

スマート化技術が拓く 未来のパーソナルモビリティ

河合克哉* 松原 勉†
伊川雅彦** 小中裕喜**
緑川哲史***

Future Personal Mobility Led by Smart Technologies

Katsuya Kawai, Masahiko Ikawa, Tetsuhito Midorikawa, Tsutomu Matsubara, Hiroki Konaka

要 旨

未来の都市空間では、高速通信、高精度測位、環境センシング、ビッグデータ処理などの技術革新によって、完全自動制御による移動が実現され、人々の暮らしは大きく変化する。その中で新たな都市構造が生み出され、人々の移動手段もそれぞれの都市の特徴に特化した形で提供される。

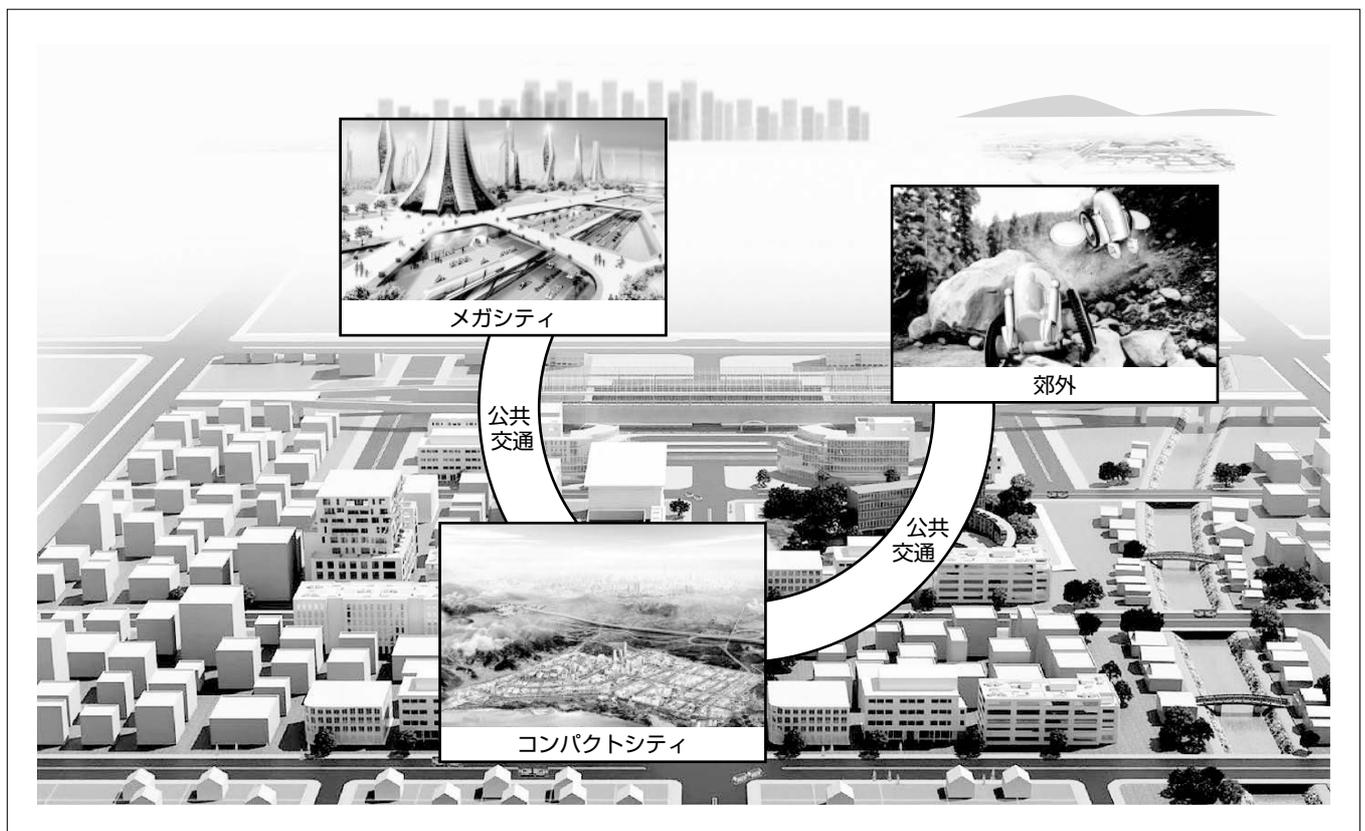
先進国で形成される、都市機能を中心エリアに集約したコンパクトシティでは、自動配車されるパーソナルモビリティ (PM) が近～中距離の移動を担う。ここでは、需要に応じた配車最適化技術、混在する様々な移動手段に対する道路領域最適化技術、移動手段をシームレスに切り換える車体モジュール化・変形技術の進展が課題となる。

一方で、新興国で形成される、都心部へ極端に人口が集

中したメガシティでは、都市の上空や地下空間などを活用して歩行者やそれぞれの移動手段が完全に分離される。ここでは、移動手段全体の移動を最適化するための交通需要管理技術、移動手段ごとの交通流最適化技術の進展が課題となる。

道路インフラや都市機能が整備されない地域でも、状況に応じた適切な移動手段が提供される。ここでは、様々な移動能力を実現するための車体軽量化・小型化技術や姿勢制御技術、自らの移動能力と環境要因から経路を決定する環境センシング技術、事故や急病を検知して自動通報するための人間センシング技術の進展が課題となる。

これらの課題を解決し、全ての人が平等に行きたいところへ行ける社会が実現されるよう、研究開発を進めていく。



都市構造の特性に応じた移動手段の提供

未来の都市空間では、その都市構造の特性に応じた移動手段が提供される。コンパクトシティでは、都市機能が中心エリアに集約され、その中でPMや公共交通が混在する。メガシティでは、都市空間が階層化され、移動手段の種別ごとに完全に分離される。道路インフラの整備されない郊外では、災害時などの状況に応じた適切な移動能力を持つPMが提供される。これらの都市の間は公共交通で結ばれる。

1. ま え が き

将来の都市空間で個人や個別配送されるモノの安全、快適かつ効率的な移動を可能とする乗り物(PM)と、それを取りまくシステムの概要及び技術的課題を述べる。

2章では未来社会で想定される都市パターンの分類について述べる。3章、4章、5章では、それらの都市パターンごとに、個人に対して提供される移動手段と、その課題を解決するスマート化技術について述べる。

2. 想定する未来社会

2.1 背 景

国土交通省が発表した“国土のグランドデザイン2050”⁽¹⁾によると、2050年には我が国の総人口は約9,700万人まで減少し、その高齢化率は4割を超えると推計されている。また、アジア新興国の成長によって国際的な都市間競争が激化するなど、グローバリゼーションが地方都市にまで進展すると見られている。その影で巨大災害への不安、インフラの老朽化、資源枯渇や大気汚染といった地球環境問題など課題は山積していると思われる。

一方で、情報通信技術の劇的な進歩によって、多様な情報を統合した知識空間が構築され、現実の空間と高度に結びつけられる。この知識空間では、全ての人とモノが、様々なデバイスで高速なネットワークに常時接続され、リアルタイムでの高精度測位と、周囲状況の正確なセンシング、それに関連するビッグデータが瞬時に処理される。これによって、多くのサービスがバーチャルで提供され、人々を距離の制約から解放する。また、人もモノも完全自動制御でどこにでも移動できることを当たり前のように享受できる時代になっているであろう。

2.2 都市構造の変化

このような革新的な知識空間と移動手段を手に入れることによって、人々の暮らしは大きく変化し、新たな都市構造が生み出される。

日本などの先進国では、特に地方都市の人口減少が進み、そのままでは運営継続が難しくなった行政や医療福祉、商業などの、生活に必要な各種のサービスを維持して効率的に提供するため、都市機能や商業拠点が都市の中心エリアに集約されていき、周辺エリアと交通ネットワークで結ばれるコンパクトシティが登場する⁽²⁾。さらに、規模の小さい都市や集落でも、遠隔医療や配送サービスの充実によって、最低限の生活や医療・福祉を維持可能な小さな拠点(村役場、道の駅など)で生活基盤を維持できるようになる。これらの都市間が物理的、仮想的にネットワーク化された新しい地域構造がかたち作られることで、過疎によるコミュニティ消滅の危機に直面している中山間部への地方回帰を促し、大都市圏への極端な人口集中も緩和されると考える。

知識空間と移動手段の革新は更に多様な暮らし方を可能とする。限界集落や山間部など、道路インフラや都市機能が整備されない地域でも、通信インフラとPMの高度化によって、状況に応じた適切な移動手段が人々に提供される。

その一方で、発展する新興国では、人口増加によって人・モノが都心部へ集中する。我が国の大都市圏に並ぶメガシティが次々と誕生するであろう。

このように、未来における都市は幾つかのパターンに分類される。その中で、人々の移動もそれぞれの都市パターンに特化した課題を解決する形で提供される。表1における“○”は、それぞれの都市パターンにおける課題、それぞれの課題を解決するスマート化技術を示している。

次に、コンパクトシティ、メガシティ、郊外という未来の都市パターンそれぞれにおける移動手段について、実現に向けた課題と、これらの課題を解決するために必要なスマート化技術を述べる。

3. コンパクトシティにおけるPMの課題とスマート化技術

コンパクトシティでは、徒歩での移動が可能な範囲を拠点として最低限の都市機能が集約され、このエリアが生活

表1. 都市パターンごとの課題とスマート化技術

課題		自動配車	移動の連続性	混在交通	過密交通	様々な移動能力	自動通報	遠隔操作
都市パターン	コンパクトシティ	○	○	○	○	○	○	○
	メガシティ	○	○	○	○	○	○	○
	郊外					○	○	○
スマート化技術	配車最適化	○						
	道路領域最適化			○				
	交通流最適化				○			
	交通需要管理				○			
	環境センシング			○		○	○	○
	人間センシング			○			○	○
	車体軽量化・小型化					○		
	車体モジュール化		○					
	車体変形		○					
姿勢制御		○			○		○	
操作仮想化							○	

の基盤となる(図1)。

3.1 自動配車と混在交通

高齢者や障がい者など徒歩での移動が困難な人々も、自宅と駅(停留所)、商業施設、病院などの施設との間、施設内などの移動についてはPMを利用することができる。PMは無人での自動駐車や自動配車が可能であり、無人タクシーのような形態で必要な時に必要な地点に配車されて利用者を目的地に運び、駅や目的地で乗り捨てる共有型の利用が基本スタイルとなる。これによって、利便性が向上するとともに、自宅や施設に隣接した駐車場所を確保する必要がなくなる。限られた設備で効率よく配車するために、ビッグデータ解析によるユーザーの移動需要の予測、高度に集約された予約システムの構築など、配車最適化技術の進展が必要である。

このように近～中距離の移動をPMが担う一方で、公共性の高い施設や商業拠点間、都市中心部と外周部の間といった中～遠距離の移動は、バスなどの都市内公共交通が担う。さらに、点在する各都市間の移動は、ライナーなどの都市間公共交通や都市間高速道路を利用することとなる。都市内ではPM、都市内公共交通と徒歩といった様々な移動手段が混在し、同一の道路空間を共有することとなる。それぞれの安全で円滑な移動を実現するために、移動手段の種別や時間帯、エリアなどを基準とした柔軟なロードプライシング⁽³⁾などを用いてバーチャルに道路空間を分離・活用する、道路領域最適化技術の進展が必要であると考えられる。

3.2 移動の連続性

先に述べたような様々な役割を担う移動手段は、移動の目的や段階に応じてその移動モードを選択でき、シームレスに切り換えることができるようになることで、移動の利便性や効率が更に向上する。例えば、PMは、移動段階に応じて移動エリア・速度・形状が変化する。つまり、施設内や出発地点周辺では歩行型(低速移動に向けた立位型)の形状で歩行エリアを移動し、途中で走行型(高速移動に向けた座位型)に変形して走行エリアを移動する。目的地

周辺では再び立位型に変形する。また、幹線道路では複数のPMが合体することで更なる移動の効率化が図られる。PMから公共交通への切り換えでは、シートのみ車体に変形して公共交通に乗り込むような形態も想定される。これらの実現のため、現在開発が行われているモジュール組立型スマートフォン⁽⁴⁾のように、車体を標準化した様々なブロックの組合せで構築する車体モジュール化技術や、布のように自在に変形可能な素材⁽⁵⁾で車体を構築する車体変形技術などが進展する。

4. メガシティにおけるPMの課題とスマート化技術

新興国の発展に伴い増加するメガシティでは、集中し過ぎた人口に起因する生活空間の逼迫(ひっばく)や、過密な交通需要によって慢性的に発生する渋滞、交通事故などの社会的損失を低減するため、都市の上空や地下などを活用して空間を効率的に利用する構造改革が行われる。地中でも移動空間は階層化され、地下の深い層を都市内公共交通(地下鉄)、都市間公共交通が走り、それより浅い層をPMが走る(図2)。

4.1 過密交通

先に述べたように公共交通とPMの移動空間が分離される中で、さらにPMについては、上空は無人ヘリコプターやドローン、地上は徒歩や歩行型PM、地下空間は走行型PM、輸送専用PM、都市間高速専用PMなど、各移動手段の専用階層として再分化され、完全分離される。

これによって、交通容量の最大化・効率化が図られるとともに、高い安全性が確保されるが、極端に人口が集中した都市では、通勤や帰省など季節・時間帯や突発事象によって過密状態が発生する。これに対して、ロードプライシング⁽⁵⁾を活用した高速道路における迂回(うかい)誘導やピークシフト、鉄道の動的ダイヤ変更などの移動手段ごとの最適化が検討されているが、将来的には、全体としての移動手段を最適化するため、ロードプライシングは、個別交通から公共交通へのシフトや発生時間帯のシフトによ



図1. コンパクトシティのイメージ



図2. メガシティのPM

て道路インフラが持つ交通容量以下に発生交通量を抑制する高度な交通需要管理技術として発展していくであろう。

また、移動手段ごとの最適化についても、全ての車両の走行経路を把握し、各道路インフラの利用率が一定となるような交通流最適化技術の組合せによって、道路インフラの持つ能力(交通容量)を最大限に活用する形に進化させていくことが望まれる。これを実現するために、メガシティではPMの利用が共有のインフラとして完全に管理される。

4.2 移動の連続性

都市内での市民の移動は、コンパクトシティと同様、都市機能の集約化に伴い、徒歩と歩行機能を補佐する歩行型PMが担う。PMは地上から地下へシフトすると同時に歩行型から走行型に変化する必要があるため、コンパクトシティ同様、移動手段のシームレスな切り替えを実現するための車体モジュール化技術や車体変形技術が必要である。

5. 郊外におけるPMの課題とスマート化技術

郊外については、整備コスト、環境保全、災害対策の観点から、居住地から拠点までの公共交通や道路インフラの整備・整備が行き届かない箇所が多数存在すると思われる(図3)。

5.1 様々な移動能力

こうした状況では、小さな拠点までの市民の移動は、個人の事情や好み、道路インフラ環境の状況などによって全く異なる移動能力を持つ多様なPMが担うことになる。各PMは各個人の要求・要望に応じてカスタマイズされ、専用のPMとして各個人に所有されるであろう。例えば、山の斜面や壊れた橋をホバリングによって飛び超えるPM⁽⁶⁾や、悪路や瓦礫(がれき)を移動する脚型・クローラ型のPM⁽⁷⁾が実用化されるだろう。このようなホバリング機能を実現するために、現在航空機で使用されているカーボンファイバーなどの素材自体の軽量化に加え、完全自動運転の実用化によって衝突安全のための構造や機構が不要となり、車体軽量化・小型化技術が進展するであろう。また、



図3. 郊外のPM (災害時の例)

三次元空間での移動を実現するために高度な姿勢制御技術も必要であろう。

道路以外の様々な環境も走行可能となるため、水陸両用などのPMが、自らの走行(飛行)能力と環境要因とを判断し、目的地への経路を決定する環境センシング技術が必要である。地図についても従来の道路地図ではなく、PMの能力で検知した情報や通過できた情報をサーバで動的地図情報として集約することが必要となる。

5.2 自動通報と遠隔操作

監視インフラの整備されていない地域では、災害・事故や移動者の急病をPMが検知し、自動で通報するとともに、救急センターからPMを操作仮想化技術による遠隔操作で病院まで誘導するような救急医療体制となるであろう。自動通報や遠隔操作の実現のために、物体としてのセンシングではなく、人間の状態や動作のコンテキストを理解可能となるような人間センシング技術が進展するであろう。

6. む す び

2050年に想定される都市空間とそこで用いられるパーソナルモビリティ、及びその課題とスマート化技術について述べた。

2050年には、PMを含めた様々な移動手段が連携することで、あらゆる場所に住む全ての人が、何不自由なく、平等に行きたいところへ行ける、そんな社会が実現されるよう研究開発を進めていきたい。

参 考 文 献

- (1) 国土交通省：国土のグランドデザイン2050～対流促進型国土の形成～(2014)
http://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_tk3_000043.html
- (2) 国土交通省：コンパクトシティ～より良い暮らしのために～
<http://www.thr.mlit.go.jp/compact-city/>
- (3) 關 哲雄, ほか：ロード・プライシング—理論と政策, 日本交通政策研究会研究双書23 (2007)
- (4) Project Ara Official Web Site
<http://www.projectara.com/>
- (5) BMW of North America : GINA Light Visionary Model
<http://www.bmwusa.com/standard/content/allbmws/conceptvehicles/gina/>
- (6) Aerofex
<http://aerofex.com/>
- (7) 磯田隆司, ほか：オフロード走行用のローラ・クローラ型全方向移動ロボット, 日本機械学会論文集 C編, 65, No.636, 3282～3289 (1999)