想定
- 自動車シートベルト基準などで採用されている、以下の安全指標の採用を提案
 - HIC(Head Injury Criteria) < 1000
 - 最大加速度 < 200G
- 小型無人機と人頭との衝突時における安全性を確認するために以下を実施
 - 衝突実験方法の提案・装置の設計
 - 衝突実験の実施, 衝突衝撃データの蓄積
 - 数値モデル化, FEM(Finite Element Method,有限要素法)による解析
- 上記の成果の一部は、実証実験で使用する無人機システムの安全性の評価で使用



ダミー人形を使った衝突試験

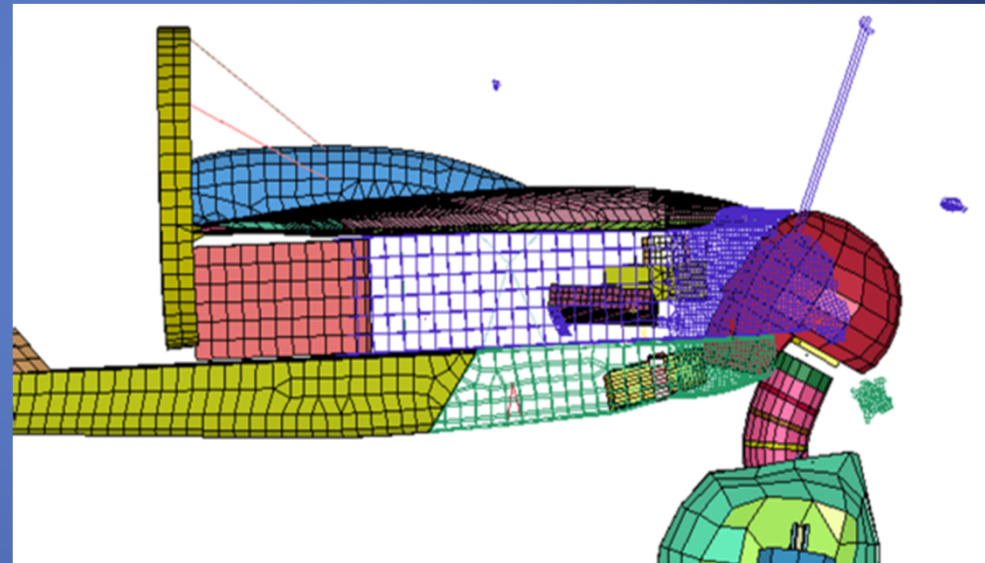


FEM 解析



速度に対する安全指標HIC値(質量5kg) 14

衝突試験(ビデオ, 1分14秒)



3) 実証実験

目的:(小型無人機)運用性及び有用性の実証

実証実験内容:

- ①実際の運用を想定した場所(第三者の立ち入りを制限しない山間部)における撮影飛行の実施
- ②防災関係者の飛行立会い、撮影画像などのレビューによる、運用性・有用性の評価

実証実験概要

実施場所: 北海道広尾郡大樹町歴舟川上流地区(飛行エリア内に道路, 河川が存在)

実施時期: 平成24年10月



実証実験飛行 (ビデオ約1.5分)



歴船川上流地区での飛行状況: 川沿い飛行

川沿い飛行例(離陸から着陸までの一連の飛行軌跡及び撮影画像)

The screenshot displays a web application interface for river monitoring. It is divided into two main windows.

Left Window (Detail View): Shows a detailed aerial photograph of a river. Below the image are navigation controls: "←前の画像 次の画像→", "拡大", "縮小", "元画像", "比較", and "印刷". There are also tabs for "災害情報(被害状況)", "災害情報(撮影対象)", and "撮影情報". A list of checkboxes allows for filtering damage types, such as "河川被害" (River Damage) and "緊急事項" (Emergency Items).

Right Window (Map View): Shows a map of the river area with a flight path overlaid. The path is marked with red dots and a yellow line. A legend on the left side of the map window lists various damage types and their details.

Map Legend:

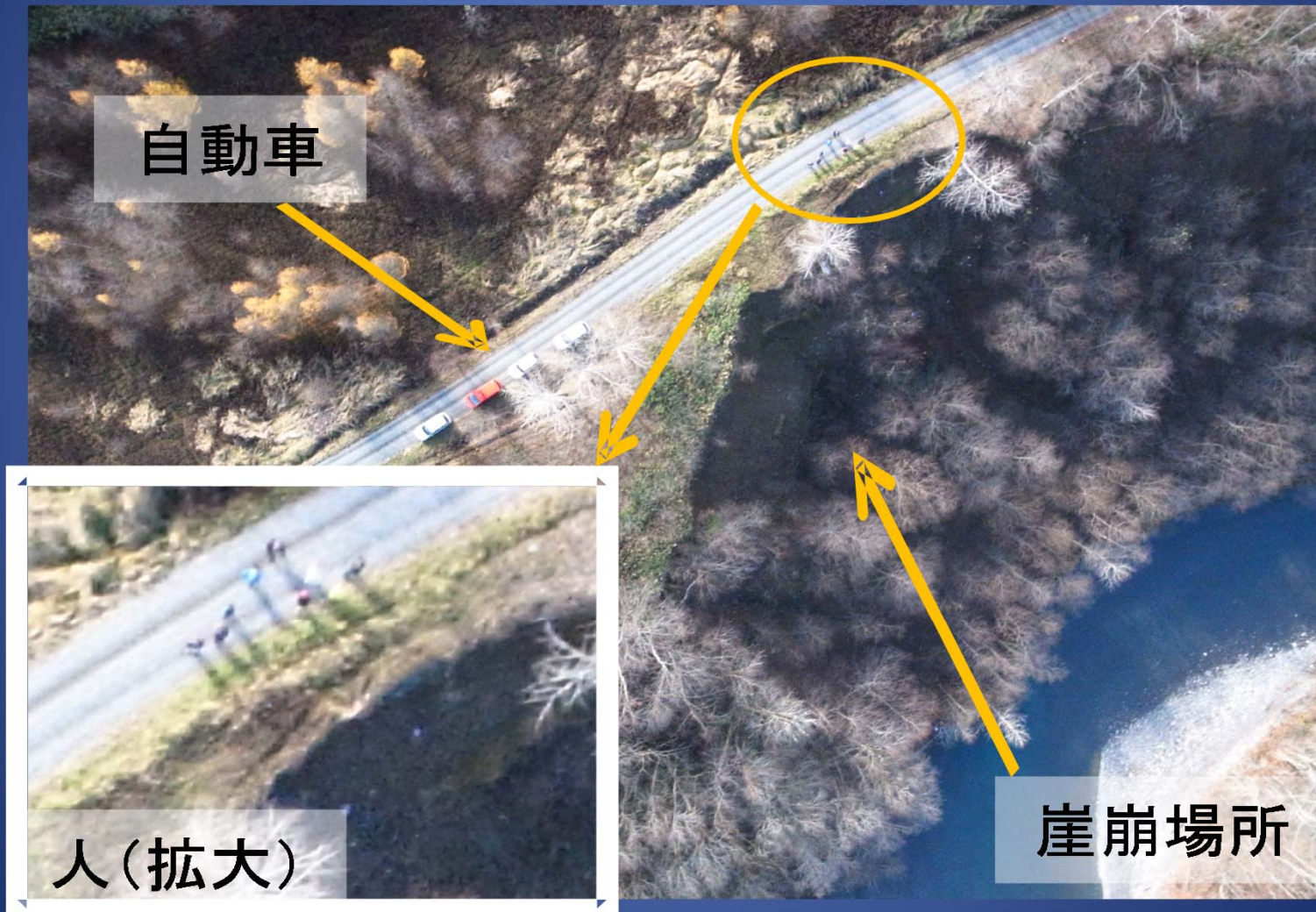
被害程度	被害区分	被害詳細
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 道路被害	<input type="checkbox"/> 不通 <input type="checkbox"/> 法面崩落 <input type="checkbox"/> 道路崩壊
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 河川被害	<input type="checkbox"/> 路面損壊 <input type="checkbox"/> 橋梁流失 <input type="checkbox"/> 橋梁損壊
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 緊急事項	<input type="checkbox"/> 設備損壊 <input type="checkbox"/> 浸水 <input type="checkbox"/> 障害物
		<input type="checkbox"/> 事故
		<input type="checkbox"/> 橋梁流失 <input type="checkbox"/> 橋梁損壊 <input type="checkbox"/> 堤防決壊
		<input type="checkbox"/> 堤防損壊 <input type="checkbox"/> 河道閉塞 <input type="checkbox"/> 設備損壊
		<input type="checkbox"/> 溢流 <input type="checkbox"/> 水位上昇 <input type="checkbox"/> 浸水
		<input type="checkbox"/> 漂流物
		<input type="checkbox"/> 要救助者 <input type="checkbox"/> 火災 <input type="checkbox"/> 重大事故
		<input type="checkbox"/> 危険物 <input type="checkbox"/> その他

At the bottom of the right window, there is a list of image timestamps and checkboxes:

<input type="checkbox"/>	12/11/13 13:07:53.700	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	12/11/13 13:07:57.710	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	12/11/13 13:08:01.710	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	12/11/13 13:08:05.710	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	12/11/13 13:08:09.710	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	12/11/13 13:08:13.710	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	12/11/13 13:08:17.720	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	12/11/13 13:08:21.720	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	12/11/13 13:08:25.720	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	12/11/13 13:08:29.720	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	12/11/13 13:08:33.720	<input checked="" type="checkbox"/>

河川監視ミッション: (右)撮影画像の地図上表示ウィンドウ, (右)判読用ウィンドウ

撮影画像例－1



撮影画像例一2



防災関係者による飛行立会い



1回目の飛行@運用拠点



2回目の飛行@崖上



2回目の飛行

- 1回目: 西端まで飛行(運用地点における視察)
- 2回目: 運用地点全体を見渡せる場所で視察

災害関係者による評価結果概要

- 協力者: 研究機関・大学(4機関4名)、防災関係者(7機関12名)
- 肯定的な意見や改善案等が多数。以下は例
 - － 高度な安全性を保障し簡易に無人飛行を実現し、「異状の早期発見」という目的を十分満足する性能がある
 - － 現段階で災害対応、施設の維持管理等に充分活用できると考える
 - － 遠方進出が可能等、有人ヘリコプタとラジコン機との間を埋める技術としても有効
 - － 様々な条件でその影響を調査するために実際の現場において実証実験を積み重ねていくことが必要
 - － 視程外飛行における墜落のリスク(賠償請求等)に対し、自治体や企業が対応できるのかが問題

まとめ

- 無人航空機は安全性や運用ルールが未整備
- JAXAでは災害情報収集手段として「災害監視無人機システム」研究開発を実施
 - 異なる被災情報の要求に対応するためのシステムコンセプトを提案
 - 「無人飛行機システム」及び「監視画像利用システム」で構成された災害監視無人機システムを開発
 - 地上安全の考え方と衝突安全の評価方法を提案
 - 実運用を想定し、道路や河川等がある場所を実証実験を実施
 - 防災関係者の立会いにより、システムの運用性・有用性の評価
- 平成24年度で本研究開発終了後における活動
 - 研究開発した災害監視無人機システムの研究開発成果などに関する研究発表や技術移転を進める
 - 無人機の実運用に必要な安全性・信頼性に関する研究開発は継続