

# 赤外線サーモグラフィ ハイブリッド調査方法の提案

高解像度赤外線カメラ及び赤外線サーモグラフィ搭載ドローンによるハイブリッド調査の提案

キューブコンセプト株式会社 一級建築士事務所

# 目次

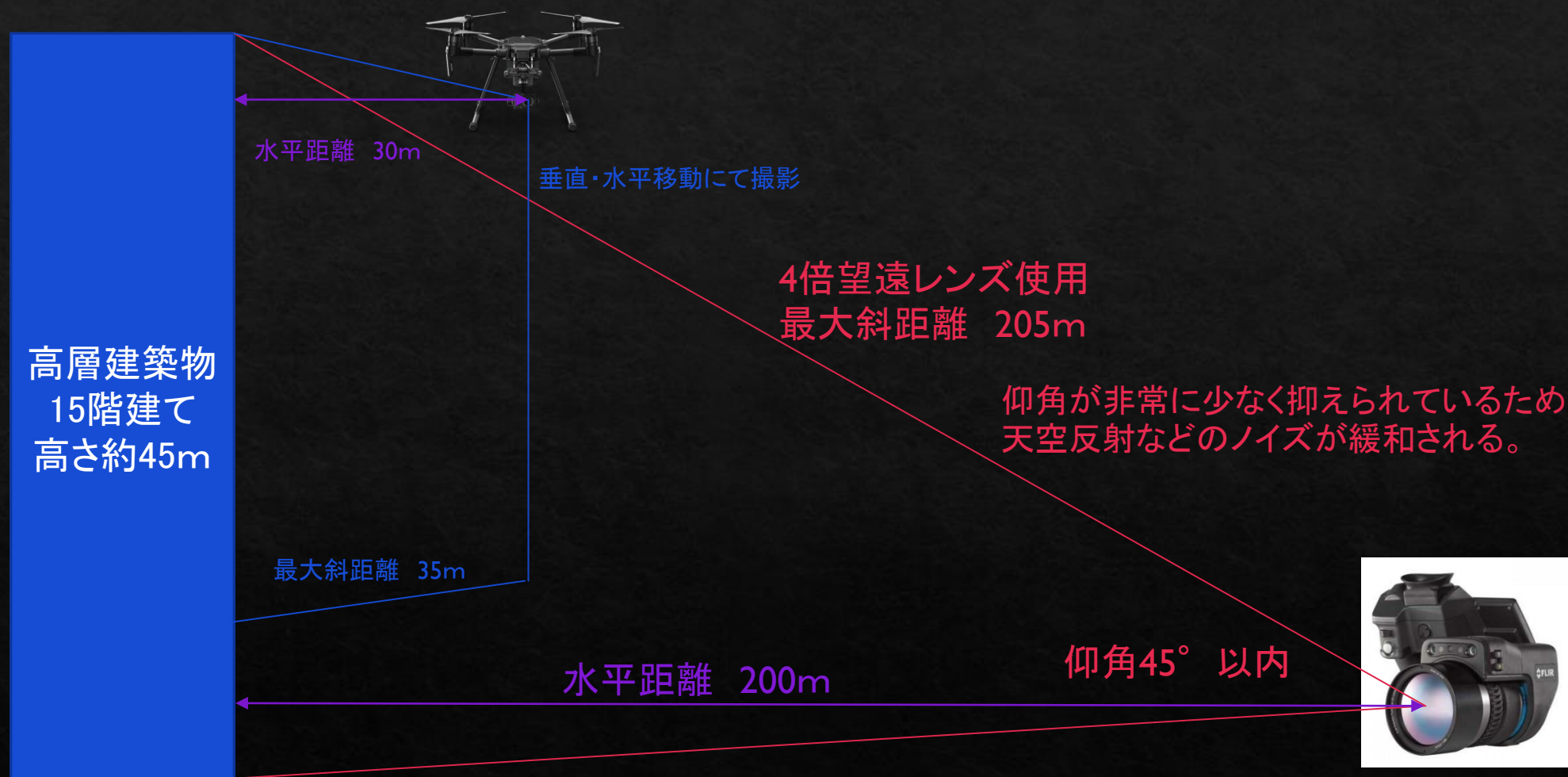
- ◇ 赤外線サーモグラフィ ハイブリッド調査方法とは
- ◇ 赤外線サーモグラフィ ハイブリッド調査方法(4倍望遠レンズ編)
- ◇ 赤外線サーモグラフィ ハイブリッド調査方法(2倍望遠レンズ編)
- ◇ 赤外線サーモグラフィ ハイブリッド調査方法(標準レンズ編)
- ◇ 赤外線サーモグラフィ ハイブリッド調査方法(超高層建物編)
- ◇ 赤外線サーモグラフィ ハイブリッド調査方法(高さ30m程度)
- ◇ 撮影位置の優位性
- ◇ 撮影について 地上からの撮影編
- ◇ 撮影について 空中からの撮影編
- ◇ 赤外線サーモグラフィによる診断基準(相反関係)
- ◇ 赤外線サーモグラフィによる診断基準(解像度)
- ◇ 赤外線サーモグラフィによる診断基準(角度)
- ◇ 赤外線サーモグラフィによる診断基準(測定視野・最小検知寸法)
- ◇ 赤外線サーモグラフィカメラ性能(撮影距離が同じ場合の解像度比較)
- ◇ 赤外線サーモグラフィカメラ性能(最大撮影距離)
- ◇ 赤外線サーモグラフィカメラ性能(撮影距離が同じ場合の解像度比較)

# 赤外線サーモグラフィ ハイブリッド調査方法とは

- ◇ ハイブリット型赤外線サーモグラフィ調査とは地上からの高解像度 & 超望遠サーモグラフィ及び赤外線サーモグラフィ搭載ドローンを併用した調査を行うことを目的としました。
  - ◇ 撮影対象物は、高層建築物・大規模建築物などの大型建築物、ダム・橋梁・法面・煙突などの土木構造物の調査を対象としました。
  - ◇ 一般的な赤外線サーモグラフィ調査は地上からの撮影が主に行われてきました。
  - ◇ 地上からの赤外線サーモグラフィを使用した調査手順書(JAIRA工法:特許工法)を活用して調査にあたっております。
  - ◇ 最近ではドローンに赤外線サーモグラフィを搭載した機体が増えてまいりましたが、航空法の規制・技術仕様書などの整備が不十分なため、良い成果を出すのに時間を有してる状況です。
- 
- ◇ ・プラン① ハイブリット型調査
  - ◇ ・プラン② サーモグラフィ搭載ドローンによる調査
  - ◇ ・プラン③ 高解像度 & 超望遠サーモグラフィによる調査
  - ◇ これまで以上に調査範囲を拡大してサービスを提供したいと考えます。

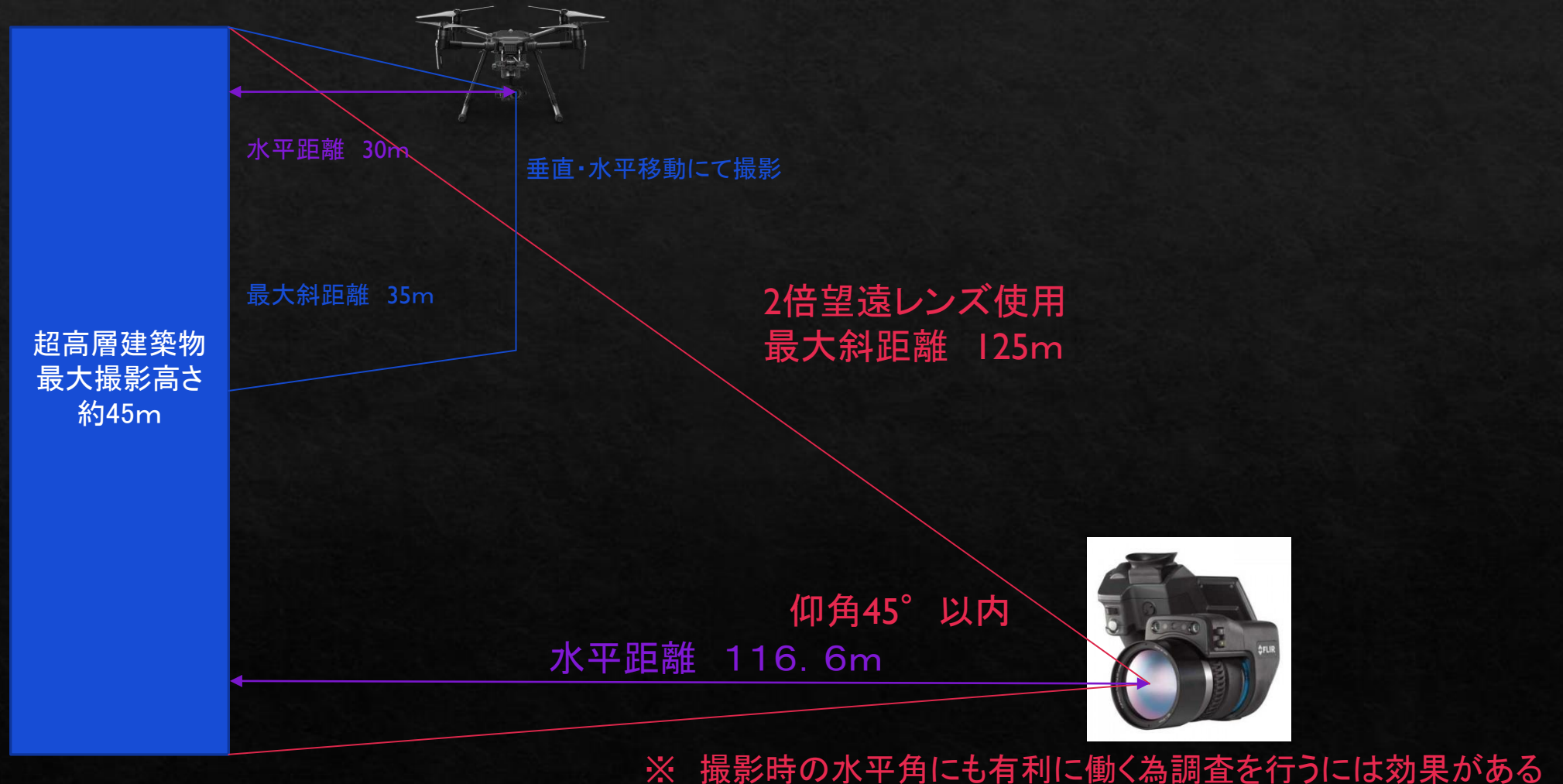


# 赤外線サーモグラフィ ハイブリッド調査方法(4倍望遠レンズ編)

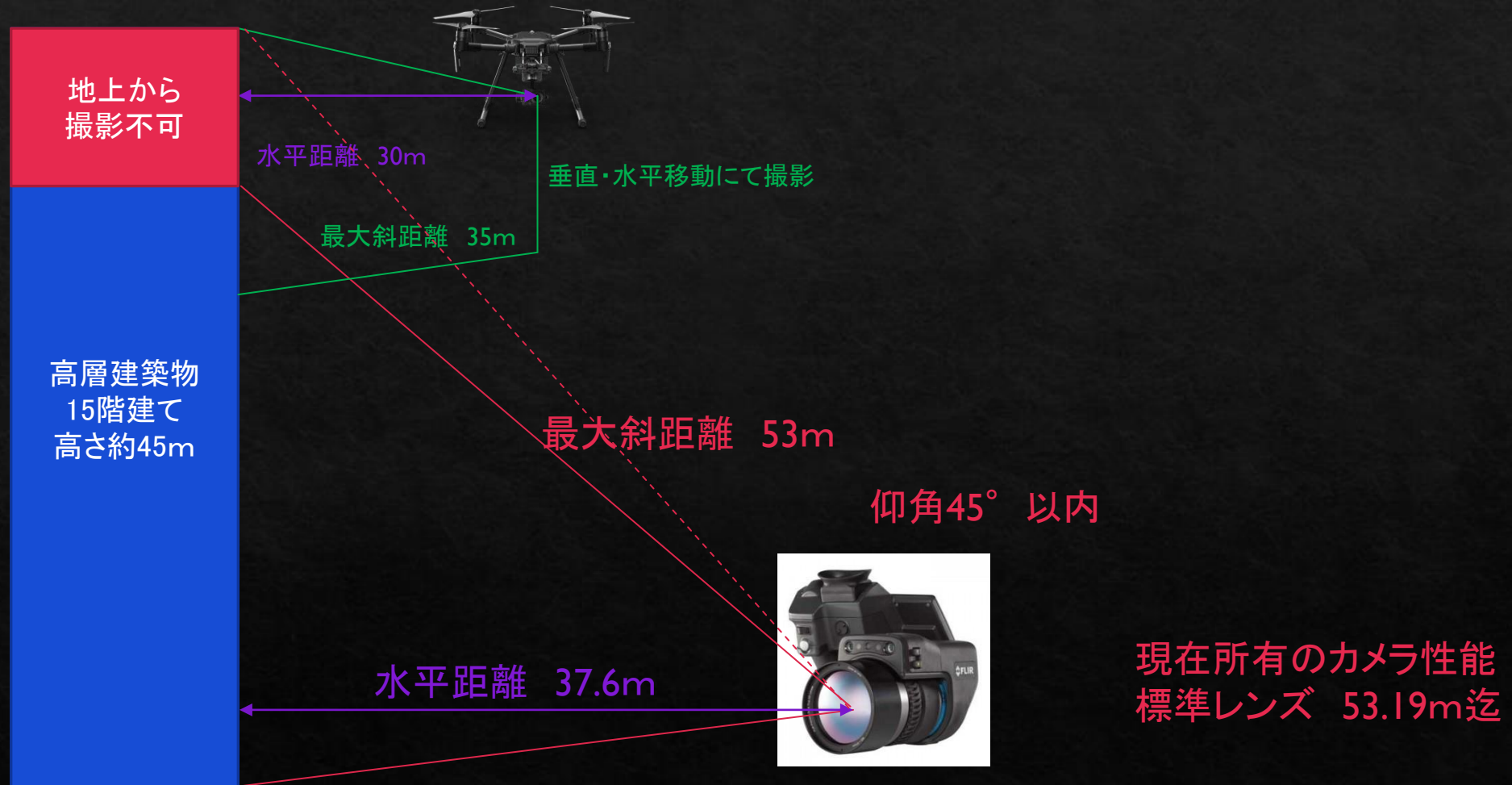


※ 撮影時の水平角にも有利に働く為調査を行うには効果がある

# 赤外線サーモグラフィ ハイブリッド調査方法(2倍望遠レンズ編)

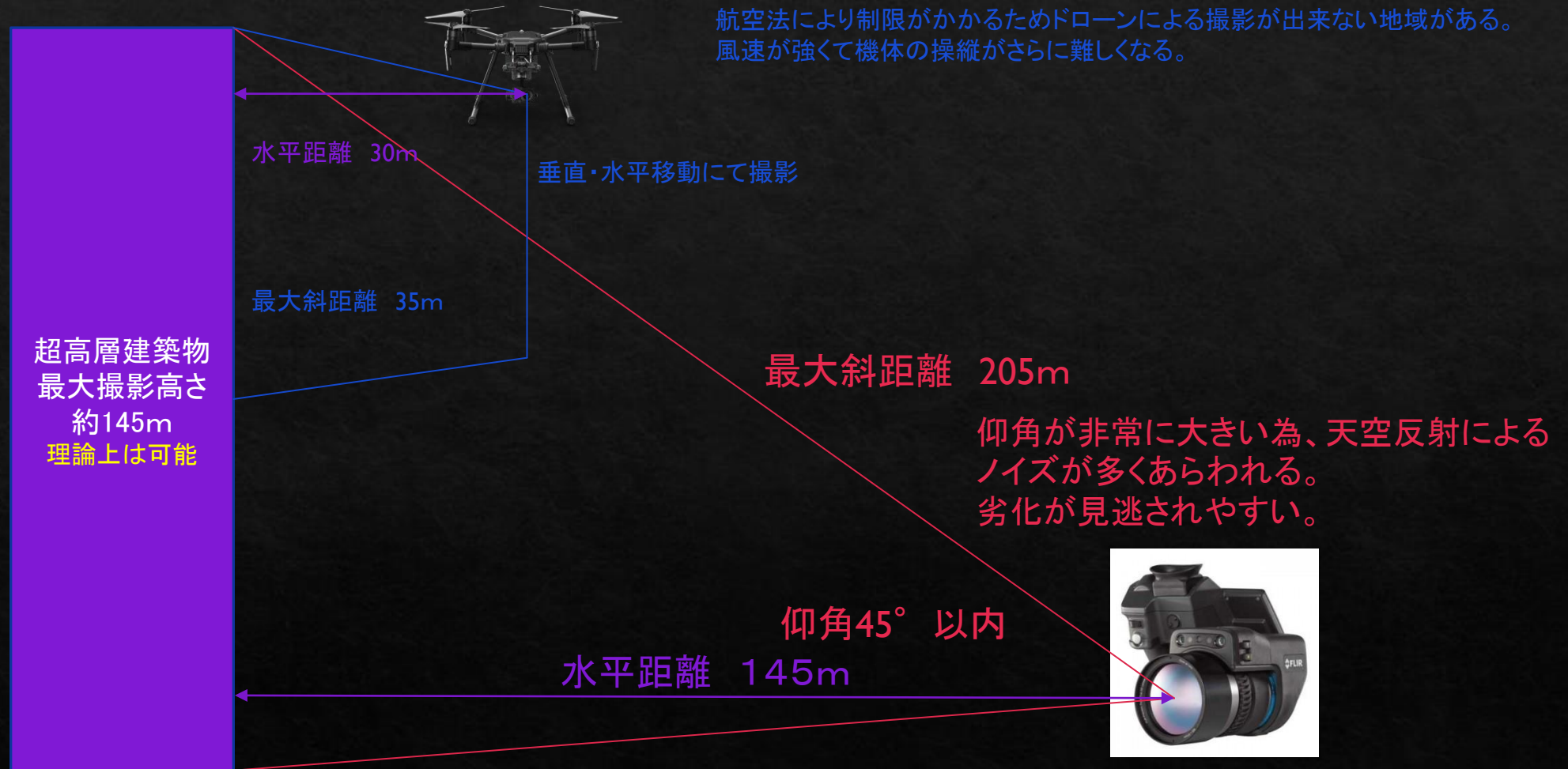


# 赤外線サーモグラフィ ハイブリッド調査方法(標準レンズ編)

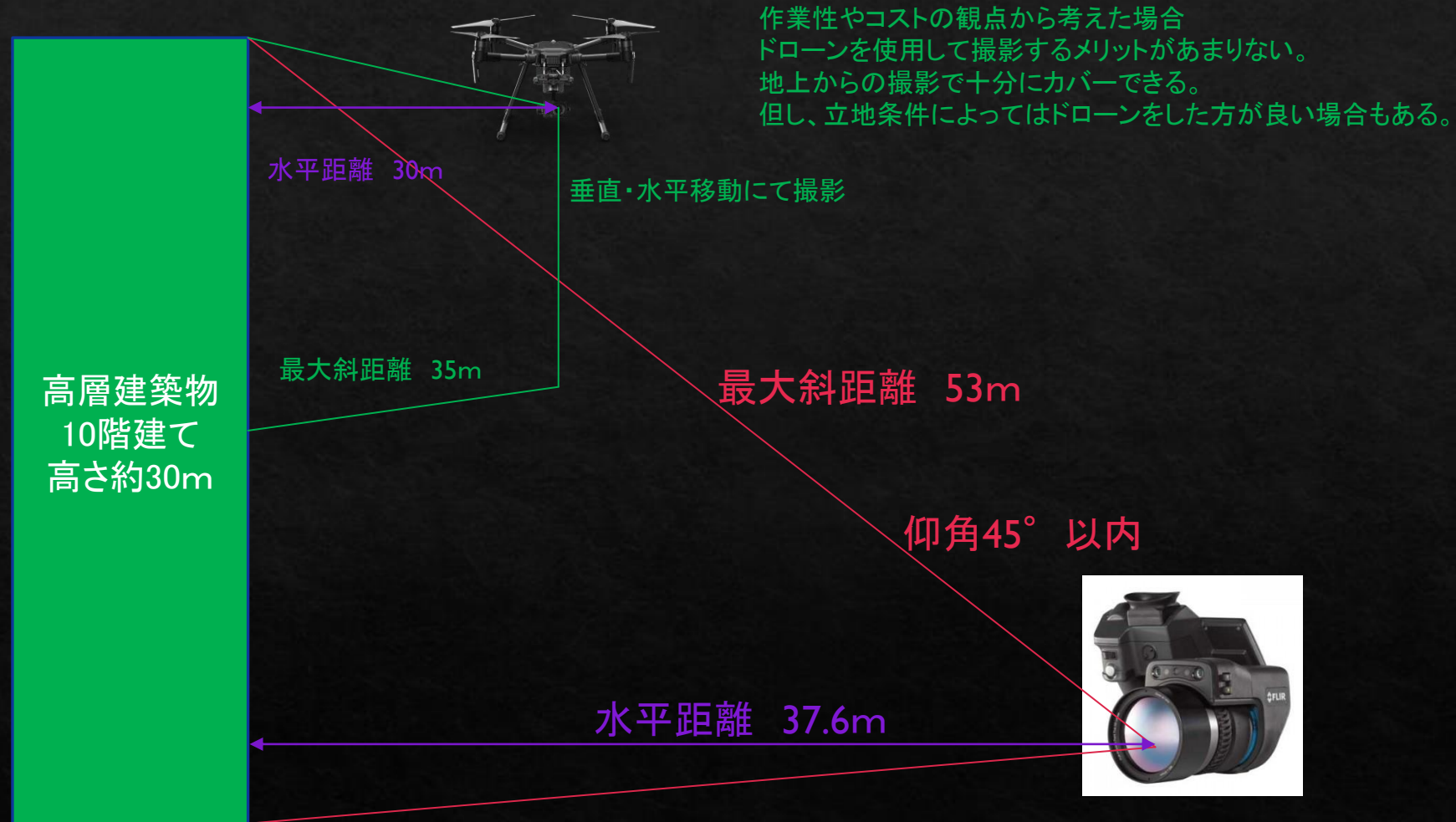




# 赤外線サーモグラフィ ハイブリッド調査方法(超高層建物編)



# 赤外線サーモグラフィ ハイブリッド調査方法(高さ30m程度)

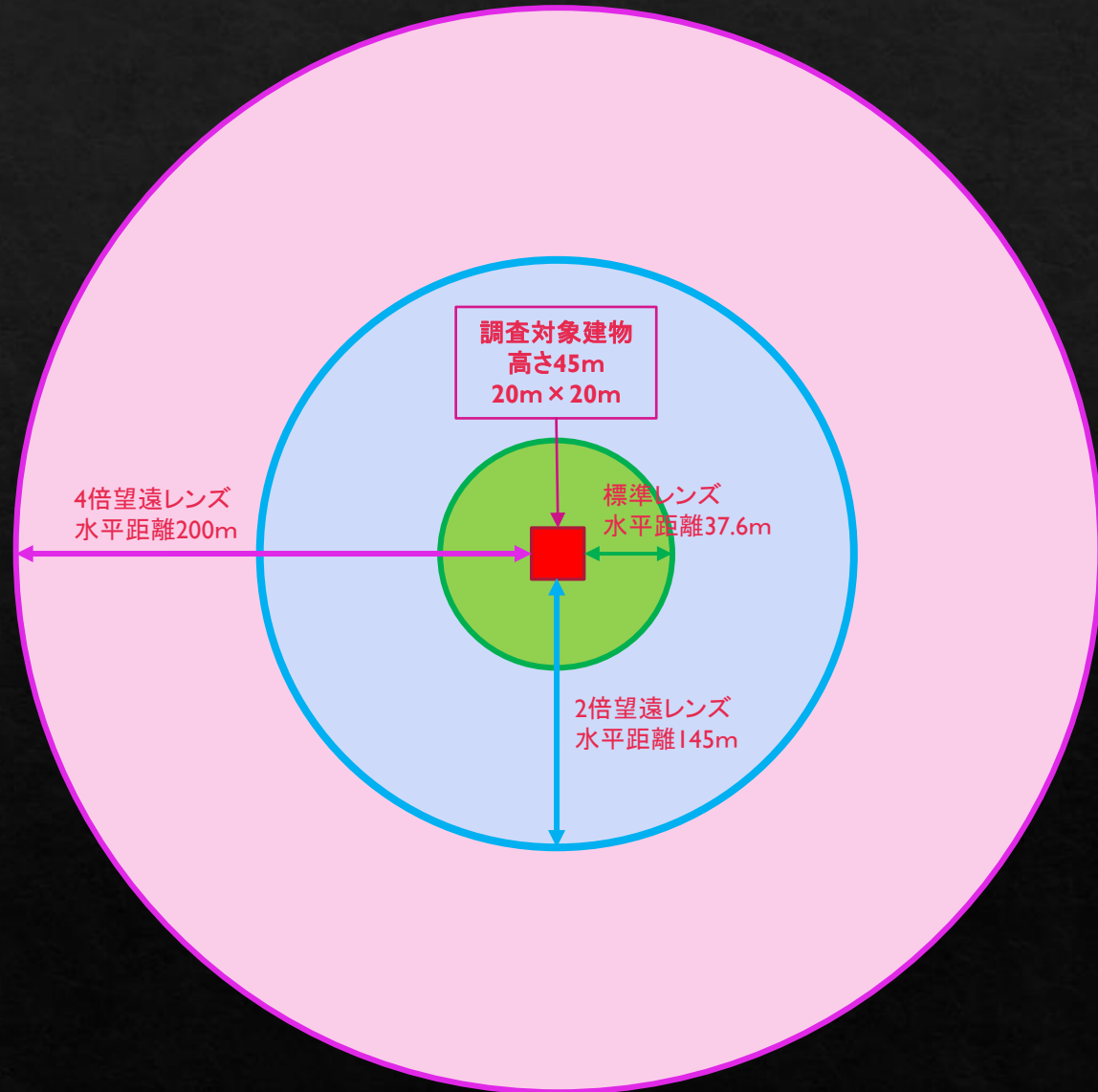


※ 撮影時の水平角にも有利に働く為調査を行うには効果がある



# 撮影位置の優位性

- ◇ 右図はレンズ性能の違いによる
- ◇ 調査撮影位置についてのエリアを
- ◇ シミュレーションした図である。
- ◇ 高さ45m 約15階建て
- ◇ 建物の床面積20m × 20m
- ◇ 撮影可能な水平距離
- ◇ ・標準レンズは、37.6m
- ◇ ・2倍望遠レンズは、145m
- ◇ ・4倍望遠レンズは、200m
- ◇ ※ 望遠レンズを使用すると水平距離
- ◇ などについても優位性が現れる。



## 撮影について（地上からの撮影編）

- ※ 赤外線による外壁調査における基準の1画素解像度は25pix以下で調査を行う。
- ※ 土木構造物調査でも規模が大きい為、距離が稼げる機材があれば調査には有利に働く。
- ※ 調査にあたる技術者の数は撮影者1名・補助員1名の2名での調査
  - ・現在、外壁調査に使用されている赤外線サーモグラフィは、FRIR社製又はNECアビオニクス社製の30万画素の赤外線サーモグラフィで、15度(2倍望遠)・25度(標準)・45度(広角)の3タイプのレンズを使用して調査を行っている。
  - ・ここ最近では、80万画素の赤外線サーモグラフィが徐々に普及されてきました。
  - ・現在、弊社所有の機材では、中高層建物、高さは10階建て(約30m)が限界があるため機材の見直しが必要となりました。
  - ・近年、高層建物(タイル張り仕様)15階建て約45mの高さの建築物が相当数存在致します。
  - ・そのような建物を調査するにあたっては赤外線サーモグラフィ調査が出来ない箇所については、ロープアクセス工法による打診調査を併用して行っております。
  - ・調査対象建物の制限範囲を超えて調査するにあたり、高解像度かつ高倍率の望遠レンズが必要とされます。



# 撮影について 空中からの撮影編

## (赤外線サーモグラフィ搭載ドローン)

- ※ 赤外線による外壁調査における基準の1画素解像度は25pix以下での調査は同じである。
- ※ 土木構造物などの規模が大きい調査には、近接して撮影が出来るため調査等には有利に働く。
- ※ 高層の構造物調査には赤外線サーモグラフィ搭載ドローンが期待されている。
- ※ 調査にあたる技術者の数はカメラ撮影者1名・補助員1名の2名+ドローンパイロット1名の3名が必要。
- ・ドローン搭載される赤外線サーモグラフィの解像度は640×512で約30万画素カメラを有する。
- ・ドローンにて撮影を行う場合は、地上から撮影する高解像度機材以下でも調査には十分である。
- ・ドローン撮影は、天空反射などの環境反射が軽減できるメリットがあるが機体の反射に注意。
- ・上空の風速(気流速度)が早いので操縦には十分注意が必要。
- ・フライト時間が限られているのでバッテリーなどの管理が必要。
- ・強風・ビル風・電波障害によっては墜落の危険性がある。



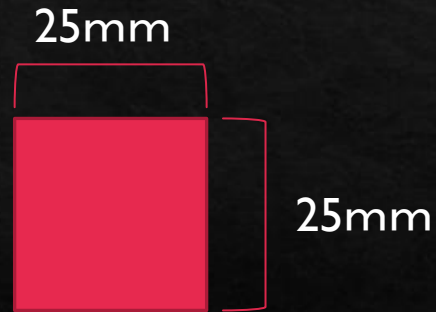
# 赤外線サーモグラフィによる診断基準(調査の相反関係)

- ◇ 作業効率を上げる方法
  - ◇ ○ 1画素解像度を上げて撮影枚数(解析枚数)を少なくする
  - ◇ ○ 環境反射・天空反射などのノイズを少なくする方法で撮影を行う
- ◇ 調査精度を上げる方法
  - ◇ ○ 高解像度の画像を取得する事(25mm/pix以下)
  - ◇ ○ 複数枚の画像により解析を行う
  - ◇ ○ 環境反射・天空反射などのノイズを少なくする方法で撮影を行う

※ 作業効率を重視すれば調査精度が悪くなり、調査精度を良くするには作業効率が悪くなる

# 赤外線サーモグラフィによる診断基準（解像度）

- ◇ 赤外線サーモグラフィを使用して外壁タイル劣化調査を行うにあたり必要とされる診断基準
- ◇ 画像解析を行う上での最大の1画素解像度は、25mm角以内
- ◇ 撮影は25mm角以内で撮影できるように撮影位置・距離・高さなどを計算して行う

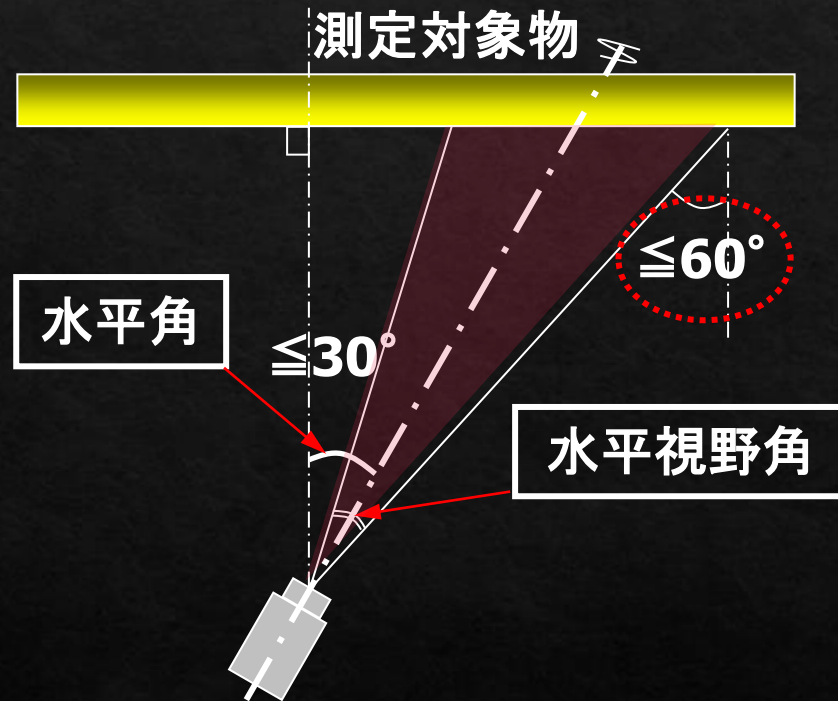


# 赤外線サーモグラフィによる診断基準(角度)

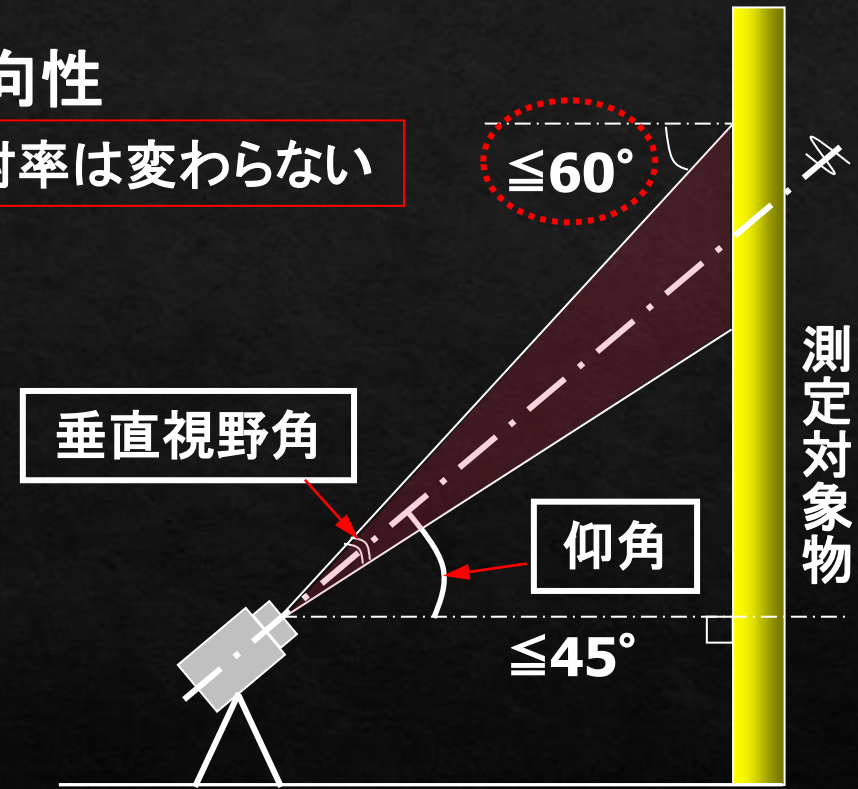
## 撮影角度の制限(光軸を基準として)

### 放射率の指向性

60° 迄は放射率は変わらない



### 水平方向の角度制限



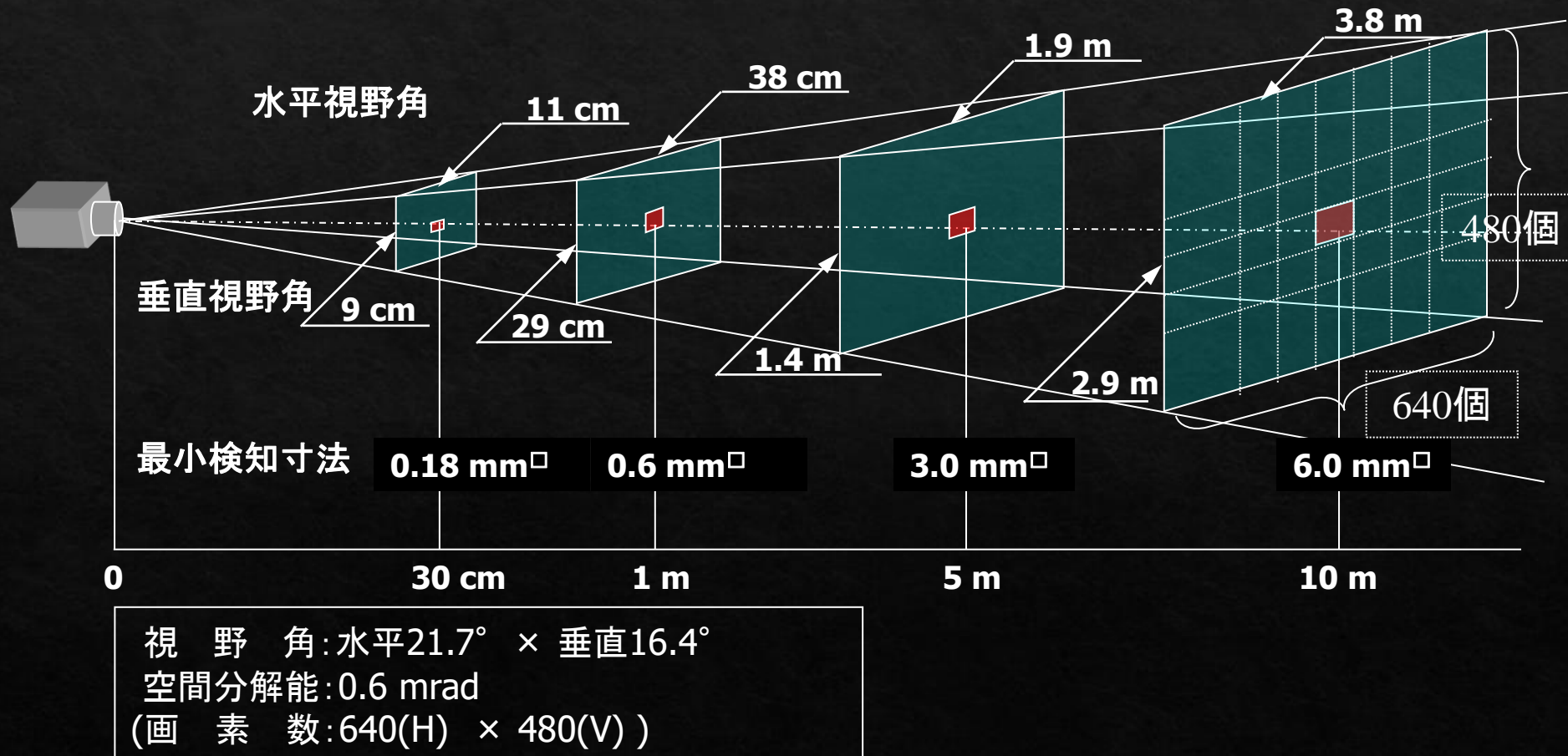
### 垂直方向の角度制限

撮影角度が過大 → 放射率が急変(小) → 測定誤差が生じる



# 赤外線サーモグラフィによる診断基準 (測定視野・最小検知寸法)

## 測定距離と視野の大きさの例



# 赤外線サーモグラフィカメラ性能

## 撮影距離が同じ場合の解像度比較

カメラタイプ	解像度（横×縦）	1画素の比較	1画素の大きさ
製造会社・品番	画素の大きさ		
20年前の調査基準 FLIR社製 T440相当	$320 \times 240 = 76,800$ 画素 (8万画素タイプ)	4.0 (4倍)	100mm
FLIR社製 SC660 及び T640相当	$640 \times 480 = 307,200$ 画素 (30万画素タイプ)	1.0 (基準値)	25mm (基準値)
FLIR社製 T1050SC	$1024 \times 768 = 786,432$ 画素 (80万画素タイプ)	0.625 (1/2.56)	15.625mm

# 赤外線サーモグラフィカメラ性能

最大撮影距離 = 25mm画角 ÷ 空間分解能

カメラタイプ	解像度 (横×縦)	レンズの種類	視野角 [FOV]	空間分解能 [IFOV]		基準値 (25mm角) 撮影距離	
製造会社・品番	画素の大きさ		横×縦				
20年前の調査基準 FLIR社製 T440相当	320×240=76,800画素 (8万画素タイプ)	広角レンズ	45° × 34°	1.31	mrad	19.08	m
		標準レンズ	25° × 19°	0.75		33.33	
		望遠レンズ	15° × 11°	0.52		48.08	
FLIR社製 SC660 及び T640相当	640×480=307,200画素 (30万画素タイプ)	広角レンズ	45° × 34°	1.30	mrad	19.23	m
		標準レンズ	24° × 18°	0.65		38.46	
		望遠レンズ	12° × 9°	0.33		75.76	
		3倍望遠レンズ	7° × 5.3°	0.19		131.58	
FLIR社製 T1050SC	1024×768=786,432画素 (80万画素タイプ)	広角レンズ	45° × 34°	0.80	mrad	31.25	m
		標準レンズ	28° × 22°	0.47		53.19	
		望遠レンズ	12° × 9°	0.20		125.00	
		4倍望遠レンズ	7° × 5.3°	0.122		204.92	



# 赤外線サーモグラフィカメラ性能

## 撮影距離が同じ場合の解像度比較及び画角の大きさ

カメラタイプ	解像度（横×縦）	解像度(画素)		1画素（25mm角）における画像の大きさ	
		横	縦	横画角の大きさ	縦画角の大きさ
20年前の調査基準 FLIR社製 T440相当	320×240=76,800画素 (8万画素タイプ)	320	240	<b>8.0m</b> (25mm×320=8,000mm)	<b>6.0m</b> (25mm×240=6,000mm)
FLIR社製 SC660 及び T640相当	640×480=307,200画素 (30万画素タイプ)	640	480	<b>16.0m</b> (25mm×640=16,000mm)	<b>12.0m</b> (25mm×480=12,000mm)
FLIR社製 T1050SC	1024×768=786,432画素 (80万画素タイプ)	1024	768	<b>25.6m</b> (25mm×1024=25,600mm)	<b>19.2m</b> (25mm×768=19,200mm)