

### 3. 上野遊水地における実証実験結果について

---

1 p	もくじ	26 p	実験結果報告（実フィールドにおけるドローン活用効果の確認）
2 p～4 p	出水時巡視の現状と課題と解決方法 が期待される技術の紹介	27 p	出水時巡視の試行ケース
5 p	従来巡視の実態	28 p	現行巡視の再確認
6 p	実用化プロセスと実験内容	39 p	参考 ドローン飛行コース
7 p	使用機器の説明	30 p～32 p	夜間巡視の試行結果
8 p	実験結果報告（人の検出）	33 p	今後の確認事項
9 p	設定条件1 被写体		
10 p	設定条件2 高度・角度		
11 p	設定条件3 識別基準		
12 p	実験結果 昼間 被写体の見え方		
13 p	実験結果 夜間 被写体の見え方		
14 p	実験結果まとめ 被写体の見え方		
15 p	実験結果 昼間 高度別		
16 p	実験結果 昼間 角度		
17 p	実験結果 夜間 堤防上		
18 p	実験結果まとめ 高度別・角度別		
19 p	参考 高度・角度とピクセルについて		
20 p	実験結果 昼間 速度		
21 p	実験結果の総括		
22 p	ドローン巡視を含めた、条件別の巡視方法		
23 p	条件別の巡視方法の有効性のまとめ（時間短縮・網羅的）		
24 p	参考 出水時のドローン飛行可能の割合（強風のみ）		
25 p	実験を行ったことで顕在化した課題・留意点等		

2p～7p	課題と実現へのプロセスにおける現在の状況
8p～25p	現地実証実験結果 ・被写体の見え方 ・ドローンの高度、カメラ角度、速度 ・最適方法の抽出 ・その他、課題等の整理
26p～p32	現地実証実験結果 ・試行巡視の実験結果
33p	今後の実証実験内容

# 上野遊水地における出水時巡視の現状

出水時、遊水地内を巡視し、発見した遊水地内に居る人を遊水地外へ退出を呼びかける。巡視1班では、職員2名体制で、以下の8か所を巡視する。

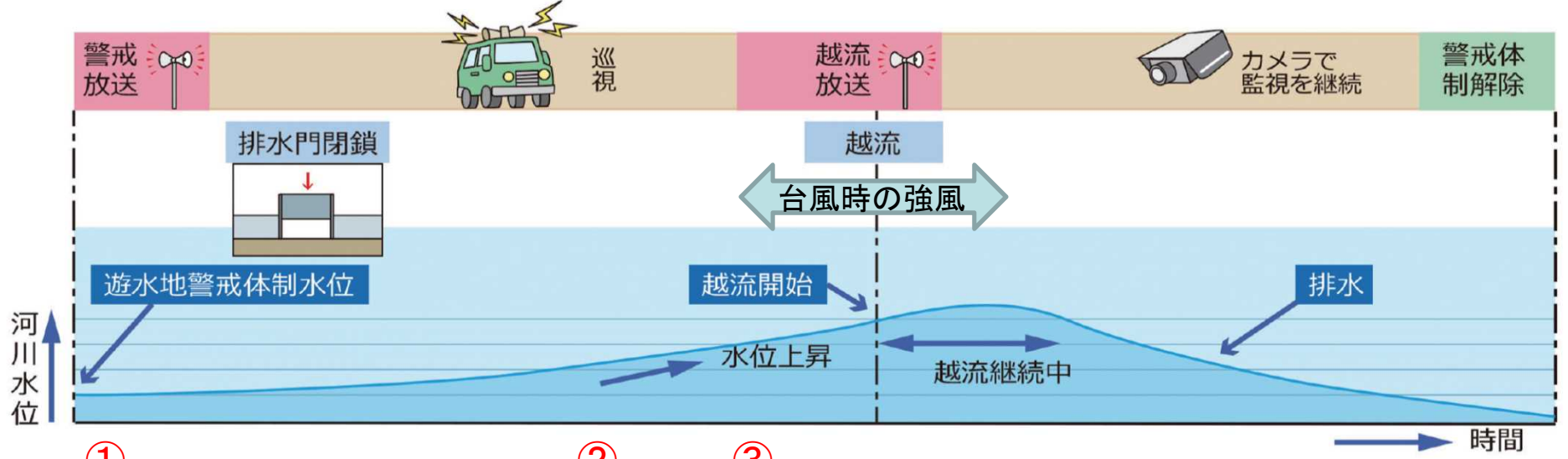


- (1班あたり) ■遊水地追い出し作業 60分
- 上記作業後、排水門の操作時に現地確認
- 閉操作時 15分×3箇所
- 開操作時 15分×3箇所

※同様の作業を2班体制で実施(巡視2班は、別の遊水地2箇所で作業。確認対象の排水門は2箇所)

# 上野遊水地における出水時巡視の現状

- ◆ 遊水地内は、平常時は田畑として利用され、遊水地を通り抜ける一般道も存在する。
- ◆ 遊水地に水が流れ込む恐れのある場合は、安全確認のため複数回の巡視を実施している。  
(2人×2班体制の巡視は、1回あたり1時間程度)



① 警戒体制直後の巡視  
(車・人の退出を促す)

水門等施設の巡視 (小田)  
水門等施設の巡視 (木興)  
水門等施設の巡視 (新居)  
水門等施設の巡視 (長田)

② 越流2時間前の巡視  
(車・人の退出を促す)

③ 越流直前の巡視  
(車・人の退出を促す)

各排水門の巡視

出水後巡視 (管内全域)



## <現状の課題>

- ◆ 出水時、遊水地内に残る人の追い出し作業には、広域の移動、人の発見、声掛けに時間を要している。
- ◆ 夜間の遊水地は非常に暗いため、限られた時間内で全域を確認することは難しい。



出水時の巡視体制や巡視時間が限られる中、**追い出し作業の効率化や確実性の向上**が必要。

## <課題解決に期待される新たな技術>

- ◆ カメラ搭載ドローン（機動性に優れ短時間での広域移動が可能、空撮画像の取得による発見の確実性の向上、自律飛行による巡視員の省力化）
- ◆ 赤外線カメラ（暗闇での発見の確実性の向上）
- ◆ スピーカー（切迫度の直接的な伝達、遠隔伝達による巡視員の安全性の確保）



追い出し作業への活用が期待される「各種カメラを搭載したドローン」の**性能や活用効果の確認と、運用上の課題確認を行い実用化を目指す。**

# 【参考】目視による視認距離

## 昼間(小田遊水地)



### <昼間(晴)>

- 肉眼で人を発見できる距離は、個人差があるものの**障害物がなければ400m前後**(周囲堤からの目視で遊水地内を網羅できる距離)
- 雨や霧など**気象条件によっては視認距離が大幅に減少**する可能性
- 特に、動きの確認が識別の決め手

【参考】周囲堤からの目視確認に必要な水平距離  
(周囲堤のみの移動で網羅的な確認が可能な距離)

- 小田遊水地 約300m
- 木興遊水地 約300m
- 新居遊水地 約250m
- 長田遊水地 約150m



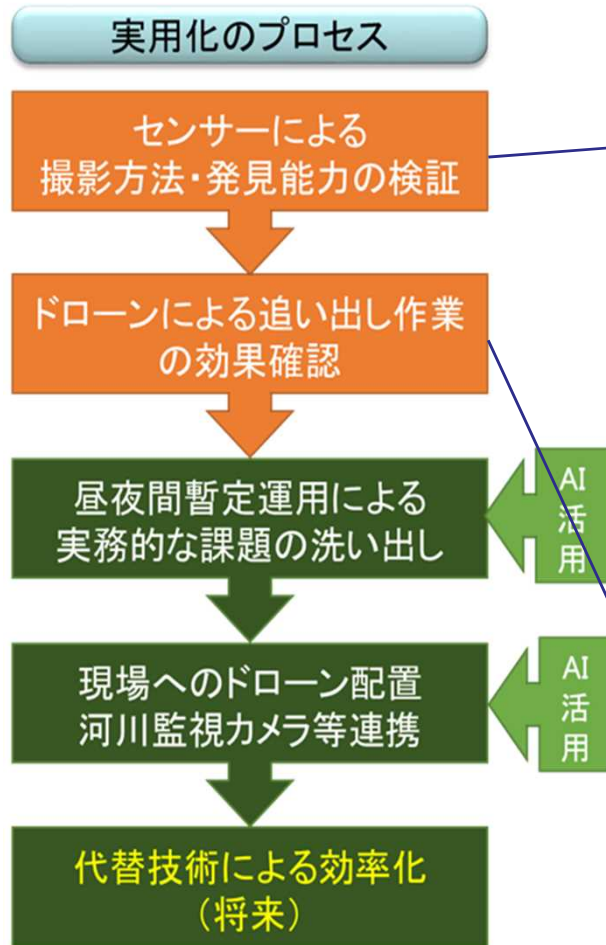
## 夜間(小田遊水地)



### <夜間(晴)>

- 肉眼では照明がないと人を発見できる距離は数m、**懐中電灯を使用しても限定的**
- 車の**ハイビーム使用で100m程度**ただし、照射範囲が狭いため人の発見には様々な方向に車の向きを変える必要があるが現実的でない。

# 実用化のプロセスと各実験の目的・内容



## 目的① 可視カメラ・赤外線カメラを搭載したドローンによる検出能力の確認

- 昼夜別(明暗)・高度別・角度別に撮影した静止画像における判読の可否・程度を確認

## 目的② ドローンによる効率的な撮影方法の確認

- 飛行速度別に撮影した動画における判読の可否・程度を確認

(第1回実験 実施日2020.11.25)

## 目的 実フィールドにおけるドローン活用効果の確認

- ドローンの活用が期待される夜間に、小田遊水地と新居遊水地で「赤外線カメラを活用した巡視」を試行
- 第1回実証実験で得られた撮影方法による「発見しやすさ」や「得られる情報量」から、ドローンの活用効果を確認

(第2回実験 実施日2021.2.8)



# 使用する機器の基本特性

## リアルタイム画像の解像度

- ◆ リアルタイムな画像判読は送信機に伝送された画像を使用
- ◆ ドローン本体(メモリーカード)に記録される静止画像や動画は高解像度の場合でも、伝送データ量の制限により、**送信機に伝送された画像の解像度は低下する場合があります**  
⇒実験で取得した静止画像や動画は解像度を送信機伝送画像の解像度に変換し検証に利用

使用機器		XT2 (Matrice210 RTK V2) 市場流通の多いカメラ
本体内の記録画像	可視静止画像	4000 × 3000 (1200万画素)
	可視動画	3840 × 2160 (830万画素)
	赤外線静止画像	640 × 512 (30万画素)
	赤外線動画	640 × 512 (30万画素)
送信機側画像 (リアルタイム判読に用いる画像の解像度)		1920 × 1080 (200万画素)

ドローン本体 (Matrice210 RTK V2)



送信機 (DJI CrystalSky 7.85インチ)



最大伝送距離 (障害物や電波干渉がない場合) 5km

## 赤外線カメラの特性

- ◆ 光源のない夜間や小雨・霧でも、**物体から放出される赤外線を感知し画像化(温度表示)できる**  
ただし、赤外線が反射しやすい雨天時は感知距離が低下しやすく、表面温度も低下しやすいため、検知精度が低下する場合があります
- ◆ 被写体との**距離が離れるほど赤外線が検知しにくく、温度が低く表現されやすい**





# 第1回実験結果（実験日2020.11.25）

## 目的① 可視カメラ・赤外線カメラを搭載したドローンによる検出能力の確認

- 昼夜別（明暗）・高度別・角度別に撮影した静止画像における判読の可否や難易を確認

## 目的② ドローンによる効率的な撮影方法の確認

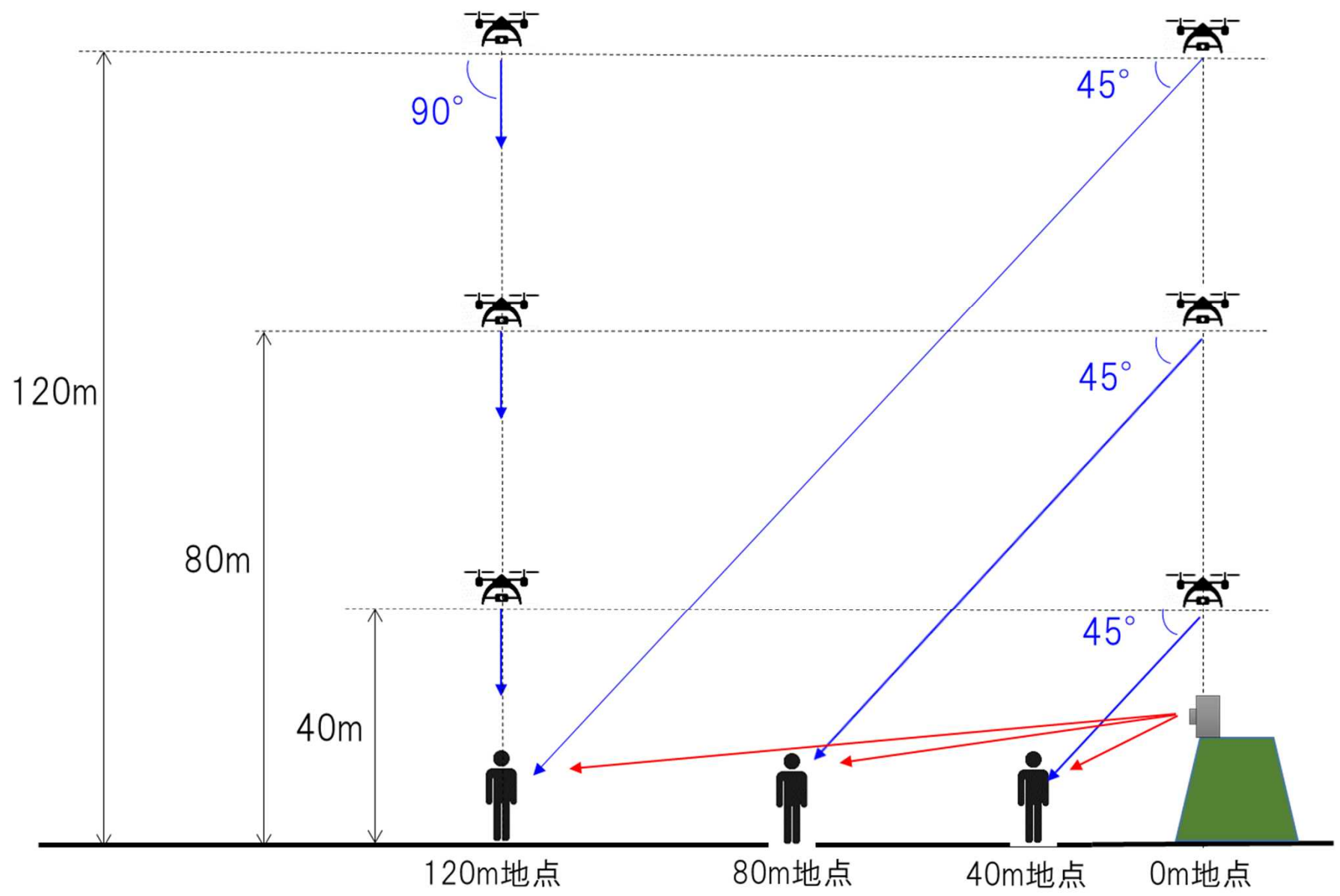
- 飛行速度別に撮影した動画における判読の可否や難易を確認

# 実証実験における被写体のタイプ(設定条件1 / 3)

## 被写体タイプと画像判読で予想される影響

被写体タイプ		可視画像判読	赤外線画像判読
人(長袖・反対色)		● 昼間、周辺環境と反対色のため発見しやすいと考えられる	● 人体の露出が少ないため発見しにくいと考えられる
人(半袖・近似色)		● 昼間、周辺環境と同系色のため発見しにくいと考えられる	● 人体の露出が多いため発見しやすいと考えられる
人(カッパ)		● 昼間、周辺環境と反対色のため発見しやすいと考えられる	● 人体の露出が少ないため発見しにくいと考えられる
人(傘)		● 昼間、上空からの視認面積が広いため発見しやすいと考えられる	● 人体の露出がないため発見できないと考えられる
自動車 (暖機状態)		● 上空からの視認面積が広いため発見しやすいと考えられる	● 周辺に比べ高温域が広い ため発見しやすいと考えられる

# 実験飛行ケース：高度別・角度別のドローン撮影イメージ(設定条件2/3)





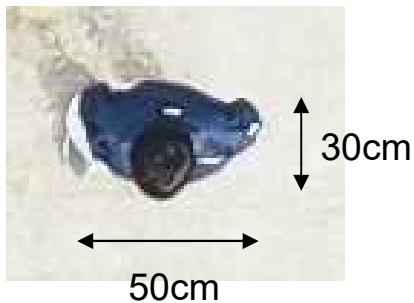
# 撮影画像の識別判定(設定条件3/3)

## ジョンソン基準(画像の識別レベル)

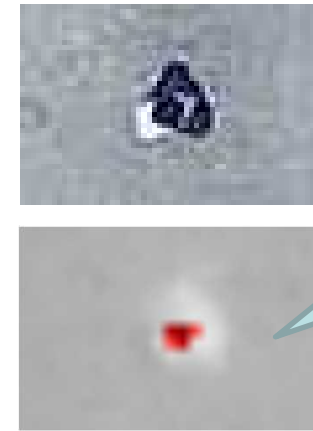
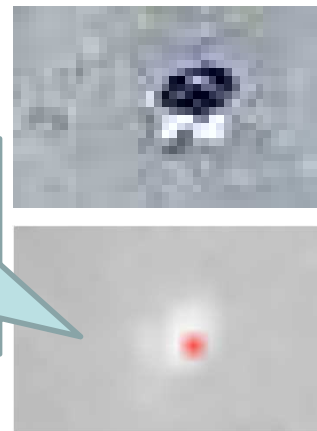
ジョン・ジョンソン、「画像形成システムの分析」、画像インテンシファイアシンポジウム、AD 220160  
(米国陸軍研究開発研究所、バージニア州フォートベルボア、戦争電気工学部、1958年)、244~273ページ

- ◆ 人の発見は「検知」レベル(1ピクセル)でも可能であるが、より高確度で発見するためには、人の温感部が明瞭に表れやすい「認識」レベル以上が望ましい
- ◆ 特に温度差が現れやすい**頭部の認識には4ピクセル以上が望ましい**

識別レベル	人発見 必要ピクセル数	人サイズ(肩幅) 50cm×30cmの場合	人サイズ(頭部) 25cm×25cmの場合
①検知 (物体が存在していることが分かる)	2ピクセル/m	1.0ピクセル×0.6ピクセル 1ピクセル以上	0.5ピクセル×0.5ピクセル 1ピクセル以上
②認識 (物体が何だか分かる)	8ピクセル/m	4ピクセル×2.4ピクセル <b>10ピクセル以上必要</b>	2ピクセル×2ピクセル <b>4ピクセル以上必要</b>
③識別 (物体を区別できる)	16ピクセル/m	8ピクセル×4.8ピクセル <b>39ピクセル以上必要</b>	4ピクセル×4ピクセル <b>16ピクセル以上必要</b>



検知できなくはない  
が温域が平均化され不明瞭



被写体に占めるピクセル数が多いほど頭部の温域が明瞭に表れやすい

# 実験結果(被写体の画像判読): 昼間(高度40m垂直)

【実験結果】 可視画像は被写体と周囲のコントラストが大きいほど、また被写体が大きいのほど発見し易い  
 赤外線画像は被写体と周囲の温度差が大きいほど、また温感域が広いほど発見し易い

被写体タイプ		可視画像判読	赤外線画像判読
人(長袖・反対色)		コントラスト大 	ピクセルサイズ □32.8mm 検出ピクセル数 27/30万 
人(半袖・近似色)		コントラスト小 	ピクセルサイズ □32.8mm 検出ピクセル数 77/30万 
人(カッパ)		コントラスト大 	ピクセルサイズ □32.8mm 検出ピクセル数 18/30万 
人(傘)		コントラスト大 	ピクセルサイズ □32.8mm 検出ピクセル数 0/30万 
自動車 (暖機状態)		コントラスト大 	ピクセルサイズ □32.8mm 検出ピクセル数 126/30万 

# 実験結果(被写体の画像判読): 夜間(高度40m垂直)

【実験結果】 可視画像は全て発見不可

赤外線画像は昼間と同等品質、傘下人物を除き発見可能、昼間に比べ被写体の相対温度が高く発見し易い

被写体タイプ		可視画像判読	赤外線画像判読
人(長袖・反対色)		暗い状態で判読不可	ピクセルサイズ □32.8mm 検出ピクセル数 43/30万 
人(半袖・近似色)		暗い状態で判読不可	ピクセルサイズ □32.8mm 検出ピクセル数 84/30万 
人(カッパ)		暗い状態で判読不可	ピクセルサイズ □32.8mm 検出ピクセル数 29/30万 
人(傘)		暗い状態で判読不可	ピクセルサイズ □32.8mm 検出ピクセル数 0/30万 
自動車 (暖機状態)		暗い状態で判読不可	ピクセルサイズ □32.8mm 検出ピクセル数 1684/30万 



# 実験結果のまとめ(被写体の画像判読)

## 被写体別の検出能力

- 可視カメラは、航空法に基づく**150m以内の高度(伝送画像200万画素程度)**であれば、**夜間(暗時)を除き人や車を発見可能**  
ただし、被写体と周囲のコントラストが小さい場合(右下例)は、発見が難しい場合がある・・・肉眼目視も同様  
コントラストが小さい場合でも、**赤外線カメラの併用により発見できる確度は上がる**
- 赤外線カメラは、**周囲との温度差があれば被写体を発見可能で、表面の温感域が広いほど発見し易い**  
また、昼間に比べ**夜間の方が被写体の温度が相対的に高くなりやすく発見し易い**  
夜間に**傘を差している人は発見し難いが、動きがあると発見できる可能性がある**・・・肉眼目視も同様


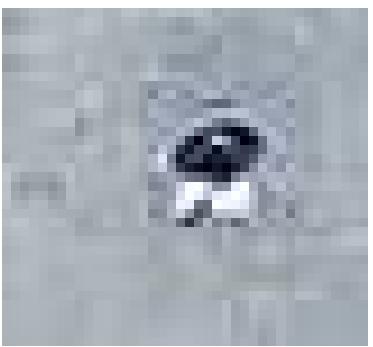




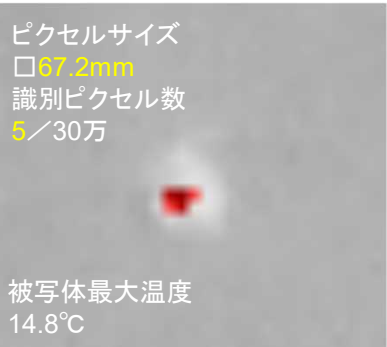


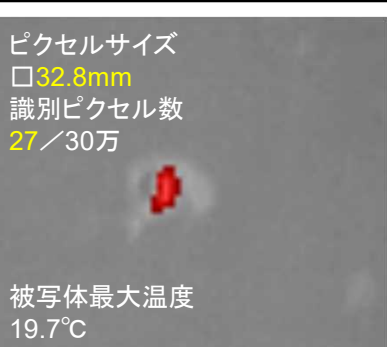
被写体タイプ		可視画像判読	赤外線画像判読
人(長袖・反対色)		● 昼間、周辺環境と反対色のため発見しやすい可能性 (結果○)	● 人体の露出が少ないため発見しにくい可能性 (結果△)
人(半袖・近似色)		● 昼間、周辺環境と同系色のため発見しにくい可能性 (結果△)	● 人体の露出が多いため発見しやすい可能性 (結果○)
人(カッパ)		● 昼間、周辺環境と反対色のため発見しやすい可能性 (結果○)	● 人体の露出が少ないため発見しにくい可能性 (結果△)
人(傘)		● 昼間、上空からの視認面積が広いため発見しやすい可能性 (結果○)	● 人体の露出がないため発見できない可能性 (結果×)
自動車(暖機状態)		● 上空からの視認面積が広いため発見しやすい可能性 (結果○)	● 周辺に比べ高温域が広いため発見しやすい可能性 (結果○)

実例) 被写体と周囲のコントラストが小さい場合



# 実験結果(高度別の画像判読): 昼間・垂直・人




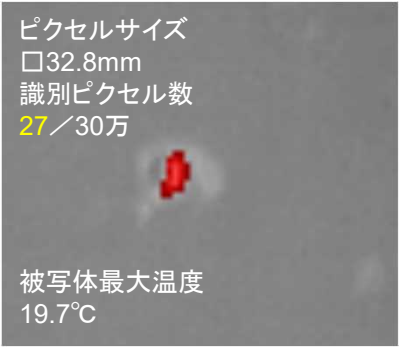
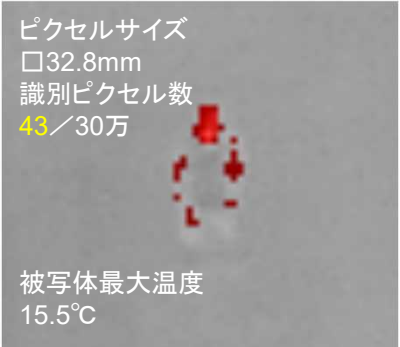


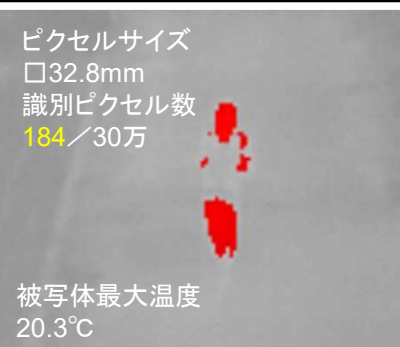
【実験結果】 可視画像は何れも発見可能、赤外線画像は高度が上がるほど(被写体からの距離が離れるほど) 解像度や温度が低くなり発見確度が低下・・・高度120m(1ピクセル)は発見できない被写体ケースが増

高度	可視画像判読		赤外線画像判読	
120m			<p data-bbox="1139 314 1554 442">傘下人に加え温感域の少ないカッパは検知できない</p>  <p data-bbox="1139 571 1326 642">地表平均温度 10.4℃</p>	<p data-bbox="1605 314 1792 456">ピクセルサイズ □104.7mm 識別ピクセル数 1/30万</p>  <p data-bbox="1605 571 1792 642">被写体最大温度 14.1℃</p>
80m			 <p data-bbox="1139 942 1326 1013">地表平均温度 10.6℃</p>	<p data-bbox="1605 678 1792 821">ピクセルサイズ □67.2mm 識別ピクセル数 5/30万</p>  <p data-bbox="1605 942 1792 1013">被写体最大温度 14.8℃</p>
40m			 <p data-bbox="1139 1306 1326 1378">地表平均温度 10.8℃</p>	<p data-bbox="1605 1042 1792 1185">ピクセルサイズ □32.8mm 識別ピクセル数 27/30万</p>  <p data-bbox="1605 1306 1792 1378">被写体最大温度 19.7℃</p>



# 実験結果(角度別の画像判読): 昼間・人

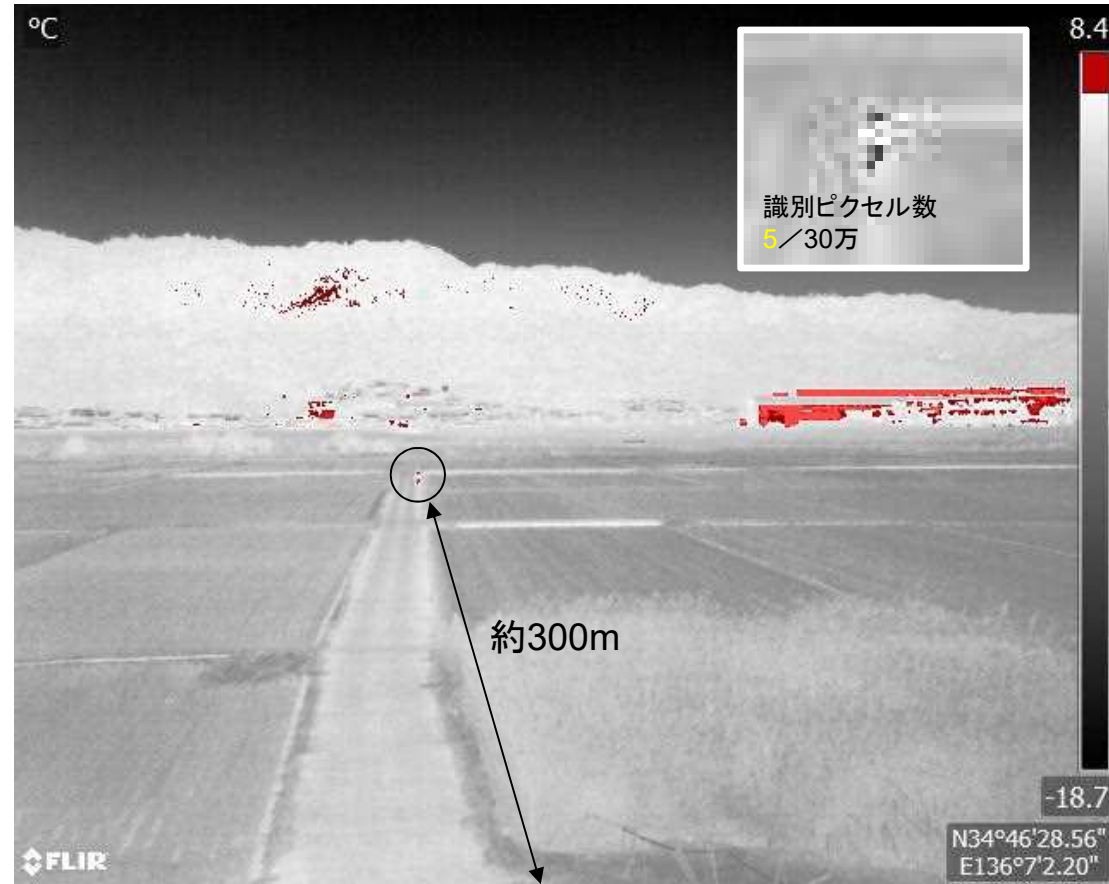
【実験結果】 角度が浅く被写体の温感域(撮影面積)が大きい方が発見が容易

角度	可視画像判読		赤外線画像判読	
<p>90度</p> <p>高度40m</p>			 <p>地表平均温度 9.7°C</p>	<p>ピクセルサイズ □32.8mm 識別ピクセル数 27/30万</p>  <p>被写体最大温度 19.7°C</p>
<p>45度</p> <p>高度40m 斜距離57m</p>			 <p>地表平均温度 9.4°C</p>	<p>ピクセルサイズ □32.8mm 識別ピクセル数 43/30万</p>  <p>被写体最大温度 15.5°C</p>
<p>10度</p> <p>高度6m 斜距離40m (堤防上)</p>			 <p>地表平均温度 10.9°C</p>	<p>ピクセルサイズ □32.8mm 識別ピクセル数 184/30万</p>  <p>被写体最大温度 20.3°C</p>



# 実験結果(堤防上からの画像判読): 夜間・人

【実験結果】 堤防上から撮影(角度の浅い撮影)の場合は、約300m先まで発見可能  
⇒ 死角部以外は、遊水地の周囲堤から発見作業をすることも可能



【参考】 周囲堤からの目視確認に必要な水平距離  
(周囲堤のみの移動で網羅的な確認が可能な距離)

- 小田遊水地 約300m
- 木興遊水地 約300m
- 新居遊水地 約250m
- 長田遊水地 約150m

# 実験結果のまとめ(高度別・角度別の画像範読)

## 昼夜(明暗)別・高度別・角度別の検出能力

- 両カメラ共に**高度が低い(被写体との距離が近い)**ほど発見し易い
- 両カメラ共に**撮影角度が浅い**方が被写体を発見し易い  
ただし、**撮影角度が浅いと稲等により死角が生じやすく**、季節や場所によっては**発見が難しい場合もある**
- 可視カメラは夜間(暗時)を除き**4ピクセル以上**検出可能で、**一般的な飛行高度であれば発見可能**
- 赤外線カメラは検出ピクセル数が**4ピクセル未満(高度120m以上)**の場合、**発見が難しくなる**
- 両カメラの併用や被写体に動きがあると、より発見確度は上がる

## 発見確度の高い撮影ケース

※枠内数値: 総ピクセル数に占める検出ピクセル数  
(4ピクセル以上が発見確度が高い)

### 可視カメラ

高度・距離	昼間			夜間		
	10° 以下	45°	90°	10° 以下	45°	90°
400m	肉眼可	未確認	未確認	不可	不可	不可
300m	未確認	未確認	未確認	不可	不可	不可
120m	未確認	33以上 / 200万	33 / 200万	不可	不可	不可
80m	未確認	75以上 / 200万	75 / 200万	不可	不可	不可
40m	未確認	299以上 / 200万	299 / 200万	不可	不可	不可
堤防高 10m以下	299以上 / 200万	未確認	未確認	不可	不可	不可

### 赤外線カメラ

高度・距離	昼間			夜間		
	10° 以下	45°	90°	10° 以下	45°	90°
400m	未確認	未確認	未確認	未確認	未確認	未確認
300m	未確認	未確認	未確認	5 / 30万	未確認	未確認
120m	未確認	2 / 30万	1 / 30万	未確認	3 / 30万	1 / 30万
80m	未確認	8 / 30万	5 / 30万	未確認	10 / 30万	7 / 30万
40m	未確認	43 / 30万	27 / 30万	未確認	56 / 30万	35 / 30万
堤防高 10m以下	184 / 30万	未確認	未確認	239 / 30万	未確認	未確認

4ピクセル未満

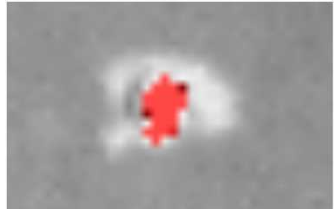


# 【参考】赤外線画像の「人」検出ピクセル数のケース別関係

## 「人」検出例



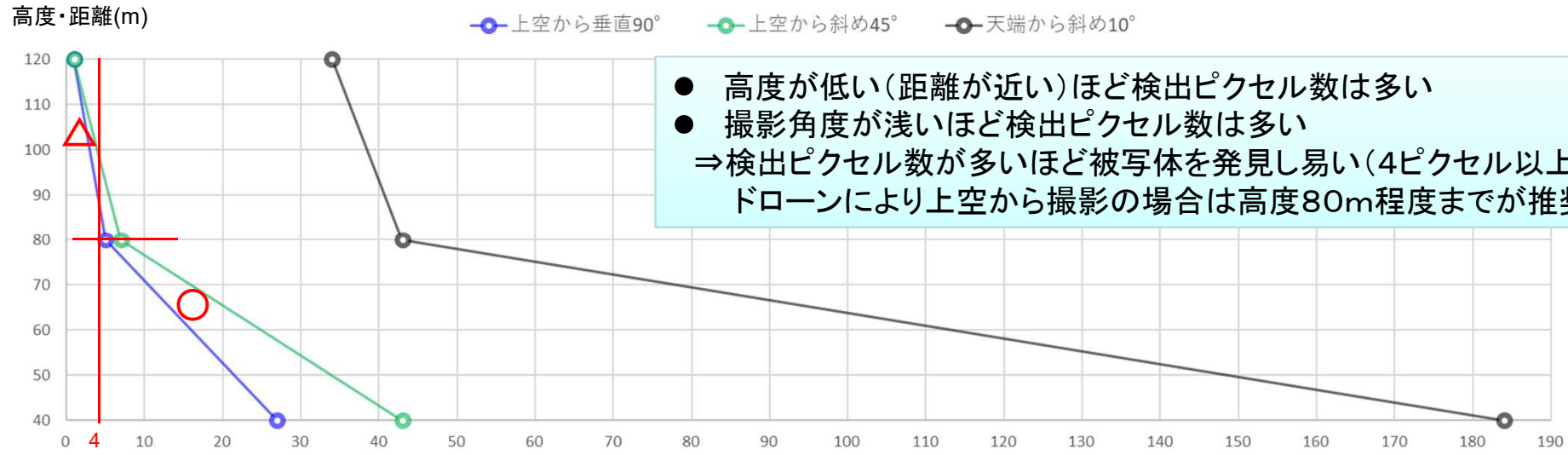
赤: 13.7°C以上  
(人検出ピクセル)



## 人検出ピクセル(拡大図)

12.970	12.291	12.200	13.100	12.293	13.121	13.01	1
11.801	12.475	13.432	14.133	13.21	13.675	13.476	1
10.918	13.277	16.483	17.146	15.253	13.719	12.988	1
11.575	18.01	19.877	19.085	16.996	14.028	13.077	1
11.733	15.187	19.211	19.731	17.358	14.401	12.519	1
11.236	13.719	17.888	18.772	16.654	13.675	12.094	1
11.824	13.675	17.804	17.761	15.643	13.144	12.318	1
12.587	18.079	17.082	16.139	13.918	12.026	11.801	1
12.363	13.41	14.555	13.321	12.296	11.508	11.258	1
11.240	11.575	11.924	11.655	11.204	11.054	10.959	1

## 高度別・角度別の検出ピクセル数



- 高度が低い(距離が近い)ほど検出ピクセル数は多い
- 撮影角度が浅いほど検出ピクセル数は多い

⇒ 検出ピクセル数が多いほど被写体を発見し易い(4ピクセル以上が推奨)  
ドローンにより上空から撮影の場合は高度80m程度までが推奨



# 実験結果(飛行速度別の画像範読): 昼間・垂直・人

【実験結果】 同一高度の場合、飛行速度が遅いほどモニター内通過時間が遅くリアルタイムでの発見が容易  
 (個人差があるものの概ね4秒未満は速過ぎて被写体に気づきにくい)  
 飛行速度は高度が高いほど広域画像を取得するため、ある程度の速い速度も許容可能

## 被写体の画面内通過時間

上段: 総ピクセル数に占める検出ピクセル数  
 下段: 被写体のモニター内通過時間

速度 高度	可視画像(動画)判読			赤外線画像(動画)判読		
	発見容易 遅い 4m/s	8m/s	早い 12m/s 効率的	発見容易 遅い 4m/s	8m/s	早い 12m/s 効率的
効率的 120m 高い	33/200万 ピクセル	33/200万 ピクセル	33/200万 ピクセル	1/30万 ピクセル	1/30万 ピクセル	1/30万 ピクセル
	26 秒	13 秒	9 秒	14 秒	7 秒	5 秒
80m	75/200万 ピクセル	75/200万 ピクセル	75/200万 ピクセル	5/30万 ピクセル	5/30万 ピクセル	5/30万 ピクセル
	18 秒	9 秒	6 秒	9 秒	4 秒	3 秒
低い 40m 発見容易	299/200万 ピクセル	299/200万 ピクセル	299/200万 ピクセル	27/30万 ピクセル	27/30万 ピクセル	27/30万 ピクセル
	9 秒	4 秒	3 秒	4 秒	2 秒	1 秒

※機器特性により、赤外線カメラは可視カメラより撮影範囲が狭いため、画像サイズが小さく被写体のモニター内通過時間が短い

※ピクセル数比は人(長袖・半袖・カッパ)の平均

# 実験結果の総括(最適なドローン撮影方式の選出)

## 昼夜間を想定した最適なドローン撮影方式の選出

- ◆ 飛行方法は、昼夜間で両カメラの併用を想定すると**高度80m程度、速度8m/s程度が適当**  
ただし、可視カメラを基本使用する場合は高度80m以上、速度8m/s以上でも可  
※詳細確認が必要な場合は、適宜、高度や速度を下げても対応
- ◆ 撮影角度は、確認精度が比較的高い**45度程度が適当**

撮影方式		撮影条件	昼		夜		表示時間 (秒)	飛行時間(分)				
			視認性	ピクセル	視認性	ピクセル		小田	新居	木興	長田	
可視カメラ	効率的 ↑	高度120	12m/s	○	33	×	×	9	8	8	10	7
			8m/s	○	33	×	×	13	12	12	15	11
			4m/s	○	33	×	×	26	23	24	30	22
	↑	高度80	12m/s	○	75	×	×	6	10	8	11	9
			8m/s	○	75	×	×	9	15	12	16	14
			4m/s	○	75	×	×	18	30	24	32	27
	発見容易 ↓	高度40	12m/s	○	299	×	×	3	16	14	19	14
			8m/s	○	299	×	×	4	24	22	29	22
			4m/s	○	299	×	×	9	48	43	57	43
赤外線カメラ	効率的 ↑	高度120	12m/s	○	2	○	3	5	11	13	14	12
			8m/s	○	2	○	3	7	16	19	21	18
			4m/s	○	2	○	3	14	33	38	42	36
	↑	高度80	12m/s	○	8	○	10	3	16	19	23	15
			8m/s	○	8	○	10	4	24	28	34	24
			4m/s	○	8	○	10	9	47	56	68	46
	発見容易 ↓	高度40	12m/s	○	43	○	56	1	28	34	43	29
			8m/s	○	43	○	56	2	43	50	65	44
			4m/s	○	43	○	56	4	85	101	129	88

飛行コース例

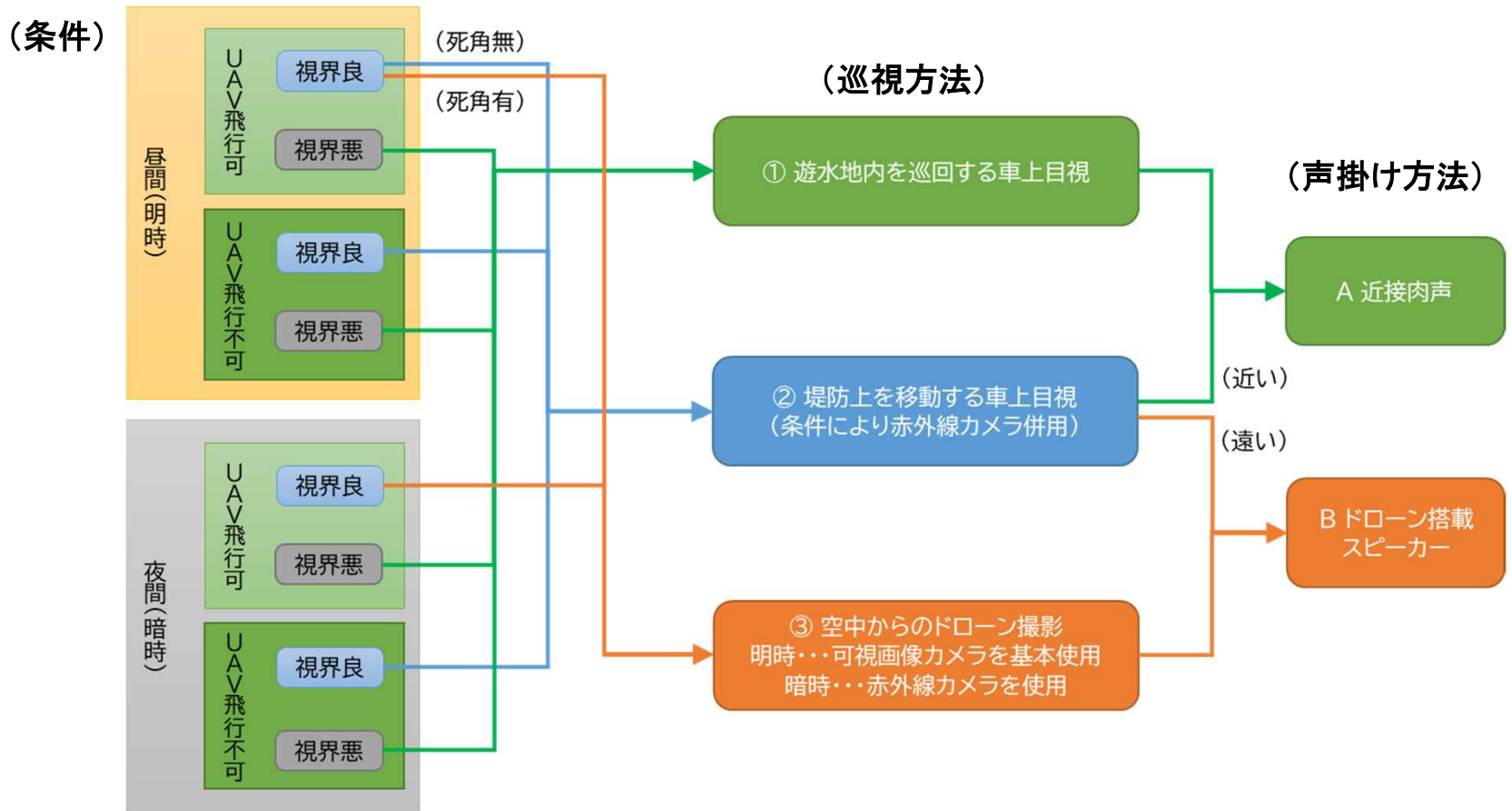


- 赤外線カメラ
- 飛行高度80m
- 飛行速度8m/s
- 一部目視外

- ピクセルは、4ピクセル以上 ※検出ピクセル数は今回実験時の条件によるもの
- 表示時間は、モニター表示で確認可能な4秒以上
- 飛行時間は、バッテリーを考慮して35分以内 ※Matrice300RTK+XT2: 飛行時間45分から10分の余裕を考慮
- 灰色は、選定不可となる項目

# 上野遊水地における条件別の出水時巡視方法(案)

- ◆ 発見方法は条件により選択
  - ① 雨等で視界が悪い(赤外線検出精度が低下する)場合は、**遊水地内を巡回する車両から目視(現行手法)**
  - ② 強風等でドローン飛行が困難な場合、かつ視界が良い場合は、**堤防上を移動する車両から目視(暗い時は赤外線カメラを併用)** ※ドローン飛行が可能な場合でも稲等の死角が少なければ同様
  - ③ 夜間(暗時)でドローン飛行が可能、かつ視界が良い場合(霧や雨の影響が少ない場合)は、**空中からドローン撮影した画像を判読** ※昼間(明時)で稲等の死角が多い時も同様
  - ④ 詳細確認が必要な場合は、適宜、高度や速度を下げても対応
- ◆ 声掛け方法は、発見方法や対象者との距離に応じて**近接肉声**と**ドローン搭載スピーカー**による方法を選択



# 各種技術を活用した出水時巡視の有効性の評価

## 有効性の評価

- ◆ 「②発見方法」(堤防上を移動する車上目視)の場合、「①現行手法」の所要時間を約5割短縮
- ◆ 「③発見方法」(空中からドローン撮影)で遊水地内の網羅的な巡視をする場合、「①現行手法」の所要時間を昼間(明時)なら約6割短縮、夜間(暗時)なら同等・・・現行巡視ルートに限定した巡視の場合は約6割短縮  
⇒ 発見作業の時間短縮により、巡視員を早期に水門等重点確認箇所へ配置可能
- ◆ 「②③発見方法」は、所要時間の短縮に加え、夜間(暗時)の発見の確実性が向上
- ◆ ドローンは、車上目視に比べ全ての確認画像を記録可能なため、巡視結果の検証も可能
- ◆ 「B:ドローン搭載スピーカー」の活用により、遠方の声掛けに要す時間の削減、切迫度の伝達、巡視員の安全確保が可能

条件別出水時巡視の所要時間(試算結果)

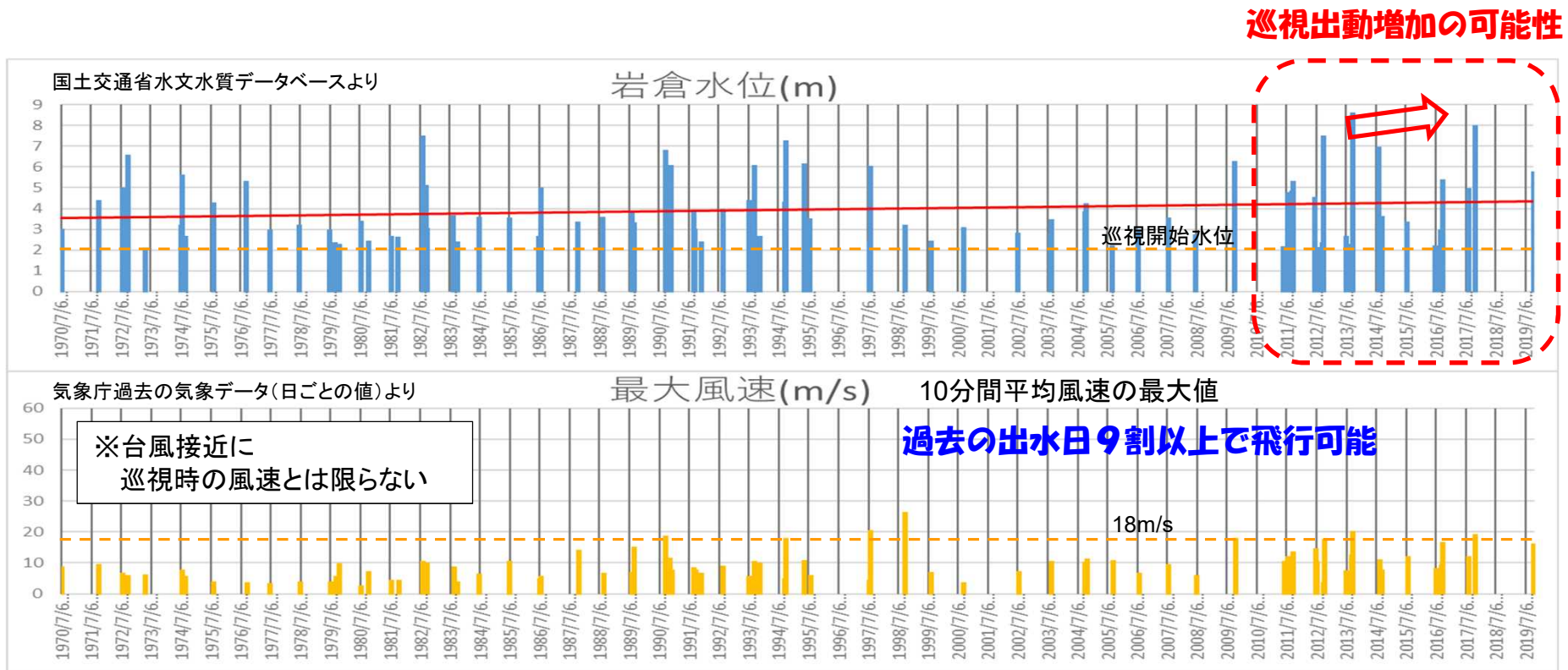
	1班			2班			延べ所要時間 ※	備考
	小田	新居	遊水地間 移動	木興	長田	遊水地間 移動		
面積	62.2ha	61.2ha	—	70.0ha	55.1ha	—	248.5ha	
外周長	約4.1km	約4.7km	—	約3.7km	約4.6km	—	17.1km	
①遊水地内を巡回する車上目視	約60分			約60分			約120分	現行の巡視ルート(夜間は確認範囲が限定的)
②堤防上を移動する車上目視	約12分	約14分	約5分	約11分	約14分	約5分	約61分	網羅的な巡視、巡視時車両移動速度20km/h
③空中からのドローン撮影(明時)	約8分 約15分	約8分 約12分	約5分	約10分 約16分	約7分 約14分	約5分	約43分 約67分	網羅的な巡視、可視カメラを基本使用 ※一部目視外飛行 上段: 高度120m・速度12m/s 下段: 高度80m・速度8m/s
③空中からのドローン撮影(暗時)	約24分	約28分	約5分	約34分	約23分	約5分	約119分	赤外線カメラのみ使用 ※一部目視外飛行 網羅的な巡視、高度80m・速度8m/s

※各準備時間、及び条件により異なる「声掛け時間」を除く



# 【参考】 巡視の頻度と出水時の風速

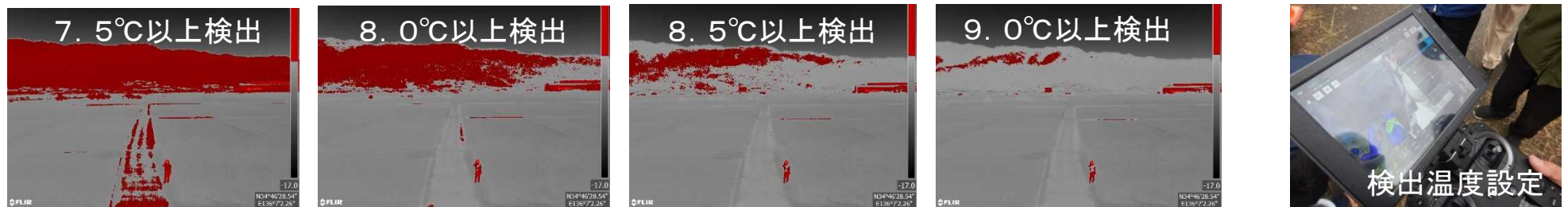
- ◆ 遊水地巡視開始水位を超過した出水は、49年間で82回（約1.6回／年の出勤頻度）。  
 なお、最近の気象変動の影響を踏まえ、最近の10年では31回（約3.1回／年の出勤頻度）となり  
 巡視頻度は約2倍に増えている。増加傾向のため、今後も頻度の増が懸念される。
- ◆ 出水中、ドローンが飛行可能な風速を全天候型の18m/sとした場合、最大風速で9割以上が飛行  
 可能となる。ただし、台風横断時の直前巡視の場合は、突風などの瞬間風速が懸念されることか  
 ら、飛行は難しいと考えられる。



# 実験を行ったことで顕在化した課題・留意点等

## 温度変化に応じた検出温度の設定

- 赤外線画像は、僅かな温度変化で検出温度域が大きく変わり、誤抽出の増加や被写体の検出漏れが生じやすいため、**撮影時の気温や地表温度に適した検出温度設定を、撮影の都度行う必要がある**  
⇒ **気温や地表温度に応じた検出温度(目安値)のデータベースを準備しておくことで設定時間を短縮可能(出水期の平時に複数の温度パターンを測定し目安値を蓄積する)**



## 画像判読用の拡大モニターの準備

- ドローン送信機のモニターは画面サイズが小さく、数ピクセルで表示される被写体をリアルタイムな動画で判読することは難しいため、別途、画像を拡大して見ることのできる大型モニターが必要である  
⇒ **HDMI接続により大型モニターや、メガネ型モニターへ接続することで大画面による動画判読が可能**



出典: EPSONホームページ  
<https://www.epson.jp/products/smartglasses/>

## その他の課題

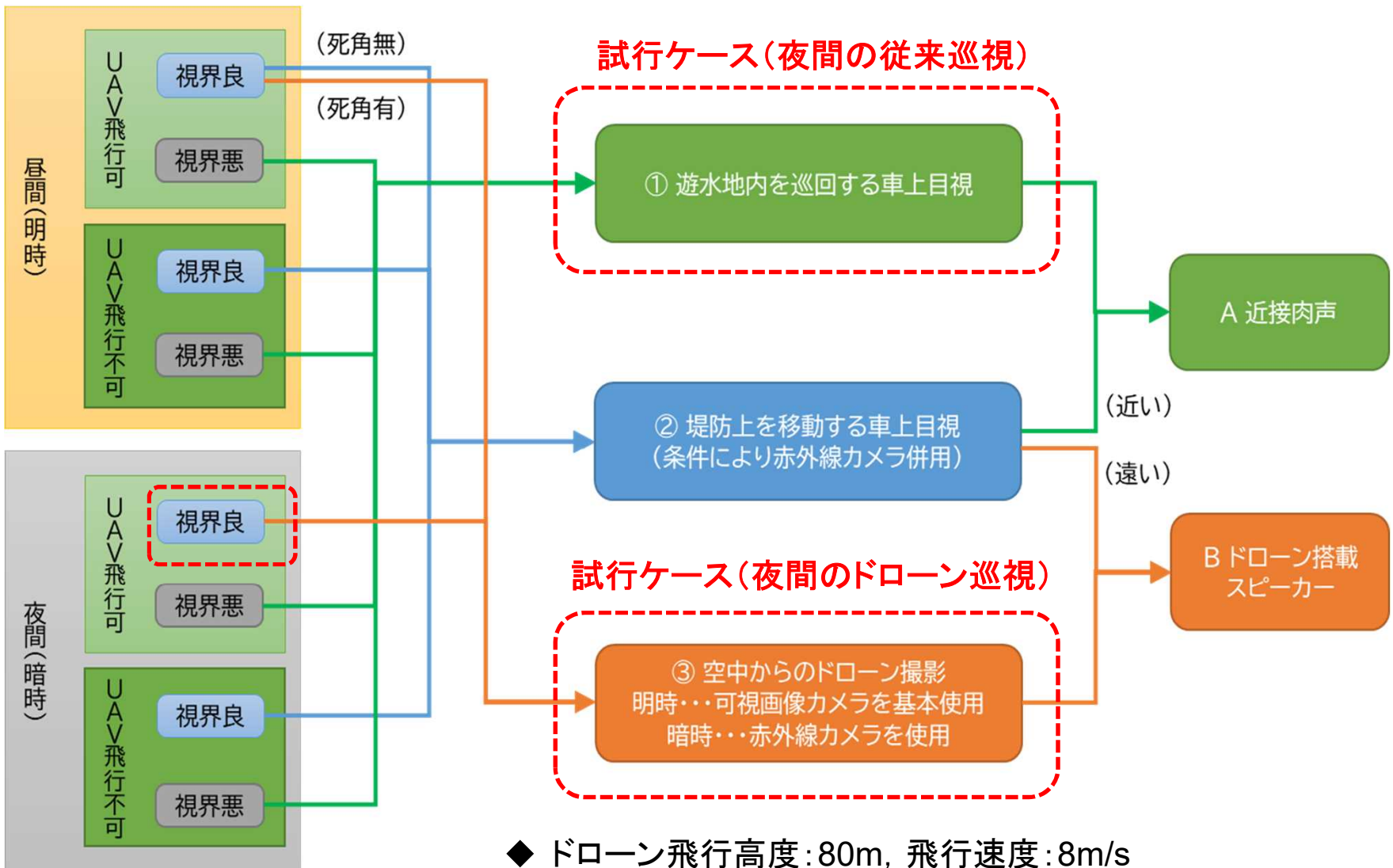
- AIの活用により、発見の確実性や効率性が高まる可能性があるが、現在は該当機器が存在しないため、送信機アプリの開発・改良や、外部AIとの連携システムの構築等が必要
- 今回は基本性能を有した現存機器を用いて実験を行ったが、今後の「政府機関等における無人航空機の調達等に関する方針」によっては、同等性能の機器開発や各機器の組み合わせが必要

## 第2回実験結果（実験日2021.2.8）

### 目的 実フィールドにおけるドローン活用効果の確認

- ドローンの活用が期待される夜間に、小田遊水地と新居遊水地で「赤外線カメラを活用した巡視」を試行
- 第1回実証実験で得られた撮影方法による「発見しやすさ」や「得られる情報量」から、ドローンの活用効果を確認

# 出水時巡視の試行ケース



- ◆ ドローン飛行高度: 80m, 飛行速度: 8m/s
- ◆ 撮影角度: 前方45度
- ◆ 大型モニターによるリアルタイムな画像判読

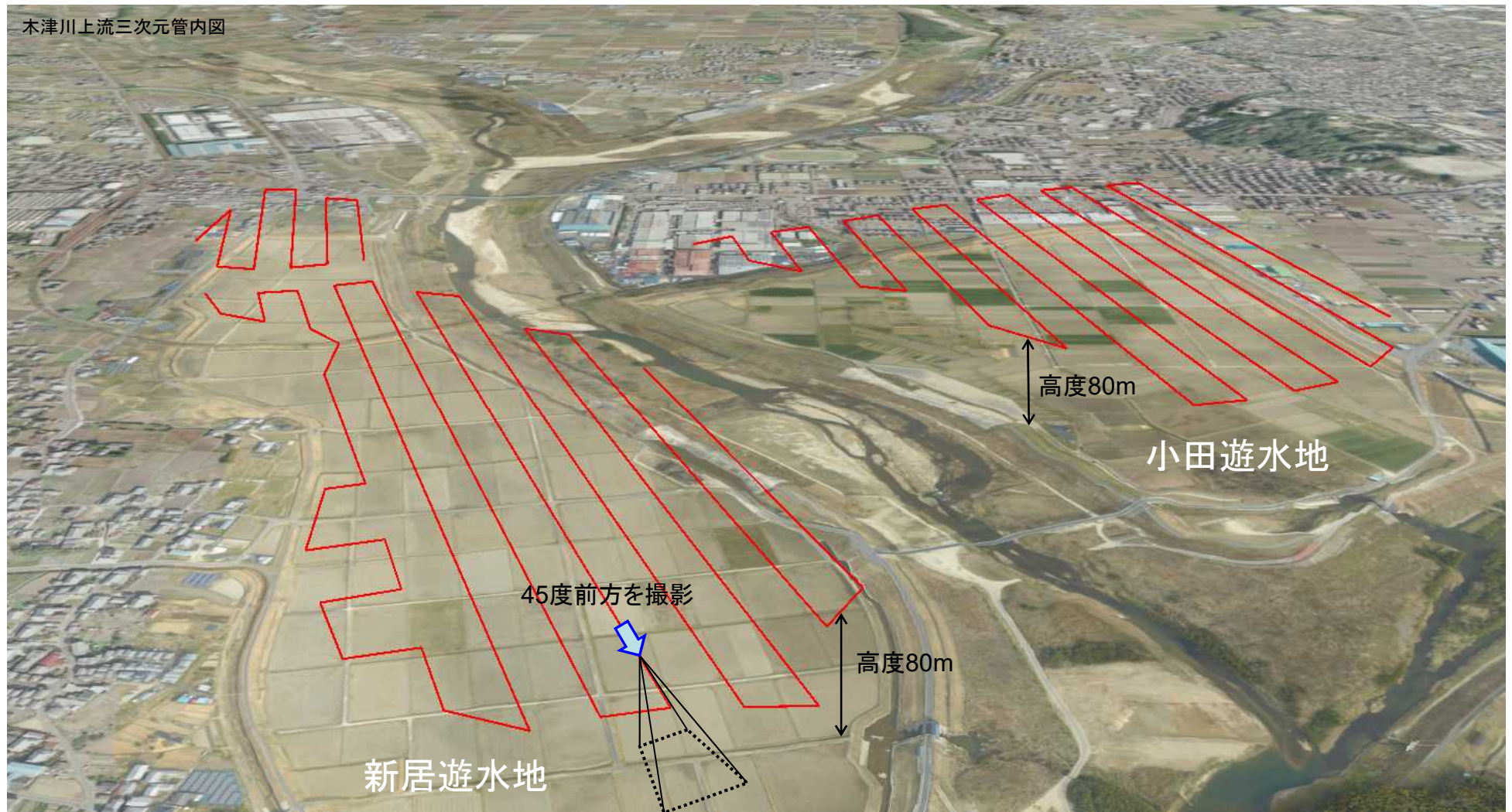


# 従来巡視状況の再現(再確認)

従来手法は光源が足りないため、確認範囲は移動ルート上に限定される。



# 【参考】ドローン飛行コース



※実証実験では安全のため、鉄道上空等の飛行は避け飛行ブロックを分割



# 夜間巡視の試行結果(ドローン搭載赤外線カメラ使用)

## ドローン搭載赤外線カメラの活用効果

- ◆ 飛行ルートを事前に設定しておくことで、離発着時を除き**手動操作なしで遊水地全域の飛行が可能**
- ◆ ドローン搭載赤外線カメラの使用により、**広範囲の様子を一度に把握可能(確認範囲は道路網に左右されない)**
- ◆ 送信機に接続した大型モニター(今回は24インチ)の併用により、**リアルタイムな動画判読が容易**
- ◆ 被写体の表示サイズが小さい場合でも、**動きがあると比較的発見は容易**
- ◆ 避難の声掛けを想定し被写体に約30mの距離まで接近するだけでも、**ドローンの接近に歩行者は緊迫感を覚え早期避難につながる可能性**





# 夜間巡視の試行結果(ドローン搭載赤外線カメラ使用)

実験日は時折あられが舞う低気温のため、温感域(赤色ピクセル)の抽出は出来なかったが、歩行者の発見は十分可能。



## 夜間飛行の状況

ビーコン発光により飛行位置を常に確認可能



操縦者

# 今後の確認事項

- ◆ 出水期中の比較的温暖な気温条件下における判読精度の再確認
- ◆ 降雨、湿度、植生繁茂状況などと判読精度の関係の確認
- ◆ 上野遊水地における条件別の出水時巡視方法(案)に基づくドローン巡視の試行と、風速等の飛行に関する環境情報の記録。
- ◆ その他の課題の抽出

