

<응용논문>

플라잉카와 도심 항공 모빌리티 동체 디자인의 차별점 고찰

구상*

홍익대학교 산업디자인학과

An Observation on Discriminating Points in Flying Car and Urban Air Mobility Fuselage Designs

Sang Koo*

Department of Industrial Design, Hongik University, Seoul 04066, Korea
(Received 8 May 2023 / Revised 19 July 2023 / Accepted 19 July 2023)

Abstract : Recently, Urban Air Mobility systems and flying cars have been attracting interest in the mobility industry due to the demand for new types of mobility and emerging electric propulsion technology. In this paper, based on the types of air mobility, flying cars and recent urban air mobility systems pointed out the differentiating points of their fuselage designs. The differences were discovered after comparing the over-all shapes, structures, and proportions of the cabins and wing structures of selected models. The result of the study can be summarized as the structure and portions of fuselage with wings, portions of driving wheels, and the difference in running distance for taking off. The implications for the differentiating points in the fuselage designs between flying cars and urban air mobility systems inferred that flying cars are for personal use, while UAMs are for public use based on the cabin differences and proportions of fuselages and landing gear types.

Key words : Fuselage design(동체 디자인), Flying car(플라잉카), UAM(도심 항공 모빌리티), Cabin width(캐빈 폭), Whole projection area(전면투영면적)

1. 서론

최근에 개인용 항공기(PAV; Personal Air Vehicle), 또는 도심 항공 모빌리티(UAM; Urban Air Mobility)와 같은 비행체 형태의 모빌리티가 등장하고 있으며, 이들은 새로운 중장거리 이동 수단으로 모빌리티 업계의 관심이 높아지고 있다. 이러한 새로운 유형에 관한 관심은 도시의 변화와 신기술에 의한 여객 운수 산업의 변화를 반영하는 것이라고 할 수 있다.

이미 세계의 항공 모빌리티 시장에는 약 200여 개 기업이 진출해 있는데, 미국의 투자은행 「모건스탠리(Morgan Stanley)」는 최근의 추세를 바탕으로 서기 2040년에는 도심 항공 모빌리티 시장이 1조 5,000억 달러(약 1,750조 원) 규모로 성장할 것으로 전망했다.¹⁾ 이는 중장거리 이동이 기존의 육상 운송 수단 중심에서 비행체 형식의 모빌리티로 다양화될 것이라는 전조이기도 하다.

비행체 형식의 모빌리티는 드론(Drone) 유형의 것에서부터, 차량이 비행체로 변환되는 플라잉카(Flying car), 그리고 경비행기나 기존 항공기와 유사한 유형까지도 볼 수 있다. 이러한 항공 모빌리티의 동체 디자인은 비행체라는 관점에서 양력 확보와 경량화, 그리고 안정적 비행을 위한 기능적 요인이 감성적 요인보다 크다.

항공 모빌리티의 시초가 된 유형이라고 할 수 있는 플라잉카(Flying car)는 1960년대부터 발명이 시도됐는데, 기능적으로는 차량의 특성을 가지면서 비행이 가능한 것이다. 한편으로 최근에 등장한 도심 항공 모빌리티는(UAM)는 이착륙 방식, 비행 속도 및 기체의 조형 등에서 비행기의 특성을 가진다는 점에서 차이를 보인다. 앞서 개관한 바와 같이 근 미래에 항공 모빌리티가 다양화될 것이라는 전망에 따라 플라잉카와 UAM의 동체 디자인의 차별점에 대해 그 요인이 무엇인지에 관한 연구가

*Corresponding author, E-mail: koosang@hongik.ac.kr

¹⁾This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium provided the original work is properly cited.

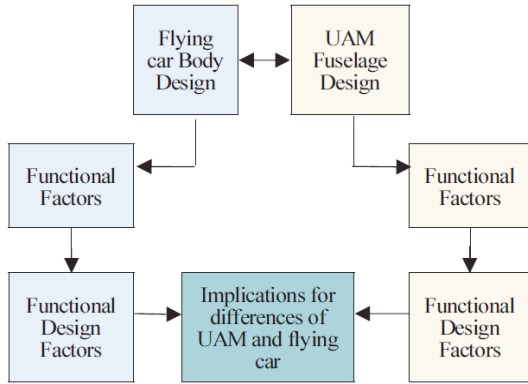


Fig. 1 Research structure model

요구된다.

이에 본 논문에서는 근래에 개발된 항공 모빌리티를 중심으로 주요 특징을 비교하여 플라잉카와 UAM의 차별점을 고찰하여 항공 모빌리티 동체 디자인 조형 개발 시에 응용할 시사점을 도출하는 것을 목표로 한다. Fig. 1은 본 연구의 구조를 가시화한 것으로, 고찰 대상 플라잉카와 UAM의 동체에서 발견되는 특징의 병렬적 고찰을 통해, 시사점을 도출하는 구조를 보여준다.

이를 통해 본 논문은 다음의 세 가지로 연구 내용을 정리하게 된다.

- UAM의 구조 및 기능 특징
- 플라잉카의 구조 및 기능 특징
- 항공 모빌리티 동체 디자인의 시사점

2. 항공 모빌리티의 고찰

2.1 항공 모빌리티의 등장과 성장

2009년에 구글(Google)의 자율주행차량 실험을 계기로 사용성(使用性; Usability)의 개념이 주목받기 시작했으며, 이를 바탕으로 모빌리티 서비스(Mobility service) 개념이 등장하기 시작한다. 이에 따라 기존의 육상 운송 수단인 하드웨어 개발 중심의 기술에서 항공기를 포함하는 다양한 유형의 모빌리티로 기술 범위가 확대된다. 그리고 최근에는 다양한 유형의 도심 항공 모빌리티(UAM)가 출현하고 있다.

「삼정 KPMG(Samjong KPMG)」의 보고서에 따르면, 서기 2030년에는 전 세계에서 UAM 이용자는 연간 1,200만 명, 그리고 서기 2050년에는 4억 4,500만 명까지 늘어날 것으로 전망하고 있다. UAM을 주로 이용할 10개 도시로는 도쿄, 상하이, 베이징, 델리, 뉴욕, 서울, 로스앤젤레스, 뭄바이, 오사카, 광저우를 꼽았다.²⁾

또한, 한국경제신문은 UAM의 세계시장규모가 서기

2030년에 730조 원에 달할 것이라고 분석하면서, “UAM은 해외에서 먼저 시작됐지만 2025년에 국내에서 서비스 시작을 목표로 이제 시장이 열리는 단계이고 개념도 점차 정립되는 상황”이라는 내용과 아울러 “미국, 독일, 일본 등 여러 나라가 UAM 시장의 패권을 노리고 있다³⁾”는 국토교통부 관계자의 설명도 보도했다.

정부 역시 장기적으로는 항공기와 자동차의 중간 형태인 UAM 분야의 시장이 새로운 경제의 돌파구가 될 수 있을 것으로 내다보고 있다.⁴⁾ 이러한 추세를 뒷받침 하듯 현대자동차는 「CES 2020」에서 도심지용 항공 모빌리티를 출품했다. 이러한 상황으로 볼 때 근 미래에는 항공 모빌리티 분야의 비중이 크게 증대될 것으로 보인다.

2.2 항공 모빌리티 기술과 문제점

도심 항공 모빌리티 개발 이전부터 개인용 항공기 시장이 큰 비중을 가지고 있었던 미국은 항공기의 관제와 운용의 규제를 명확히 하기 위해 1996년에 「미국항공우주국(NASA)」에서 개인용 항공기(PAV)의 기준을 공식적으로 제시했다. 여기에서 개인용 항공기는 5인 미만의 승객 탑승, 순항속도 240 ~ 320 km/h, 운전면허 보유자 누구나 운전 가능, 비행 거리 1,300 km 수준이면서, 개인이 이용하는 것이 가능한 기체라는 등이라는 내용을 제시하고 있다.⁵⁾

이 기준 이외에도 항공 모빌리티에서 요구되는 필수 요소는 첫째, 수직이착륙(VTOL; Vertical Take off and Landing) 기술로서, 제자리에서 이륙하고 원하는 곳에 착륙할 수 있어야 한다.

둘째는 높은 수준의 자동화 기술로, 도심지의 복잡한 환경에서 비행하기 위해서는 정밀한 관제(管制)시스템(Air traffic control system)이 필요하다.

셋째는 분산 추진 기술로, 대형 엔진을 쓰는 기존의 항공기와 달리 소형화된 추진 장치로 동력을 분산시킴으로써 소음 감소와 신뢰성 향상, 기체 형태의 다양화가 가능하다.

네 번째는 배터리 기술로, 소음과 배기가스 발생이 없는 전기 동력을 위한 배터리 개발이 요구된다.

그리고 마지막으로 낙하산 등을 포함한 안전 기술로, 비상 상황에서 탈출하기 위한 낙하산 기술을 들 수 있다.⁶⁾ 이외에도 NASA의 설문과 분석에 따르면 1/4의 사람들은 새로운 기술을 환영하지만, 또 다른 1/4은 상용화가 돼도 이용하지 않을 것이라는 의사를 보이면서도, 절반에 가까운 사람들은 신기술에 대해 기대하고 있는 것으로 나타나고 있다. 아울러 맨해튼, 보스턴, 마이애미 등 인구가 밀집된 지역에서 검토가 가능한 사업 모델

Table 1 Analysis of requirements and problems for UAMs

NASA	Technology	Problems
Lesser than 5 240 ~ 320 km/h		Safety
VTOL	VTOL	Privacy
Traffic control	Automation	
Dispersion propulsion technology	Dispersion propulsion technology	NVH Anxiety
Battery technology		
Safety technology	Safety echnology	NIMBY

이라고 판단하는 관점도 볼 수 있다.⁵⁾

또한 낮은 고도로 운행하는 비행체에 설치된 카메라와 센서들은 불가피하게 다양한 영상정보를 수집하게 되므로, 아파트 거주민들의 사생활 침해 문제도 제기될 것으로 보인다.⁵⁾ 이 내용을 정리한 것이 Table 1이다.

또 다른 문제로는 소음 발생과 도시미관의 영향도 예상되고 있는데, 현재 개발되는 항공 모빌리티는 기존 항공기나 헬리콥터 등에 비하면 조용하다고 알려져 있으나, 그럼에도 소음 문제는 지속적으로 대두될 것으로 보인다. 이외에도 창밖에서 비행체가 저공·근접 비행할 때 불안감이 야기된다는 주장도 있으며, 이에 따라서 UAM 정거장 건설 시에 입지와 관련해 NIMBY(Not in my back yard) 현상과 같은 지역 이기주의가 대두될 가능성도 예상된다고 한다.

2.3 항공 모빌리티의 실용화

항공 모빌리티의 실용화가 가장 먼저 시작된 분야는 드론(Drone)을 이용한 배달업으로, 대체로 2~3 kg 중량의 물품을 10마일 거리 범위에서 20분 이내의 시간에 직접 배달(Door to door)하는 것이었다. 이와 관련해 골드만삭스는 무인 배송 시장에서 2030년에 최초로 이익이 발생할 것으로 예상하고 있다.⁷⁾

여기에서 드론 간의 충돌을 방지하기 위한 관제시스템이 필수이므로, 미연방항공청(FAA)과 NASA는 클라우드 기반의 무인항공기 관제시스템(Real time tracing system)을 개발 중이다. 그러나 현재까지 무인 시스템 기술의 신뢰성이 높지 못하므로, 관제의 신뢰성 확보는 지속적인 과제가 될 것이다.

또 다른 항공 모빌리티 실용화 유형은 「에어 메트로(Air metro)」인데, 이는 지하철과 같이 정해진 노선과 시간에 맞추어 운항하는 것이다. 교통체증이 극심한 도시간, 혹은 도심을 연결하는 수직 이착륙 플라잉카를 운행하게 되며, 2~5명이 탑승할 수 있다. 약 20~150 km의 거리를 비행하며, 정류장에서는 3~6대가 동시에 출발하는 것이 가능하고, 충전시설과接客시설이 완비돼 있

다. 이에 대해 NASA는 에어 메트로 시장에서 2028년에 최초로 수익이 발생할 것으로 예상하고 있다.⁵⁾

이는 골드만삭스의 무인 배송 손익분기점의 예상 시점인 2030년보다 더 빠른 것으로, 무인 배송이 전달의 정밀성과 안전성 확보에 시간이 더 필요하고, 현재는 교통체증을 해결하고자 하는 요구가 더 높으므로, 「에어 메트로」는 그를 위한 비용을 지출할 의향의 승객이 더 많을 것이라는 판단에 의한 것으로 보인다.

다른 유형의 항공 모빌리티는 「에어 택시(Air taxi)」이며, 이는 에어 메트로와 달리 높은 문전연결성(門前連結性)을 가지고 있다. 이를 위해서는 「에어 메트로」의 정류장에 비해 작은 규모의 정류장이 더욱 광범위하고 밀도 있게 건설돼야 함을 의미한다. 「에어 택시」의 비행체는 에어 메트로와 비슷한 크기의 것이 사용될 것으로 보이나, 이용 인원은 1명 기준이며, 운행 시 개인이 부담해야 할 비용도 비싸다. 이에 따라 2030년까지도 에어 택시는 이익을 내지 못할 것으로 NASA는 예측⁵⁾하고 있다.

3. 항공 모빌리티의 사례 고찰

본 논문의 고찰 대상 선정은 미국의 시장 분석 기관 「M&M(Markets and Markets.com)」에서 2020년 1월 8일에 선정한 도심 항공 모빌리티 시장의 선도 기업체 5곳으로 지목된 「Lilium」(Germany-US), 「Ehang」(China-US), 「A3 By Airbus」(US), 「Volocopter」(Germany), 「Aurora Flight Science」(US) 등의 업체 중 비행체 기술 자료를 공개된 기종과 실용화 단계에 들어간 플라잉카를 개발한 「AeroMobile」을 더해 6개 업체의 비행체를 중심으로 하였다. 그리고 여기에 근래의 사례라는 점에서 2020년에 현대자동차가 공개한 비행체 「S-A1」을 더해 7개를 대상으로 하였다.

3.1 EHang AAV

중국의 승객과 물류용 비행 모빌리티 제조업체 「EHang」은 2014년도에 광저우(廣州)에서 설립됐으며, 2016년도의 CES에 처음으로 1인승 항공 모빌리티 모델 「EHang 184」를 출품했다. 이후에도 「Ghost」, 「EHang 216」 등 소형 비행 모빌리티를 지속적으로 내놓고 있다.

「184」 모델은 개발 이후 1,000여 회의 시험 비행을 거친 것으로 알려져 있으며, 수직이착륙(VTOL; Vertical takeoff and landing) 방식이다. 프로펠러는 본체로부터 돌출/수납되며, 이착륙을 위한 작동 공간은 2인승이 8.7 m²이다. 이는 중형급 5인승 세단형 승용차의 점유 공간 8.7 m²(4.7×1.85 m로 가정 시)와 같은 수준이다.⁸⁾



Fig. 2 EHang 184, 2016

Table 2 Specification of EHang 184

	Specifications
Main purpose	Electric flying taxi
Flying range & time	Short distance in 16 km, 25min.
Total weight	260 kg
Speed	100 km/h
Capacity	2 passengers, freight 100 kg
Altitude	500 m
Dimensions(L×W×H)	v3.86 × 5.5 × 1.44(m)

3.2 Lillium Jet

2015년에 다니엘 비간트(Daniel Wiegand) 등 4명에 의해 독일 뮌헨에 세워졌으며, 2016년에 첫 시험 제작 기체의 비행에 성공하였다. 2017년에 2인승 시험 비행 성공 후 2017년에서 2019년 사이에 5인승 시험 비행체 실험 성공하였다. 2020년 3월 23일에 구체화 된 비행체를 발표했으며, 이를 토대로 2024년까지 인증 획득 및 양산 체제 구축을 목표로 하고 있다.

추진 및 비행 동력원으로 쓰이는 36개의 전기 모터는 기존 항공기의 유압장치와 기어박스 등을 쓰는 방향타와 수평 안정기를 대신해 기체 자세 조정 기능을 하므로, 어느 방향으로든 추진력을 낼 수 있는 구조이다. 이로써 기존 제트 항공기의 1/1,000 수준의 단순한 부품 구성으로 운항 시에 유지보수 비용이 적을 것이라고 홍보하고 있다.

전기 모터에 의해 이륙하는 경우 일반적인 화물차량 운행 수준의 소음만 유발되며, 지상 이동 중에는 별도의 전기 모터로 일반적인 전기 차량과 비슷한 소음으로 주행할 수 있다. 그러나 날개폭(Wing span)이 11 m⁹⁾라는 것 이외의 기체 제원은 공개된 내용은 없다.

3.3 AeroMobile

에어로모빌(AeroMobile) 회사는 2010년에 설립됐으며, 2013년에 버전 2.5를 내놓았고, 2014년의 버전 3.0을 거쳐 2017년에 내놓은 버전 4.0의 시제품 이후, 2020년도에 상업적으로 출시했다. 그리고 2025년에 버전 5.0을 내놓는 것을 목표로 하고 있다. 5.0버전은 4인승으로 지

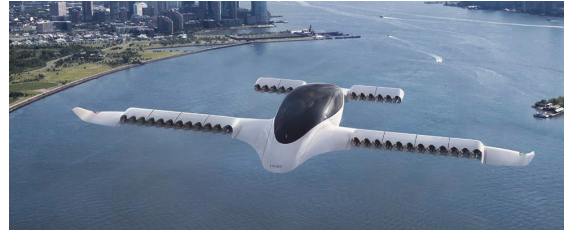


Fig. 3 Lillium Jet, 2017

Table 3 Specification of Lillium Jet

	Specifications
Main purpose	Electric compact airplane
Flying range & time	300 km, 60 min.
Total weight	-
Speed	-
Capacity	4 passengers
Altitude	400 m
Dimensions(L×W×H)	Wing span 11 (m)



Fig. 4 AeroMobile 4.0, 2017

Table 4 Specification of AeroMobile 4.0

	Specifications
Main purpose	Personal air mobility gasoline engine /electric motor hybrid
Flying range & time	-
Total weight	-
Speed	-
Capacity	2 passengers
Altitude	200 m
Dimensions(L×W)	6.1 × 2.2 (m) Wing span 8.8 m

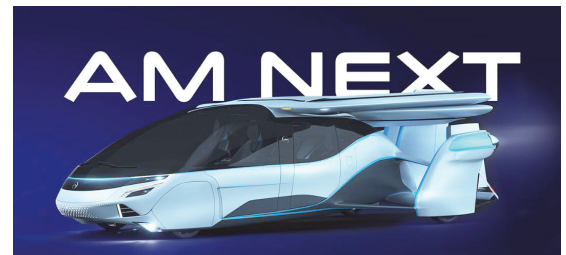


Fig. 5 AeroMobile AM NEXT, 2027

상 활주 없이 수직 이착륙이 가능한 성능으로 개발¹⁰⁾되고 있다고 알려지고 있다.

「에어로모빌 4.0」 버전은 두 장의 주익(主翼)이 뒤로 접혀 수납되는 구조이며, 단거리 활주(STOL; Short takeoff and landing)에 의한 이착륙 방식을 가지고 있다. 또한 네 개의 바퀴로 지상 도로를 최고 속도 100 km/h까지 주행하는 것이 가능하다. 4.0의 기체 제원은 날개를 접은 상태에서 길이×폭이 각각 6.1 × 2.2(m)이나, 날개를 펼친 가로 폭(Wing span)은 8.8 m이다.

「에어로모빌 5.0」 버전의 기체 제원은 아직 완전하게 공개되지 않았으나, 동력은 Rotax 912의 4기통 항공기 엔진을 사용하며, 항속거리는 435마일, 전기 동력의 비행과 상승용 로터 2기, 4인승이라는 정도의 정보만 공개된 상태이다. 또한, 2027년을 목표로 개발중인 「AM Next」 모델은 후미와 양측 날개에 별도의 프로펠러를 추가해 기동성과 안정성을 향상시켰다.

3.4 Hyundai UAM

2020년 1월에 현대자동차는 미국 소비자 가전전시회(CES)에서 도심 항공 모빌리티로 「S-A1」을 공개하였다. 이후 2020년에 항공 모빌리티 전문 기업 「슈퍼닐(Supernal)」로 독립했다. 이 기종은 비행 이동 수단 특성상 저속 이동은 어려우나, 공간을 가로지르는 이동이 가능하다. 기체의 길이와 폭, 높이가 10.7 × 16 × 15 (m)의 대형 동체로서, 미국 항공우주국이 정의하는 소형 PAV에는 해당하지 않는 대형 기체이므로, 전문적인 조종사가 필요하다.

「S-A1」은 기체 크기로 인해 시가지의 이착륙은 어려

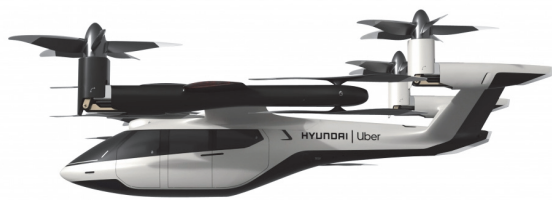


Fig. 6 Hyundai UAM S-A1, 2020

Table 5 Specification of S-A1

	Specifications
Main purpose	Eelectric airplane
Flying range & time	100 km flying per 1 charge
Total weight	-
Speed	-
Capacity	4 passengers+2 pilots
Altitude	300 ~ 600 m
Dimensions(L×W×H)	10.7 × 16 × 15 (m)

우므로, 도시와 도시 사이를 오가는 노선에 사용될 것으로 보인다. 수직 이착륙 기능을 가진 여객기의 형태로, 2023년부터 LA와 델러스를 운행할 예정이라고 발표했으며, 환승용 거점 허브(Hub)에 이착륙하는 콘셉트를 통해 미래 도시의 변화도 제안하였다.¹¹⁾

3.5 Volocopter

2011년에 설립된 독일의 비행 택시 스타트업으로 본래 사명은 「e-Volo GmbH」이었으나, 2017년 7월에 「볼로콥터(Volocopter)」로 변경하였다. 현재 독일 브루흐살(Bruchsal)에 본사를 두고 있으며, 다임러, 지리자동차, 인텔 등의 기업이 주주로 참여하였다.

18개의 로터를 장착한 구조로 현재까지 개발된 도심 항공 모빌리티 가운데 가장 상용화에 근접했다는 평가를 받고 있으며, 2019년 싱가포르에 최초로 볼로콥터 착륙장을 설치하였다.¹²⁾

2022년에는 우리나라에 법인을 설립해 2024년부터 운행 시작을 준비 중인 것으로 알려져 있으며, 100 % 전기로 구동되는 비행 모빌리티에 의한 택시 서비스를 선보일 것으로 알려져 있다. 기종으로는 휠 타입 랜딩기어(Landing gear)를 장착한 장거리용 「볼로지언(Voloregion)」과 헬리콥터 형태의 랜딩 스키(Landing ski)를 장착한 드론 형태의 시가지용 비행체 「볼로시티(Volocity)」 등이 있으나, 일부 제원만 공개하고 있다.

3.6 기타 비행체

이들 기종 이외에도 수직 이착륙 기체로 「오로라 플



Fig. 7 Volocopter Volocity, 2022

Table 6 Specification of Volocopter

	Specifications
Main purpose	Electric airplane
Flying range & time	35 km flying per 1 charge
Propulsion	18 fixed-pitch rotors
Speed	110 km/h
Capacity	1 passenger+1 pilots 200 kg
Altitude	-
Dimensions(L×W×H)	11.3 × 11.3 × 2.5 (m)

라이트(Aurora Flight Science)와 「보잉(Boeing)」이 합작으로 「VTOL X-Plane」이라는 이름의 고속비행체를 개발¹³⁾하고 있음이 알려져 있으나, 홈페이지에는 군사 목적이라고 안내되어 있고 상세한 정보가 공개된 부분은 없다.

이외에도 「바하나(Vahana)」와 「에어버스(Airbus)」가 공동으로 개발하고 있는 1인승 틸트 윙(Tilt wing)의 자



Fig. 8 Aurora-Boeing UAM, 2016

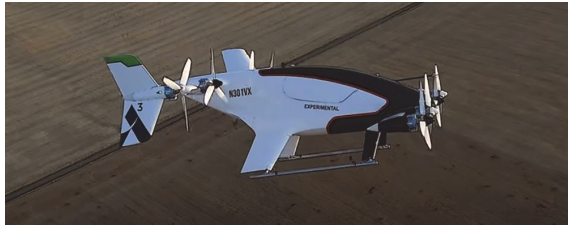


Fig. 9 Vahana-Airbus eVTOL flight, 2019

율 비행 수직이착륙기 「eVTOL」이 홈페이지에 소개¹⁴⁾되고 있으나, 기술적인 내용은 알려지지 않은 상태이다.

4. 기체 디자인의 차별점

4.1 기체 디자인의 차별화 요인

3장에서 살펴본 항공 모빌리티 특징을 요약한 Table 7을 살펴보면, 이들 모두 도심을 운항한다는 공통점을 가지고 있으며, 항공 모빌리티로서의 주요 특징은 이착륙 방식, 비행 특성, 탑승 인원, 문진연결성 등의 관점으로 살펴볼 수 있다.

4.1.1 이착륙 방식

항공 모빌리티의 이착륙 방식에서는 3개 기종이 수직 이착륙(VTOL)이 가능하며, 1개 플라잉카 기종은 단거리 활주(STOL) 방식을 가진다. 이러한 이착륙 방식에 따라 활주 거리가 필요한 플라잉카와 달리 항공 모빌리티는 모두 수직이착륙이 가능한 구조와 기능이 있다.

고찰 대상 항공 모빌리티의 비행 속도는 130 ~ 280 km/h 사이에 분포하며, 지상 주행이 가능한 기종의 최고 주행 속도는 100 km/h이다. 이는 항공기에 비해 느리며 비행 고도 역시 낮은 특징을 보여준다.

이러한 특성을 고려한 정류장은 기존의 항공기 안전 기준을 적용하면 일반적인 헬리콥터 이착륙을 위한 지

Table 7 Comparisons of air mobility models

	EHang AAV	Lillium Jet	AeroMobile 4.0	Hyundai UAM S-A1	Volocopter	Aurora-Boeing	Vahana-Airbus
Speed	130 km/h	280 km/h	Drive 160 km/h Flying 360 km/h	240 km/h	110 km/h	-	110 km/j
Range	16 km	60min (300 km)	Drive 100 km/h Flying 750 km/h	100 km	35 km	-	50 km
Passengers	1 passenger	4 passengers +1 pilot	2persons	4 passengers +2 pilots	1 passenger +1 pilot+200 kg luggage	-	1 passenger
Altitude	500 m	400 m	600 m	300 ~ 600 m	-	-	-
Propulsion system	8 rotors with 2 blades	Electric compact 36 rotors	Electric driv/turbo engine single propeller	Fixed VTOL rotor 4 units flying tilt rotor 4 units	18 fixed-pitch rotors	Hybrid-electric propulsion ducted fans	8 fixed-pitch rotors
Landing & taking off	VTOL	VTOL	STOL	eVTOL : electric Vertical Take Off and Landing	VTOL	High speed VTOL	eVTOL
Dimensions (L×W×H)	3.86 × 5.5 × 1.44 (m)	Wing span 11 m	L×W 6.1 × 2.2 (m) opened wing span 8.8 m	10.7 × 16 × 15 (m)	11.3 × 11.3 × 2.5 (m)	-	5.6 × 7.3 × 2.8 (m)
Landing gear	Ski type landing gear	Wheel type landing gear	Driving wheels	Landing port	Ski type landing gear	-	Ski type landing gear

름 30 m 규모 착륙장이 기본적으로 요구되지만, 항공 모빌리티 주익의 가로 폭이 8.8 m에서 16 m까지 분포한다는 점을 고려한다면, 기존의 헬리콥터 착륙 시설보다는 확대되어야 한다. 또한, 이·착륙을 위한 활주가 필요한 플라잉카까지 수용하려면 일정한 길이의 활주로도 요구된다.

대도시 중심부에 이러한 조건을 모두 만족시키는 이·착륙장의 확보는 쉽지 않으므로, 항공 모빌리티의 기체 구조는 주익의 수납 가능성을 높이는 기능, 또는 수직이 착륙 기능이 요구된다. 따라서 도심 항공 모빌리티는 도시 외곽에서 도시와 도시 사이를 운행하게 될 것이며, 기존의 항공기는 더 긴 노선과 고도로 운항하는 것으로 역할 분담될 것으로 보인다.

4.1.2 비행 특성

항공 모빌리티의 비행 속도 분포 범위는 130 ~ 280 km/h 사이이며, 비행 고도는 300 ~ 600 m 사이이다. 항속거리는 비행체에 따라 최소 16 km에서 최대 750 km까지이며, 지상 주행 기종의 주행 최고 속도는 100 km/h이다. 이러한 비행 특성을 바탕으로 한다면, 플라잉카와 UAM 공히 기존의 항공기와는 다른 동체 디자인의 접근이 요구된다. 즉 일반 항공기보다 낮은 고도와 속도로 비행하게 되므로 저속 저고도에서 높은 양력을 얻기 위한 동체와 날개 단면 형상, 날개 면적 등을 고려한 동체의 조형적·구조적 접근이 요구된다.

또한 비상시의 대책과 관련해서 일부 기종에서 낙하산이 내장된 구조임을 밝히고 있으나, 구체적 내용은 공개되지 않았다. 일반적으로 스카이다이빙(Skydiving)에서 안전한 착지를 위한 낙하산 전개 시점이 지상에서 최대 3,000 ft(약 914 m)에서, 최소 2,000 ft(약 600 m) 이상이어야 한다¹⁵⁾는 점을 고려해보면, 비행 모빌리티의 운항고도 300 ~ 600 m에서 유사시 승객 개개인의 낙하산 활용은 불가능할 것으로 보인다. 이에 따라 동체 구조, 혹은 좌석 구조에 의한 승객 보호 장비가 고려되어야 할 것으로 보인다.

4.1.3 탑승 인원

일곱 종류의 고찰 대상 항공 모빌리티의 탑승 인원은 「EHang AAV」만이 1인승(2인까지 탑승 가능)이며, 「에어로모빌 4.0」은 승객과 조종사 2+1인승, 그리고 나머지 기종은 조종사를 제외한 4인까지 승객이 탑승할 수 있는 구조임을 볼 수 있다.

이는 기존의 소형 여객기보다 적은 탑승 인원의 캐빈 구조로써 이륙 중량 경량화와 기체 소형화를 통해 기동성 있는 운항을 고려한 것으로 보인다. 조종사까지의 인

원을 모두 포함한다면 「S-A1」만이 NASA가 구분한 개인용 항공기의 범위인 5인 이하를 벗어나는 크기이다.

4.1.4 문전연결성

고찰 대상에서 드론형 비행체 「EHang AAV」와 「볼로콥터(Volocopter)」를 제외한 비행 모빌리티는 완전한 문전연결성(門前連結性; Door to door connectivity)을 가지지는 못하므로, 이를 보완하기 위하여 목적기반모빌리티(PBV; Purpose Based Vehicle)라고 불리는 육상 이동 수단과 결합하여 항공 모빌리티가 공항 터미널 환승 거점 허브에 도착하면 승객은 그곳에서 자율주행 PBV로 옮겨 타고 최종 목적지까지 이동하는 형식으로 운용될 것으로 예상된다.

4.2 기체 디자인 요인

4.2.1 날개 유형

이들의 동체 특징을 살펴보면 「EHang AAV」와 「Vanahan-Airbus」의 기종은 드론 개념의 1인승 비행체이고, 이런 유형에 대비되는 「AeroMobile」, 「Lillium Jet」, 「S-A1」 등은 날개의 좌우 방향 폭(Wing span)이 8.8 m에서 16 m에 이르는 대형 기체이다. 따라서 이들 3개 기종은 시가지 도로에서의 이착륙은 사실상 불가능한 크기이다.

동체 크기는 비행 시에는 문제가 되지 않으나, 도로상에서는 타 이동 수단과의 안전거리 유지 등에서 문제를 발생시킬 수 있다. 이에 플라잉카는 비행을 위한 날개의 전개와 수납을 위한 동체 구조가 요구된다. 반면에 UAM은 고정익을 가지고 있으나, 양력 발생과 이착륙을 위해 작동되는 틸트 로터(Tilt rotor)가 날개에 결합된 구조이다.

4.2.2 캐빈 조형

항공 모빌리티의 기체는 날개를 제외하면 객실이 존재하는 캐빈의 형태가 중심이 되는 항공기 기체와 개념적으로 같은 조형체이고, 공기역학을 고려한 유선형 형상이다. 이에 비해 플라잉카의 차체는 캐빈의 비중이 상대적으로 높은 조형을 보여준다. 여기에 더해 차륜 구동 및 조향을 위해 차량의 구조를 가진 동체 외부 디자인이 필요하다.

지상 주행이 필요한 플라잉카는 주행 시에 차체의 좌우 롤링 모멘트(Rolling moment)를 억제해야 하는 요구에 따라 윤거(輪距; Wheel tread)를 가능한 한 넓게 확보해야 하며, 그에 따라 캐빈의 폭이 넓어지는 것이 불가피하다. 이로써 실내에서는 2인 좌석의 가로방향 배치(Transverse layout)가 가능해지지만 캐빈은 길이 대비 폭이 넓은 비례를 가지게 된다. 이는 상대적으로 길이 대

비 폭의 비레가 좁은 항공기 캐빈이 세로방향 배치 (Tandem layout) 지향성과 대비되는, 승용차 차체와 유사한 상자형 조형이 에어로모빌에서 나타남을 볼 수 있다(Fig. 10).

이처럼 캐빈의 폭이 넓어져 부피가 커질수록 동체의 전면투영면적(全面投影面積; Cverall projection area)이 증대되어 항력계수(抗力係數; Coefficient of drag)가 높아지므로, 고속의 공기역학에서는 불리하다. 지상 주행이 요구되는 플라잉카와 비행 전용 UAM의 캐빈은 이처럼 상반된 맥락에 의한 조형성을 가지므로 구분된 접근이 요구된다. 한편, 「블로콥터」의 「블로시티」 모델과 같이 드론의 형식에 가까운 구조에서는 캐빈의 전폭 대비 추진기 전체 직경 차이가 큰 것을 볼 수 있다.



Fig. 10 Cabin width comparison of UAM(S-A1) and Flying car(AeroMobile 1.0)

4.2.3 차륜과 동체의 관계

고찰 대상 항공 모빌리티는 드론과 같은 구조의 유형부터 항공기의 유형까지 다양한 형가 있으며, 이들 중에 차륜을 가진 것은 「릴리움 제트」와 「에어로모빌 4.0」의 두 기종이다. 이들 중에 「릴리움 제트」의 차륜은 능동적 구동 대신 착륙 시의 감속 주행과 지상에서의 단거리 위치 이동을 위한 차륜형 랜딩기어(Wheel type landing gear)의 형태이다.

이에 비해 플라잉카의 차륜은 지상 주행 최고 속도가 100 km/h에 이르는 성능을 가지며, 그를 위해 주 동체에 구동과 조향 기능의 24인치 크기의 차륜이 설치돼 있다. 여기에 수직 측면 날개에 내장된 보조 차륜으로 구성된 4륜 구조이다. Fig. 10에서 제시된 「에어로모빌 1.0」 역시 차륜으로 지상 주행 시의 최고 속도 100 km/h를 확보하기 위한 구조로 되어 있으면서 승용차 차체와 유사한 캐빈 전면 형상을 보여준다.

5. 항공 모빌리티 디자인의 차별요인

5.1 기체 디자인 변화 요인

지금까지 살펴본 주요 항공 모빌리티의 동체 디자인 특징을 Fig. 11의 분석 맵에서 각각의 특성을 가시화 시켜 그 성격을 정리하였다. 여기에서 항공 모빌리티의 특성은 비행 전용과 지상 주행을 구분하는 세로축과 기체 특성이 드론에 가까운 것인가, 또는 항공기에 가까운 것인가의 구분의 가로축으로 구성해 살펴볼 수 있다.

이 축을 바탕으로 항공기 기체 유형의 비행 중심의 UAM과 지상 주행을 포함한 플라잉카, 그리고 드론 형

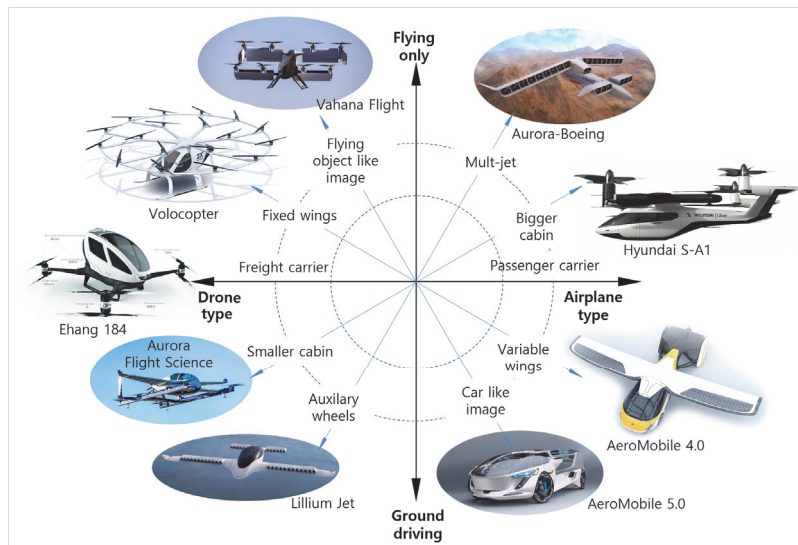


Fig. 11 UAM fuselage type analysis map

태의 구분에서는 바퀴의 유무에 따라 지상 착륙 시 항공기 특성을 가진 유형과 완전한 수직 이착륙 기능의 기체를 구분하여 캐빈 조형의 차별점을 살펴볼 수 있다. 이것을 바탕으로 캐빈 폭과 전체 폭과의 비례, 가변익과 고정익, 그리고 차량의 이미지 중심인지 비행체의 이미지 중심 등의 특성으로 항공 모빌리티를 구분할 수 있다.

5.2 캐빈의 디자인 요인

4장 2절의 기체 디자인 요인과 Fig. 11의 분석 맵을 종합해 보면, 전폭, 캐빈 폭과 길이의 비례, 이착륙 방식, 착륙장치 형태, 접근성, 그리고 승객 인원 등으로 대별된다. 이들은 Table 8에서와 같이 다시 정리할 수 있다.

이들 중 지상 주행 비중이 낮은 UAM은 착륙장치에서 주행용 차륜의 비중은 높지 않거나 없으며, 기체는 NASA의 구분에서 개인용 항공기 기준이었던 5인 기준으로 그 이상의 탑승 인원을 수용하는 기체가 될 가능성이 크다. 아울러 이륙과 비행을 위한 추진력이나 양력을 발생시키는 날개와 프로펠러 구조가 안전사고 예방을 위해 승객의 동선과 겹치지 않는 위치와 높이에 배치되어야 한다.

도로 주행을 전제로 차량 구조를 가진 동시에 플라잉카는 5인승 이하(실제로는 2인승) 내외의 개인용 항공 모빌리티의 성격이 중심이 되며, 조형에서는 지상 주행과 비행이 공존하므로 휠 아치(Wheel arch)와 펜더(Fender) 등과 객실(Cabin) 형태에서 차량으로서의 조형성 확보와 유선형을 양립시키는 디자인이 요구된다.

또한, 플라잉카는 비록 휠 트레드 확보를 위해 넓은 캐빈이 불가피하지만, 날개를 수납한 상태에서 기존의

자동차와 함께 도로를 운행하기 위해서는 캐빈 본체와 수납된 날개를 포함한 전체 폭이 2.5 m 이하여야 한다.

5.3 디자인 차별성의 시사점

항공 모빌리티의 동체 디자인 차별화 요인을 화물 운반용 드론 유형이나 지상 주행과 비행이 가능한 플라잉카, 그리고 항공기 유형의 UAM 등의 대상으로 살펴본다. 이를 통해 동체 디자인에서 운전석과 동승석 중심의 캐빈 형태의 플라잉카는 비행 모빌리티와는 명확한 차이를 보여준다는 점을 확인할 수 있었다.

캐빈의 크기에서 「에어로모빌」은 전체크기가 5.9 × 2.2 × 1.5(m)의 승용차와 유사한 동체 크기이나, UAM 기체의 「S-A1」은 10.7 × 16 × 15(m)의 대형 버스 이상의 동체 크기로 오히려 더 크지만, 캐빈의 길이 대비 전폭 비례는 오히려 더 좁은 비례로서 상반된 모습을 보여주고 있다.

이와 아울러 UAM은 차륜이 동체 디자인에서 변수로 나타날 만큼의 비중을 가지지 않는 특징도 볼 수 있다. 대신에 UAM은 스키 형태의 착륙장치를 가지거나 착륙포트를 사용하게 되므로, 보다 단순한 유선형 동체를 가지는 점도 대비된다. 즉 동체와 차륜의 관계성 또한 하나의 변수가 될 것으로 보인다. 이 내용을 요약해 플라잉카와 UAM의 기체 디자인의 차별점을 정리한 것이 Table 9이다.

동체의 차별점으로 종합하면 플라잉카는 캐빈이 상대적으로 넓은 비례를 가지는 데에 비해서 UAM은 비행기 기체의 형태에 가까운 좁고 긴 비례의 캐빈을 가지게 된다. 또한 날개에서 플라잉카는 수납 가능한 가변익을 가지지만, UAM은 추진 장치 구조의 가변성이 있을 수 있으나, 날개 자체는 고정익을 가지게 된다는 점을 볼 수 있다.

전반적인 성격으로 볼 때 플라잉카는 NASA가 구분한 5인승 이하의 개인용 항공 모빌리티의 성격에 근접되지만, UAM은 5인승 이상의 대중성을 가진 항공기로서의 이동 수단의 성격에 더 근접한 특성이 있음을 볼 수 있다.

Table 8 Implications for fuselage design factors

		Flying car	UAM
Fuselage design factors	Overall width	Narrower total width by adjustable wings less than 2.5 m	Wider total width by fixed wings
	Cabin width	Wider cabin with wider wheel tread	Narrower cabin for lesser coefficient drag
	Landing & taking off	STOL	VTOL
	Landing gear	Driving wheels	Ski type landing gear
	Access-ability	Cabin access-ability	Station to PBV
	Number of passengers	Lesser than 5	More than 5

Table 9 Implications for fuselage design of air mobility by types

Flying car	UAM
Car like wide cabin	Airplane like narrow cabin
Drive wheel	Ski type landing gear or landing port
Adjustable wings	Fixed wings
Personal oriented	Public oriented

6. 결론

본 연구에서는 자동차의 기능과 형태를 부분적으로 가진 플라잉카(Flying car)와 비행 기능이 중심이 되는 도심 항공 모빌리티(UAM)를 대상으로 두 그룹의 항공 모빌리티의 동체 디자인의 차별점을 살펴보았다. 이를 통해 개인 항공 모빌리티에서 각각 차량 구조 지향성과 항공기 구조 지향성이 나타남을 발견할 수 있었다. 이들 중 플라잉카는 보다 개인용 이동 수단의 특성이, UAM은 상대적으로 대중교통수단으로서의 지향성이 있음도 확인할 수 있었다.

미래의 모빌리티가 탑승자의 개별성에 보다 더 비중을 가진다는 점에서, 승객 개개인의 이동 요구는 미래의 모든 모빌리티 디자인에서 주요 요소가 될 것이다. 이에 따라 플라잉카와 UAM으로 대표되는 항공 모빌리티는 각각 차량과 항공기라는 근본적인 성격의 차이를 바탕으로 개발될 것으로 보인다. 이와 같은 차별성과 아울러, 지상 주행 차량의 주행 안정성에 기존 항공기의 구조가 융합되어 반영되어야 한다는 공통점도 가지고 있음을 확인할 수 있었다.

그러나 한편으로 항공 모빌리티에 관해 공개된 상세 자료의 부족으로 고찰 내용이 제한적인 점은 본 논문의 한계이다. 그러나 현재는 도심 항공 모빌리티 개발의 태동기이므로, 향후의 추가적 자료 수집을 통해 디자인 개발의 거시적 방향성을 예측하는 것도 가능할 것으로 판단된다.

따라서 항공 모빌리티 동체 디자인 콘셉트 구축을 위한 사전 연구로서 본 논문 이후 실질적 동체 디자인 개발에서 구체적 데이터와 기술 특성을 반영한 구체화 된 연구가 이루어질 것으로 기대한다.

후 기

이 논문은 2023년도 정부(교육부, 산업부)의 재원으로 한국디자인진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(신기술융합디자인 혁신인재양성사업).

References

- 1) UAM Industry of the world, UPI News, 2020.1.8.
- 2) Samjong KPMG Business Report, Retrieved from <https://home.kpmg/kr/ko/home/insights/2020/03/insight-70.html>, 2023.5.3.
- 3) R. A. Kim, Urban Air Mobility, Retrieved from <http://marketinsight.hankyung.com/apps.free/free.news.view?aid>, 2020.4.13.
- 4) H. R. Kim, Hyundai Motor-Uber Joined, UPI News, Retrieved from <http://www.upinews.kr/newsView>, 2020.1.8.
- 5) Retrieved from <https://www.nasa.gov>, 2023.4.30.
- 6) G. Warwick, Problems Aerospace Still Has To Solve, Aviation Week & Space Technology, 2020.4.13.
- 7) Goldmansachs Insights, Goldmansachs, Retrieved from <https://www.goldmansachs.com>, 2020.4.13.
- 8) Ehang Flight, Retrieved from <https://www.ehang.com/index.html>, 2020.7.18.
- 9) Lilium.com/the-jet, Retrieved from <https://lilium.com>, 2020.07.18.
- 10) Be Part of Making History, Retrieved from Aeromobil 4.0, Retrieved from <https://www.aeromobil.com>, 2023.5.3.
- 11) H. R. Kim, Hyundai Motor-Uber joined, UPI News, Retrieved from <http://www.upinews.kr/newsView>, 2020.1.8.
- 12) Volocopter Solutions, Volocity, Retrieved from <https://www.volocopter.com/solutions/volocity>, 2023.5.1.
- 13) Aurora Flight Sciences to Develop High-speed DARPA VTOL X-Plane, Retrieved from <https://www.militaryaerospace.com/unmanned/article/16708951/aurora-flight-sciences-to-develop-high-speed-darpa-vtol-xplane>. 2023.5.1.
- 14) Vahanam Our Single-seat eVTOL Demonstrator, Retrieved from <https://www.airbus.com/en/innovation/zero-emission-journey/urban-air-mobility/cityairbus-nextgen/vahana>. 2023.5.1.
- 15) Northern California's Premiere Skydiving Facility, Retrieved from <https://skydivecal.com>, 2023.5.3.