

事業の実施状況

1 実施経過

(1) 事務手続き関係

- 平成27年 3月23日 内定通知書受理(4/1付)
5月18日 交付申請書提出
5月22日 補助事業の補助金交付決定通知受理(5/20付)
5月25日 誓約書、補助金前金払申請書、振込依頼届、
所在地交通略図提出
6月 4日 補助金受理(3,000,000円)

(2) 事業関係

- 平成26年 4月15日 二自由度ステアリング機構をもつ二輪車の
~9月中旬 モデリングとシミュレーション、機構設計
8月20日 制御システム(iBIS)の納入予定

2 実施内容

高齢化社会に向けて、自立生活を支えるための移動支援機器の開発が強く望まれている。特に、小型で取り扱いが容易な機器の開発に多大な関心が寄せられている。現状でもパーソナルモビリティとして様々な移動支援機器が開発されているが、安全機能に関しては未だ十分であるとは言い難く、また小型でかつ低速から中速における安全走行を可能としつつ、操作性の高いものは少ない。そのため、シニアカーや電動自転車での操作ミスが原因での転倒やそれに伴う負傷事例が多く見られる。自立生活のための移動支援機器において、操作ミスや機器の不安定化による事故は本来絶対に防がなければならない事項であり、転倒防止は移動支援機器には必須の機能と考えている。この機能は、虚弱高齢者(特に大きな障害ではなく、体力の低下等で移動が困難となっている高齢者)に対する支援に多大に貢献でき、健康寿命の引き上げにもつながる産業・社会的なインパクトも期待できるものである。

比較的操作が容易なシニアカーの利用者は年々増加の傾向にあり、特に四輪型の機構が多く採用されている。四輪型は安定性の観点からは非常に優れているが、小型化を行うためには限界があるうえ、不注意に速度を出し過ぎてしまう等の原因で、接触事故における対人負傷や段差乗り越え時の転倒等による事故が多発している。一方で、従来から利用されている自転車等の二輪車は若年時からの利用経験から慣れ親しんだ乗り物として注意深い操作が行い易いが、本来不安定な機構を有していることから、低速時の安定性が問題となってしまう。しかしながら、四輪機構に比べて二輪機構の移動機器では小型軽量化が行い易いばかりでなく、路面状態が悪い状況においては安定化し易いケースが多々見られる。こうした点に着目し、開発する電動二輪車では小型軽量化を基本とした機構設計としつつ、

転倒防止制御が実現し易い前後輪ステアリング機構を有する二輪車を検討する。前後輪ステアリング機構では、ゼロ速度を含めた低速度走行での安定化が行い易いという利点を有するが、利用者の意志を反映した操作（操作性）を実現するためには、走行速度に準じた適切なステアリング制御を組み込む必要がある。そこで、本研究課題では前後輪ステアリング機構を有する電動二輪車（電動バイク）の操作性向上制御アルゴリズムを開発する。

9月までに得られた研究成果では、次の2つの事項に関して確認およびアルゴリズムの開発を行った。

前後輪ステアリング機構のシミュレーションと設計

前後輪ステアリング機構の構築

前後輪ステアリング機構のシミュレーションと設計

今回の研究課題では、二輪機構の移動機器について、前後輪ステアリング機構を有するシステムの開発とその有用性検証を目的としている。

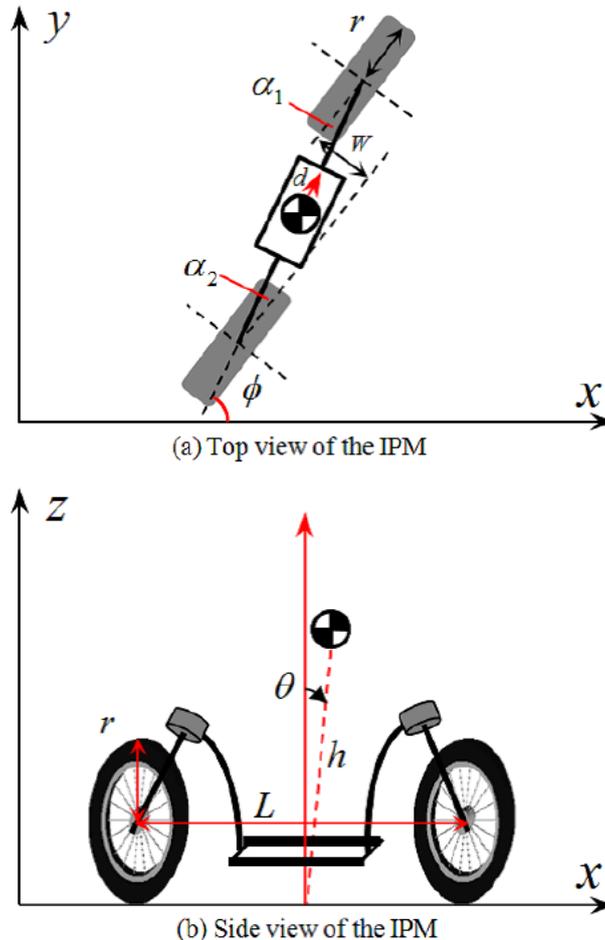


図 1：前後輪ステアリング機構のシミュレーションモデル

図 1 に前後輪ステアリング機構のシミュレーションモデルを示す。提案するシステムでは、図 2 に示す 3 つの動作モード (SPM: Single Phase Mode, APM: Anti Phase Mode, IPM: In Phase mode) を前提とした制御アルゴリズムを検討している。

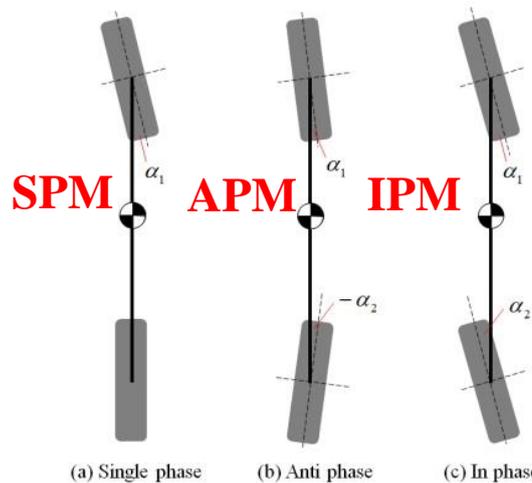


図 2 : 前後輪ステアリング動作の 3 つのモード

上記のモードに対して、SPMとAPMは速度制御時に利用するモードとし、IPMについては、ゼロ速度における姿勢安定化のためのモードとして利用する。各モードにおける制御系の構成を図 3 および 4 に示す。図 3 において、 θ および α は二輪車の倒れ込み角度およびステアリング角を表す。また、図 4 において SCOB (Synthesized Camber Angle Disturbance observer) は駆動車輪の外乱と倒れ込み角方向の外乱を統合して推定する外乱オブザーバを意味する。SCOBの推定値をフィードバックすることで、キャンバ角方向 (倒れ込み方向) の外乱に対しても強い制御系となる。

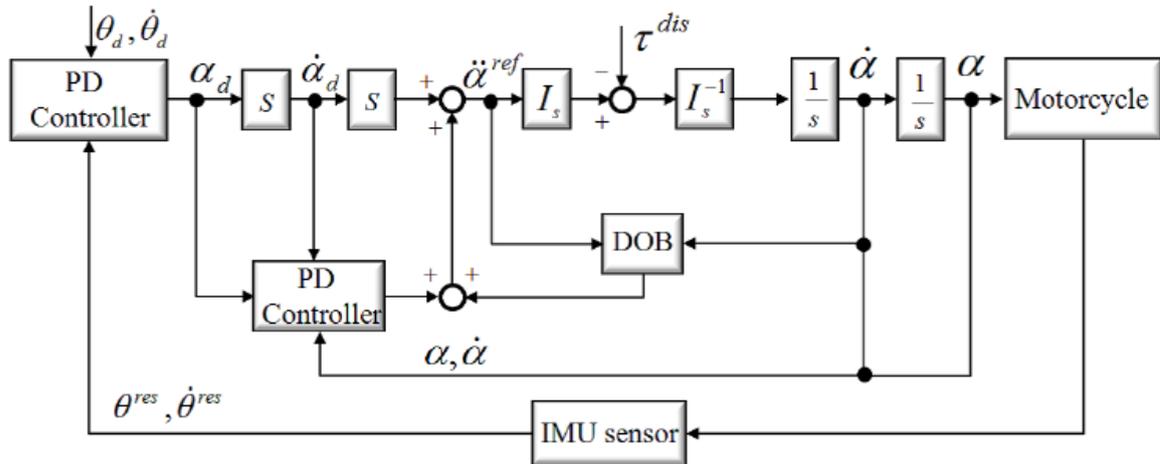


図 3 : 速度制御時のSPMおよびAPMにおける姿勢安定化制御系

図 1 のモデルと図 3, 4 の制御系に基づいたアルゴリズム検証では、二輪車の駆動速度がある程度大きい場合にはSPMに基づいた姿勢安定化制御が最も効果的であり、また低速

度およびゼロ速度状態での姿勢安定化制御ではIPMが最も有効に働くことが確認できた。結論から言うと、APMに基づいた制御系は実用的な応答としてはSPMとIPMより劣るものとなるが、性能評価の観点から年度後半期においてもAPMも含めた検証を行うことを予定している。同点は、研究課題の進捗状況に応じて調整する予定である。

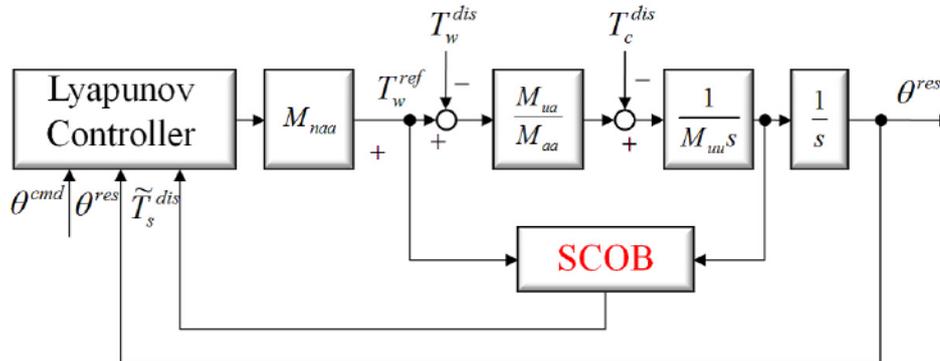


図 4：低速度（ゼロ速度）時のSCOBに基づいたIPMの姿勢安定化制御系

前後輪ステアリング機構の構築

今回の研究課題では、前後輪ステアリング機構を有する二輪車の安定性向上を検証するためのテスト機構を図5に示すように構築した。この機構に基づいて基本的な動作確認を行った上で、さらに規模を大きくした二輪車の設計製作を行う予定としている。

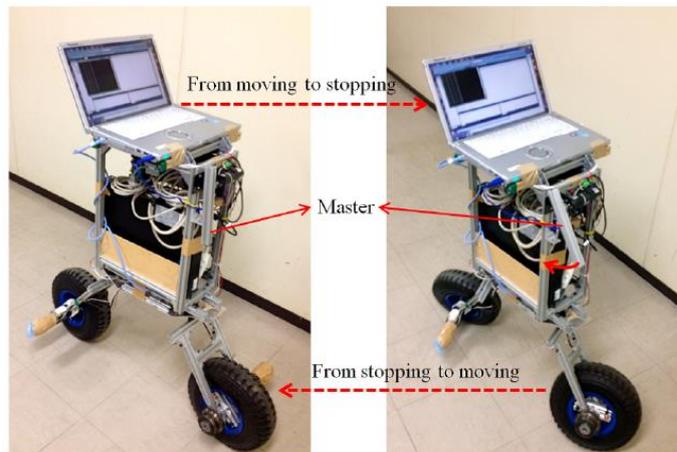


図 5：前後輪ステアリング機構を有する二輪車

図5の左写真に示されるように、試作機においては二輪車の移動速度をMasterバーにより調整できる構造となっている。また、0.2km/hを閾値として速度が閾値より大きい場合にはSPMに基づいた制御系、閾値より小さい場合にはIPMに基づいた制御系を適用する。実験的検証では、閾値による制御系のスイッチングには大きな問題は無く、直進走行状態から静止状態、また静止状態から直進走行状態へのスムーズな移行が可能であることを確認している。

学会等への発表

- (a) Chuan Yang, Seonghye Kim and Toshiyuki Murakami, "A Self-Balancing Performance Comparison of Three Modes of Handleless Electric Motorcycles", 2015 IEEE International Symposium on Industrial ElectronicsINDIN, Cambridge, UK, pp352-357, 2015 (Student Travel Scholarships for INDIN 2015 受賞) (研究課題利用技術)
- (b) T. Abumi and Toshiyuki Murakami, " Posture Stabilization Control of Two-Wheel Drive Electric Motorcycle with Assistant Pendulum for Rider MotionTraveling Control of Two-wheel Wheelchair Using Variable Command", Proceedings of The Fifth Asia International Symposium on Mechatronics (AISM2015), pp204-209, 2015 (研究課題関連技術)
- (c) T. Oiki and Toshiyuki Murakami, " Inspection of Interference in a Decentralized Control of Redundant Master-Slave System", Proceedings of The Fifth Asia International Symposium on Mechatronics (AISM2015), pp199-203, 2015 (研究課題関連技術)

3 事業の実施状況表

事業予定	上 半 期						下 半 期					
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
前後輪ステアリング機構を有する電動二輪車の知的操作支援制御による安全機能デザインに関する研究												
前後輪ステアリング機構のシミュレーションと設計	←-----→											
前後輪ステアリング機構の構築			←-----→									
(1) 実験的検証					←-----→		←-----→					
(2) マスタ・スレーブ型ステアリング制御の開発					←-----→		←-----→					
(予定)							←-----→					
(実績)							←-----→					

4 契約一覧表

別添のとおり