

シンプルな運転危険予知AI

2025年10月2日

国立研究開発法人情報通信研究機構
ユニバーサルコミュニケーション研究所
統合ビッグデータ研究センター
ダオ ミンソン

研究の背景と社会的意義

- **交通事故の現状:**依然として多くの交通事故が発生しており、特に見通しの悪い交差点や夜間の事故が課題となっています。
- **運転支援システムの必要性:**ドライバーの死角を補い、危険を予測して警告する先進運転支援システム（ADAS）の重要性が高まっています。
- **本研究の位置づけ:**本研究は、高価なセンサーに頼らず、一般的な車載カメラの映像を用いることで、高精度かつ低コストな危険予測を実現し、より多くの車両への安全技術の普及を目指すものです。

従来技術とその問題点

- **既存の運転支援システム:**
 - **レーダー/LiDAR:** 高精度だが、高コストで天候の影響を受けやすい。
 - **AI（深層学習）ベースの画像認識:** 多くの学習データが必要で、計算コスト（消費電力）が大きい。また、学習していない未知の状況への対応が困難な場合がある。
- **従来技術の課題:**
 - **コスト:** 高機能なシステムは高級車への搭載が中心で、普及の妨げとなっている。
 - **信頼性:** AIベースの手法は「判断の根拠」がブラックボックス化しやすく、予期せぬ誤認識のリスクがある。
 - **メンテナンス:** 複雑なシステムは維持管理が難しい。

新技術の特徴・従来技術との比較

- **物理法則に基づいた危険予測:** AIのパターン認識だけでなく、物理法則（車両の運動方程式）を用いることで、論理的で信頼性の高い危険予測を実現します。
- **低コストなシステム構成:** 特殊なセンサーは不要。一般的な車載カメラと演算装置のみで実現可能です。
- **2.5Dから2Dへの正確な変換:** カメラキャリブレーション技術により、映像内のピクセル距離を現実世界のメートル距離に正確に変換します。
- **高精度な速度・位置予測:** 変換された2D俯瞰図上で物体の速度を正確に計算し、数秒後の未来位置を予測します。

項目	本技術	従来技術 (AIベース)	従来技術 (レーダー等)
主要技術	カメラキャリブレーション、物理モデル	深層学習	レーダー、LiDAR
コスト	低い	中～高	高い
計算資源	少ない	多い	中
信頼性	高い（論理的）	データ依存	高い
天候耐性	カメラ性能に依存	カメラ性能に依存	優れる

新技術の優位性：AI技術との比較

- **AI（深層学習）による危険予測:**
 - 膨大な量の事故映像や危険シーンのデータを学習。
 - 映像パターンから「危険らしさ」を確率的に判断。
 - **課題:**
 - **未知の状況:** 学習データにない予期せぬ状況への対応が難しい。
 - **判断根拠の不透明性:** なぜ危険と判断したのか、論理的な説明が困難。
- **本技術（物理モデルベース）のアプローチ:**
 - 映像から物体の「位置・速度」という物理量を正確に計測。
 - 物理法則に基づいて「未来の軌道」と「停止可能距離」を計算。
 - **優位性:**
 - **汎用性:** 未知の状況でも、物理法則に基づいて客観的に危険を判断。
 - **説明可能性:** 「○秒後に安全地帯を逸脱するため危険」といった明確な根拠を提示可能。

技術詳細① カメラキャリブレーション

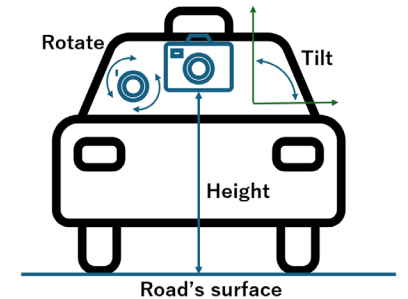
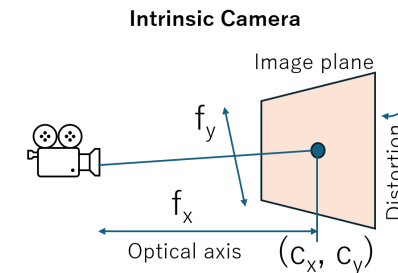
- **2.5D画像とは？**: 通常のカメラ映像。遠近法により、奥の物体は小さく映る。ピクセル単位での距離しかわからない。
- **カメラキャリブレーション**:
 - カメラ内部のパラメータ（レンズの歪みなど）と、車両への設置情報（高さ、角度）を利用。
 - これにより、映像の各ピクセルが現実世界のどの位置に対応するかを計算。
- **2D俯瞰図への変換**:
 - 2.5D画像を、真上から見下ろした2D俯瞰図に変換。
 - これにより、ピクセル距離をメートル距離に正確に換算可能となる。
 - **効果**: 車両や歩行者の実際の位置関係を正確に把握できる。



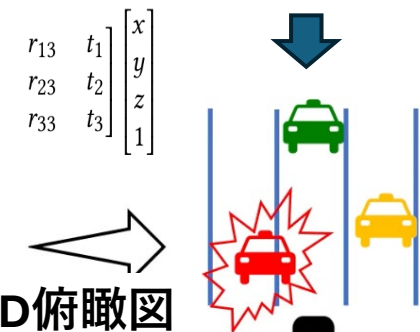
2.5D画像



カメラ情報を用いた校正



$$\begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_u & 0 & c_u & 0 \\ 0 & f_v & c_v & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}$$



2D俯瞰図

技術詳細② 安全領域 (セーフゾーン) の設定

- 停止距離の計算:

- 物理法則（運動方程式）に基づき、現在の速度からブレーキをかけて完全に停止するまでの最大距離を計算。
- 考慮する要素:
 - 車両の速度
 - 路面状況（乾いているか、濡れているかなど）
 - 道路の勾配

- 安全領域（セーフゾーン）の定義:

- 計算された停止距離、車線情報、交通ルールを基に、自車両が安全に走行できる範囲を2D俯瞰図上に設定。
- 同時に、死角となる領域（ブラインドゾーン）も定義。

- 動的な領域設定:

- 車両の速度や周囲の状況に応じて、安全領域はリアルタイムに変化する。

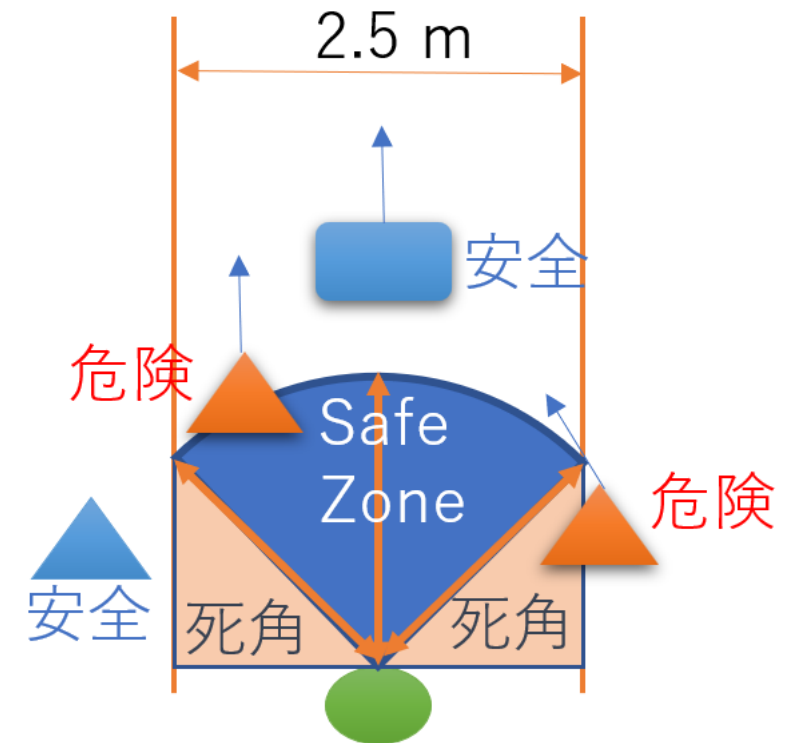
セーフゾーン: 要安全確保領域

- 本研究では、未来の衝突点が指定された時間枠（例：5秒、10秒）内で自己車両の安全領域に入る場合、それが近接事故につながる可能性があるとして提案します。自己車両の安全領域は、現在の速度、摩擦係数、及び環境条件を考慮した最小停止距離を表します[*]。この停止距離は、以下の式（式3）を用いて計算されます。

$$d_{stop} = \frac{v^2}{2\mu g}$$

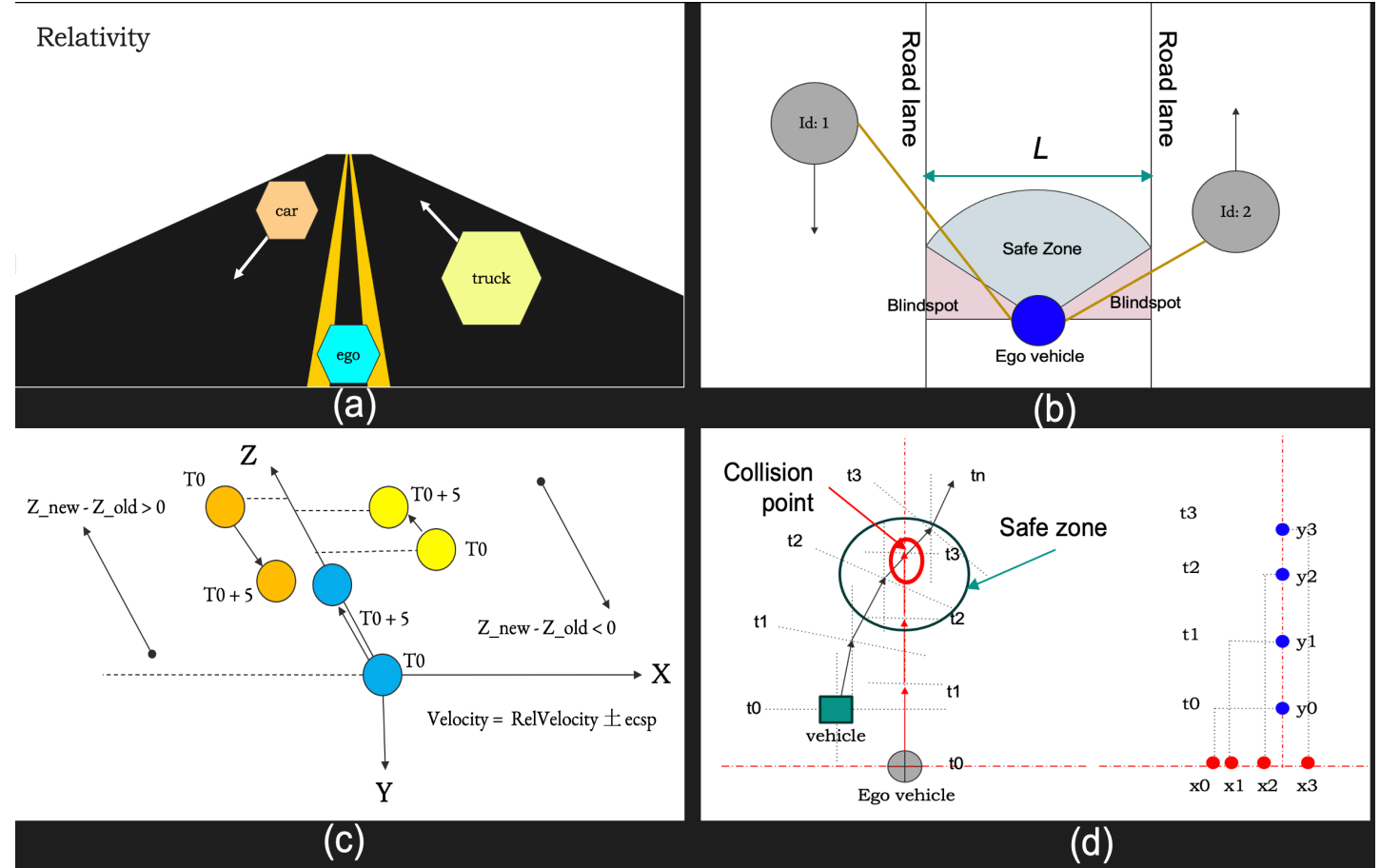
ここで、

- d_{stop} : 停止距離 (m)
 - v : 車両の初速度 (m/s)
 - μ : 摩擦係数[**]
 - g : 重力加速度 (9.8 m/s²)
- 本研究では、車両の速度 v をGPSデータを用いて算出し、摩擦係数 μ を乾燥路面で0.8、湿潤路面で0.4とし、天候センサーのデータを基に決定しています。



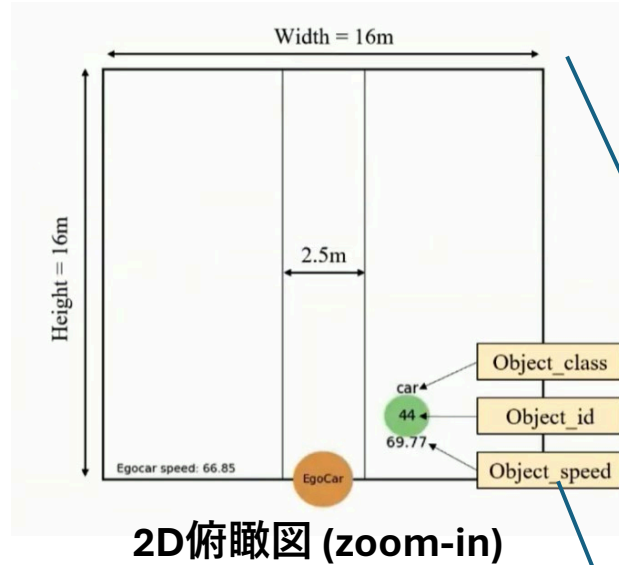
技術詳細③ 物体追跡と未来位置の予測

- **物体の検出と追跡:**
 - 2D俯瞰図上で、他の車両や歩行者などの移動物体を検出・追跡。
- **速度の算出:**
 - 各物体の移動距離と時間から、正確な速度（メートル/秒）を算出。
- **未来位置の予測:**
 - 現在の位置と速度から、数秒後の未来の位置を予測。
- **危険の警告:**
 - 予測された未来位置が、自車両の安全領域（セーフゾーン）を侵害する場合、ドライバーに危険を警告。
 - **例:**「右方向から接近する自転車が、2秒後に安全領域に侵入する可能性があります」



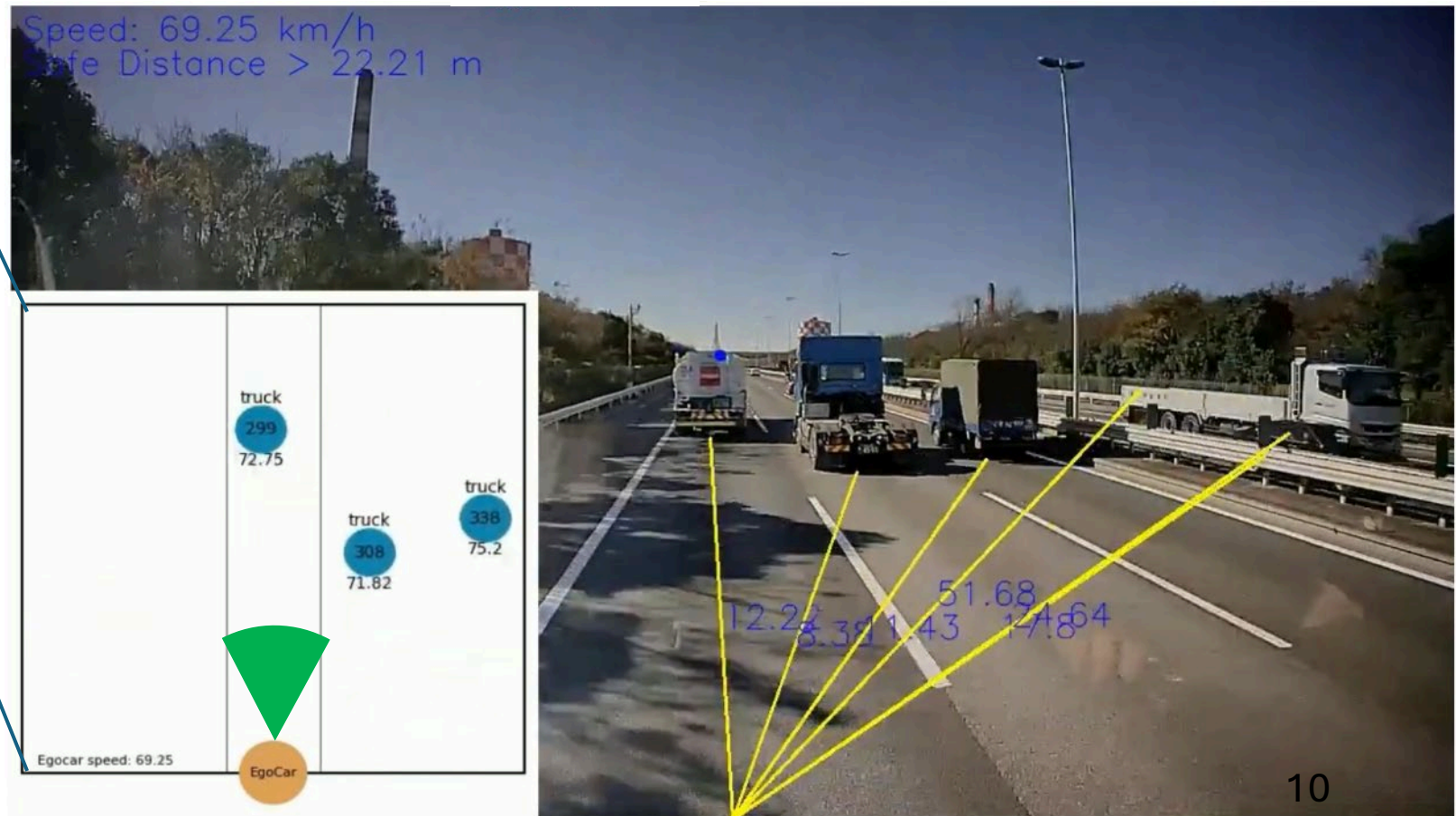
ビデオから軌道へ：(a) ビデオフレーム、(b) 実世界座標系への投影と安全領域、(c) 物体の進行方向の決定、(d) 物体の軌道

ピクセルからメートルへ：リアルタイム 2.5D→2D映像変換による安全性向上



- リアルタイム視点変換：運転者視点をトップダウンに遅延少なく変換。動的運転に最適。
- 正確距離計測：画面上のピクセル距離を現実のメートルに正確変換。高精度な空間認識を実現。

2.5D画像と2D俯瞰図を同一モニター上に表示



TUATデータセットによる評価

- **評価環境:**

東京農工大学（TUAT）が公開している公道走行データセットを使用
(<https://web.tuat.ac.jp/~smrc/en/compose.html>)

- **評価結果:**

- **高精度:**

他の方式に比べて危険な状況の見逃しや誤検出が少なく、高精度で予測可能

- **低リソース消費:**

AIベースの手法に比べて少ない計算資源（CPU/メモリ）で動作、
安価なハードウェアへの実装が可能に

- **結論:**

実証データにより、本技術の有効性と実用性を確認した

想定される用途

- **先進運転支援システム（ADAS）：**
 - 衝突被害軽減ブレーキ
 - 死角検知システム
 - 前方衝突警告
- **自動運転システム：**
 - 周辺環境認識のセンサーフュージョン技術として
- **ドライブレコーダー：**
 - 危険挙動の記録・分析（ヒヤリハット分析）
- **その他：**
 - 建設機械や農業機械の安全システム
 - 工場の無人搬送車（AGV）の衝突防止

実用化に向けた課題

- **悪天候への対応:** 雨、雪、霧など、カメラの視界が悪化する状況での認識精度向上。
- **多様な環境でのデータ収集:** 様々な道路形状、交通状況、時間帯（夜間など）での実証データの蓄積。
- **ハードウェアへの最適化:** 車載用の安価なプロセッサで、リアルタイム処理を安定して行うためのソフトウェア最適化。

社会実装への道筋

時期	取り組む課題	目標
現在	基礎技術の確立、TUATデータセットでの性能評価完了	
1年後	多様な環境での実証実験、悪天候対応アルゴリズムの開発	JSTの事業へ応募し研究資金獲得
3年後	特定条件下でのプロトタイプ開発、車載機器メーカーとの連携	評価用基礎データの提供、限定的なサンプル提供の実現
5年後	製品化に向けた信頼性・耐久性試験、量産化技術の確立	ドライブレコーダー等への技術提供、試験サービスの実現

企業への期待

- **共同研究の希望:**

- **車載カメラ・ハードウェアメーカー:** 悪天候に強いカメラ技術や、本技術を実装する安価なハードウェアの開発。
- **自動車部品メーカー・自動車メーカー:** 実車を用いた実証実験、および製品化に向けた共同開発。

- **技術導入の提案:**

- **ドライブレコーダー開発企業:** 高機能な危険予測機能の付加価値として。
- **ADAS開発企業:** 既存システムの補助的または代替的な安価なソリューションとして。

本技術に関する知的財産権

- **発明の名称:** 警告信号生成装置、警告信号生成方法、および、プログラム
- **出願番号:** 特願2022-149761
- **出願人:** 国立研究開発法人情報通信研究機構
- **発明者:**
ダオ ミン ソン
プラダナ ムハマド ヒルミル ムクタ アディチャ
是津 耕司

お問い合わせ先

国立研究開発法人情報通信研究機構
イノベーション推進部門
知財活用推進室

TEL : 042 - 327 - 6950

e-mail: ippo@ml.nict.go.jp