

## ロボット技術を応用した生活支援モビリティ開発と技術実証試験

### Development and Demonstration Experiments of Personal Mobility Robots

○ 松本 治 (産総研) 横塚将志 (産総研) 橋本尚久 (産総研)

Osamu Matsumoto, Masashi Yokozuka, Naohisa Hashimoto, AIST

**Abstract:** In this paper, personal mobility robot technologies in AIST (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology) for mobile assistance are introduced. Concretely, robotic wheelchairs with autonomous travel and obstacle avoidance capabilities as wheelchair type mobility robot, and AIST micro mobility with compact and light-weight mechanism as standing type mobility robot, are presented. Moreover, the demonstration experiments in Mobility Robot Special Zone of Tsukuba-city, started since June, 2011, for mobility robot travelling on public road (sidewalk, pavement) are reported.

**Key Words:** Personal Vehicle, Personal Mobility, Wheelchair, Autonomous Travel, Obstacle Avoidance

#### 1. はじめに

電動車いすは高齢者や障がい者にとって現在使用可能な電動パーソナルモビリティであり、歩行能力の有力な代替手段である。しかし、歩行者や自転車との接触、段差や凹凸路面での転倒、下り段差における転落、歩道の左右傾斜による車道への飛び出しなど、深刻な事故につながることもある。さらに、地方の過疎地帯において、自動車の運転などができず移動手段を持たない、いわゆる買い物難民が現在我が国で約600万人いると言われており、高齢者等でも安心して使える個人移動手段の確保が急務となっている。

一方、セグウェイに代表される倒立振子制御を応用した平行2輪型で前後方向のバランスをモータ制御で確保する形態の立ち乗り型パーソナルモビリティが注目されている。立ち乗り型ということで、足腰に問題のない方々が対象にはなるものの、フットプリントが小さく人間共存環境において邪魔にならないコンパクト性、ストップ&ゴーがシームレスに行える利便性などを特徴とするため、屋内外をシームレスに移動可能な新しいタイプのパーソナルモビリティとしての期待が高い。トヨタ自動車(株)が2007年から開発中のWingletもその形態の乗り物である。

このような社会動向を踏まえ、産総研では市街地における高齢者等の新しい近距離移動手段の提供や、さらには現状の電動車いすの安全性、利便性等の向上への貢献を目指して、これまで培ってきたロボット技術を活用した電動パーソナルモビリティの関連技術を構築している。本稿では、研究開発中の車いす型・立ち乗り型パーソナルモビリティやそれらに搭載されている技術、さらには2011年6月から始まった「つくばモビリティロボット実験特区」における技術実証試験について紹介する。

#### 2. 車いす型生活支援モビリティ

電動車いすの利便性、安全性向上による自立支援、さらには介護者の手を煩わせることなく移動できる手段の提供による介護スタッフの負担軽減などへの貢献を目指して、パーソナルモビリティの自律走行技術、障害物回避技術などの研究開発を実施している。2005年の愛・地球博(愛知万博)でのサービスロボットの技術実証試験を目的とした「NEDO次世代ロボット実用化プロジェクト(FY2004-2005)」への、アイシン精機(株)、富士通(株)との共同参画から研究開発を開始し、Fig.1(i)に示す自律走行車いす Marcus2011は、その際に開発したインテリジェント車いす「TAO Aicle」<sup>1)</sup>をベースに改造したものである。

仕様をTable 1に示す。Marcusは、GPSやマーカ一等のインフラに依存しない自律走行機能を実現するために、外界センサとして3次元環境地図作成やマップマッチングを行う3次元LRFユニット(2次元LRFをモータ駆動により上下に振るセンサユニット)をロボットの後方上部に、障害物を検知する2次元LRFをロボット前方と後方に搭載した車いす型生活支援モビリティである<sup>2)</sup>。自律走行を実現するためには自己位置・方位を正確に知る必要があるが、自己位置・方位推定には3次元LRFユニットのみを利用している。本ユニットにより格子占有地図(グリッドマップ)を3次元に拡張した多層格子占有地図を事前に自動構築・保有し、実際に走行する際にはこの地図とユニットから得られるセンサ情報を照合することで、高精度の位置推定(位置精度20cm以下)を実現している。本3次元LRFユニットは周囲約40mの物体を検知可能であることや、生成地図を3次元に拡張しているため、周囲にいる人の影響を受けない場所の地図を作成する事ができ、人や自転車等が混在する市街地環境において高信頼な自己位置推定を実現している。Fig.2は本ユニットにより構築した屋外広域3次元環境地図であるが、このように自律走行のための利用のみならず、3次元環境情報の自動構築・更新も可能であり、都市環境モデル構築のための手段としての活用も期待される。



(i) Motorized Wheelchair with Autonomous Travel Capability 'Marcus2011'



(ii) AIST Micro Mobility

Fig.1 Personal Mobility Robots developed by AIST

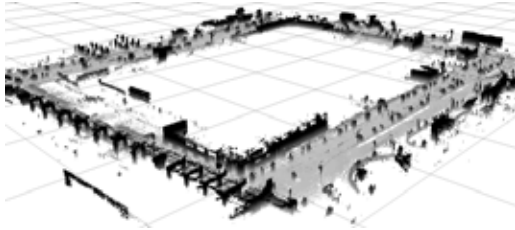


Fig.2 3D Environmental Map Generated by 'Marcus2011' around Kenkyu-Gakuen Station of Tsukuba Express (300m × 300m)

Table 1 Specification of 'Marcus2011'

Size (W×L×H)	650[mm]×1050[mm]×1500[mm]
Weight	50[kg]
Actuators	DC Servo Motor 90[W]×2
Sensors	Rotary Encoder ×2 Laser Range Sensor for Position Estimation (SICK, LMS-151) Laser Range Sensor for Obstacle Avoidance (HOKUYO, UTM-30LX) ×2
Computers	PC (mini-ITX) for Sensor Information Processing Micro Computer (SH2) for Driving Right and Left Wheel
Batteries	lithium-ion battery (24[V], 6[Ah]) ×2
Operating Time	2[h]

### 3. 立ち乗り型生活支援モビリティ

産総研では、2004年に開発したハンドルがなく搭乗者の重心移動のみで操縦する乗車型移動プラットフォーム「PMP-2」<sup>3)</sup>以降、継続的に立ち乗り型軽量パーソナルモビリティ（マイクロモビリティ）<sup>4)</sup>を開発している。Fig.1(ii)にサスペンション付きマイクロモビリティを示す。本モビリティの特徴は、1) 車輪を含む駆動ユニットをエアサスペンションで本体と連結したこと、2) レーザレンジセンサによる障害物検知・停止等が可能なことの2点である。1) の効果により乗り心地の向上、段差踏破性能の向上（4cmまでの段差を踏破可能）が図られ、2) の効果により安全性能の向上が図られている。

Table 2 Specification of AIST Micro Mobility

Size (W×L×H)	620[mm]×310[mm]×1220[mm]
Weight	13.7[kg]
Actuators	DC Servo Motor 150[W]×2
Sensors	Rotary Encoder ×2, Rate Gyroscope ×3, Accelerometer Laser Range Sensor for Obstacle Detection (HOKUYO, UBG-04LX-F01)
Computers	Micro Computer (SH2)
Batteries	lithium-polymer battery (24[V], 4[Ah]) ×2
Operating Time	2[h]

なお、これまでの研究開発において、無人倒立機能やレーザーレンジセンサによる人への自動追従機能などの機能を付加したが、現在は当該モビリティの安全技術の開発や、さ

らには平行2輪倒立振子タイプのモビリティの安全性検証手法の開発についても、参画中のNEDO「生活支援ロボット実用化プロジェクト（FY2009-2013）」と連動して実施している。また、当該モビリティに搭乗することによる脚部疲労への影響に関して、筋硬度の面から歩行や類似のモビリティとの比較検証も実施している。

### 4. つくばモビリティロボット実験特区における技術実証試験

これまでに取り上げたようなロボット技術を搭載したパーソナルモビリティの公道（歩道）上での実証実験を対象とした「つくばモビリティロボット実験特区」<sup>5)6)</sup>が、茨城県つくば市において2011年6月から始まっている。本特区のエリアは、つくばエクスプレスつくば駅の南北5kmに渡るエリア（つくばセンターエリア）、および研究学園駅を中心とする半径約2kmのエリア（つくば研究学園エリア）であり、エリア内の幅員3m以上の自転車も走行可能な歩道上が対象となる。特区での公道走行実験を行うためには、まずロボットの保安基準の緩和申請（関東運輸局による認可）を行い、承認された後に、ロボット用ナンバープレート（課税標識）の発行申請（つくば市財務部による発行）を行う。自賠責保険への加入は必須であり、つくば市により道路使用許可申請（つくば中央警察署による許可）を行うことにより、特区での公道走行実証実験を行うことが可能となる。上述の産総研で開発中の各種モビリティロボットもナンバープレートを取得し、特区において技術実証試験活動を行っている。また、つくば市が主体となってセグウェイの巡回パトロール利用、通勤実験、観光ツアーなどの運用に関する実証試験も実施している。

### 5. おわりに

近い将来には、当該パーソナルモビリティを活用した一般市民参加型の社会運用実験を実施し、モビリティロボットを活用した高齢者等に優しい街づくりに関して、世界の先駆けとなる成果を上げることを目標としている。

### 参考文献

- (1) O.Matsumoto, K. Komoriya, K.Toda, S. Goto, T.Hatase and H. Nishimura, Autonomous Traveling Control of the "TAO Aicle" Intelligent Wheelchair, Proc. of 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2006), pp.4322-4327, 2006.
- (2) 横塚 将志, 鈴木 雄介, 橋本 尚久, 山下 明宏, 松本 治, 実環境における自律移動車いすの実証実験, 計測自動制御学会第12回システムインテグレーション部門講演会(SI2011)講演論文集, pp.1135-1136, 2011.
- (3) 佐々木, 柳原, 松本, 小森谷, 重心移動のみで操縦可能な小型・軽量パーソナルビークル, 日本ロボット学会誌, vol.24, No.4, pp.533-542, 2006.
- (4) 松本他, 平行2輪倒立振子型マイクロモビリティ群の特徴と仕様, 第27回日本ロボット学会学術講演会予稿集, AC3Q1-06, 2009.
- (5) ロボット特区実証実験推進協議会HP  
<http://www.rt-tsukuba.jp/council/>
- (6) 松本治, 大久保剛史, つくばモビリティロボット実験特区を活用した公道走行実証実験, 計測自動制御学会第12回システムインテグレーション部門講演会(SI2011)講演論文集, pp.744-745, 2011.