

<응용논문>

도시 에어 모빌리티(UAM) 동체 디자인을 위한 루이지 콜라니의 바이오 조형 고찰을 통한 시사점 연구

구상*

홍익대학교 산업디자인학과

Implication Study for Urban Air Mobility(UAM) Fuselage Design through Observing Luigi Colani's Bio Designs

Sang Koo*

Department of Industrial Design, Hongik University, Seoul 04066, Korea

(Received 29 September 2022 / Revised 12 October 2022 / Accepted 12 October 2022)

Abstract : In the future, various types of Urban Air Mobility devices would be developed to fulfill the demands for rapid inter-city transportation. However, many recent unveiled UAMs are designed similarly to typical flying objects in terms of functional requirements, as in airplanes or drones. Meanwhile, the works of the designer Luigi Colani demonstrated creativity and novelty in the field of physiognomy and in the structures of airplane design, which have been considered mostly as emotional products, albeit their functional principles are in line with efficiency in organisms. In this study, both concepts and design characteristics of the works of Luigi Colani and recent Urban Air Mobility devices have been observed and analyzed based on their structures and physiognomies to derive implications for further UAM fuselage designs. The implications point to functional design concepts for UAM fuselage, such as streamlines derived from living organisms in nature, either as biplane structures or annular wings to maximize lift force.

Key words : Urban air mobility(도심 비행 모빌리티), Fuselage design(동체 디자인), Bio design(바이오 디자인), Biplane(복엽기), Annular wing(환형 날개)

1. 서론

최근에 운송수단 분야에서 모빌리티 라는 용어가 폭 넓게 쓰이고 있는데, 이는 인문학과 사회학 등의 분야에서는 이동성 연구를 위해 오래전부터 포괄적으로 사용돼왔던 것이기도 하다. 그러나 수송기기 분야로 한정해서 본다면, 피터 에디(P. Adey)와 존 어리(J. Urry)의 물리적 모빌리티에 관해 논한 것을 볼 수 있는데, 거기에서는 물리적 이동 수단으로서 기차, 자동차, 비행기 등과 아울러, 인터넷, 모바일 기기 등과 같이 테크놀로지에 기초해 사람, 사물, 정보 이동을 가능하게 하는 포괄적 기술을 의미하며, 더욱 넓은 범위로 공간의 구성과 인구 배치 변화, 노동과 자본의 변형, 권력 또는 통치성 변용 등을 통칭하는 사회적 관계의 이동까지도 포함한다는 견해를

볼 수 있다.¹⁾

이러한 견해에서는 다양한 육·해·공의 교통수단과 정보 전송 등 유무형의 모빌리티 테크놀로지의 범주도 폭넓은 연구 대상이 된다. 이러한 추세와 아울러 근래에는 기술적으로 개인용 항공기(PAV; Personal Air Vehicle), 또는 도심 항공 모빌리티(UAM; Urban Air Mobility) 등 새로운 유형의 항공 모빌리티가 등장하고 있으며, 다양한 용도와 크기를 가진 개인용 항공기(PAV), 또는 도심 항공 모빌리티(UAM; Urban Air mobility)를 볼 수 있게 되었다.

이미 전 세계의 도심 항공 모빌리티 시장에는 약 200여 개 기업이 진출해 있으며, 미국의 투자은행 모건스탠리(Morgan Stanley)는 이러한 추세를 바탕으로 서기 2040

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

¹This 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.

년에는 도심 항공 모빌리티 시장이 1조 5,000억 달러(약 1,750조 원) 규모로 성장할 것으로 전망했다.²⁾ 이는 기존의 육상 운송수단 중심에서 도심 비행 모빌리티로 산업의 확대가 나타날 것을 보여준다.

근래에 개발되었거나 개발 중인 항공 모빌리티는 드론의 형태를 가진 것에서부터 지상을 주행하는 차량에서 비행체로 변환되는 플라잉 카(Flying car)의 형태, 경비행기 유형이나 기존 항공기와 유사한 동체 디자인을 볼 수 있다. 대체로 항공 모빌리티 역시 비행체라는 관점에서 양력의 확보와 비행 안전성 등에 의해 동체 디자인에서는 기능적 요인이 크다는 인식이 더 보편적이다. 그러나 향후의 도심 항공 모빌리티가 다양화될 가능성이 크다는 점 등에 의해 동체 디자인의 조형적 접근에 관한 연구가 필요할 것으로 보인다.

항공 모빌리티의 동체 디자인 다양성과 관련해서는 독일 태생의 디자이너 루이지 콜라니(Luigi Colani)가 이미 1970년대부터 유기체적 조형을 적용해 다양한 제품과 차량, 항공기 디자인을 발표한 것을 볼 수 있다. 그가 제시한 조형은 유기체의 형태를 바탕으로 한 곡선 형태를 가진다는 점에서 감성적 조형이라는 평가를 받고 있기도 하지만, 콜라니는 그의 모든 디자인에서 기능적 조형을 추구했다고 밝힌 내용³⁾을 볼 수 있다.

본 논문에서는 최근에 등장한 도심 항공 모빌리티의 주요 특징과 아울러 루이지 콜라니의 조형 특징을 비교하여 미래의 도심지용 비행 모빌리티 동체 디자인 다양화를 위한 조형적 시사점을 도출하는 것을 목표로 한다.

Fig. 1은 본 연구의 구조를 도식화한 것으로, 도심 항공 모빌리티의 구조적 특징과 루이지 콜라니의 유기체적 조형에서 발견되는 특징의 병렬적 고찰을 통해 도심 비행 모빌리티 동체 디자인 변화의 시사점을 도출하는 구조를 취한다. 이를 통해 본 논문은 다음의 세 가지로 연구 내용을 정리하게 된다.

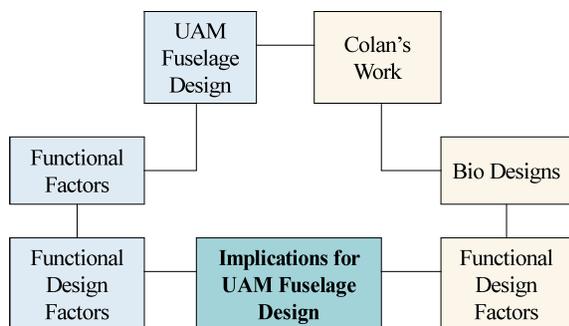


Fig. 1 Research structure model

- 항공 모빌리티의 기능적 특성
- 루이지 콜라니 조형에서의 특징
- 항공 모빌리티 동체 디자인의 시사점

2. 항공 모빌리티의 유형별 고찰

2.1 도심 항공모빌리티의 유형

미국 항공우주국(NASA)이 정의하는 바에 따르면, 도심 항공 모빌리티는 비행 속도는 시속 130 km에서 280 km 사이이며 비행 고도는 300 m에서 600 m 사이에 있다. 이들의 항속거리는 비행체의 크기와 성능에 따라 16 km에서 최대 750 km까지이며, 지상 주행을 기능을 가진 유형은 최고 속도가 시속 100 km 범위에 있고, 수직 이착륙(VTOL)이나 단거리 활주(STOL) 방식을 가진다⁴⁾는 점에서 항공기와는 차이가 있음을 볼 수 있다.

본 장에서는 자료가 공개된 도심 항공 모빌리티에 관하여 문헌적 고찰을 진행하는데, 이들 도심 항공 모빌리티는 드론형, 차량형, 경항공기형, 그리고 항공기형 등으로 구분할 수 있다. 고찰대상은 현재까지 공식적으로 자료를 공개한 사례를 선정하였으나, 이들 역시 구체적인 기술데이터까지는 공개되어있지 않고, 기본적 개발 콘셉트와 기체 형태 중심의 내용만을 공개하고 있어서, 그들을 유형적으로 비교하는 방법을 취하였다.

2.2 드론형 - EHang AAV

중국의 승객과 물류용 비행 모빌리티 제조업체 「EHang」은 2014년에 광저우(广州)에서 설립됐다. 2016년의 CES에 처음으로 1인승 항공 모빌리티 「EHang 184」를 출품했으며, 이 기종은 자율비행체인 AAV(Autonomous Aerial Vehicle)라고 발표되었다. 그 이후에 「Ghost」, 「EHang 216」 등 주로 소형 비행 모빌리티를 개발하고 있다. 184 모델은 개발 이후 1,000여 회의 시험 비행을 거친 것으로 알려져 있으며, 수직이착륙(VTOL; Vertical takeoff and landing) 방식을 가지고 있다.

기체는 드론형이므로 주익이 없는 구조이며, 프로펠러는 본체로부터 돌출/수납되고, 이착륙을 위한 작동 공간은 2인승이 8.7 m²이다. 이는 일반적인 5인승 세단형 승용차의 점유공간 8.7 m²(4.7×1.85 m로 가정 시)와 거의 같다.⁵⁾

- 전기동력 자율주행 비행 드론
- 16 km 이내의 단거리 범위 비행
- 인력 수송이 아닌 상업 목적의 비행체
- 노출된 프로펠러는 대중적으로는 위험요소
- 로터 작동에 의한 하향 풍속 추진 저속 비행체



Fig. 2 Ehang 184, 2016

2.3 차량형 - AeroMobile 4.0

「에어로모빌(AeroMobile)」 회사는 2010년에 미국에서 설립됐으며, 2013년에 버전 2.5를 내놓았고, 2014년의 버전 3.0을 거쳐 2017년에 내놓은 버전 4.0 이후, 2020년에 4.0 버전을 상업적으로 출시했다. 2025년에 버전 5.0을 내놓는 것을 목표로 하고 있으며, 5.0버전은 4인승으로 지상 활주 없이 수직 이착륙이 가능하다.⁶⁾ 현재는 5.0의 변형으로 2인승 「AM2」와 4인승 「AM4」를 공개하였다.

「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 주행하는 것도 가능하다. 4.0의 기체 제원은 날개를 접은 상태에서 길이×폭×높이가 각각 5.9×2.2×1.5(m) 이나, 날개를 펼치면 그 가로폭(Wing span)이 8.8 m이다.

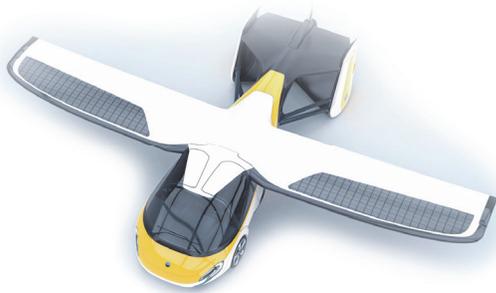


Fig. 3 AeroMobile 4.0, 2017



Fig. 4 AeroMobile 5.0, 2025

- 개인용 항공기 / 차량 내연기관 복합 동력
- 지상 주행과 비행의 변환 시에 3분 소요
- 승객 안전을 위한 기체용 낙하산 탑재
- 탄소 섬유 프레임 구조로 강성 확보
- 가족용 이동 수단으로는 부적절

2.4 경항공기형 - Lillium Jet

2015년에 다니엘 비간트(Daniel Wiegand) 등 4명에 의해 독일 뮌헨에서 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 2019년에서 2024년의 기간 동안 인증 획득 및 양산 체제 구축을 목표로 하고 있다⁷⁾고 발표하였다.



Fig. 5 Lillium Jet, 2017

추진 및 비행동력원으로 쓰이는 36개의 전기 모터는 기존 항공기에서의 유압장치나 기어박스 등을 쓰지 않는 방향타 및 수평 안정기 등과 결합하여 어느 방향으로도 추진력을 낼 수 있는 구조를 가진다. 이러한 구조로 기존 제트 항공기 대비 1/1,000 수준의 부품 구성의 단순한 구조로 운항 시의 유지보수비용이 적다.

전기 모터에 의해 이륙할 때는 일반적인 화물차량 수준의 소음만 유발되며, 지상 이동 중에는 별도의 전기 모터로 전기동력 차량과 비슷한 소음으로 주행할 수 있다. 기체 제원은 날개폭(Wing span)이 11 m라는 것 이외에 공개된 내용은 없다.⁷⁾

- 소형 프로펠러 유닛의 최대 출력으로 이륙
- 비행 중에는 추진력을 발생시키는 역할
- 바퀴는 보조 주행 역할

2.5 항공기형 - Hyundai UAM

2020년 1월에 현대자동차가 미국의 소비자 가전전시회에서 도심 항공 모빌리티 「S-A1」을 공개하였다. 이 기종은 비행 이동 수단의 특성상 저속 이동은 어려우나, 공간을 가로지르는 이동이 가능하다.

기체의 길이와 폭, 높이가 10.7×16×15(m)에 이르는 크

기로, 미항공우주국이 정의하는 소형 PAV에는 해당하지 않으며, 전문 조종사가 필요하다. 동체 크기로 인해 도심지 이착륙은 어려우며, 도시와 도시 사이를 오가는 공유허공기에 적합하다. 수직 이착륙 기능의 소형 여객기 형태로, 환승용 거점 허브(Hub)에 이착륙하는 콘셉트를 통해 미래 도시의 변화도 제안하였다.⁸⁾

- 1회 충전으로 100 km 거리 비행 가능
- 전기 추진 수직 이착륙(eVTOL : electric Vertical Take Off and Landing)
- LA와 델러스를 2023년까지 연결 목표
- 우버 엘리베이트와 파트너십으로 개발
- 수소 충전은 5~7분 소요

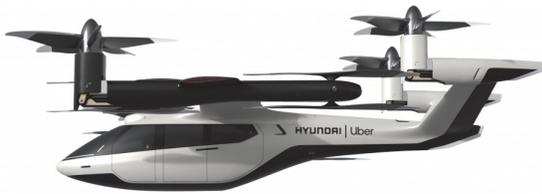


Fig. 6 Hyundai UAM S-A1, 2020

3. 도심 항공 모빌리티의 분석

3.1 도심 항공 모빌리티의 주요 특징

2장에서 살펴본 항공 모빌리티는 모두 도심지를 운행한다는 공통점을 가지고 있으나, 「EHang AAV」만이 1인승 소형 드론 개념의 비행체이다. 나머지는 차량형 또는 항공기형으로, 공히 날개의 가로 폭(Wing span)을 기준으로 8.8m에서 16m에 이르는 대형 동체를 가지므로, 시가지 도로에서의 이착륙은 불가능하다. 이들 항공 모빌리티의 특징은 이착륙 방식, 운용 방식, 동체 유형 등으로 비교해볼 수 있다.

3.1.1 이착륙 방식

고찰대상의 항공 모빌리티의 이착륙 방식은 3개 기종이 수직 이착륙(VTOL)이 가능하며, 1개 기종은 단거리 활주(STOL) 방식을 가진다. 이러한 이착륙 특성에 따라 도심 항공 모빌리티는 기존 항공기와는 다른 접근이 요구된다. 특히 도심지에서의 이착륙 시의 동력 소음과 이착륙 시의 동체 자세 안정성 등이 주요한 기능 요인이 될 것으로 보인다.

이들의 순항 비행 속도 범위는 시속 130~280 km 사이이며, 항속거리는 비행체에 따라 16 km에서 최대 750 km 까지이고 지상 주행 가능 최고 속도는 시속 100 km이다.

3.1.2 운용 방식

고찰대상 도심 항공 모빌리티의 탑승 인원은 드론형 「EHang AAV」이 1인승(2인까지 탑승 가능), 에어로모빌 4.0은 2인승, 그리고 나머지 두 기종은 조종사를 제외한 승객 4명의 탑승이 가능하다. 이는 기존의 소형 여객기보다 적은 탑승 인원의 캐빈으로 기체 소형화를 통해 이륙 중량 경량화와 도시 내 운항을 고려한 것으로 보인다.

그러나 대중교통수단의 관점에서 볼 때 비행 모빌리티는 승객의 출발지와 목적지를 직접 연결하는 문전연결성(門前連結性: Door to door connectivity)을 가지기는 어려우므로, 목적 기반 차량(PBV; Purpose Based Vehicle) 형태의 육상 이동 수단과 결합 되어 항공 모빌리티가 공항터미널과 같은 환승 거점에 도착하면 승객들은 PBV로 옮겨 타고 최종 목적지까지 이동하는 운용 방식을 취하게 된다.

3.1.3 동체 유형

고찰대상의 항공 모빌리티는 드론의 형태를 가진 「EHang AAV」를 제외하면, 주익(主翼)의 가로 폭(Wing span)이 8.8m에서 16m까지 분포한다. 이에 따라 차량형 도심 항공 모빌리티는 도로 주행 시에 타 이동 수단과의 안전거리가 요구된다. 이에 동체 유형은 캐빈에 의한 기체의 크기나 용적보다는 비행을 위한 날개의 전개와 수납을 위한 기체 형태에 대해 주목해야 할 것으로 보인다.

차량형 동체를 가진 「에어로모빌」은 수납식 날개구조로 이를 해결하고 있지만, 확장된 전체의 날개폭(Wing span)이 넓어서 지상에서의 이동 시에는 크기가 큰 항공기 동체와 유사함을 볼 수 있다.

도심 항공 모빌리티의 동체는 날개를 제외하면 객실용 캐빈이 중심 구성요소가 되며, 공기역학을 고려한 형상과 차량형은 지상 주행을 위한 구동 및 조향을 위한 차륜에 대한 고려가 필요하다. 특히 지상 주행 비중이 높은 「에어로모빌」은 항공기보다는 승용차의 차체에 가까운 형태이며, 「에어로모빌 5.0」에서는 승용차와 더욱 유사한 모습을 볼 수 있다.

이러한 내용을 요약한 Table 1에서는 도심 항공 모빌리티 유형으로 드론형, 차량의 형태를 가진 플라잉 카(Flying car), 항공기 유사 유형 등의 구분과, 이·착륙 활주 거리가 짧은 수직 이착륙(VTOL) 및 단거리 활주(STOL) 방식, 고도 등을 비교하면, 기존 항공기와는 다른 동체 디자인의 특징을 가지게 될 것으로 볼 수 있다.

3.2 도심 항공 모빌리티의 변화 요인

3장 1절의 고찰을 정리한 Table 1의 비교를 바탕으로 도심 항공 모빌리티 동체의 디자인 변화 요인을 정리하

Table 1 Functional differences of UAM models from airplanes

	EHang AAV	AeroMobile 4.0	Lillium Jet	Hyundai UAM S-A1
Speed	130 km/h	Driving 160 km/h Flying 360 km/h	280 km/h	240 km/h
Flying ranges	16 km	Driving 100 km Flying 750 km	60 minutes (300 km)	100 km
Number of passengers	1	2	4+pilot	4+2 pilots
Altitudes	500 m	600 m	400 m	300 ~ 600 m
Propulsion systems	2 blades rotor× 8	Electric driving+turbo engined single propeller	Electric compact rotor×36	Take off & landing rotor×6 propulsion rotor×4
Take off & landing	VTOL	STOL	VTOL	eVTOL : electric Vertical Take Off and Landing
Dimensions (L×W×H)	3.86×5.5×1.44(m)	5.9×2.2×1.5 (m) Maximum wing span 8.8 (m)	Wing span 11(m)	10.7×16×15 (m)

면 비행 고도, 양력 확보, 동체 조형 등으로 살펴볼 수 있다.

3.2.1 비행 고도

고찰된 도심 항공 모빌리티의 비행 고도는 지상 300 ~ 600 m이며, 이들 도심 항공 모빌리티 중에는 승객 대피용 낙하산이 내장된 사례가 있으나, 도심 항공 모빌리티의 300 ~ 600 m 비행 고도에서 추락 발생 시 자유 낙하 속도 9.8 m/sec를 가정하면, 지상 충돌까지는 불과 30 ~ 60 초 이내의 짧은 시간밖에 확보될 수 없다.

스카이다이빙(Skydiving)에서 낙하 인원의 안전한 지상 착지를 위해 요구되는 낙하산 전개 시점이 최대 3,000 ft(약 914 m) 이상의 높이에서, 최소 지상 2,000 ft(약 600 m) 이상의 높이이어야 한다⁹⁾는 점을 고려해보면, 도심 비행 모빌리티의 비행 고도 300 ~ 600 m 범위에서 유사시에 승객 개인의 낙하산 활용은 불가능할 것으로 보인다. 따라서 동체 구조에서는 높은 비행 고도의 항공기와는 다른 관점의 안전장비가 요구될 것으로 보이며, 동체 구조 역시 좌석에서 승객을 보호할 수 있는 개념의 검토도 필요할 것으로 보인다.

3.2.2 양력 확보

비행체의 양력은 날개의 단면 형상(Airfoil)으로 얻어지며, 높은 양력을 얻기 위한 두꺼운 날개는 반대급부로서 항력 계수(Coefficient of drag)가 증가하는 부작용을 동반하게 된다.

승객 수송용 여객기 날개는 추락 가능성을 낮추기 위한 높은 양력을 얻기 위한 두꺼운 날개와 다수의 엔진 탑재로써 일부 엔진의 고장 시에도 활강에 의한 비상착륙이 가능하나, 두꺼운 날개로 인한 항력증가로 속도에는 불리하다. 반면, 전투기 날개는 얇은 단면 형상으로 기동



Fig. 7 Boeing BC747 with thick airfoil



Fig. 8 Lockheed Martin F-22 with thin airfoil

성은 유리하나 상대적으로 양력은 적어 엔진 고장 즉시 추락하는 단점을 가지고 있다.¹⁰⁾

Fig. 9에 제시된 각 비행체의 유형 별 날개의 단면 형상은 두께 변화에 의한 단면 형상 및 양력에 의한 차이¹¹⁾를 볼 수 있다. 이들 중 상대적으로 두꺼운 날개의 여객기(Airliner)의 날개 단면과 얇은 날개 두께의 음속 전투기(Supersonic interceptor)의 항공기의 기능 차이는 날개 두께의 공기저항계수에 의한 차이를 보여준다.

이러한 특성을 바탕으로 과거에는 높은 양력 확보를 위해 큰 곡률의 날개 단면 형상, 또는 두 장의 날개로 양력을 높인 복엽기(複葉機; Biplane)가 개발되기도 하였다. 복엽기는 비행 속도는 느리지만, 상승력과 선회력이 높은 특징을 가진다. 이러한 이유에서 1914년 이후 제1

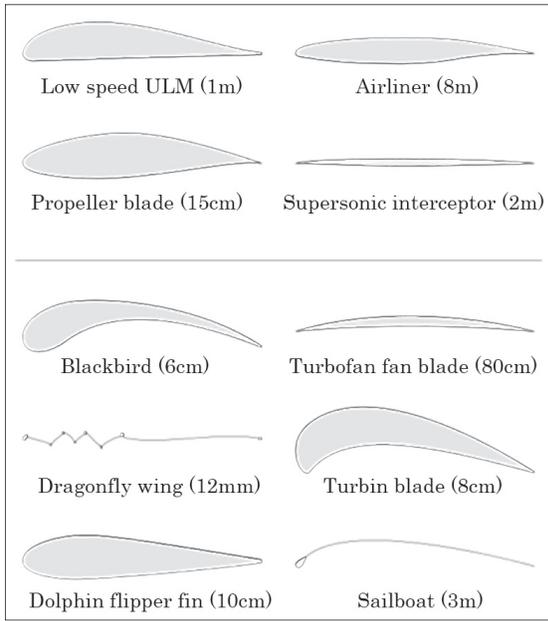


Fig. 9 Cross sectional shapes of airfoils

차 대전에서 항공기에 의한 대규모 공중전에서 더 좋은 비행성능의 기체에 대한 요구가 커짐에 따라, 양력 확보에 유리한 복엽기가 다수 등장하기도 했다.¹²⁾



Fig. 10 Biplane Antonov AN-2, 1947

1947년에 개발된 20세기의 마지막 복엽 구조 기체로 알려진 「AN-2」는 실속(失速; Stall speed)으로 인한 양력 상실에 따른 추락 사고는 현재까지 전혀 없는 것으로 보고되고 있으며, 실질적인 최소 실속 속도 및 이륙 가능 속도가 시속 50 km로서, 저속 양력에서 우위를 가지는 것으로 알려져 있다. 이에 따라 초속 16 m의 풍속에서 생성된 양력으로 공중에 뜬 채 멈추어 있기도 했다는 비행 기록도 발견¹³⁾되는 것으로 알려져 있다.

「AN-2」는 최고 속도 258 km/h(160 mph, 139 kn), 순항 속도 190 km/h. 항속거리는 845 km에 이른다. 복엽 구조의 기체는 양력 확보에는 유리하나 날개 단면적 증대에 의한 항력 계수 증가로 낮은 동력 효율성은 존재한다.

3.2.3 동체 조형

3장 1절의 고찰 내용에서와같이 도심 항공 모빌리티는 기존의 항공기에 대비해 저속, 저공비행 특성을 가지므로, 동체 디자인은 높은 양력에 의한 안정적 비행 특성과 그러한 안정성을 추상적으로 나타내는 조형이 요구된다.

이는 도심 항공 모빌리티 이용객들의 신기술 수용에서 비행체 외형이 추락 가능성이 적은 이동 수단으로서의 구조와 디자인 이미지에 의한 신기술 수용 태도에 작용하는 요인이다. 이에 따라 도심 항공 모빌리티는 도심 운항을 위한 단거리 이착륙(VSTOL) 및 수직이착륙(VTOL) 기능을 뒷받침하기 위한 양력이 큰 동체 구조가 요구된다.

종합적으로 도심 항공 모빌리티 동체의 조형 요인은 양력 확보와 유지를 위한 날개 단면 형상과 기체와의 기능적인 효율성과 구조 경량화가 비행성능 확보를 위한 가장 중요한 요소이며, 비행체의 외형이 추락 가능성이 적은 안전한 동체로서의 디자인 이미지 역시 기술 수용 인자 요인으로 작용한다고 요약할 수 있다.

4. 루이지 콜라니와 조형

4.1 유기체적 조형의 천착

2019년에 91세의 나이로 타계한 루이지 콜라니(Luigi Colani)는 1928년 베를린에서 영화 세트 설치가로 일하던 스위스인 아버지와 폴란드인 어머니 사이에서 태어나 베를린에서 회화와 조각 교육을 받았다. 이후 자동차 디자인 스튜디오에서 일하려는 목표를 가지고 19세부터 프랑스에서 10년여 동안 여러 경주용 차량 제작소에서 경험을 쌓는다.

이후에 그는 파리-소르본 대학교(University Paris-Sorbonne)에서 공기역학을 공부하면서 차량과 비행기 조형에서 공기역학의 중요성을 발견한다. 그는 1950년대 중반 베를린으로 돌아와 자신의 스튜디오를 열고 디자이너로 경력을 시작했으며, 1968년부터 가구 디자인에 집중해 유선형 가구 디자인을 내놓는다.¹⁴⁾

그는 1970년부터 운송기기 디자인을 시작하는데, 그의 유기체적 조형이 국제적으로 알려지면서 1982년부터는 일본에 정착해 활동하면서 유기체적 디자인의 유행을 만들기도 한다. 그는 지구상에 존재하는 모든 생명체는 가장 효율적이고 안정적 생명 활동을 위한 신체 구조로서 유선형과 곡선 형태를 가지고 있다는 사실을 바탕으로 유기체적 조형이야말로 가장 기능적 형태라는 견해를 제시한다.¹⁷⁾

그는 또한, 직선은 둥근 지구 표면에 존재하는 미시적

현상(微視的 現象)에 불과하다고 주장했는데, 그러한 이유에서 400 m 길이의 컨테이너 운반선 선체 디자인에서 중앙부가 양 끝에 비해 1 cm 높은 곡선을 가져야 둥근 지구상의 대양을 구조적 피로 없이 안정적으로 항해할 수 있다고 그의 전성기의 활동 시절인 1980년대에 일본의 매체 발행인 후지모토와 인터뷰하기도 하였다.¹⁹⁾

그는 2013년에 한국을 방문해 실시한 특별 강연에서 곡선·곡면 조형은 자연의 원리를 담은 기능적 조형이라는 견해를 밝히기도 하였다.

4.2 루이지 콜라니 조형의 연대기적 고찰

4.2.1 1960년대

초기에 루이지 콜라니는 가구 디자인 스튜디오를 운영하면서 인체와 밀접하게 접촉하는 가구에 유기체적 조형을 적용했다.

이 시기의 조형 중 1965년의 거실용 소파(Couch) 시리즈는 현대 미술에서 비구상적 추상 조각의 유형을 제시한 조각가 헨리 무어(Henry Moor)의 현대 조각을 연상시키는 자유 곡선에 의한 유기체적 조형을 제시하였는데, 이 제품은 놓이는 장소의 환경을 압도한다는 평가¹⁷⁾를 받기도 했다. 이후 1968년에 합성수지 소재를 사용해 대량생산이 가능한 제품으로 전체에서 반복되는 곡선과 원을 주제로 한 조형의 「폴리 루프 체어(Poly Loop Chair)」를 선보였다.



Fig. 11 Organic Couch Series, 1965



Fig. 12 Poly Loop Chair, 1968

4.2.2 1970년대

1970년대에 콜라니는 운송기기의 디자인을 시작했는데, 유기체적 유연한 형태를 유지하면서도 모서리를 강조하는 방법과 이동의 방향성을 암시하는 형태를 운송기기뿐 아니라, 육조와 세면기 등 실내 공간을 구성하는 다양한 제품에도 적용한 것을 볼 수 있다.

이 시기의 조형에는 대표적으로는 개구리의 형상을 응용해 바이크와 탑승자의 신체를 모두 덮는 형태로써 항력 계수를 낮추는 개념으로 디자인 한 바이크 차체가 있다. 이 디자인은 복잡한 형태를 가진 바이크의 공기저항계수를 낮추기 위한 시도로 연구되었다.

한편, 1977년에 발표한 보잉(Boeing) 항공사를 위한 1,000명의 승객을 수용하는 규모의 초대형 여객기 「메갈로돈(Megalodon)」은 그 명칭에서와같이 현생 어류 상어(Shark)의 시조가 된 고생대 어류의 전체 형상에서 발상



Fig. 13 Frog bike, 1975

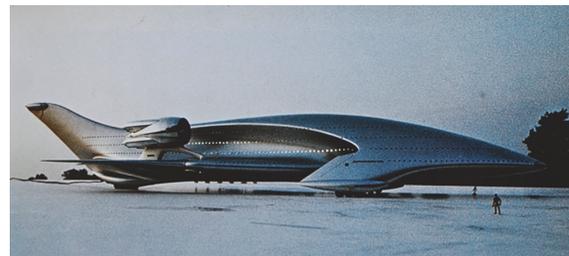


Fig. 14 Megalodon, 1977



Fig. 15 Luigi Colani's Flying Boat, Fokker X114, 1977

한 이미지로서 ‘상어 비행기(Shark plane)’라는 별칭을 얻기도 했다.¹⁸⁾

같은 시기 1977년에 발표한 수상 비행정(飛行艇) 「X114」의 형상에서는 유선형의 효율성과 감성을 고려한 디자인을 제시한 것을 볼 수 있다.

4.2.3 1980년대

1980년대에는 우주선 기체 형상의 디자인 제안을 내놓는데, 기본적인 형상은 미국 항공우주국(NASA)에서 개발한 삼각형 날개의 우주왕복선 동체와 같으면서, 전체 형태는 원뿔을 길이 방향으로 절단한 개념으로 중앙에는 수직 방향으로 지면을 지지하는 구조물이 있는데, 비행 시에는 그 구조물이 180도 회전해 수직 미익으로 기능하는 구조라는 해설³⁾을 볼 수 있다.



Fig. 16 Rockwell space shuttle Polymorph, 1982



Fig. 17 Concept Hypersonic Plane, 1983

이는 우주왕복선이 우주에서 지구 대기권으로 재진입해 활공 시 비행하는 기능을 위한 것으로, 이러한 대비되는 조형은 곤충이 유충에서 성체로 성장하는 과정에서 다양한 모습으로 변화하는 변태(變態) 과정을 의미하는 「폴리모프(Polymorph; 다형체)」 개념이라는 해설³⁾도 볼 수 있다.

1983년에는 일본항공(Japan Airlines)의 기체 디자인 개발을 위한 콘셉트 조형을 통해 음속으로 비행 가능한 여객기의 기체 조형의 아이디어를 제안했다. 이 기체의 디자인은 구체화 되지는 않았으나, 동체와 날개의 연결 구조를 기계적 관점이 아닌 조류의 신체 형상을 바탕으로 고안한 것을 볼 수 있다.¹⁵⁾

4.2.4 1990 ~ 2000년대

2002년에 제시한 컨테이너 수송 트럭의 디자인은 그가 이미 1978년에 제안했던 트럭과 같은 형태이지만, 캐빈을 실린더 형태의 탱크로리 형태에 맞추어 다시 제안한 것으로, 탱크로리와 일체감을 높이고, 탱크로리의 차륜 부분을 모두 감싼 형태로 보완한 것이다. 여기에서는 차체에서 모서리를 강조하고 곡면에 당김(Tension)을 명확히 해서, 1978년의 첫 번째 제안의 조형보다 역동성과 방향성을 강조하였다.¹⁶⁾



Fig. 18 Colani Spitzer-Sillo Truck, 2002

4.3 루이지 풀라니의 조형 특징

루이지 풀라니의 조형은 각각의 사례별로 다양한 형태특징을 가지고 있다는 점에서, 개별적 예외성 속에서 공통적 특성에서 일반화된 성격을 집단화된 개념으로 파악하는 「환원주의적 유형화 방법」을 주장한 이언 모리스(Ian Morris)의 설명을 참조할 수 있다.

환원주의(Reductionism)는 복잡한 실체가 그보다 단순한 기본 실체로 이루어져 있다고 전제하고, 전자에 대한 설명을 후자의 설명으로 대체하는 입장¹⁷⁾을 의미하는데, 풀라니의 다양한 유기체적 조형은 그 세부 형태에서는 매우 다양한 특징을 가지고 있지만, 그 근본 원리는 유기체의 형태를 바탕으로 하고 있다는 점에서 환원주의를 적용할 수 있다고 보았기 때문이다. 이를 통해서 살펴본 루이지 풀라니의 주요 제품의 조형은 유기체 활동의 효율성을 높이기 위한 기능적 형태로서 발상한 조형이라고 할 수 있다.

주요 특성은 유기체 생명 활동의 효율성을 높이기 위한 신체 구조에서 유래된 유선형(Stream lined), 물리적

Table 2 Characteristics of colani designs

	1960s Organic Couch Series	1960s Poly cor Loop chair	1970s Frog Bike	1970s Mega- lodon	1980s Rock well space shuttle	1990s Aero Freigh- tliner
Stream lined	○	○	○	○	○	○
Sharp edges	△	△	△	○	○	○
Directional	△	○	○	○	○	○
Tensional surfaces	○	△	△	○	○	○

강성을 높이기 위한 날카로운 모서리(Sharp edges), 이동 효율을 높이기 위한 방향 지향성(Directional), 그리고 운동에 의한 신체 표면의 당김(Tensional) 등으로 구분된다. 이들 조형 개념은 유기체가 공기 중이나 수중 이동 시의 저항을 줄이기 위한 생명 활동의 결과로 나타난 것으로, 폴라니의 작업에 응용되었다.

Table 2는 1960년대부터 1990년대에 이르는 시기의 루이지 폴라니의 주요 조형 특징을 유형화 방법으로 정리한 것으로, 그의 조형 작업의 특성이 시간의 흐름과 함께 전체적으로 확대 적용되어왔음을 볼 수 있다.

초기의 카우치 시리즈 조형은 유기체에서 나타난 유연성이라는 특징을 가지고 있으면서, 모서리를 강조하지 않았으나, 면의 당김은 볼 수 있었다. 이후 1970년대의 항공기 조형에서는 명확한 유선형과 모서리 강조, 지향성, 면의 당김 등을 볼 수 있다. 이를 통해 폴라니의 전반적인 디자인에서 개념과 조형양식이 통합적으로 적용되는 일치도가 점차 높아져 왔음을 확인할 수 있다.

폴라니의 조형 특징을 집약한 것이 Fig. 19의 환형(環形) 날개(Annular wing)를 가진 비행체를 위한 폴라니의 스케치이다. 1980년대 초반에 발행된 문헌⁶⁾에서 제시된 폴라니의 스케치는 곡선으로 구성된 형태이면서 그의

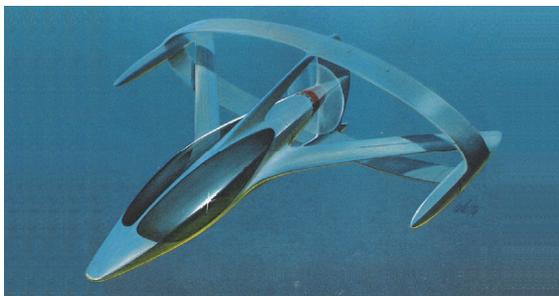


Fig. 19 Colani's sketch for Annular wing plane

「바이오 디자인(Bio Design)」이라고 칭해지는 유기체적 형태의 개념을 볼 수 있다. 또한, 이 스케치에서는 복엽(複葉, Biplane) 구조의 날개로써 최대의 양력 확보를 위한 구조를 환형(環形) 날개(Annular wing)로 구체화 시킨 것을 볼 수 있다.

5. 도심 항공 모빌리티 디자인 변화 요인

5.1 동체 디자인 변화의 요인

Table 3은 항공 모빌리티 조형 변화 요인을 요약한 것으로, 물리적으로는 항공기에 비해 낮은 고도와 느린 속도로 운행된다는 점에서 도심 항공 모빌리티의 날개는 오히려 높은 중요도를 가지게 될 것으로 보이며, 양력 확보를 위한 단면 형상과 그와 관련된 항력 계수 감소 또한 주요 인자가 될 것으로 보인다.

도심 항공 모빌리티 날개 구성과 설계의 물리적 요인에서는 기존 항공기와는 다른 접근방법을 가져야 함을 2장과 3장에서 확인할 수 있었다. 이를 구체화하는 개념은 복엽, 혹은 환형의 날개구조 적용 가능성 검토도 가능할 것으로 보인다. 이러한 날개 조형은 객실의 패키징이나 좌석 배치, 좌석 자체의 디자인과 결합해서 검토되어 동체 형상의 변화 요인으로 작용할 것으로 보인다.

Table 3 UAM wing design factors

Wing factors	Low speed & low altitude
Maximize lift force	Biplane or annular wing
Less coefficient drag	
Airfoil thickness	

5.2 동체 디자인의 시사점

4장 3절과 5장 1절의 내용을 통해 더욱 다양화된 유형의 도심 항공 모빌리티의 동체 디자인을 위한 조형적 시사점을 도출할 수 있다. 종합적으로는 동체 조형에서 유선형의 형상, 날카로운 모서리, 방향성을 가진 조형, 큰 곡률을 가진 탄력(Tension) 있는 면의 적용 등이나, 이들 특성은 구체화 과정에서 다양한 감성을 가진 가시적 형태로 나타남과 아울러, 날개의 양력 확보와 그와 관련된 항력 계수 감소와 결합할 수 있다.

Table 4 Implications for UAM fuselage designs

Fuselage design factors	Wing types
Stream lined fuselage	Biplane or annular wing
Sharp edges	
Directional shapes	
Tensional surfaces	

Table 4는 동체와 날개의 결합 내용을 정리한 것으로, 동체의 조형은 4장 3절에서 도출된 꼴라니의 유기체적 조형의 형상 특징으로 구성될 것으로 보이며, 날개 디자인은 양력 확보를 위한 복엽 구조 또는 환형의 날개를 채택하면서도 그것을 동체의 조형으로 구현하는 방법에서는 곡선과 곡면의 결합에 의한 유기체적 조형을 지향하는 것으로 정리할 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 최근에 등장한 도심 항공 모빌리티의 특징, 루이지 꼴라니 조형의 특징, 그리고 그들을 통한 향후의 다양화 될 도심 항공 모빌리티 동체 디자인을 위한 시사점을 살펴보았다. 구체적으로는 사용성 중심의 모빌리티 중에서 도심지 이동을 위한 항공 모빌리티의 고도와 속도에 따른 기능적 특징 고찰을 통한 항공 모빌리티의 디자인 변화 방향의 시사점을 살펴보았다.

이를 통해 도심 항공 모빌리티의 동체 조형 요인은 항공기의 기능적 요인과 유사하지만, 비행 고도와 속도 등의 차이를 고려한 유선형, 날카로운 모서리, 방향성을 가진 조형, 큰 곡률을 가진 면의 적용 등으로 요약할 수 있으나, 날개의 양력 확보와 그와 관련된 항력 계수 감소가 고려되어야 함을 도출할 수 있었다.

날개 디자인은 복엽 구조, 또는 환형의 날개를 조형적으로 구현하는 방법에서는 곡선과 곡면의 결합에 의한 유기체적 조형의 가능성을 볼 수 있었다. 이러한 특성을 가지는 도심 항공 모빌리티가 항공기 대비 저공비행 및 저속 비행의 특성을 가지므로, 그러한 조건에서의 추락 시에 대비한 승객의 생존성 확보와 안전성을 위한 동체 디자인에서 항공기와는 다른 개념의 차체 구조에 관한 검토도 필요할 것으로 보인다.

본 논문에서 도출된 이러한 시사점은 기존의 조형을 위한 각 유형의 항공 모빌리티 고찰을 바탕으로 한 거시적 방향이기는 하지만, 다양한 유형으로 나타날 것으로 보이는 도심 항공 모빌리티의 디자인 개발을 위해서는 운용 지역이나 거리 등에 따른 항공 모빌리티의 콘셉트에 따른 세분된 조형연구가 필요할 것이다.

References

- 1) P. Adey, Airports and Air-mindedness: Spacing, Timing and Using Liverpool Airport 1929-39, *Social and Cultural Geography*, Vol.7, pp.343-363, 2006.
- 2) UAM Industry of the world, UPI News, 2020.1.8.
- 3) A. Fujimoto, *Car Styling* Vol.23, 34, 46, Car Styling Publishing Co, Tokyo, 1978, 1981, 1984.
- 4) Retrieved from <https://www.nasa.gov>, 2022.5.29.
- 5) Retrieved from <https://www.ehang.com/index.html> 2020.7.18.
- 6) AM NEXT, Retrieved from <https://www.aeromobil.com>, 2022.9.26.
- 7) Lilium.com/the-jet, Retrieved from <https://lilium.com>, 2020.7.18.
- 8) UAM-mobility Technology in the Sky, Retrieved from <https://tech.hyundaimotorgroup.com/kr/mobility-device/uam>, 2022.9.26.
- 9) Retrieved from <https://skydivecal.com>, 2018.7.3.
- 10) Korea Aerospace Research Institute Blog, <https://blog.naver.com/karipr/221168027378>, 2022.9.17.
- 11) Examples of Airfoils, Retrieved from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Examples_of_Airfoils.svg, 2022.9.12.
- 12) C. F. Andrews, *The Nieuport 17. Aircraft in Profile No.49*. Leatherhead, Surrey: Profile Publications, 1966.
- 13) T. Harpole, "Antonovs in America" Archived 2012-08-03 at the Wayback Machine p2 Archived 2013-04-08 at the Wayback Machine p3 Archived 2013-04-08 at the Wayback Machine Air & Space/Smithsonian, August 2012. Retrieved 2012.7.31.
- 14) A. Fujimoto, *Car Styling* Vol.34, Car Styling Publishing Co, Tokyo, 1981.
- 15) A. Fujimoto, *Car Styling* Vol.46, Car Styling Publishing Co, Tokyo, p.6, 1984.
- 16) Studios, 1978, Colani, *Designed/Built by Colani, Streamlined Truck*, truck, Retrieved from <https://www.carstyling.ru/en/tag/streamlined+truck> 2022.9.12.
- 17) I. Morris, *Foragers, Farmers, and Fossil Fuels*, Bani, p.32, 2016.