

移動式画像解析搭載ネットワークカメラ

屋外ですぐに使える AI カメラ MICS-AI

小 幡 小百合・小 幡 祐 己・岡 田 広 幸

一般的な監視カメラは、有線接続での使用を前提としており、有線接続が難しい屋外での利用は想定されていない。そのため、工事現場向けに屋外利用を前提として、LTE 接続を用いる工事現場向けのカメラが広く普及してきた。更に現場での専門職者や管理などで人員が確保できなくなっている状態もあり、必要な情報をカメラに覚えさせることで人手不足の解消に繋がることとして現場で使えるカメラの構築に取り組んでいる。

本研究では、AI 処理をカメラと独立した環境で行うシステムと比較し、工事現場向けのカメラに AI 処理機能を搭載する場合に考慮すべき事項を整理した。

キーワード：土木・建築，ICT，i-Construction，施工，安全管理，人材不足，遠隔操作

1. はじめに

国土交通省が、2016 年 4 月に建設現場の生産性向上を目的に掲げ、i-Construction¹⁾（以下、アイ・コンストラクション）の取り組みをスタートさせて、6 年が経過した。ICT を駆使して、建設業界の生産性を向上させようという取り組みである。大規模な建設機械は、GPS アンテナを搭載し、制御用 PC 等のシステムが整備され、経験が少ないオペレーターでも操作が可能となっている。場合によっては遠隔操作も可能となっており、大幅な安全性の向上が図られている。大規模な現場、先進的な現場では ICT の有効活用を図り、生産性の向上が図られている一方で、人手不足は解消されておらず、工事現場にできない作業員が配置されることも多くなり、専門の監視員を配置することが難しくなっている。そのため、効率的な現場確認と専門の監視員の代わりとなる建設現場向けカメラのニーズが多くなってきている。

当社は平成 6 年に創業し、平成 20 年度経済産業新連携認定を得て、移動式ネットワークカメラの製造販売に着手した。研究開発には、中小機構新連携採択を頂き、自社独自の機構を搭載した移動式ネットワークカメラの実用化に成功し、平成 29 年、国土交通省 NETIS-VE 認定を取得し、全国の建設現場用モニタリングカメラとして販売を開始した。

さらに開発を進めて、単なる監視員の補完的な機能しか持たない移動式ネットワークカメラに AI 処理機

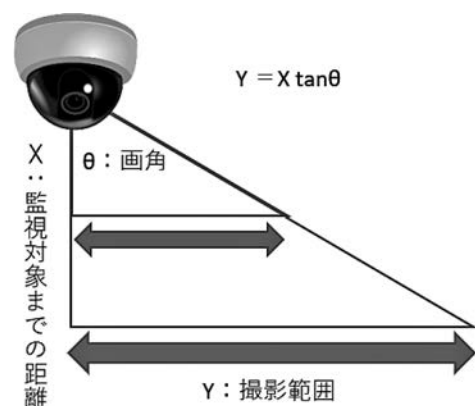
能を追加した、真に監視員の代わりとなりうる AI 機能搭載型移動式ネットワークカメラを、令和 3 年度に NETIS 登録するとともに販売を開始した。

本論文では、移動式ネットワークカメラの開発の経緯を主に、工事現場カメラに求められる機能を論じていく。

2. 現場カメラに求められる機能

(1) 一般的な固定式の監視カメラとの違い

工事現場で利用する監視カメラは、工期の間のみ利用できればよく、常設の固定式の監視カメラを設置するほどの費用をかけられない場合が多い。また、一般的な防犯目的の監視カメラは、監視対象となる入口や駐車場等の一定の範囲を前提としており、撮影範囲が



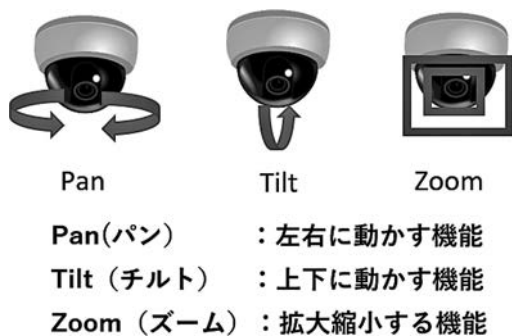
図一 撮影範囲と画角の関係

固定で、調整が難しい場合が多い。撮影範囲は、いわゆる画素数とは関係なく、対象までの距離とカメラの画角で変わってくる（図—1）。

カメラの設置の高さを4m、画角が56°の場合式1から、地上で5.9mの範囲を撮影できる。

$$Y = X \tan \theta \quad (1)$$

そのため、工事進捗に従って監視対象範囲が変化する工事現場での利用する場合は、PTZの機能が必須となる。PTZとは、それぞれ、パン（左右の動き）・チルト（上下の動き）・ズーム（拡大縮小）を意味する（図—2）。



図—2 PTZとは

PTZの機能が搭載されていれば、通常時は拡大なしの映像で広範囲を録画して置き、注意が必要な工事を行う場合には、PTZの機能を駆使して、より鮮明な画像を記録することが可能となる。

当社のモニタリングミックスを代表とする屋外利用を前提とした移動式カメラの場合、無線通信機能を内蔵しており、電源が確保できれば、設置してすぐに利用可能となる。また、撮影範囲についても、当社のモニタリングミックスの場合、PTZタイプのカメラを採用しており、見渡せる範囲であれば、設置後に必要な向きに向けることができるため、工事の進捗に合わせて設置場所を順次移動させることで、常に良好な撮影範囲、撮影方向を実現することができる。また、クラウドに一定時間で撮影した画像を保存するため、レコーダーの設置が不要となる。

保存条件が連続動画でなければならない場合、カメラにレコーダー機能を収めたタイプも提供可能となっている。

当社のモニタリングミックスは、クラウド上の専用サイトからカメラを操作することができ、現場にいなくても進捗確認が可能である。

ただし、現状の主な通信手段となるLTE通信方式では、固定式監視カメラ等で主流となっている有線接

続とは違い、24時間最高画質で動画を流しっぱなしにできるような環境とはなっていない。次節で、現状の通信環境について、整理する。

(2) 現状の通信環境について

移動式カメラの通信契約の条件として検討が必要なのは、スムーズに画像を見ることができるかということ、どの程度の時間利用可能かという2点となる。

(a) 通信速度と画像サイズの関係

最初に通信環境における通信速度と画素数との関係について考察しておく。

現在、一般的に利用可能な無線通信方式としては、3G、LTE、5Gの3種類が一般的で、5Gの普及が始まったところだ。3G回線については、KDDIが2022年3月²⁾から、ソフトバンクが2024年1月³⁾、NTTドコモが2026年3月⁴⁾にサービス終了する。そのため、全国どこでも利用可能な通信環境としては、LTEのみとなる。

LTEの実際の速度を測定した結果が、NTTドコモをはじめとするいわゆる3大キャリアから発表されており、NTTドコモの場合、上り最小2Mbps～最大62Mbpsとなっている。この場合の上りとは、カメラからクラウドサーバーの方向もしくはカメラから監視端末への方向を意味する（図—3）。

上りの通信速度に着目するのは、カメラからクラウドサーバー（もしくは閲覧端末）への通信量が圧倒的に多く、逆にクラウドサーバー側から各カメラへの通信が少ないという、個人の携帯端末の使い方とは逆の通信特性となっているためである。個人の携帯端末の場合、クラウドサーバー側から携帯端末への通信多い。そのため、個人向け契約のSIMでは、工事現場向けカメラには向いていない。

カメラの画像サイズと通信速度の関係としては、監視範囲の動きの有無により増減するので、一般的な数値は上げられないが、参考値として、Panasonicのシ



図—3 通信内容の非対称性

表一 1 Panasonic のシステムデザインツールによる推奨映像帯域

カメラタイプ	圧縮方式	解像度	映像帯域(kbps)
標準タイプ (S082, R082, AI082) 搭載カメラ	H.264(1)	VGA(640x480)	768
		SVGA(800x600)	1536
		VGA(640x480)	512
高解像度タイプ (S130, R130) 搭載カメラ	H.264(1)	SVGA(800x600)	1024
		SXVGA(1280x960)	1024
		HD(1280x720)	1024
		FHD(1920x1080)	2048
		4KUHD(3840x2160)	10240
参考 4Kカメラ	H.264(1)	4KUHD(3840x2160)	10240
	H.265(1)	4KUHD(3840x2160)	7168

システムデザインツール⁵⁾の映像帯域の推奨の数値を上げておく(表一1)。

理論値としては、VGA 画像の場合、画像サイズがVGAの場合、

$$(640 \times 480) \times 10 \text{ fps} = 3,072 \text{ kbps}$$

となる。10 fps を採用した理由は、カメラ側で 30 fps の設定をしても、実測すると、10 fps~15 fps の値となっている場合が多いためである。上記設定値は、理論値を大幅に下回るので、H.264 方式により大幅に映像帯域が抑えられていることがわかる。

当社の標準タイプのカメラの場合、画像サイズがSVGA (800×600) で、推奨設定値が1,024 kbpsとしており、LTE 通信の最小値 2 Mbps を上回ることがない設定となっている。

現実的には、通信帯域が確保されていても、通信エラーでの再送等が起こり、実効的に使える帯域は設定値の約半分ほどになることが多い。

モニタリングミックスが使用される通信環境は、山奥の工事現場や、高速道路脇の通信が常に混雑している場所等が多く、実測の最小値 2 Mbps を下回る通信速度の場合でも対応できるように標準の画像サイズをVGA (640×480) としている。

(b) 通信量の上限と画像サイズの関係

次に実際の通信環境で、一般的な LTE 契約の場合にどのくらい利用可能かを検討する。

現場に設置したカメラを携帯端末から確認する場合、カメラ→インターネット→携帯端末と映像が届く。インターネット上の通信環境は想定しづらいため、実測した結果を示す(表一2)。

計測条件は、弊社のデモ機映像を弊社内の端末のブラウザで表示し、カメラと端末の間で通信されたすべてのデータ量を約3分間実測した。

サンプル1は、社内に設置したカメラで、ほぼ動きがない場合。サンプル2は、一般道路に設置したカメラで、トラックの出入りがある場合。サンプル3は高速道路脇に設置したカメラで、交通量が多い箇所のカメラとなる。

サンプル1の動きがない映像の場合、1秒間に約

表一 2 通信量の実測値

サンプル 1. 社内設置 (動きなし)

	計測時間 (sec)	総バイト数 (byte)	1秒当たりの通信量 (byte/sec)
1回目	179.925587	14267199	79294.99766
2回目	179.863287	14889157	82780.41199
3回目	180.995761	14929333	82484.43454
平均			81519.94806

サンプル 2. 一般道路

	計測時間 (sec)	総バイト数 (byte)	1秒当たりの通信量 (byte/sec)
1回目	181.072721	22951556	126753.2507
2回目	181.015396	32530911	179713.5035
3回目	180.919561	25420989	140509.8977
平均			148992.2173

サンプル 3. 高速道路

	計測時間 (sec)	総バイト数 (byte)	1秒当たりの通信量 (byte/sec)
1回目	181.138111	45899949	253397.5249
2回目	181.021759	41158579	227368.1309
3回目	181.248772	47955999	264586.6147
平均			248450.7569

80 kbyte のデータ量となり、24時間表示しっぱなしで、

$$81 \text{ kbyte} \times 60 \times 60 \times 24 \approx 7 \text{ Gbyte} \quad (2)$$

のデータ通信量を消費する。サンプル2の一般道路の場合、1秒間に約149 kbyte、サンプル3の高速道路の場合、1秒間に約248 kbyte のデータ量となり、それぞれ24時間のデータ通信量は、サンプル2で、12.9 Gbyte、サンプル3で、21.4 Gbyteとなる。

一方で、一般的に契約可能なデータ通信契約であるNTT Docomo ギガホプレミア⁶⁾の場合、月60 GByteまでしか使えないため、ほとんど動きがないサンプル1の場合でも

$$60 \text{ GByte} \div 7 \text{ GByte} \approx 8.57 \text{ 日} \quad (3)$$

で使い切る。

一般的に可能なLTE契約で24時間接続し続けることは現実的ではない。よって、工事現場向けカメラを利用する場合は、必要な時に画像で確認するような使い方をすることを推奨する。

(3) 将来の通信環境について

5G回線の商用サービスが始まった⁷⁾。ただし、現

状は5Gが利用可能な地域は限られる。現時点では速度の速いミリ波ではなく、sub6と呼ばれるLTEの上の帯域を利用しており、20Mbps程度されており、通信状態が良い時のLTEと大差ない状態である⁸⁾。

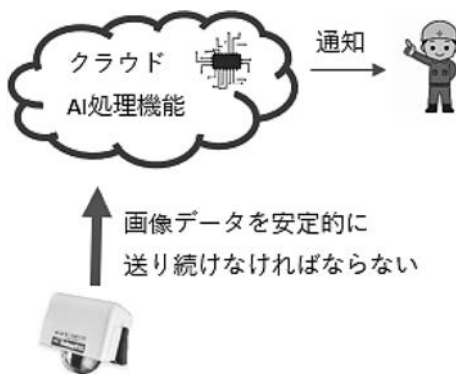
将来的に5G回線の商用サービスが一般的になれば、4K映像でも対応できるようになるものと思われる。

通信容量についても、5G回線契約の場合、「5Gギガホプレミア⁹⁾」のように無制限との表記がみられるが、実際は、下り（インターネットから端末の方向）が無制限となっており、上りが無制限に使えるわけではないようだ。

3. 現場カメラにAI処理機能を搭載する場合に求められる機能

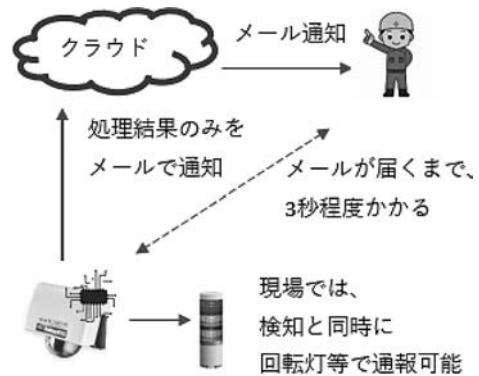
(1) AI処理の手法

人物検知等の映像を処理するAI機能の実現方法は、高速なGPUを必要とする。そのため、高速GPU搭載PCで画像処理を行う必要がある。その手法としては、カメラ画像そのものを送り、クラウド上のAI処理サービスを利用する方法（AWSのAmazon Rekognitionサービス、Google Cloud Vision API、Microsoft Azure Cognitive Servicesなど）と、カメラ自体にAI処理機能を持たせる方法がある。



図一四 クラウドでAI処理を行う場合

カメラ画像をクラウドで処理する場合、カメラ映像を、検出が必要な期間中ずっと送り続ける必要がある（図一四）。LTE回線を前提とした場合、24時間の通信は現実的ではない。また、通信回線の問題で、カメラ画像の再送等が起こると、検知期間のトビが発生してしまう。また、カメラ映像がスムーズにクラウドに送られて結果を返すまでにどうしてもタイムラグが起きる。そのため、安定した通信帯域を確保するため、画像サイズを小さくする等の工夫が必要となる。



図一五 カメラでAI処理を行う場合

カメラで、AI処理を行う場合、画像データのやり取りはカメラ内で完結でき、インターネットへの画像データの送信は原則必要としない。そのため、通信量は通知メールのサイズのみで済む。また、カメラ側で検知をするため、カメラのI/Oを対応した回転灯等に接続することで、タイムラグ無しに検知結果の通知が可能となる（図一五）。

固定式監視カメラのような有線接続で通信環境を一定レベルに調整できる場合であれば、安定して通信ができる範囲にAI処理機能を搭載したPCを用意し、そちらでAI処理を行うことで検知することも考えられる。カメラとAI処理用PCを分離することで、カメラ内の空間的な制約に縛られることなく、必要なGPUを搭載することが可能となる。無線接続が前提の移動式カメラの場合、ローカル5Gの普及が進めば可能となる組み合わせだ。

(2) エッジでのAI処理を可能とした手法

当社のAI機能は、広く普及しているLTE通信を前提とし、通信環境が安定していない場合でも対応できるように、カメラ内に処理用のミニPCを搭載したエッジAI処理タイプとなっている。

さらに、ミニPCでAI処理することを前提として、GPUを使うAIモデルの調整を行い、CPUだけで検知できるレベルとして、検知精度を80%程度に抑えた。現状利用可能なLTEの通信環境では、クラウド上で処理する場合でも、他のAI処理用PCに画像を送るにしても通信量が大きすぎるため、エッジAI処理を行うことで、通信量を極力抑える方式としているためだ。

また、当社の人物検知機能の特徴として、モニタリングミックスをある程度の高さの場所に設置することを考慮し、見下ろす形での検知率を優先させた。これにより、足元が見えているほうが、検知率が高くなっている。これは、傘を差した場合でも人として検知す

るようにするためだ。

当社のAI用カメラは、ミニPCで動くAIモデルや、AIソリューションであれば、他社のソリューションであっても比較的容易に搭載することが可能である。実際に当社オリジナルの人物検知ソリューション以外にも複数のAIソリューションを搭載して使っている事例がある。

4. おわりに

工事現場向けカメラの前提条件として求められる機能について論じた。

工事現場の特徴として、比較的短期間に監視対象範囲が移動していく。そのような場合、一般的な固定式の監視カメラソリューションはなじまない。

現在広く一般的に普及しているLTE通信環境を前提とした場合、画素数よりもPTZの機能を優先すべき理由として、撮影範囲と画角の関係を上げた。

現実問題として、当社の所在地である宮崎の山間部等100万画素でギリギリ通信可能な領域が広がっており、残念ながら200万画素カメラで安定的な工事現場向け通信は難しい。今後、5Gの通信エリアの広がりに応じて、画素数を上げていくことは十分可能と思われるが、その場合でも、都会の工事現場で利用するのか、それとも5G通信がまだできていないエリアで利用するのかで、工事現場向けカメラを使い分ける必要がある。

当社が今回NETIS登録したMICS-AIについては、現状のLTE通信環境を前提に、ミニPCをカメラに搭載したうえで、そのミニPCの処理能力を前提とした製品となっている。搭載PCの能力を引き上げてより高精度な検知を可能とすることも計画中である。

また、今後、ローカル5Gが普及すれば、クラウド経由のAI処理ではなく、ローカル5G内でのAI処理をできるようになる。ローカル5Gを前提としたミ

ニサーバークラスで処理できるAI処理機能の開発に着手しており、今期中には発表できる予定である。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省 (2016) i-Construction (<https://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/index.html> 2022年3月14日検索)
- 2) KDDI (2018) 「CDMA 1X WIN」サービスの終了について (<https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2018/11/16/3428.html>) (2022年3月14日)
- 3) ソフトバンク (2019) 「3Gサービスの終了について」 (https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2019/20191206_03/) (2022年3月14日)
- 4) NTTドコモ (2019) 「FOMA」および「iモード」のサービス終了について<2019年10月29日> (https://www.docomo.ne.jp/info/news_release/2019/10/29_00.html) (2022年3月14日)
- 5) Panasonic 「システムデザインツール」 (https://biz.panasonic.com/jp-ja/products-services_security_tools_sdt) (2022年3月14日)
- 6) NTTドコモ 「ギガホプレミア」 (<https://www.docomo.ne.jp/charge/gigaho-premier/>) (2022年3月14日)
- 7) 総務省 (2020). 令和2年版「情報白書」第1章、第2節、第3項(1) 我が国における5Gサービスの開始 (<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd112310.html>) (2022年3月14日)
- 8) Wireless One (2019) 「5G first field results」 (<http://wirelessone.news/10-r/1385-5g-first-field-results-72-909-mhz>, 2022年3月14日検索)
- 9) NTTドコモ 「5Gギガホプレミア」 (<https://www.docomo.ne.jp/charge/5g-gigaho-premier/>) (2022年3月14日)

【筆者紹介】

小幡 小百合 (おばた さゆり)
 (株)アシストユウ
 代表取締役社長



小幡 祐己 (おばた ゆうき)
 (株)アシストユウ
 専務取締役



岡田 広幸 (おかだ ひろゆき)
 (株)アシストユウ
 MICSソリューション課長