

# 小型モビリティの未来を切り拓く「リーン制御」技術の開発

## 1. はじめに

免許返納後の高齢者や交通手段が限られた地域の新たな移動手段として、1人乗りの小型モビリティが注目されている。これまでになかったモビリティを創造していく段階にあるため、その形や乗車姿勢は多種多様であるが、「小型モビリティの姿勢安定性向上」に対してさまざまな技術開発が行われている。

アイシンが東京大学生産技術研究所須田研究室(当時)と共同開発した、小型モビリティ制御のキーとなる「リーンステア制御」は、その中でもひととき注目を集める技術である。2024年6月には小型モビリティを手掛けるglafit株式会社と共同で本技術を搭載したプロトタイプ車両(WAKUMOBI)を開発し、実証実験を開始した。さらに、2025年8月にはリーンステア制御を応用した新技術である「リーンアシスト制御」を開発し、シェアリングサービスを提供する株式会社Luupと共同で本技術を搭載したプロトタイプ車両(Unimo)を開発し、2026年度中を目途に実証実験を開始する予定である。本稿では、この2つの「リーン制御」技術の開発ストーリーを紹介する。



図1 リーンステア制御を搭載したWAKUMOBI (glafit社共同開発)



図2 リーンアシスト制御を搭載したUnimo (Luup社共同開発)

## 2. リーン制御とは

小型モビリティは全幅が狭く、車幅方向にタイヤを二輪設けても転倒しやすいという課題があり、これを解決する技術が求められる。仮に車幅が1/2となった場合、同じ段差高を片輪のみ乗り越えた際の車体の傾きは2倍となり、車両の安定性は1/4に低下する。「リーン制御」とは、路面の傾き、車速、ハンドル角等の情報に基づき、車体の傾斜角をアクチュエータによって制御することで、二輪車並の幅の狭い車両においても高い姿勢安定性を実現できる技術である。

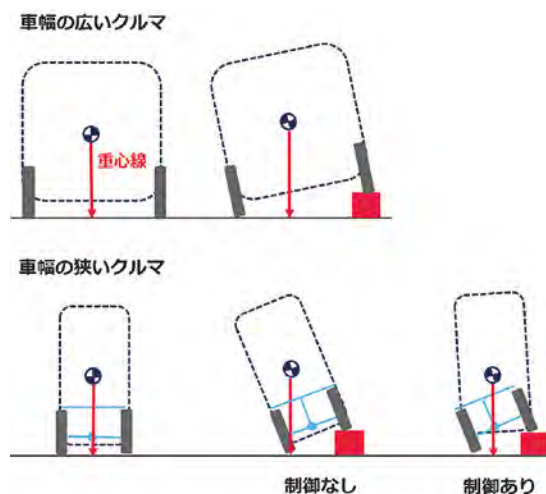


図3 リーン制御の効果

### 3. 小型モビリティへの挑戦の歴史

「小型モビリティ」が話題となっているのはここ数年の出来事であるが、アイシンが小型モビリティ制御のキーとなる技術を完成するまでには、20年以上の研究の歴史がある。本技術の基となった1人乗りの小型車が初めて形となったのは2004年。アイシンの技術開発に長年携わり、このプロジェクトでも数々の場面でサポートを行った堀口は当時をこう振り返る。「もともとはアイシンの研究所である『株式会社エクォス・リサーチ』で、1985年に生まれた『馬のようなクルマをつくりたい』という構想から企画が始まりました。このプロジェクトでは様々な研究開発が行われたのですが、電気自動車やインホイールモーターといった技術も含まれていました。そのとき得た知見や技術を使って未来に1人乗りの乗り物があつたらどうなるか？と考案作ったのが1人乗りの小型車『Uni car(ユニカー)』でした。」(堀口)

この小型車は二輪の上にシートを載せた一見すると非常にシンプルなモビリティで、センサを用いた制御技術によりシートを前後に移動させ、乗員をバランサとして機能させることで、転倒を防いでいた。



図4 開発の変遷

#### 3.1 一度お蔵入り寸前までいった技術を、別のメンバーが再研究

その後、1人乗り小型車の商用化を目指して前輪を追加し、トライク(三輪の乗り物)のような形状にした『e-Trike(イートライク)』へと発展させたが、最終的に商用モデルとして販売されるには至らず、小型モビリティのプロジェクトはお蔵入りになるかと思われた。しかし「この技術は面白い」と感じ、さらなる研究を続けたのが水野であった。

「この小型モビリティの転倒抑制技術に興味があり、開発が中断されるのはもったいないと思い、2014年頃に開発車両を譲り受けて研究を進めました。ジョイスティック※で後輪の傾きだけを制御する開発車両へと進化させたのですが、これが想定よりもスムーズに動いて可能性を感じました。」(水野)

※レバーを傾けることで方向操作を行うもの

アイシンには、頭の中や机上の検討にとどまらず、実際に試作を行いながら案や方策を検討する「手で考える」という信条がある。水野の行動は正に「手で考える」を体現していたと言える。他業務と並行した研究ではあつたも

の、興味のあるものづくりの研究開発に取り組みやすい環境こそが、時代をリードする新技術を生み出してきたアイシンの強みである。

しかし、そんな水野のチャレンジも順風満帆とはいかなかった。可能性を感じた開発車両の商用化を見据えた試験段階で、途端に上手く走行できなくなってしまったのである。「狭いスペースでも駐車できるよう車体の幅を狭めたらロール振動(横揺れ)が止まらなくなってしまったのです。これにはとても悩まされました。」(水野)

そこで、共同研究先の東京大学生産技術研究所教授の須田義大先生(当時:現東京大学名誉教授、東京工科大学教授)の助言を得ながら前輪の二輪化をはじめとする車両構成の見直しを行った。これらの改善によりロール振動の問題は解消され、安定した旋回走行が可能となった。その結果、開発パートナーからも評価を得て、他社メーカーとの共同開発へと発展した。

#### 3.2 新たに加わった制御開発担当は、理想を実現するため東大の博士課程へ

途中、他社メーカーとの共同開発などもあったが、アイシンの考える小型モビリティを実現するため、原点に立ち返って幅の狭いモビリティを独自に研究開発する方針となった。この段階で、安定して走行可能な小型モビリティの実現に向けてキーマンとなったのが、新たにプロジェクトリーダーとなった荒木である。

「2015年からこのプロジェクトに参加したのですが、先に水野が説明したようにロール振動に悩まされてきました。そこで以前からアイシンとして共同研究を進めてきた東京大学生産技術研究所教授の須田義大先生に相談しました。」(荒木)



図5 東京大学生産技術研究所教授 須田義大先生(写真右,現東京大学名誉教授,東京工科大学教授)

ここから明らかになったのは、全幅やホイールベースをはじめとする各種設計数値によって、横方向の傾きであるロール方向の揺れ(横揺れ)とステアリングの揺れが共振する条件が存在し、これがロール振動に影響を及ぼしているという点であった。荒木はロール(横揺れ)とステア(旋回)の共振が生じない設計数値の設定や前

輪機構の見直しを行うことで、ロール振動を回避することを可能とした。その後、荒木は東京大学の博士課程において車両運動制御の研究に専門的に取り組み、リーンステア制御を完成させ、博士号を取得した。

「車両運動制御を究める為、アイシンで会社員を続けながら東京大学の博士課程に進みました。そこで見えてきたのは、幅が狭くて背の高いクルマをどんな車速でも安定して走行させるためには、リーン(車体の傾き)とステア(旋回)の統合制御が必要であることでした。」(荒木)

### 3.3 「手で考える」を実践し、リーンステア制御技術の最後のピースがはまる

ただし、リーンとステアを統合制御するためには、一般的にはステアリング機構に何かしらの電子制御を付加する必要があり、その結果として製品コストへの影響が大きくなることから、小型モビリティとしての需要が低下してしまう懸念があった。そこで荒木は、アイシンの「手で考える」という考え方を実践し、本課題を解決した。

「リーンステア制御の一部を簡単に説明すると、幅の狭い車両を安定して走行させるためには、リーン(車体の傾き)に対してステアリングが少し逆方向に操作されるのが正解なのです。乗員の操作に対してステアリングを逆方向に操作するには、コンピューターなどの制御が必要と思いますが、機械的な仕掛けで適切に操作することができるのでは?と思いすぐに試してみました。これが思った以上にうまくいきました。」(荒木)

### 3.4 リーンステア制御を応用した新技術、リーンアシスト制御

こうして完成したリーンステア制御であるが、シェアリングサービスでの利用においては、まだ課題が残されていた。

リーンステア制御は、通常の4輪車両と同様に、行きたい方向にハンドルを操作することで旋回できるという利点がある。一方で、車体が旋回方向に傾斜するため、4輪車と2輪車の両方の特性を併せ持つ乗り物となり、運転に際して一定の慣れが必要となる。シェアリングサービスでは、アプリ等で予約した車両に初めて乗車し単独で目的地まで移動することが想定されるため、従来から存在するシェアリング車両(電動キックボードや電動アシスト自転車)と同様の運転感覚で乗れる運転特性にする必要があった。

そこで、2輪車と同様の運転特性を実現できるよう制御を変更し、新たにリーンアシスト制御として完成させた。本制御技術により、シェアリングサービスを提供している株式会社Luupとの共同開発につながり、Unimoを誕生させることができた。今後、2026年度中を目途に、

複数地域にまたがる実証実験を実施予定である。

## 4. おわりに

実現の可能性が見えてきた「幅が狭くても安定して走行できる小型モビリティ」、その背景には社会的な変化も味方している。特定小型原動機付自転車という新たな車両区分が法改正により設けられ、2023年から施行されている。この新制度は車両サイズが190cm×60cm以内で電気駆動、かつ時速20km以下の車両であれば免許不要で運転することが可能となっている。今後、高齢者の免許返納問題などから、地方を中心に小型モビリティが必要となる社会文化が根付くと捉えている。車幅が60cm以内という条件は我々が長年研究してきた技術と正に整合しており、続けてきた研究が社会に出るチャンスを迎えたと感じている。高齢者でも安心して乗車することができる本技術が、多くの人の移動の自由や喜びに貢献できると考えている。特定小型原動機付自転車には本技術が必須だと感じてもらえるよう、今後さらにこの新しい価値の社会実装の推進に取り組んでいきたい。

最後に、東京大学生産技術研究所須田研究室(当時)、株式会社エクス・リサーチ(当時)、glafit株式会社、株式会社Luupをはじめ多くの方々のご協力によりリーン制御技術の実現に至りました。多大なご尽力を賜りましたすべての関係者の皆様に深く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) Araki,K.,Gwak,J.,Sugimachi,T.,Kubo,N.,& Suda,Y.Control method to improve posture stability of narrow tilting vehicles,International Journal of Intelligent Transportation Systems Research,Vol.20,pp.204-211,(2022)
- 2) Gwak,J.,Cho,J.,Araki,K.,Sugimachi,T.,Kubo,N.,& Suda,Y. Effects of Tilting Mechanism of Narrow Vehicle on Psychophysiological States of Driver, International Journal of Automotive Engineering,Vol.11,Issue 3,pp.123-128,(2020)
- 3) Tan,J.T.C.,Arakawa,H.,Suda,Y.,Araki,K.,Mizuno,A.,& Horiguchi,M.A Study on Steering Stability of a Passive Front Wheel on Tilting Narrow Track Vehicle,SEISAN KENKYU,Vol.71,Issue 2,Pages 63-67,(2019)



**堀口 宗久**  
IMRA EUROPE S.A.S.  
社長



**松井 徳仁**  
第1先行開発部 企画統括室  
リーン制御開発に従事



**神谷 斉**  
第1先行開発部 企画統括室  
リーン制御開発に従事



**水野 晃**  
第1先行開発部 企画統括室  
リーン制御開発に従事



**荒木 敬造**  
第1先行開発部 企画統括室  
リーン制御開発プロジェクトリーダー  
博士(工学)