

ホワイトペーパー

環境センサー

10月 2025

目次

1	はじめに	3
2	背景	3
3	測定対象と測定目的	3
4	測定技術	4
5	センサーの配置とカバー範囲	4
6	ユースケース	5
7	さまざまな業種のユースケース	6
8	Axisの空気質センサー	7
8.1	スタンドアロン型空気品質センサー	10
8.2	ホストデバイスを使用する空気質センサー	11

1 はじめに

環境センサーは、温度、湿度、ノイズレベル、振動、さまざまな種類の汚染など、周囲のさまざまなパラメーターを検知し、測定します。

空気質センサーは、ガスや粒子の含有量などの空気質パラメーターを主に検知し、測定する環境センサーです。このようなセンサーは、主に異常を通知する必要がある、一般的に空気の質が良好な環境での使用を目的として設計されています。

このホワイトペーパーでは、ネットワーク接続された空気質センサーの概要、その測定対象、動作について紹介します。

2 背景

健康的で持続可能な屋内環境を維持することは、HSE (健康、安全、環境)、運用効率、ビジネスインテリジェンスなど、さまざまな理由から非常に重要です。様々な室内空気質パラメーターを測定して異常を検知し、それに応じて調整することで、居住者に健康で快適な空間を確保することができます。

温度と相対湿度のレベルを監視することは、必要に応じて調整しながら機器の寿命を延ばす屋内環境を維持する上で重要な役割を果たします。このデータを換気やその他の建物管理に関する意思決定に活用することで、より持続可能で効率的な運用の実現に貢献することができます。

さらに、室内空気質を適切に管理し、文書化して証明することで、より持続可能な運用目標を達成したり、室内空気質の規制へのコンプライアンスを文書化するのにも役立ちます。高度なセンサーが電子タバコや喫煙を検知し、禁煙環境を維持するために迅速な措置を講じることができます。

3 測定対象と測定目的

監視対象となる重要な大気汚染物質には、粒子状物質 (PM)、揮発性有機化合物 (VOC)、窒素酸化物 (NO_x)、二酸化炭素 (CO₂) のほか、電子タバコや喫煙も含まれます。また、空気の相対湿度 (RH) や温度も測定することができます。さらに、時間の経過に伴う大気質指数 (AQI) を測定することもできます。

- **粒子状物質** 粒子状物質にさらされると、目、鼻、喉の炎症、咳、息切れなどの短期的な健康被害を引き起こすおそれがあります。また、肺機能に影響を与え、喘息や心臓病などの病状を悪化させることもあります。粒子状物質とは、たとえば花粉、カビ、孢子、ほこり、煙のほか、電子タバコから放出されるエアロゾルも含まれます。通常、粒子状物質は直径によって分類されています：
 - PM₁。直径が1マイクロメートル未満の超微粒子。肺組織や血流に浸透します。
 - PM_{2.5}。直径2.5マイクロメートル未満の微粒子。一般的に大気汚染や呼吸器疾患の原因となっています。
 - PM₄。直径4マイクロメートル未満の粗粒子。主に粉塵や花粉、その他の大気汚染物質と関連しています。
 - PM₁₀。直径10マイクロメートル未満の吸入可能な粒子。肺に浸透する可能性がある微細粒子および粗大粒子。
- **VOC**。一部のVOCは人体に健康被害をもたらしたり、環境を汚染したりするため、法律で規制されているものもあります。ほとんどのVOCは急性毒性を持ちませんが、長期的な健康被害を引き起こす可能性があります。VOCは塗料、溶剤、消毒剤、防虫剤、貯蔵燃料、自動車製品などの製品から放出されることがあります。
- **NO_x**。屋内空気環境中の窒素酸化物は、酸化的ガスの中で最も関連性の高い汚染物質です。低濃度でも、長期間の曝露により健康影響が懸念される物質です。窒素酸化物は、通常、自動車のエンジン、ガスコンロでの調理、ろうそくの燃焼、喫煙などの燃焼過程において発生します。建

物の空気ろ過システムが不適切な場合、車両の排気ガスなどの屋外の発生源が屋内の空気の質に影響を及ぼす可能性があります。

- **CO₂.** 高濃度の二酸化炭素は、頭痛や呼吸困難を引き起こす可能性があります。学校やオフィスでは、生徒や従業員の集中力が低下し、学習能力や生産性を低下させる可能性があります。人間の呼吸には二酸化炭素が含まれているため、通常、換気が十分に行われていない場合、屋内の二酸化炭素濃度が上昇します。二酸化炭素は化石燃料の採掘時や燃焼時にも発生します。二酸化炭素 (CO₂) と一酸化炭素 (CO) は区別する必要があります。
- **電子タバコと喫煙** 電子タバコは微粒子を発生させ、この微粒子が気道全体に広がって沈着します。喫煙は、呼吸器疾患、慢性気管支炎、心臓病、肺がんなど、健康に悪影響を及ぼす多くの病気と関係しています。
- **相対湿度** 湿度が高すぎると建物内にカビが繁殖し、低すぎると人の皮膚や目への刺激や乾燥を引き起こします。サーバールームやデータセンターでは、湿度レベルを制御することも、感度の高い機器の寿命を延ばすために重要です。室内の湿度レベルは通常、換気、調理、空調に影響されます。
- **温度** 温度は高すぎても低すぎても、人間の快適性や機器の寿命に悪影響を及ぼします。屋内の温度は、不十分な断熱や暖房によって外気温度に影響されます。電化製品や機械も屋内で大量の熱を発生することがあります。
- **AQI.** 大気質指標とは、環境大気汚染に含まれる大気汚染物質濃度を数値化する指標として広く用いられています。AQIは、12時間にわたって微粒子物質 (PM_{2.5}) の濃度を測定し、大気質を各カテゴリーに分類します。NowCast方式では、直近12時間分の測定値を加重平均し、リアルタイムでAQIを推定します。

4 測定技術

Axisの空気質センサーは、空気質パラメーターのレベルを測定するために次のテクノロジーを使用しています。

光散乱式パーティクルカウンター (OPC) は、粒子状物質の測定に使用されています。OPCは、センサーを通過する空気にレーザーを照射して測定します。空気の流れはファンによって制御されます。レーザーから照射される光が空気中の粒子に散乱されると、光センサーが散乱光量を測定します。ここから、OPCは粒子の量と密度を計算することができます。異なる粒子組成を区別し、たとえば、電子タバコから放出されるエアロゾルを識別することができます。

金属酸化物 (MOX) センサーは、VOCとNO_xの測定に使用されます。MOXセンサーはセンサー周囲の酸素量に反応します。NO_xガスはMOXセンサーの表面で燃焼し、酸化 (酸素増加) 作用をもたらし、VOCは還元 (酸素減少) 作用をもたらします。湿度も酸素量を減少させます。すなわち、空気中にNO_xガスとVOCの両方が存在すると、それぞれのガスが互いに打ち消し合うことを意味します。これらの要因は、内蔵の湿度センサーを使用し、還元性ガスまたは酸化性ガスを厳選して測定することによって補正されます。

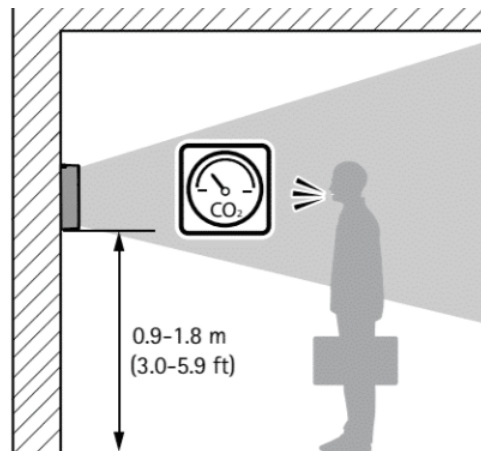
パルス赤外線照明は、CO₂レベルを測定するために使用します。光源はCO₂に吸収される波長を放射します。光源はパルス状に光を出力するため、照射されたCO₂分子が振動し、音響波を生成します。CO₂分子が多ければ多いほど、音響波は大きくなります。この音響波をマイクロフォンで測定し、CO₂濃度を算出します。

5 センサーの配置とカバー範囲

最適な測定値を得るためには、センサーを対象範囲のできるだけ近くに配置する必要があります。角や熱源を避け、窓や換気口に近すぎず、空気の流れが自由になる場所を選択してください。こうすることで、気流パターンと熱がセンサーの精度に与える影響を最小限に抑えることができます。

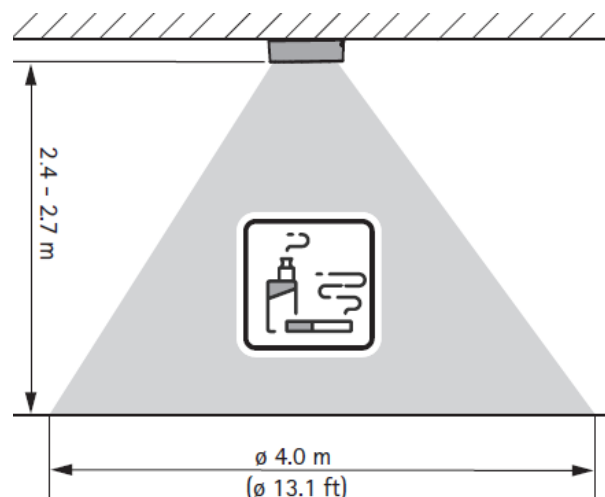
最適な配置は、どの測定を優先するかによっても異なります。そのため、使用ケースに応じた固有の設置ガイドラインについては、製品のユーザーマニュアルを確認してください。

空気の質を効果的に監視するには、通常、センサーを壁に設置する必要があります。床上 0.9–1.8 meters (3.0–5.9 feet) 高さに設置することで、センサーが呼吸レベルの空気質を測定し、人間の露出に関連する正確な測定値を提供することができます。広いスペースでは、正確な検知と適切なカバレッジを維持するために複数のセンサーが必要になる場合があります。



二酸化炭素濃度測定用の壁配置。

電子タバコや喫煙を検出するには、通常、天井にセンサーを設置する必要があります。Axisの天井取り付け型空気質センサーは、センサーの真下から検知半径2 meters (6.5 ft)で、約 12 m² (130 ft²)をカバーします。



喫煙や電子タバコを検知するための天井に取り付けられたセンサーの範囲。

6 ユースケース

空気質センサーは、HSE（健康、安全、環境）をサポートし、運用効率を向上させ、ビジネスインテリジェンスを実現するために使用することができます。

電子タバコや喫煙の検知 電子タバコや喫煙を検出し、適切な対応を実施することで、禁煙が順守されていない場合に適切に対応する機会が得られます。自動または手動による応答には、音声またはビジュアルアラートの送信、ビデオ録画の開始、担当者への通知などが含まれます。

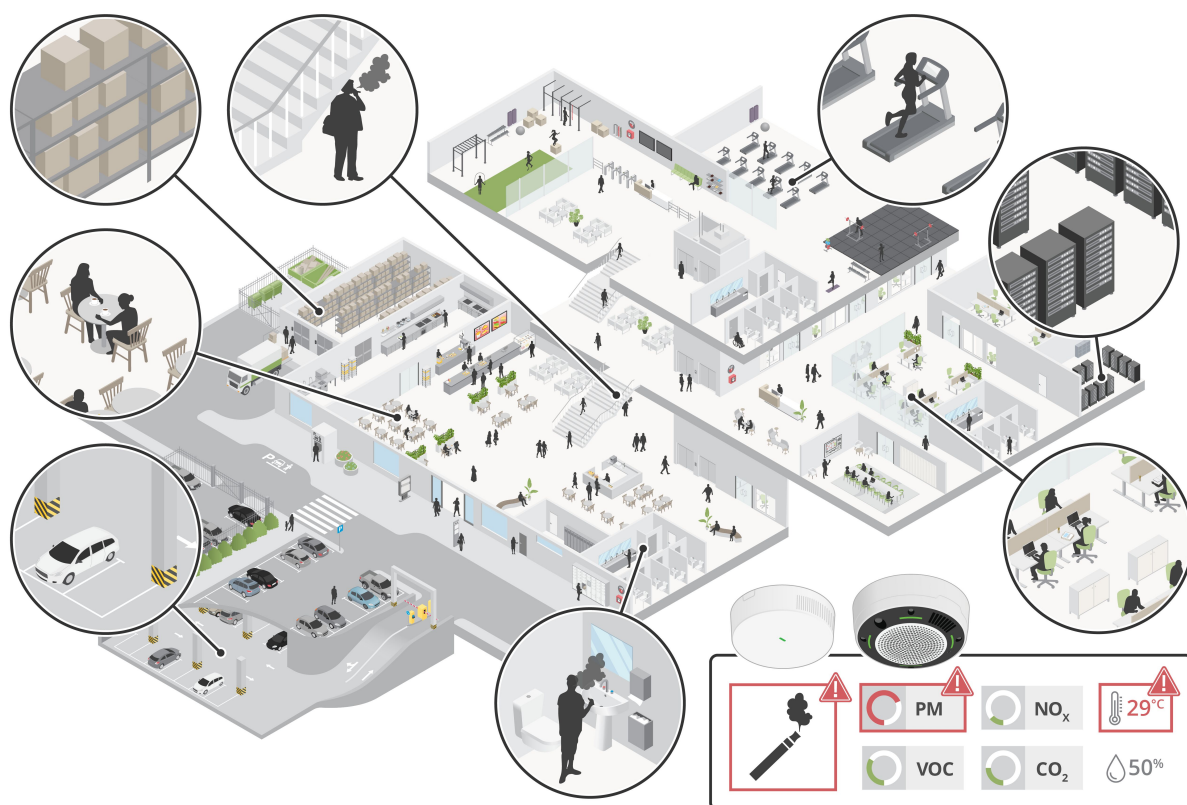
健康的な室内空気質を確保します。 室内空気質を監視することで、新たな懸念事項を事前に把握し、居住者が気づかないような異常を検知することができます。空気質センサーは、CO₂レベルなどの主要な指標を追跡し、測定値が設定された制限を超えた場合にアラートとイベントをトリガーします。アラートは自動または手動でトリガーし、従業員や居住者に空気の質が不十分であることを通知したり、換気を調整して最適な空気の質を回復したりすることができます。

良好な室内環境を実現します。温度と相対湿度を監視することで、異常を検知し、それに応じて調整することで機械の健全性と装置の寿命を延ばすことができます。空気質センサーは、プリセット範囲外のレベルを検知するとアラートをトリガーするため、換気の調整が必要なタイミングを知ることができます。

履歴データとメタデータを分析し、情報に基づいた意思決定を行います。センサーは、室内の空気質がどのように変化するかを理解するのに役立ちます。時間の経過に伴う傾向を分析し、たとえば換気や空間設計を決定するために必要なメタデータを提供します。

持続可能性に関する目標の達成。空気質センサーを設置することで、持続可能性に関する目標の達成と取り組みに役立つデータを収集できます。

規制の遵守。空気質センサーを設置することで、室内の空気質の適切な管理を文書化し証明することができます。



通常、空気質センサーは、トイレや階段での喫煙や電子タバコの使用、オフィスや公共エリアの室内空気質パラメーターの監視、サーバールームの温湿度の監視に使用されます。

7 さまざまな業種のユースケース

空気質センサーは、健康リスクの防止、生産性の向上、さまざまな分野における運用の最適化に重要な役割を果たします。

- **教育。** 学校において健康的な室内環境を確保することは、空気の質の悪さが原因となる集中力の低下やその他の問題を防ぐのに役立ち、心身ともに健康な生徒を育成する上で極めて重要です。トイレ、廊下、教室、図書館、カフェテリア、講堂、レクリエーションエリアなどの共用エリアでの電子タバコの使用や喫煙を防止することで、教育者はより安全で学習しやすい環境を整えることができます。
- **データセンター** 温度、湿度、粒子状物質のレベルを調整することで、機器の寿命を延ばすことができます。

- 商業用建物 空気の質を監視することで、オフィスビル、ホテル、公共エリアでよりスマートな建物管理が可能になります。室内の空気質は、建築物の環境性能を評価するグリーンビルディング認証制度の評価項目でもあります。
- 重要なインフラ施設 / 産業 産業プロセス自体が原因となることもある大気汚染を制御することで、産業環境における労働者の健康と製品の品質が保護されます。たとえば、食品加工工場、瓦礫や材料の焼却がある場所、化学物質を処理する場所などです。
- 店舗。良好な空気環境を維持することで、ショッピングモールや店舗での顧客体験を向上させることができます。逆に、空気の質が悪いと不快感や健康上の問題を引き起こす可能性があります。一方、空気の質が良いと買い物に費やす時間がより長くなります。
- 医療。手術室、患者エリア、ICUでは、清浄な空気が不可欠です。病院や介護施設の改修工事や建設工事においても、空気質の綿密な監視は非常に重要です。

8 Axisの空気質センサー

Axisは2種類の空気質センサーを提供しています。1つはスタンドアロン型のIPネットワークデバイスで、もう1つはホストIPネットワークデバイスへの接続が必要なタイプのものです。



Axisの空気質センサーは、室内の空気質パラメーターを測定し、喫煙や電子タバコの使用を検出します。パラメーター値が設定した閾値を超えると、自動イベントをトリガーして通知するように設定できます。

表 8.1 Axisの空気質センサーの空気質パラメーターと測定範囲。

パラメーター	測定範囲
粒子状物質 (PM)	粒子径 $0.3\mu\text{m}$ ~ $10\mu\text{m}$ で $0\sim 1000\mu\text{g}/\text{m}^3$ のPM濃度。PM ₁ 、PM _{2.5} 、PM ₄ 、PM ₁₀ の各粒子径カテゴリごとに測定。
揮発性有機化合物 (VOC) 指数	0~500 *、総VOC含有量 <100: 過去30日間の平均値を下回る >100: 過去30日間の平均値を上回る =100: 過去30日間の平均値と比較して変化なし
窒素酸化物(NO _x)指数	0~500 * <1: 過去24時間の平均値を下回る >1: 過去24時間の平均値を上回る =1: 過去24時間の平均値と比較して変化なし

パラメーター	測定範囲
二酸化炭素 (CO ₂)	0～40,000 ppm *
空気質指数 (AQI)	0～500 *
相対湿度 (RH)	0%～100% (結露なきこと)
気温	-10 ° C～45 ° C
電子タバコと喫煙	検知または未検知

* 該当する校正時間を参照してください。

VOCとNO_xのパラメーターは、絶対値ではなく指数として測定されます。これは、低メンテナンスの空気質センサーを提供できるようにするために選択された方法です。VOCとNO_xの絶対値を測定するタイプのセンサーは、既知の濃度のVOCおよびNO_x溶液を使用して定期的に手動で再校正する必要があります。

VOCについては、インジケーターの基準値は100です。100未満の値は、大気中のVOC濃度が過去30日間の平均値を下回っていることを示します。100を超える値は、大気中のVOC濃度が過去30日間の平均値を上回っていることを示します。値が100の場合は、空気中のVOC濃度は過去30日間の平均値と同じです。また、VOC指数の値は個々の化合物ではなく、VOCの集合的な存在によって影響を受ける点にも注意が必要です。VOC指数が想定値より高い場合、主要要因を特定するために追加的な分析が望まれる場合があります。

NO_xについては、インジケーターの基準値は1です。1未満の値は、大気中のNO_x濃度が過去24時間の平均値を下回っていることを示します。1を超える値は、大気中のNO_x濃度が過去24時間の平均値を上回っていることを示します。値が1の場合は、空気中のNO_x濃度は過去24時間の平均値と同じです。

自動校正のため、AQI、CO₂、VOC、NO_xが正しく測定されるまでにはしばらく時間がかかります。

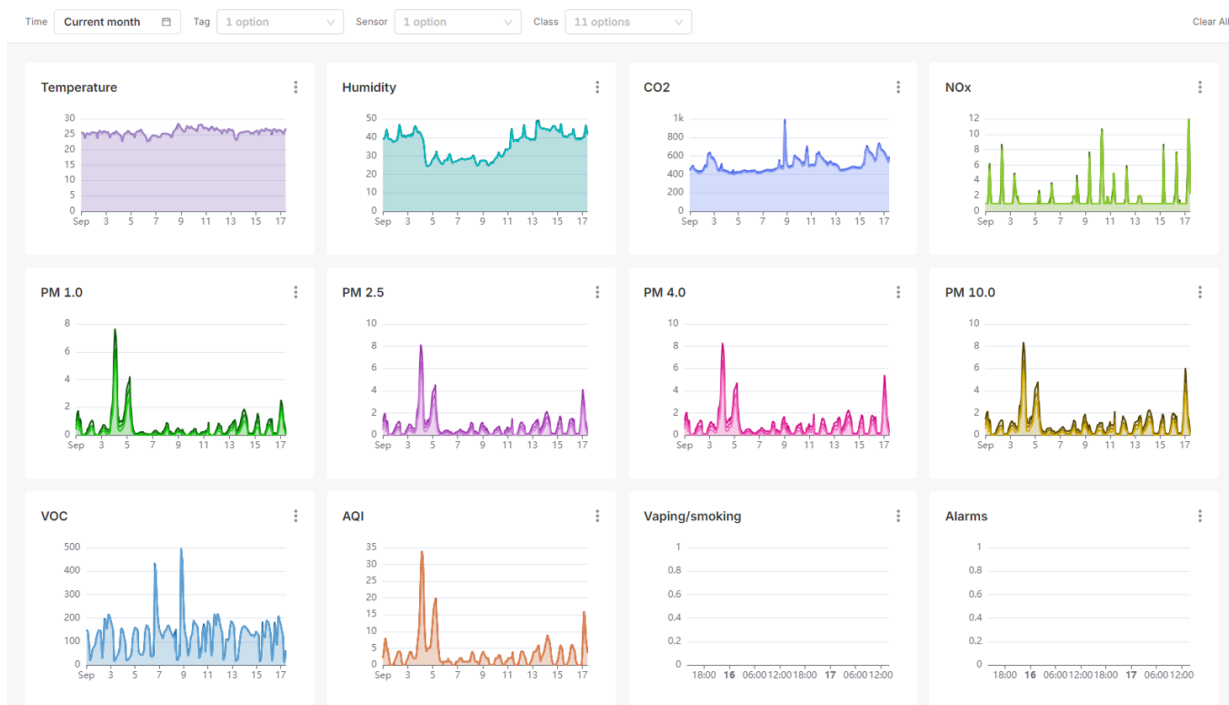
- 完全なCO₂精度を得るには、デバイスの初回作動時には2日間が必要です。
- AQIは、デバイスの初回作動時に機能するまでに12時間が必要です。AQIは、十分なデータが得られるまで、「Calculating (計算中)」と表示されます。デバイスは再起動するたびに校正時間が必要です。
- 完全なVOC精度は、デバイスを1時間作動させた後に得られます。デバイスは再起動するたびに校正時間が必要です。
- 完全なNO_x精度は、デバイスを6時間作動させた後に得られます。デバイスは再起動するたびに校正時間が必要です。

空気質に関する測定結果を理解する詳しい方法については、当該製品のユーザーマニュアルを参照してください。

測定結果をダッシュボードに表示して、ライブビューデータを確認したり、過去のデータや経時的な傾向を可視化することができます。



Axisの空気質センサーからのライブ測定データを表示するダッシュボード。



Axisの空気質センサーからの過去の測定データを表示するダッシュボード。

8.1 スタンドアロン型空気品質センサー



スタンドアロン型空気質センサーは、喫煙や電子タバコの使用の検知に加え、さまざまな大気汚染物質やパラメーターを検出できます。多数の追加機能によって、空気質のプロアクティブな管理や問題への効率的な対応も可能になります。たとえば、存在検知用のPIRセンサーと視覚的警告用のマルチカラーLEDを備えています。このデバイスは、音声メッセージと音声分析に対応する双方向音声機能も備えています。AXIS Audio Analyticsの詳細については、whitepapers.axis.com/audio-analytics-for-security-and-safety をご覧ください。

スタンドアロン型空気質センサーでは、測定結果をセンサーのWebインターフェースで確認できます。また、ダッシュボードストリームにより、VMSにも測定結果を表示できます。

8.2 ホストデバイスを使用する空気質センサー



空気質センサー (右) は、ホストデバイスとして機能するカメラ (左) を通じて空気質監視機能を監視システムに効果的に追加します。

当社のポートキャストを使用する空気質センサーは、ホストデバイスを必要とする比較的费用対効果の高い製品です。一部のAxisデバイスはホストデバイスとして機能するため、監視システムにセンサーを簡単に追加できます。

センサーAxisホストデバイスの接続はAxisポートキャスト技術によって行われ、ホストデバイスに機能 (この場合は空気質測定機能) をシームレスに追加できます。すなわちセンサーは、ホストデバイスのIPアドレスを使用し、ホストデバイスから制御されます。測定結果は、ホストデバイスのWebインターフェースや、MQTTオーバーレイを介したカメラストリームで確認できます。

Axis Communicationsについて

Axisは、セキュリティ、安全性、運用効率、ビジネスインテリジェンスを向上させることで、よりスマートでより安全な世界の実現を目指しています。ネットワークテクノロジー企業として、また業界をけん引するリーダーとして、Axisは映像監視、アクセスコントロール、インターコム、音声ソリューションを提供しています。これらのソリューションは、インテリジェントアプリケーションによって強化され、質の高いトレーニングによってサポートされています。

Axisは50ヶ国以上に5,000人を超える熱意にあふれた従業員を擁し、世界中のテクノロジーパートナーやシステムインテグレーションパートナーと連携することで、カスタマーソリューションをお届けしています。Axisは1984年に創業し、本社はスウェーデン・ルンドにあります。