

採 択 番 号 : 20010
研究開発課題名 : データ連携・利活用による地域課題解決のための実証型研究開発
副 題 : スマート自転車とオープンデータを活用した道路インフラ維持システム

(1) 研究開発の目的

近年、世界中で、インフラの老朽化や自然災害に対する危機感が高まっている。これを受け、専用の計測機器を積んだ自動車による道路面の調査や、ドローンやセンサーによる建造物の調査が進められている。一方、災害時の移動手段として自転車が見直されると共に、自動車と同様のトレンドとして、自転車の電動化（eバイク）の進展が見込まれている。実際、eバイクの市場成長率は16%/年を超えと言われる、2025年には、自転車販売台数の1割をeバイクが占めると見込まれている。

そこで本研究開発課題では、自転車を用いた道路インフラ維持管理システムのプロトタイプ作成を試みる。プラットフォームとして市販の電動アシスト自転車を想定し、スマートフォン、および、スマートフォンの省電力化を図るための専用カメラと演算器を格納したスマート自転車の試作を行う。また、撮影した路面画像はネットワーク（3G、LTE、将来的には5G）を介してクラウドに転送し、クラウドでは深層学習を活用した道路インフラ管理用途の画像処理を実行する。具体的な画像処理としては、道路損傷個所の検出、段差の検出、路上廃棄物の検出などを想定する。また、4K/8K解像度の映像伝送を可能とする今後の5G網の普及を想定し、2K解像度までの低解像度画像に加え、4K解像度の高解像度画像による検出率の改善効果の検証を行う。最終的には実証実験を実施し、本研究開発課題の有効性を示すとともに、企業と連携しつつ、自動車による道路インフラ維持システムとの統合を図る。

(2) 研究開発期間

平成30年度から令和2年度（3年間）

(3) 実施機関

学校法人早稲田大学<代表研究者>

(4) 研究開発予算（契約額）

総額 30 百万円（令和元年度 10 百万円）
※百万円未満切り上げ

(5) 研究開発項目と担当

研究開発項目1： スマート自転車の開発

1. システム設計と消費電力評価 (早稲田大学)
2. 自転車マウントホルダーの設計 (早稲田大学)
3. スマート自転車の試作と評価 (早稲田大学)

研究開発項目2： 道路インフラ維持用画像処理の開発

1. 道路損傷個所検出の開発と評価 (早稲田大学)
2. 段差検出の開発と評価 (早稲田大学)
3. 廃棄物検出の開発と評価 (早稲田大学)
4. 高精細画像処理の開発と評価 (早稲田大学)

研究開発項目3： 実証実験

1. 実証実験の準備 (早稲田大学)
2. 実証実験の実施と評価 (早稲田大学)

(6) 特許出願、外部発表等

		累計 (件)	当該年度 (件)
特許出願	国内出願	0	0
	外国出願	0	0
外部発表等	研究論文	0	0
	その他研究発表	14	13
	標準化提案	0	0
	プレスリリース・報道	0	0
	展示会	1	0
	受賞・表彰	0	0

(7) 具体的な実施内容と成果

【研究開発項目 1】 スマート自転車の開発

- 研究開発項目 1-1 消費電力の評価
 - スマート自転車の試作
電動アシスト自転車にスマートフォン、専用演算器 (NVIDIA Jetson TX2)、各種センサー (2D-LiDAR、6 軸センサー、RGB-D カメラ、360 度カメラ) をマウント可能にしたスマート自転車を試作した。
 - 消費電力の評価
計測器 Watts Up Pro を使用し、スマートフォン単体、専用演算器単体、および、各種センサー装着時の消費電力評価を行った。
- 研究開発項目 1-3 スマート自転車の評価
 - データフォーマットの策定
スマート自転車とクラウドシステム間の通信用データフォーマット (セッション情報、画像情報、画像処理結果、位置や時間等の付加情報)、通信手順、蓄積手順を策定した。
 - 画像処理結果のブラウザ表示
画像処理結果を蓄積したクラウドシステム上に Web サーバを実装し、Google Map 上にアノテーション表示やヒートマップ表示を行うソフトウェア開発を行った。

【研究開発項目 2】 道路インフラ維持用画像処理の開発

- 研究開発項目 2-1 道路損傷箇所検出の開発と評価
 - 道路損傷画像の取得
学習画像を増やすために、スマート自転車をを用いて大学周辺の道路損傷画像を収集した。また、さらに学習画像を増やすために、協力企業から道路損傷画像データセットを購入した。また、Road Damage Dataset と同様の分類規則に従い、道路損傷画像のアノテーションを行った。
 - 道路損傷箇所検出アルゴリズムの評価と改善
Github 上に公開されている既存の道路損傷箇所検出アルゴリズムにおいて、学習画像を 5 割程度増やすことで F 値を 1% 改善した。また、独自の道路損傷箇所検出アルゴリズムとして、複数の道路損傷検知アルゴリズムの統合、前処理としてのエッジ保存フィルタの導入、等について検討を進めている。
 - アプリケーション統合
道路損傷箇所検出、ならびに、後述する廃棄物検出と混雑度検出を、共通の深層学習フレームワーク上で統合した。このとき、スマートフォンと専用演算器は速度重視、クラウドシステムは精度重視の実装とした。

- 研究開発項目 2-2 段差検出の開発と評価
 - RGB-D カメラによる段差検知
スマート自転車（屋外）、および椅子（屋内）に RGB-D カメラ（Intel RealSense）を装着し、段差検出を試みた。実験結果として、RGB-D カメラは、屋外では日光や反射光の影響を受けて段差検出が不安定になるのに対し、屋内では比較的安定した段差検出を実現できることを確認した。これを受け、現在、RGB-D カメラは屋内での使用を想定し、通路幅推定等の応用を検討している。
 - 2D-LiDAR による段差検知
スマート自転車に 2D-LiDAR（北陽電機 UST-10）を装着し、段差検出を試みた。安定した段差検出を実現するためのアルゴリズムを開発し、自転車装着時でも 2D-LiDAR の仕様値と同等の 5cm の検出精度を実現した。
- 研究開発項目 2-3 廃棄物検出の開発と評価
 - 路上廃棄物画像の取得
学習画像を増やすために、スマート自転車を用いて大学周辺の路上廃棄物画像を収集した。ただし、新宿区の道路は想定以上に廃棄物が少なく、十分な路上廃棄物画像の収集には至っていない。
 - 路上廃棄物検出アルゴリズムの評価
Github 上に公開されている既存の路上廃棄物アルゴリズムを、オリジナルの R-FCN、もしくは R-CNN を、YOLO、もしくは YOLO-tiny に置き換え、評価実験を行った。
- 研究開発項目 2-4 高精細映像処理の開発と評価
 - 360 度画像の取得と人物検出アルゴリズムの評価
スマート自転車を用いて、大学周辺の 360 度画像（4K 解像度）を収集した。また、360 度画像における全天球画像と心射方位画像における人物検出の精度比較、カメラからの距離を変数とする人物検出の精度比較、等の評価実験を行った。
 - 混雑度検出アルゴリズムの評価と拡張
上記の人物検出アルゴリズムを混雑度検出アルゴリズムに拡張し、大学周辺の画像データセットから位置と時間を変数とする混雑度ヒートマップを作成した。現在はまた、対象を動画とし、人物毎のトラッキングを掛けることで、歩行者流動推定への拡張を試みている。

【研究開発項目 3】 実証実験

- 研究開発項目 3-1 実証実験の準備と交渉
 - 実証実験の準備
本研究開発に関する意見収集のために、協力企業との打合せを行った。今後、自治体との打合せを行う予定である。
 - 関連動向の調査
本研究開発に関係する周辺動向として、自転車と車椅子の ICT 化動向に関する調査を行った。