

車載用遠赤外線カメラシステム

車載用遠赤外線カメラの機能開発及び
固有の効果について

株式会社 JVCケンウッド
未来創造研究所 先行技術検証G 横井 暁

2021.7.20

1. 会社概要と開発経緯

The logo consists of a stylized, abstract shape composed of several overlapping triangles in various shades of blue. The word "JVCKENWOOD" is written in white, uppercase letters within the lower right portion of this shape.

JVCKENWOOD

JVCKENWOOD

社名	株式会社JVCケンウッド
設立	2008年10月1日（ビクターとケンウッドが経営統合） (ビクター：1927年9月13日創立、ケンウッド：1946年12月21日創立)
代表者	代表取締役 社長執行役員 CEO 江口 祥一郎
従業員数	連結 17,623人（2020年3月31日現在）
資本金	13,645,825,000円（2020年3月31日現在）
本社	神奈川県横浜市

事業別売上構成比（'20/3期）

売上高 2,913億円

メディアサービス分野

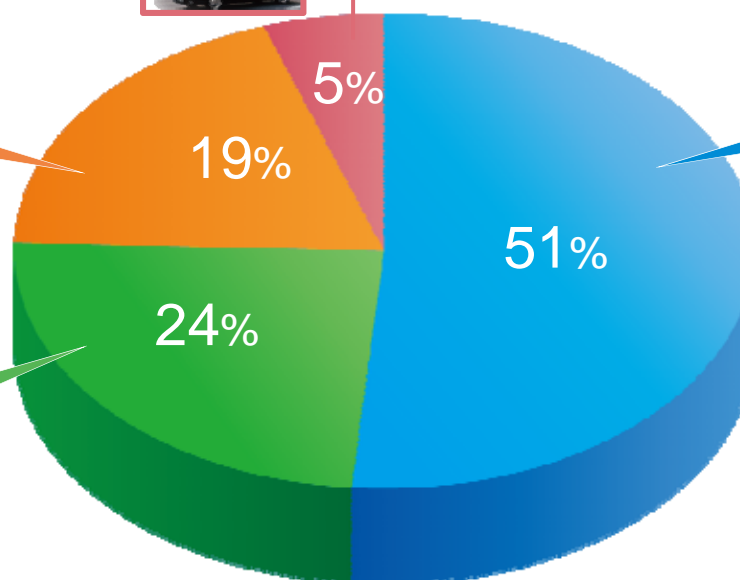


パブリックサービス分野

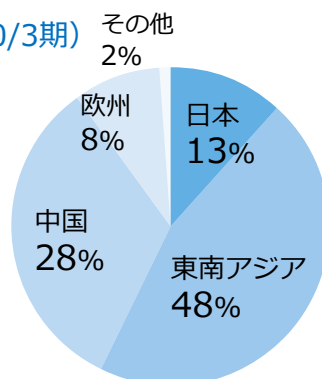


DXビジネス
その他

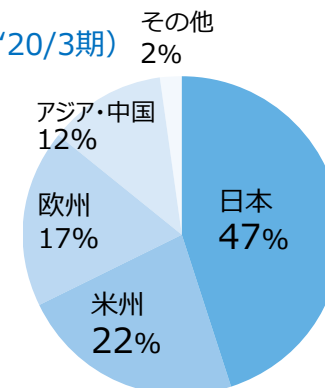
オートモーティブ分野



▶ 地域別生産比率（'20/3期）



▶ 地域別売上収益構成比（'20/3期）



オートモーティブ分野

(アフターマーケット事業、OEM事業)

オートモーティブ分野は、主にカーナビゲーションやカーオーディオ、ドライブレコーダー、車載用デバイスを展開しており、量販店や代理店などを通じてお客さまに商品を提供する「アフターマーケット事業」と、自動車メーカー／ディーラーを通じて商品を提供する「OEM事業」で構成されています。



カーナビゲーション



ドライブレコーダー



ディスプレイオーディオ



車載用デバイス

プレスリリース (2020.12.23)



光源の有無に左右されことなく夜間の遠方撮影や画像認識が可能な 車載用FIR^{※1}カメラシステムを開発 ～自動運転時の車載用センシングカメラやセキュリティ分野などに展開～

※1: Far Infrared Rays (遠赤外線)

株式会社JVCケンウッドは、これまで培ってきた映像技術を生かして、光源の有無に左右されことなく夜間の遠方撮影や画像認識が可能となる車載用FIRカメラシステムを新たに開発しましたので、お知らせいたします。

<車載用FIRカメラシステムの概要>

当社は、ビデオカメラやドライブレコーダーなどで市場から高い評価を得ている映像技術を生かし、太陽光や街灯などの光源の有無に左右されことなく、夜間の撮影や画像認識が可能となる車載用FIRカメラシステムを新たに開発しました。これにより、夜間など人の目には見えづらいシーンにおいても、視認性が高い映像の記録を実現するだけでなく、人物や物体などを検出して警告することができるため、ドライバーへのより一層の安全・安心の提供が可能となります。



車載用FIRカメラシステム

このたび開発した車載向けFIRカメラシステムは、夜間運転時の警告システムとしての活用や自動運転時の車載用カメラとしての展開を目指します。また、建設現場や工事現場などで使用される業務用車両への搭載や、車載用途に限らず夜間の視認性向上技術の需要が高い監視カメラなど、あらゆる分野に対して展開していきます。そのため、それぞれの分野の市場特性に応じたシステムラインアップの拡充や、他のセンシングデバイスと組み合わせたシステムの構築など、新たなカメラソリューションとして今後も開発を進めます。

<主な特長>

1. 独自の画像補正技術により遠赤外線画像の画質向上を実現

遠赤外線センサーメーカー大手であるLynred社のマイクロボロメーターセンサー（QVGA 320×240 12μm）を用い、同社協力のもと開発した独自の画像補正技術を搭載することで、遠赤外線画像の画質向上を実現。カメラ部は、住友電気工業株式会社と共同開発した車載用小型レンズユニットの搭載により、レンズ保護窓を可能とし、小型化を実現しながらも耐衝撃性や耐候性を確保しました。また、カメラユニットを小型化（37×37×39mm）することで、全面投影面積が少なくスペースの限られた車両前面にも搭載が容易となりました。信頼性においても、10万kmを超える走行試験を実施し、降雪地や寒冷地などでの信頼性を確保しています。

2. 独自開発の認識システムにより遠方の人物認識が高精度で可能

車載用FIRカメラシステムとして最も有効な機能である、夜間の人物を認識し警告を行うシステムを搭載しました。認識エンジンには独自技術を用いて開発した軽量アルゴリズムを搭載。高価な画像認識専用CPUを使うことなく、汎用CPUに認識システムとカメラシステムを同時に実装することが可能となり、ECU^{※2}システムの簡略化と低コストを実現しました。また、認識システムとカメラユニットの開発を並行して行うことで相互に成果を上げ、個々の開発レベルを高めることで、100mを超える遠方人物認識が可能となりました。

※2: Electronic Control Unitの略

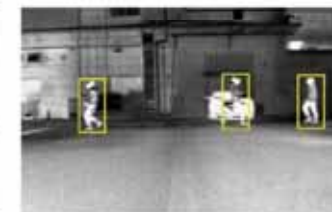
3. 人物だけでなく動物の検出にも対応

このたび搭載した認識アルゴリズムは、検出用の辞書を切り替えることで動物認識にも対応でき、人物と動物という異なる対象物を一つのアルゴリズムで検出することを実現。この認識システムは、車載分野だけでなくセキュリティ関連やヘルスケア用途などさまざまな分野への転用が可能です。

ご参考：車載用FIRカメラシステムの視認効果



通行人が視認できないような夜間でも認識が可能



ヘッドライトによる逆光に埋もれてしまう人影も検出可能

<商標について>

●記載されている会社名、商品名は当社の商標および登録商標です。

本件に関するお問い合わせ先

【報道関係窓口】株式会社JVCケンウッド 企業コミュニケーション部 広報・IRグループ

TEL: 045-444-5232 〒221-0022 神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地

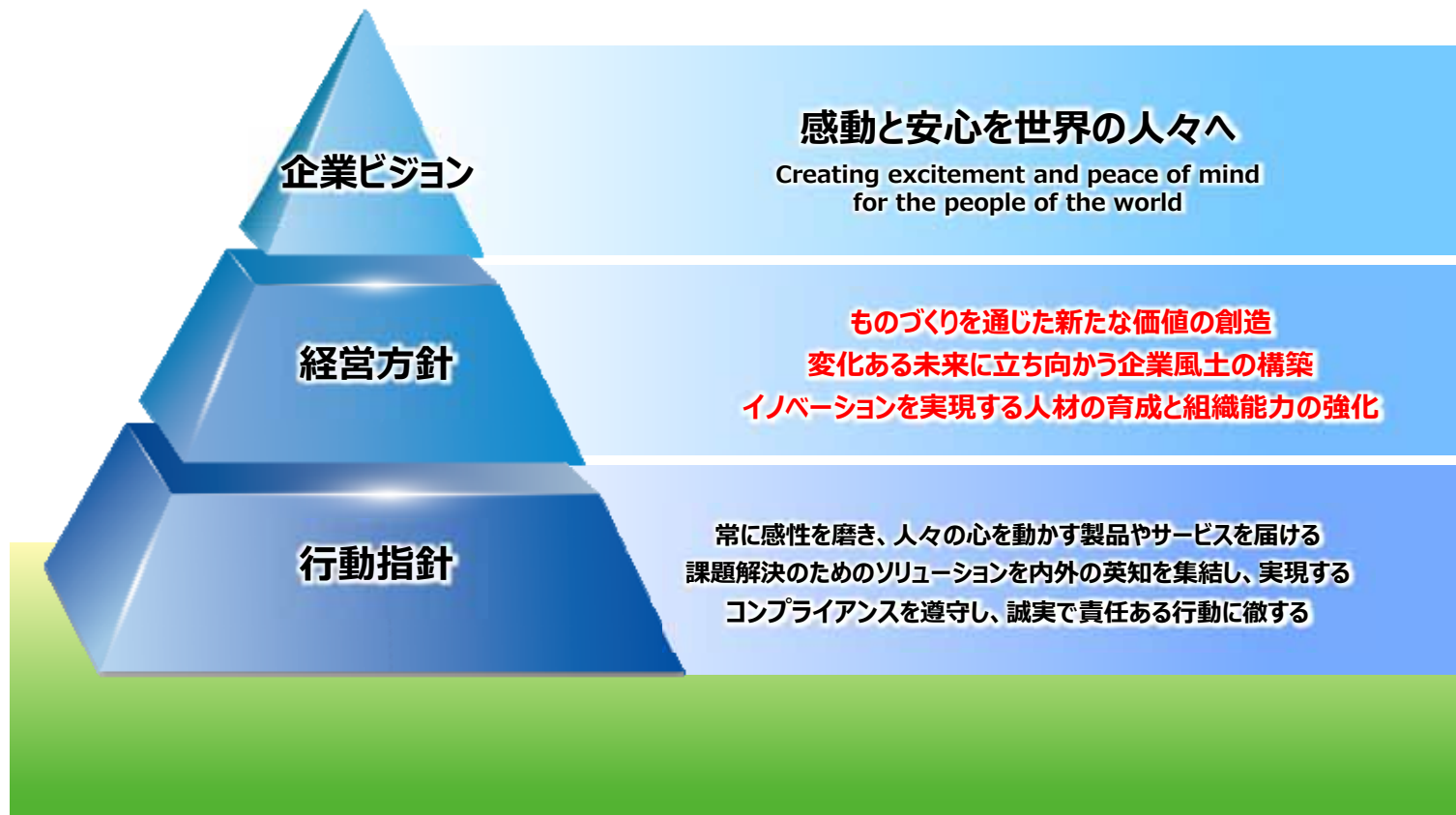
本資料の内容は発表時のものです。最新の情報と異なる場合がありますのでご了承ください。

www.jvckenwood.com

VISION2023 (2021.5 リリース)

企業ビジョン

経営方針 行動指針



VISION2023の位置づけ



未来創造研究所

- 常に10年先の未来に焦点を当て、ドメインを問わず自由闊達な活動をし繋がる人々、繋がるモノ、繋がる情報、繋がる車、そして社会と繋がる新しいサービスを創造し稼げる研究所へ

重点テーマ

- ・ 社会課題の解決
- ・ インキュベーション増強
- ・ 知的財産・技能の高度化

セキュリティ

情報機密性
堅牢性確保
改ざん検知

推論型 AI

高精度データ
解析
自動処理

5G/6G

超高速
大容量
低遅延

UX/UI

人間中心
視認性
報知警告音

生体情報

認証
心身安全
社会共生

位置情報

時間
空間
再構成

2. 遠赤外線カメラとは？

The logo consists of a stylized, abstract shape composed of several overlapping triangles in various shades of blue. The word "JVCKENWOOD" is written in white, uppercase letters within the lower right portion of this shape.

JVCKENWOOD

遠赤外線カメラとは

■ 遠赤外線カメラの原理



熱を持つ物体が発する遠赤外線を検出し映像化する

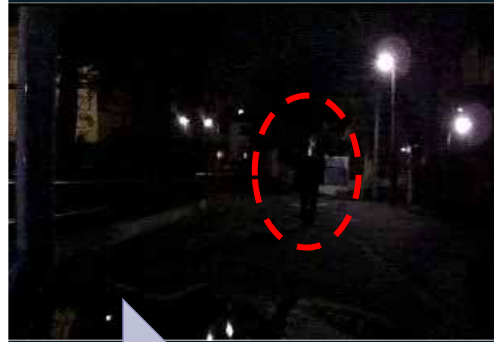
遠赤外線 波長が 8~1000umの光線
可視光は 0.4~0.75um
近赤外線は 0.75~1.5um

遠赤外線カメラの効果

遠赤外線カメラ



可視光カメラ



遠赤外線と
可視光の違い



Situation 1 : 夜間の視認性向上

- 暗闇での人物認識可能
- 照明に関係なく人物識別可能

Situation 2: 遠方人物認識（対向車あり）

- ライトの届かない遠方の検出
- 逆光の影響なし

夜間及び照明が無い環境下でも可視化が可能

3. 車載用途開発

The logo consists of a stylized, abstract shape composed of several overlapping triangles in various shades of blue. The word "JVCKENWOOD" is written in white, uppercase letters within the lower right portion of this shape.

JVCKENWOOD

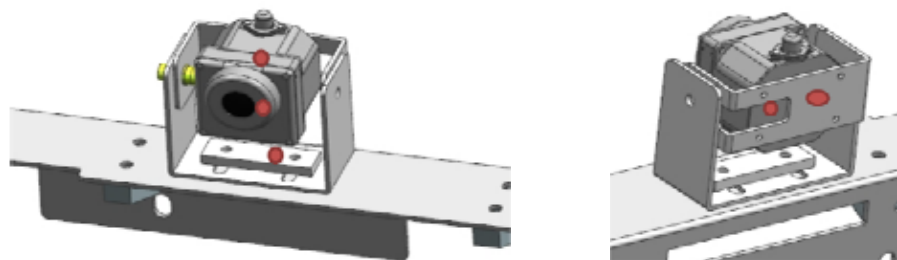
試験用実走車両紹介



温度対策

真夏のフィールドテスト

- 試験状態：試験車両フロントグリル内
- 実施地域：東京都八王子
- 気温：38℃
- 場所：立体駐車場

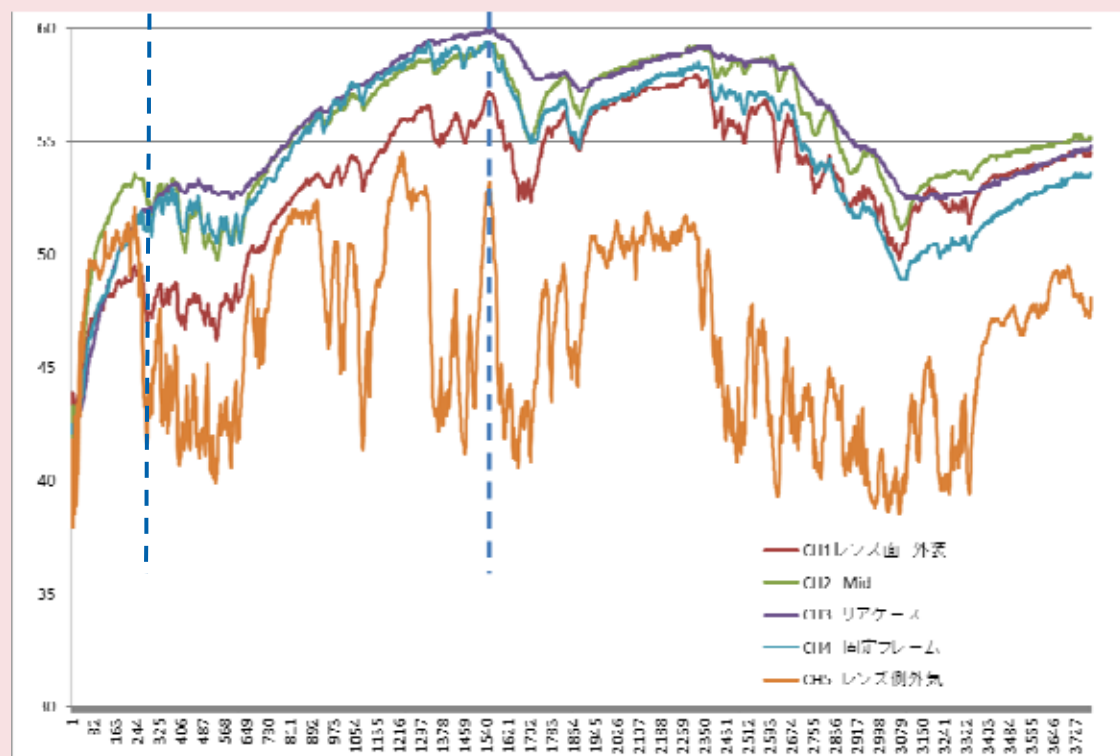


停車約3分で $\Delta t = 15^\circ\text{C}$

停車25分で $\Delta t = 22^\circ\text{C}$ MAX

停車時の温度上昇大

周辺の風の流れて
温度変化大



温度データ

寒冷地影響 雪&凍結の影響

■ 融雪剤により溶けている状態



水滴が凍り視界確保できない



■ 降雪状態



雪が付着し視界確保できない



融雪機能は必需



飛来物対応と小型化

遠赤外線カメラ装着場所は。。。。

装着はフロントグリルかバンパー

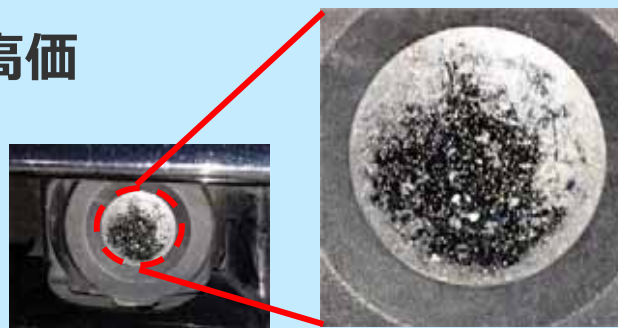
- ◆遠赤外線はガラスを透過しないためフロントガラス内に装着できない
- ◆カメラ本体が可視カメラに比べ大きく、スペースが取れる場所が必要
- ◆正面を向ける場所が必要



飛来物に対する配慮が必要

レンズは脆弱 カバーとなる窓材が必要だが高価

- 窓材は透過率、耐衝撃性が必要
- Ge窓は性能は満たすが板厚が必要で非常に高価
車検ごとの交換推奨
- カルコゲナイドは耐衝撃性×
- Si、ZnSは透過率×



耐衝撃性・耐候性・光学性能を満たす窓材及びレンズが必要

飛来物対応と小型化

欧州走行試験結果

- ◆装着車は出向者自家用車
- ◆試験距離1万キロ 80%はアウトバーン走行
平均速度 130～140km/h
- ◆カメラはフロントグリルに装着



レンズ表面に飛び石と思われる欠損傷多数

- レンズ表面
- 装着高さによって飛来物の多さ、種類が変わる
- 欧州特有の凍結防止剤により欠損多い

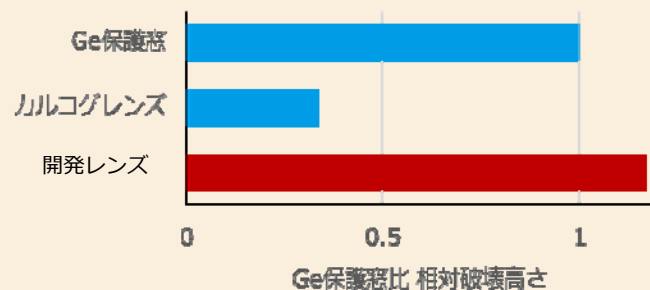


レンズ素材、装着位置共に改善が必要

飛来物対応と小型化

レンズ素材と耐衝撃性

- ◆耐衝撃性はレンズ素材と形状により大きく異なる
- ◆Ge保護窓はガラスと同等の耐衝撃性
- ◆同等以上の耐衝撃性確保



落球試験後の状態

開発レンズ



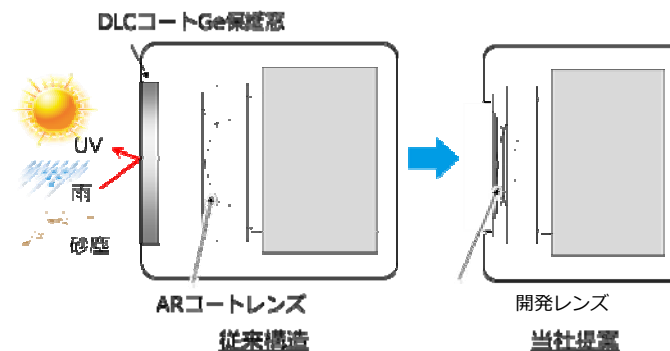
Ge窓 (t=5mm)



耐候性確保と小型化

- ◆耐紫外線、耐酸性雨、耐薬品性などが必要
- ◆カメラ本体が可視カメラに比べ大きく、スペースが取れる場所が必要
- ◆正面を向ける場所が必要

資料提供：住友電気工業株式会社



初期モデル と 開発モデル



長期信頼性試験

【レンズ取付け位置】 *路面から



試験条件

- 車両前面に # 1 レンズのみ貼り付け
- 実走評価は日常走行及び試験走行（一般道 & 高速道路）
- 試験前にレンズ性能を評価後 # 1 レンズのみ取り外し試験後再度測定
- 飛来物の影響度合いも確認するため高さを変えて5個評価
- 試験期間 2019年3月～2021年3月

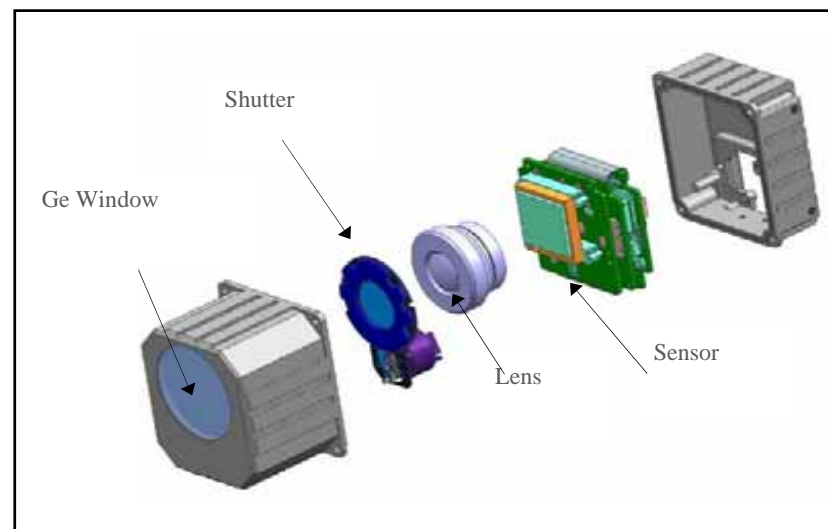
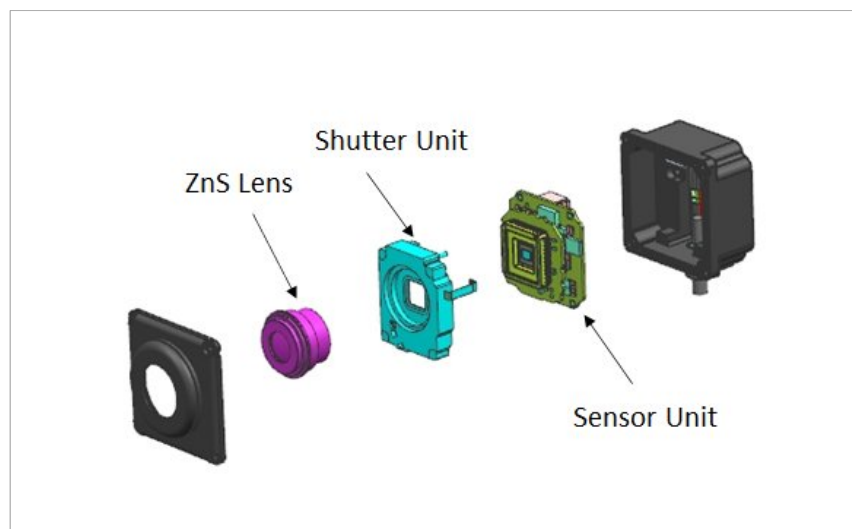


5万キロの走行試験でも性能面に問題なし

小型化の成果

構造変更により小型化の課題と成果

- ZnSカスタムレンズによる耐衝撃性確保
- シャッターユニット レンズ後段へ移動 → キャリブレーションアルゴリズム見直し
- 構造の最適化 → 輻射材質 部品構成の変更により高感度化の対策
- 防水構造の変更
- 車両本体からの環境温度対策



体積比で40%を達成

シャッターレス技術

■ シャッターレス技術の必要性

画像が途切れることにより認識機能が停止する



通常撮影

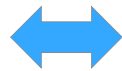


シャッターキャリブレーション時

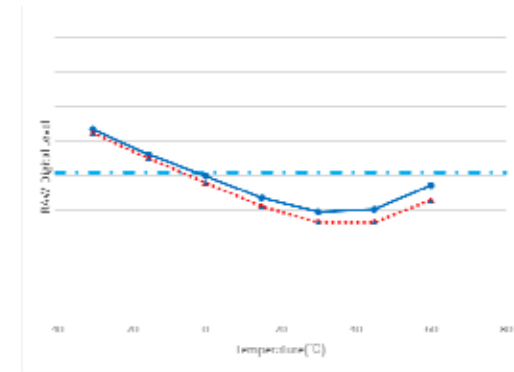
シャッターキャリブレーションでは環境変化に補正仕切れない



キャリブレーション後



キャリブレーション前



センサー出力データ

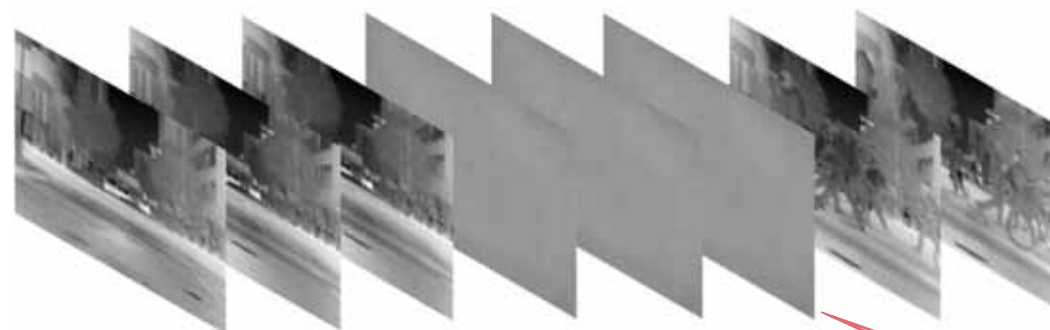
車載用途ではシャッターキャリブレーションが課題になる

シャッターレス技術とは？

■ シャッター動作

- ・センサー温度変化、周辺環境変化により画像が乱れる
- ・メカニカルシャッターを閉じ温度均一面の撮影
- ・メカニカルシャッター動作不良の懸念が無くなる。

メカニカルシャッター方式



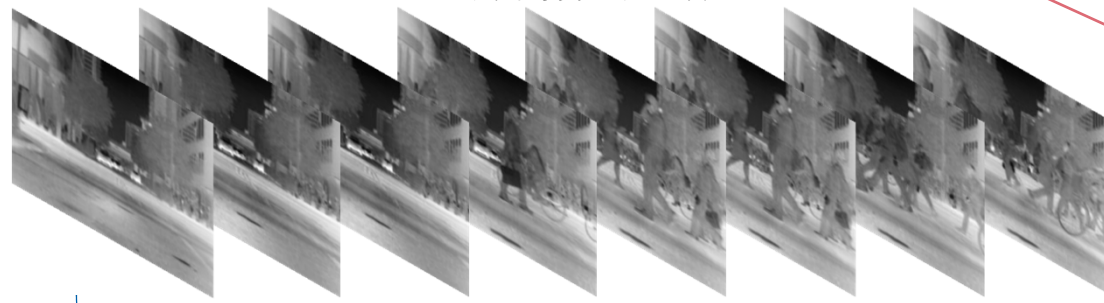
補正パラメータ固定

補正パラメータ修正(約500ms)
メカシャッタークローズ

補正パラメータ固定

映像の途切れは、
OEMメーカーからも
指摘あり。

シャッターレス方式



フレーム単位で補正パラメータ計算
映像が途切れることなし！



4. 画像認識開発

The logo consists of a stylized blue triangle pointing upwards and to the right, composed of several overlapping semi-transparent shades of blue. The text "JVCKENWOOD" is written in white, uppercase letters within the lower right portion of the triangle.

JVCKENWOOD

画像認識開発と特徴

遠方人物認識

- 独自アルゴリズム技術，映像学習による高い認識性能
 - 障害物影響を受けない独自認識アルゴリズム
 - 100m先の歩行者検知・認識
 - 検出対象：歩行者・サイクリスト・動物
 - 運転違和感のない低遅延表示



重なり合う人混みでの認識



100m先の歩行者認識



歩行者，サイクリスト認識



車載FIR認識システムの課題

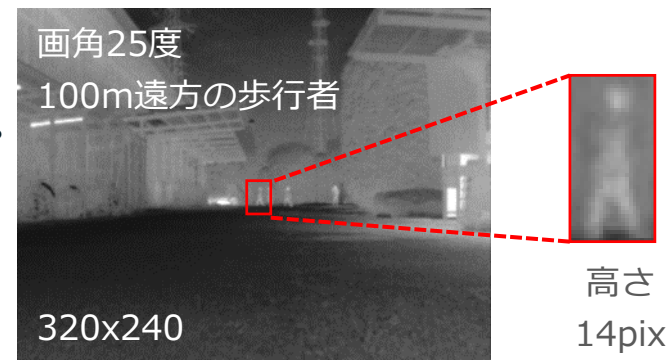
■ 早期の歩行者検知

安全な運転を支援する為に、出来るだけ早期に画角内の歩行者を検知したい。

→ センサー上で高さ14pix以上のオブジェクトを全て検出する必要がある。

小さいオブジェクトを検出する為にセンサー画像を2～3倍に拡大して検出処理をすると、計算負荷が増大。
組み込み機器でリアルタイム処理が困難となる。

→ **検出処理の高速化**が不可欠



■ 様々な環境下での検出性能の確保

様々な環境下であっても実用レベルの検出性能を確保したい。

機械学習、ディープラーニングの検出性能を大きく左右するのは、データセット（=学習素材）の質である。

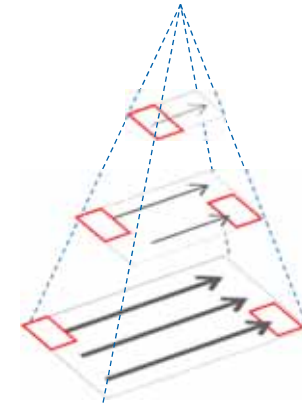
→ **良質なデータセットの構築**が不可欠



検出処理の高速化

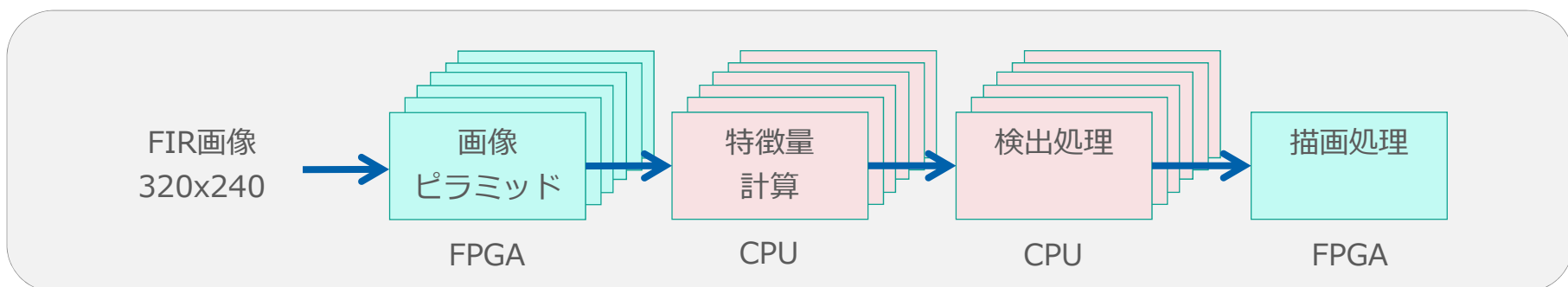
近傍～遠方までの歩行者を抜けもれ無く高速に検出する為、以下施策を実施

- ・ 高精度かつ軽量な特徴量計算／検出アルゴリズムの実装
 - 画像ピラミッドをスライディングウィンドウ法で検索
遠方から近傍までの歩行者を高速に検出
- ・ 検出前処理／後処理のFPGAハード化
 - CPU処理では時間がかかる画像ピラミッド生成処理や
描画処理をFPGAで実行する事で高速化



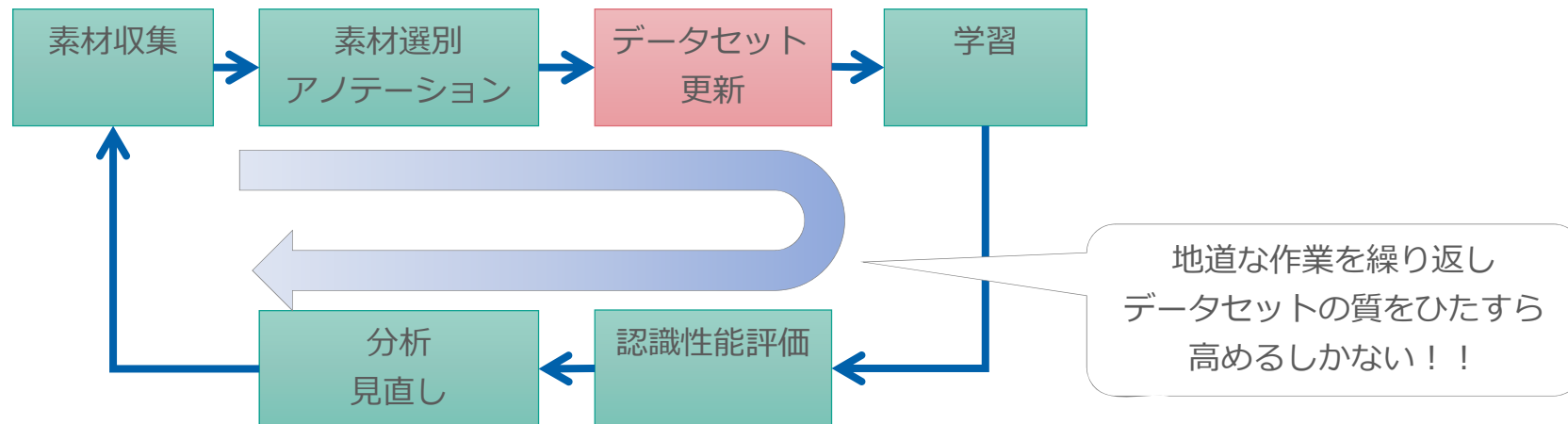
スライディングウィンドウ法

→ **リアルタイム（30fps）での検出処理を実現**



良質なデータセット（正解／不正解画像群）の構築

機械学習で実用レベルの性能を得る為には、質の高いデータセットの構築が不可欠



- ◆素材収集
- ◆素材選別／アノテーション
- ◆性能評価
- ◆分析／見直し

様々な環境（季節／**気温**／天候／時間／場所）での走行映像収集
学習素材の選別と正確なアノテーション（枠付け）

認識性能の定量評価

補強すべき弱点を分析し、どのような素材を加えるべきか検討

- ・ ポジティブ/ネガティブ画像のバリエーションは十分か？
- ・ 正解と不正解の境界線にはどのような画像があるか？
- ・ 不鮮明、隠れなど過度に難しいサンプルを加えていないか？

画像認識におけるカメラ技術 熱帯夜のカメラ性能

夏期熱帯夜フィールドテスト

- 実施地域：大阪
- 気温：33℃
- 路面温度：平均34℃
- 撮影時間：午後7時

可視カメラ映像



気温30℃の遠赤外線カメラ画像



温度均一によるコントラスト不足



遠赤外線カメラ映像
(最適化前)

画像技術による
最適化

最適化により識別可能



遠赤外線カメラ映像
(最適化後)



5. 車載センシング用途における遠赤外線カメラ

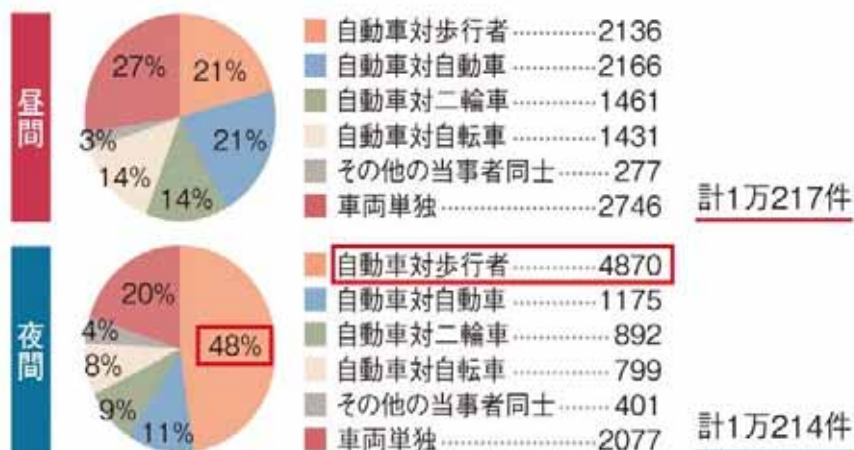
The logo consists of a stylized blue triangle pointing upwards and to the right, composed of several overlapping shades of blue. The text "JVCKENWOOD" is written in white, uppercase letters within the lower right portion of the triangle.

JVCKENWOOD

市場動向と傾向 社会環境

■ 夜間の安心・安全の提供が社会要請

夜間の自動車対歩行者の交通事故死者数が昼間に比べ非常に多く、且つ高齢者の占める割合が年々高くなっていることから、夜間の歩行者を早期に発見・運転者に警告するためのナイトビジョンシステムが社会の要請事項となってきている。



■ 歩行者の死亡事項の実態
「自動車対歩行者」の事故の割合は
昼間より夜間が高くなる。

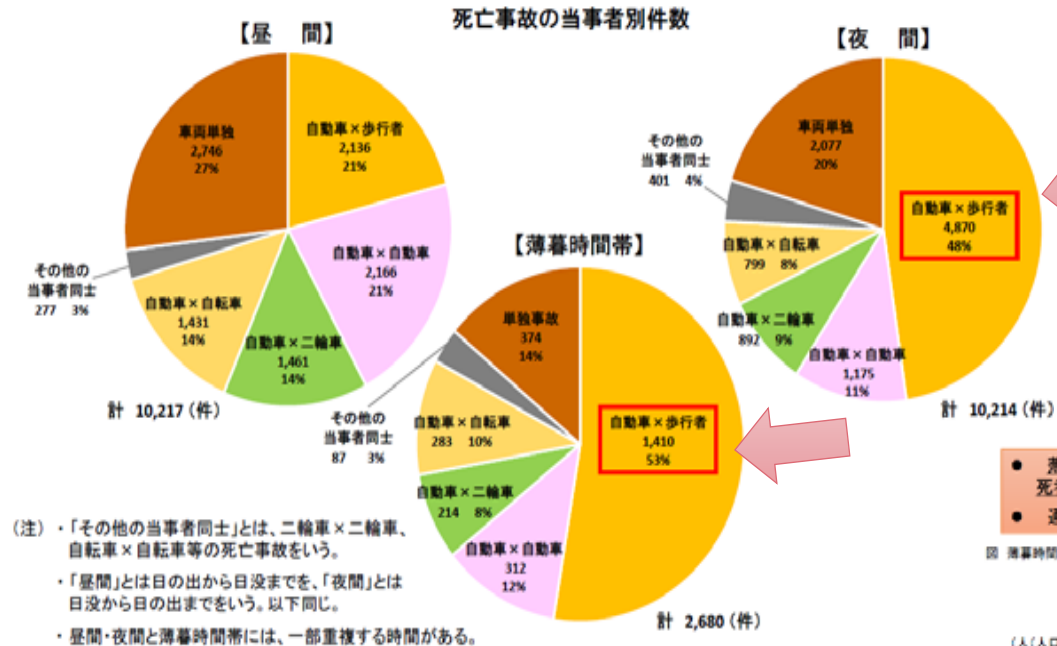
出展：日経Automotive

市場動向と傾向 社会環境

■ 交通死亡事故の実態〈出展：警視庁のデータより〉

- 死亡事故を当事者別に見てみると、**薄暮時間帯や夜間は「自動車対歩行者」による事故の割合が高くなる。**

図 昼・夜間・薄暮時間帯別の当事者別死亡事故件数（平成24年～平成28年）



薄暮時間帯や夜間は
「自動車対歩行者」による
事故の割合が高くなる。

- 薄暮時間帯の自動車対歩行者死亡事故の人口10万人当たり歩行者死者は、65歳以上で年齢とともに死者数が増えるほか、男性に比べて女性が事故に遭う件数が多い。
- 通行目的では、男性は散歩や買物によるものが多く、女性は買物によるものが多い。

図 薄暮時間帯の「自動車対歩行者」死亡事故における人口10万人当たり歩行者死者数及び通行目的（歩行者第一・第二当事者）（平成24年～平成28年）

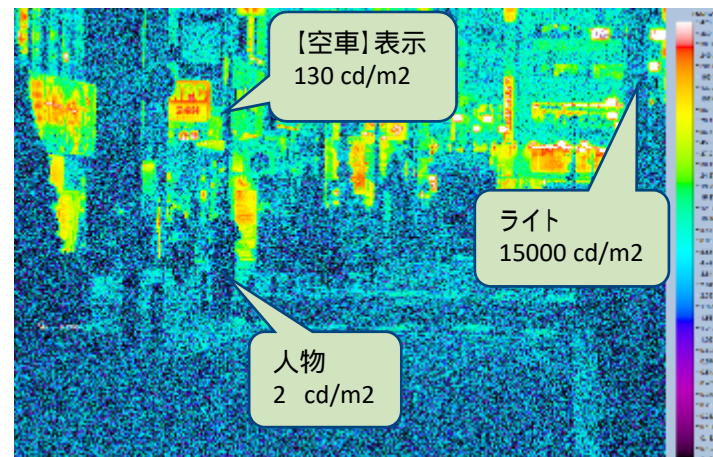


65歳以上から年齢とともに
死者数が増える

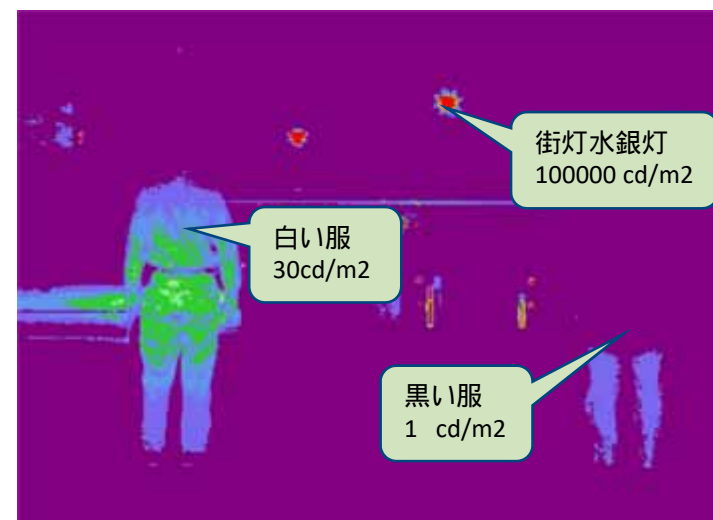
固有の効果 夜間における可視カメラの弱点

夜間歩行者を検知する難しさ 輝度差

市街地



街灯なし ハイビーム照射



輝度差があると検知されにくい

固有の効果 夜間における可視カメラの弱点

夜間歩行者を検知する難しさ

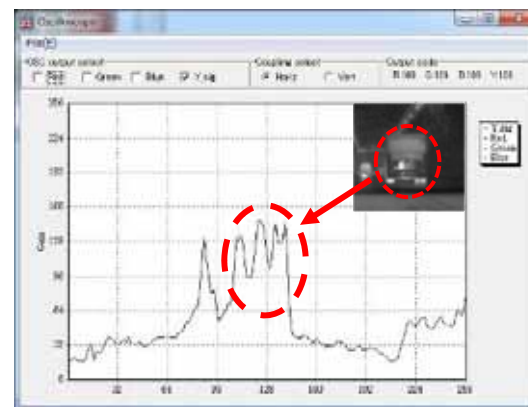
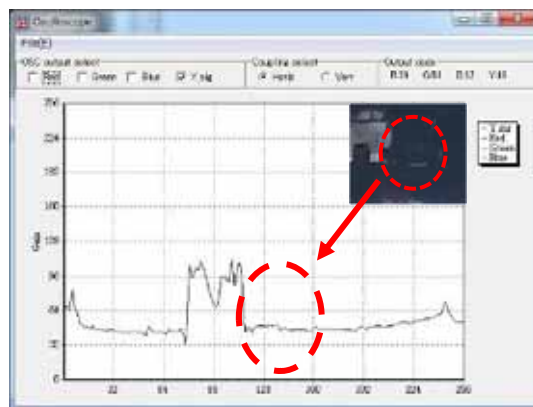
夜間の歩行者は昼間とは異なりカメラで発見しにくい。さらに、カメラで捉えた画像が歩行者かどうかの判断も難しい。



固有の効果 日中におけるFIRカメラの優位性

FIRカメラの日中の識別能力

日中のトンネル出入口におけるコントラスト差による消失現象も、FIRカメラなら識別可能となる



信号波形

可視カメラでは識別不能なコントラスト下でも、遠赤外線カメラなら識別可能



他のセンサーとの比較

ミリ波レーダー、LiDARでは、レーザー照射方向に何かが存在することは検知できても、それが人か否かを判別することはできない。判別には可視カメラとのセンサフュージョンが必須。

センサーの種類	ミリ波レーダー	LiDAR	可視カメラ	FIRカメラ
センサーの原理	電波を反射させて対象物の距離などを測定	光を反射させて対象物の距離などを測定	周囲の光を使って「像」として周囲を認識	被写体の温度を検出して周囲を映像化
測定距離	◎	△	△	◎ (STEREO)
分解能	×	△	◎	△
物体認識性能	×	△	◎	○
悪天候時の性能(雨、雪)	◎	×	△	○
夜間の性能	◎	◎	△	◎
夜間認識(人、自転車)	×	×	△	◎

※可視とのセンサフュージョンが必須



LiDAR画像

精度は上がっても単体での人認識は不可

夜間における、可視カメラの機能損失を完全に補完できるのはFIRカメラのみ。
夜間に発生したuberの事故を契機に、FIRカメラの優位性が再認識されている。



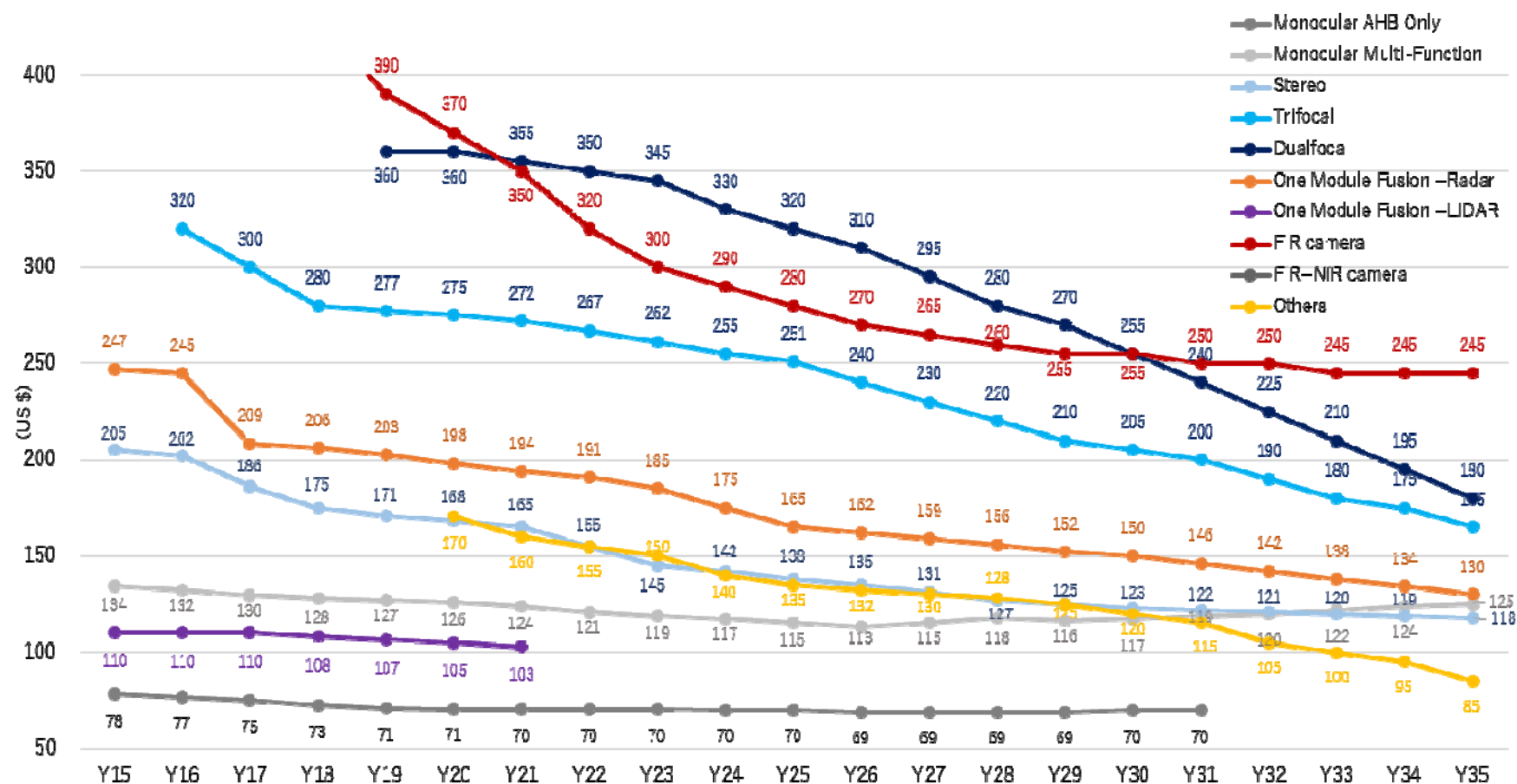
uber事故発生の状況



FIRであれば認識可能

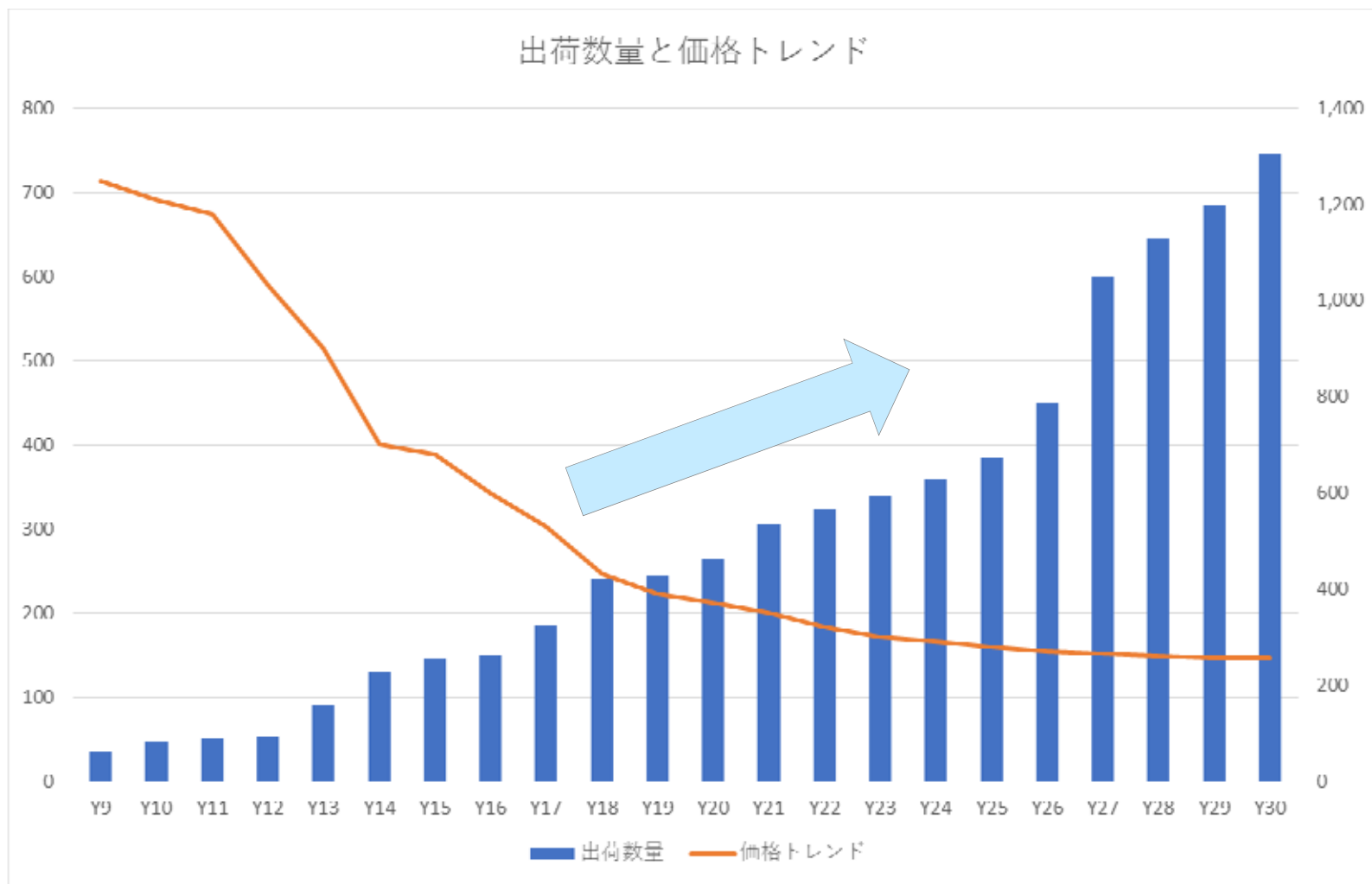
他のセンサーとの比較（出展：TSR資料）

FIRカメラのコストが高い



市場動向と傾向 FIRカメラ数量予測（出展：TSR資料）

年率10%の伸び？



Recent topics of FIR Industry

- ◆ Veoneer has issued a press release to receive Thermal Cameras Award for Autonomous Vehicle.
- ◆ GM Cruise has announced a self-driving car using a sensor equipped with an FIR camera.

Veoneer Receives Thermal Cameras Award for Autonomous Vehicles

TUE, SEP 17, 2019 08:30 CEST



CES2020 Demo



FLIR Boson VGA


GM cruise origin

Driverless vehicle for rideshare



The news that VGA camera is mounted as one sensor for autonomous driving is found.

1-3.車両種類別 AD システムと車載カメラの搭載イメージ

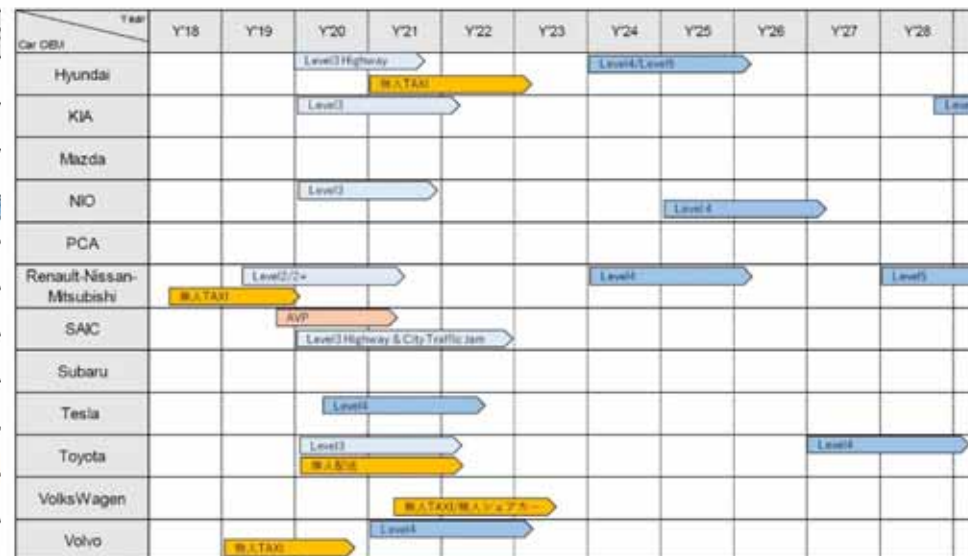
Vehicle type		Personal Car Model			Business Car Model	
		Luxury/Global vehicles	Popular vehicles	Small vehicles	Commercial vehicles	Sharing EV Car
Vehicle Image						
車両の特徴	車格	高め	比較的安い	比較的安い	比較的高い/ビジネス用途	ビジネス用途
	センサ製品搭載スペース	ある	ある	限定的	多くある	限定的
	走行シチュエーション	City/長距離	City	City	長距離/限定エリア・レーン	限定エリア
	その他の特徴	・フラッグシップ/コンセプトカー ・将来的に一部でセンターECU制御	・コンセプトカー多い ・デザイン性重視の傾向	・売れ筋が多い/比較的安価 ・デザイン性重視の傾向	・デザイン性を気にしない傾向 ・将来的に一部でセンターECU制御	・主な車両はEV/PHEV ・将来的に大半がセンターECU制御
	ADシステム(over Lv3)の本格搭載タイミング	CY2025～	CY2028～/×	CY2030～/×	CY2024～(限定レーン/エリア)	CY2023～(限定エリア)
2030年の平均ADシステムレベル		Level2/Level4	Level1-Level2	Level1-Level2	Level2-Level5	Level4-Level5
画イメージ	Front Camera	Dualfocal/Trifocal/Stereo camera	Stereo/One Module fusion	Mono/Stereo/Onemodule	Dualfocal/Stereo/Mono	Dualfocal/Stereo
	Surround camera	View/Sensing(Autoparking)			View/Sensing(Autoparking)	View+Sensing(Autoparking)/Sensing

自動運転システムの展開シナリオ
 自動運転レベル4の商用展開は、2030年以降と見込まれる。View+Sensing(Autoparking)は、自動運転レベル4の商用展開に必要と見込まれる。

1-4. 主要 CarOEM の自動運転システムの展開シナリオ

(1) 主要 Car OEM の自動運転システムに関する展開ロードマップ No.1

(2) 主要 Car OEM の自動運転システムに関する展開ロードマップ No.2



車載用12μVGA FIRカメラシステム開発

小型カメラ

- ・ 基板設計のプラットフォーム化により小型化 & 共通化
- ・ VGAカメラ向け ローコストバリア開発
- ・ シャッターレス機能搭載

小型ECU

- ・ QVGAサイズでVGAシステム実現
- ・ アプリケーションソフトのカスタム対応

認識機能&画像IP

- ・ 認識IPハード化による高速演算及び、新AGC & 画像処理搭載
- ・ 新画像エンジン“IPSILOS”による不可視領域の可視化（開発継続中）

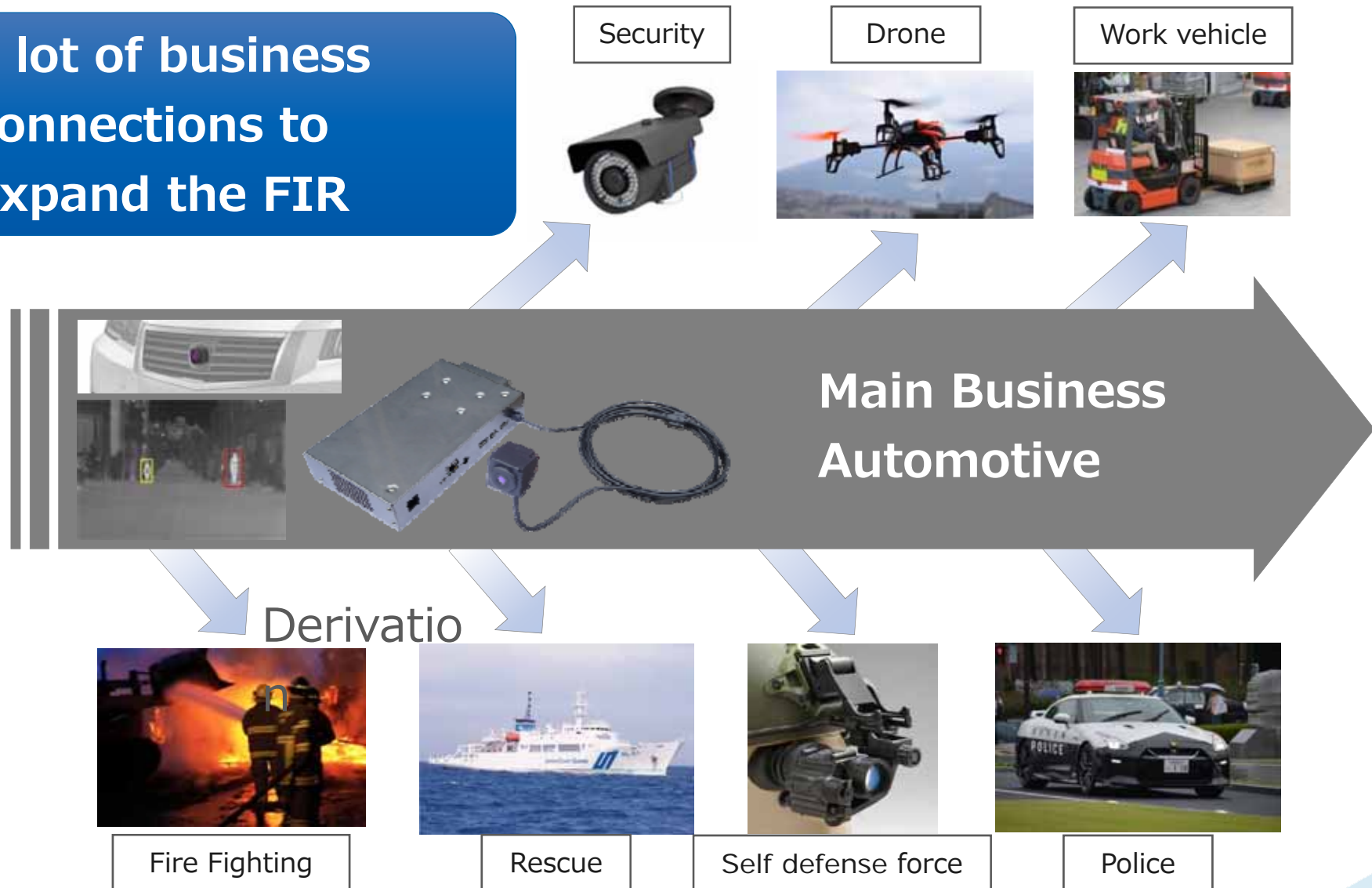
多用途向け開発

- ・ 高性能と汎用性を持った後段処理とIF開発



FIR Camera Business Model

a lot of business connections to expand the FIR



The logo features the company name 'JVCKENWOOD' in a bold, white, sans-serif font, centered within a large, vibrant blue parallelogram. This central element is flanked by two dark blue triangular shapes on the left and right, which together with the central blue shape form a larger, irregular polygon. The entire composition is set against a light gray background.

JVCKENWOOD