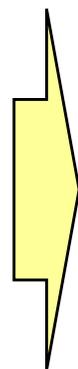


(参考資料)関連通知等

- ・ドローン巡視・AI画像診断 P.2
- ・事務所独自マニュアルの整備状況 P.126～127
- ・背景 P.3～5
- ・SmartRiverSpotの全体構成図と対応周波数帯 P.128～130
- ・デジタルライフライン全国総合整備計画(抜粋) P.6～7
- ・飛行レベルごとのドローン航路活用想定 P.131～132
- ・河川維持管理データベース(RiMaDIS) P.8
- ・用語説明 P.133～135
- ・河川巡視規程例について P.9～37
- ・堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領及び参考資料 P.38
- ・UAV等を活用した河川巡視の手引き(案) P.39～125

令和6年11月14日

鳥の目・蟻の目 ドローンで空間的に大きく変化を捉え、人が詳細に確認する



ドローン巡視

- ・ドローン巡視標準仕様(R7実装予定)
- ・河川巡視アプリ・運行管理システム(R8実装予定)
→流域プラットフォームに搭載
- ・機体開発 次頁

AI画像診断

- ・2時期の動画画像比較による異常検知(R8実装予定)

(参考)背景(1/3) ~生産年齢人口の減少・災害の激甚化・頻発化~

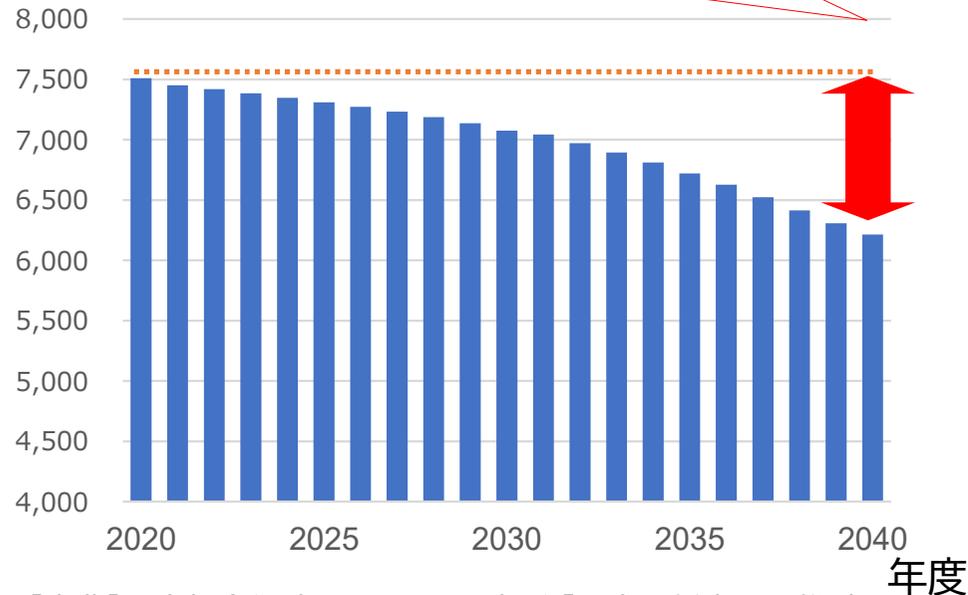
- 生産年齢人口は2040年度には、対2020年度比で約2割減少と予測。
- 毎年のように日本各地で自然災害が発生し、被害が激甚化・頻発化。

生産年齢人口の推移

2020年度 約7,509万人 ⇒ 2040年度 約6,213万人

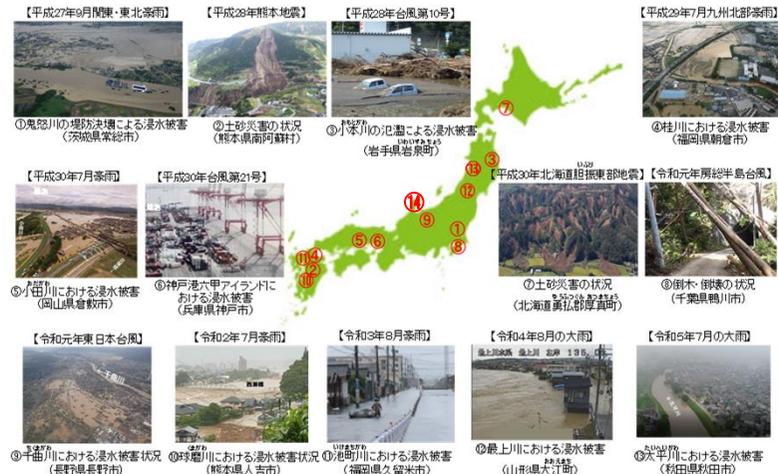
万人

2040年度は対2020年度比
約2割減少



【出典】国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来人口推計(令和5年度推計)」(出生中位(死亡中位)推計)

災害の激甚化・頻発化



主な災害の発生状況

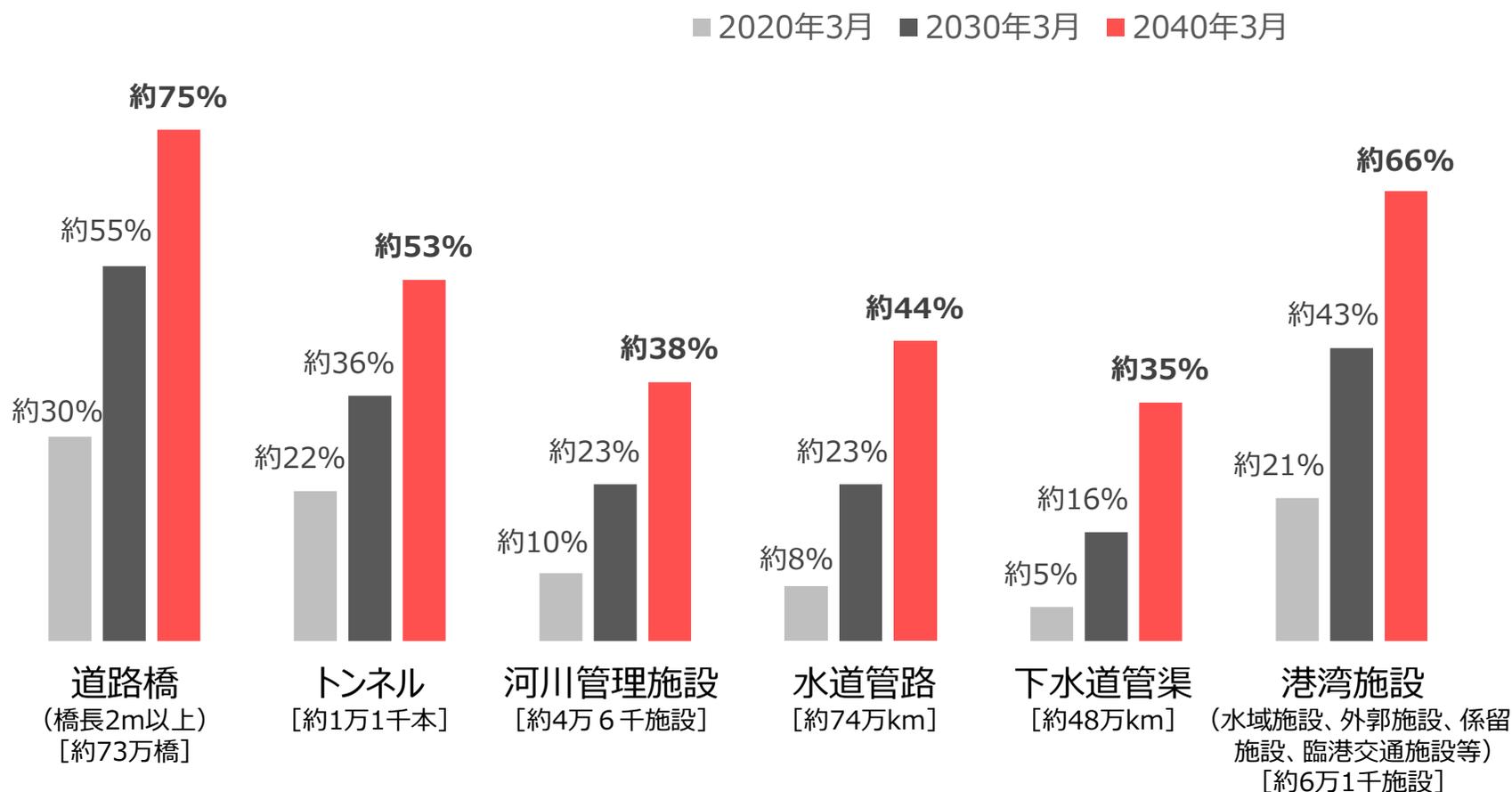


能登半島地震 (R6.1.1)
(石川県輪島市)TEC-FORCE撮影

(参考)背景(2/3) ~社会資本の老朽化の状況~

○ 高度経済成長期以降に整備された道路橋、トンネル、河川、水道、下水道、港湾等について、建設後50年以上経過する施設の割合が加速度的に高くなる。

※施設の老朽化の状況は、建設年度で一律に決まるのではなく、立地環境や維持管理の状況等によって異なるが、ここでは便宜的に建設後50年で整理。

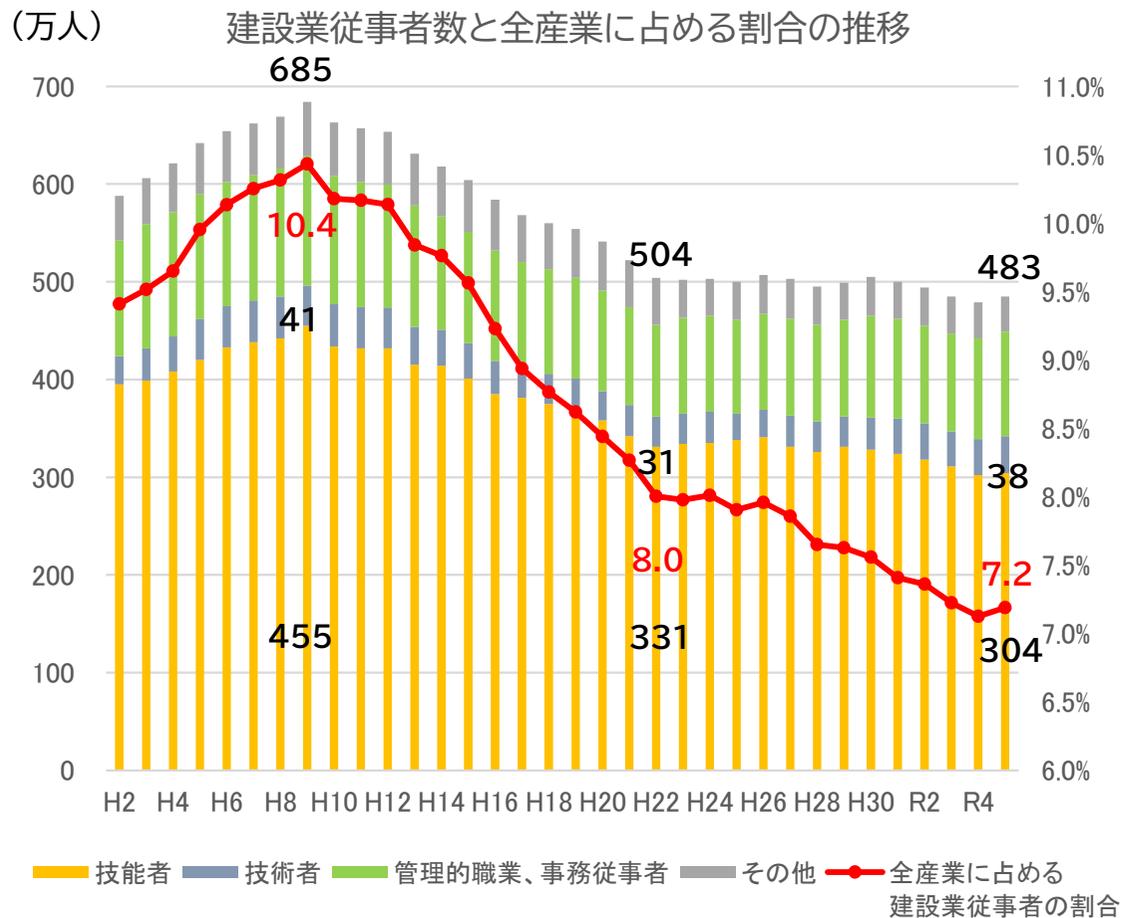


【建設後50年以上経過する社会資本の割合】

技能者等の推移

<就業者数ピーク> <建設投資ボトム> <最新>

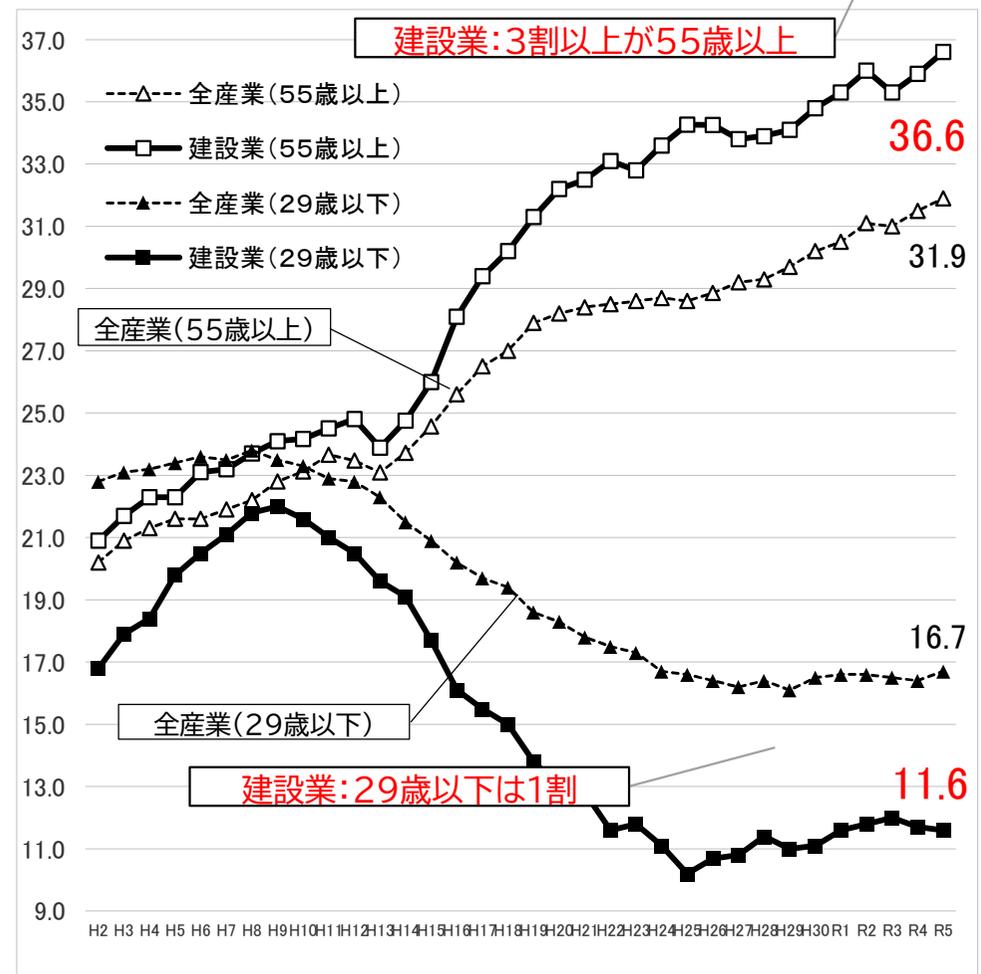
- 建設業就業者： 685万人(H9) → 504万人(H22) → 483万人(R5)
- 技術者： 41万人(H9) → 31万人(H22) → 38万人(R5)
- 技能者： 455万人(H9) → 331万人(H22) → 304万人(R5)



出典：総務省「労働力調査」(暦年平均)を基に国土交通省で算出
(※平成23年データは、東日本大震災の影響により推計値)

建設業就業者の高齢化の進行

- 建設業就業者は、55歳以上が36.6%、29歳以下が11.6%と高齢化が進行し、次世代への技術承継が大きな課題。
※実数ベースでは、建設業就業者数のうち令和4年と比較して55歳以上が5万人増加(29歳以下は増減なし)。



出典：総務省「労働力調査」を基に国土交通省で算出

自動運転やAIの社会実装を加速：「点から線・面へ」「実証から実装へ」 デジタルライフライン全国総合整備計画の概要

- 人口減少が進むなかでもデジタルによる恩恵を全国津々浦々に行き渡らせるため、約10年のデジタルライフライン全国総合整備計画を策定
- デジタル完結の原則に則り、官民で集中的に大規模な投資を行い、共通の仕様と規格に準拠したハード・ソフト・ルールのデジタルライフラインを整備することで、自動運転やAIのイノベーションを急ぎ社会実装し、人手不足などの社会課題を解決してデジタルとリアルが融合した地域生活圏※の形成に貢献する

デジタルによる社会課題解決・産業発展

人手不足解消による生活必需サービスや機能の維持

人流クライシス

中山間地域では移動が困難に…

物流クライシス

ドライバー不足で配送が困難に…

災害激甚化

災害への対応に時間を要する…

デジタルライフラインの整備

ハード・ソフト・ルールのインフラを整備

ハード

- ✓ 通信インフラ
- ✓ 情報処理基盤等 (スマートたこ足)
- ✓ モビリティ・ハブ (ターミナル2.0、コミュニティセンター2.0) 等

ソフト

- ✓ 3D地図
- ✓ データ連携システム (ウラノス・エコシステム等)
- ✓ 共通データモデル・識別子 (空間ID等)
- ✓ ソフトウェア開発キット等

ルール

- ✓ 公益デジタルプラットフォーム運営事業者認定制度
- ✓ データ連携システム利用のモデル規約
- ✓ アジャイルガバナンス (AI時代の事故責任論) 等

※ 国土形成計画との緊密な連携を図る

アーリーハーベストプロジェクト

2024年度からの実装に向けた支援策

ドローン航路

180km以上

【送電線】埼玉県秩父地域
【河川】静岡県浜松市(天竜川水系)

自動運転サービス支援道

100km以上

【高速道路】新東名高速道駿河湾沼津SA~浜松SA間
【一般道】茨城県日立市(大甕駅周辺)

インフラ管理のDX

200km²以上

埼玉県 さいたま市
東京都 八王子市

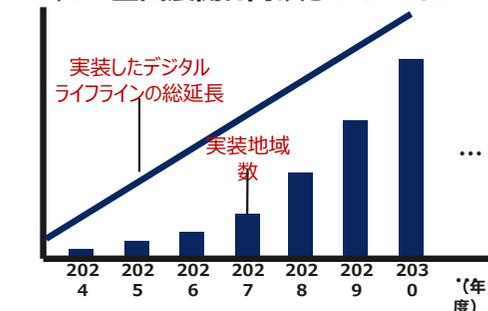
奥能登版デジタルライフライン

ドローン航路等の線を面に展開する際の結節点となるモビリティ・ハブの整備等

中長期的な社会実装計画

官民による社会実装に向けた約10カ年の計画を策定

(箇所/距離) 全国展開に向けたKPI・KGI



先行地域 (線・面)

国の関連事業の

- 1 集中的な**優先採択**
- 2 長期の**継続支援**
- 3 共通の**仕様と規格**

アーリーハーベストプロジェクトの全国展開に向けたKGI・KPI

- アーリーハーベストプロジェクトの成果を踏まえ、先行地域における面的な整備及び地域の拡大を行う^{※1}。各プロジェクトの全国展開に向けて拡大・延伸すべき箇所等を**KPI**として設定するとともに、各ユースケースで生み出されると仮定した経済効果を10年間の**KGI**とする。
- なお、計画を通じて「**達成される姿**」に向けて着実に社会実装していくことが重要であり、数字ありきでなく、課題解決・産業発展に資する取組を積み上げていく。

ドローン航路

自動運転サービス支援道

インフラ管理DX

河川^{※2}

送電網

高速

一般

KPI	アーリーハーベスト (1年目)	静岡県 浜松市 天竜川水系上空 30km	埼玉県 秩父地域 送電網上空 150km	新東名高速道路 駿河湾沼津SA-浜松 SA間100km	茨城県 日立市 大甕駅周辺	さいたま市・八王子市
	短期 (~3年目)	全国の一級河川上空 100km	全国の送電網上空 1万km ^{※3}	東北自動車道等	自動運転移動サービス 実装地域 50箇所程度 ^{※5}	全国の主要都市 10箇所
	中長期 (~10年目)	全国の一級河川上空 国管理の一級河川の総 延長 1万km	全国の送電網上空 4万km	東北~九州 ^{※4}	自動運転移動サービス 実装地域 100箇所 ^{※3,※5} 以上	全国の主要都市 50箇所
	達成される姿	需要のある主要幹線における 巡視・点検、物流等のドローンサービスの実装		全国主要幹線物流路における 自動運転の実装	自動運転の実装が有望であり、 地域交通の担い手確保が困難な 地域における移動手段の確立	費用対効果が見込める規模の 主要都市におけるインフラDX の実装
KGI	達成を目指す経済効果 10年間累積 2兆円^{※6}					

※1 大規模災害の発生により社会インフラに甚大な被害が生じた地域においては、社会インフラの早期復旧とあわせて、特に需要のあるデジタルライフラインの整備を通じた創造的復興の実現可能性についても検討する

※2 延長については、一級河川のうち、国が管理する区間のみを計上

※3 2027年度を目途とする

※4 物流ニーズを考慮した区間とする

※5 「デジタル田園都市国家構想総合戦略（令和4年12月23日閣議決定）」における目標と整合するものとし、自動運転サービス支援道等のインフラからの支援なく自動運転移動サービスを実現しているものを含む

※6 アーリーハーベストの一部ユースケースの展開のみを算出に含めたものであり継続して精査中

(参考)河川維持管理データベース(RiMaDIS /リマディス)

RiMaDIS (リマディス) とは River Management Data Intelligent Systemの略称

河川巡視・点検・対策等の維持管理業務を支援する全国統一版データベースシステム
活用する事によって、以下の3つの業務を支援する。

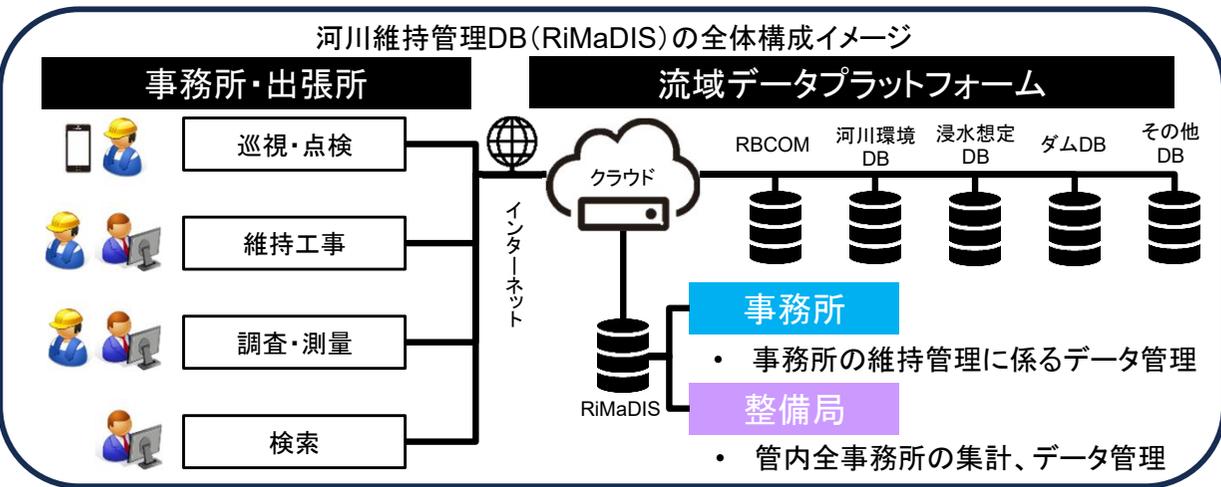
- ①現場での河川維持管理の「PDCAサイクル」による**充実・強化**を支援
- ②各種調査や予算要求に係る資料作成、資料検索、基礎資料の効率的活用など、日常の管理業務を支援
- ③維持管理業務に関わる必要情報の取得と蓄積、関連データベースとの連携を支援

現場



点検・巡視
維持管理対策

携帯端末に現地情報
(行為・位置情報・写真を入力)



整備局

局内集計



- 事務所DBを参照・集計
- 地整内の各河川の特性の把握及び台帳・写真の入手

- ### 事務所
- 点検・巡視等の帳票検索
 - 現地情報を出張所及び事務所別に集計及び状況写真による当該河川の特性を把握
 - 台帳、河川カルテ等の河川維持管理に関するデータを一元的に管理

点検・巡視・維持管理対策



構造物台帳



| 河川名称 | 構造体名称 | 構造形式 | 構造体種別 |
|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 河川名称 | 構造体名称 | 構造形式 | 構造体種別 |

河川カルテ



事 務 連 絡
平成23年5月11日

各地方整備局河川部長 殿
北海道開発局河川管理課長 殿
沖縄総合事務局開発建設部長 殿
各都道府県河川管理担当部局長 殿
関係指定都市河川管理担当部局長 殿

国土交通省 河川局
水政課河川利用企画調整官

河川環境課河川保全企画室長

河川巡視規程例について

今般、下記のとおり、河川巡視規程例（以下「規程例」という。）を作成したので、これを参考に、各地方整備局長等が河川管理業務の実施体制、河川や周辺地域の状況、これまでの河川巡視の実施状況等に応じて、河川巡視規程等を作成されたい。

また、河川の特性等に応じて、本規程例に示す条項の加除、表現の修正、規程細則の制定等を行うこと、又は、現行の河川巡視規程等を改定するにあたり、適宜本規程例のうちの必要な条項等を用いて改定することを妨げるものではない。

なお、「河川巡視規程例について」（平成17年3月29日付事務連絡）及び「河川巡視規程例同解説について」（平成17年3月29日付事務連絡）は廃止する。

記

1. 平常時河川巡視規程例（別添1）
2. 出水時河川巡視規程例（別添2）

〇〇地方整備局平常時河川巡視規程

(目的)

第一条 この規程は、平常時に河川管理の一環として定期的・計画的に河川を巡回し、その異常及び変化等を発見し、概括的に把握するために必要な事項を定めることにより、適正かつ円滑な河川巡視（以下「巡視」という。）の実施を図り、適正な河川管理を行うことを目的とする。

(巡視を行う区域)

第二条 各事務所の巡視の所管区域は、地方整備局組織規則（平成十二年八月十四日 平成十三年国土交通省令第二一号）の別表第四に掲げる管轄区域とし、事務所内における各出張所の巡視の所管区域は、事務所長がこれを定めるものとする。

2 巡視は、前項により定められた巡視の所管区域内の、河川区域、河川保全区域及び河川予定地（以下「河川区域等」という。）を対象として行う。

(巡視を行う者)

第三条 巡視業務は、河川法第七十七条第一項に定める河川監理員及び次項に規定する河川巡視員によって行うものとする。

2 河川巡視員は、所属の職員の中から事務所長が任命した者とする。

3 事務所長は、前項の任命に際して、別図－1の様式の身分証明書及び別図－3の様式の腕章を交付するものとする。

(河川監理員の業務)

第四条 河川監理員は、巡視に関して、河川巡視員を指揮監督するとともに、次の各号に掲げる業務を行うものとする。

一 河川監理員は、毎年度当初及び毎月当初に第二条に定める巡視を行う区域の河川巡視計画書を第六条に基づき、別表－1－1及び、別表－1－2の様式により作成し、事務所長の承認を受けた後に、これを河川巡視員に交付し、これに基づき巡視を行わせるものとする。

二 河川監理員は、前月の巡視結果について、別表－2の様式により河川巡視報告書を作成し、これを毎月当初に事務所長に提出するものとする。

三 河川監理員は、河川巡視員からの報告に基づき必要と認める場合は、直ちに河川法第七十七条第一項に基づき所要の措置を講じるとともに、重大なものについては別表－2の様式によらず、速やかに事務所長に報告し、指示を受けるものとする。

(河川巡視員等の業務)

第五条 河川巡視員は、河川監理員を補佐するとともに、次の各号に掲げる業務を行うものとする。

- 一 河川巡視員は、河川監理員から交付された河川巡視計画書ないしは河川監理員の指示に基づいて巡視を行うものとする。
- 二 河川巡視員は、日ごとに別表－３－１及び別表－３－２の様式により河川巡視日誌を作成し、巡視結果を速やかに河川監理員に報告しなければならない。
- 三 河川巡視員は、平常時巡視については、巡視の途上、別表－４に定める事項に関して異常な状況等を認めた場合は、次に掲げる措置を講じるものとする。
 - ア 現況を撮影し、日時、場所、状況等を記録するものとする。
 - イ 軽微な違反行為があった場合は、その場で口頭又は別表－５の様式の配布ないしは提示により、注意するものとする。
 - ウ 異常な状況等が重大なものであり、かつ、状況の是正等が緊急等を要する場合は、無線等により河川監理員に報告し、指示を受けるものとする。
- 2 河川巡視員は、巡視を行う場合には、腕章を着用するとともに、身分証明書を必ず携帯し、関係人から請求があったときには身分証明書を提示しなければならない。また、カメラ、巻尺等の巡視に必要な用具を携帯しなければならない。

(河川巡視計画)

第六条 河川監理員は、次の各号に基づき河川巡視計画を作成するものとする。

- 一 河川巡視計画に位置付ける平常時の巡視項目は別表－４を標準とし、所管区域の河川管理の実情に応じて巡視項目の加除を行うものとする。なお、項目の加除に当たっては、適正かつ効率的な巡視の実施及び高度化に資するよう留意するものとする。
- 二 河川巡視計画には、平常時巡視は、前項で規定する巡視項目について、車両等を用いて巡回する方法（以下「一般巡視」という。）により巡視を行うことを及び前項で規定する巡視項目のうちより詳細に状況を把握するべき項目等を抽出し、場所・目的等を絞り巡回する方法（以下「目的別巡視」という。）を規定するものとする。
- 三 河川巡視計画において、河川空間の利用に関する情報収集及び河川の自然環境に関する情報収集に伴う巡視の際の留意事項を記載しようとするときは、必要に応じて沿川関係機関及び有識者等の意見を聞くものとする。

(河川巡視結果の活用)

第七条 巡視結果は、情報として蓄積し、主な内容については河川カルテに記載すると

もに、措置状況の確認、河川管理施設の状況確認、問題箇所の把握及び経年的傾向の分析等に活用するものとする。

2 巡視により得られた情報は、地域住民との情報の共有化を図り、地域住民等の河川管理への理解を深めるため、個人情報の扱いに十分注意し、可能な範囲で広報に努めるものとする。

(業務の委託)

第八条 事務所長は、第五条に規定する河川巡視員の業務を委託し、職員以外の者（以下「委託河川巡視員」という。）に行わせることができるものとする。

2 前項の規定により、河川巡視員の業務を行う者は、事務所長の承認を受けた者とする。

3 事務所長は、委託河川巡視員に対し、別図－2の様式の身分証明書及び別図－4の様式の腕章を交付するものとする。

(地域との連携)

第九条 河川の巡視に関して、必要に応じて地域住民団体等と合同巡視等を行うなど、河川管理及び河川環境の現状について共通認識を持つよう地方公共団体（警察機関を含む。）や、河川環境保全モニター・河川愛護モニター・地域で活動するNPO団体、地域住民団体等との連携を図るものとする。

附則

この規程は、平成23年5月11日から施行する。

職員用

(表)

身 分 証 明 書		第 号
所属 官職	氏 名	
上記の者は河川巡視規程第 条により命ぜられた河川巡視員であることを証す。		
<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 60px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;">() 割印</div>	平成 年 月 日	国土交通省〇〇〇〇河川事務所長
		<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; display: flex; align-items: center; justify-content: center;"></div>

(裏)

- 1 この証票は河川巡視のときは、必ず携帯し関係人から請求があった時は、これを提示しなければならない。
- 1 本証は、他人に貸与もしくは譲渡してはならない。
- 1 本証を紛失したときはすみやかに報告すること。
- 1 本証は、退職その他不要になったときは直ちに発行者に返済する。

委託者用

(表)

身 分 証 明 書		第 号
所属	氏 名	
上記の者は国土交通省が委託した委託河川巡視員であることを証す。		
() 割印	担当区域	〇〇川 ××出張所管内
	発行年月日	平成 年 月 日
	有効期限	自平成 年 月 日
		至平成 年 月 日
	平成 年 月 日	
	国土交通省〇〇〇〇河川事務所長	()

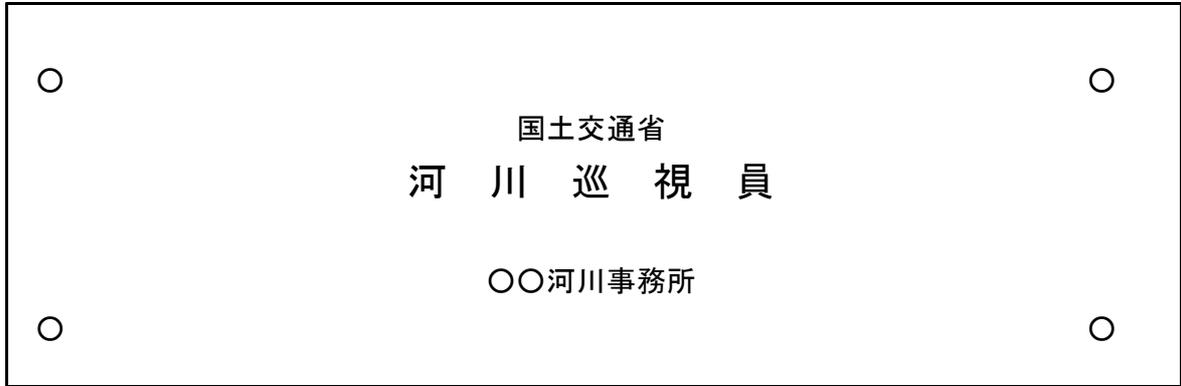
(裏)

- 1 この証票は河川巡視のときは、必ず携帯し関係人から請求があった時は、これを提示しなければならない。
- 1 本証は、他人に貸与もしくは譲渡してはならない。
- 1 本証を紛失したときはすみやかに報告すること。
- 1 本証は、有効期限終了後、その他不要になったときは直ちに発行者に返済する。

別図－3

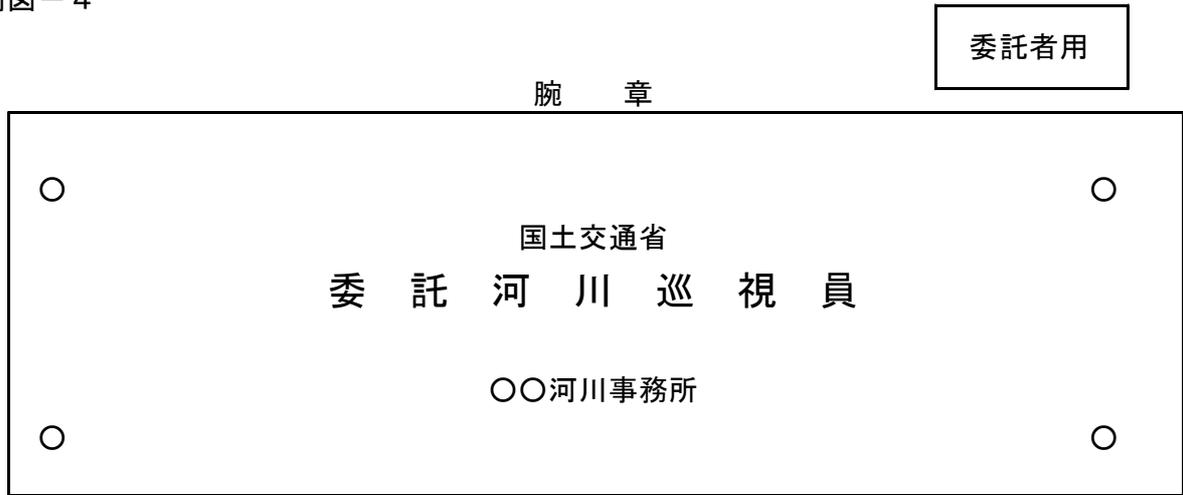
職員用

腕章



1. 地色は、緑色とし、文字は白色とする。

別図－４



1. 地色は、緑色とし、文字は白色とする。

別表-1-1

年間巡視計画書

河川事務所

出張所

川 k~ km

平成 年

種別	巡視メニュー	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	巡視地区	頻度・時期	巡視手段
委託 河川 巡視 員 主体 で 実施																
職員 主体 で 実施																
モ ニ タ ー 等 が 協 力 し て 実 施																
巡視 以外																

《当該月の巡視の基本方針》

《目的別巡視巡視項目》

- | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| ① | 日 | ④ | 日 | ⑦ | 日 |
| ② | 日 | ⑤ | 日 | ⑧ | 日 |
| ③ | 日 | ⑥ | 日 | | |

日	曜	基本方針	午前（：～：）		午後（：～：）		摘要欄
			巡視内容	巡視ルート／巡視範囲／巡視場所	巡視内容	巡視ルート／巡視範囲／巡視場所	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
30							
31							

《翌月への引継事項》

平成 年 月 日			
殿 <hr style="width: 20%; margin: auto;"/>		○○出張所長	
<h2 style="margin: 0;">河川巡視月間報告書</h2> <p style="margin: 0;">河川の管理状況を下記の通り報告する</p>			
期間 自 平成 年 月 日 至 平成 年 月 日 記			
期 間	巡視区域	管理状況	摘 要

懸 案 事 項 そ の 他	
-------------------------------------	--

事 務 所 長 の 判 断	平成 年 月 日
-------------------------------------	----------

河川巡視日誌(巡視内容記録票)

●実施日： 平成17年 月 日 ()

天候：

巡視員	
運転手	

●実施した巡視の内容

	巡視内容	巡視ルート／巡視範囲／巡視場所	巡視手段
午前 (: ~ :)			
午後 (: ~ :)			

●確認事項

No.	確認位置	記事
整理 番号		

確認欄

主任 監督員	監督員	監督員

管理技術 者	委託河川 巡視員	運転手

摘要欄(指示事項など)

河川巡視日誌(巡視結果記録票)

整理番号
1

記録日	平成17年 月 日	曜日	時刻
記入者		()	

時刻は〇:〇〇で記入

大項目	
中項目	
小項目	

箇所	岸	距離標
		km ~ km

記事	
----	--

出張所の判断	
--------	--

処置経過		
処置日	記入者	処置(対応)
当日		

関係者・関係機関	
関係者名	連絡先

位置図・見取図

写真

別表－４ 河川巡視項目

項目	内容
	<p>(1) 河川区域等における違法行為の発見及び報告</p> <p>河川巡視は、河川法に規定する河川区域、河川保全区域及び河川予定地において、許可が必要とされている行為を無許可で行っていたり、禁止されている行為を行っているものについて発見した場合その状況を把握し報告を行う。</p>
<p>①流水の占有関係</p> <p>a) 不法取水</p> <p>b) 許可期間外の取水</p> <p>c) 取水施設等の状況</p>	<p>河川法 23 条に規定する流水の占有に関する違反行為がないかどうかを現地において状況を把握する。</p> <p>取水施設の設置やポンプの設置により、無許可で河川から取水が行われていないかどうかの状況を把握する。</p> <p>取水施設からの取水が許可期間外に行われていないかどうかの状況を把握する。</p> <p>取水施設において取水量が許可と異なっていないか、また許可を受けて設置された工作物が、許可どおりの状態になっているか、設置後に無許可で改築、改造等が行われていないかの状況を把握する。</p>
<p>②土地の占有関係</p> <p>a) 不法占有</p> <p>b) 占有状況</p>	<p>河川法 24 条に規定する土地（河川管理者以外の者がその権原に基づき管理する土地を除く。）の占有に関する違反行為がないかどうかを現地において状況を把握する。</p> <p>河川区域内の土地（河川管理者以外の者がその権原に基づき管理する民地を除く。）において、無許可で土地が占有されていないかの状況を把握する。具体的には私的な土地の占有、恒常的な駐車、不法係留、無許可の耕作等の状況を把握する。</p> <p>占有許可を受けた土地において、占有の範囲が許可の範囲と異なっていないか、また、許可条件等に基づき適正に管理されているかの状況を把握する。</p>
<p>③河川の産出物の採取に関する状況</p> <p>a) 不法盗掘、不法伐採</p>	<p>河川法 25 条に規定する河川区域内の土石等の採取が許可どおり実施されているかどうかを現地において状況を把握する。</p> <p>河川区域内の河川管理者が権原を有する土地において許可を受けていない砂利採掘や、樹木の伐採等が実施されていないかの状況を把握する。</p>

項目	内容
b) 採取位置等	許可を受けた砂利採取箇所等において、採取位置・範囲、運搬路の位置が許可どおりかの状況を把握する。
c) 土砂等の仮置き状況	許可を受けた砂利採取箇所等において、土砂等の仮置きが、定められた位置に定められた形状で仮置きされているかの状況を把握する。
d) 汚濁水の排出の有無	許可を受けた砂利採取箇所等において、汚濁水が河川へ放流されていないかどうかの状況を把握する。
④ 工作物の設置状況	河川法 26 条に規定する河川区域内の工作物の新築等に関する違反行為がないかどうかを現地において状況を把握する。
a) 不法工作物	河川区域内において、許可を受けていない工作物（建物、通路、看板、栈橋・係留施設等）が設置されていないかの状況を把握する。
b) 工作物の状況	許可を受けて設置された工作物が、許可どおりの状態になっているか、また、設置後に無許可で改築・改造等が行われていないかの状況を把握する。
⑤ 土地の形状変更状況	河川法 27 条に規定する土地の掘削等に関する違反行為がないかどうかを現地において状況を把握する。
a) 不法形状変更	河川区域内において、許可を受けていない土地の掘削・盛土等が実施されていないかの状況を把握する。
b) 土地の形状変更の状況	許可を受けている土地の掘削・盛土行為が許可どおりの状態になっているかの状況を把握する。
⑥ 竹木の流送やいかだの通航状況	河川法施行令第 16 条の 2 及び第 16 条の 3 に基づく、河川管理者が指定した船やいかだの通航制限や竹木流送の許可に関する違反行為がないかを現地において状況を把握する。
* a) 不法な竹木流送	許可を受けていない竹木の流送が実施されていないかの状況を把握する。
b) 竹木の流送状況	許可を受けて実施されている竹木の流送が許可どおり実施されているかどうか、又竹木の流送が河川管理者の指定する水域内で、指定どおりに行われているかの状況を把握する。

項目	内容
c) 船またはいかだの通航状況	河川管理施設である閘門あるいは河川管理者が指定した水域において、指定した通行方法による通航が実施されているかの状況を把握する。
⑦河川管理上支障をおよぼすおそれのある行為の状況	河川法施行令第16条の4に規定する河川の損傷や、ごみ等の投棄、指定区域における車両乗入れ等が行われていないかを現地において状況を把握する。
a) 河川の損傷	人為的な河川の損傷が行われていないかの状況を把握する。
b) ごみ等の投棄	河川区域内においてごみ等の投棄が行われていないかの状況を把握する。
c) 指定区域内の車両乗入れ	河川管理施設の保全または動植物の生息地・生育地として特に保全を必要とする箇所、河川管理者が指定した区域において自動車その他の河川管理者が指定したものが入れられていないかの状況を把握する。
d) 汚水の排出状況	河川管理者への届出を行わずに、一定量以上の汚水が排出されていないかの状況を把握する。特に、特殊な汚濁色や臭い、泡、魚の浮上等がないかの状況を把握する。
⑧河川保全区域及び河川予定地における行為の状況	河川法55条第1項及び57条第1項に規定する河川保全区域及び河川予定地における制限行為が無許可で行われていないか、また許可どおりに行われているかを現地において状況を把握する。
a) 不法工作物	河川保全区域あるいは河川予定地において、許可を受けていない工作物（建物、通路、看板等）が設置されていないかの状況を把握する。
b) 工作物の状況	許可を受けて設置された工作物が、許可どおりの状態になっているか、また、設置後に無許可で改築・改造等が行われていないかの状況を把握する。
c) 不法形状変更	河川保全区域あるいは河川予定地において、許可を受けずに土地の掘削・盛土等が実施されていないかの状況を把握する。

項目	内容
(2)河川管理施設及び許可工作物の維持管理の状況の把握 河川巡視は、河川管理施設がそれぞれ求められる機能を十分発揮するため、その状況を車上を中心とした目視レベルで把握し、認められた変状について報告する。 また、許可工作物については、許可どおりに維持管理されているかどうかを同様に把握し、その変状について報告する。 なお、本項では堰や樋門・樋管等の機械施設・電気通信施設の動作確認や河道及び河川管理施設の点検は含まれない。	
①河川管理施設の維持管理状況 a) 堤防の状況 b) 堰・水門等構造物の状況 c) 護岸・根固及び水制の状況	河川管理施設について、大きな損傷が生じているかどうかを、目視により現地において、その状況について把握する。 堤防天端や小段に不陸、亀裂、わだちがないか、堤防法面に人畜や車両による損傷がないか、また、法面の芝の生育不良、法面の亀裂、法崩れ、段差がないか等、また、堤防法尻等に漏水が見られないかの状況を把握する。 河川管理施設である堰や水門、樋門・樋管等において、本体及び取付け護岸、取付け水路の重大な損傷や不等沈下、水路の埋塞等がないかの状況を把握する。 護岸・根固及び水制について重大な損傷（護岸のクラック、裏込の流失、基礎部の洗掘、上・下流河岸の侵食、根固めの流失等）について状況を把握する。
②許可工作物の維持管理状況 a) 許可工作物の状況	許可工作物について、重大な損傷が見られるか、また、ごみの堆積や汚水・油のもれ等がないかを現地において状況を把握する。 許可工作物である堰や水門、樋門・樋管、橋梁等において、本体及び取付け護岸、取付け水路の重大な損傷、水路の埋塞等がないかの状況を把握する。
③親水施設等の利用安全性 a) 親水施設の状況	親水機能等の確保を目的として設置された施設が、設置の目的に応じて適切に管理されているか、また利用上危険性がないかを現地において状況を把握する。 設置された親水施設に損傷、汚損等の有無及び、その施設が利用者に危険性がない状態になっているかの状況を把握する。
④車止め、標識、距離標等の保全状況	河川区域内における車止め、標識、距離標、占用杭、境界杭等が適切に保全され、破損・汚損等がないかどうかを現地において状況を把握する。

項目	内容
⑤河道の状況 a) 河岸の状況 b) 河口閉塞の状況 c) 河道内における砂州 堆積状況 d) 樹木群の生育状況	<p>河道の状況について正常に流下しているかを目視によりその状況を把握する。</p> <p>天然河岸において流水などにより異常な側方浸食が生じていないかの状況を把握する。河岸が流水により洗掘を受け、新たな深掘れ箇所が発生していないかどうかの状況を把握する。</p> <p>河口部において堆砂の状況を把握する。特に河口閉塞が生じていないかの状況を把握する。</p> <p>河道内で新たな砂州の形成や移動により、堆積土砂で周辺の流れに変化があるかどうかの状況を把握する。</p> <p>河道内における樹木の繁茂状況や、護岸等への根の進入、めくれ上がり等がないかの状況を把握する。</p>
<p>(3) 河川空間の利用に関する情報収集</p> <p>河川巡視は河川空間が地域の人々に適正に利用され、また、必要な河川環境の整備を実施するために、河川空間の利用状況を把握すると共に、河川空間における好ましくない河川利用の状況（車両の放置、許可を受けた栈橋以外での係留、他の利用者に危険をおよぼす利用形態等）について状況を把握し報告する。</p> <p>また、河川環境整備のための基礎的情報を収集するため、河川区域における利用上の特筆されるべき事象（漁労上の仕掛け等の設置、禁漁期間、河川における行事、新たな河川利用形態）等について情報を把握し報告するものとする。</p>	
①危険行為等の発見 a) 危険な利用形態 b) 不審物・不審者の有無	<p>河川区域内において、利用者が安全に利用出来るよう、又は河川区域内の施設等が安全に利用出来るよう、主に危険行為防止の観点から利用状況等の把握を現地において行う。また、大麻草・ケシ等の薬物に類する植物の栽培等がないか把握する。</p> <p>河川空間において、利用者が危険にさらされるような利用形態（水難事故等の危険性）や、他の河川利用者に危険を与えるような利用形態（河川敷でのゴルフ、モトクロス等）があるかどうかについて状況を把握する。</p> <p>河川空間において、テロ行為等の犯罪行為の発生を予防するため、特に重要施設（堰、水門、取水口、橋梁等）の付近において、不審物や不審者がいないかどうかを現地で状況を把握する。</p>

項目	内容
*②河川区域内における駐車や係留の状況	河川区域内の自由使用を確保するため、河川区域内で通行の支障になったり、他の自由使用を妨げるような駐車・係留等の実態等について現地において状況を把握する。
*a) 河川区域内の駐車の状況	河川区域内において通行や他の自由使用を妨げるような車両の駐車（無余地駐車、占用地外へのはみ出し駐車など）について状況を把握する。
*b) 係留・水面利用等の状況	河川区域内において、許可を受けていない係留や停泊の状況、又は水上バイク、カヌー練習などが反復して利用されている状況について現地で把握する。
*③河川区域内の利用状況	河川区域内における基礎情報を得るため、河川空間における地域住民等の利用状況及びゾーニングが定められている場合にはその齟齬を現地において把握する。
*a) イベント等の開催状況	日常的な利用と異なるイベントや行事の際に、どのような河川利用が行われているか等について状況を把握する。
*b) 施設の利用状況	河川空間に設置された休憩所、トイレ、遊歩道等の施設が適切に維持管理されているかの状況を把握する。
*c) 河川空間における生産・漁業活動等の状況	河川空間において、農耕や漁業活動が行われている場合、その活動状況（例えば田植え・稲刈り、ヤナ等の設置、禁漁期間の開始・終了等）について把握する。
(4)河川の自然環境に関する情報収集 河川巡視は河川区域内の自然環境を適切に整備・保全するため、その基礎情報として、河川の自然環境に関わる特筆されるべき事象（代表的な植物の開花、特定外来種の生育状況、大麻草・ケシ等の薬物に類する法律違反の栽培、渡り鳥の飛来・飛去、瀬切れの発生等）について把握し報告する。	
①自然環境の状況把握	河川環境の整備と保全のため、河川区域内における自然環境の状況について情報を収集する。ここでは、特に水質事故等の危機管理の観点から巡視を行う。
a) 河川の水質に関する状況	河川の水質について、異常な汚濁色、油の流下、魚の浮上、臭い等がないかどうかの状況を把握する。
*b) 河川の水位に関する状況	渇水時において生じる河川水位の低減により、瀬切れ等の状況について把握する。

項目	内容
*c) 季節的な自然環境の変化	河川の自然環境について季節的な周期により生じる、目視にて容易に把握できる自然環境の変化について把握する。例えば、希少種の生息環境の状況、渡り鳥の渡来・飛去、集団営巣地の形成、魚の集団溯上、堤防や河川敷における菜の花や彼岸花の開花、桜の開花、紅葉の最盛期、特定外来種の生育状況等である。
②自然環境へ影響を与える行為 a) 自然保護上重要な地域での土地改変等 *b) 自然保護上重要な種の生息・捕獲・採取の状況	河川区域において自然環境について影響を与えるような河川利用がある場合、現地において状況を把握する。 自然保護上重要な植物の群生地や、鳥類の繁殖地等において、車両の乗り入れや、生息へ影響を与えるような行為が行われていないかどうかの状況を把握する。 自然保護上重要な動植物（絶滅のおそれのある動植物や天然記念物等）について、河川区域内で生息状況を把握する。また、捕獲や採集が行われていないかの状況を把握する。具体的には、禁止されているカスミ網等を発見した場合その状況を把握する。
③多自然川づくりの状況 ④魚道の通水状況	整備された自然再生の箇所、池、ワンド等が埋没、干上がり、損傷等がないか状況を把握する。 河川管理施設や許可工作物の堰等に設置された魚道について、水が流れているかどうか、また、魚道入り口等において土砂堆積や、河床洗掘などが生じていないかどうかの状況を把握する。

※「*」印は「必要に応じて実施する巡視項目」

注 意

あなたの行為は河川法に違反していますので、すみやかに原状に回復してください。

平成〇年〇月〇日

国土交通省〇〇河川事務所〇〇出張所

この件についてのお問い合わせは、国土交通省〇〇河川事務所〇〇出張所河川
監理員〇〇〇〇までお願いいたします。

問い合わせ先

国土交通省〇〇河川事務所〇〇出張所

住所：〇〇市〇〇1234番

電話：〇〇〇〇－〇〇－〇〇〇〇

〇〇地方整備局出水時河川巡視規程

(目的)

第一条 この規程は、洪水時や高潮時に河川管理の一環として時々刻々と変化する状態を概括的に把握し、適切な措置を迅速に行うために必要な事項を定めることにより、適正かつ円滑な出水時の河川巡視（以下「巡視」という。）の実施を図り、適正な河川管理を行うことを目的とする。

(巡視を行う区域)

第二条 各事務所の巡視の所管区域は、地方整備局組織規則（平成十二年八月十四日 平成十三年国土交通省令第二一号）の別表第四に掲げる直轄区域とし、事務所内における各出張所の巡視の所管区域は、事務所長がこれを定めるものとする。

2 巡視は、前項により定められた巡視の所管区域内の、河川区域、河川保全区域及び河川予定地（以下「河川区域等」という。）を対象として行う。

(巡視を行う者)

第三条 巡視業務は、河川法第七十七条第一項に定める河川監理員及び次項に規定する出水時巡視員によって行うものとする。

2 出水時巡視員は、所属の職員の中から事務所長が任命した者とする。

3 事務所長は、前項の任命に際して、別図－1の様式の身分証明書及び別図－3の様式の腕章を交付するものとする。

(河川監理員の業務)

第四条 河川監理員は、巡視に関して、出水時巡視員を指揮監督するとともに、次の各号に掲げる業務を行うものとする。

一 河川監理員は、毎年出水期前に、別表－1－1（出勤基準、班体制、代替要員等）及び別表－1－2（巡視ルート）の様式により所管区域内の出水時巡視計画書を作成し、事務所長の承認を受けた後に、これを出水時巡視員に交付し、これに基づき巡視を行わせるものとする。

ただし、河川監理員が、出水の状況、被害の状況等から特別の事情があると認める場合には、出水時巡視計画書によらず巡視の指示を行うことができるものとする。

二 河川監理員は、出水時巡視員からの報告があった場合は、直ちにその状況を事務所長に報告し、指示を受けるものとする。

三 河川監理員は、出水が終わった後に、別表－2の様式により遅滞なく出水時巡

視報告書を作成し、事務所長に提出するものとする。

(出水時巡視員の業務)

第五条 出水時巡視員は、河川監理員を補佐するとともに、次の各号に掲げる業務を行うものとする。

- 一 出水時巡視員は、河川監理員から交付された出水時巡視計画書ないしは河川監理員の指示に基づいて、第六条に定める巡視を行うものとする。
 - 二 出水時巡視員は、河川監理員に定時報告を行うものとする。
 - 三 出水時巡視員は、巡視の途中において、第六条第一項に定める事項に関して、異常な状況等を認めた場合又は第六条第二項に該当する場合は、野帳にその状況等を記録するとともに、無線等により直ちに河川監理員に報告し、指示を受けるものとする。
 - 四 出水時巡視員は、巡視の途中において、第六条第一項に定める事項に関して、第六条第三項に該当する場合には、野帳にその結果等を記載するとともに、必要に応じて、無線等により河川監理員に報告し、指示を受けるものとする。
- 2 出水時巡視員は、巡視を行う場合には、腕章を着用するとともに、身分証明書を必ず携帯し、関係人から請求があったときには身分証明書を提示しなければならない。また、無線機、野帳等の巡視に必要な用具を携帯しなければならない。

(巡視)

第六条 巡視は、原則として、はん濫注意水位を越える洪水及び高潮が発生している全区间について、河川監理員の指示する期間において、目視により、次の各号に掲げる事項に関して状況の把握を行うものとする。

- 一 堤防の状況
亀裂、法崩れ、沈下、すべり、決壊等が発生していないか。漏水が発生していないか。越水していないか。
- 二 洪水流の状況
水面が天端に接近していないか。大きな波や渦巻き等が発生していないか。建物等が流れていないか。
- 三 河川管理施設及び許可工作物の状況
ア 河川管理施設及び許可工作物
破損、沈下、傾斜等の異常が生じていないか。流失していないか。横断工作物について流木等による閉塞が生じていないか。樋門・樋管及び水門について逆流が生じていないか。工作物まわりで漏水が発生していないか。一般交通等に支障が生じていないか。
イ 撤去

洪水時に撤去しなければならない工作物が撤去されているか。

四 高水敷の状況

大きな洗掘が発生していないか、異常な流向になっていないか。

五 堤内地の浸水状況

浸水原因、浸水範囲、浸水深

六 水防作業状況

作業箇所、出動水防団名・員数及び作業状況

七 河川区域内における工事の状況（出水時に河川区域内で工事が行われている場合）

ア 仮設物等

仮設物について破損、沈下、傾斜等の異常が生じていないか。洪水時に撤去しなければならない建設機械、資材等が撤去されているか。工事箇所からの流出物がないか。仮設物まわりで大きな波や渦巻き、洗掘等が発生していないか。

イ 工事箇所周辺の河川管理施設等

破損、沈下、傾斜等の異常が生じていないか。流失していないか。

- 2 巡視の途上、水防団に出会った場合は、前項の第六に定める事項及び水防団の巡視結果等について確認を行うものとともに、また、許可工作物の管理者の巡視や現地作業に出会った場合も、同様に状況の確認を行うものとする。
- 3 巡視の途上、地域住民に出会った場合には、巡視に支障がない範囲において、第一項に規定する事項等に関する情報の収集に努めるものとする。
- 4 巡視の途上、巡視を続行することが危険と判断される場合は、無線等により直ちに河川監理員に報告し、指示を受けるものとする。

（業務の委託）

第七条 事務所長は、第五条及び第六条に規定する出水時巡視員の業務を委託し、職員以外の者（以下「委託出水時巡視員」という。）に行わせることができるものとする。

- 2 前項の規定により、委託出水時巡視員の業務を行う者は、事務所長の承認を受けた者とする。
- 3 事務所長は、委託出水時巡視員に対し、別図一 2 の様式の身分証明書及び別図一 4 の様式の腕章を交付するものとする。

附則

この規程は、平成 23 年 5 月 11 日から施行する。

別図－1

(表)

身 分 証 明 書 第 号

所 属 氏 名
官 職 氏 名
上記の者は出水時河川巡視規程第 条により命ぜられた出水時巡視
員であることを証す。

平成 年 月 日
国土交通省〇〇〇〇河川事務所長

()
割 印

(裏)

1. この証票は出水時巡視のときは、必ず携帯し関係人から請求があつた時は、これを提示しなければならない。
1. 本証は、他人に貸与もしくは譲渡してはならない。
1. 本証を紛失したときはすみやかに報告すること。
1. 本証は、退職その他不要になったときは直ちに発行者に返済する。

別図－2

(表)

身 分 証 明 書 第 号

所 属 氏 名
上記の者は国土交通省が委託した委託出水時巡視員であることを証す。

担当区域 〇〇川 ××出張所管内
発行年月日 平成 年 月 日
有効期限 自 平成 年 月 日
 至 平成 年 月 日

平成 年 月 日
国土交通省〇〇〇〇河川事務所長

()
割 印

(裏)

1. この証票は出水時巡視のときは、必ず携帯し関係人から請求があつた時は、これを提示しなければならない。
1. 本証は、他人に貸与もしくは譲渡してはならない。
1. 本証を紛失したときはすみやかに報告すること。
1. 本証は、有効期限終了後、その他不要になったときは直ちに発行者に返済する。

別図-3



- 1 地色は、緑色とし、文字は白色とする。

別図-4



- 1 地色は、緑色とし、文字は白色とする。

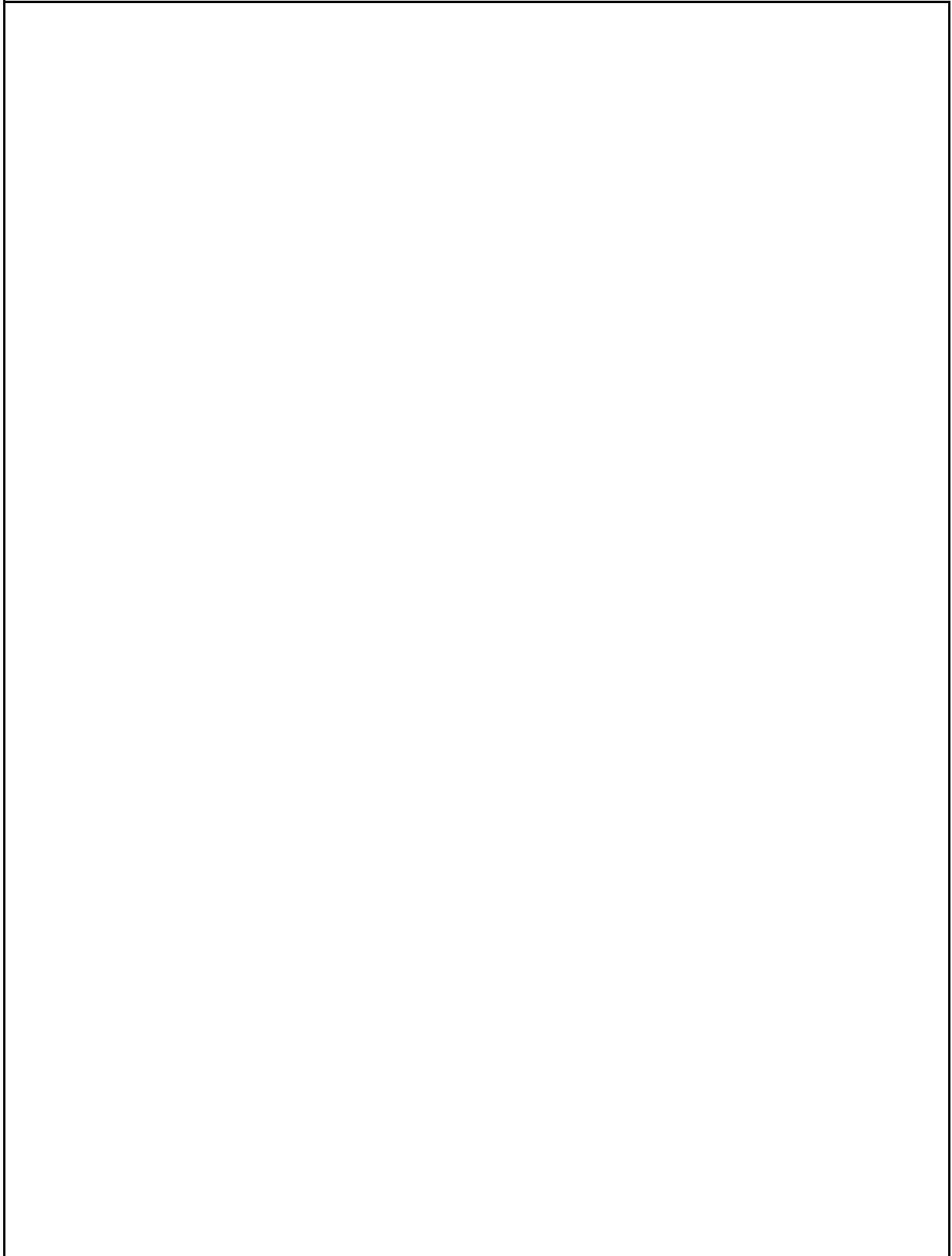
別表－1－1

出水時の出動基準、班体制、代替要員

班	班 体 制		代 替 要 員		出 動 基 準
	官 職	氏 名	官 職	氏 名	
第一班					
第二班					
第三班					
第四班					

別表－１－２

巡視ルート



〇〇川 出水時巡視報告書

巡視区間	左岸	k	～	k	実施年月日	出水時巡視員			
	右岸	k	～	k		平成 年 月 日			

種別	巡視項目	異常の有無	距離標	記事	処理	
堤防の状況	亀裂、法崩れ、沈下、すべり、決壊等が発生していないか					
	漏水が発生していないか					
	越水していないか					
洪水流の状況	水面が天端に接近していないか					
	大きな波や渦巻き等が発生していないか					
	建物等が流れていないか					
河川管理施設及び許可工作物の状況	河川管理施設及び許可工作物	破損、沈下、傾斜等の異常が生じていないか				
		流出していないか				
		横断工作物について流木等による閉塞が生じていないか				
		樋門・樋管及び水門について逆流が生じていないか				
		工作物まわりで漏水が発生していないか				
	撤去	洪水時に撤去しなければならない工作物が撤去されているか				
高水敷の状況		大きな洗掘が発生していないか				
		異常な流向になっていないか				
堤内地の浸水状況		浸水原因				
		浸水範囲				
		浸水深				
水防作業の状況		作業箇所				
		出動水防団名、員数及び作業状況				
河川区域内における工事の状況	仮設物等	仮設物について破損、沈下、傾斜等の異常が生じていないか				
		洪水時に撤去しなければならない建設機械、資材等が撤去されているか				
		工事箇所からの流出物がないか				
		仮設物まわりで大きな波や渦巻き、洗掘等が発生していないか				
	周辺の施設	破損、沈下、傾斜等の異常が生じていないか				
		流出していないか				

※必要に応じ写真や図等を添付する。

○堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領（令和5年3月）

https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kasen/pdf/01_teibou_tenkenhyouka_youryou_r503.pdf

○堤防等河川管理施設及び河道の点検・評価要領 参考資料 （平成31年4月）

https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/kasen/pdf/08_teiboukadou_tenkenkekka_sankou.pdf

UAV 等を活用した河川巡視の手引き (案)

令和4年3月

水管理・国土保全局

河川環境課 河川保全企画室

目 次

第1章	はじめに	1
1.1.	本手引き（案）の目的	1
1.2.	本手引きの対象範囲	2
第2章	ドローン河川巡視とは	3
2.1.	河川巡視の定義	3
2.2.	ドローン河川巡視の定義	3
2.3.	ドローン河川巡視のロードマップ	4
2.4.	ドローン河川巡視の実施手順	6
第3章	ドローンの利用における基本事項	8
3.1.	共通要件	8
3.2.	機体の管理	10
3.3.	自律飛行によるデータ取得	10
3.4.	監視体制	11
3.5.	安全管理	12
第4章	河川巡視計画の策定	15
4.1.	ドローン河川巡視の対象項目の選定	15
4.2.	ドローン河川巡視の頻度の設定	19
4.3.	河川空間の巡視利用に必要な空域	20
4.4.	ドローン巡視の対地高度	24
4.5.	ドローン河川巡視のルートの設定	27
4.6.	飛行時間帯（撮影時間帯）	32
第5章	ドローン河川巡視の実施	35
5.1.	ドローン河川巡視の概要	35
5.2.	従来巡視の補助	36
5.3.	ドローン目視確認巡視	44
5.4.	ドローン AI 巡視	50
第6章	データ管理	70
6.1.	データ管理方針	70
6.2.	データ仕様	70
第7章	現状の課題と将来的な技術進歩による巡視の将来像	73
7.1.	ドローン	73
7.2.	AI	78
7.3.	ドローン河川巡視の将来像（実装に向けた役割分担）	82

用語説明

- アノテーション (Annotation) :
教師データの「正解ラベル」もしくは「教師ラベル」と指し、機械学習モデルの目的変数となる。
- オルソ画像 :
空中写真は、レンズの中心に光束が集まる中心投影のため、レンズの中心から対象物までの距離の違いにより、写真上の像に位置ズレが生じる。写真上の像の位置ズレをなくし空中写真を地図と同じく、真上から見たような傾きのない、正しい大きさと位置に表示される画像に変換したものをオルソ画像と言う。オルソ画像は、写された像の形状が正しく、位置も正しく配置されているため、地理情報システム (GIS) などにおいて、画像上で位置、面積及び距離などを正確に計測することが可能で、地図データなどと重ね合わせて利用することができる地理空間情報である。
- 機械学習 (Machine Learning) :
「訓練データ」もしくは「学習データ」というデータから経験・特徴量等を学習し、自動的に性能を改善できるコンピュータアルゴリズムを指し、人工知能の一種。基本的に、アルゴリズムで学習される経験・特徴量は、人間によって設計されることが多い。
- クラス分類 :
対象物を事前に決められた分類項目に分けること。一例として、撮影された写真に写ったものが犬なのか猫なのかに分類することが挙げられる。
- 人工知能 (Artificial Intelligence) :
ソフトウェアやコンピュータシステムなどの形式で、人間の知的能力をコンピュータで実現する技術を指す。応用事例は広く、主には自然言語処理 (翻訳、構文解析等)、画像等のデータから特定のパターンを抽出するコンピュータビジョン、専門家のノウハウを習得して特定のタスクを解決するエキスパートシステム (AlphaGO 等) 等がある。
- 深層学習 (Deep Learning) :
機械学習の一種であり、多層 (狭義には4層以上) の人工ニューラルネットワーク (Deep Neural Network) を使い、データの全体から細部までの各粒度の情報を階層構造のモデルにより、経験・特徴量を抽出して認識を行うアルゴリズムを指す。その特徴として、機械学習と異なり、アルゴリズムが自動的に必要な経験・特徴量を見つけ出すことができる。また、大量な学習データを用意することも特徴の一つ。
- 地上画素寸法 :
GSD (ground sample distance) と表されることもあり、1画素 (ピクセル) に対する地上の大きさを示す。単位は、cm/pixel である。
- ドローン :
無人航空機 (UAV : Unmanned Aerial Vehicle) の通称名。無人航空機とは、「人が乗ることができない飛行機、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」であり、重量 (機体本体の重量とバッテリー重量の合計) が 200g 以上のものを指す。
- ニューラルネットワーク :
人間の脳内の神経細胞ネットワークを数理モデル化したもの。

- フェールセーフ :
機体に異常が生じた場合など、ドローンの運航を継続することが適切ではない事態が発生した場合に、直ちに運航を中止させる機能。中止した場合には、機体はあらかじめ指定された場所に戻るか、その場でゆっくりと降下する。
- ラップ率 :
撮影画像の重複率をラップ率と言い、オーバーラップ率とサイドラップ率の2種類がある。進行方向の重なりをオーバーラップ、隣接する飛行コースとの重なりをサイドラップと言う。
- F 値 (F-Measure) :
一部分の機械学習モデルの性能を評価する指標の一つ。正と負の2クラスのカテゴリを考える場合、正と予測したデータのうち、実際に正であるものの割合を適合率、実際に正であるもののうち、正であると予測されたものの割合を再現率と定義する。F 値は、適合率と再現率の調和平均であり、

$$F \text{ 値} = \frac{2 \times \text{適合率} \times \text{再現率}}{\text{適合率} + \text{再現率}}$$
で表される。値が1に近いほど、モデルの精度が良いことを示す。
- FP 作成 :
フライトプラン作成の意味である。
- GCP :
ground control point (グラウンドコントロールポイント) とは、座標がわかっている地上点のことである。航空測量では、高い精度での測量を実現するために GCP が利用される。
- GNSS :
米国の GPS、日本の準天頂衛星 (QZSS)、ロシアの GLONASS、欧州連合の Galileo 等の衛星測位システムの総称である。
- IMU :
慣性計測装置 (inertial measurement unit) 略称 : IMU) と呼ばれ、ドローン等の移動体の姿勢や加速度を計測する装置のこと。
- ISO 感度 :
写真を撮影するときに調整するシャッタースピード、絞り (F 値) とともに、露出に関連した要素のひとつ。ISO 感度の設定によって、カメラが記録できる光の量をコントロールすることができる。
- RiMaDIS :
River Management Data Intelligent System の略称であり、河川巡視・点検・対策等の維持管理業務を支援する全国統一版データベースシステムである。
- SfM (Structure from Motion) 解析 :
コンピュータビジョンに由来する技術で、重複して撮影された複数の写真から抽出した多数の特徴点を用い、共線条件による制約に基づいて、カメラの内部標定要素及び外部標定要素、特徴点の三次元座標を一度に求める手法。

第1章 はじめに

1.1. 本手引き（案）の目的

近年の急速な技術革新に伴い、各分野でドローンの普及および利活用が進んでいる。その中でもカメラ搭載型ドローンは取り扱いや操縦が複雑でないこと、カメラの性能が良いことから広く普及しており、河川分野においても、カメラ搭載型ドローンを用いた河川巡視の高度化および広域の河川監視が期待されている。

河川分野において、カメラ搭載型ドローンを活用する場面としては、人による立入が困難な場所など、従来の巡視では確認が難しい場所をドローンで撮影して監視を行う方法があり、一部では既に実施されている。

これに加え、撮影されたデータから三次元データを作成して形状の比較により監視を行う方法、さらに、ドローンにより収集した大量の写真画像からAI（人工知能）等の画像解析技術を活用して河川巡視・点検を行う方法についても試行検証がなされている。

このような状況に鑑み、本稿では、各地方整備局や河川事務所で実施されている河川巡視等へのドローンの活用内容や実証実験の情報をもとに、「UAV等を活用した河川巡視の手引き（案）」（以下、手引き案）として取りまとめるとともに、ドローンの運用や安全管理の方法、ドローンで得られたデータの管理方法、ドローン巡視の将来像についても取りまとめを行っている。

また、本稿では、技術開発レベル別に実施すべき目標等を段階的に示しているところであるが、将来的には、技術の進展に伴い、河川巡視が完全自動化し、巡視・点検の別無く広域の巡視にドローン等を用い、無人で実施できる姿を目指したいと考えている。

なお、今後の河川管理をとりまく情勢、技術進展等を踏まえ、運用事例や知見を蓄積して、適宜改定していく予定である。

1.2. 本手引きの対象範囲

河川巡視・点検は、河川維持管理のPDCA サイクルの中の「D：状態把握」の一環として行われる。巡視結果は河川カルテなどに整理されPDCA サイクルの中で河川維持管理が適切に行われる。ドローンを活用した河川巡視・点検を行う場合、その結果をPDCA サイクルの中でどのように活用するかが重要となる。

国土交通省ではサイクル型河川維持管理を支援するデータベースとしてRiMaDISを整備しており、巡視記録もデータベースに登録することでPDCA サイクルの中で活用される。したがって本手引きでは状態把握の「巡視」、特に日常巡視を対象として解説する。

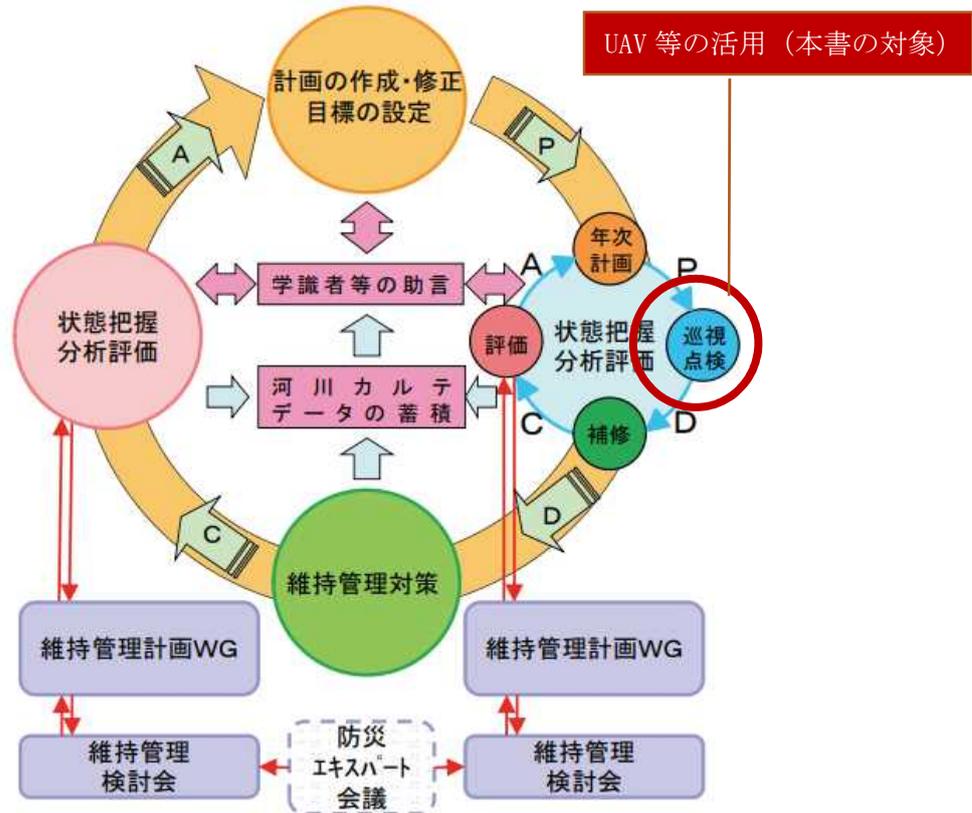


図 1-1 維持管理サイクル

なお将来的には日常巡視に限らず、広域の河川巡視全般を目指す。ただし現時点での技術レベルでは実現が困難なため、本手引きでは中長期的な目標については技術展望のみ示す(ドローン河川巡視の段階的な導入イメージは2.3参照)。具体的な手法については、短期的に実現可能な技術に絞り、河川巡視(日常巡視)を対象として解説する。

第2章 ドローン河川巡視とは

2.1. 河川巡視の定義

従来、日々の河川状態を把握するために実施されてきた河川巡視は、「河川巡視規程例について」（平成23年5月11日付事務連絡）に記載されている通り、平常時に河川管理の一環として定期的・計画的に河川を巡回し、その異常及び変化等を発見し、概括的に把握する目的で実施されている。

具体的には、河道、河川管理施設及び許可工作物の状況の把握、河川区域内における不法行為の発見、河川空間の利用に関する情報収集及び河川の自然環境に関する情報収集等を概括的に行うことを基本としており、概括的な異常の発見が目的である。

本手引きは、河川法に基づき、河川管理施設等の機能を適切に維持するために実施する日常的な河川巡視（日常巡視）に適用する。

2.2. ドローン河川巡視の定義

ドローンを活用した河川巡視は、日常巡視として実施している「一般巡視」「目的別巡視」の一部巡視項目を、ドローンを活用して実施するものである。本手引きでは、これを「一般巡視」「目的別巡視」と分けて「ドローン河川巡視」と呼ぶこととする。

ドローン河川巡視を実現するための要素技術として、データ取得技術とデータ解析技術が存在する。これらはドローンメーカー・カメラメーカーや人工知能研究者が研究開発を進めており、それぞれの要素技術の進展に合わせてドローン河川巡視の実施方法は適宜見直すことが望ましい。

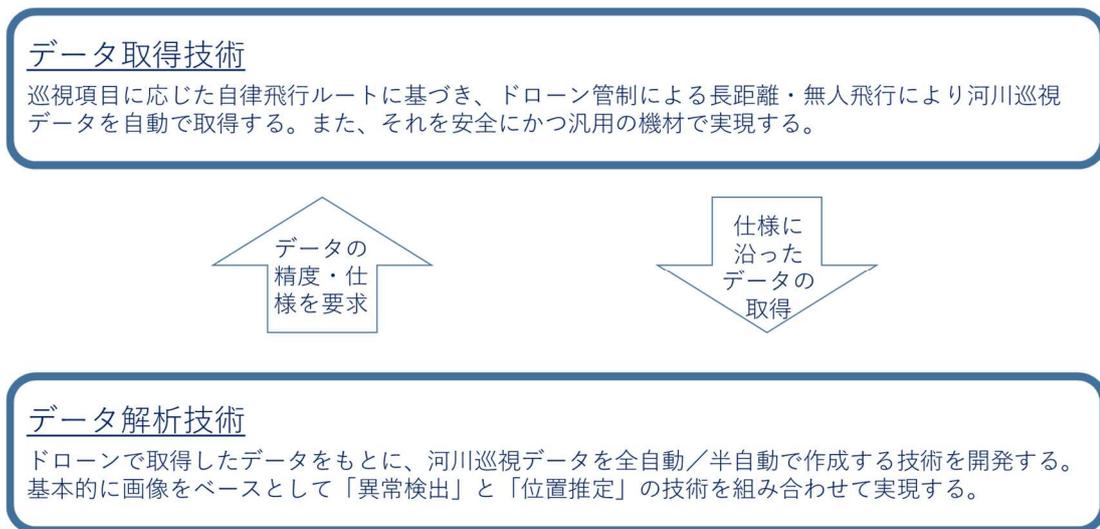


図 2-1 ドローン河川巡視の要素技術

2.3. ドローン河川巡視のロードマップ

ドローン河川巡視の導入は、大きく L1～L5 の 5 つのレベルを定義する。

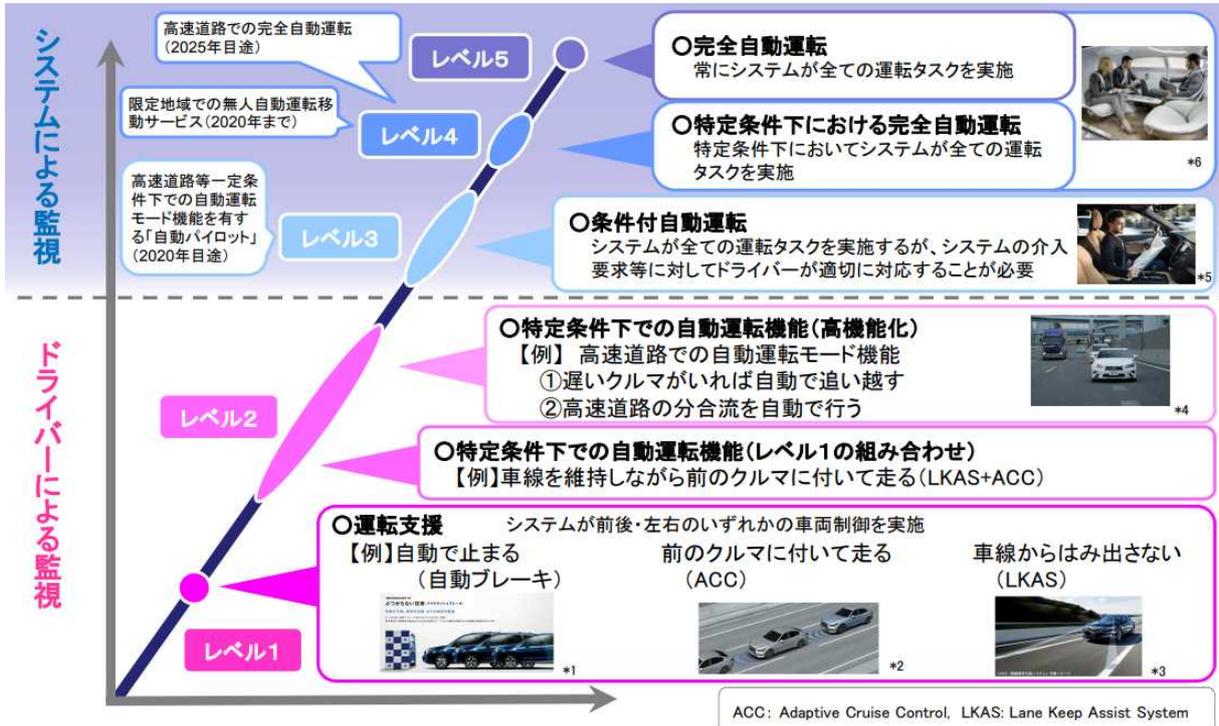
現場でドローン河川巡視を導入する場合、L1 から導入してデータの蓄積を進め、自動検出できる巡視項目を順次増やしていくことにより L2, L3 へと移行する。

本手引きでは L1 および L2 のドローン河川巡視を対象として解説する。

表 2-1 ドローン河川巡視のレベル

レベル	実現すべき目標	データ取得技術	データ解析技術	残る手作業
L1 ▼	<ul style="list-style-type: none"> ● 人が立ち入りにくい箇所、目視できない箇所の記録作成 ● 次フェーズのデータ解析技術で必要となる教師データの蓄積 	<ul style="list-style-type: none"> ● 目視範囲内の自律飛行により河川巡視に必要なデータを取得できる ● 橋梁や架線などの横断障害物で区間を区切って実施できる 	<ul style="list-style-type: none"> ● (ドローン河川巡視の実データがまだないため)既存の巡視記録や空中写真を活用して巡視記録自動検出の技術的実現性が検証できる 	<ul style="list-style-type: none"> 河川巡視項目の選定 河川巡視計画の策定 ドローンの安全監視 撮影結果の目視確認 巡視記録の作成 巡視記録の RiMaDIS 登録
L2 ▼	<ul style="list-style-type: none"> ● 従来手法の河川巡視をドローン河川巡視が補助 ● 人が行っていた巡視業務の一部を半自動化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 取得したデータを可視化・ファイル管理し、河川管理の基礎資料として使える ● データ解析技術の教師データを蓄積する 	<ul style="list-style-type: none"> ● ドローン河川巡視の実データの教師画像を用いて、一部巡視項目が自動検出できる ● 自動検出結果を河川管理者が確認して、半自動で RiMaDIS に登録できる 	<ul style="list-style-type: none"> 同上 ただし「巡視記録の作成」の一部は自動化
L3 ▼	<ul style="list-style-type: none"> ● ドローン河川巡視が中心となり、従来手法の河川巡視で補完 ● 人が行っていた巡視業務の多くを半自動化 	<ul style="list-style-type: none"> ● 長距離・目視外の自律飛行により完全無人(遠隔監視のみ)でデータ取得が行える ● 物流ドローンなどの別用途のドローンと河川空間を共有して河川巡視が行える 	<ul style="list-style-type: none"> ● 自動検出できる巡視項目が増えて、過半数の記録が自動検出できる ● 自動検出結果を河川管理者が確認して、半自動で RiMaDIS に登録できる 	<ul style="list-style-type: none"> 同上 ただし「巡視記録の作成」の多くは自動化
L4 ▼	<ul style="list-style-type: none"> ● ドローン河川巡視で日常巡視を実施 ● ドローン河川巡視のオペレーションは原則無人化 ● 例外的な記録以外は全自動化 		<ul style="list-style-type: none"> ● 例外的な事象を除いて自動検出が行える ● 自動検出結果が自動的に RiMaDIS に反映される 	<ul style="list-style-type: none"> 河川巡視項目の選定 河川巡視計画の策定
L5	<ul style="list-style-type: none"> ● 河川巡視が完全自動化し業務がなくなる ● 巡視・点検の別がなくなり、広域巡視はドローンで無人で実施 		<ul style="list-style-type: none"> ● 近接目視や LBH の計測が必要な項目以外は、巡視と点検の別なく自動検出できる 	なし

(参考) 自動車の自動運転のレベル分け



官民ITS構想・ロードマップ2017等を基に作成

*1 (株)SUBARUホームページ *2 日産自動車(株)ホームページ *3 本田技研工業(株)ホームページ
*4 トヨタ自動車(株)ホームページ *5 Volvo Car Corp.ホームページ *6 CNET JAPANホームページ

出典：国土交通省ホームページ

(参考) ドローンの飛行レベル



出典：国土交通省ホームページ

2.4. ドローン河川巡視の実施手順

河川事務所でのドローン河川巡視の実施手順は下記の通りである。各手順の要件と例を第4章以降に示す。

(1) 巡視前 [詳細は第4章：河川巡視計画の策定]

- ・ 河川巡視計画策定において、管内の巡視記録の状況およびドローンの適用可能性に基づき、ドローンにより実施する巡視項目を選定し、ドローンにより実施する項目と、従来通り目視により実施する項目に分けて河川巡視計画を策定する。
- ・ 選定したドローン河川巡視の対象項目別に、ドローンで取得すべきデータの要件を整理する。
- ・ ドローンにより実施する巡視項目の発生頻度や時間分布に応じて、ドローン河川巡視の頻度を設定する。
- ・ 従来の月間巡視計画と同様に、日または午前/午後の単位で「一般巡視」「目的別巡視」「ドローン河川巡視」の実施計画を立案する。
- ・ ドローンにより実施する巡視項目の対象（形状・大きさ）や空間分布に応じて、ドローン河川巡視のルートを設定する。
- ・ 障害物や通信状況を確認したうえで巡視ルートに合わせたフライトプランを作成する。

(2) 巡視中 [詳細は第5章：ドローン河川巡視の実施]

- ・ フライトプランに従って自律飛行によりデータ取得・撮影を行う。
- ・ 自律飛行中はフライト状況やデータ取得状況をモニタリングするとともに、現地で目視により安全確認を行う。
- ・ モニタ画面にて、巡視項目の目視確認を実施する。

(3) 巡視後： [詳細は第5章：ドローン河川巡視の実施]

- ・ ドローン河川巡視で取得した画像をもとに SfM 解析を行い、画像の結合と三次元河川空間の再現を行う。
- ・ SfM 解析結果のオルソフォト・DSM 画像は巡視記録を紐づける基礎データとする。
- ・ 撮影画像や動画、オルソフォトをもとに現地で直接目視できない範囲に異常がないか確認する。
- ・ ドローン河川巡視で取得したデータを解析することにより、対象とする巡視項目を AI により自動検出する。

(4) 巡視後：巡視記録作成 [詳細は第6章：データ管理]

- ・ 各種データの有効活用のために、ファイル命名規則やメタデータ等を仕様にそって作成する。
- ・ 自動検出した巡視記録は、河川管理者による確認及びコメント追加後、RiMaDIS に登録する。
- ・ ドローン河川巡視の対象項目以外は自動検出されないため、必要に応じて目視に基づく巡視記録を手動で追加し、RiMaDIS に登録する。

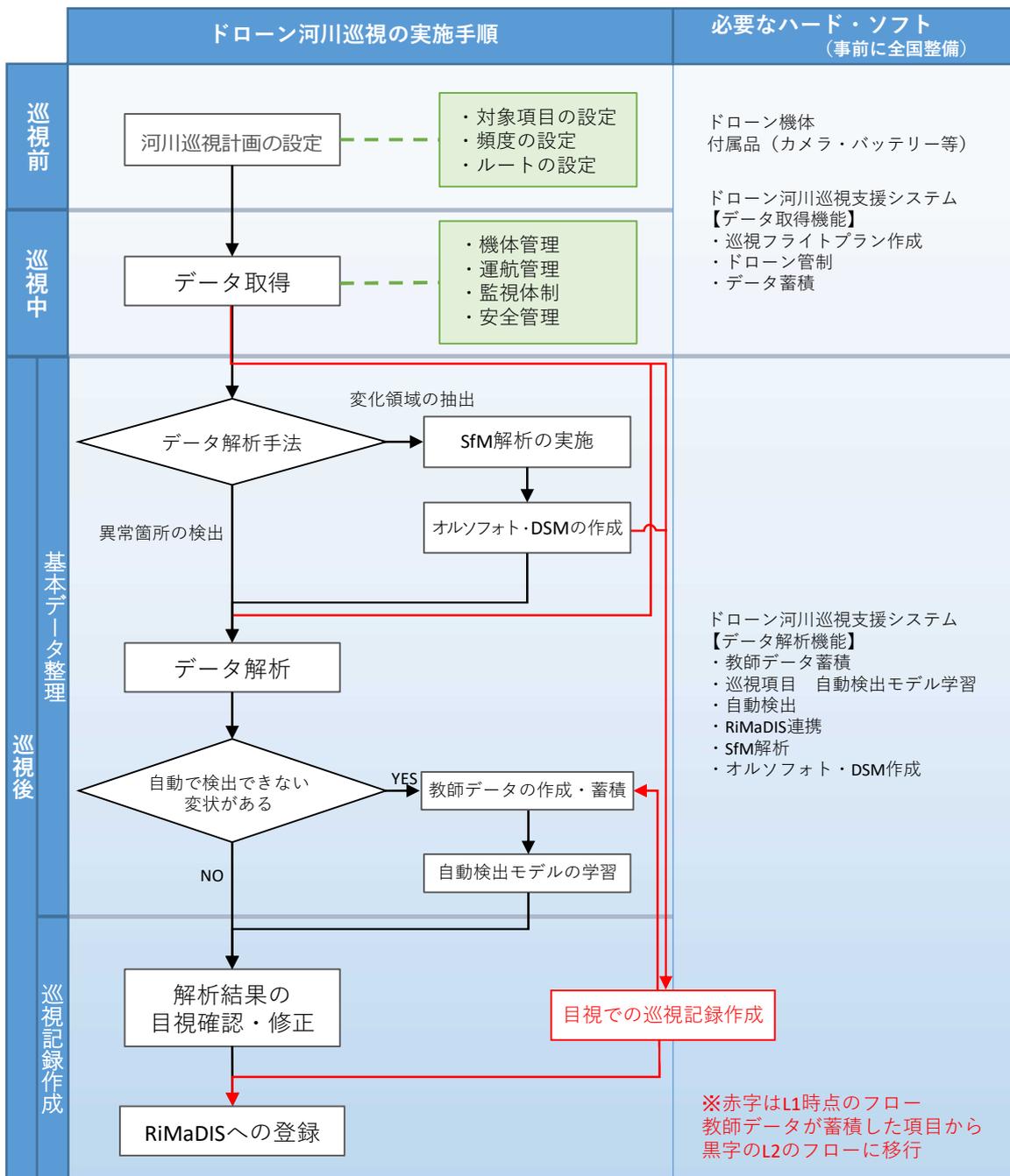


図 2-2 ドローン河川巡視の実施手順 (L2 時点想定)

第3章 ドローンの利用における基本事項

3.1. 共通要件

本書で対象とするドローン河川巡視のロードマップ L2 までで求められる要件は、特殊な機材を必要とせず、巡視計画で策定したルート通りに毎回安全に画像を取得することである。これらは市販されているドローンでも実現可能な要件である。

しかし L2 までは現地にオペレータが赴く必要があるため大幅な省力化は実現せず、中長期的目標として長距離無人飛行の実現は不可欠である。

3.1.1. 短期（ロードマップ L1, L2 相当）

- 再現性
毎回計画通りに巡視データを取得できること（オペレータ（UASO）の機能で実現）
- 安全性
堤外地や堤防、植生と十分な離隔をとってドローン運航できること
電波環境、気象条件に影響されることなく安全に運航管理できること
- 普及性
河川管理者や巡視員にとって容易に飛行・撮影・記録保管できること
全国の河川に適用可能な汎用性があること

3.1.2. 中長期（ロードマップ L3,L4,L5 相当）

- 無人広域河川監視
携帯電話通信等を用いた飛行によって目視外飛行を行えるようにする。
その飛行安全性を担保するためにオペレータ（UASO）及び運航管理サブシステム（UASSP）、情報提供システム(SDSP)を整理する。

表 3-1 システムレイヤーの説明

サブシステム・機能	役割
運航管理サブシステム (UASSP)	<ul style="list-style-type: none"> ● 運航管理サブシステム(UASSP)自身が管理する複数のオペレータ(UASO)を安全に飛行させるための以下のサービスを提供することに責任を持つ。 ● オペレータ(UASO)に対する運航管理サービス: 飛行計画作成/申請、飛行経路の最適化、飛行監視、機材・操縦者管理/飛行中の Conflict 情報（近接する機体）等安全運航に関する情報提供
オペレータ(UASO)	<ul style="list-style-type: none"> ● オペレータ(UASO)が管理する無人航空機を安全に飛行させる責任を持つ。 ● フライトに関して、計画段階から飛行中・飛行終了まで、UAV の運航全般に関する責任を負う。（物件及び他 UA・有人航空機との間隔確保を行う）
情報提供機能(SDSP)	<ul style="list-style-type: none"> ● 運航管理サブシステム(UASSP)やオペレータ(UASO)に対し、運航管理を行うにあたり参考となる外部情報として、地図情報、気象情報、電波情報、有人機情報、ドローンポートの管理情報等を提供する。

- 河川空間共有利用（有人機、物流等）
空域のセパレーションと飛行の目的別優先度の設定 2 つの方針で空間共有を目指す。
河川の現況把握が必要な河川巡視者が低空域（約 50m 以下程度）を、その他の物流や送電点検者等は高空域を基本的に飛行させる。
ただし輸血の輸送等や災害時の物資輸送等の緊急性が高い機体は、優先して飛行できる

ように目的に応じて飛行優先度を設定できるようにすることが望まれる。河川巡視者以外が低空域に侵入した場合は河川巡視者が優先され、その後に他事業者が通行可能とする。

3.2. 機体の管理

3.2.1. 要件

機体は飛行計画作成を簡単に行えるようにするため、オペレータ（UASO）と連携できる機体で、後述するAI解析等に耐えうる画素数を担保できる民生品が望ましい。

表 3-2 機体要件

項目	概要
機体	マルチロータ機
GPS	あり
飛行方法	自動飛行
外部コントロール	機体とオペレータ（UASO）が接続できること
カメラ画素数	1,200万以上
プロポ	目視範囲内(2km程度)
飛行可能時間	20分以上
上空電波利用	必須ではない

3.3. 自律飛行によるデータ取得

3.3.1. 要件

オペレータ（UASO）に飛行ルートを登録することにより、巡視計画通りに自律飛行によるデータ取得を行う。オペレータ（UASO）は以下の機能を有するものを選定する。

表 3-3 オペレータ（UASO）システム要件

飛行前中後	カテゴリ	項目	説明
飛行前	領域設定	飛行可能エリア設定	飛行可能エリアを事前に設定する機能
		飛行不可エリア設定	飛行不可エリアを事前に設定する機能
		重点エリア設定	重点的に巡視したいエリアを設定する機能
構造物・エリア設定	他社設備設定	橋梁や送電設備の位置や高さ等を事前に入力する機能 適正な隔離設定や運航管理のために使用する	
		設備設定	水門等の位置や高さ、護岸・防波堤の位置等を事前に入力する機能 適正な隔離設定や運航管理のために使用する
テンプレート	種別設定	種別設定	対象と業務の組み合わせを設定する機能
		種別パラメーター設定	種別におおじたパラメータ(水平・垂直隔離)を設定しておく機能
緊急時設定	機体異常時	バッテリー切れ等の機体異常時の回避挙動を事前に設定しておく機能	
ルート設定	種別選択	種別選択	テンプレートで設定した種別を選択する機能
		ルート描画	領域、構造物・エリア設定から自動生成される飛行経路を地図上に描画する機能 編集・保存等も可能
巡視計画策定	日時	日時	巡視予定日時を設定する機能
		担当者	巡視担当者を割り振る機能
		ルート選択	飛行させる飛行ルートを割り振る機能
緊急回避設定	緊急時回避可能場所設定	承認の有無	巡視計画の内部・外部承認を行う機能 承認ステータスを明示する機能
		緊急時回避可能場所設定	緊急時の回避場所を事前に設定する機能
オフライン飛行	オフライン飛行設定	通信がない状態でも事前に飛行計画や地図等をタブレットに保存することで飛行できるようにする機能	
飛行直前	ステータス確認	機体：キャリブレーション (IMU・コンパス)・SD	機体の状態を確認する機能
		周辺状況	周辺で無人機・有人機が飛行していないかの確認を行う機能
		天気	気象条件が飛行に問題ないか判断する機能
飛行中	制御	飛行開始	飛行開始を行う機能
		PAUSE・RESUME・STOP	コマンド制御でドローンを制御する機能
		GoHome	強制帰還を実行する機能
		異常検知(バッテリー・通信切れ等)	飛行中の機体の異常を検知、回避行動をとる機能

3.4. 監視体制

3.4.1. 要件

操縦者、監視員 2 人以上の 3 人 1 組以上の体制が望ましい。操縦者は見通しがよく、できればルートを中心に位置し左右が目視範囲内であることが望ましい。監視員は UAV の移動に沿って、堤防天端に配置するものとする。監視員は左右でルートを挟むような体制が望ましい。異常があった場合に備え、保安要員は常に離発着場所と無線で交信し、すぐにマニュアル操縦に切り替えられるよう準備しておく。ルートはプロポが通じる範囲内で設定し目安は 2km 程度である。

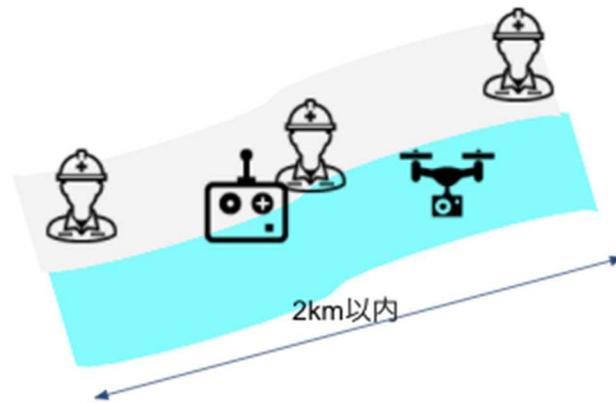


図 3-1 監視体制

3.5. 安全管理

3.5.1. 要件

● 重点管理項目

当該業務の作業条件を考慮して以下の項目を重点管理項目とする。

- 機材運搬車両の現場移動時には適宜周囲に気を配り、交通事故の撲滅に努める。
- 現場責任者と随時工程打ち合わせを行い、安全対策の確認を行う。
- 転倒・足元事故の防止
- 足場の足元の目視点検を確実にを行い、安全に作業を行う。
- 業務中は、ヘルメットを着用する。
- 現場の整理整頓の励行
- 作業員に対し、常に現場の整理整頓に留意して作業に望むように周知

● 運航の継続または中止を判断する基準

- 天候、気象条件が急変した場合
 - 雷雨が聞こえた場合
 - 降雨または降雪の状況があらかじめ定めた基準を超えた場合
※降雨を確認後、直ちに飛行を中止する
 - 風の状況があらかじめ定めた基準を超えた場合 (*1)
※風速 5m/s を超え 10m/s 以下の場合は全体統括責任者の判断により、
 - 風速 10m/s を超えた場合は中止 (*1)
 - その他、霧の発生等 UAV の運航及び監視に影響を及ぼす気象条件が発生した場合
- 有人航空機、別の UAV、凧、鳥類など他の運航体が接近した場合
- 地上の構造物（建物、鉄塔、電線等）に対して接近した場合
- 運航中の機体の部品の一部が損傷し、または落下した場合
- 運航中の機体が異常動作し、または異常音が発生した場合
- バッテリー容量が減少しあらかじめ定めた基準を下回った場合
- GNSS 信号を正常に受信できなくなった場合
- 事故の発生その他緊急に運航を中止する必要性が生じた場合

● 注意喚起用看板

- UAV 飛行時においては、離発着場所にカラーコーン等を配置（図 3-3）し、周囲に注意喚起を促す。

*1：全天候型ドローン（20m/s 弱でも航行可能）のような機体能力もあり、使用するドローンによっては、適切に基準を設定すること

3.5.2. 具体例

現場実証時に使用したチェックリストの例を示す。実際は、各整備局が定めた「無人航空機飛行マニュアル」に従って運用すること。

運航記録簿									
飛行年月日	開始時刻			終了時刻					
無人航空機の名称	<input type="checkbox"/> Matrice600Pro <input type="checkbox"/> Matrice200 <input type="checkbox"/> Matrice210 <input type="checkbox"/> Matrice300RTK <input type="checkbox"/> Inspire <input type="checkbox"/> Inspire2 <input type="checkbox"/> Phantom4Pro <input type="checkbox"/> Phantom4RTK <input type="checkbox"/> Mavic2Pro <input type="checkbox"/> Mavic2ENT <input type="checkbox"/> MavicPro <input type="checkbox"/> MavicAir2 <input type="checkbox"/> その他() 機体識別番号:								
計測状況									
離発着場所				FISS登録	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無				
必要な許可・承認	<input type="checkbox"/> DID <input type="checkbox"/> 30m <input type="checkbox"/> 夜間 <input type="checkbox"/> 目視外 <input type="checkbox"/> 危険物輸送 <input type="checkbox"/> 物件投下 <input type="checkbox"/> 空港 <input type="checkbox"/> 150m <input type="checkbox"/> イベント								
許可・承認書の携帯	<input type="checkbox"/> 有 <input type="checkbox"/> 無	飛行の概要		<input type="checkbox"/> 測量 <input type="checkbox"/> 点検 <input type="checkbox"/> 空撮 <input type="checkbox"/> その他()					
許可・承認書番号	<input type="checkbox"/> nnn号(本社) <input type="checkbox"/> nnn号(xx支社) <input type="checkbox"/> その他()								
周囲の危険	<input type="checkbox"/> 道路 <input type="checkbox"/> 住宅 <input type="checkbox"/> 高速道路 <input type="checkbox"/> 鉄道 <input type="checkbox"/> 高压線、鉄塔 <input type="checkbox"/> 発電設備 <input type="checkbox"/> その他()								
天気	<input type="checkbox"/> 晴 <input type="checkbox"/> 曇 <input type="checkbox"/> 雨 <input type="checkbox"/> 霧 <input type="checkbox"/> 雪	気温		°C	風速		m/s		
運航に従事したもの									
現場班長	操縦者			整備者					
遠隔監視者(任意)	機体監視者			保安員					
飛行前点検									
各機器にねじ等の脱落やゆるみ等はないか	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	有の場合の状況		飛行 <input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可					
発動機やモーターに異音はないか	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	有の場合の状況		飛行 <input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可					
機体(プロペラ、フレーム等)に損傷やゆがみはないか	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	有の場合の状況		飛行 <input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可					
燃料の搭載量又はバッテリーの充電量は十分か	<input type="checkbox"/> 十分 <input type="checkbox"/> 不十分	有の場合の状況		飛行 <input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可					
通信系統、推進系統、電源系統及び自動制御系統は正常に作動するか	<input type="checkbox"/> 正常 <input type="checkbox"/> 異常	有の場合の状況		飛行 <input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可					
フェールセーフ	<input type="checkbox"/> RTH <input type="checkbox"/> ホバリング	RTH設定高度	m	コンパスキャリブレーション IMUキャリブレーション		<input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 要			
飛行中点検 ※地上20mほどで確認									
安定してホバリングできるか	<input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可	不可の場合の状況		続行 <input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可					
異常な動作、および異常音はないか	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	有の場合の状況		続行 <input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可					
GNSSの信号を適切に受信できているか	<input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可	不可の場合の状況		続行 <input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可					
バッテリーの残量の表示	<input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可	不可の場合の状況		続行 <input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可					
モニターに表示される情報が適切か	<input type="checkbox"/> 適切 <input type="checkbox"/> 不適切	不適切の場合の状況		続行 <input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可					
コントローラーの操作に対して正常に動作するか	<input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可	不可の場合の状況		続行 <input type="checkbox"/> 可 <input type="checkbox"/> 不可					
飛行後点検									
機体にゴミ等の付着はないか	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	有の場合の状況		修理 <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 要					
各機器は確実に取り付けられているか(ネジ等の脱落やゆるみ等)	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	有の場合の状況		修理 <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 要					
機体(プロペラ、フレーム)に損傷やゆがみはないか	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	有の場合の状況		修理 <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 要					
各機器の異常な発熱はないか	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	有の場合の状況		修理 <input type="checkbox"/> 不要 <input type="checkbox"/> 要					
公共測量の場合は従属									
測量計画機関	運航方法			<input type="checkbox"/> 自動航行 (<input type="checkbox"/> Terra Inspection <input type="checkbox"/> その他) <input type="checkbox"/> 手動飛行					
使用したバッテリーの識別番号									
事故、異常等の有無	<input type="checkbox"/> 無 <input type="checkbox"/> 有	有の場合の状況							
その他							記録者サイン		

TerraDrone株式会社 2020年7月版 改訂版

図 3-2 チェックリストの例

また、離発着地点での設置例を以下に示す。



図 3-3 離発着場所設置例

第4章 河川巡視計画の策定

4.1. ドローン河川巡視の対象項目の選定

4.1.1. 要件

河川巡視は、河川巡視規定例(平成 23 年 5 月 11 日)の項目によって実施され、河川維持管理データベース (RiMaDIS) に記録される。

ドローンを河川巡視に適用するにあたっては、まず、河川巡視規定例の巡視項目に対して、ドローンの適用が可能かどうかを整理する(全国共通)。次に、適用可能と判定された巡視項目については、変状件数等からドローン河川巡視の効果が高いと考えられる巡視項目の候補を抽出する。変状件数の確認については、RiMaDIS の登録件数(事務所・河川毎)を集計することで効率的に確認できる。

また、ドローンを活用した河川巡視では、把握する目的に応じて撮影するデータの種類が異なるため、目的に応じた撮影計画を立案する必要がある(表 4-1)。

表 4-1 ドローンによる河川巡視目的に応じたデータ種別

目的		必要データ	
異常の確認	ゴミ等の不法投棄 舗装箇所の亀裂	単写真	
	不法な土地改変	単写真	オルソ画像
	構造物の内部状態		温度画像
河岸・水制工等の状態把握			
河川利用の状況把握	単写真		
植生(局所)の状態把握			
河道内の堆積、洗掘、侵食状況等 及び、堤防の形状変化等の確認	単写真		3次元地形 データ
面的な河川空間の状態把握	単写真	オルソ画像	

※「単写真」については、動画による目視確認の適用も可能

4.1.2. 具体例

表 4-2 は、河川巡視規定例の巡視項目に対して、ドローンによる目視確認の可能性を過去の検証や文献から整理したものである。

表 4-2 巡視項目の UAV 適用の可能性

河川巡視規定例(平成23年5月11日事務連絡)より

別表-4 河川巡視項目

項目内容		UAV適用の可能性 ※2	AI適用の可能性 ※3	
(1)河川区域等における違法行為の発見及び報告	①流水の占用関係	a)不法取水	○	
		b)許可期間外の取水	○	
		c)取水施設等の状況	△ (取水量の把握は困難)	
	②土地の占用関係	a)不法占用	○	△ (資材置き場のビニールシート等は可能)
		b)占用状況	○	△ (資材置き場のビニールシート等は可能)
	③河川の産出物の採取に関する状況	a)不法盗掘、不法伐採	○	×
		b)採取位置等	○	×
		c)土砂等の仮置き状況	○	×
		d)汚濁水の排出の有無	○	×
	④工作物の設置状況	a)不法工作物	○	○
		b)工作物の状況	○	○
	⑤土地の形状変更状況	a)不法形状変更	△	△ (裸地等であれば可能)
		b)土地の形状変更の状況	△	△ (裸地等であれば可能)
	⑥竹木の流送やかだの通航状況	* a)不法な竹木流送	(○)	◇
		b)竹木の流送状況	(○)	◇
		c)船またはかだの通航状況	(○)	◇
⑦河川管理上支障をおよぼすおそれのある行為の状況	a)河川の損傷	△	△ (亀裂は可能、不陸、段差、漏水は困難)	
	b)ごみ等の投棄	○	○	
	c)指定区域内の車両乗入れ	○	○	
	d)汚水の排出状況	△ (排出量の把握、臭いの把握は困難)	◇ (汚濁色は、AIで自動検出できる可能性有)	
⑧河川保全区域及び河川予定地における行為の状況	a)不法工作物	○	○	
	b)工作物の状況	○	○	
	c)不法形状変更	△	△ (裸地等であれば可能)	
(2)河川管理施設及び許可工作物の維持管理の状況の把握	①河川管理施設の維持管理状況	a)堤防の状況	△ (不陸、段差、漏水は困難)	△ (亀裂は可能、不陸、段差、漏水は困難)
		b)堰・水門等構造物の状況	△ (不等沈下は困難)	◇
		c)護岸・根固及び水制の状況	△ (裏込め流出、基礎部の洗掘は困難)	×
	②許可工作物の維持管理状況	a)許可工作物の状況	○	◇
	③親水施設等の利用安全性		○	◇
			○	◇
	④車止め、標識、距離標等の保全状況	a)親水施設の状況	○	×
			○	○
	⑤河道の状況	a)河岸の状況	○	○
b)河口閉塞の状況		○	◇ (河口閉塞の状況は、AIで自動検出できる可能性有)	
c)河道内における砂州堆積状況		○	○	
d)樹木群の生育状況		△ (護岸への根の侵入は困難)	○	
(3)河川空間の利用に関する情報収集	①危険行為等の発見	a)危険な利用形態	△	△ (車両の進入は可能)
		b)不審物・不審者の有無	(○)	◇
	* ②河川区域内における駐車や係留の状況	* a)河川区域内の駐車状況	○	○
		* b)係留・水面利用等の状況	○	◇
	* ③河川区域内の利用状況	* a)イベント等の開催状況	(○)	◇
		* b)施設の利用状況	(×)	◇
		* c)河川空間における生産・漁業活動等の状況	(○)	◇
(4)河川の自然環境に関する情報収集	①自然環境の状況把握	a)河川の水質に関する状況	△ (臭いの把握は困難)	◇ (汚濁色は、AIで自動検出できる可能性有)
		* b)河川の水位に関する状況	○	◇ (瀬切れ等の河川の状況は、AIで自動的に把握できる可能性有)
		* c)季節的な自然環境の変化	△ (生物は大きさや生物への影響の考慮が必要)	◇ (植物の状態は、AIで自動的に把握できる可能性有)
	②自然環境へ影響を与える行為	a)自然保護上重要な地域での土地改変等	(○)	◇ (車両は、AIで自動検出できる可能性有)
		* b)自然保護上重要な種の生息・捕獲・採取の状況	△ (動物は大きさや生物への影響の考慮が必要)	◇
	③多自然川づくりの状況		○	◇
④魚道の通水状況		(○)	◇	

※ 「*」印は「必要に応じて実施する巡視項目」

※2 ○：ほぼ適用可能、△：一部適用可能、×：適用不可、括弧 () は検証事例が無いため推測

※3 ○：ほぼ適用可能 (H31-R2革新的河川技術プロジェクト)、△：一部適用可能 (H31-R2革新的河川技術プロジェクト)、

×：現時点での技術では適用が困難 (H31-R2革新的河川技術プロジェクト)、

◇：H31-R2革新的河川技術プロジェクトにおいて未検討・文献等から可能性を記載 (今後、要検討)

留意すべき点として、ドローン河川巡視が可能と整理された項目においても、ドローンを飛行させるために必要な準備時間や巡視員の目の前で確認できる現象など、すべてが効率的になるものではないため、ドローンと人による目視を使い分ける必要がある。このため、ドローンを河川巡視に適当させた場合の強みと弱みを把握することも重要となる（表4-3）。

表 4-3 ドローン河川巡視の強みと弱み

ドローン河川巡視の強み	ドローン河川巡視の弱み
<ul style="list-style-type: none"> ・人の立ち入りが困難な箇所の確認が可能 ・人の立ち入りが危険な箇所の確認が安全に短時間で可能 ・動画や画像で連続的に自動記録が可能 ・毎回同じ位置、角度で自動記録が可能 ・変状等を広域で確認することが可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・雨や強風など気象条件により使用不可 ・巡視開始までに準備時間が必要 ・音や臭いといった視覚以外の情報が得られない ・河川利用者との会話ができない ・ゴミの回収など軽作業ができない

RiMaDISの「分析・評価」機能で管内の巡視項目別の記録数、距離標別記録数などが自動集計できる。以下は、天竜川上流河川事務所、荒川下流河川事務所での巡視記録結果である。集計結果を基に、記録数が多い項目や区間を抽出し、ドローン河川巡視の対象を選定する。

RiMaDISの巡視項目別の記録数について

(参考) 天竜川上流河川事務所での巡視記録集計例

	巡視項目			巡視記録数(天竜川上流河川事務所の例)		
	大項目	中項目	小項目	全体	新規	継続
1	違法行為	土地の占用		71	33	38
2		工作物の設置		46	19	27
3		土地の形状変更		33	12	21
4		支障を及ぼす行為等	河川の損傷	35	24	11
5			ごみ等の投棄	291	242	49
6	維持状況	河道の状況	河岸の状況	60	33	27
7			砂州堆積の状況	162	29	133
8			樹木群の生育状況	40	33	7
9	空間の利用	危険行為等の発見	危険な利用形態	13	6	7

(参考) 荒川下流河川事務所での巡視記録集計例

巡視項目			巡視記録数(荒川下流河川事務所 R2時点)		
大項目	中項目	小項目	全体	新規	継続
1	違法行為	土地の占用	7415	4375	3040
2		工作物の設置	1611	1153	458
3		土地の形状変更	696	166	530
4		支障を及ぼす行為等	1736	792	944
5		ごみ等の投棄	9101	7668	1433
6	維持状況	河道の状況	1285	955	330
7		砂州堆積の状況	148	113	35
8		樹木群の生育状況	310	193	117
9	空間の利用	危険行為等の発見	1987	1057	930

これらの結果から、ドローン河川巡視の対象項目は、下表のような項目が想定される。

	観点	ドローン河川巡視の効果	巡視項目の例
1	記録数が多い	自動検出が可能であれば、巡視記録作成の効率化が期待できる	ごみ等の投棄
2	要監視のため毎回継続記録を作成している	継続記録の自動作成が可能となり、巡視記録作成の効率化が期待できる	不法占用
3	特定の時期に記録が集中する	特定の時期に網羅的に撮影を行うことで、巡視記録作成の効率化および記録漏れの減少が期待できる	砂州堆積状況 (出水後に集中記録)
4	人が立ち入りにくい	空撮画像を利用することで、人では把握できなかった状況を記録できる	河岸の状況
5	人による現地作業が発生しない	なし(ホームレスへの声掛けのように人が現地で対応するものはドローンで代替できない)	ホームレスの状況

4.2. ドローン河川巡視の頻度の設定

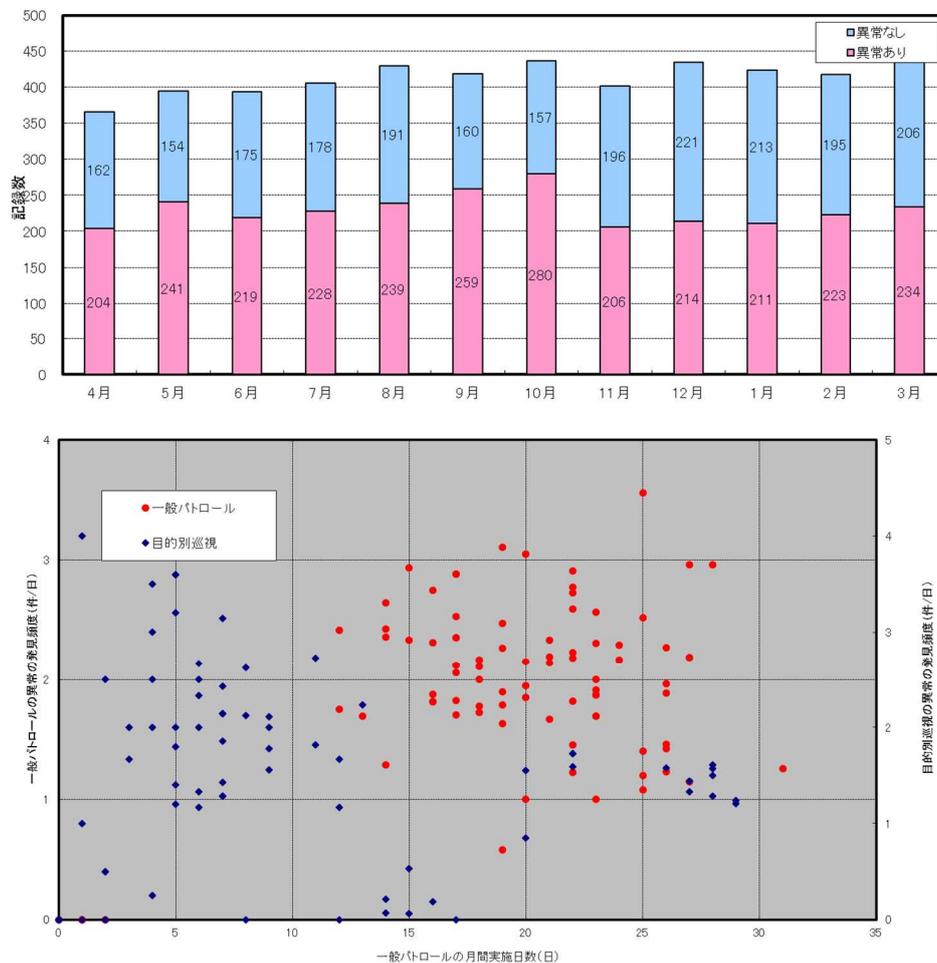
4.2.1. 要件

選定した巡視項目の記録数に基づき、従来の日常巡視の一部をドローン河川巡視に代替し、ドローン河川巡視の実施頻度を設定する。例えば選定した巡視項目の記録数が全体の20%程度であった場合、従来の日常巡視の5回のうち1回をドローンにより実施する。設定したドローン河川巡視の実施頻度に沿い、年間巡視計画・月間巡視計画を策定する。

4.2.2. 具体例

RiMaDISの「分析・評価」機能で管内の巡視項目別の記録数の集計や頻度分析が行える。集計結果を基に、対象とする巡視項目の記録数の全体に対する割合を、ドローン河川巡視の対象を選定する。

(参考) 荒川下流河川事務所での巡視記録数と不法占用の巡視頻度



一般巡視と目的別巡視を合わせるとほぼ毎日実施

1日当たりの不法占用の記録数は平均2~3件、月間60件程度(全体の15%程度)

⇒週1回を不法占用を対象としたドローン河川巡視として巡視計画を策定する

4.3. 河川空間の巡視利用に必要な空域

4.3.1. 要件

河川区域には様々な施設や占有物があり、河川管理者であっても、現行のドローン規則では飛行が禁止される空間や制限される空間が存在する。それらの空間は必要に応じてドローン飛行の事前申請や、巡視ルートから外すことが必要となる。

「航空法」による飛行禁止空域は、国土地理院の地理院地図で確認することが可能である。この他、「重要施設の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律」における指定施設や、対象範囲及びその周辺における強力な磁力、電波を反射する施設や原子力事業所等の重要施設の他、民家等プライベート施設を整理し、撮影範囲を設定する。

さらに、電波障害等による無人航空機の操縦不能を回避するため、鉄塔、架線（高圧線）、送電線、電波塔、Wi-Fi 基地局、大規模工場、大規模鉄骨構造物、強力な磁力、電波を反射する施設からは 30m 以上の離隔距離を確保するように撮影範囲を分割設定する。

同様に、万が一のドローンの落下や構造物への衝突等に伴う通行禁止や損傷等を回避するため、適宜、橋梁からも 30m 以上の離隔距離を確保するように撮影範囲を分割する。

また、将来的に河川上をドローン物流の飛行ルートとして検討されており、今後は他の河川空間利用者との間において空間利用ルールの検討が必要である。そのため、河川管理者としては、例えば、河川構造物（堤防、低水護岸、堰、樋門など）から 50m までの空間はドローン優先飛行空間として設定することが望ましい（50m の根拠については、表 4-4 の地上解像度から一般的なカメラで算出）。

ドローンが安全で効率的な飛行を実現するための地理空間情報の整備も進んでいる。2021 年 9 月に発行された「ISO 23629-7 UAS traffic management (UTM) – Part 7: Data model for spatial data」は、UTM（ドローン運航管理システム）に実装する地理空間情報の構成と項目などのデータモデルを定義した国際標準である。この地理空間情報に含まれるデータ種類や構成、関連する情報が体系的に整理され、以下のような 4 階層構造を持つデータモデルとして定義されている。

- ・地形や土地利用、離着陸エリアなどを示す「地図情報」
- ・ドローンの飛行にとっての障害物となる建物や鉄塔などの「障害物情報」
- ・飛行禁止エリアやドローンの空域を示す「仮想データ」
- ・気象情報や電波情報など時間的に変化する「動的データ」

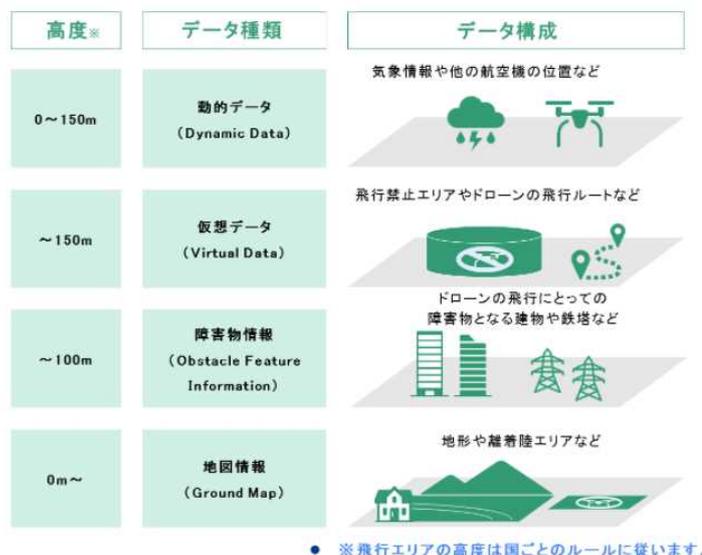


図 4-1 地理空間情報データモデルの概念図

経済産業省 HP より (<https://www.meti.go.jp/press/2021/09/20210930001/20210930001.html>)

4.3.2. 具体例

ドローンの運用に関連する法令には、「航空法」「小型無人機等飛行禁止法」など直接ドローンの飛行範囲や方法を規制する法律のほか、「電波法」のように使用する制御電波の使用条件から関連してくるもの、「民法」の土地所有権に関連する事項のように間接的に上空の飛行に影響を及ぼすものなどがあげられる。法律だけでなく、自治体の条例で自治体の管理する施設や土地の上空の飛行を禁止している場合も多い。さらには、施設(文化財や公園等)もしばしば含まれる)管理者が、管理規定としてドローンの飛行禁止などを織り込んでいる場合も多く見られる。

河川巡視においてドローンを使用できる範囲を整理すると、模式図の平面を図 4-2、側面を図 4-3 に示すように、許可・承認等なしに飛行できる範囲が非常に限られることがわかる

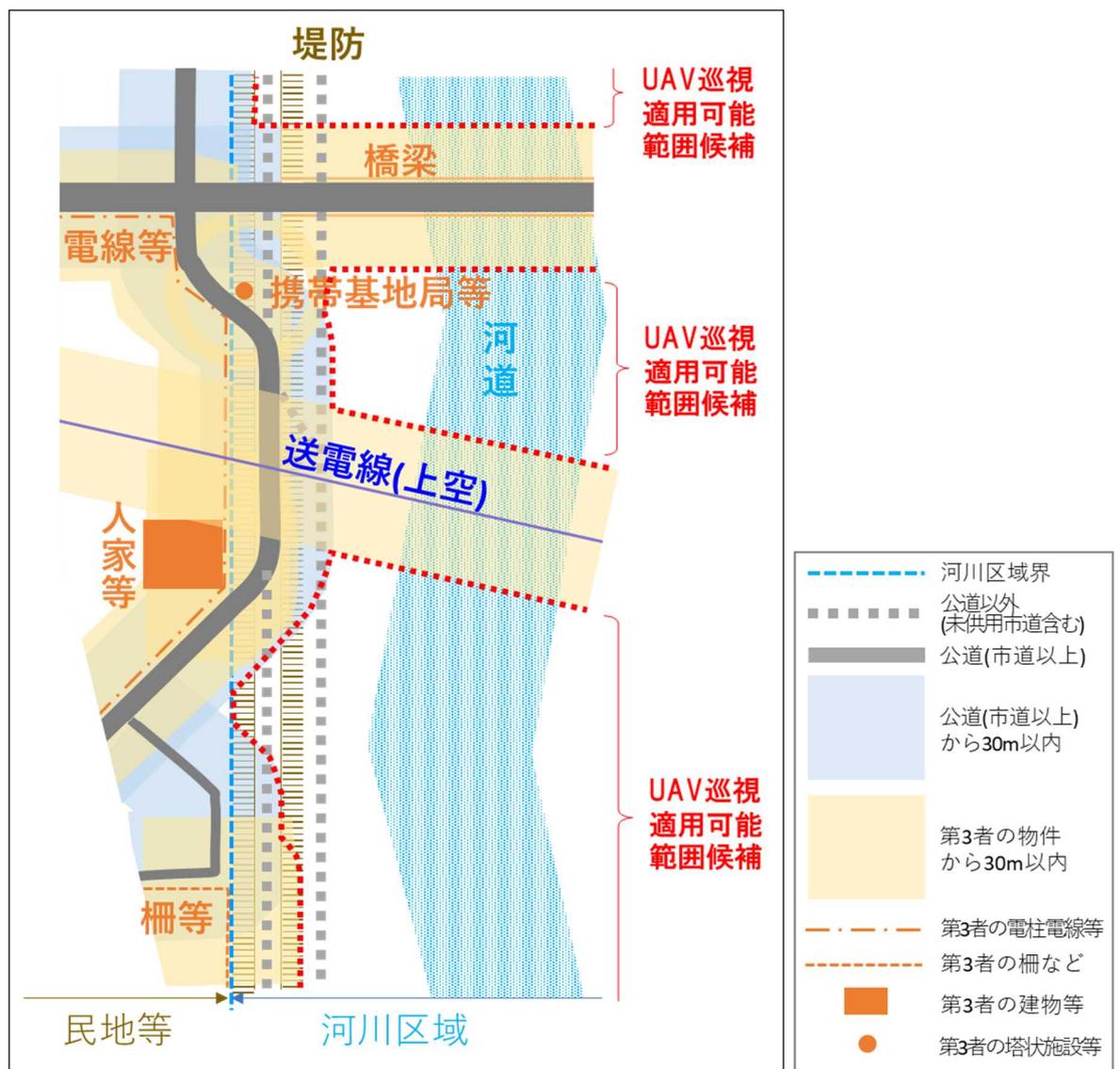


図 4-2 現状における河川区域内の飛行可能空間 (平面図)

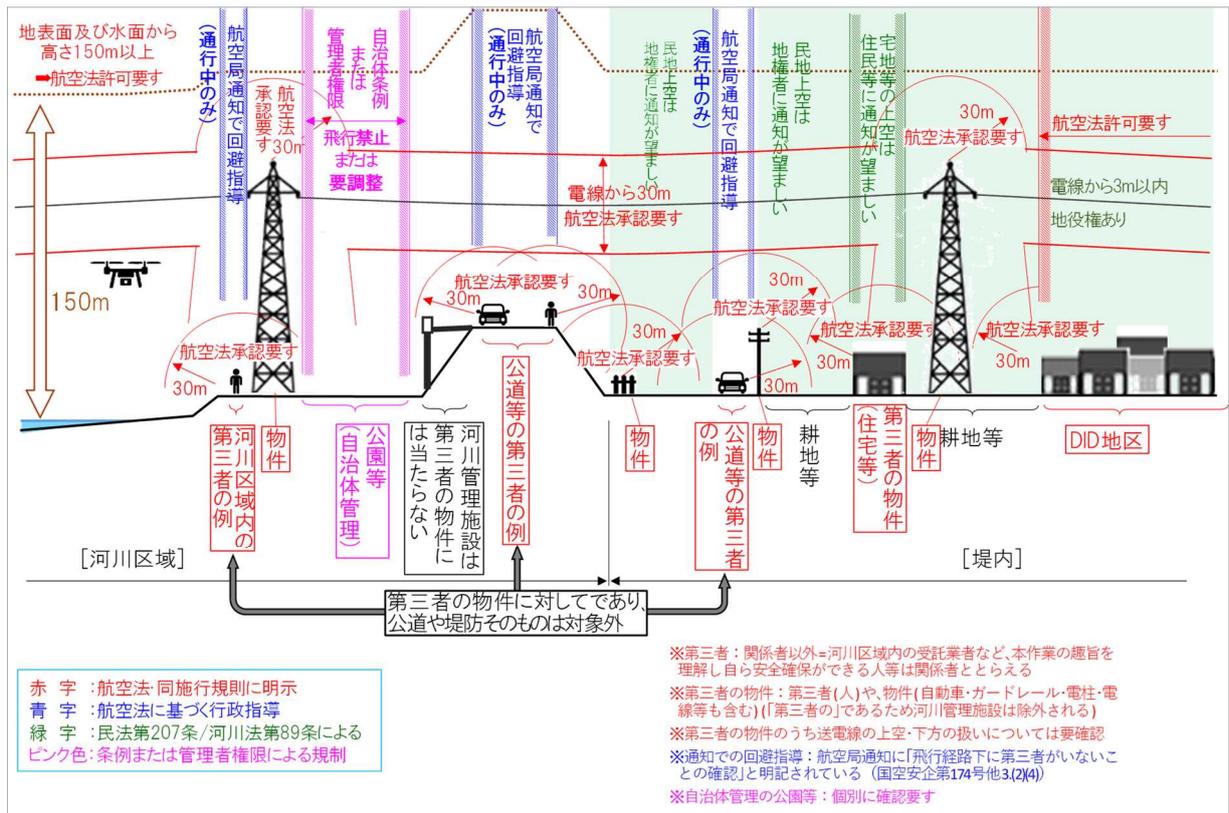


図 4-3 現状における河川区域内の飛行可能空間(側面図)

【堤防】

航空法上、堤防自体は第三者の物件にはあたらない。しかし、堤防上はしばしば兼用道路となっており、道路上を通行する歩行者・自転車・自動車は第三者並びに第三者の物件となる。したがって、原則としてその上空は飛行できず、その周囲 30m 未満に近接するには航空法の承認が必要となる。ただし交通量が少なく、保安員が通過のタイミングを操縦者に適切に伝達することで、第三者の上空を避けられ、第三者や第三者の物件から十分離隔を確保して飛行できる場合は問題はない。一方、車の交通量が多い場合は、近接に加え上空横断も困難である(30m 以上の離隔が必要)。

【河川管理施設】

航空法上、樋門樋管の操作室や量水標などの河川管理施設は、河川管理者の物件であるため、「第三者」の物件にはあたらないと判断する。

【高水敷の公園等】

沿川自治体が占用し管理する公園は、自治体の条例や河川管理者と公園管理者の申し合わせ等により、その上空のドローンの飛行は禁止とされている場合がある。

【河川区域内の第三者など】

釣り人や散歩する人などは第三者であり、その周囲 30m 未満への近接は承認が必要となる。駐車している第三者の自動車も対象である。

【橋梁や送電線】

橋梁や送電線・鉄塔は、航空法上第三者の物件となるためその周囲 30m 未満への近接は承認が必要である。また、橋梁は通行する第三者も考慮する必要があり、交通量が少なく保安員で対応できる場合を除き、離隔が確保できない場合は、上空の横断も困難と考えられる。一方、送電線は上空の横断や下方の潜り抜けは、30m 以上の離隔を保てば可能であるが、送電線は非常に目視しにくく、距離や高さを見誤る危険性が高い。このため、送電線の上空横断や潜り抜けをする場合は、横断時に十分な離隔を保てること、横断した先もその高度を維持したまま飛行させることが安全確保上必要と考えられる。

河川上空に関して、現在は特に規制等もなく、都市部でも人家がないため、物流ドローンの飛行ルートなどが検討されている。そのため、目視外長距離ドローンの運用までに河川空間の利用についても他機関と調整しておく必要がある。

例えば、図 4-4 の例のように、堤防や高水敷の上空は物流ドローンの飛行を禁止（一時的な横断を除く）とし、低水路上空をドローン飛行空間とする。さらに、高度 50m 以下は、河川巡視によるドローン飛行空間とし、離着陸以外は河川管理者のドローン以外は、飛行禁止とする。流通分野など河川管理者以外のドローンは、低水路上空の 50m 以上 150m 以下の空間を飛行空間とし、この空間は河川管理者の点検時も飛行できる空間として定義する。

このように、第三者の安全確保と、河川管理者の利用、河川管理者以外の利用を念頭に、今後は空間利用ルール（飛行空間）について検討が必要となる。

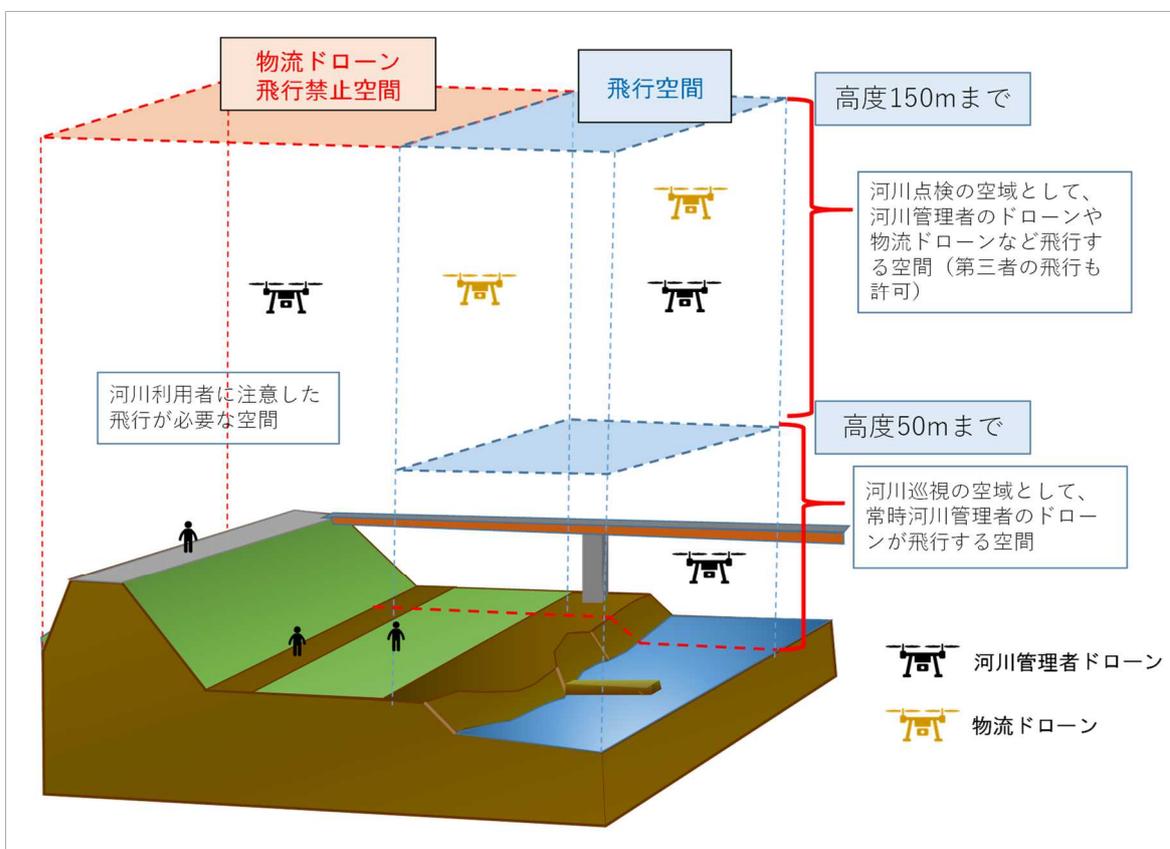


図 4-4 河川区域内のドローンの空間利用の一例

4.4. ドローン巡視の対地高度

4.4.1. 要件

撮影した画像の詳細さで確認できる内容も異なる。

対地高度が高くなるほど、一枚あたりの投影面積が広大になるため効率的に河川情報を取得できる。しかし、地上解像度は、対地高度と反比例の関係であり、対地高度が高くなるほど地上解像度が低下するため、両者を考慮して対地高度を設定する。なお、対地高度に対しての地上解像度値は、カメラ毎に異なる。

また、ドローンの飛行は騒音を発生させるため、周辺住民の生活環境及び河川利用者の利用環境への騒音の影響を考慮し、対地高度を設定する。

さらに、対地高度を上げて河川区域外が多く写る場合、沿川住民等に不信や誤解を招く可能性があるため、対地高度の設定と合わせて、河川区域外の撮影は最小限となるよう留意する。



図 4-5 撮影図郭の例

(ドローン搭載カメラ：ゼンミュージック x4s：35 mm換算 24 mm、視野角 84° の場合)

4.4.2. 具体例

(1) 地上解像度

地上解像度別の視認及びAIによる異常自動抽出の目安を参考に、必要な地上解像度を設定する。

表 4-4 河川巡視項目に応じた画像及びAI自動抽出の適用性（現場実証からの目安）

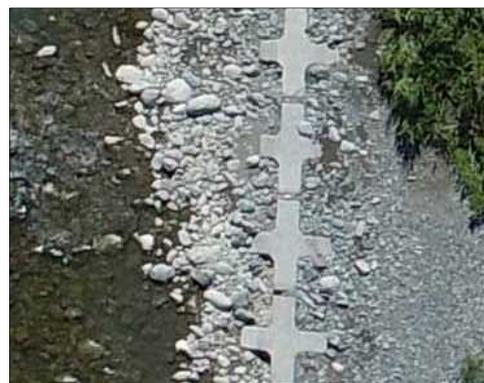
大分類	小分類	地上解像度		
		約 2cm	約 3cm	約 4cm
違法行為	不法占用	◇	◇	◇
	不法盗掘、不法伐採、土砂等仮置き、汚濁水排出等	◇	◇	◇
	不法形状変更、土地の形状変更	◇	◇	◇
	不法工作物	◎	◎	▽
	河川損傷、ゴミ等投棄、車両乗入れ等	◎	◎	▽
構造物の状態	堤防の損傷(亀裂)	◎	◎	▽
	堤防の損傷(不陸、わだち、法面変状等)	◇	◇	◇
	水際の構造物(護岸、根固め、水制等)	◇	◇	◇
	河道状況(河岸、砂州、樹木群等)	◇	◇	◇
	車止め、標識、距離標等	◇	◇	◇
空間利用	危険行為	◇	◇	◇

◎：視認可能でありAIによる自動抽出に適用 ▽：視認可能だが、AIによる自動抽出に不適（抽出精度が劣る）

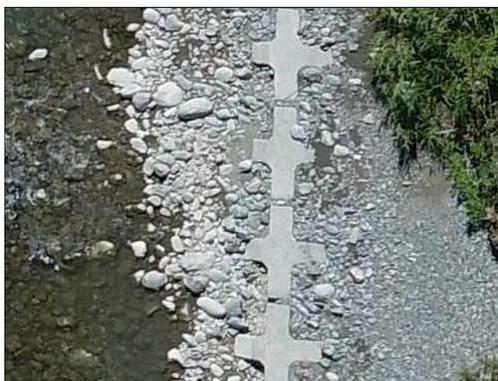
◇：視認可能だが、AIによる自動抽出に不適（人工物でないため教師データ作成が困難）



地上解像度：約 3cm（対地高度約 110m）



地上解像度：約 2.5cm（対地高度約 90m）



地上解像度：約 2cm（対地高度約 70m）



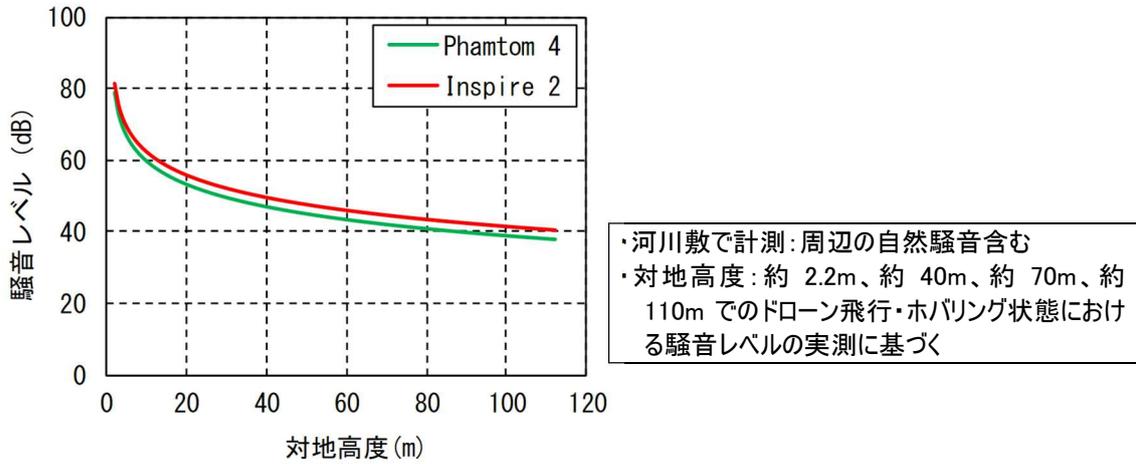
地上解像度：約 1.5cm（対地高度約 50m）

（ドローン搭載カメラ：ゼンミュージック x4s：35mm換算 24mm、視野角 84° の場合）

図 4-6 地上解像度の違いによる撮影画像の例

(2) 環境配慮事項（ドローン機体による騒音）

家屋周辺や住民及び河川利用者がいる環境においてドローンを飛行させる場合、騒音レベルが 50dB 以下※となる対地高度約 40m 以上での飛行を目安とする。



※戸建住宅地の騒音の目安（「騒音の目安」作成調査結果について、2009、全国環境研協議会騒音小委員会）

図 4-7 距離減衰予測式による対地高度と騒音レベルの関係

具体的な対地高度を示すことができないが、鳥類の営巣箇所など生物環境への配慮も必要となる。このような場所では飛行禁止も含め検討が必要となる。

4.5. ドローン河川巡視のルートの設定

4.5.1. 要件

対象とする巡視項目に応じたドローン河川巡視のルートを設定する。

飛行ルートは、撮影範囲、対地高度、撮影アングル（俯角）、ラップ率等の諸条件の設定（入力）により、一般的な飛行アプリケーションにて自動作成される。

前項までに示した撮影範囲や対地高度に加え、撮影条件や目的に応じた撮影アングル、ラップ率、離発着場所を設定する。

なお、自動作成された飛行ルートプランについて、万が一のドローンの落下に備え、堤内地や、利用者が多い堤防天端・法尻道路等からの離隔は十分確保されているかを確認する。また、実測時の風の状況によって、飛行ルート及びドローン機体向き等が変動することを考慮し、撮影対象が撮影範囲の端部に寄りすぎないように調整する。

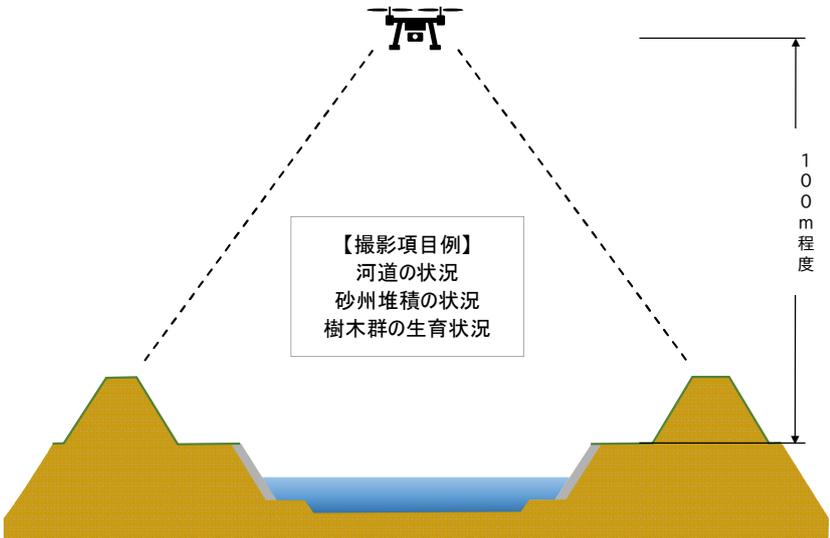
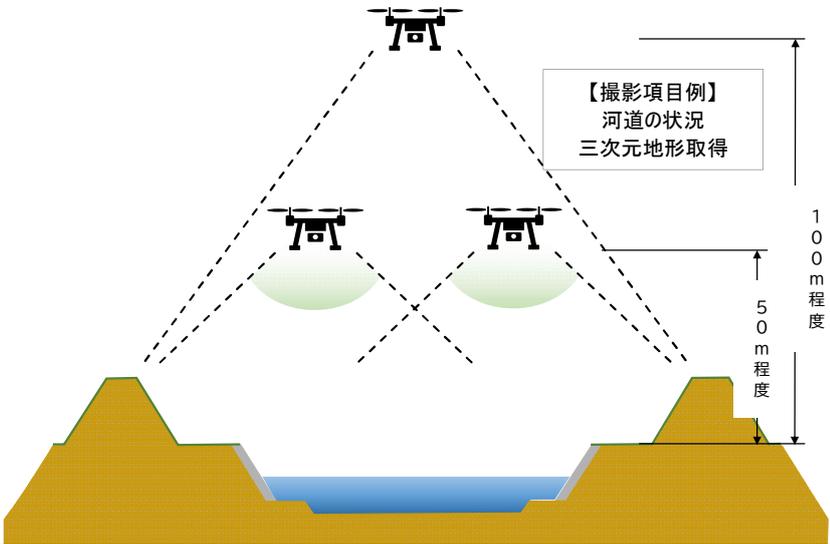
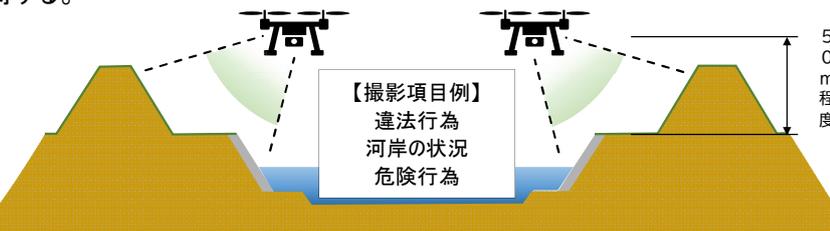
データ解析手法	フライト種別	概要
異常箇所の確認	巡視フライト	<p>日常巡視（一般巡視・目的別巡視）において、比較的高い高度から進行方向の斜め写真を撮影し河川区域全体を網羅的に撮影する。</p>  <p>【撮影項目例】 河道の状況 砂州堆積の状況 樹木群の生育状況</p>
変化領域の抽出	空撮フライト	<p>巡視計画策定時（年度初め）や出水後などの節目で、河川全体を網羅的に撮影する。比較的高い高度から垂直写真を撮影し、巡視フライトの作成や河道の状況把握のための、河川全体の三次元地形を取得する。</p>  <p>【撮影項目例】 河道の状況 三次元地形取得</p>
異常箇所の検出	巡視フライト	<p>日常巡視（一般巡視・目的別巡視）において、堤防・護岸・構造物周辺を重点的に撮影する。比較的低い高度で斜め写真を撮影し、巡視項目を自動検出するための画像を取得する。</p>  <p>【撮影項目例】 違法行為 河岸の状況 危険行為</p>

図 4-8 データ解析手法とフライト種別の対応

4.5.2. 具体例

- RiMaDIS の地図画面により対象とする巡視項目の既存記録の分布を把握する。

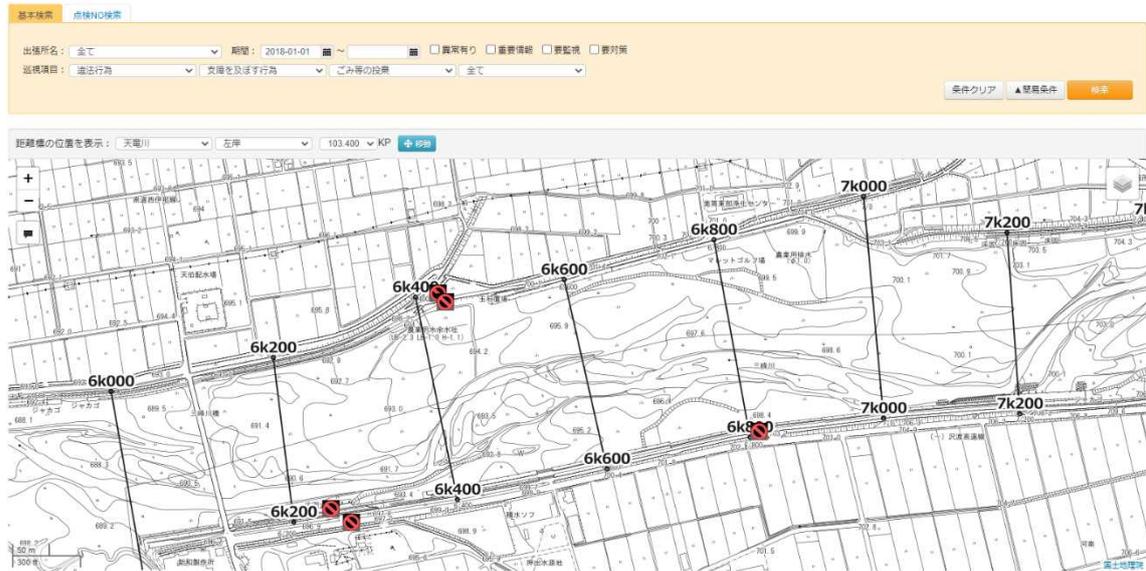


図 4-9 RiMaDIS での巡視記録確認例

- 河川管理基図などの平面図と既存記録の位置を参考に、河川巡視の撮影対象範囲を設定する（高水敷全体、表法面、など）。
- 対象とする巡視項目の地上分解能や教師データ作成・自動検出に必要な撮影方法を検討する。
- 撮影高度やカメラ角度を決定し、撮影対象をカバーするルートを設定する。（堤防天端の道路から離隔 30m など）

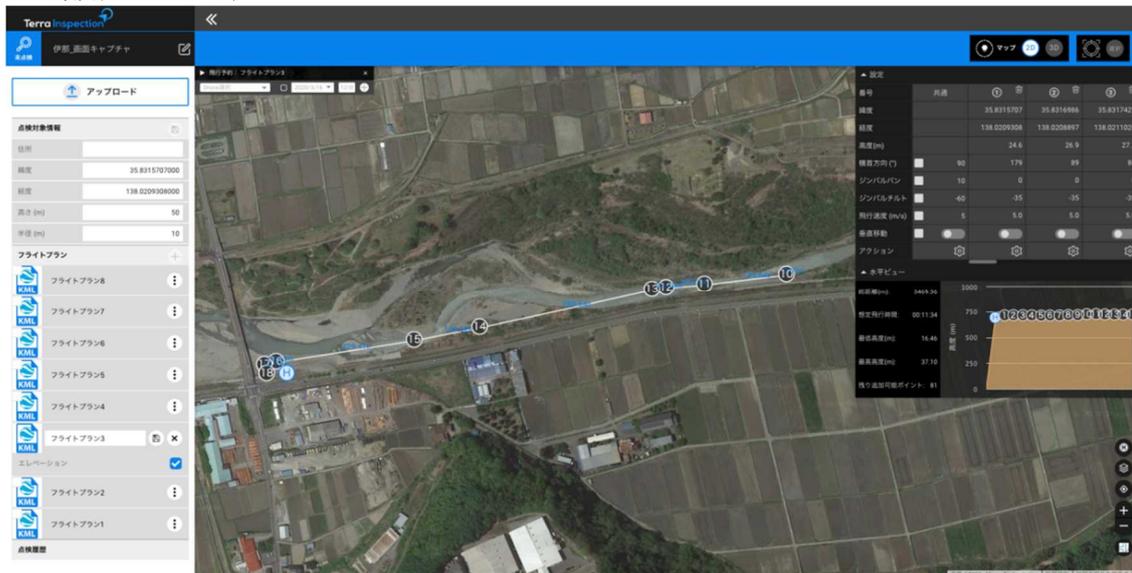


図 4-10 ルート設定の例

(1) 撮影アングル（俯角）

橋梁や高圧線下、また繁茂した樹林下の状態監視には、斜め写真での撮影が有効である。

SfM 解析を通じての三次元地形データの作成は、斜め写真での生成も可能である。

斜め写真撮影する場合、特に河川区域外（堤内地）の住宅地にカメラの撮影アングルを向けないこと、室内等が映り込まないようにすることとする。

◆河岸（護岸、水制）、樹木群、砂州

45度	60度
75度	90度 (垂直)



◆橋梁下部

45度	60度
75度	



図 4-11 撮影アングルの違いによる画像の例

◆河岸（護岸、水制）、樹木群、不法構造物等



図 4-12 撮影アングルの違いによる画像の例

(2) 撮影画像のラップ率

オルソ画像を作成する場合、オーバーラップ率は60%以上、サイドラップ率は30%以上とする。

単写真のみを活用する場合、実測時の風の状況による機体向き等の変動を考慮し、オーバーラップ率及びサイドラップ率は30%以上とする。

(3) 離発着場所

上空が開けた水平な場所に設定する。斜面近傍はGNSS 捕捉数が低下し、ドローンが異常飛行もしくは落下する可能性が高くなるため回避する。また、ドローンが不時着した場合の基盤ショート・発火等の可能性があるため、水辺や湿った植物等の周辺は回避する。

見上げ45度以上に樹木や電線等の障害物がない場所とする。

4.6. 飛行時間帯（撮影時間帯）

4.6.1. 要件

ドローン撮影の時間帯は、航空法に基づき、原則日中（日の出から日没まで）とする。
 また、可視光カメラでの撮影は、必要に応じて、太陽によってできる橋梁や植生等の影の長さが短くなる時間帯・太陽高度（南中時刻前後）を考慮し、撮影時間帯を設定する。
 影やハレーションなどにより AI による画像判読が困難になることもあり、撮影方向と太陽の位置関係は事前に把握する必要がある。
 また、バッテリーは気温低下時の消耗が著しいため、冬季や寒冷地における飛行では、飛行時間を他の季節等より短時間とする。
 日の出・日没及び南中時刻は、国立天文台のホームページ※で確認できる。

※<https://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/>

4.6.2. 撮影時のカメラ調整

当日の天候状況に準じて、実測前に現地にてテストフライトを実施し機体の安全性を確認するとともに、AI データ解析に有効となるように、撮影画像の明るさに影響を与える ISO 感度、シャッタースピード (SS)、F 値 (絞り値) を調整する。
 機体の安全性として、離陸・ホバリング時の状態確認、機体の異常な揺れの有無、GNSS 取得状況等を確認する。
 ISO 感度の設定値として、100~200 を目安とする。

表 4-5 撮影画像の明るさを変化させる要素

F 値(絞り値)	シャッタースピード(SS)	ISO 感度
<p>レンズから入ってくる光量</p> <p>焦点範囲の広さ または 明るさ</p> <p>多い 絞り値小</p> <p>少ない 絞り値大</p> <p>背景のボケ</p> <p>ボケる ←→ くっきり</p> <p>明るい ←→ 明るさ → 暗い</p> <p>F 値が大きいと焦点距離が長くなり、背景がボケなくなる。</p>	<p>光の通過時間</p> <p>ブレにくさ または 明るさ</p> <p>遅い</p> <p>早い</p> <p>ブレ</p> <p>ぶれる ←→ ぶれない</p> <p>明るい ←→ 明るさ → 暗い</p> <p>シャッタースピード: カメラが光を取り込む時間</p>	<p>光量の増幅</p> <p>キメの細かさ または 明るさ</p> <p>高い(大)</p> <p>低い(小)</p> <p>キメの細かさ</p> <p>荒い ←→ きめ細かい</p> <p>明るい ←→ 明るさ → 暗い</p> <p>ISO: カメラが光を捉える能力。ISO を上げれば明るい写真を撮ることができる。</p>

◆ ISO 感度、シャッタースピード (SS)、F 値 (絞り値) の設定値別の撮影画像



ISO : 100、SS : 1000、F 値 : 5.6



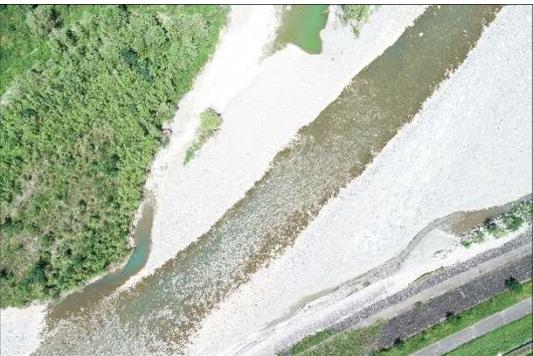
ISO : 100、SS : 1600、F 値 : 5.6



ISO : 200、SS : 1000、F 値 : 3.5



ISO : 200、SS : 1000、F 値 : 5.6



ISO : 400、SS : 1000、F 値 : 5.6



ISO : 400、SS : 1600、F 値 : 5.6

(撮影日 : 令和 2 年 8 月 14 日)

図 4-13 ISO 感度、シャッタースピード (SS)、F 値 (絞り値) の設定値別の撮影画像の例

4.6.3. 具体例



図 4-14 撮影時期・時間の違いによる撮影画像の例

第5章 ドローン河川巡視の実施

5.1. ドローン河川巡視の概要

河川区域における異常・変状の確認手法として、撮影写真や動画等での目視による異常・変状確認や、三次元地形データ作成による変状把握があり、各手法の特徴を踏まえ、最適な手法により異常・変状を把握する。

本手引き（案）では、ドローン河川巡視を「従来巡視の補助」、「ドローン目視確認巡視」、「ドローンAI巡視」の3種類に分類した。従来の河川巡視の補助は、従来の現地での目視確認に代替する手段として、ドローンを飛ばして、リアルタイムに異常・変状把握を行う方法である。ドローン目視確認巡視は、ドローンで撮影された画像を加工処理して、オルソ作成、三次元データ作成等の作成を行い、変状を把握する。ドローンAI巡視は、撮影された画像からAIによる自動抽出で異常・変状を確認する。

河川巡視項目の対象は、人工物と自然物、河川利用に大別できる。この中で、人工物の異常・変状についてはAIに必要な教師データの作成が比較的可能であるが、自然物や河川利用については、河川や場所により質が異なり、教師データの作成が困難なものが多い（例えば、河岸浸食・洗掘、違法採掘、違法伐採、水質汚濁、危険行為等）。ドローンAI巡視の適用に関しては、教師データの作成について留意する必要がある。

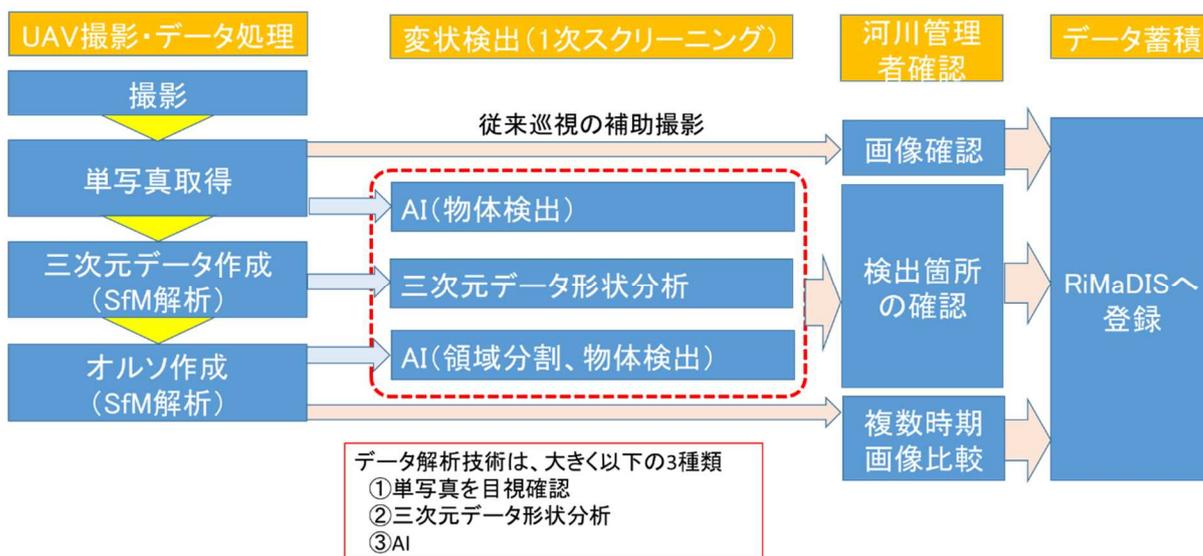


図 5-1 データ解析に着目したドローン河川巡視の概要

5.2. 従来巡視の補助

5.2.1. 異常・変化の確認方法

従来巡視の補助としてドローンを活用するにあたっては、河川管理者による目視確認を基本とする。目視による変状の確認方法としては、ドローンで撮影して送信されてくる画像をリアルタイムで確認する方法と、画像をデータに保存して後から確認する方法がある。

現地においてリアルタイムに確認する場合は、撮影担当者がタブレット画面（または別接続したモニタ等）から異常や変状を確認する。現地で確認できる異常や変状は、画面サイズに影響することから比較的規模の大きな異常や変状を確認する。



図 5-2 現地における変状の確認方法

データ保存した画像から確認する場合は、室内において大きめのパソコン画面で行い、必要に応じて画像を拡大して確認する。この確認方法の場合、より詳細な画像が撮影できる静止画撮影が有効である。動画の場合は、一部箇所を拡大しながら再生が可能なソフトウェアを用いる必要がある。

表 5-1 ドローン河川巡視の目視による確認方法

確認のタイミング	現場	室内(事務所など)
撮影時の確認 (リアルタイム)	撮影者が操作用モニタで確認	画像送信技術を活用して、事務所にいる担当者がパソコン画面で確認(*)
撮影後の確認 (タイムシフト)	河川巡視者が記憶媒体のデータを操作用モニタ、またはノートPC等で確認	担当者が記憶媒体のデータをパソコン画面で確認

5.2.2. 従来巡視の補助としての活用例

従来巡視の補助としてドローンの活用が期待できる事例を以下に示す。

(1) 低水護岸

低水護岸については、既存の船上巡視や徒歩の巡視点検で変状の検出が困難な場合も多く、ドローンの活用により異常等の見逃し低減が期待できる。

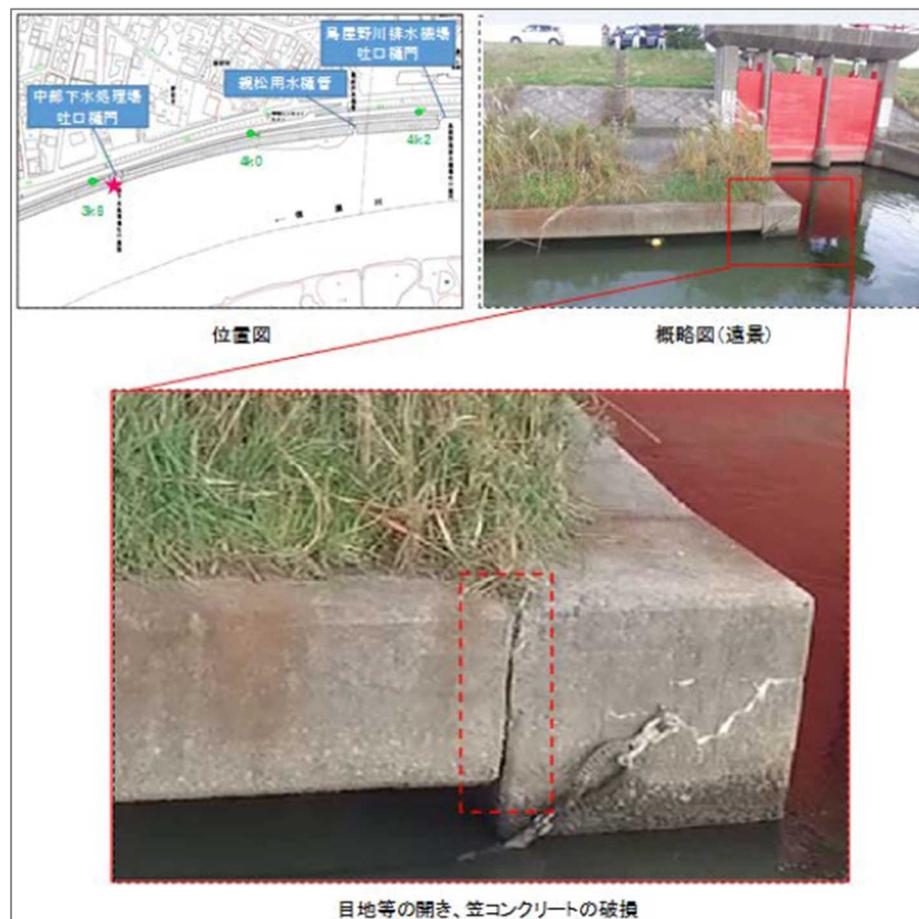


図 5-3 ドローンによる目地等の開き、笠コンクリートの破損の把握

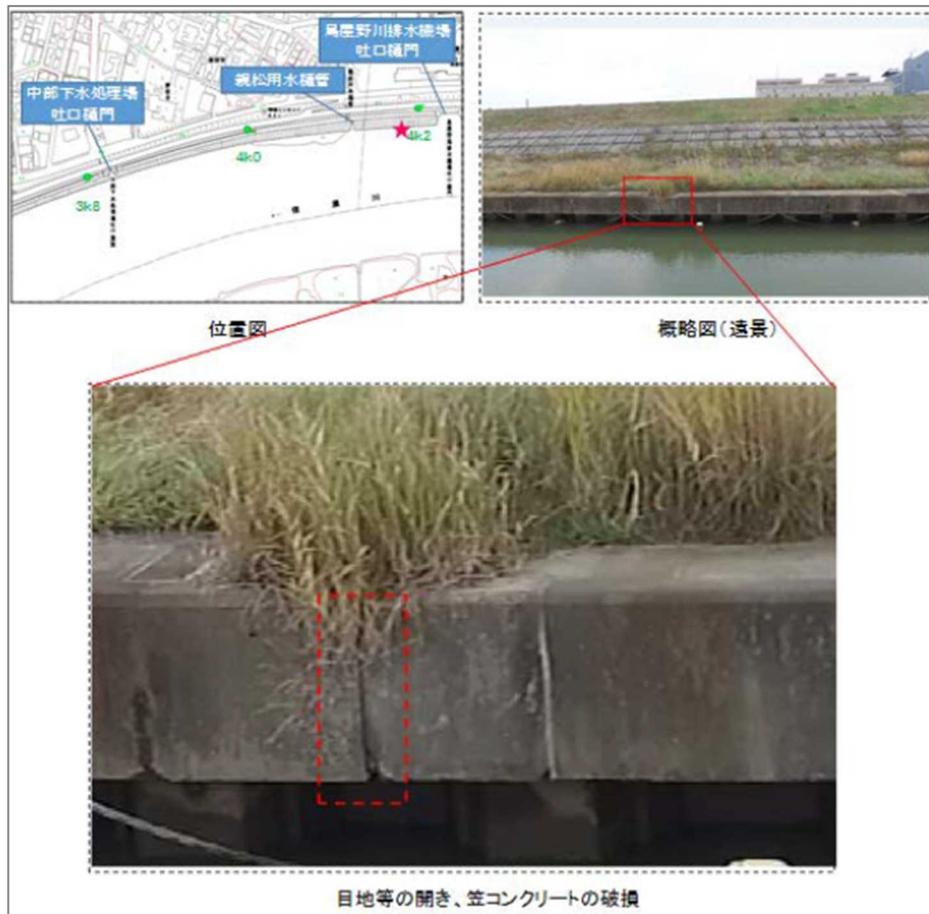


図 5-4 ドローンによる目地等の開き、笠コンクリートの破損の把握

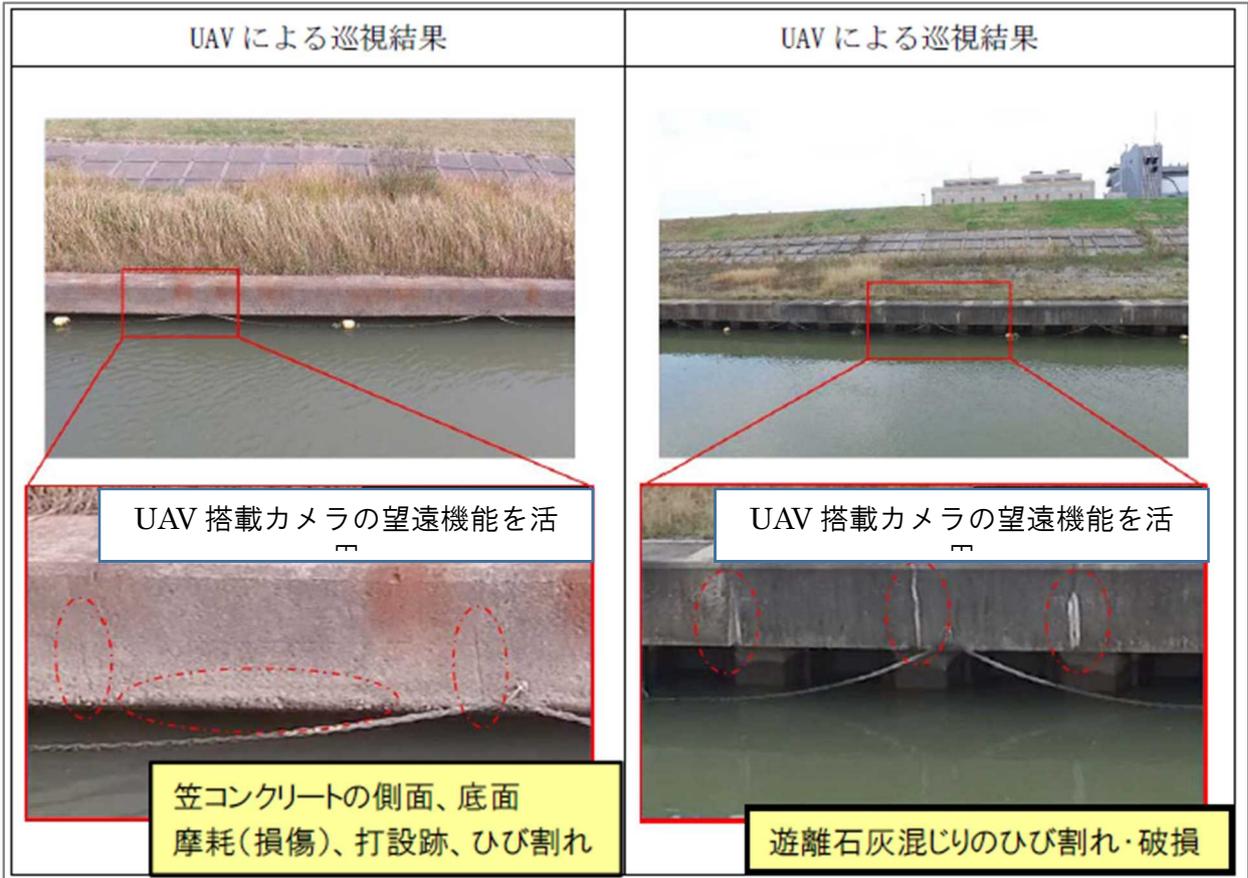


図 5-5 ドローンによる笠コンクリートの状態把握

(2) 樋門等構造物

樋門等の構造物においても、陸上から確認が難しい河川側の確認や高所の確認にドローンを使った巡視が有効である。

以下は、胸壁の背面（取付護岸）に侵入した樹木について、ドローンで撮影した画像から、胸壁 背面（取付護岸）に侵入した立ち木を把握した例である。低水護岸部分の巡視と併せて実施することで効率化が期待できる。

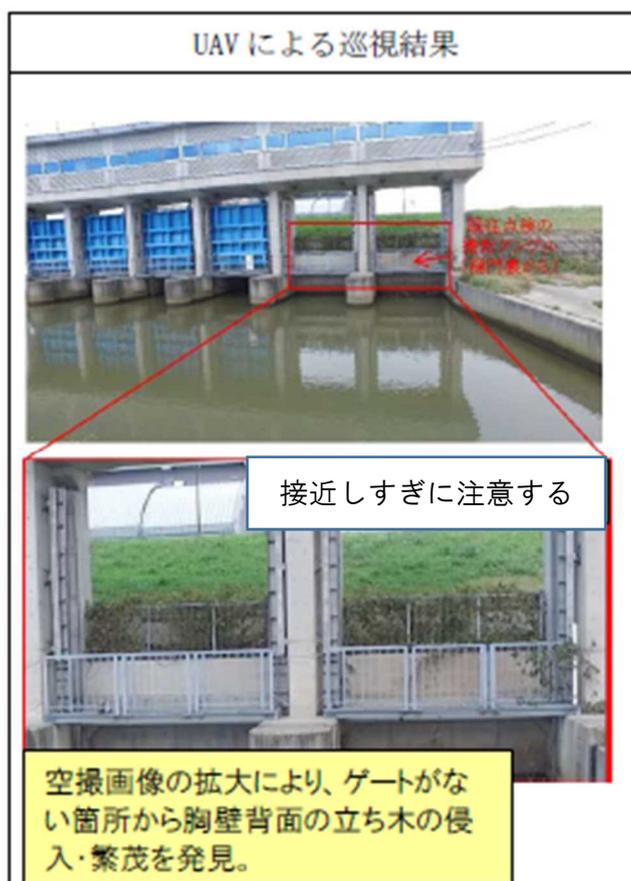


図 5-6 ドローンによる胸壁背面の状態把握

ゲート操作台や門柱など高い箇所や、中間の門柱や胸壁の部分など水面に面していて徒歩では行きづらく、船では近寄りづらい箇所の状態監視にも有効性が期待できる。

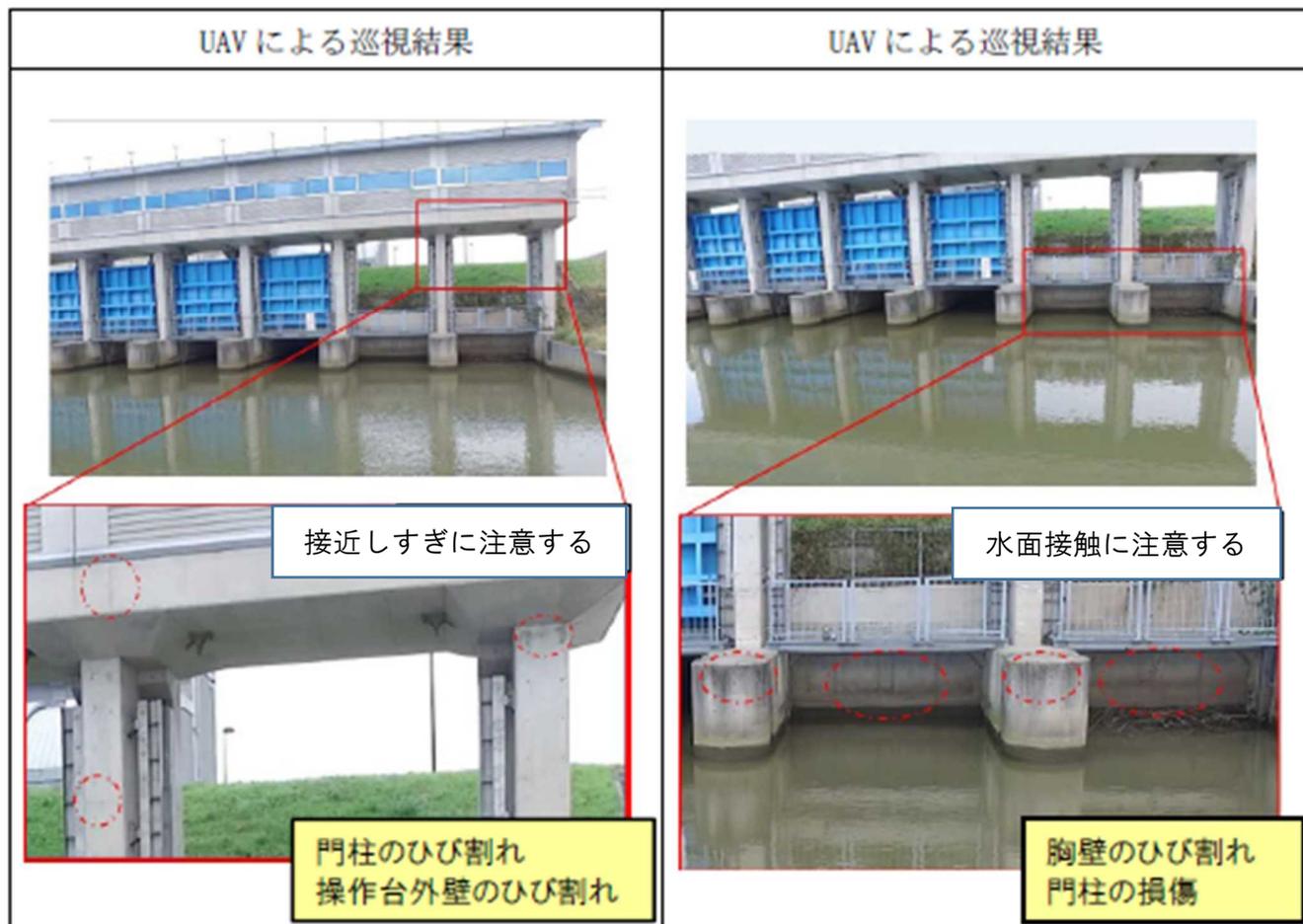


図 5-7 ドローンによる門柱、操作台外壁、胸壁の状態把握

(3) 河道状況（河口砂州）

広範囲にわたる状況を把握するには、人間の目線からの情報では限界がある。河道内の樹木の繁茂や河口の砂洲の状況などは、鳥瞰的な視点からの確認が必要となり、ドローンを使った巡視が有効である。

図 5-8 は河口砂洲の状況を地上から撮影した画像、図 5-9 は同じ場所をドローンから撮影した画像である。ドローンから撮影した画像は、地上から撮影した画像に比べて、砂洲の全体形状や堆積状況、流路の変化などを把握しやすい。



図 5-8 地上から撮影した河口砂洲の状況



図 5-9 ドローンから撮影した河口砂洲の状況

5.2.3. 従来巡視の補助として活用する上での留意点

ドローンを従来巡視の補助として使用する場合、4.4で述べた解像度には十分な配慮が必要である。これ以外にも、自動航行により毎回同じ角度で撮影する場合、撮影時間や撮影時期に留意する必要がある。太陽の位置や角度により、水面反射や日影部で撮影画像のコントラストがあまりない場合など、ドローン撮影画像から状態監視を行うことが困難になるため、計画段階で注意する必要がある。



図 5-10 水面で太陽光が反射した場合の撮影画像（右写真）



図 5-11 対象箇所が日影になった場合の撮影画像（右写真）

5.3. ドローン目視確認巡視

5.3.1. 異常・変換の確認方法

ドローン目視確認巡視では、撮影した画像に対して SfM 解析等の処理により三次元標高データ (DSM)、オルソ画像等を作成し、過去の情報と目視で比較することによって異常有無の確認を行う (表 5-2)。

表 5-2 ドローン目視確認巡視の方法

使用する情報	確認方法
単写真	過去の写真を並べて、変化した箇所を確認
SfM による標高情報	過去の標高情報との差分を分析し、変化箇所をオルソ画像で確認
オルソ画像	過去の画像と重ね合わせて、変化した領域を確認

5.3.2. 画像目視による二時期の異常・変化の確認

異なる時期の同一コースで撮影された二時期の単写真の比較から異常・変状を目視確認する。

飛行計画に基づき、一定のコース、高度、角度で撮影された単写真は概ね同じ画角となるため、それらを目視で比較することで、自然物や河川利用の変化が把握できる。

河川巡視を推進するためのツールとして、二時期の写真を容易に閲覧できるツールの活用を推奨する。

以下に一般的な概要を示す。

[閲覧ツールの特徴]

- ・ドローンで取得した位置座標付き画像（単写真）をアップロードするだけで、自動的に国土地理院地図上に撮影位置のマッピングが可能。
- ・飛行計画に基づき一定量取得された画像を、フォルダのままアップロード可能であり、飛行結果ごとの比較が容易。
- ・撮影位置、ファイル名、画像が同一画面で閲覧でき、情報管理、情報共有が容易。
- ・表示画像は、拡大・縮小、回転・反転が可能で、用途に応じて活用の幅が広い。
- ・Web システムで特殊なアプリケーションのインストールを不要とし、インターネットを活用した情報共有も可能。
- ・比較した画像上にマークやコメント（画像単位にテキストの保存も可）を書き加えられる機能。

異なる二時期の同一箇所を自動で表示させ、確認者が目視にて変化箇所や異常箇所を確認する。

閲覧ツールのイメージ画面を以下に示す。

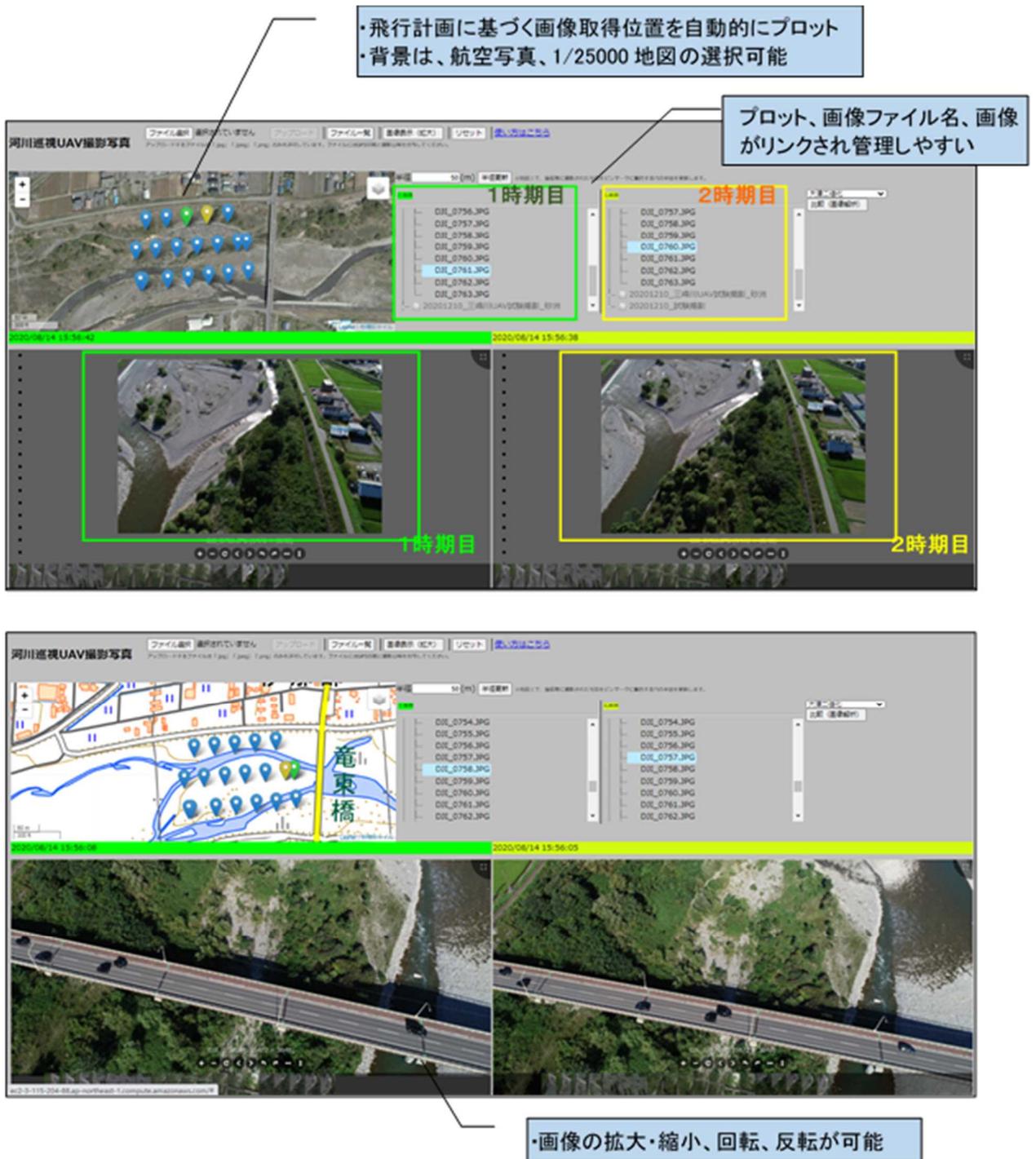


図 5-12 二時期の写真閲覧ツールのイメージ

5.3.3. 三次元地形データを活用した異常・変化の確認

SfM 解析ソフトを用いて、ドローン撮影で得られた画像から三次元地形データ及びオルソ画像を作成し、単写真では把握が困難な広域の地形や樹木・植生等の異常、変化を把握することができる。

位置・高さについて、高精度を確保するためには、ドローン撮影時に調整用基準点の設置・計測を実施する必要がある。そのため巡視用のドローン飛行とは異なる計画が必要となる。

ドローン撮影画像から得られる三次元点群データは、地表面だけでなく樹木等の植生も含まれた数値表層モデル (DSM : Digital Surface Model) である。

地表面以外のデータを取り除く作業 (フィルタリング処理) により、地表面高さの数値標高モデル (DEM : Digital Elevation Model) が得られる (このフィルタリング処理の対象項目は「作業規定の準則 (平成 28 年 3 月 31 日一部改正)」を参照すること)。

DSM の標高値と DEM の標高値の差分により、樹木の高さを求めることができ、河道内樹木の監視に活用できる。

ただし、オルソ画像から作成する三次元点群データは、技術的に被写体の高さであり、地表面をとらえている可能性が低いため、地表面の高さを必要とする場合は、カメラによる画像撮影ではなく、レーザー計測できる機材をドローンに搭載し直接三次元点群データを計測するほうが望ましい。

また、公共測量の位置精度および高さ精度を確保したオルソ画像を作成する場合は、「UAV を用いた公共測量マニュアル (案) (平成 28 年 3 月、平成 29 年 3 月改正、国土交通省国土地理院)」を参照すること。

一時期の三次元地形データだけでは有効な情報を得ることが難しいため、同条件で作成した異なる時期の三次元地形データを利用して、その差分を求めることで河道内の砂州の変化や流路の変化、樹木の成長、伐採状況などを把握することができる。また、出水前後の河道の変化、被災規模の把握、高水敷の土地の改変等の把握にも有効である。

二時期の三次元地形データの差分を求めた事例を以下に示す。

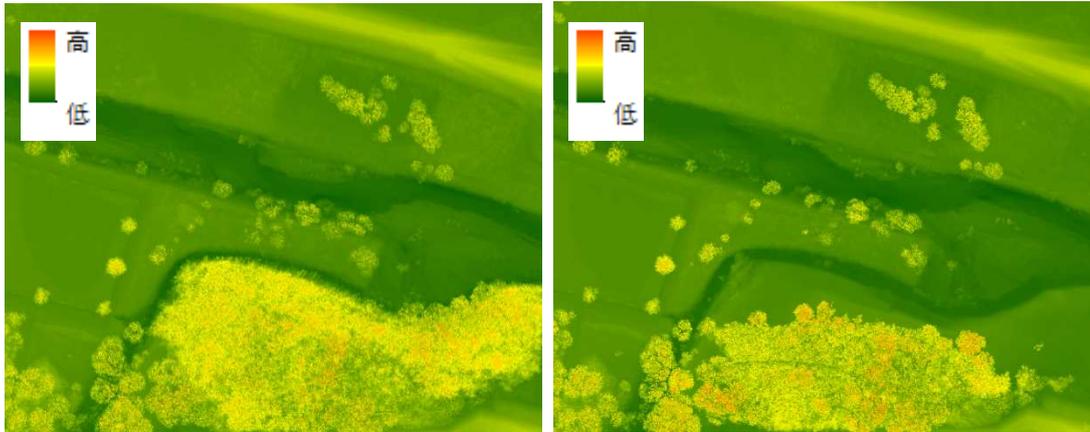


図 5-13 三次元地形データの段彩図（左図：平成 30 年、右図：令和元年）

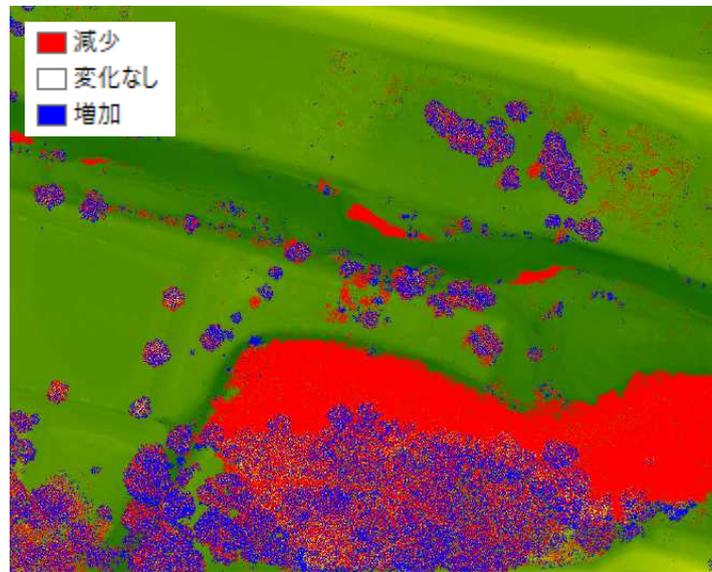


図 5-14 差分図（青が増加、赤が減少）

河道内の樹木の成長や伐採箇所が確認できる。



図 5-15 令和元年の UAV 画像（赤枠内の樹木伐採後）

5.3.4. オルソ画像を活用した異常・変化の確認

三次元地形データと同様に SfM 解析ソフトを用いて作成されたオルソ画像からも単写真では把握が困難な広域の地形や樹木・植生等の異常、変化を把握することができる。

下図は、二時期のオルソ画像を重ねて表示させ、変化した箇所を目視で確認した事例である。オルソ画像は位置情報も正確であるため、地図情報システム上で重ね合わせができ、重ねたオルソ画像を透過させることで、目視比較が容易となる。

また、単写真と違い、オルソ画像上では2点間の距離や延長、面積も高精度で求めることができる。

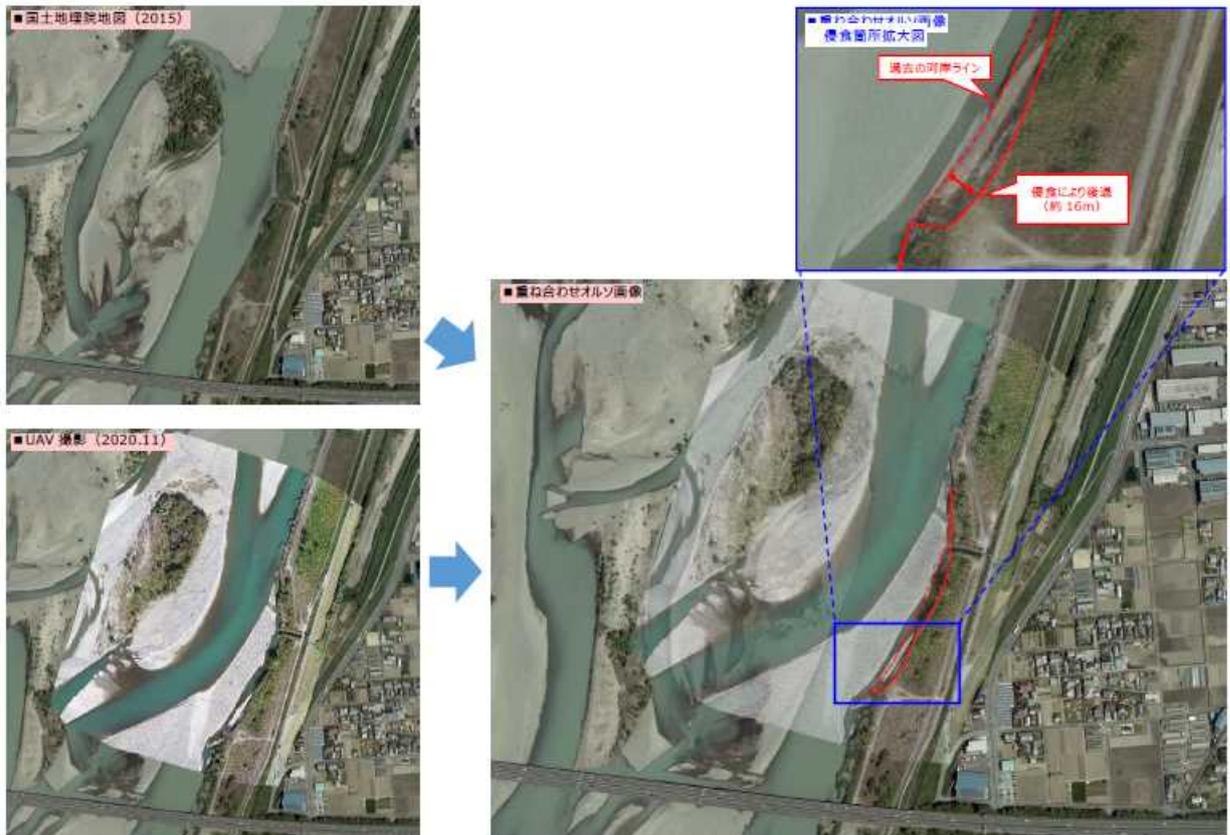


図 5-16 オルソ画像を活用した異常・変化の確認

5.4. ドローン AI 巡視

5.4.1. AI による異常箇所の自動抽出

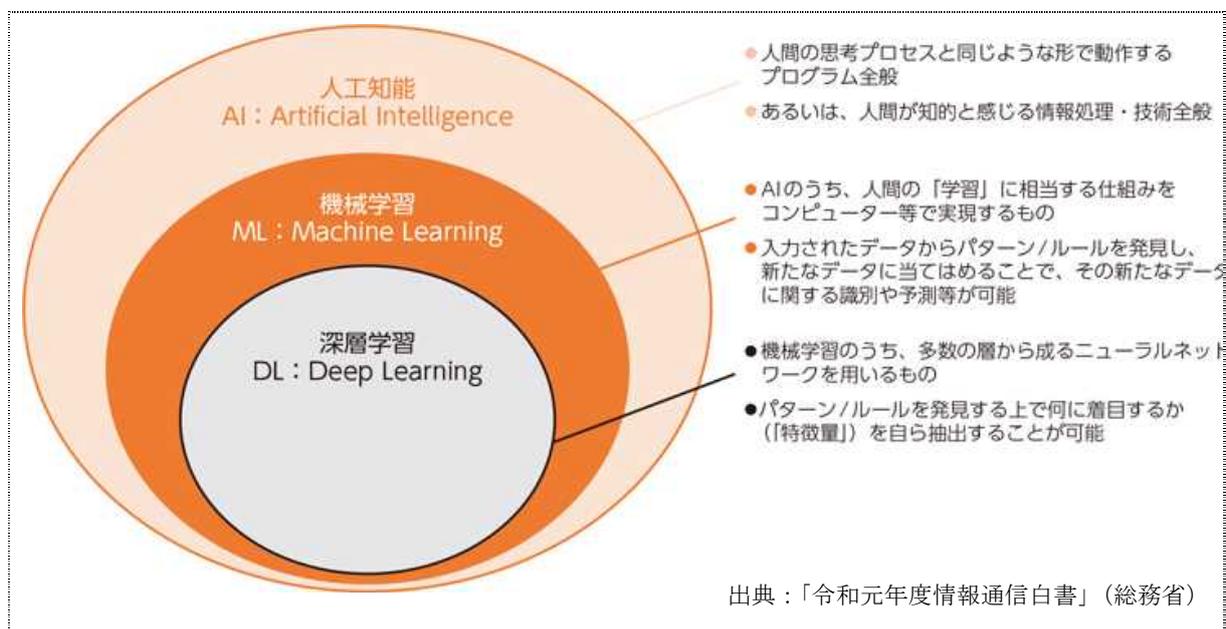
ドローン AI 巡視では、河川巡視項目に対して、AI 技術のひとつである深層学習を用いた自動抽出手法を適用する。ここでは AI を活用する対象およびその具体的な手法を示す。

AI とは、情報通信白書において、人間の思考プロセスと同じような形で動作するプログラム、あるいは人間が知的と感じる情報処理・技術といった広い概念とされている。その手法の 1 つに「機械学習 (マシンラーニング)」がある。これは、入力されたデータからコンピュータがパターンやルールを発見し、そのパターンやルールを新たなデータに当てはめることで、その新たなデータに関する識別や予測等を可能とする手法である。

また、機械学習の手法の 1 つに、「深層学習 (ディープラーニング)」があり、多数の層から成るニューラルネットワーク※を用いて行う機械学習を意味する。コンピュータがパターンやルールを発見する上で何に着目するか(「特徴量」という)を自ら抽出することが可能な手法であり、着目内容を事前に人が設定していない場合でも識別等が可能で、様々なタスクにおいて高精度な処理が期待される手法である。昨今、多くの分野で導入され、特に画像認識技術の向上が著しい。

AI 技術の河川巡視への適用は、ドローン撮影画像による画像認識技術を活用すること、多様な人工物を対象とすることから、対象の特徴量を自動判別する「深層学習」を採用する。

※深層学習の基礎技術。人間の脳の大量かつ複雑なニューロンのネットワーク (ニューロン間の信号伝達) をコンピュータ上で数学的にモデル化したもの。人間の脳の神経回路の仕組みを取り入れた学習アルゴリズムの一種。



画像認識技術は、入力された画像を単にクラス分類だけでなく以下の2つのタスクも可能である。

ごみ等の投棄のように、ある時点での位置と発生件数を抽出すべき異常は、物体検出 (Object Detection) と呼ばれる画像認識技術を適用する。物体検出とは画像中の対象物の位置とその物体のクラスを推定し、その結果を矩形で表示する手法である。

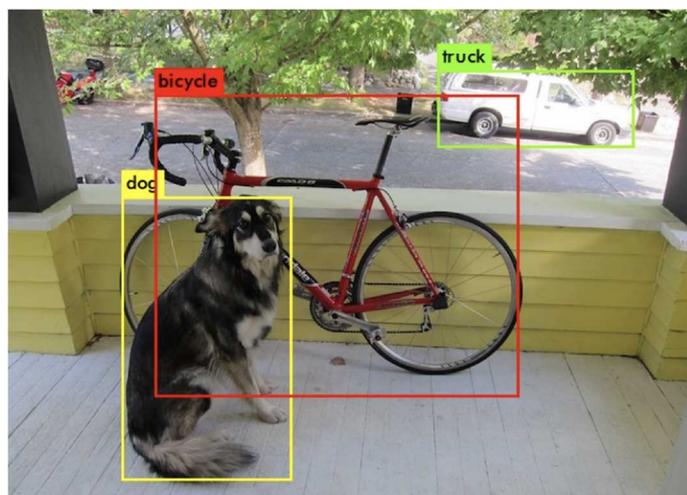


図 5-17 物体検出 (ObjectDetection) の例

一方、砂州堆積や植生繁茂のように、時系列データでの変化量を把握すべき異常は、領域分割 (Semantic Segmentation) と呼ばれる画像認識技術を適用する。Semantic Segmentation とは画像の領域をピクセルレベルで分類する手法である。

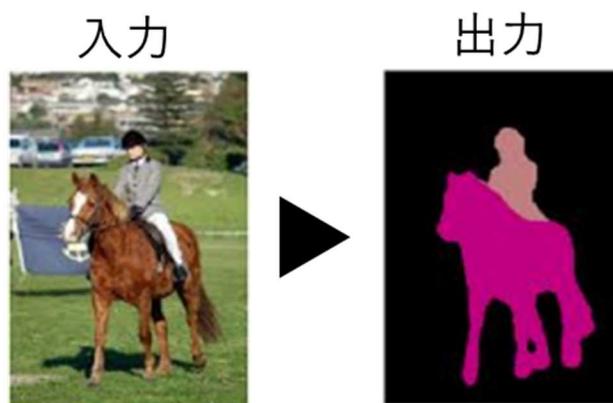


図 5-18 領域分割 (Semantic Segmentation) の例

代表的な巡視項目と解析手法・データの対応関係は表 5-3 の通りである。

表 5-3 巡視項目とデータ解析手法

巡視項目				データ解析手法	フライト種別	使用場面
大項目	中項目	小項目				
1	違法行為	土地の占用		物体検出 (Object Detection) →異常箇所の検出※2	巡視フライト	日常巡視
2		工作物の設置				
3		土地の形状変更				
4		支障を及ぼす行為等	河川の損傷			
5			ごみ等の投棄			
6			車両の乗り入れ			
7	維持状況	河川管理施設の状況	天端舗装の亀裂・損傷			
8		河道の状況	河岸の状況	領域分割 (Semantic Segmentation) →変化領域の検出※3	空撮フライト	出水後など河道の状況が変化した場合
9			砂州堆積の状況			
10			樹木群の生育状況			
11	空間の利用	危険行為等の発見	危険な利用形態※1	物体検出 (Object Detection) →異常箇所の検出※2	巡視フライト	日常巡視

※1：危険な利用形態には様々な事象（焚火、ゴルフ、ラジコンなど）があるため、物体検出上は対象の事象を絞ってクラスを分けたほうが望ましい。

※2：異常箇所の検出：物体検出手法を画像に適用して異常箇所の検出を行う

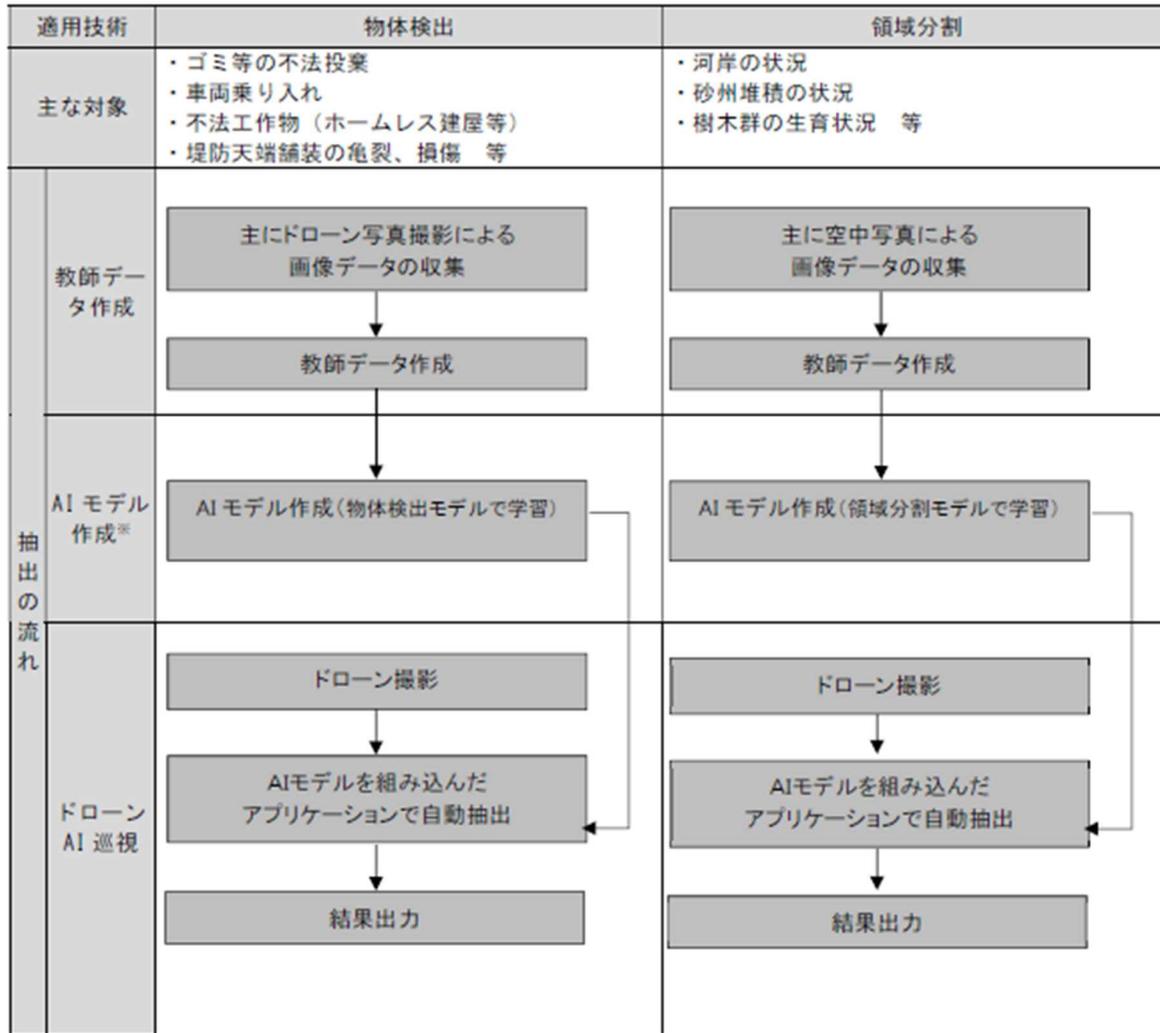
※3：変化領域の検出：領域分割手法を画像に適用して変化量の検出を行う

5.4.2. AIによる自動抽出の対象と手法

表 5-3 であげられた巡視項目の異常・変状は、日々変化し、確認される数量も膨大になることが想定されるため、ドローン撮影画像から深層学習を用いて自動的に抽出することで効率化を図るとともに、個人差のある判断や見落としが減少することで異常・変状発見の精度向上が期待される。

表 5-3 の抽出には、深層学習モデルによる画像認識技術のうち、物体検出技術と領域分割技術を活用する。巡視対象別の適用技術と異常の自動抽出の流れを表 5-4 に示す。

表 5-4 対象別適用技術と異常自動抽出の流れ



※AIモデルの作成は、必要に応じて実施する。

5.4.3. ドローン写真撮影による教師データの収集

ここでは、AI 河川巡視のための AI モデルを作成するにあたり、ドローン写真撮影による教師データ収集方法について述べる。なお、ドローンの利用に関しては、第 3 章を参照されたい。

(1) 対象区間の設定

ドローンによる撮影画像、空中写真、オルソ画像等の取得状況を確認し、教師データを収集するためにドローンを用いて写真撮影を行う。

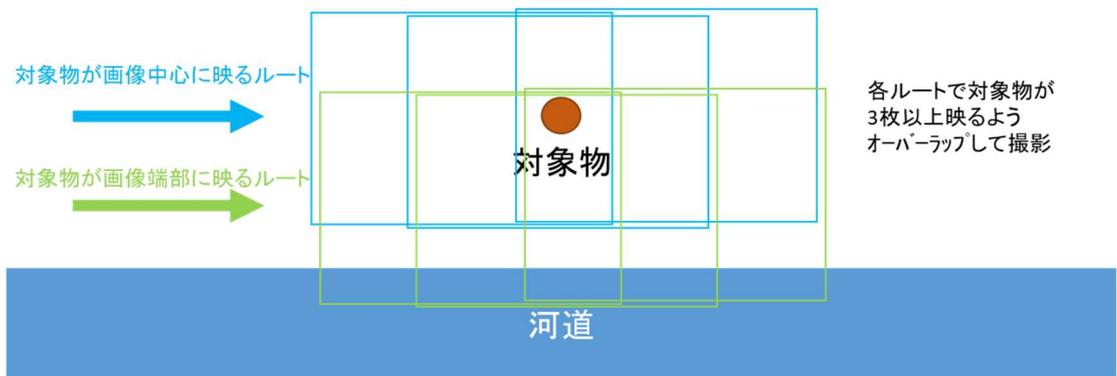
(2) 撮影計画

- 1) 撮影する写真の地上画素寸法は、以下の通りとする。

地上解像度：1cm ～ 3cm

(カメラ向き：90 度 (直下) ～45 度)

- 2) 撮影アングルについては、縦断方向に 3 枚以上、横断方向に 2 枚以上 (下図参照) とし、カメラ確度は可能な限り鉛直下向きに撮影する。



- 3) 撮影時期・時間帯は以下の通りとする。
時期：夏・冬の二時期、晴・曇の 2 天候 (計 4 回撮影)
時間帯：昼の時間帯 (早朝、夕方は避ける)、太陽高度 15 度以上
- 4) ドローンで撮影する写真 1 枚の解像度は以下の通りとする。
3840×2160 pixel 以上

5.4.4. 教師データ作成

教師データの作成は、深層学習の種類（5.4.2）により、以下の通り方法が異なる。

- ・物体検出におけるアノテーション
- ・領域分割におけるマスク処理

(1) 物体検出におけるアノテーション

教師データの「正解ラベル」もしくは「教師ラベル」を指し、機械学習モデルの目的変数となる。一般的なアノテーション作業では、撮影された画像の中から、AIで検出したい対象物の箇所を指定する。

1) アノテーション基準

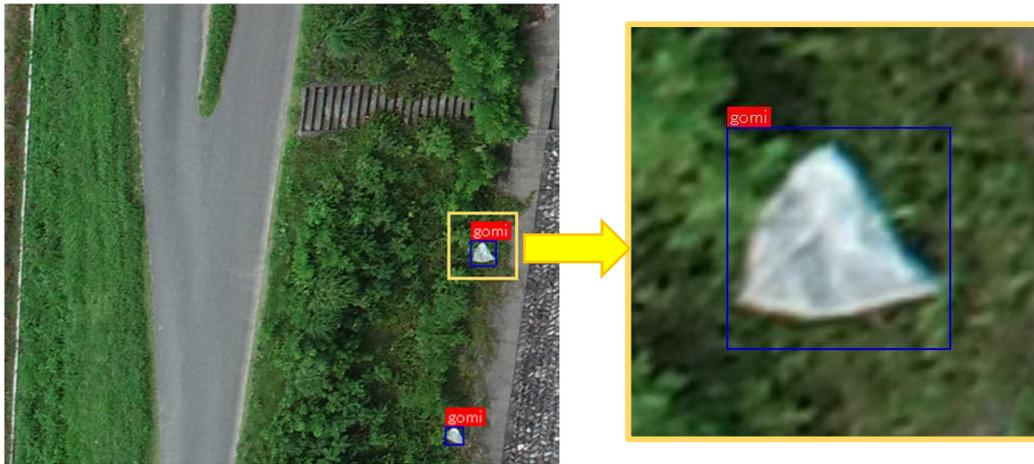
- ・アノテーションの種類：長方形ボックス形式でのアノテーションを行う。
- ・アノテーションの精度：対象をボックスの中心に収めるようアノテーションする。ボックスは対象付近の背景を極力含まないように、対象の境界に合わせてアノテーションする。
- ・ドローン撮影画像の解像度が高い場合は、1200×1200 pixel に分割した画像を作成する
- ・アノテーションのアスペクト比（矩形の縦横比：縦／幅）は、0.25(1/4)～4を目安とする。

2) データ形式

- ・ドローン撮影画像（RGB 画像形式）
- ・アノテーションファイル：ファイル形式は JSON とし、記述形式は MS COCO とする。または、csv 形式とし、矩形枠左下の x 座標、矩形枠左下の y 座標、矩形枠の幅、矩形枠の高さ、対象物名（Class）をカンマ区切りで出力する。
 - ※ 他形式のファイル・記述形式から変換した場合、必ず画像上へのボックス出力結果が±1ピクセル範囲で一致することを確認してから納品する。
 - ※ JSON とは、JavaScript Object Notation の略で、テキストベースのフォーマットの1つ。
 - ※ MS COCO とは、Microsoft Common Object in Context の略で、Microsoft が提供しているアノテーション付きの画像のデータセット。
- ・オブジェクトリスト：ファイル形式は Excel とし、画像名・対象クラスとその座標を列記する。

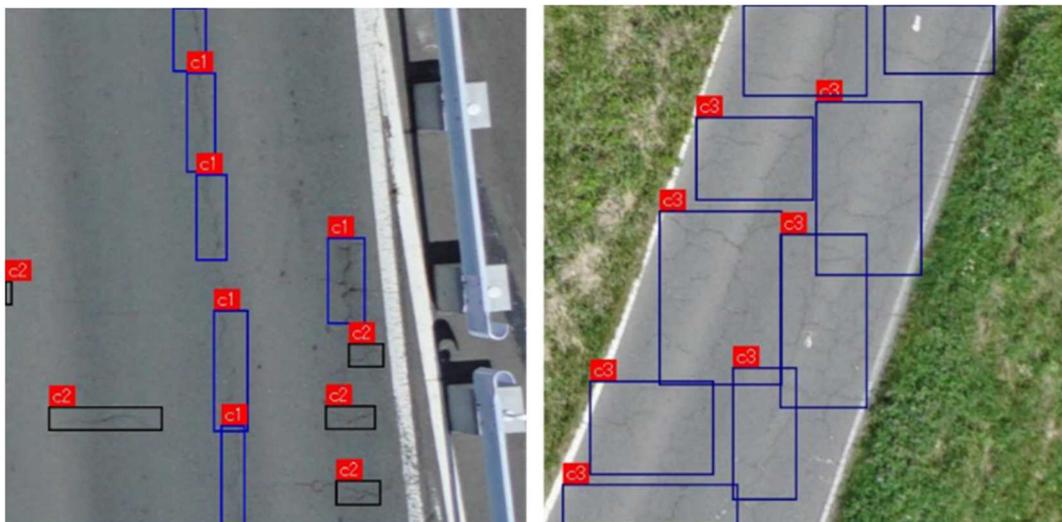
◆教師データの例（青枠はアノテーション）

・ゴミ



ゴミ（白いビニール）

・舗装亀裂



線状亀裂

亀甲亀裂

(2) 領域分割によるマスク処理

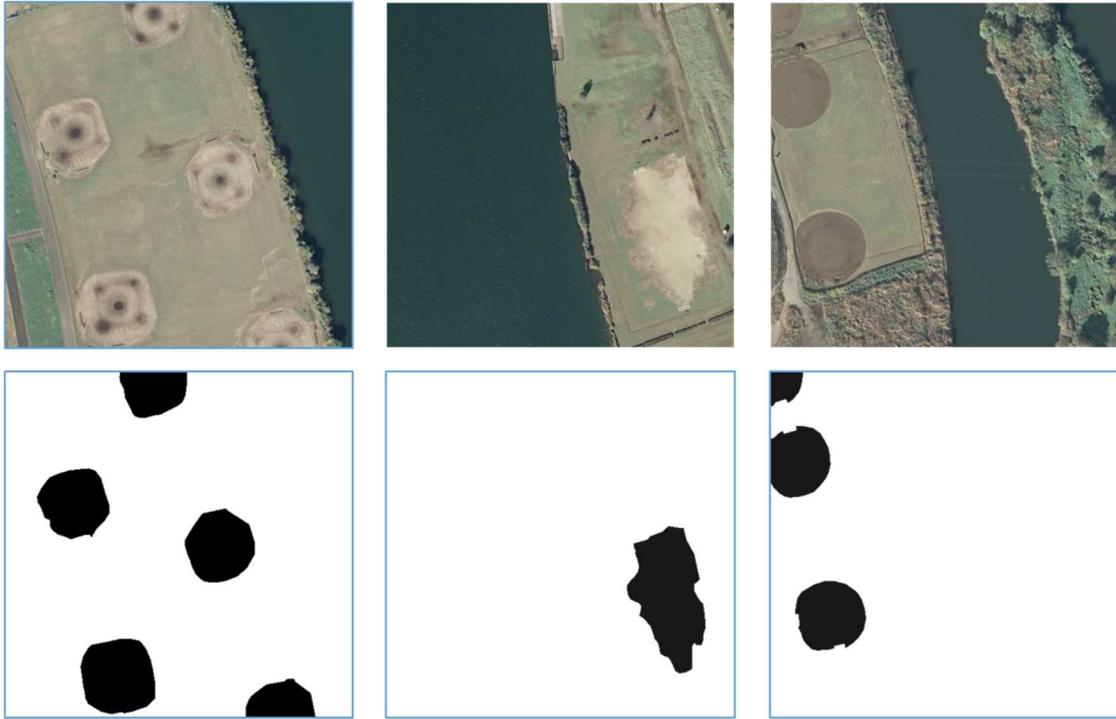
マスク処理は、不法占用、不法工作物等、領域分割に用いる項目に適用する。収集した空中写真から、オルソ画像とマスク画像（正解データ）のペアを教師データとして作成する。作成時には、以下に留意する。

- ・ AI モデルを学習する際の計算メモリを考慮し、オルソ画像とマスク画像を 500x500 pixel に分割する。
- ・ オルソ画像に含まれる位置情報は、AI モデルを学習する際に使用されないため、RGB 画像形式の指定はない。
- ・ マスク画像の作成方法は、GIS ソフト等を用い、該当する領域をポリゴン化し、RGB 形式のマスク画像としてエクスポートする。
- ・ データ形式は、以下の通りとする。

表 5-5 教師データ仕様

データ形式	・ 空中写真(TIFF や PNG などの RGB 画像形式) ・ マスク画像(PNG 画像形式)
-------	--

◆人工裸地抽出用教師データの例(上段：オルソ画像、下段：マスク画像)



◆河川区域抽出用教師データの例(上段：オルソ画像、下段：マスク画像)



5.4.5. ドローン撮影

ドローンによる撮影では、第4章で立案した飛行計画に沿って実施する。

ここで、砂州堆積や植生繁茂のように、時系列データでの変化量を把握すべき異常は、領域分割を適用する。本手法は河道全体を撮影し SfM 解析を行う必要があり、先述した異常箇所を検出に比べて作業の工数が大きい。したがって本解析は出水後や改修工事後など河道の状況が変化したタイミングでのみ実施する想定である。

以下は、領域分割による変化抽出の例であるが、河道の状況を把握するため下記の5クラスに分類する。

- 水面
- 砂州
- 樹木
- 草地・裸地
- 道路・護岸・その他人工物

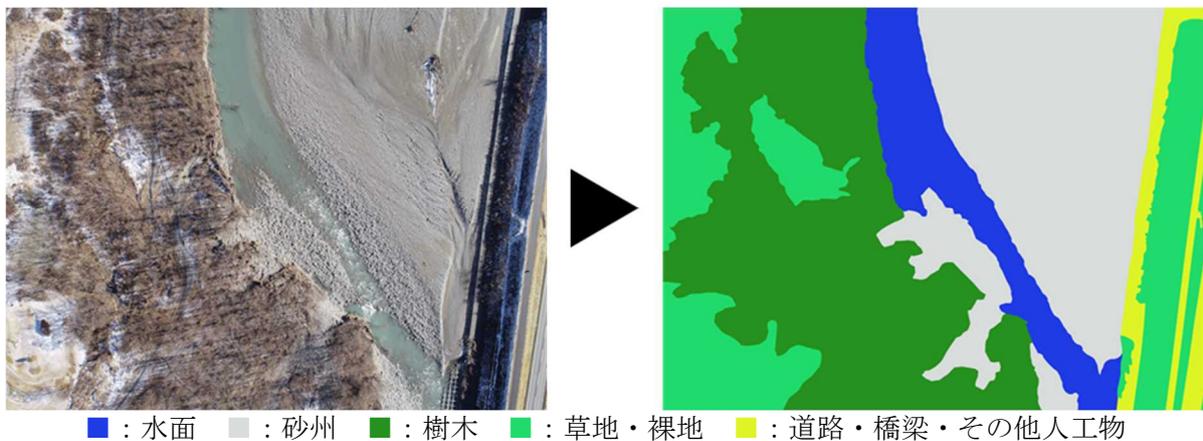


図 5-19 領域分割の適用イメージ

出水前と出水後のオルソ画像に対して本手法を適用することで、砂州堆積状況や、樹木群の生育状況の変化を可視化する。

(1) 解析の流れ

個別の空撮画像に領域分割を適用するだけでは絶対位置がわからないため、事前に座標を付与したオルソ画像を作成する必要がある。また領域分割した結果も、そのままでは河川巡視記録としては不適なので、二時期の比較により変化した領域のみを抽出して巡視記録とする必要がある。全体の処理の流れは下記の通りである。

① SfM 解析

ラップして撮影した空撮画像と地上の GCP 座標を基に SfM 解析を行い、河道内の三次元形状を復元する。

※SfM (Structure from Motion) 解析: ある被写体に対して、アングルを変えながら撮影した複数枚の画像から、被写体の三次元形状と撮影位置を復元する手法

※GCP (Ground Control Point): 座標値がわかっている地上の点。撮影する画像に確実に映る必要がある。対空標識ともいう。

② オルソ画像の作成

地表面に対して正射変換し、ゆがみのないオルソ画像を生成する。



図 5-20 オルソ画像の例

- ③ 河道領域の分類
 オルソ画像に対して領域分割手法で推論を行う。今回撮影分のオルソ画像に加えて、前回撮影のオルソ画像に対しても同じモデルで領域分割を行う。(出水前後を想定)
- ④ 変化領域の抽出
 ③で得られた出水前後の領域分割結果を比較し、継続記録とすべき変化を抽出する。巡視記録とする変化は下表の通りである。ただしすべての微小な変化まで抽出することは現実的でないため、実装時は一定以上の大きさの変化領域のみ抽出することが望ましい。

表 5-6 差分による巡視記録の判定案

巡視項目	判定方法
河岸の状況	水面の領域が砂州以外の領域を侵食した範囲
砂州堆積の状況	砂州の領域が水面を侵食した範囲
樹木群の生育状況	樹木の領域が変化した範囲

- ⑤ 変化領域を確定
 ④の内容を河川巡視記録の候補として提示し、河川管理者（または巡視員）が最終確定する。必要に応じて巡視記録の修正を行い、RiMaDISへ登録する。

(2) データ要件

解析に必要な入力データの要件を以下に整理する。

- ① オルソ画像分解能
 河川巡視で捉えるべき変化は、河岸、砂州や樹木の領域が大きく移動した箇所であり、cmレベルの移動は無視して構わない。そのためオルソ画像の地上画素寸法（GSD）もcmレベルは求められない。しかし、あまりにもGSDが大きいと、砂州など各領域の特徴がぼやけてしまい、領域分類がうまく行えない。したがって人の目視により各領域の境界を判定できる範囲内でGSDを設定する。
- ② オルソ画像位置精度
 上記の①と同様に、河川巡視ではcmレベルの位置精度は求められない。また、河川巡視で作成するオルソフォトは必ずしも公共測量成果とする必要はない。したがって距離標や既存の基準点などをGCPとして利用し、河川巡視での追加の測量は不要とする。

具体例

各要件に対し、具体例を示す。

① オルソ画像分解能

三峰川での領域分類の例を示す。GSDが2cm, 5cm, 10cmの3種類の分解能のオルソ画像に対して同じAIモデルで領域分割を行ったところ、GSD10cmの画像でもおおむね正常に領域分割を行うことができています。

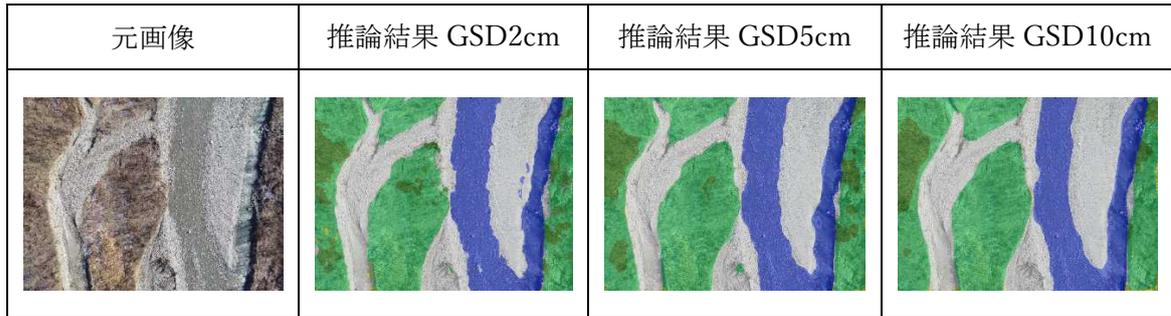


図 5-21 GSD別の領域分類結果

三峰川は河道内の植生や砂州堆積が存在することから比較的領域の境界が複雑な河川である。都市河川などで境界線が比較的単純な河川ではより大きなGSDでも問題ない可能性もある。

② オルソ画像位置精度

三峰川での距離標座標によるSfM解析の例を示す。地上測量を行わず、座標が既知の距離標7点のみをGCPとして調整を行ったところ、SfM解析上の各点の誤差は平均で約2cm、最大で約4cmであった。なお、公共測量成果とするものではないため、GCPの数は公共測量に比べて大幅に少なく、かつ7点すべてを基準点として採用し検証点には使っていないため、厳密には誤差は検証できていない。ただし、河川巡視で巡視項目を記録する位置精度としては十分と判断した。

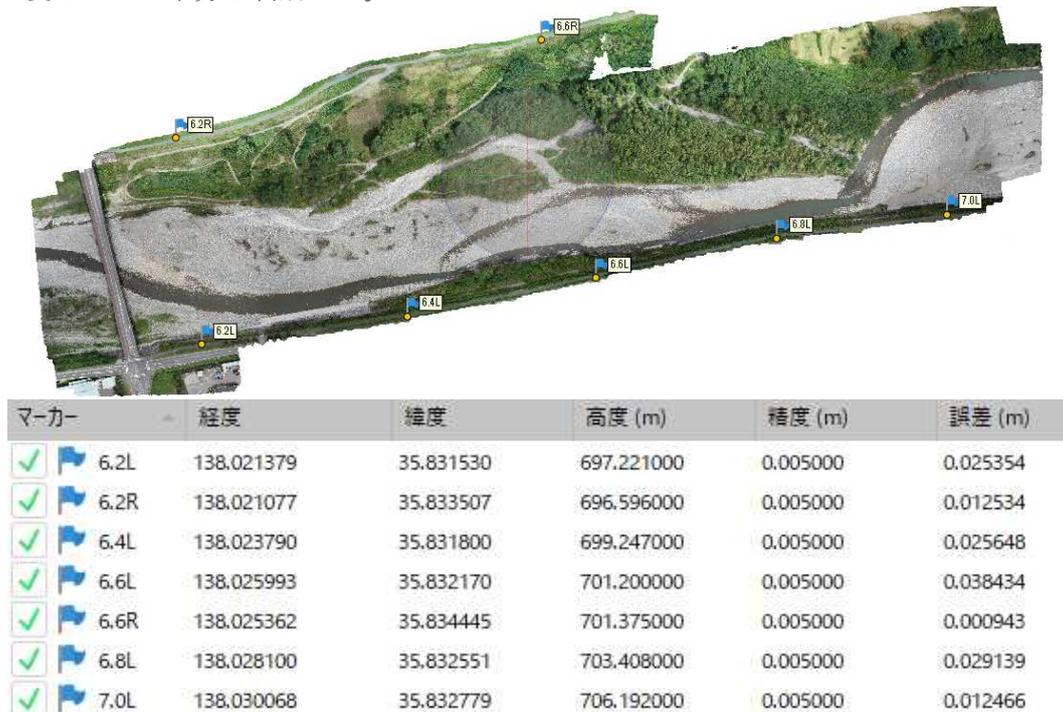


図 5-22 三峰川の GCP

なお、ドローンの機体によってはネットワーク型 RTK-GPS に対応しているものがある。これは GCP を完全に代替するものではないが、地上測量を必要とせず RTK-GPS での高精度な自己位置（被写体の座標でなく機体の座標）が取得可能なため、SfM 解析や異常箇所の検出における座標推定の精度向上が期待できる。そのため、機体導入時点で RTK-GPS 対応機種を選択可能であれば、使用を推奨する。

- ※ RTK-GPS : RTK-GPS（リアルタイムキネマティック GPS）測位は、位置の分かっている基準局と位置を求める観測点で同時に GPS 観測を行い、基準局で観測したデータを、無線等を用いて観測点へリアルタイムに送信し、基準局の位置成果に基づき観測点の位置をリアルタイムに求めることができる。誤差は数cm。

5.4.6. AIによる異常箇所自動抽出

AIによる異常箇所の自動検出は、物体検出モデルと領域分割モデルを組み込んだアプリケーションを使って実施する。

(1) 自動抽出結果

自動抽出結果には、入力した画像上に対象となる異常箇所の対象物名や領域の情報が出力される。

1) 物体検出（ゴミや亀裂の抽出）

学習済み物体検出モデルによる出力画像には、検出した物体に対して矩形の検出枠、対象物名及びスコア（確信度）が付加される。スコアの最大値は1である。

ゴミ（白いビニール）の物体検出では、高いスコアで検出することが可能である。ただし、河川区域内の白色の石などの誤検出も見られる。

亀裂の物体検出では、天端道路上の亀裂を高いスコアで検出でき、おおよその亀裂の位置を把握することができる。しかし、天端道路以外の亀裂も同時に検出してしまう。また、物体の影などの誤検出も見られる。

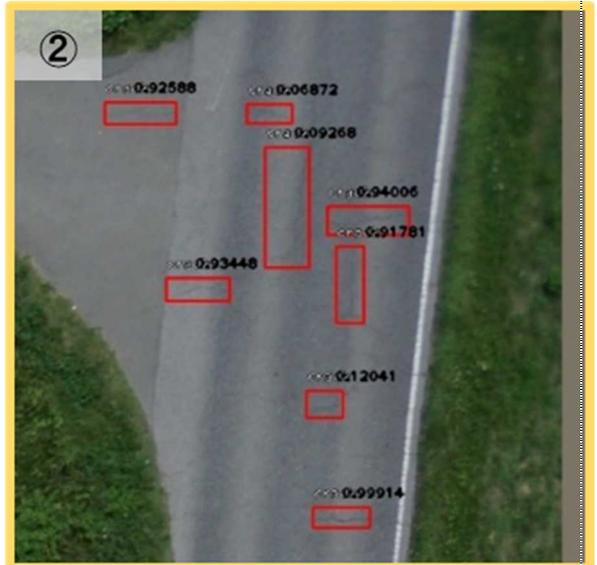
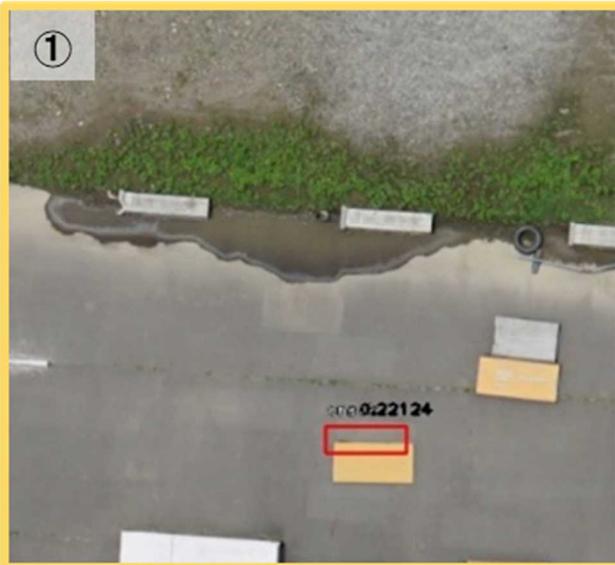
ゴミ、亀裂ともに教師データ数が少ないため、教師データの蓄積により精度向上が見込められる。

◆ 物体検出の出力結果の例

- ・ ゴミ



◆ 物体検出の出力結果の例
・ 亀裂



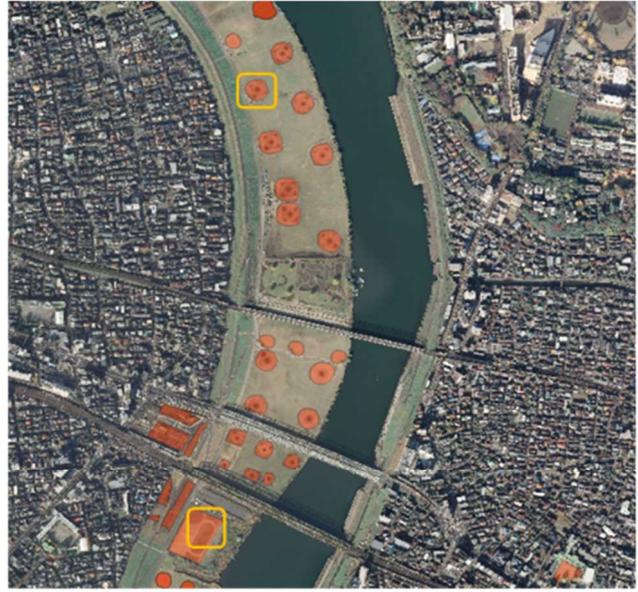
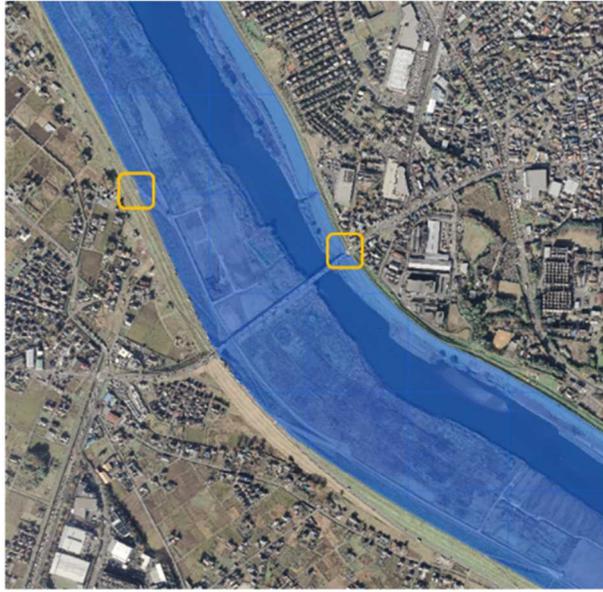
2) 領域分割（人工裸地の抽出）

領域分割によって自動抽出された結果を以下に示す。

◆領域分割例

・河川区域識別

・人工裸地の抽出



出力した河川区域マスク

出力した人工裸地マスク

元画像	推論結果 GSD2cm	推論結果 GSD5cm	推論結果 GSD10cm

■：水面 ■：砂州 ■：樹木 ■：草地・裸地 ■：道路・橋梁・その他人工物

(2) 物体検出結果の巡視記録作成

物体検出を適用することにより、河川巡視の対象となる物体を検出することができるが、それだけでは河川巡視記録の自動作成はできない。以下の流れに沿って巡視記録を作成する。

① 物体の検出

空撮画像に対して物体検出モデルで推論を行う。

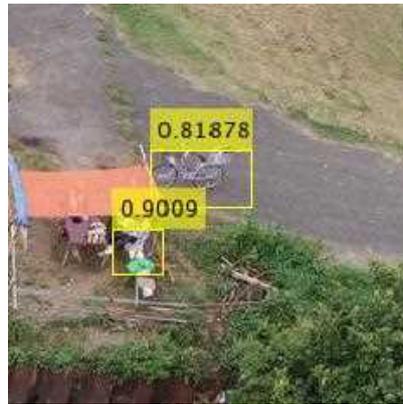


図 5-23 Object Detection の推論結果

② 物体のクラス分類

大中小細の巡視項目のクラス分類を行い、検出物体がどの巡視項目に該当するかの確率を算出する。



巡視項目の分類結果

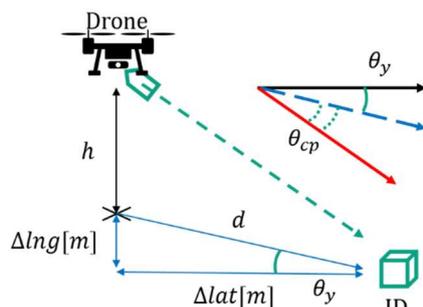
違法行為
支障を及ぼす行為...

違法行為
土地の占用...

図 5-24 AI による巡視項目についての分類結果

③ 物体の座標推定

撮影時のドローンの緯度経度、傾きなどのログを基に、検出した矩形の中心座標の緯度経度を推定する。また緯度経度を基に RiMaDIS に登録するための距離標に換算する。



推定座標

N XX.XX
E XXX.XX
N YY.YY
E YYY.YY

図 5-25 ドローン位置座標を基にした対象物位置座標の推定概念図

- ④ RiMaDIS から既存記録を探索
 - ②③で自動算出した巡視項目と座標に基づき、継続記録とすべき既存の巡視記録が存在するか RiMaDIS を検索する
- ⑤ 物体のクラス・座標を確定
 - ①②③④の内容を河川巡視記録の候補として提示し、河川管理者（または巡視員）が最終確定する。必要に応じて巡視記録の修正を行い、RiMaDIS へ登録する。

【参考 1】ドローン機体情報（センサーサイズ、焦点距離、カメラピッチ・方位角）

ドローンのカメラはさまざまなセンサーサイズ・焦点距離を持つ。画像サイズとセンサーサイズ、および焦点距離と対象物までの距離から、カメラが撮影可能な視野範囲が算定できる。対象物距離は、カメラピッチ・方位角と後述のドローン位置情報、画像サイズから算出できる。これらは撮影画像ごとに保存する必要がある。

【具体例】カメラの視野範囲とピクセル当たりの長さ

カメラピッチ角が鉛直下向きの場合、以下の式から水平/垂直撮影長さが算出できる。（算定式）

$$\text{水平/垂直撮影長さ[m]} = \text{CMOS センサー水平/垂直サイズ[mm]} \div \text{焦点距離[mm]} \times \text{高度[m]}$$

上式から得られた各長さの積がカメラの視野範囲となる。各長さを画像ピクセルサイズで除すことで1ピクセル当たりの長さが分かるため、鉛直下向きの場合画像中心をドローン位置とすると、カメラ方位角（この場合カメラ上端方向の角度）から対象物の距離が算定できる。

【参考 2】ドローン位置情報（緯度経度、高度）

ドローンは全球測位衛星システム(GPS)等により緯度経度情報を取得する。また、その他の方法により機体高度情報を取得できるため、前述のドローン機体情報からドローンが撮影した対象物の緯度経度を算定することが可能になる。これらは、撮影画像ごとに保存する必要がある。ただし、使用する位置情報取得システムと撮影環境によって、誤差が増大する点に注意する。

【具体例】対象物の緯度経度

1ピクセル当たりの長さからカメラピッチ・方位角から機体位置を原点として、対象物の緯度経度を推定する。河川距離標を撮影した画像から、位置を推定した例を示す。以下の画像黄色箱内の点、黄色矢印の右端が距離標になる。高度 50m、ピッチ角は 90 度だった。一点鎖線は画像中心線を示し、赤×がドローン直下の位置を示す。この場合、カメラ方位角から画像中心線上の緯度経度を算出し、対象座標までの中心線法線方向の水平ピクセル距離から推定する。この時、距離標の推定座標は 35. 8315372082524、138. 021347336441、距離標座標の緯度経度(35. 8315295833333、138. 021378611111)に対する算定誤差は 2. 95m だった。同様の画像を移動しながら連続的に撮影し、距離標の実緯度経度と比較した結果、平均誤差は 2. 86m となった。

ただし、ピッチ角度が 90 度から離れると、特に画像端部において実際の長さからピクセルの関係が変化するため、精度が悪化する点に注意する。

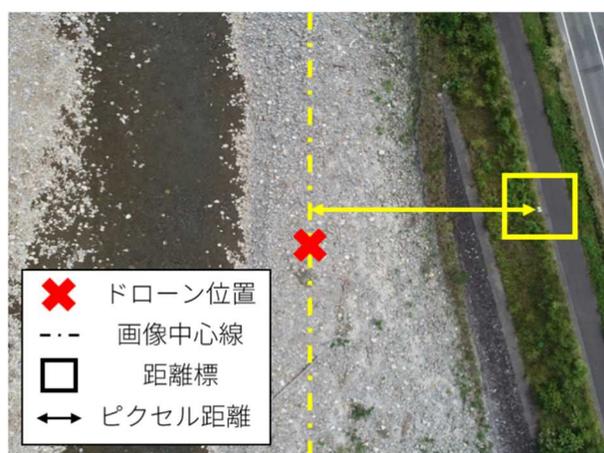


図 5-26 撮影された距離標と算定イメージ

なお、ドローンの機体によってはネットワーク型 RTK-GPS に対応しているものがある。これは RTK-GPS での高精度な自己位置（被写体の座標でなく機体の座標）が取得可能なため、対象物の座標精度向上が期待できる。そのため、機体導入時点で RTK-GPS 対応機種を選択可能であれば、使用を推奨する。

第6章 データ管理

6.1. データ管理方針

河川巡視に必要な各種データの仕様を定め一元管理するとともに、これらのデータを有効活用するための管理環境を構築する。

ドローン撮影画像、SfM 解析により作成したオルソ画像、AI による自動抽出に用いる学習用データならびに検証結果データ等、河川巡視に用いる情報が多く、データ容量が大きいことから、データ仕様の設定と効率的な運用のための環境構築を検討する必要がある。

データ仕様については、各情報のデータ形式、ファイル命名規則を定めるとともに、膨大な量のデータを一元管理するために必要なメタデータの仕様を定めるものとする。

データ管理の環境構築については、RiMaDIS のようにクラウドを活用して管理する手法やあるいは整備局単位や全県単位でサーバ運用する等、今後の河川巡視の運用体制に合わせて検討するものとし、本手引きでは、外部交換ファイルとした環境構築の一例として示す。

6.2. データ仕様

ドローン撮影画像、SfM 解析データ、AI に用いるデータ等各情報のデータ形式、ファイル命名規則を定めるとともに、効率的な管理・運用のためのメタデータを作成する。

表 6-1 及び表 6-2 に、河川巡視に用いる情報の内容とそのデータ形式やファイル命名規則の例を示す。管理システムが定まっていないため、現状は外部ファイルで作成し、システムが完成した後にデータの取り込みが可能な状態で当面運用を行う。

また、河川管理者や河川巡視を行う者がデータベースで目的に見合うデータを検索することができ、検索されたデータが要求仕様を満たしているかを確認できるようにデータ概要が記載されたファイルを作成する必要がある。これをメタデータと称し、csv ファイルで作成する。

表 6-1 各情報のデータ形式（例）

データの種類		内容	データ形式
ドローン撮影画像		画像撮影時のカメラ位置座標（緯度経度、高度）、日時が付与された単写真	jpg
SfM	オルソ画像	単写真を正射変換した画像	.tif、.jpg
	三次元画像点群データ	三次元座標を有するポイントデータ	.txt、.csv、.las
AI	学習データ	学習に用いる画像	jpg、.tif、.png
		アノテーション情報（矩形の座標、大きさ、種別）	.csv
	領域分割のマスク画像	.png	
検証結果データ	AIが検出した異常の矩形枠付き画像および	jpg	
	検出した地物の情報（矩形の座標、大きさ、種別）	.txt	
飛行ログ		飛行したコースの位置座標	.csv
メタデータ		データベース上で管理するための各種データの概要（日付、座標、種別等）	.csv、.xml

ファイル名は、基本的に自動付与を想定している。そのため、巡視の場合は、河川単位で巡視区間を事前に設定するなど、事前準備が必要となる。堤防点検など確認すべき場所が明確な場合は、実施時の状況に合わせて任意で決めることができるようにするのが望ましい。表 6-2 に一例を示す。

表 6-2 ファイル命名規則（例）

データの種類		命名規則と記載例	
ドローン撮影画像		①河川名_②任意設定区間名(左右岸(R:右岸、L:左岸)、巡視区間番号等) ③巡視区間内における撮影の順番_④撮影日付 Arakawa_R01_1_20210101.jpg ① ② ③ ④	
SfM	オルソ画像 三次元画像 点群データ	①河川名_②作成箇所名(左右岸(R:右岸、L:左岸)、近傍距離標)_③撮影日付 Arakawa_R10.5_20210101.tif ① ② ③	
AI	学習データ	画像ファイル名	(ドローン撮影画像同様)
		アノテーションcsv	①河川名_②作成日 Arakawa_20210202.csv ① ②
	検証結果データ	異常が検出された画像のおよび情報のファイル名	(ドローン撮影画像名).R.jpg、.txt ※データベース上で別フォルダ格納

メタデータのファイル形式は、.csv と.xml を基本とする。

xml 形式は、タグにより自由にメタデータ情報を追加できるため、必要と思われる情報は自由に追加できることとするが、表 6-3 に記載したメタデータ項目は必須とする。その場合、下表のメタデータ項目以降に追加することとする。

表 6-3 メタデータの仕様（例）

データの種類		メタデータ項目	記載例
ドローン撮影画像		河川名	Arakawa (ファイル命名規則同様)
		任意設定区間名(左右岸、巡視区間番号等)	R01_1 (ファイル命名規則同様)
		撮影位置座標(緯度・経度)	緯度 36° 6' 13.58925" → 360613.58925 経度 140° 5' 16.27815" → 1400516.27815 ddd mm ss.s → dddmss.s
		撮影日時	2021/01/01 12:00 yyyy/mm/dd tt:tt
SfM	オルソ画像 三次元画像 点群データ	河川名	Arakawa (同一名称河川の場合河川名後に数字付与)
		作成箇所名(近傍の距離標)	R10.5 (R:右岸、L:左岸、距離標数値)
		撮影日時	2021/01/01 (複数写真を活用しているため日まで) yyyy/mm/dd
AI	学習データ	画像ファイル名	Arakawa_R01_1_20210101.jpg
		アノテーション情報	(アノテーション時のcsv情報で代替)
		領域分割のマスク画像	Arakawa_R01_1_20210101_01.png 画像ファイル後に連番
	検証結果データ	異常が検出された画像のファイル名	Arakawa_R01_20210101_1.jpg
		検出した異常の種別	Garbage (ゴミの場合の例)

csv形式は、データ内容をカンマ「,」で区切る形式のため、原則として、表 6-3 に定めたメタデータ項目でメタデータファイルを作成する。追加したいメタデータ項目がある場合は、xml形式を採用するか、csvファイルの1行目に、図 6-1 のようにメタデータ項目を入力し、2行目に情報を記載してメタデータファイルを作成する。

河川名,任意設定区間名(左右岸、監視区間番号等),撮影位置座標(緯度),撮影位置座標(経度),撮影日時,撮影時の天気,撮影者
Arakawa,R01_1,360613.58925,1400516.27815,2021/01/01 12:00,快晴,●●測量株式会社

図 6-1 メタデータ (csv 形式) のサンプルデータ

また、教師データ(学習データ)については検索時の利便性を高めておくことが重要となる。表 6-3 のメタデータ項目に加えて以下の内容を整備することで、データ検索時に、質・量の適切な選出が可能になると考えられる。



画像別のメタデータ

ドローン河川巡視AI教師画像メタデータ

画像No.	事務所	セグメント	撮影時期	巡視項目	ドローン座標	ドローン高度	ピッチ	方位角
0001	中部	M	2020/09/03	一般	N. XX.XXX E. YYY.YY	50	35	60
0002
0003
0004
0005

対象別のメタデータ

画像No.	対象No.	教師作成者	教師作成時期	対象座標	対象クラス1	対象クラス2
0001	1	-	2020/09/27	N. AAAA E. BB.BB	違法行為	河川管理上支障を及ぼす...
0001	2	-	2020/09/27	...	違法行為	不法占用
0001	3	-	2020/09/27	...	違法行為	不法工作物
0001	4	-	2020/09/27
0001	5	-	2020/09/30

図 6-2 教師画像例と付与するメタデータの例

第7章 現状の課題と将来的な技術進歩による巡視の将来像

ドローン巡視に関しては、表 2-1 で示したように、ドローンの性能向上、AI 技術の向上により、今後は人の負担割合が軽減されていくと予想される。本章では、ドローンと AI における現在の課題、将来的な技術開発の見通しについて記載するとともに、巡視の将来像について提案を行う。

7.1. ドローン

7.1.1. 現状と課題

① ドローンの飛行に関わる航空法・制度に関して

国土交通省では、航空ネットワークの確保と航空保安対策、ドローンの更なる利活用を推進させるために、2022 年 12 月より航空法等の一部を改正する。主な更新内容は、以下である。

- ・ コロナ禍のような航空運送事業に甚大な影響を及ぼす事態下における航空ネットワークの確保
- ・ 保安検査の受検義務付けなど航空保安対策の確実な実施
- ・ ドローンなどの無人航空機の「有人地帯上空での補助者なし目視外飛行」（レベル 4 飛行）を実現するための制度整備である。

下図は、小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会（2021 年 6 月 28 日）が示した「空の産業革命に向けたロードマップ」である。



有人地帯での目視外飛行（レベル4）を含め、飛行レベルとそれに伴う制度は、下記のように設定されている。レベル4飛行を実現させるために、機体認証、操縦ライセンス、運航管理方法等の個別確認の許可・承認が必要になる。

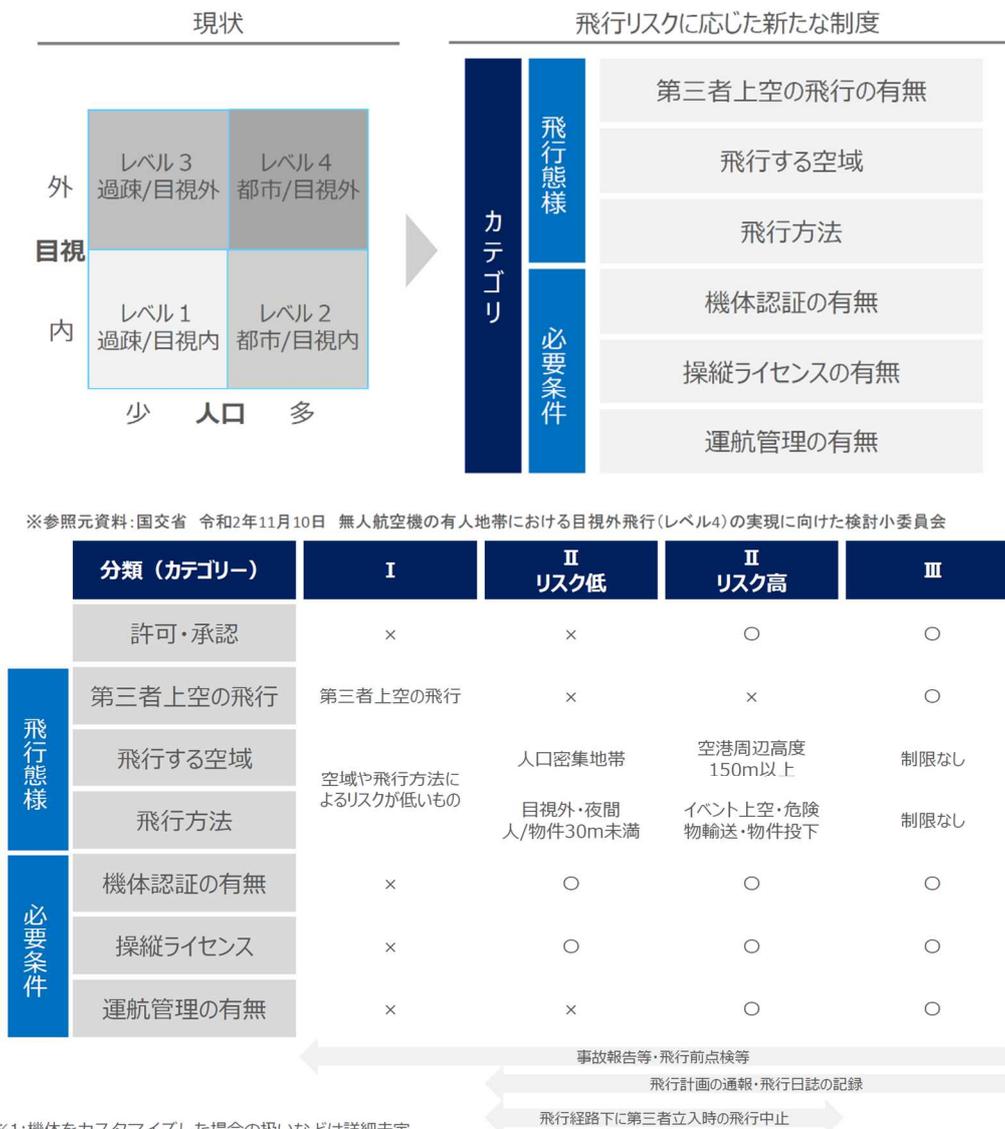


図 7-2 飛行レベルの設定とレベル4（有人地帯上空での補助者なし目視外飛行）に向けた制度設計

レベル4飛行が可能になることにより、ドローンを用いた河川巡視の実現が進むと考えられている。

②ドローンを用いた河川巡視に必要な技術要素

ドローンを用いた河川巡視を実現させるためには、レベル4飛行に関する仕組みだけでなく、下記の技術要件を検討が必要である。

- ・長距離飛行ドローン
- ・全天候型ドローン
- ・通信・伝送機能
- ・運行管理機能の仕組み

(1)長距離飛行ドローン

ドローンを用いた河川巡視により、作業効率化を実現させるためには、出張所から管轄する河川区域を飛行できるような長距離・長時間飛行が可能なドローンが不可欠である。現在、販売・実用化が進められている長距離飛行ドローンについて、その詳細を7.1.2に記載する。

(2)全天候型ドローン

河川巡視は、晴天時だけでなく、降雨時、災害直後の強風下など様々な状況下での運用が求められる。そのため、防塵・防水機能を持ったドローン（全天候型ドローン）が必要とされる。

(3)通信・伝送機能

ドローンを用いた河川巡視では、事務所や遠方にいるドローン操縦者がドローンの操作、ドローンで観測した映像を確認することが求められる。

現在のドローンの多くは、WiFiや無線による伝送技術が利用されており、一部の機材で免許が必要な無線が利用されている。最近では、スマートフォンで利用されているLTE、5G通信技術や衛星通信技術の利用検討が進められており、2021年に、LTEをドローン通信に利用したサービスの実用化が始まっている。

(4)運行管理機能の仕組み

レベル4の飛行実現、ドローンを用いた河川巡視の実現のために、下記の機能を有した運行管理システム（ハードウェア、ソフトウェア）が求められる。

以下では、河川巡視データ取得について巡視前・中・後について、ハードウェア(H/W)・ソフトウェア(S/W)・オペレーション(O/R)それぞれの観点で整理する。まずはH/W・S/Wの大枠を示す。

✓2022年度目途のLv4に必要な業務要件を記した		
1 登録および認証機能	機体認証制度への対応	4 監視および検知機能
	操縦者・運航管理者資格制度への対応	
	機体およびその所有者情報の登録義務化	
2 計画および飛行承認機能	携帯電波等の上空利用申請のUTM連携（実用局）	5 緊急対応機能
	飛行許可のための電子申請サービスの連携（DIPS・FISS）	
	低高度を飛行する有人航空機と無人航空機との時間的・空間的セパレーションの確保	
3 追跡および運航実施機能	異なる事業者間での運航調整環境の整備（InterUSS）	6 分析および報告機能
	遠隔識別番号の発信義務化への対応（Remote ID連携）	
	操縦者が利用する運航アプリケーションとUTMとの連携（FOS連携）	
	リレーティング・ダイバート等の衝突回避システムの実現（Detect And Avoid）	
	地上局を前提とした人為的運用の自動化（脱GCS）	
	第三者上空飛行時の運航者義務の履行徹底	
		運航中の状況認識支援（Situational Awareness）
		法令遵守および公共安全への配慮の意識付け（Conformance Monitoring）
		異常検知時の速やかな原因特定と周囲への注意喚起（Anomaly Detection）
		非協調的な飛行体検知および対策（カウンタードローン）
		外乱環境の急激な変化の検知（非ノミナル運航）
		災害発生時等の無人・有人機連携の可能性
		空中衝突発生時の副次的災害の抑止（NMAC）
		墜落時の落下分散を考慮した運航制限
		悪意のある第三者による乗っ取りへの対策（サイバーセキュリティ）
		運航ログの分析によるリスク評価および保険料率設定
		操縦者および機体の傾向分析および運航者へのフィードバック
		干渉判定、衝突検知のための最適な閾値の探索
		通常運航および事故発生時の当局への報告義務の徹底

図 7-3 レベル 4（目視外飛行）に必要な要件

下記にそれぞれの機能の検討すべき概要を示す。

1) ドローン登録および管理機能

2022年の航空法改正に伴い、国土交通省では、ドローンの登録制度が導入される。ドローンを用いた河川巡視では、こうした登録した機体や登録内容を管理する必要がある。

2) 計画および飛行承認機能

河川巡視の基本的な飛行ルートは、事前に設定することができる。また河川巡視では、河川巡視結果、位置情報が、RiMaDIS（河川維持管理データベース）に記録されている。こうした既存の河川巡視記録の情報を踏まえ、河川飛行ルートを計画、承認ができる機能が求められる。

3) 追跡および運航実施機能

計画した飛行ルートを用いて、自動飛行機能による飛行の実施、リアルタイムに飛行カメラの情報を確認できる機能が求められる。

4) 監視および検知機能

安全飛行のために、リアルタイムに飛行ログの確認、河川に設置されたカメラを用いて機体を追跡する等の機能が求められる。

5) 緊急対応機能

河川巡視で異常を発見した場合、ドローンの飛行の一時停止、カメラの向き、ズームにより現地確認ができる機能が求められる。安全飛行のために、機体の異常時は、予め設定した安全な場所、河川の水部等の場所に着陸させる機能が求められる。

7.1.2. 長距離飛行ドローン

長距離飛行が可能と考えられるドローンは、大きく以下の種類のドローンの利用が想定される。それぞれの特徴を下記に示す。

表 7-1 長距離飛行ドローンの主な種類と特徴

ドローンの種類	特徴	課題
固定翼のドローン	<ul style="list-style-type: none"> ・ 速い速度で、長距離飛行ができる利点がある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固定翼のドローンはゆっくりとした速度で飛行できない。 ・ 高速飛行のため操作が難しい。 ・ 低い飛行高度で写真画像を取得する場合、画像のブレが発生しやすい ・ 離陸と着陸時に滑走路が必要
VTOL(ブイトール)型ドローン	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固定翼と回転翼をあわせたドローンであり、VTOL(ブイトール)型ドローンと呼ばれる。 ・ このドローンは、離陸と着陸時に回転翼を用いることで長い滑走路が必要なく、移動時は固定翼により高速飛行ができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固定翼による飛行時は高速飛行を行う。 ・ 河川巡視に必要な画像や動画を取得できる速度での飛行が求められる。
マルチコプターのドローン(ハイブリッド型)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 複数の電動モーターで構成されたドローンであり、エンジン発電機を使用した電力共有により、長時間の飛行が可能なドローンである。2021 年末時点では、数社の販売、数社の機材の実用化が始まった段階である。回転翼の操作性を確保しつつ、長距離飛行が可能となるドローンである。 ・ 回転翼のドローンは、固定翼に比べゆっくりとした速度で飛行できるため、操作性が高く、低い飛行高度でもブレの少ない画像が取得できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ハイブリッドドローンは、機械サイズが大きくなる。 ・ いくつかのエンジンモータは、騒音が大きい機材がある。河川などハイブリッドドローンを仕様する場合は、騒音にも配慮が必要である。

7.2. AI

7.2.1. 現状と課題

ドローン河川巡視にAI（物体検出モデル）を活用する場合、モデルについては日進月歩で精度の高いモデルが次々と出ているため、解析者の有する計算リソースに応じて導入時点で最適なモデルを選択することが望ましい。

一方で、そのモデルを学習させるための教師データは十分にあるとは言い難い。教師データは、多岐に渡る大中小細の巡視項目に応じて大量の画像を準備する必要があるが、発生頻度が低い巡視項目は、十分な画像データを揃えることが困難となる。

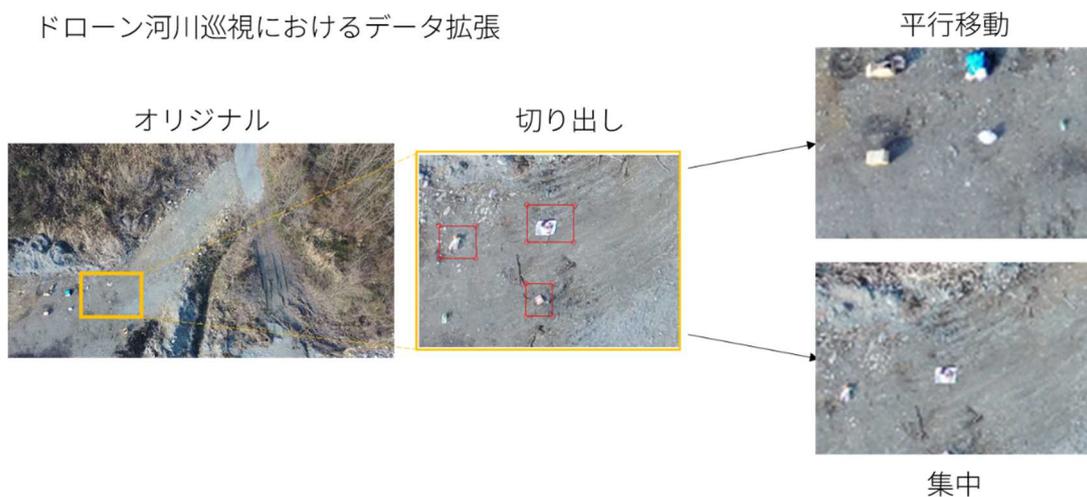
7.2.2. 教師データの充足

① データ拡張

データ数の不足を補う手法として、データ拡張（Augmentation）が挙げられる。画像を反転・回転させることでデータを増やすことができる。ドローン河川巡視AIの学習においては、検知したい対象を中心に、平行移動と組み合わせながら切り出して画像を増やすことも有効である。使用するAIモデルごとに、有効な画像数は異なるため、データ数は一概には決定できないが、考慮してデータ数を収集する必要がある点に注意する。

【具体例】

ドローン河川巡視では、ある程度の高さから広範囲を撮影するため、画像内にさまざまな背景が含まれる。画像を切り出した際の背景が異なるので、AIにとっては過学習しづらいデータとなると考えられる。よって、対象物周辺を切り出した際、平行移動した画像や、対象物をそれぞれ中心とした画像などを生成することができる。



② 他の撮影画像の活用

ドローン河川巡視中に撮影されることがない対象の特徴を補うため、他のドローンによって撮影された空撮画像や、RiMaDIS に蓄積されている地上画像を利用することが挙げられる。ただし、一般的に、AI が異なる対象を異なる条件で学習する場合、さらに多くのデータを必要とするため、ある程度 AI にとって似通った画像を利用することが望ましい。

【具体例 1】

下図はデータ以外を同条件で学習した AI の推論結果を示す。左上は対象が見切れており、今回は検知対象に入れていない。黄色四角が検知範囲を、数字が AI の自信度を示す。

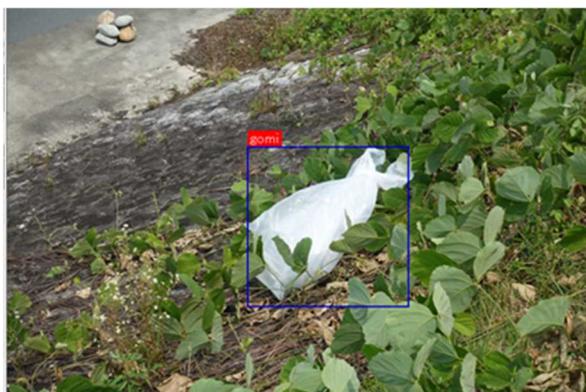
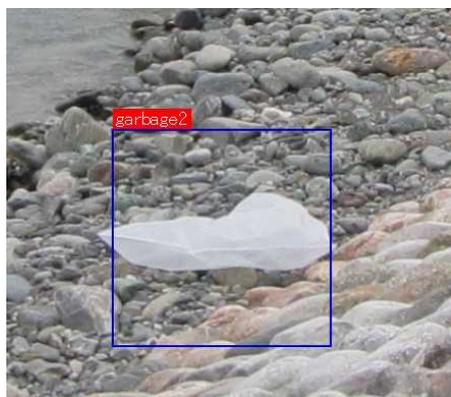
左図の少数の空撮画像のみでは、左のゴミ袋の半分しか検知されておらず、自信度も低い。右図の地上画像を加えた結果では、ゴミ袋、ペットボトル、雑誌が検知されており、自信度も高くなっている。これは、地上画像に多く含まれるこれらの対象の特徴が補完されているためと考えられる。ただし、単純に地上画像を追加した場合、大きく性能低下することも確認されている。上記で追加した上画像は、比較的軽量の深層ネットワークによって選定した、空撮画像と同クラスに分類された地上画像を使用している。



左：少数の空撮データのみで学習した AI，右：空撮画像に地上画像を加えた AI

【具体例 2】

・ 地上撮影写真



白いビニール

・ RiMaDIS 登録写真



発泡スチロール



黒いビニール

③ システム整備

十分な数の教師データを揃えるためには、河川別や事務所別でなく、全国統一でルールとシステムを整備して収集・蓄積していくことが重要となる。将来的には、河川名や時期などのメタデータにより、統合可能なデータベースが構成され、各河川データをセグメントごとに抽出・学習したセグメント AI や、それらを統合学習することで得られる統合 AI モデルの生成が可能になり、自動で撮影された莫大な追加データを、自動的に学習・改善を繰り返すことが可能になる。

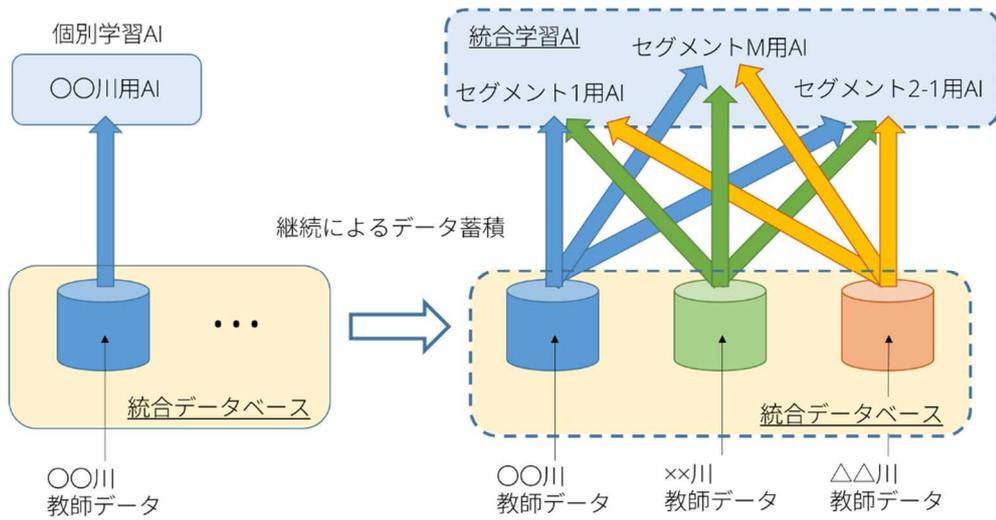


図 7-4 将来的な河川巡視 AI の統合学習

7.3. ドローン河川巡視の将来像（実装に向けた役割分担）

本手引きで対象とする L2 までの河川巡視は、従来手法の河川巡視業務と同じく、河川事務所/出張所単位で実施する。各事務所でドローン河川巡視を実行するため、データ取得機能・データ解析機能を有するシステム整備やその運用ルール作りは全国統一（または地方整備局単位）で実施することが望ましい。

上記システムの運用やデータ登録は、河川事務所/出張所および委託先の巡視業者が実施する。当面は、巡視項目自動検出モデルやそのための教師データも河川事務所別に作成する。L3 以降ではドローン河川巡視が中心となり自動化が進むため、データ取得は出張所や事務所の管理境界をまたいだ巡視ルート設定も可能となる（巡視記録は自動的に出張所に関連付け）。L3 以降では全国の事務所で作成された教師データが蓄積するため、それら大量の教師データを活用することにより、汎用的な巡視項目自動検出モデルの作成が可能となる。（図 7-5）

各レベルでの実施内容を表 7-3 に示す。

表 7-2 ドローン河川巡視の役割分担

	データ取得		データ解析	
	システム整備	システム運用 データ・機体管理	システム整備	システム運用 データ・モデル管理
L1	全国	事務所	（一部事務所で試行）	
L2	全国	事務所	全国	事務所/全国
L3	全国	事務所/全国	全国	事務所/全国
L4	全国	事務所/全国	全国	事務所/全国
L5	全国	全国	全国	全国

7.3.1. 全国統一で実施すべき事項

- ドローン河川巡視支援システム整備
 - ◇ データ取得機能
 - ◇ データ解析機能
- 河川巡視規定改定
- ドローン河川巡視マニュアル整備
- 河川巡視項目の選定
 - ◇ 河川巡視項目の自動検出モデルを、ドローン河川巡視支援システムで作成

7.3.2. 河川事務所別で実施すべき事項

- 河川巡視項目の選定
 - ◇ 河川巡視項目の教師データを作成し、ドローン河川巡視支援システムに登録
 - ◇ 自動検出モデルから、自動抽出できる河川巡視項目を選定
- 河川巡視計画の策定
 - ◇ 巡視計画に基づきフライトプランをドローン河川巡視支援システムに登録
- 機体等の調達、整備
- 航空局等への申請
- 現場でのドローン河川巡視

表 7-3 L1, L2 開始時点までに整備すべき内容

実施項目		L1開始前	L1	L2	L3以降
全 国 河 川 巡 視 支 援 シ ス テ ム 整 備	FP作成・実行	空撮フライト		市販自律飛行システム(DJI GO等)を利用 (河川事務所で個別に実施) ※ただし一部要件の機能は不足	専用システム開発
		巡視フライト			
	オンライン飛行				
	・プロボ				
	・LTE通信網				
	オフライン飛行				
	SDSP:電波マップ				
	SDSP:3Dマップ				
	安全管理機能				
	飛行前:地表・障害物衝突回避				
	安全管理機能				
	飛行前:飛行計画干渉				
	安全管理機能				
	飛行中:無人機衝突検知				
	安全管理機能				
飛行中:有人機連携					
任意機体への対応					
河川空間の共有利用の考慮					
ド ロ ー ン 河 川 巡 視 支 援 シ ス テ ム 整 備	空撮フライトからの変化領域の自動抽出 (砂州堆積、樹木繁茂など)	教師データ作成 AIモデル学習 AIモデル推論		業務委託を想定	
	空撮フライトからの変化領域の位置推定				専用システム開発
	巡視フライトからの異常箇所 (不正工作物、河岸の状況、危険行為など)	教師データ作成 AIモデル学習 AIモデル推論		業務委託を想定	
	巡視フライトからの異常箇所の位置推定				専用システム開発
	RiMaDIS連携				
	教師データ作成ルール化		データ仕様策定		
	教師データ蓄積システム化		ストレージ準備		
	河川巡視規定改定		河川巡視規定改定		
	ドローン河川巡視マニュアル整備		ドローン河川巡視マニュアル整備		
	河川巡視項目の選定		河川巡視項目の選定		
事 務 所	河川巡視計画の策定		河川巡視計画の策定		
	機体等の調達、整備		機体等の調達、整備		
	航空局等への申請		航空局等への申請		
	現場でのドローン河川巡視		現場でのドローン河川巡視		

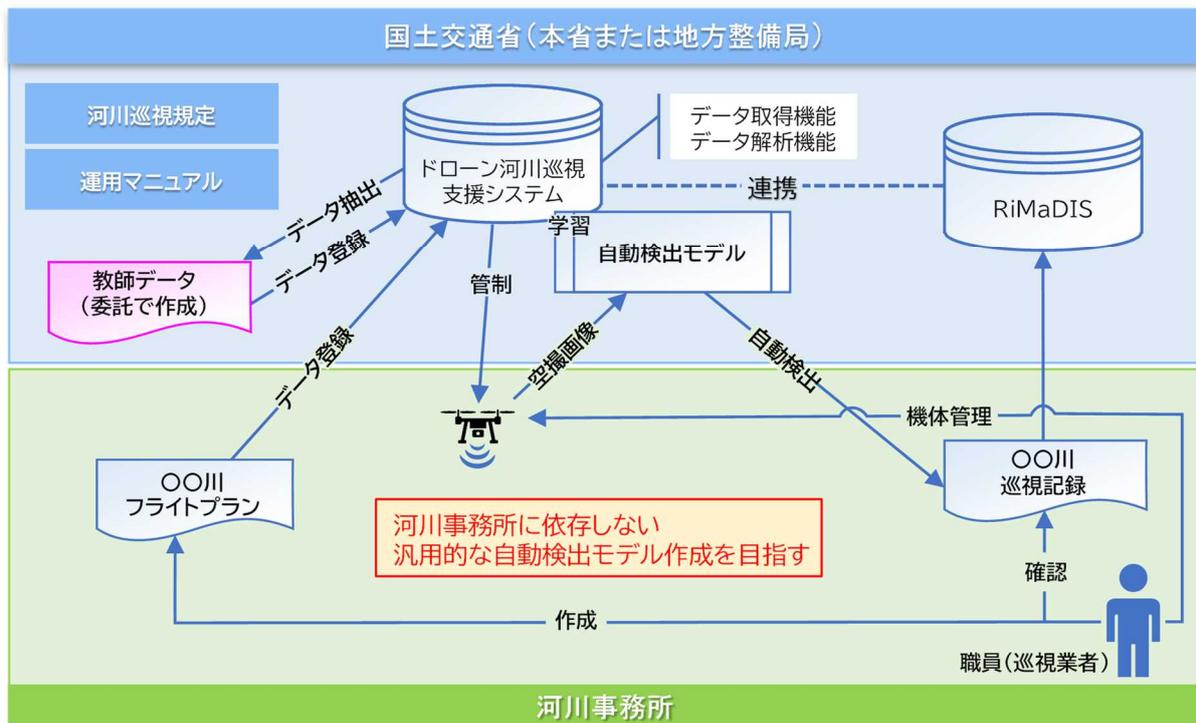


図 7-5 ドローン河川巡視の実施体制案 (L2 時点想定)

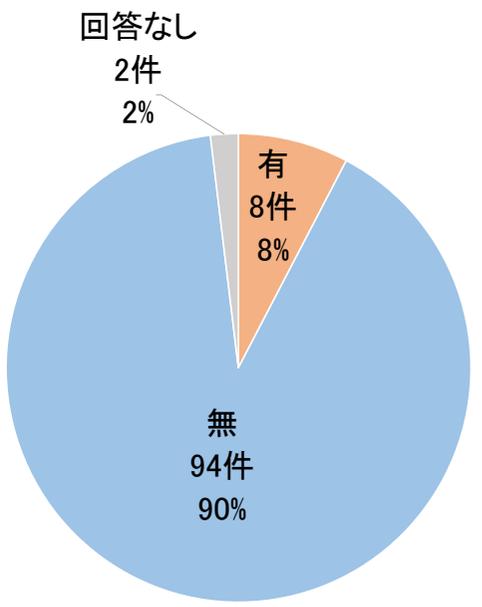
(参考)事務所独自マニュアルの整備状況

・ 独自のマニュアルが整備されている事務所は約1割となっている

※令和6年6月末時点

表 UAV活用にあたっての事務所独自マニュアル整備状況

No.	整備局	作成事務所	マニュアル名	目的
1	東北地方整備局	東北技術事務所	UAV による河川調査・管理への活用の手引き (案)	今後の河川維持管理への活用が増加する可能性を踏まえて、河川管理に携わる職員が、UAVを活用する民間業者に適切な指示を可能とすることを目的とする
2	北陸地方整備局	北陸技術事務所	UAVを活用した出水後河川巡視の手引き (案)	UAVを活用することにより、作業の効率化や不可視箇所の状況把握等、巡視作業の効率化を図ることが期待されることを踏まえて、出水後の河川における UAV の活用を促進することを目的とする
3		千曲川河川事務所	緊急時の河川巡視におけるUAVの活用手引き(案)	出水後等の緊急を要する点検において、UAVを安全かつ有効に活用していくことを目的とする
4	中部地方整備局	浜松河川国道事務所	天竜川下流におけるUAV河川巡視マニュアル (案)	天竜川下流管内の河川特性を踏まえた、UAV を活用した河川巡視の実施方法及び留意点を定め、活用することを目的とする
5	近畿地方整備局	木津川上流河川事務所	赤外線カメラ搭載ドローンの運用手順書 (案)	赤外線カメラ搭載ドローンを用いた出水時巡視の手順等について、実証実験で得られた結果をもとに取りまとめたものであり、出水時巡視手法の一選択肢として、適用可能な条件下で活用することを目的とする
6			木津川上流管内ドローン河川巡視計画 (案)	地形や河川の特性を踏まえ、UAVを用いた効率的な河川巡視計画を実施することを目的とする
7	中国地方整備局	三次河川国道事務所	無人航空機の使用に関する運用方針	目的は下記のとおりとする 1. 事故・災害時における被災状況の把握 2. 平常時における管理施設の状況把握 3. 事業広報、操作訓練等
8		浜田河川国道事務所	UAVを用いた平常時の河川巡視及び堤防点検マニュアル (案)	UAV を活用し河川巡視・堤防点検を効率的かつ効果的に行うことを目的とする
9	四国地方整備局	那賀川河川事務所	無人航空機貸出マニュアル (案)	業者に貸出す場合の手順をまとめ、適正なドローン貸与を目的とする
10			無人航空機運用マニュアル	常時または災害時における飛行調査等について、安全かつ効果的な運用に資することを目的とする



※事務所単位 (104 件) で集計

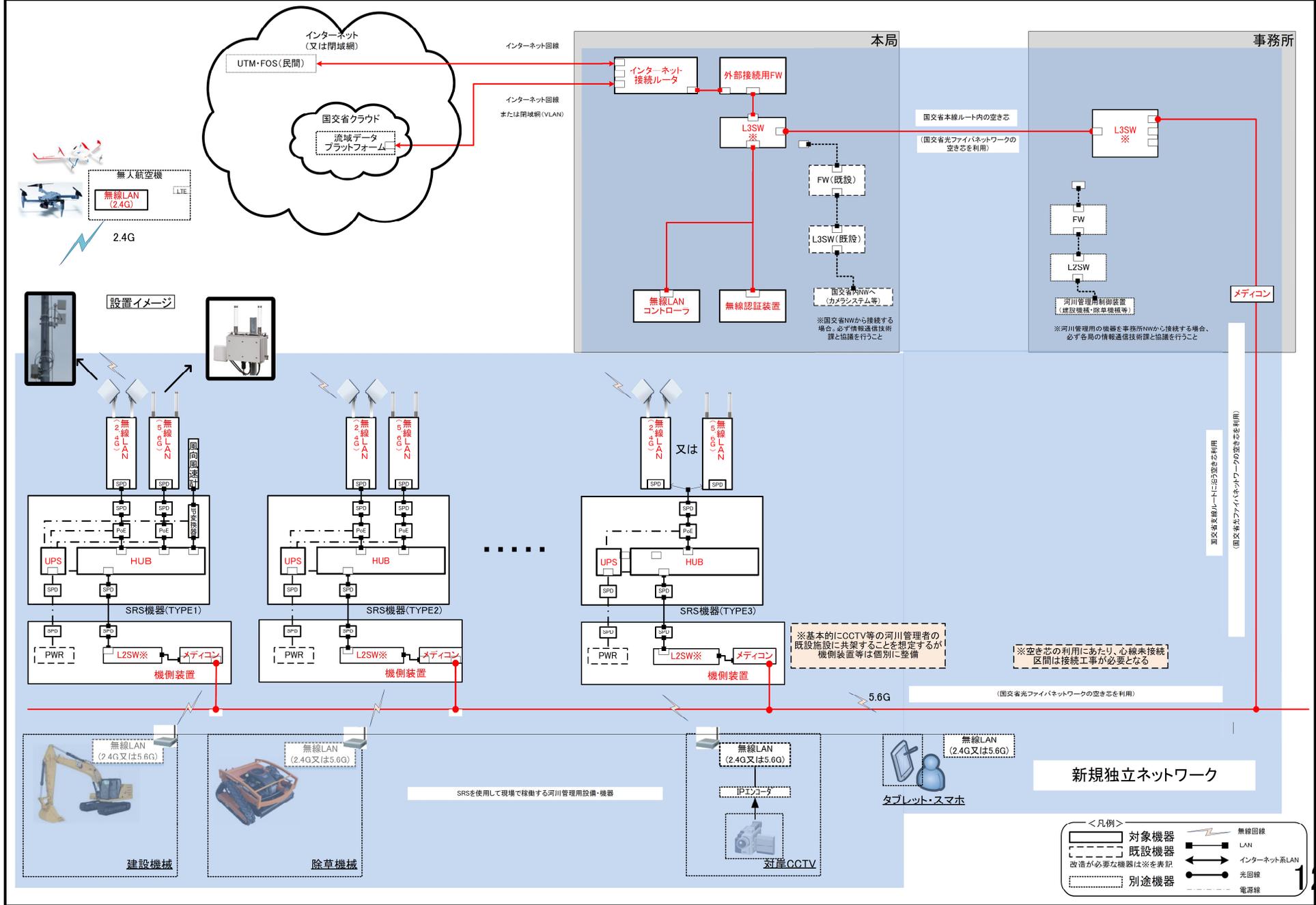
図 独自マニュアル整備の有無

(参考)事務所独自マニュアルの整備状況

No.	整備局	作成事務所	マニュアル名	実施内容	課題
1	東北地方整備局	東北技術事務所	UAVによる河川調査・管理への活用の手引き(案)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 平常時の維持管理 <ul style="list-style-type: none"> ・横断形状把握 ・河床洗堀調査 ・植生調査 ・土堤形状調査 ・護岸調査 ・水質調査 ・漏水調査 ・礫径調査 ■ 緊急時(洪水時等)の維持管理 <ul style="list-style-type: none"> ・出水時の情報収集 ・被災現場状況の早期把握 	-
2	北陸地方整備局	北陸技術事務所	UAVを活用した出水後河川巡視の手引き(案)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 出水直後の活用 <ul style="list-style-type: none"> ・水際部(堤防又は河岸)を対象に被災の有無を迅速に把握する ■ 水位低下後の活用 <ul style="list-style-type: none"> ・見えにくい低水護岸等の河岸部や橋梁付近を対象に、異常の有無の把握とともに、具体的に被災状況を把握する 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 墜落の要因の1つとしてバッテリー切れ等のバッテリーに依存
3	北陸地方整備局	千曲川河川事務所	緊急時の河川巡視におけるUAVの活用手引き(案)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 現地調査の実証実験にて緊急時の河川巡視で評価すべき施設及び機能の状態を確認 以下に事例を示す <ul style="list-style-type: none"> ・河道の流下能力の把握及び河道変化 ・河床の状況、根固工の変状確認 ・護岸/剥離 ・河道の河岸浸食 ・土堤/樹木の進入 ・護岸(低水護岸)張ブロック端部の変状 ・河道の河岸浸食(応急復旧箇所) ・河川構造物及び護床工 	<ul style="list-style-type: none"> ■ UAVでの緊急巡視の安全性及び操縦者の技量差、定点での安定したデータ品質確保が課題 ■ 緊急時に活用できるよう安全な飛行ルートへのテストフライト確認及び飛行ルート図の作成必須 ■ バッテリー自体の技術革新が課題
4	中部地方整備局	浜松河川国道事務所	天竜川下流におけるUAV河川巡視マニュアル(案)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 高所や人が接近困難な場所で撮影が可能(危険箇所の巡視可能) ■ 施設の俯瞰的な視点、面的な撮影が可能 ■ オルソ画像や3Dモデルによる経年変化把握が可能(巡視の高度化) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 気象条件、日射条件、障害物・墜落リスクの回避、離陸・着陸場の条件、電波条件、他の航空機との飛行調整
5	近畿地方整備局	木津川上流河川事務所	赤外線カメラ搭載ドローンの運用手順書(案)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 出水時巡視の活用 <ul style="list-style-type: none"> ・移動時間の短縮や巡視員の安全確保 ・遊水地内に立ち入る人の発見 ・ドローンを自律飛行させることにより、従来の半分の体制での巡視 ・異なる場所にいる関係者間で現場状況を共有 ・ドローンに併載するスピーカーから呼びかけでき避難要請が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 飛行速度が速く、人を見つけることが難しい ■ UAVの位置と人の有無を把握しにくい ■ 暴風雨の中の飛行で、バッテリー不足になる ■ 雨の中で、雨具を装着している場合は、赤外線カメラで判別しにくい
6			木津川上流管内ドローン河川巡視計画(案)	<ul style="list-style-type: none"> ■ ドローン空撮画像から判読可能と予想される対象・規模の選定している 以下に予想される大項目の事例を示す <ul style="list-style-type: none"> ・維持状況 ・違法行為 ・空間の利用 ・自然環境 ・出水時巡視 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 機体制御時に使用する電波の使用条件 ■ 民法の土地所有権に関連する事項
7		三次河川国道事務所	無人航空機の使用に関する方針	<ul style="list-style-type: none"> ■ 被災時、平常時、操作訓練時の運用 	-
8	中国地方整備局	浜田河川国道事務所	UAVを用いた平常時の河川巡視及び堤防点検マニュアル(案)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 平常時の巡視 <ul style="list-style-type: none"> ・河川内の不法占用 ・石張護岸部のゴミ/塵芥 ・コンクリート擁壁継目部の段差 ・河道内の堆積土砂 ・瀬切れの状況 ・樹木の繁茂 ・根固めブロックの流出/落ち込み ・転落防止策の破損/流失 ■ 平常時の点検 <ul style="list-style-type: none"> ・河道内の樹木繁茂状況 ・河道内の土砂堆積状況 ・根固めブロック部分的落ち込み ・コンクリート擁壁継目部の段差 	<ul style="list-style-type: none"> ■ UAV巡視の弱み <ul style="list-style-type: none"> ・雨や強風など気象条件により使用不可 ・巡視・点検開始までに準備時間が必要 ・音や臭いといった視覚以外の情報がない ・河川利用者との会話ができない ・ゴミの回収など軽作業ができない ・変状を計測することができない
9			無人航空機貸出マニュアル(案)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一定の飛行能力があるかどうかの確認を行い、確認できた者に貸与 	
10	四国地方整備局	那賀川河川事務所	無人航空機運用マニュアル	<ul style="list-style-type: none"> ■ 平常時の飛行調査等 精度や迅速性を必要としない定性的調査 ■ 災害時の飛行調査等 台風や土砂災害、雪崩等の一般的な事象を対象に適用する ■ 職員(操縦者を含む)の操縦技量の維持・向上 ・機体メンテナンス ・操作訓練 ・操縦者候補講習 ・外部団体との操縦者育成訓練 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 天候の急変(豪雨や雷) ■ 鳥類や他のUAV等の接近 ■ 航空機への接近 ■ 機体の異常動作 ■ バッテリー残量の減少 ■ GNSS衛星の捕捉数5個以下

(参考) SmartRiverSpotの全体構成図と対応周波数帯

SmartRiverSpot(SRS)全体構成図 (光ファイバーに空芯が無い場合)



対応周波数帯の留意事項

現在対応可能な周波数帯は2.4GHz帯、5.2GHz帯、5.3GHz帯、5.6GHz帯である。それぞれの留意点を記載する。

周波数帯	留意点	屋外利用※3
2.4GHz帯	➤ 一般的なWi-fiと同じ帯域のため都市部では干渉のリスクがあり、電波伝搬調査をした上での使用が望ましい。	○
5.2GHz帯	➤ 屋外での利用には、アクセスポイント（及び中継器）を総務省総合通信局への登録が必要※1 ➤ 人工衛星通信や気象レーダーと周波数を共用又は隣接しているため機器の制限や場所の制限、及びアンテナ仰俯角の調整等が求められる※1	△ (条件付き)
5.3GHz帯	➤ 屋外利用不可※1	×
5.6GHz帯	➤ 5.6GHz帯はレーダーと共用しているため、レーダーを検知した場合に自動的にチャネルの送信を停止するDFS（Dynamic Frequency Selection）機能の具備が必須。※2 ➤ 5.6GHz帯は、2.4GHzと比較して周波数が倍程度で通信距離が短くなる特徴がある。	△

※1 総務省 電波利用ホームページ 無線LANの屋外利用について：https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan_outdoor/index.htm

※2 無線LANにおける5.6GHz帯周波数の上空利用に関する調査検討会 無線LANにおける5.6GHz帯周波数の上空利用に関する調査検討報告書（概要版） 令和3年3月：https://www.soumu.go.jp/main_content/000746105.pdf

※3 現状5GHz帯でドローンの飛行が可能な帯域は5.7GHz~5.8GHzである。ただし、周波数再編アクションプラン（令和5年度版）によると、5GHz帯（5.2GHz/5.6GHz）及び6GHz帯の無線LANが使用している周波数について、他の無線システム等への混信を防止しつつ、上空における更なる利用拡大を図るための検討を行い、令和5年度末頃から、順次方向性をとりまとめる方針としている。

飛行レベルごとのドローン航路活用想定

- ドローン航路においてはレベル3以上での飛行を対象としてサービスを提供する。
- 飛行する空間は150m未満を前提とする。※1 ※2

項目		レベル2	レベル3	レベル3.5	レベル4
対象機体			航路の要件として登録されたマルチローター、シングルローター、固定翼機※3 機体重量について、25kg未満、以上両方を含む		
飛行形態	概要	目視内での飛行	無人地帯における補助者なしかつ目視外の飛行	追加の安全要件を課す代わりに、レベル3に求められる立入管理措置を撤廃して飛行	有人地帯での補助者なし目視外飛行
	範囲	目視内	目視外	目視外	目視外
	立入管理措置	要否 内容	必要 立入管理措置として以下を実施。 ・ 補助者の配置 ・ 看板による周知 ・ 一時停止等	必要 従来の立入管理措置の代わりに以下の事項を実施。 ・ 操縦ライセンスの保有 ・ 保険への加入 ・ 機上カメラによる歩行者等の有無の確認	不要 立入管理措置を行わず、以下により安全性を担保。 ・ 第一種機体認証 ・ 一等操縦ライセンス ・ 個別に運航管理体制を審査
許可・承認申請		不要	要	要	要
ドローン航路の対象					将来的に対象化

※1 150m以上を飛行する場合には、有人機関係者との調整が必要であり、ドローン航路を用いた方法については将来の論点
 ※2 なお、中山間地域の谷間等において一時的に地表面から 150m 以上となる空域については、低高度空域同様にドローン航路の整備は可能
 ※3 固定翼機を対象とした航路の画定に関する安全性については、継続的に議論

飛行レベルごとのドローン航路活用想定(詳細)

□ ドローン航路の整備により、立入管理区画の管理が容易になり、レベル3.5以上においても許可・承認申請時に活用できる情報が整理されるため運用を簡素化できる。

	レベル3	レベル3.5	レベル4
飛行形態	第三者が存在する可能性が低い場所※1 における、補助者を配置しない目視外飛行 (※1 山、海水域、河川・湖沼、森林、農用地、ゴルフ場又はこれらに類する場所)	レベル3と同じ	有人地帯での補助者なし目視外飛行
航空法における必要な許可申請	無人航空機の飛行に関する許可・承認手続きの審査要領5-4の要件を満たすこと (主に、対地上リスク) <ul style="list-style-type: none"> 立入管理措置を講じること (=あらゆる手段をもって第三者の立ち入りを制限できること。看板設置や一時停止を実施) 飛行経路は第三者が存在する可能性が低い場所を設定すること (主に、対空中リスク) <ul style="list-style-type: none"> 飛行する場所に応じて、有人機関係者と調整を実施すること 	以下の追加安全措置を講じることにより、従来の立入管理措置を撤廃して飛行することができる。 <ul style="list-style-type: none"> 操縦ライセンスの保有 保険への加入 機上カメラによる歩行者等の有無の確認 	立入管理措置は講じないが、許可・承認申請を実施して飛行することができる。 <ul style="list-style-type: none"> 第一種機体認証 一等操縦ライセンス 適切な運航管理体制
ドローン航路導入により達成される運航	<ul style="list-style-type: none"> 機体の性能等に応じて、飛行高度、速度、経路等の飛行条件を課すことで、使用する機体が立入管理区画を逸脱しないことを保証する。 地上関係者・地方自治体との調整が実施済みの空間を飛行するため、異常時・平時共に飛行経路が明確となり、第三者の立ち入りを制限することが可能。 (※2 ドローン航路はその経路以外を飛行することを妨げたり、その経路を占有的に使用したりするものではないため、付近を飛行する有人機などの空中リスクに応じて動的に変化することが可能。) 	<ul style="list-style-type: none"> 複数の地上関係者・地方自治体と事前調整を行うことで、より広範囲を事業のために安全を担保して一時停止など効率性に影響を及ぼさずに飛行が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 許可・承認申請を行う際に、飛行ルート、時間、飛行させる機体の情報を提示するが、ドローン航路側にも同様の情報が入力されているため、同一の航路については複数回申請及び確認がなくなる観点で申請作業の簡素化が可能。 グランドリスク対策がされている航路を飛行するため、適切な運航管理体制の申請及び審査の簡素化が可能。

※将来的な論点であり、現時点では想定を記載

※1 出典：航空局資料 [プレゼンテーションタイトル \(mlit.go.jp\)](http://mlit.go.jp)

※2 出典：デジタルライフライン全国総合整備計画本文 [keikaku.pdf \(meti.go.jp\)](http://keikaku.pdf (meti.go.jp)) の5.2.2節

• GCS (Ground Control Station) : 地上管制局

ドローンを人間が制御するための設備を提供する陸上や海上のコントロールセンター。ドローンの位置、経路、速度などを管理し、安全で正確な運用をサポートする。

• FOS (Flight Operation System) : 運航管理システム

モバイル通信を用いて機体の制御を行い、ドローンの遠隔制御や長距離飛行、リアルタイムの映像配信を可能とするシステム。

• UTM (Unmanned Aerial System Traffic Management) : ドローン運航管理システム

UTMIは、UAS (Unmanned Aircraft System: 無人飛行システム) による運航 (Traffic) を管理・調整 (Management) する仕組みを示す。

UASは、無人航空機を管理・制御するシステムの総称。UASのサービス提供者は、USS (UAS Service Supplier) と呼ばれる。

UTMIは、広義の意味ではUTMSアーキテクチャ全体を示す。

ドローンの飛行を安全に管理するためのシステムであり、飛行ルートの計画、現場の安全確認、飛行リスクの管理をサポートし、事故の予防や運航の品質向上を図る。

UTMIは、UTMプロバイダが運用して、主にドローンのオペレータに対して様々な情報を用いて空域管理や飛行計画策定などの運航支援を行う。

• GNC (Guidance Navigation and Control) :

障害物を回避し自ら軌道計画を実時間で実行しながら飛行できるガイダンス (誘導=G)、ナビゲーション (航法=N)、コントロール (制御=C) のハードウェアとソフトウェアの一体システム。

GNCの3要素は完全自律制御飛行のためのコア技術であり、自律飛行における頭脳部として今後急速に進化を遂げていくものと思われる。特に、物流ドローンや災害対応ドローンに見られるように自律制御飛行のレベルが高度化して目視外飛行かつ長距離飛行となると、GNCが決定的な飛行性能を決める。

• DIPS (Drone/UAS Information Platform System) : ドローン情報基盤システム

DIPSは、無人航空機の各種手続きについて、利用者の利便性向上、処理の迅速化を実現するために整備し、オンラインでの申請を可能としている。

• FC (Flight Controller) : ドローン飛行を総合的にコントロールする制御基板

ドローンの姿勢制御、飛行パラメータの監視、モーターの制御などを管理し、ドローンの安定した飛行を実現するために重要な役割を担っている。

ドローンを安定して飛行させるためには、ドローンに搭載した各種センサーからリアルタイムに情報を収集して機体を制御する必要がある。

例えば、1m/sの向かい風が吹いている環境下でセンサー情報を取得せずに制御した場合、機体を向かい風と同じ1m/s程度で前進させると向かい風と相殺されて前進することができない。

それどころか、何もしない（操縦入力をしていない）と向かい風によって機体が後方に流されてしまったり、高度が一定に保てなかったりと不安定な飛行となってしまう。

各種センサーから情報を収集して飛行すれば、向かい風が吹いた環境の中、操縦入力をしていない状況でもその場に留まり続けることができる（留まり続けようとする）。

また、1m/s程度の操縦入力でも移動させた場合も、風速を認識することで1m/s程度の速度で前進させることが可能になる。

自動航行時においても同様に設定された速度や位置、高度に対して機体の情報を収集し、フライトコントローラーによって設定した飛行通りに飛行制御を行う。

メーカーによって、独自開発のフライトコントローラーが搭載されていることがもあるが、国産機として流通しているドローンの多くはオープンソース（PX4やDronecode等）を採用している。

DJIやSkydio、ACSLなどが採用する独自開発のフライトコントローラーは、ブラックボックス化されているものがほとんどである（一部開発領域（SDK）が開放されていることもある）。

- **SfM (Structure from Motion) 解析 :**

 - ドローンによる空撮写真から三次元点群データを得る自動作成手法**

 - 撮影地点を少しずつずらしながら撮った複数の写真から特徴点を抽出して、3次元構造を復元して計測対象物の三次元点群データを得る。

- **DSS (Discovery and Sync Service) :**

 - DSSは、インターネットにおけるDNSのように各USS間で通信を行いリモートIDを実現する。

 - DSSは、UTMの統合に重要な部分だが、以前はGoogle (Wing) とAmazonで実現方式が異なっていた。

 - 現在は、ASTM国際標準によって、「DSS」として共通化・標準化されている。

- **UAS (Unmanned Aircraft System) : 無人航空システム**

 - UASにはドローンが含まれるが、単にドローンと言った場合、UASの機能に限定せず、クアッドコプターやマルチコプターなどの機体を指すことがある。