

# 低炭素パーソナルモビリティと 移動情報ネットワークサービス の開発

## PROJECT MEMBER

〈代表者〉 大学院 理工学研究科

特任教授：古川 修

〈構成員〉 システム理工学部 機械制御システム学科  
システム理工学部 生命科学科  
工学部 共通学群

教授：長谷川 浩志、伊東 敏夫

准教授：渡邊 宣夫

教授：山崎 敦子

さいたま市には、東西を結ぶ公共交通機関が不足しており、またトップクラスの自転車保有率を誇りながら、市内は狭い道路が多いという問題がある。これらの問題を解決し、交通渋滞緩和と低炭素社会を実現させるために、パーソナルモビリティの開発が進められており、さいたま市は「次世代自動車・スマートエネルギー特区」に国から認定されている。現在は、高齢化が進んでおり高齢者の移動手段が限られてしまっていることから、高齢者が安心して外に出て移動するための安全なパーソナルモビリティの開発も必要とされている。

①さいたま市の「次世代自動車・スマートエネルギー特区」推進の施策と連携して、2輪車を安心・安全に乗りやすくするべく「2輪車転倒防止システムの開発」を学生グループプロジェクトの開発テーマとした。これにより高齢社会・低炭素社会に適合した新たな交通移動手段を創造し、さいたま市の活性化へと貢献することができる。

②「システム工学特別演習」及び「産学・地域連携PBL」の授業を通じて2輪車や自動車などといった交通インフラ同士の情報ネットワーク化を図る新たなシステムの開発を目指す。これらのシステムを自転車に乗るだけで誰もが知らず知らずのうちに参加できる簡単なシステムとすることで、これまで情報ネットワークに参加できなかったユーザーに新たな繋がりを与えることが可能となる。これにより自転車の新たな価値を産みだし、さいたま市民の回遊性を

向上させ街の賑わい創出に貢献することができる。

## 2015年度 活動の成果

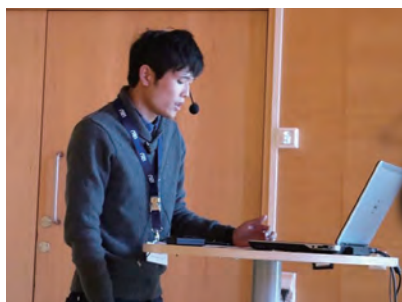
### 教育

①2輪車(電動アシスト自転車)におけるジャイロ効果を制御し用いた転倒防止システムのプロトタイプを学生グループに開発させ、制御システムの設計や装置仕様の決定などを通し機械系知識のみならず電気系知識、プログラムの知識といった幅広い知識を身につけさせる教育指導を行った。これらの知識を踏まえ、学生に実機組立て・調整の製作作業も任せ、失敗と経験を踏まえることにより、実践対応能力の向上が見られた。また、プロトタイプ制作のスケジュール調整・問題点の把握・実験評価といったプロジェクトとしてのプロセスを実践させることで、システム工学を中心としたプロジェクトマネジメント能力を成長させ、社会の即戦力となる教育成果をあげることを試みた。

成果として、プロト1号機の組立て・調整、国際会議での技術・論文発表、プロジェクトマネージメントを通して、大学院修士1年生1名、学部4年生2名の実学教育を行い、コンピテンシーを向上させることができた。

公益社団法人自動車技術会主催の『学生安全技術コンペティション』に前年度優勝したことから、6月にス

ウェーデン国ヨーテボリ市で開催されたESV国際シンポジウムにおいて国際学生安全技術コンペティションに参加し、学生達だけで開発中のシステムを展示説明をさせた。さらに9月に同じヨーテボリ市で開催された予防安全技術に関する国際シンポジウムであるFAST-zero'15に研究論文としてまとめさせ、学生に学術講演・質疑対応を行わせた。この2度の国際会議参加によって、学生達の国際対応能力を向上させることができた。



ESV国際シンポジウムFAST-zero'15における学生の発表風景

②「システム工学特別演習」及び「産学・地域連携PBL」の授業を通じて、学生プロジェクトチームに、さいたま市コミュニティサイクルにおける移動情報ネットワークサービスなどの新たな価値を持つサービスのプロト開発を実践させた。これによりチームで協力し活動する能力や文書・口頭・プレゼンテーションでの報告能力などを身につけることができた。また、これらのプロジェクトをさいたま市職員と連携しながら進めることや、実際に運営する企業・ユーザーに対しヒヤリング等を行うことで幅広い視点での現状把握を行う能力を身に付けることができるようになった。これらの現状に対し、問題の発見、要求分析、機能設計、評価、意思決定までを行うことで学生達の社会人基礎力を大幅に向上させることができた。

## 研究

①自転車やオートバイなどの2輪車は自動車と比べるとエネルギー消費量が小さく、大変有効な移動手段である。その一方で、2輪車には旋回時の遠心力や始動時のふらつき等といった2輪特有の運動特性があり、それに起因する単独事故の多さから、2輪車の敬遠に繋がっている事が否めない。この様な背景の中、2輪車の安全性を向上させるためには、姿勢制御を行い、転倒の防止を行う事が極めて重要であると考え。そこで、2輪車の

走行安定性を目的とするジャイロ効果を用いた2輪車転倒防止システムの開発を行ってきた。2輪車の転倒防止ジャイロ制御システムの基本仕様を走行・停止シミュレーションを実施して確認し、初心者・女性・高齢者でも安全・安心して2輪車に乗れるようになる世界初の後付型転倒防止システムの基本機能を実証するためのプロト1号機の組立てが終わり、あと少しの調整によって実機実験が可能となる段階まで上げることができた。

②現在、さいたま市では都心間の連携強化、交通渋滞の緩和、放置自転車の減少などを目的として、自転車のレンタルを行うコミュニティサイクル事業が導入されている。しかし、コミュニティサイクルの登録者数は11,792名(H27.1月末まで)、また回転率は1回/台・日となっており、他県と比べると回転率が低い状況となっている。回転率が少ないことは通勤通学ユーザーの多いさいたま市コミュニティサイクルにおいては問題視されていないものの、言い換えると多くの利用者が通勤通学目的の利用に偏ってしまっている、ということでもある。こういった現在のさいたま市コミュニティサイクルにおける問題点を的確に把握し、解決するため「システム工学特別演習」及び「産学・地域連携PBL」の授業を通じ、学生プロジェクトチームに新たな価値を有する移動情報ネットワークサービスのシステムコンセプトを構想させ、そのプロトタイプの基本仕様を策定させた。

## 社会貢献

①2輪車の転倒防止ジャイロ制御システムの実用化へ向け、川口市の優良中小企業「栄精機製作所」と連携してプロト1号機の製作を行い、さいたま市・川口市発の新産業創出イノベーションの芽を育てるための第一歩を踏み出すことができた。また、さいたま市パーソナルモビリティ普及研究会に参加し活動状況を報告することでさいたま市の掲げる暮らしやすく活力ある都市として継続的に成長する環境未来都市に必要な新モビリティコンセプトを提言できた。

③高齢者やネット弱者でも簡単に利用できる移動情報ネットワークサービスの構築へ向けたコンセプトの創出を行った。

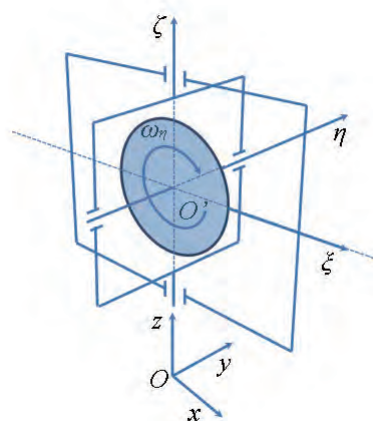
## 低炭素パーソナルモビリティ

### 2輪車転倒防止システムの基本コンセプト

対象とする2輪車は、一般的な電動アシスト自転車とする。また、転倒防止システムを後輪荷台部へ後付可能とすることで装置の使用を容易なものとし2輪車の安全性を効率的に向上させる。転倒防止システムには、自転回転体としてフライホイール（以下、FW）を用い、第二軸によって触れ回すことで2輪車のロール方向にモーメントを発生させる。

装置の $\zeta$ 軸周りに発生するジャイロモーメントを下に示す。また、その時の算出式を示す。ただし $I_{\eta\eta}$ をFWの $\eta$ 軸方向の慣性モーメント、 $I_{\zeta\zeta}$ をFWの $\zeta$ 軸方向の慣性モーメント、 $\omega_{\eta}$ をFWの自転角速度、 $\omega_{\zeta}$ をFWの $\zeta$ 軸方向の角速度、 $\phi$ を2輪車のロール角とする。

$$T = \dot{\theta} \cos \theta (I_{\eta\eta} \omega_{\eta} - I_{\eta\eta} \dot{\phi} \sin \theta + 2I_{\zeta\zeta} \dot{\phi} \sin \theta)$$



2輪車に対するジャイロ効果の影響

### 2輪車転倒防止システムにおける研究概要

プロト1号機の製作を行い、下に示すように組立てが完了した。今後は、システム単体機能の確認、アシスト自転車に搭載した際の転倒防止機能の実証を行うための、制御系設計と装置へのインプリメントが残されている。

制御系の設計プロセスとしては、2輪車シミュレーションソフトウェア「BikeSim」と計測装置を搭載した自転車によって計測した実測データから制御系の最適化を行っている。

転倒防止システムにより転倒防止を実現させる為に、FWの振れまわし角を制御し、最適なロール方向のモーメントを発生させる。本制御方法ではライダーが傾けたいと考えているロール角を目標値として算出し、その値に追従するよう制御を行う。この制御方法を用い装置を動作させることで、スリップ事故防止・悪路走行時の走行安定性向上・停車時の直立可能など様々な効果が挙げられることがシミュレーションで確認された。また、本装置によってハンドル操作によるロール角の応答性が上昇することで小回りの利く運転が可能になり不意に障害物が現れた際にも安全に回避が可能となる。

今後は、さらに人間の操縦特性とのマッチング、本装置付加による不安全事象の確認と対策も合わせたシステムの最適化を行っていく予定である。



2輪車転倒防止装置



## 移動情報ネットワークサービスの開発

### 移動情報ネットワークサービスの基本コンセプト

現在、さいたま市では交通渋滞の緩和、短距離移動の利便性向上、地域活性化などを目的としてコミュニティサイクル事業の導入を行っている。しかし、この事業は地域住民の利用頻度が少なく、さいたま市の導入意図に沿った効果は上げていない。そこで、コミュニティサイクルに移動情報ネットワーク機能を付加して、新たな価値を付加することにより、市民の使用頻度が増加するように促し、街の賑わいを創出する。

### 今年度、移動情報ネットワークサービスにおける研究概要

提案するシステムを導入することで得られる機能は、2つある。

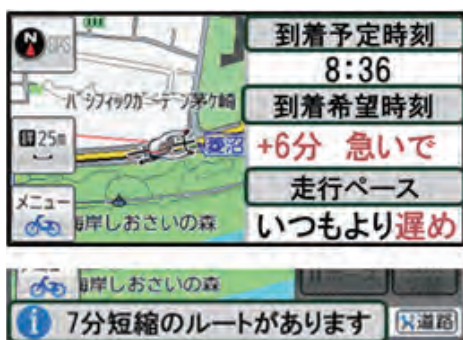
- 通勤・通学を便利にするアプリケーションの開発
  - さいたま市を普段走行する人のデータを収集・提供
- 提案システムでは、通勤・通学用自転車ナビゲーションシステムを制作する。これにより「通勤・通学目的による自転車の利用を便利にすること」が可能となる。ここで、通勤・通学目的の利用は普段からさいたま市内を毎日走行し、さいたま市の道に慣れ親しんだユーザーであるといえる。よって、このシステムを日常的に使用してもらうことが可能となれば、二つ目の目的である「さいたま市を

普段走行する人のデータを収集すること」が可能となる。

提案システムでは、GPSを用い一般的な自転車ナビゲーションシステムへと搭載されている機能の他に通勤・通学用自転車ナビゲーションシステム特有の下記機能を追加する。

- いつもの走行ペースと現在の走行ペースの差
- 希望時間に着くために走行ペースを変化させる必要があるか
- 通常使用しているルートの時間短縮ルート提案

先に述べた2項目は、通勤・通学の「毎日ほぼ同じルートを通る」「毎日同じほぼ走行ペースで走行する」「毎日ほぼ同じ時間に利用する」という特徴を利用した機能である。また、最後に述べた項目は、さいたま市を普段走行する人のデータを収集するという提案システムの特徴を利用した機能である。



利用画面イメージ



時間短縮ルート提案機能