

全国大会「SSH 生徒研究発表会」に出場しました!

8月7日、8日に「SSH 生徒研究発表会」が兵庫県神戸市の国際展示場で行われ、前橋高校3年の猪熊蓮音君、大嶋輝希君、湯澤拓哉君、金澤侑一郎君、黒川祥大朗君の5名が本校代表として参加しました。全国から200校を超える指定校が参加する本発表会は、課題研究の全国大会であり、科学技術に関する各分野において、ハイレベルな発表会となりました。『スマート自転車「トマールくん」の開発』というテーマで発表を行い、数学情報分野の代表校に選出されて審査委員長賞を受賞しました。



発表生徒の感想

今回の生徒研究発表会は自分たちが取り組んできた研究をブラッシュアップできた貴重な経験となりました。

まず、この発表会に参加して感じたことは、今まで参加したどの発表会よりも規模が大きくレベルも高いものであったということです。今までの発表会では研究内容が理解されずに、表面的な議論で終わってしまうことが多々ありました。しかし、この発表会では自分たちの発表に耳を傾け理解してくれた人が多く、白熱した議論ができたことが嬉しかったです。そして何より、その議論を通して自分たちの考察が至らなかった点において、ともに考えることができ、有意義な時間を過ごすことができました。

この経験をトマールくんの開発・研究を引き継ぐ次の世代と共有し、今後の研究に活かしていきたいと思えます。

スマート自転車「トマールくん」の開発

0607 群馬県立前橋高等学校 猪熊蓮音 大嶋輝希 湯澤拓哉 金澤侑一郎 黒川祥大朗

はじめに：一時停止標準判定のためのプロトタイプ「トマールくんVer1」

動機 群馬6年間の高校生事故対自動車事故76%中出合い頭事故55%
ワースト1*1

目的 自転車に取付け可能な出合い頭衝突を防ぐAIによる自転車における自動ブレーキシステムを開発、システムの有効性を示す → 自転車事故減少へ

概要 一時停止補助システム：トマールくんVer1(2023)*3
画像判定AI/物体検出AIで一時停止標準検知(図1)

判定部 TensorFlowLite×EdgeTPU実装 補助部判定へ
→人と同じ判定時間確認 Ver2~4の開発

基本仕様 Ver1: 標準のみ判定/ブレーキ警告のみ

Webカメラ撮影 → 物体検出AI → 物体判定 → 有り/無し → ブレーキON

図1 自動ブレーキシステム「トマールくん」の判定部と補助部(左)とシステムフロー図(右)

トマールくんVer2以降の検証でのシステムの評価指標(安全基準)

制動条件(図2) 道路交通法施行規則*4
制動開始 制動距離
制動初速度10km/hで3m以内の距離で停止

停止条件(図3) 人の反応時間*5: 0.75sから10km/hの空走距離2.1m算出
制動初速度10km/hで5.1m以内の距離で停止

結果 対象システム 検出 2次回帰分析実施(図7) 決定係数 R²>0.9

仮説 物体検出AI×EdgeTPUを搭載、車両判定可能サーボモータをブレーキレバー取付：制動可能

判定部の仕様 出合い頭衝突による事故を想定 → 車の前半分の側面を学習(図4) YOLOv8nモデル*6をTF Lite Edge形式にモデルを変換して使用

制動部の仕様 サーボモータの回転運動で人間の手の動きを再現(図5) 最大350N・cmのブレーキが可能

方法 LED点灯 (1) 判定と同時にLED点灯判定開始位置決定(図6) (2) 制動開始位置をLED点灯判定開始位置決定、判定から制動の時間(Δt)測定(図6) (3) 動画をコマ送りして解析道路にマープした目標で初速(V₀)、制動距離を算出 (4) 空走距離の算出 V₀ = 空走距離として、停止距離を算出

図6 初速度・距離測定の様子

考察 自転車の運転時：運動車両の判定と制動を確認 課題：連続検出時間4分と判明：実用的でない稼働時間 判定/制動を同時処理 → メモリ不足に陥る(図8)

図7 初速度・停止距離の測定結果

図8 メモリの空き容量比較

図9 判定部は別系統へ設定 制動部のみ未実へ

トマールくんVer3 判定部と制動部の分離による連続検出時間の検証

目的 判定部の改良：長時間稼働するシステム開発

仮説 判定部をWebアプリ、制動部を端末に分離：メモリ不足改善 → 稼働時間延長へ

判定部と制動部の連携仕様(図9) 判定部：Webアプリ上のMediaPipe*7 制動部：Raspi4Bと接続したサーボモータ

方法 時刻同期でデータ取得：2次回帰分析(図10) (1) 実験時と動機：時刻同期判定開始位置決定 (2) 制動と同時にLED点灯判定開始位置決定 (3) 動画をコマ送りして解析道路にマープした目標で初速(V₀)、制動距離を算出 → 初速、各距離を算出

結果1 2時間連続稼働 確認

結果2 機能分離の結果：空きメモリ解放(表1)

考察1 AI変更の影響

表1 稼働時のメモリの違い

Ver2 0.58GB
Ver3 1.49GB

図11 Ver2と3の停止距離の差

図12 Ver4のAIの認識時間(左)による空走距離の短縮(右)

図13 制動部の数値モデル

トマールくんVer4 制動部へのスプリングブレーキ(SBM)導入による停止距離・制動距離の検証

目的 制動部：評価条件クリアするシステム開発

仮説 数値モデル：制動距離 = $v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$ 、n を制動できる制動装置を開発 → 制動・停止距離短縮

制動部の仕様(図14) 制動部：スプリングブレーキ 作動部：サーボモーター

方法 時刻同期でデータ取得：2次回帰分析(図10) (1) 実験時と動機：時刻同期判定開始位置決定 (2) 制動と同時にLED点灯判定開始位置決定 (3) 動画をコマ送りして解析道路にマープした目標で初速(V₀)、制動距離を算出 → 初速、各距離を算出

結果 停止・制動条件 達成 2次回帰分析実施(図16) 決定係数 R²>0.9

考察 SBMの効果検証 制動初速度 = 17msを確認 弾性力120N向上を確認

図14 システム判定部と補助部(左)とブレーキシステムの仕様

図15 制動部の詳細

図16 Ver4の制動・停止距離の測定結果

図17 Ver4の停止距離減少のシミュレート

まとめ・展覧 群馬県警・前橋東署の意見交換・協議のある研究、継続期待、一時停止標準での制動期待

参考文献 1. 国土交通省「自転車事故統計」(2023年8月15日閲覧) https://www.mof.go.jp/traffic/safety/accident/2023/08/15/20230815_01.html 2. 国土交通省「自転車事故統計」(2023年8月15日閲覧) https://www.mof.go.jp/traffic/safety/accident/2023/08/15/20230815_02.html 3. 国土交通省「自転車事故統計」(2023年8月15日閲覧) https://www.mof.go.jp/traffic/safety/accident/2023/08/15/20230815_03.html 4. 国土交通省「自転車事故統計」(2023年8月15日閲覧) https://www.mof.go.jp/traffic/safety/accident/2023/08/15/20230815_04.html 5. 国土交通省「自転車事故統計」(2023年8月15日閲覧) https://www.mof.go.jp/traffic/safety/accident/2023/08/15/20230815_05.html 6. 国土交通省「自転車事故統計」(2023年8月15日閲覧) https://www.mof.go.jp/traffic/safety/accident/2023/08/15/20230815_06.html 7. MediaPipe https://developers.google.com/mediapipe/ (2023年11月閲覧)