

Ver.1.0

水門に AI カメラを設置する際の手引き
(人検知/安全確認編) (仮称)
(案)

令和 5 年 4 月

(国研) 土木研究所
技術推進本部先端技術チーム

まえがき

少子高齢化社会の中の働き手不足が懸念される状況で、AI 技術を使いこなすことが将来の省力化の鍵となる可能性がある。

特に水門等の土木機械設備の操作においては、水門操作員の担い手不足のみならず、水害発生時に機側操作を行うことから危険を伴うものであり、遠隔操作、自動化が期待されている。

水門操作の際は周囲の安全確認が必須で機側操作の際は目視で周囲を確認しているが、遠隔化・自動化の際はカメラ越しに確認することになる。しかし荒天で夜間も想定される条件下でカメラ越しでは見落としが生じる可能性がある。

そこで見落としを軽減するために、周囲の安全確認のために必要となる人検知 AI カメラに求められる性能指標ならびに導入時の留意点を「水門に AI カメラを設置する際の手引き（人検知/安全確認編）」としてとりまとめた。

水門に AI カメラを設置する際の手引き（人検知/安全確認編）では、AI 技術の活用を検討するために、比較的低コストである人検知 AI カメラに絞って AI 技術活用時の留意点をとりまとめた。

人検知 AI カメラの性能指標ならびに導入時の留意点のとりまとめの過程においては、複数の AI カメラ事業者の製品の比較を実施し、同環境での比較において検知精度が異なること、ならびに人検知 AI の教師データが異なることが明らかになった。その一方で、AI カメラ事業者から公表されている人検知機能に関する仕様は「人検知可能距離」のみであり、比較の過程で明らかになった検知精度の差異や、教師データの違いの影響を受けたと推定される検知精度の相違は仕様として定義困難であり、仕様として公表されていないのが現状であることが明らかになった。これらを踏まえ、人検知 AI カメラに求められる性能指標、導入時の留意点、事業者に対して確認が必要となる項目を取りまとめた。

令和 5 年 4 月

改訂履歴

作成日/更新日	バージョン	更新箇所	更新内容
令和 5 年 4 月	1.0	—	—

目 次

1. 総則	1
1.1 目的	1
1.2 本書が対象とする人検知 AI カメラ	1
1.3 留意点（AI カメラの能力と限界）	1
1.4 対象	1
1.5 用語の定義	1
2. 要求性能	3
2.1 周辺条件等	3
2.2 カメラの種類	3
2.3 検知性能	5
2.4 機器費用	5
2.5 カメラの機器構成	5
3. 人検知 AI カメラの導入の手引き	7
3.1 機種選定	7
3.2 人検知 AI カメラの機種選定時の性能指標と留意点	7
3.2.1 自然現象	8
3.2.2 設置条件	10
3.2.3 人の状態	13
3.2.4 性能定義	16
3.3 設置箇所の選定	18
3.3.1 人検知 AI カメラ設置の留意点	18
3.4 保守点検	21
3.5 追加機材	22
3.5.1 赤外線照明	22
3.5.2 親水コート	23
3.5.3 侵入検知センサ	24

1. 総則

1.1 目的

本書は、水門・樋門・樋管の遠隔操作ならびに遠隔監視を行う場合において、周囲の安全確認のために人検知 AI カメラの活用を検討する際の留意点について明確化することを目的とする。

1.2 本書が対象とする人検知 AI カメラ

本書は対象とする人検知 AI カメラは、AI 技術の活用を検討するために、比較的 low コストである人検知 AI カメラとした。また、簡素なシステム構成が可能であるカメラ本体に AI 人検知機能を具備した「エッジ型」の人検知 AI カメラを対象とし、機器費は 100 万円以下の製品の検討を想定し、手引きとしてとりまとめた。

人検知 AI カメラは技術や進歩がめざましい分野であり、経年により本書の内容が陳腐化することも想定されるので、将来にわたって必ずしも本書の内容に縛られる必要は無い。

1.3 留意点（人検知 AI カメラの能力と限界）

人検知 AI カメラは、通常の画像では視認しにくい夜間や雨天等でも、人の有無を視覚的または警告音で報知するので、水門遠隔操作時の安全確認には極めて有効な装置である。

しかし、メーカーの設計思想や対象とする用途により、メーカー毎、機種毎に検知可否性能（検知可能な姿勢、服装、あるいは周辺環境等）に差異がある。

人検知 AI カメラは周辺の安全確認を支援することを目的とするが、その検知精度は昼夜の別、天候の相違、検知対象人物の服装等さまざまな条件により変化し、常に同じ人検知精度を発揮できるものではない。

このため、現時点では、遠隔操作時の周辺安全確認に関しては、人検知 AI 機能は画像の目視確認の補助機能（見落としを軽減するためのもの）として位置づけ、人検知 AI 機能だけに頼った安全確認は行わないものとする。

1.4 対象

本書で対象とするのは、市販の人検知 AI カメラ本体であり、設置する水門～遠隔操作拠点までの画像通信手法については、別途検討するものとする。

また、CCTV カメラ用 IP 伝送方式ネットワーク（国土交通省の事務所ならびに出張所で採用しているネットワーク）への取り込みについては別途検討するものとする。

現時点では、管理者の保有する光ケーブル網、通信キャリア回線等が想定される。災害等によりこれらが使用不能になる場合も想定されるが、それへの対処は今後の通信技術の進歩に期待する。

1.5 用語の定義

本書で使用する用語の定義を表 1-1 に示す。

表 1-1 用語の定義一覧

名称	定義
・人検知AIカメラ（可視光）	可視光カメラは様々な種類があるのが利点であり赤外線方式にくらべて安価であるが、霧や霽に弱く、夜は光源がないと見えないのが欠点である。 取得画像は、カラー画像であるため周辺施設等の状況を目視確認することも可能である。 人検知AIカメラ（可視光）はそのカメラにAIアルゴリズムを搭載し、人検知を可能としたものである。
・人検知AIカメラ（赤外線）	赤外線カメラはカメラのセンサーによって、赤外線エネルギーを検知し、電気信号に変換することで画像にするものである。 夜間の時間帯や暗い場所でも、クリアで明瞭な映像が撮影可能である。ただし、色彩情報は取得不可であるため撮影結果は白黒画像となり、周辺施設等の状況を画面上で確認することには不向きである。また、多くの場合、可視光カメラよりも高価である。
・エッジ型	カメラ本体にAIを搭載し、カメラ内で処理した結果を伝送する方法である。 リアルタイム性が高く、PC側でのAI処理が不要になるためPCも安価なもののできる利点がある。 ただし、AIモデルの更新をする際はカメラ設置箇所へ赴いて作業を行う必要がある。
・サーバ型	カメラから画像データを伝送し、そのデータを処理用PCで解析する方法である。 PC側でAI処理するために比較的高性能なPCが必要になる欠点がある。 AIモデルの更新はPC側で行うため、PCの設置場所を監視所等に集中させれば移動の回数が少なく更新が可能である。
・照度(lx)	照度とは、明るさを表す指標で数値が大きいほど明るい。通常のオフィスでは100ルクス程度、満月時の月明かりは0.25ルクス程度である。 人検知AIカメラによる検知には一定程度の照度が必要である。照度が低ければ暗い画像となり人検知が困難または不可となる場合がある。 反射光などで局所的に照度が過剰となった場合にも人検知が困難または不可となる場合がある。
・最低被写体照度(lx)	カメラが被写体を写すために最低限必要な照度のことである。この値が低いほど高感度である。
・人検知可能最低被写体照度(lx)	人検知AIカメラが被写体をとらえるための最低被写体照度の事である。 この値を下回ると、AIカメラ上に被写体が映っても認識しないことがある。
・像面	レンズを通過した像（被写体）がカメラ内部にて像となる（結像する）面である。 像面を内蔵されたイメージセンサで電氣的な画像に変換する。
・画素数(px)	画像や画面を構成する画素（ピクセル）の数のことである。 画像や動画の精細さを表したり、入出力装置の性能や仕様を表すのに用いられる。
・像高(px)	被写体がレンズを通過して像面に結像した像の、光軸からの高さのこと。 本書ではイメージセンサにて像を撮影した後の像高を扱うため、単位は画素数（px:ピクセル）とする。
・人検知可能距離(m)	人検知AIカメラが人が検知可能である最大の距離のこと。遠距離になるほど像高は低くなるため人検知は困難となる。 この距離の範囲外では、AIカメラ上に被写体が映っても認識しないことがある。
・人検知可能像高(px)	人検知AIカメラにおいて、人が検知可能である最低限の像高のこと。
・人検知対象箇所	人検知AIカメラで撮影する箇所のことである。侵入禁止のエリアや危険な場所のなどが主な箇所である。

2. 要求性能

2.1 周辺条件等

人検知 AI カメラの周辺条件等は、国土交通省 CCTV カメラ機器仕様書（令和 3 年 3 月）に定められたものとする他、以下のとおりとする。

(1) 防水性能

防水性能は、JIS C 0920 : 2003 に規定された、IP55（防じん型、噴流に対する保護）以上を有するものとする。

(2) 人検知機能

水門・樋門・樋管の遠隔操作ならびに遠隔監視を行う場合において、周囲の安全確認のために人検知をすることが可能な人検知機能を有すること。

2.2 カメラの種類

人検知 AI カメラには、その撮影原理の違いにより赤外線方式、可視光線方式に大別される。これらを比較した結果を表 2-1 に示す。

人検知精度は各事業者の AI の学習内容にも依存するため、赤外線方式、可視光線方式といった撮影方式の比較をもって、どちらが優れているかを断定することは困難である。

方式の選択は、各撮影方式の特徴やコストの差を踏まえた上で、各導入地点で重視すべき機能を整理した上で決定する必要がある。

なお、AI の学習内容に関する性能指標と留意点については、「3.2 人検知 AI カメラの」で述べる。

表 2-1 赤外線方式と可視光方式の比較

比較項目	赤外線方式	可視光方式
ズーム機能	× ズーム機能は近年登場したが一般的ではない。ズーム機能を持つ場合、数百万円と高額になる場合がある。	○ ズーム機能を持つカメラが一般的である。
最低被写体照度	○ 対象物から発せられる赤外線を検知するため、外光は不要であり夜間でも安定した検知が可能である。	× 対象物に反射した可視光を検知するため、一定程度の照度が必要である。
天候の影響	○ 対象物から発せられる赤外線を検知するため、雨の影響を受けず安定した検知が可能である。	× 対象物に反射した可視光を検知するため、雨滴等で視程が低下した場合や、雨滴がレンズに付着し像が滲んだ場合、検知が困難となる。
色彩の影響	○ 対象物から発せられる赤外線を検知するため、検知対象の色彩には依存しない。	× 対象物に反射した可視光を検知するため、検知対象が背景と同化するような色彩の場合、検知精度が低下する。
周辺状況の把握	× 対象物から発せられる赤外線を検知するため、画像は白黒になる。色情報が無いいため状況の把握が比較的困難である。	○ 画像はカラーであり、人検知以外に、目視による監視や周辺状況の把握の用途にも使用することが容易である。
市場競争	× 赤外線方式のカメラを製造する事業者は、可視光方式のカメラを製造する事業者よりも少なく、導入も一般的ではないため競争が若干働きにくい。	○ 製造事業者は豊富であり、一般的に導入されているカメラ方式であるため、競争が働きやすい。
コスト	× 80万円～	○ 33万円～
総評	照度、天候、色彩の影響を受けないことから、検知の確実性においては赤外線方式が優れている。他方で、可視光方式はカラー画像を用いて人検知以外にも画像を活用できる点、ズーム機能が活用できる点、コスト面での優位性がある。 人検知精度は各事業者の AI の学習内容にも依存するため、撮影方式をもってどちらが優れているかを断定することは困難である。	

2.3 検知性能

水門操周辺の多様な環境下でも人検知性能を発揮できるものを導入する必要がある。

その際に必要な機能は、画角内あるいは検出範囲内における人の侵入の有無である。

人検知 AI カメラに有する人数のカウント機能、年齢性別の判定機能等の、人の進入を検知する機能以外の機能は、管理者が必要としない限り不要とする。

2.4 機器費用

人検知 AI カメラの価格帯は幅広く、高性能・高機能なものほど高額となる。

しかし、高額なものは導入費用、更新費用の負担が大となり導入が困難になるほか、水門操作時の安全確認には不要な人数のカウント機能、年齢性別の判定機能等の機能が付加されている場合がある。本書では、機器費用 100 万円以下の機器を想定した。

2.5 カメラの機器構成

人検知 AI カメラの構成には、AI 機能をカメラ内に持たせた「エッジ型」と、通常のカメラ画像を PC 側で処理する「サーバ型」がある。表 2-2 に両者の比較結果を示す。

リアルタイム性、拡張性、価格の観点から、本書では「エッジ型」を推奨する。

表 2-2 手法の比較と検討

項目	優先順位	手法①(エッジ型)	手法②(サーバ型)
イメージ			
概要		カメラ本体に AI を搭載し、カメラ内で処理した結果を伝送する	既設カメラからの画像データを、データを処理用 PC で解析する。
リアルタイム性	高	<ul style="list-style-type: none"> 出力データを端末内で処理し、その結果を PC 等に送信するため、よりリアルタイムに状況を確認できる。 <p style="text-align: center;">○</p>	<ul style="list-style-type: none"> カメラ画像を収集し、そのデータに対して専用 PC で処理を行い、その結果を閲覧 PC 等に送信するため、手法①よりリアルタイム性に欠ける。 <p style="text-align: center;">△</p>
拡張性	高	<ul style="list-style-type: none"> 独立して設置するため既設カメラ設備に影響が無いことから拡張性は高い <p style="text-align: center;">○</p>	<ul style="list-style-type: none"> 既設カメラ設備を用いる場合、人検知用の画角調整が必要になるため、既設カメラ設備の本来の目的に沿った機能を失う可能性がある <p style="text-align: center;">×</p>
コスト	中	<p>40～80 万円/カメラ 1 台</p> <p style="text-align: center;">○</p>	<p>50～100 万円/PC1 台</p> <p>カメラを新設する場合は別途カメラ費用を要する。</p> <p style="text-align: center;">×</p>
AI モデルの更新	低	<ul style="list-style-type: none"> エッジ側で更新をすることもできるが、カメラ側での高速処理は困難であるため長時間を要する。 現地での作業(モデル更新)が必要 <p style="text-align: center;">△</p>	<ul style="list-style-type: none"> 解析用 PC により高速処理が可能のため、モデルの構築、更新が容易 <p style="text-align: center;">○</p>
画角調整	低	<ul style="list-style-type: none"> 任意の箇所に設置可能なため、目的を満たす画角調整が可能である <p style="text-align: center;">○</p>	<ul style="list-style-type: none"> 既設カメラの設置目的は人検知用でないため、本来の目的+人検知可能な画角調整が必要である(旋回式カメラのみ) <p style="text-align: center;">△</p>
総評		<ul style="list-style-type: none"> 設置にあたり考慮すべき優先順位が高い、リアルタイム性において手法②より優れている。 人検知 AI カメラを独立して設けることで冗長性が確保できる <p style="text-align: center;">○</p>	<ul style="list-style-type: none"> 手法①よりリアルタイム性において劣る。 既設カメラを利用する場合本来の目的に沿った機能を失う可能性がある <p style="text-align: center;">△</p>

3. 人検知 AI カメラの導入の手引き

3.1 機種選定

人検知 AI カメラは、その機種により姿勢や服装、周辺環境等の違いによる人検知精度の差異が存在する。本章では機種選定の為に、人検知精度の差異ならびに、複数機種について適用性試験を実施した結果ならびに事業者への聴取を通じて得られた情報より導かれた、人検知 AI カメラの機種選定時の性能指標および留意点をとりまとめた。

(参考資料)

実施済みである適用性試験の結果判明した人検知精度の差異について、別紙「01_人検知 AI カメラ適用性試験_試験結果」にとりまとめた。適用性試験の方法については「02_人検知 AI カメラ適用性試験_試験内容および方法」を参照のこと。

機種決定時には設置環境と設置条件に応じ、「3.2 人検知 AI カメラの機種選定時の性能指標と留意点」にまとめられた性能指標ならびに留意点を確認し、要求性能を満たすことを確認する必要がある。

3.2 人検知 AI カメラの機種選定時の性能指標と留意点

複数機種について適用性試験を実施した結果より得られた人検知 AI カメラの検知精度に関する課題等は、次に示す 4 つの大分類で整理された。これらについての人検知 AI カメラの機種選定時の性能指標および留意点を示す。

1. 自然現象

日照や気象といった、人検知 AI カメラが設置される箇所の自然現象に関連する課題・問題である。

2. 設置条件

人検知 AI カメラと人検知対象箇所との距離や、人検知 AI カメラと人検知対象箇所との間の支障物に関連する課題・問題である。

3. 人の状態

検知対象とした人の姿勢、服装、所持品などに関連する課題・問題である。

4. 性能定義

人検知 AI カメラの性能定義のため総合検討において実施した、人検知 AI カメラ事業者が通常公開していない内容に関連する課題・問題である。

3.2.1 自然現象

(1) 最低被写体照度に関する性能指標と留意点（可視光線方式のみ）

1) 背景

人検知 AI カメラ（可視光）の人検知のためには「AI が人検知可能となる最低被写体照度」を満たす必要がある。「AI が人検知可能となる最低被写体照度」は、カメラ自体の性能を示す最低被写体照度とは異なる値である事業者が存在することに留意する必要がある。また、昼間・夜間モードの照度による自動切替時には検知精度が低下する現象が発生する可能性がある。

2) 性能指標

最低被写体照度に関し人検知 AI カメラに要求される性能指標は次の通りである。

1. 人検知 AI カメラ（可視光）の最低被写体照度は電子感度 OFF 時に 0.2lx 以上とする。
2. 人検知 AI カメラ（可視光）の昼間・夜間モードの切替は、照度ならびに時刻による切替機能を有していること。
3. 人検知 AI カメラ（可視光）の設置箇所において人検知が可能となる最低被写体照度を満たせない場合を想定し、赤外線照明等の補助照明およびその制御を追加できるものであること。

（補足）

1. 人検知 AI カメラ（赤外線）は被写体から放出された赤外線を主に撮像する原理のため、カメラ自体に最低被写体照度の定義はされていない。

赤外線照明については「3.5 追加機材」において詳述する。

3) 留意点

最低被写体照度に関し人検知 AI カメラ導入時の留意点は次の通りである。

1. 人検知 AI カメラ（可視光）の最低被写体照度はカメラ自体の性能を表したものであり「AI が人検知可能となる最低被写体照度」は人検知 AI カメラ（可視光）の最低被写体照度よりも劣る場合がある。
確実な人検知の為には導入時に人検知 AI カメラ（可視光）の最低被写体照度に加え、「AI が人検知可能となる最低被写体照度」を確認すること。
2. 照度計を用いて人検知対象箇所が最も暗所となる状態（夜間）において照度を確認し、人検知 AI カメラ（可視光）の「AI が人検知可能となる最低被写体照度」を満たすことかを確認すること。
3. 「AI が人検知可能となる最低被写体照度」を満たさない場合、人検知対象箇所までの距離ならびに必要な画角に応じた赤外線照明の導入を検討すること。

(2) 天候に関する性能指標と留意点（可視光線方式のみ）

1) 背景

模擬的な降雨を用い検証した結果、可視光カメラの場合は小雨の場合は検知可能であるが、大雨の場合は検知不可となることが明らかになった。降雨の影響を受けない人検知 AI カメラは赤外線方式である。可視光方式は、降雨の影響を受けるが、人検知精度が低下する具体的な降水量の定義が無い事業者が多い。

2) 性能指標

事業者への聴取結果より、降雨に関し人検知 AI カメラに定義されている性能指標が無いことが明らかになった。ただし、降雨によるレンズへの水滴付着による人検知精度の低下を低減するため親水コートが有効であることが明らかになった。

これらより、天候（降雨）に関する性能指標は次の通りである。

- | |
|---|
| 1. 人検知 AI カメラ（可視光）においては、カメラレンズ面またはレンズ前面カバーの水滴付着を低減するための親水コートが施されたものとする。 |
|---|

親水コートについては「3.5 追加機材」において詳述する。

3) 留意点

天候（降雨）に関し人検知 AI カメラ導入時の留意点は次の通りである。

- | |
|---|
| 1. 人検知 AI カメラ（可視光）は、降雨により検知精度が低下する。このため、可能な限り人検知対象箇所に近づけてカメラを設置し、カメラと人検知対象箇所との距離を短くすることで降雨の影響を低減すること。 |
| 2. 人検知 AI カメラ（可視光）は、カメラレンズ面又はレンズ前面カバーに水滴が付着することで検知精度が低下するため、降雨の影響の少ない上部に構造物がある箇所への設置を検討すること。 |

3.2.2 設置条件

(1) 検知可能距離に関する性能指標と留意点

1) 背景

事業者から提示される仕様は、人検知可能な範囲を距離で示していることが多い。他方で検知対象とした人物の身長の違いによって、その検知可能距離は変化するため、人物の身長の影響を考慮した指標を検討する必要がある。しかしながら、各事業者からは人検知可能距離の定義のみが公開されており、赤外線、可視光いずれの方式においても人検知可能な距離は1～34mであった。

2) 性能指標

検知可能距離に関し人検知 AI カメラに要求される性能指標は次の通りである。

1. 人検知 AI カメラ（可視光）および人検知 AI カメラ（赤外線）については、指定されたカメラ設置箇所から人検知対象箇所までの距離において、人検知が可能であること。距離は1m から 34m の範囲とする。
2. ズーム機能を持つカメラにおいてはワイド端にて指定された距離における人検知が可能であること。

3) 留意点

検知可能距離に関し人検知 AI カメラ導入時の留意点は次の通りである。

1. 人検知可能距離を延ばすために、ズーム機能を用いることが想定されるが、万が一ワイド側（広角側）に操作したままとした場合、人検知が不可となる恐れがあるため、運用上注意が必要である。
2. ズーム機能を用い、検知対象箇所からカメラまでの距離を伸ばした場合、降雨による検知精度低下の影響を受け易くなることに留意すること。

(2) 支障物に関する性能指標と留意点

1) 背景

人検知 AI カメラを立ち入り禁止箇所の安全確認に用いる場合、周囲には柵・塀などが設けられている場合が想定される。このため、支障物である柵・塀などによる人検知への影響について考慮する必要がある。支障物が有る場合の人検知の可否は、人検知 AI カメラの AI が、支障物が有る場合の人検知の学習が実施済みであるか否かによって異なることが判明している。

2) 性能指標

支障物に関し人検知 AI カメラに要求される性能指標は次の通りである。

1. 人検知 AI カメラと検知対象箇所間に柵・金網などの支障物が存在する場合、人検知が不可となる、または検知精度が低下する場合があるため、支障物が存在しない位置・角度に人検知 AI カメラを設置すること。
2. 人検知 AI カメラと検知対象箇所間に柵・金網などの支障物が存在する場合、人支障物と重なった人物を教師データとして使用した AI が実装された人検知 AI カメラとすること。

3) 留意点

支障物に関し人検知 AI カメラ導入時の留意点は次の通りである。

1. 柵の支柱の密度や、柵に金網が使用された状態等、柵の様態は各種存在する。このため、支障物と重なった人物を教師データとして使用した AI が実装された人検知 AI カメラとした場合でも検知が困難になる恐れがあるので、事業者を確認すること。

(3) 直射光（反射光）の影響に関する性能指標と留意点

1) 背景

人検知 AI カメラに太陽光や、強力な点光源（作業灯や投光器）の直射光や反射光が入り込むことで逆光状態となった場合、人検知精度が低下する可能性がある。

2) 性能指標

人検知 AI カメラ（可視光）のメーカーヒアリング結果は、直射光や反射光が入り込むことで逆光状態となった場合、人検知精度が低下する可能性が高くなる可能性はあるものの、定量的な輝度や、周辺光との差異の量は提示されなかった。ただし、太陽光や周辺の灯具の直接光の入射は、カメラの設置方位や周辺環境の確認によって一定程度把握することが可能であるため、留意点に設置条件を記載するものとした。

3) 留意点

直射光（反射光）の影響に関し人検知 AI カメラ導入時の留意点は次の通りである。

1. 人検知 AI カメラの受光部（レンズ）は、太陽光が受光部（レンズ）に直接的に入射しにくいよう、直射光が入射しにくい方角にカメラを向け設置する。またはカメラに下向きの俯角を設け設置すること。
2. 人検知 AI カメラの撮影範囲に、光線が人検知 AI カメラの受光部（レンズ）に直接的に入り込む作業灯や投光器などの強力な光源が存在しないように設置すること。

3.2.3 人の状態

(1) 姿勢に関する性能指標と留意点

1) 背景

撮影された人の姿勢に依存することなく人検知可能であることが人検知 AI カメラに求められる性能となるが、過年度の適用性試験の結果、一部の姿勢で検知不可になることが確認された。各種姿勢（図 3-1）における人検知の可否は、人検知 AI カメラの AI が、当該の姿勢における人検知の学習が実施済みであるか否かによって異なる。また、人検知 AI カメラと検知対象箇所の上に柵などの支障物を想定して AI の学習を実施した製品は、実質的に検知可能な姿勢が多いことが判明している。

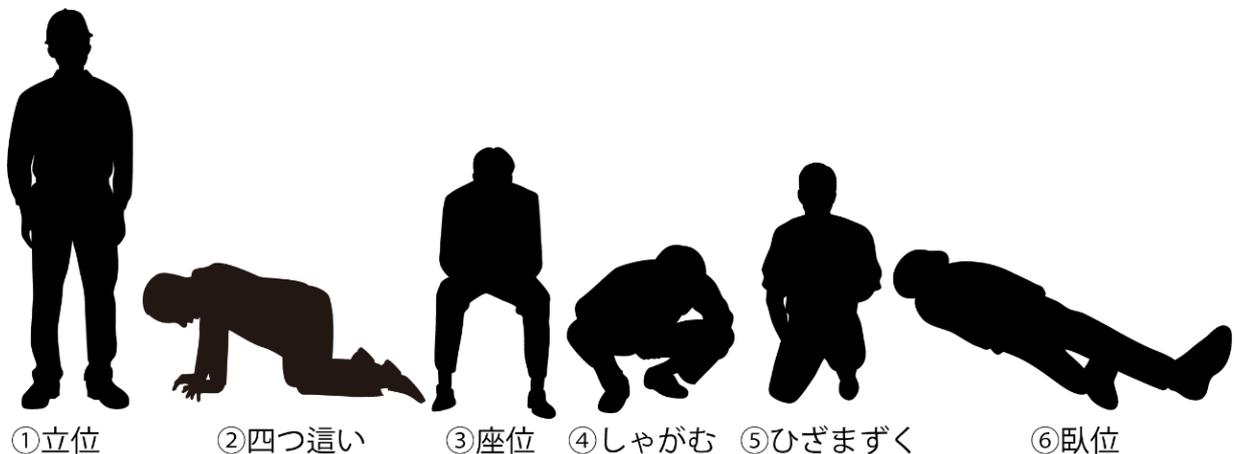


図 3-1 各種姿勢

2) 性能指標

姿勢に関し人検知 AI カメラに要求される性能指標は次の通りである。

1. 人検知 AI カメラにおいては、検知対象人物が立位の状態で検知可能なことを基本とし、その他の姿勢（四つ這い、座位、臥位、しゃがむ、ひざまずく）も検知可能であることが望ましい。

3) 留意点

姿勢に関し人検知 AI カメラ導入時の留意点は次の通りである。

1. 検知可能な姿勢については、事業者の AI 学習状況を確認すること。
また、メーカー側の AI 学習結果との乖離が存在し、検知可能とされた場合でも検知不可の場合や、検知不可とされた場合でも検知可能な場合が存在するため、学習状況の確認の際には、学習していなくても実質的に検知可能な姿勢もあわせて確認すること。

(2) 色に関する性能指標と留意点（可視光線方式のみ）

1) 背景

撮影された人の服装（主に色彩）に依存することなく人検知可能であることが人検知 AI カメラに求められる性能であるが、過年度試験では人検知 AI カメラ（可視光）において赤色で未検知となった事業者 1 社が存在した。しかしながら、色彩よりも雨衣で体の一部が隠れ、人の特徴量が減ったために検知精度が低下した可能性があることも判明した。

2) 性能指標

人検知 AI カメラ（可視光）のメーカヒアリング結果は、色彩の違いは学習されていないこと、および雨衣によって人の特徴（顔・脚）が隠れたために検知精度が低下したとされた。何れも、服装の色彩の定義に至るための性能指標が得られない結果であるため、性能指標については、今後の課題とする。

ただし、人物が全身単色の服装である可能性が低いことを想定すると、保護色になりやすい背景は自然色であるため、コンクリート面などの均一性の高い面を背景とすることを留意点に記し推奨するものとした。

3) 留意点

色に関し人検知 AI カメラ導入時の留意点は次の通りである。

1. 色彩（服装の色）については、周辺の色に溶け込む保護色となる場合人検知 AI カメラ（可視光）の検知精度が低下する恐れがある。精度低下を防ぐ方法としては、検知対象箇所の背景をコンクリート壁面などの均一性のある壁面にする等の方法を検討する。
2. 夜間の検知精度の低下を防ぐためには、人検知対象箇所までの距離ならびに必要な画角に応じた赤外線照明を照射することが必要である。

（参考）

1. 人検知 AI カメラ（赤外線）方式の場合、原理的に色彩に影響されないため色彩による検知精度の低下は発生しない。

赤外線照明については「3.5 追加機材」において詳述する。

(3) 傘に関する性能指標と留意点

1) 背景

水門操作時は雨天であることも想定されるため、検知対象人物が傘を使用している可能性がある。このため傘を使用している人検知可能であることが人検知 AI カメラに求められる性能となる。傘使用時の人検知の可否は、人検知 AI カメラの AI が、当該の姿勢における人検知の学習が実施済みであるか否かによって異なる。また、機種によっては検知対象箇所を撮影時に想定される人物の大きさを用いてキャリブレーションを行うことで検知精度の改善が見込まれるものもあることが判明した。

なお、傘の使用状態の影響については傘の使用状況によって異なることを想定したため、以下 2 種類の状態における影響について想定する必要がある。

①浅めに傘を使用した場合（図 3-2 左図）

撮像結果において頭部が傘でほぼ隠れていない状態

②深めに傘を使用した場合（図 3-2 右図）

撮像結果において傘により頭部がほぼ完全に隠れた状態



図 3-2 傘使用時の状態の相違

2) 性能指標

傘に関し人検知 AI カメラに要求される性能指標は次の通りである。

- | |
|--|
| 1. 人検知 AI カメラにおいては、傘を使用している状態の人を検知可能とするために AI が傘使用状態における人検知の学習をしていることを基本とする。 |
|--|

3) 留意点

傘に関し人検知 AI カメラ導入時の留意点は次の通りである。

- | |
|---|
| 1. 傘の使用状態にある人の検知精度は、人検知 AI カメラの AI が、傘使用状態で人検知の学習を行っているかに左右されるため、導入時に事業者 AI の学習状況を確認すること。 |
| 2. 機種によっては、導入時にキャリブレーションを実施することで検知精度が改善する場合があるので、キャリブレーションの要否について確認すること。 |

3.2.4 性能定義

(1) 人検知可能像高に関する性能指標と留意点

1) 背景

身長の影響を考慮したカメラ設置位置を適切に決定するためには、各カメラにおいて人検知が可能となる像高を確認する必要がある。人検知可能像高によるカメラ設置距離の算出は、事業者からの情報が無いまたは公開されていないため算出することができないことが明らかになった。

2) 性能指標

人検知可能像高による人検知 AI カメラ設置位置の決定は、人物の身長の影響を考慮した上で設置位置を検討可能とするものであったが、人検知 AI カメラ（可視光）のメーカーヒアリング結果より、人検知可能像高についての定義は一般的ではないことが判明した。

また、俯角や人検知対象箇所周辺の環境条件により検知精度が変わる可能性があると考えられたが、これは人検知 AI 性能そのものに関わるものである。

このため、人検知 AI カメラ導入時には人検知 AI の性能を熟知した事業者を確認しつつ設置位置を決定する必要がある。

よって、人検知可能像高による人検知 AI カメラ設置位置の決定における性能指標については、現時点では定義困難である。

3) 留意点

人検知可能像高に関し人検知 AI カメラ導入時の留意点は次の通りである。

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1. 最大の検知可能距離における人検知可能な身長を確認すること。2. 検知可能像高による人検知 AI カメラ設置位置の決定は、検知対象人物の身長を考慮した上でカメラ設置位置を検討することを可能にする。ただし、人検知可能像高の定義は一般的ではない。また、俯角および人検知対象箇所の周辺環境条件により検知精度が変わる可能性があるため、事業者との確認が必要である。 |
|--|

各課題等において人検知 AI カメラに要求される性能指標および留意点を表 3-1 に取りまとめた。

表 3-1 人検知 AI カメラに要求される性能指標と留意点

番号	大分類	枝番	項目	性能指標	留意点
1	自然現象	1-1	照度	<ol style="list-style-type: none"> 人検知 AI カメラ (可視光) の最低被写体照度は電子感度 OFF 時に 0.2lx 以上とする。 人検知 AI カメラ (可視光) の昼間・夜間モードの切替は、照度ならびに時刻による切替機能を有していること。 人検知 AI カメラ (可視光) の設置箇所において人検知が可能となる最低被写体照度を満たせない場合を想定し、赤外線照明等の補助照明およびその制御を追加できるものであること。 (補足) <ol style="list-style-type: none"> 人検知 AI カメラ (赤外線) は被写体から放出された赤外線を主に撮像する原理のため、カメラ自体に最低被写体照度の定義はされていない。 	<ol style="list-style-type: none"> 人検知 AI カメラ (可視光) の最低被写体照度はカメラ自体の性能を表したものであり「AI が人検知可能となる最低被写体照度」は人検知 AI カメラ (可視光) の最低被写体照度よりも劣る場合がある。確実な人検知の為に導入時に人検知 AI カメラ (可視光) の最低被写体照度に加え、「AI が人検知可能となる最低被写体照度」を確認すること。 照度計を用いて人検知対象箇所が最も暗所となる状態 (夜間) において照度を確認し、人検知 AI カメラ (可視光) の「AI が人検知可能となる最低被写体照度」を満たすことかを確認すること。 「AI が人検知可能となる最低被写体照度」を満たさない場合、人検知対象箇所までの距離ならびに必要な画角に応じた赤外線照明の導入を検討すること。
		1-2	天候	<ol style="list-style-type: none"> 人検知 AI カメラ (可視光) においては、カメラレンズ面またはレンズ前面カバーの水滴付着を低減するための親水コートが施されたものとする。 	<ol style="list-style-type: none"> 人検知 AI カメラ (可視光) は、降雨により検知精度が低下する。このため、可能な限り人検知対象箇所に近づけてカメラを設置し、カメラと人検知対象箇所との距離を短くすることで降雨の影響を低減すること。 人検知 AI カメラ (可視光) は、カメラレンズ面又はレンズ前面カバーに水滴が付着することで検知精度が低下するため、降雨の影響の少ない上部に構造物がある箇所への設置を検討すること。
2	設置条件	2-1	検知可能距離	<ol style="list-style-type: none"> 人検知 AI カメラ (可視光) および人検知 AI カメラ (赤外線) については、指定されたカメラ設置箇所から人検知対象箇所までの距離において、人検知が可能であること。距離は 1m から 34m の範囲とする。 ズーム機能を持つカメラにおいてはワイド端にて指定された距離における人検知が可能であること。 	<ol style="list-style-type: none"> 人検知可能距離を延ばすために、ズーム機能を用いることが想定されるが、ワイド側 (広角側) に操作したままとした場合、人検知が不可となる恐れがあるため、運用上注意が必要である。 ズーム機能を用い、検知対象箇所からカメラまでの距離を伸ばした場合、降雨による検知精度低下の影響を受け易くなることに留意すること。
		2-2	支障物	<ol style="list-style-type: none"> 人検知 AI カメラと検知対象箇所の間に柵・金網などの支障物が存在する場合、人支障物と重なった人物を教師データとして使用した AI が実装された人検知 AI カメラとすること。 	<ol style="list-style-type: none"> 人検知 AI カメラと検知対象箇所の間に柵・金網などの支障物が存在する場合、人検知が不可となる、または検知精度が低下する場合があるため、可能な限り支障物が存在しない位置・角度に人検知 AI カメラを設置すること。 支障物である柵は、支柱の密度や、柵に金網が使用された状態等、柵の様態は各種存在する。このため、支障物と重なった人物を教師データとして使用した AI が実装された人検知 AI カメラとした場合でも検知が困難になる恐れがあるので、事業者の確認すること。
		2-3	直射光	<ol style="list-style-type: none"> 人検知 AI カメラに太陽光や、強力な点光源 (作業灯や投光器) の直射光や反射光が入り込むことで逆光状態となった場合、人検知精度が低下する可能性がある。 	<ol style="list-style-type: none"> 人検知 AI カメラの受光部 (レンズ) は、太陽光が受光部 (レンズ) に直接的に入射しにくいよう、直射光が入射しにくい方向にカメラを向け設置する。またはカメラに下向きの俯角を設け設置すること。 人検知 AI カメラの撮影範囲に、光線が人検知 AI カメラの受光部 (レンズ) に直接的に入り込む作業灯や投光器などの強力な光源が存在しないように設置すること。
3	人の状態	3-1	姿勢	<ol style="list-style-type: none"> 人検知 AI カメラにおいては、検知対象人物が立位の状態で検知可能なことを基本とし、その他の姿勢 (四つ這い、座位、臥位、しゃがむ、ひざまずく) も検知可能であることが望ましい。 	<ol style="list-style-type: none"> 検知可能な姿勢について、事業者の AI 学習状況を確認すること。また、メーカー側の AI 学習結果との乖離が存在し、検知可能とされた場合でも検知不可の場合や、検知不可とされた場合でも検知可能な場合が存在するため、学習状況の確認の際には、学習していなくても実質的に検知可能な姿勢もあわせて確認すること。
		3-2	色	(性能指標無し)	<ol style="list-style-type: none"> 色彩 (服装の色) については、周辺の色彩に溶け込む保護色となる場合人検知 AI カメラ (可視光) の検知精度が低下する恐れがある。精度低下を防ぐ方法としては、検知対象箇所の背景をコンクリート壁面などの均一性のある壁面にする等の方法が想定される。 夜間の検知精度の低下を防ぐためには、人検知対象箇所までの距離ならびに必要な画角に応じた赤外線照明を照射することが必要である。 (参考) 赤外線方式の場合色彩に影響されないため色彩による検知精度の低下は発生しない。
		3-3	傘	<ol style="list-style-type: none"> 人検知 AI カメラにおいては、傘を使用している状態の人を検知可能とするために AI が傘使用状態における人検知の学習をしていることを基本とする。 	<ol style="list-style-type: none"> 傘の使用状態にある人の検知精度は、人検知 AI カメラの AI が、傘使用状態で人検知の学習を行っているかに左右されるため、導入時に事業者が AI の学習状況を確認すること。 機種によっては、導入時にキャリブレーションを実施することで検知精度が改善する場合があるので、キャリブレーションの要否について確認すること。
4	性能定義	4-1	人検知可能像高	(性能指標無し)	<ol style="list-style-type: none"> 最大の検知可能距離における人検知可能な身長を確認すること。 検知可能像高による人検知 AI カメラ設置位置の決定は、検知対象人物の身長を考慮した上でのカメラ設置位置を検討することを可能にする。ただし、人検知可能像高の定義は一般的ではない。また、俯角および人検知対象箇所の周辺環境条件により検知精度が変わる可能性があるため、事業者との確認が必要である。

3.3 設置箇所の選定

人検知 AI カメラの設置位置は、監視したい範囲が画角内に収まる場所が最善である。

また、俯瞰角度によって検知性能に影響が出るので、設置高さについて留意すること。

設置高さについては、設置高さによる検知精度の低下の影響を事業者に対し確認したうえで、設置高さ（場所）を決定する必要がある。

設置事例を図 3-3、図 3-4 に示す。

図 3-4 の例は、検知したい範囲について 1 台の人検知 AI カメラで俯瞰的に撮影可能とする配置としたものではない。特に検知したい範囲 2 箇所に対し、各 1 台の人検知 AI カメラを設置し、支障物の回避と人検知 AI カメラの検知可能距離の制約を満たした配置としたものである。

(参考資料)

土木研究所および実地の水門にて実施した、俯瞰角度による検知精度の違いについては、別紙資料の「01_人検知 AI カメラ適用性試験_試験結果」を参照のこと。

試験方法については「02_人検知 AI カメラ適用性試験_試験内容および方法」を参照のこと。

(※ 参考資料については、(国研) 土木研究所 先端技術チーム (sentan@pwri.go.jp) まで照会してください。)

3.3.1 人検知 AI カメラ設置の留意点

設置に関し人検知 AI カメラ導入時の留意点は次の通りである。

1. 人検知 AI カメラの検知可距離を満たす配置とすること。
2. 特に人検知が必要な箇所（樋門周辺、操作室出入口等）は、1 台の人検知 AI カメラで広範囲を監視するものとせず、ポイント毎に複数台の人検知 AI カメラで検知を行う設置を検討すること。これは、支障物の影響の回避を容易なものとする効果と、人検知 AI カメラが検知を行いたい範囲から遠方に設置されることによる検知精度の低下を避ける効果がある。なお、見通しの良い箇所については、この限りではない。

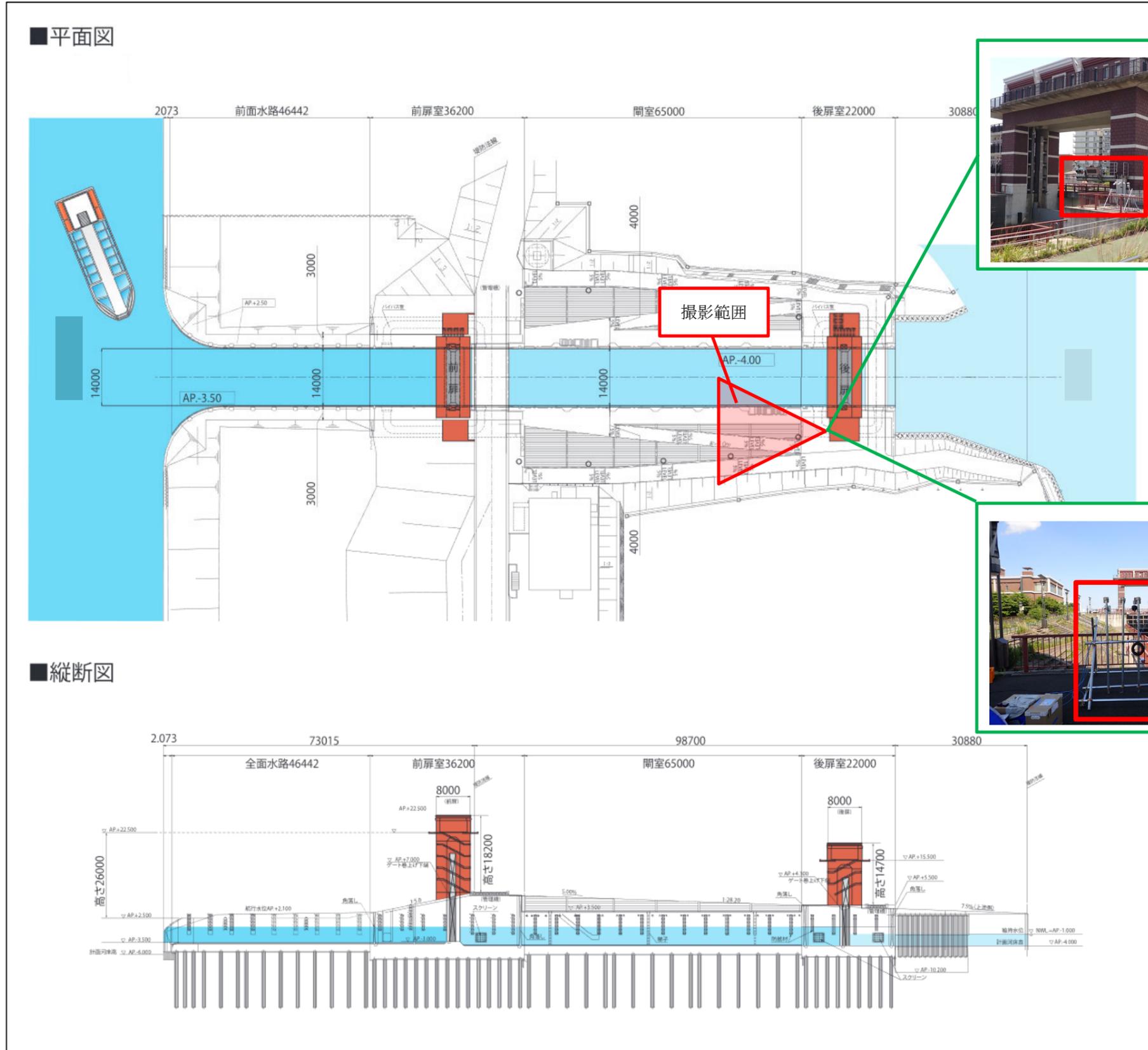
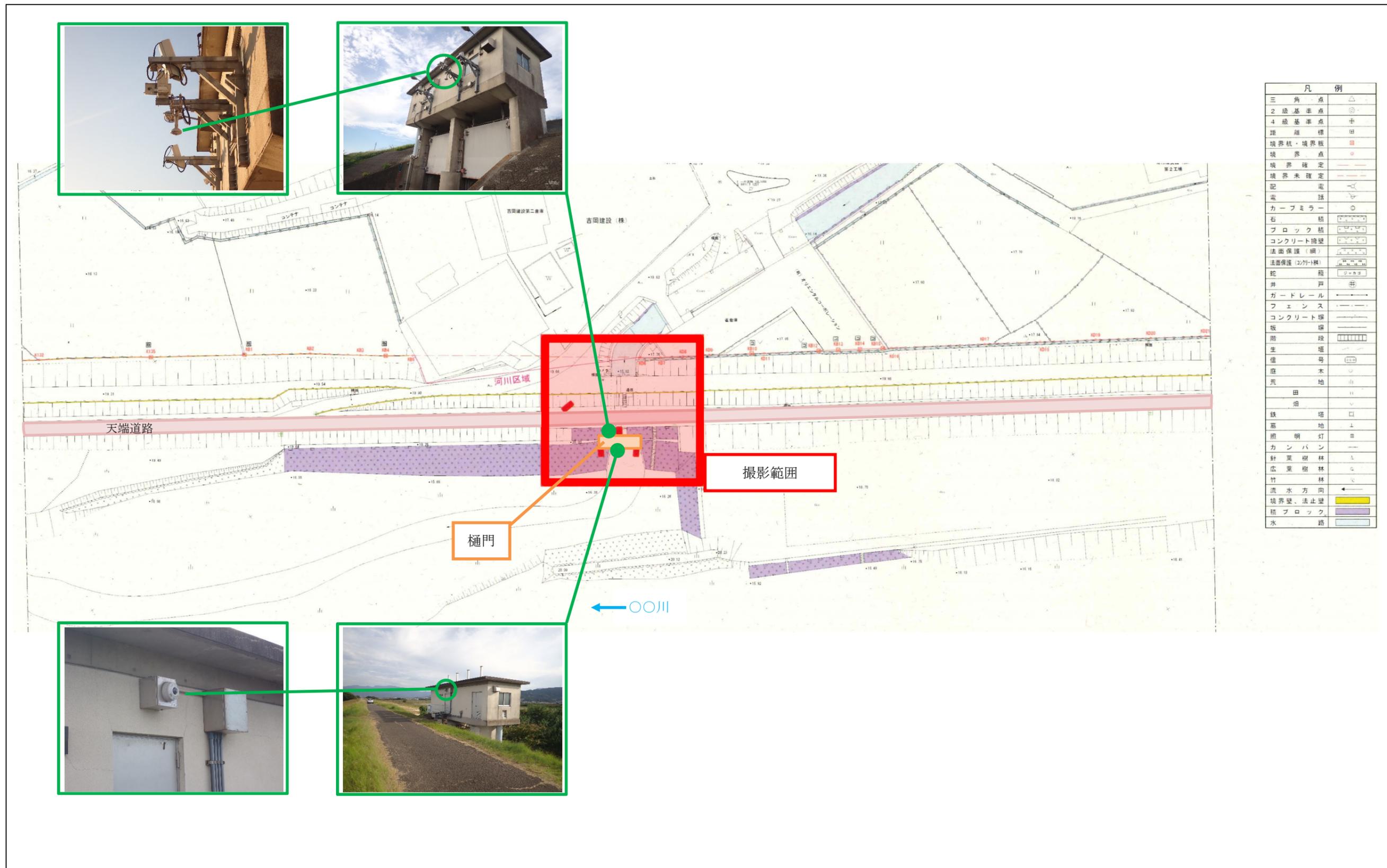


図 3-3 設置事例 (1)



凡 例	
三角点	△
2級基準点	⊙
4級基準点	⊕
距離標	田
境界杭・境界板	■
境界点	●
境界確定	—
境界未確定	- - -
配電	⚡
電話	☎
カーブミラー	○
石積	⊞
ブロック積	⊞
コンクリート擁壁	⊞
法面保護(網)	⊞
法面保護(シフト網)	⊞
蛇籠	⊞
井戸	⊕
ガードレール	—
フェンス	—
コンクリート塼	—
板塼	—
階段	—
生垣	—
信号	⊞
樹木	⊞
荒地	⊞
田	田
畑	田
鉄塔	⊞
基地	⊞
照明灯	⊞
カンバン	—
針葉樹林	⊞
広葉樹林	⊞
竹	⊞
流水方向	←
境界壁、法止壁	—
積ブロック	⊞
水路	—

図 3-4 設置事例 (2)

3.4 保守点検時の留意事項

3.4.1 営巣の影響

鳥、蜘蛛等の営巣に関する留意点は、次の通りである。

人検知 AI カメラの直近に鳥、蜘蛛等が営巣することで視野が遮られ、その結果人検知が不可となる場合や、人検知精度の低下が発生する。

営巣が確認された場合、その除去を行うこと。

3.4.2 入光部の汚れの除去

レンズ入光部に塵埃が付着することで撮影が不鮮明となり、その結果人検知精度が低下する可能性がある。このため塵埃の除去を定期的に行う必要がある。

留意点は、次の通りである。

レンズ入光部に塵埃が付着することで撮影が不鮮明となり、その結果人検知精度が低下する可能性がある。このため塵埃の除去を定期的に行う必要がある。

塵埃の除去は、親水コートが施された機種は清掃時の摩擦によって親水コートの効果を低下させる可能性があることから、メーカー指定の清掃方法を確認し実施すること。

3.5 追加機材

3.5.1 赤外線照明

人検知対象箇所が最低被写体照度を満たさない場合、人検知可能な最低被写体照度を満足するよう安価な照明等の追加機材を配置することが望ましい。人検知対象箇所からの距離、ならびに監視範囲と、監視範囲を満たすために必要となる照明の照射角度を鑑みて適切な照明を導入する必要がある。

赤外線照明のコストは、人検知 AI カメラの目標導入コスト（100 万円以下）を鑑みると、導入コストが安価である製品が存在していることから追加機材として妥当である。

（参考機器費：8 万円）

赤外線投光器の外形例を図 3-5 に示す。

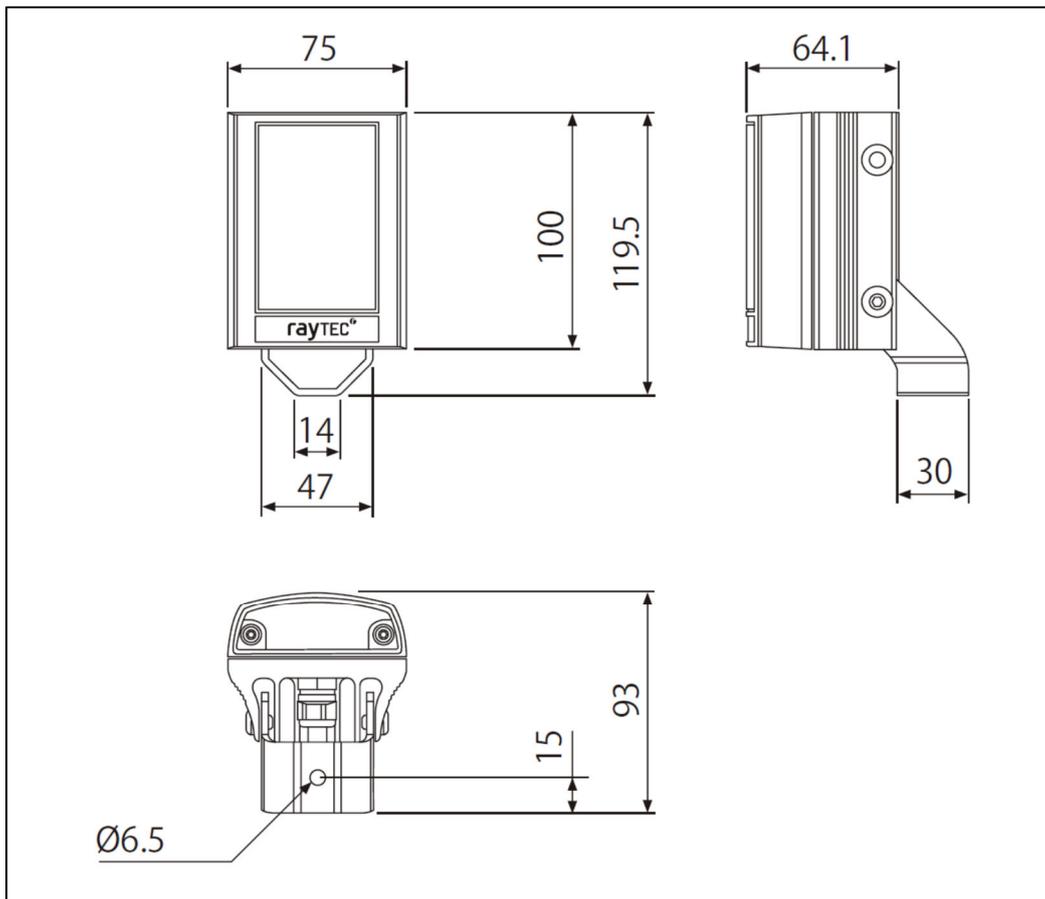


図 3-5 赤外線投光器の外形例

3.5.2 親水コート

人検知 AI カメラ（可視光）については、降雨の影響そのものを回避することは、屋外に設置された水門等を監視対象とするため多くの場合で影響を避けることは困難である。ただし、カメラのレンズならびにカメラ前のカバー部に水滴が付着することによる検知精度の低下は、降雨の影響の少ない上部構造物のある箇所にカメラを設置することや、カメラに設けられた親水コートにより、レンズ前面の水滴の付着を軽減することが可能である。

また、親水コートが無い人検知 AI カメラ（可視光）については親水コートが施された透明なドームが取り付けられたポリカーボネートプラボックス筐体内に収めることで、同等の効果が期待できる。

親水コートのコストは、人検知 AI カメラの目標導入コスト（100 万円以下）を鑑みると、導入コストが安価である製品が存在していることから追加機材として妥当である。

（参考機器費：5 万円）

透明ドームならびにポリカーボネートプラボックス例を図 3-6 に示す。

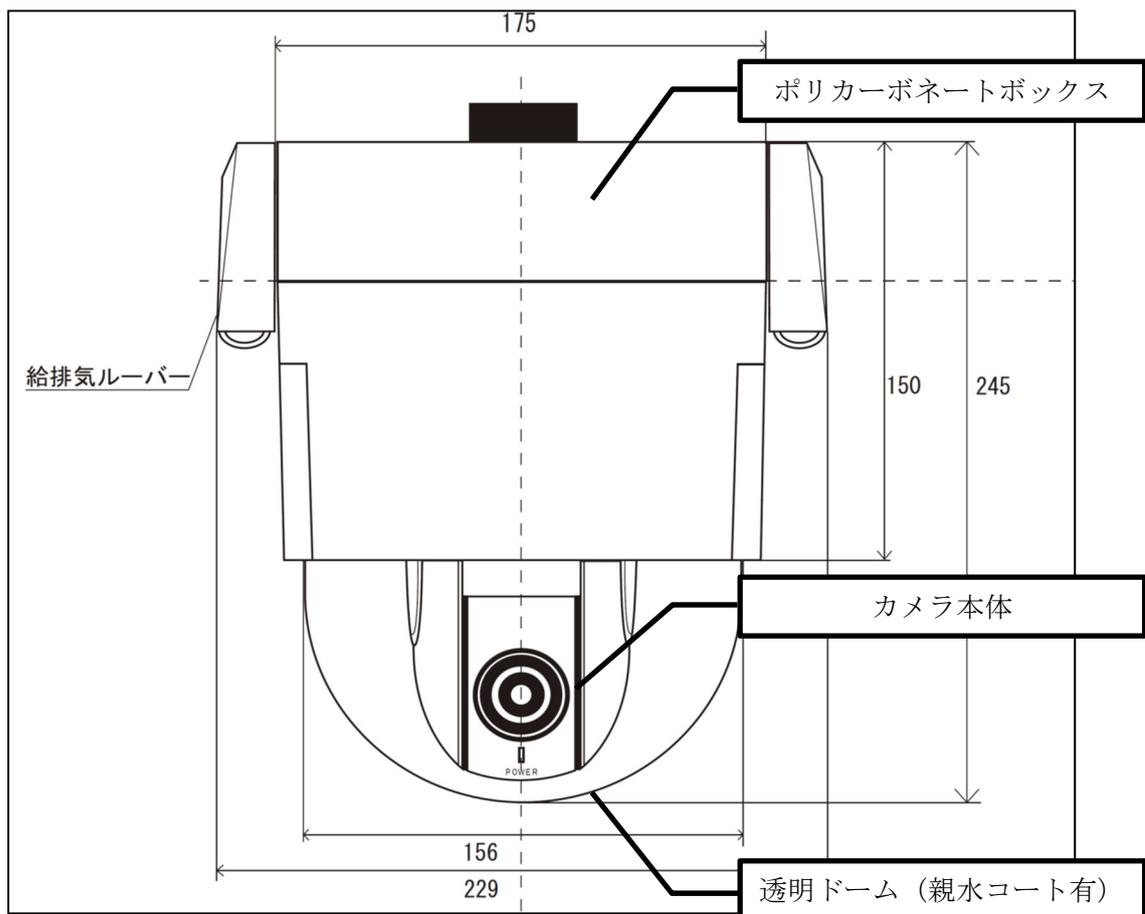


図 3-6 ポリカーボネートプラボックスにカメラを収めた例

3.5.3 侵入検知センサ

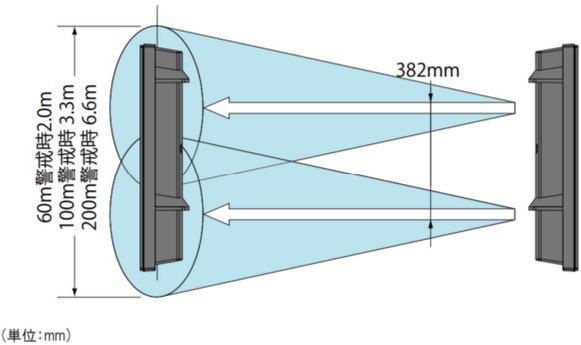
人検知 AI カメラを立ち入り禁止箇所の安全確認に用いる場合、侵入検知センサとの併用により確実な安全確認が期待できる。ただし、侵入検知センサは動物によって発報することがあるため、誤発報が頻発する恐れがある。

侵入検知センサのコストは、人検知 AI カメラの目標導入コスト (100 万円以下) を鑑みると、導入コストが安価である製品が存在していることから追加機材として妥当である。

(参考機器費：10 万円)

侵入検知センサの外観ならびに検知距離例を表 3-2 に示す。

表 3-2 侵入検知センサの例

外観	検知距離例
	 <p>(単位:mm)</p>