

1. 학사논문 지도교수: 이 관 중

학사논문 주제

1-1 Flettner Airplane의 주익 공력성능해석 및 비행체 초기형상 설계

1-2 연비 향상을 위한 다양한 군집주행 차량 배열 주위의 유동해석

1-3 인간-동력 헬리콥터 개념 설계

1-4 고고도 태양광 비행기 설계를 위한 중량 예측 모델 개발

1-5 고고도 과학기구 형상 설계 및 비행 시뮬레이션

1-6 능동형 공력개선 장치를 이용한 자동차 공기저항 감소 기법

교수 연락처 전화: (02) 880-4151, E-mail: kjiye@snu.ac.kr

실험실: 항공우주비행체설계실험실

연락처 전화: (02) 880-4152, 담당조교: 이상아, E-mail: scirus26@snu.ac.kr

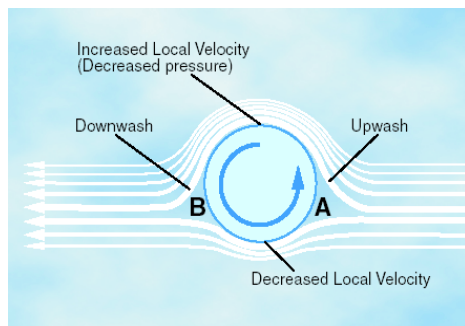
연구실 홈페이지: <http://avdl.snu.ac.kr>

1-1 Flettner Airplane의 주익 공력성능해석 및 비행체 초기형상설계 학사논문 지도교수 : 이 관 중

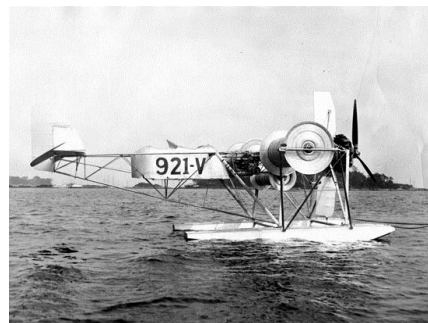
Flettner airplane은 회전하는 실린더를 기존의 날개 대신 장착하여 마그누스 효과로 양력을 발생시키는 비행체이다. 마그누스 효과는 일정방향으로 흐르는 유체(공기)속에서 회전하는 물체가 있을 경우, 물체의 주위에서 유속차이를 발생시켜 유동의 수직인 방향의 힘이 물체에 작용하는 현상이다.(그림 1) Anton Flettner는 이를 활용하여 회전하는 실린더를 배에 장착한 rotor ship을 개발하였고(그림 2), 이러한 로터를 장착한 비행체를 Flettner airplane 혹은 rotor airplane이라 부른다. 마그누스 효과를 비행기에 적용시 일반적인 날개 보다 높은 익면하중을 가지고 실속을 지연시킬 수 있는 장점을 가지고 있으나, 추가적인 구동장치에 의한 기구의 복잡성과 무게 증가에 의한 단점이 발생한다. 그러나 최근 환경오염문제와 에너지 효율성 증대 추세에 따라 마그누스 효과를 이용한 돛이 장착된 화물선이 개발되고 있으며, 고고도 풍력터빈 등의 분야에서 마그누스 효과 장치들이 재조명 받고 있다.

본 연구에서는 Flettner airplane의 주익 공력성능을 해석하고 비행체 형상을 초기설계하는 것이 목표이다. 먼저 Δ 상용 전산유체해석도구를 이용하여 Navier-Stokes 방정식으로 2차원 회전 실린더의 마그누스 효과를 해석한다. 기존 회전실린더 실험결과를 통해 검증은 수행함과 동시에 마그누스 효과 물리현상의 이해와 성능에 영향을 미치는 주요 형상설계파라미터(실린더반경, 회전속도)를 정의한다. 다음 단계로, Δ 3차원 회전하는 실린더 해석을 통하여 성능에 영향을 미치는 3차원 효과를 판별하고, 선행연구에서 수행되었던 end plate 효과, 익단형상에 대한 검증은 수행한다. 마지막으로 Δ 다양한 개념의 비행체 형상(단엽, 복엽 등)을 고려하여 같은 익면하중을 가지는 기존의 비행체의 성능과 정량적으로 비교하면서 최적성능을 가지는 Flettner airplane을 설계한다.

학부논문 과정에서는 위의 연구과정을 수행하면서, 상용 전산유체해석도구의 활용법을 획득하여 마그누스 효과를 이해하고, 비행체의 형상설계를 통해 아이디어가 실제 비행체에 적용되는 과정을 습득한다.



<그림 1> Magnus effect



<그림 2> Anton Flettner's rotor airplane

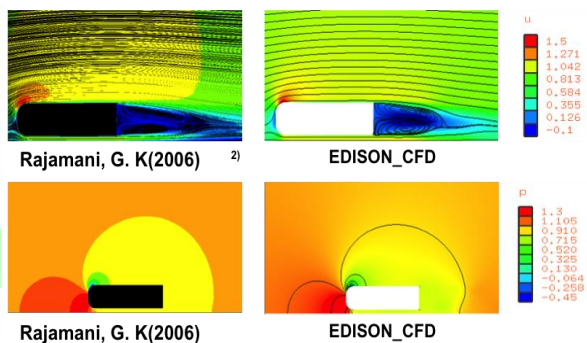
담당조교 : 이상아 (scirus26@snu.ac.kr)

1-2 연비 향상을 위한 다양한 군집주행 차량 배열 주위의 유동해석 학사논문 지도교수 : 이 관 중

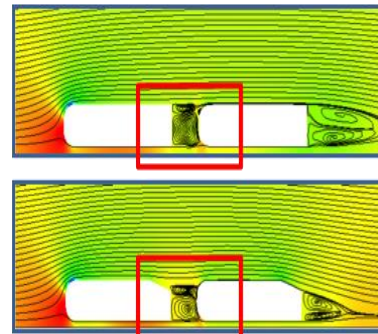
고속으로 주행 중인 자동차의 후류 영역에서는 유동 박리로 인해 기압이 낮은 공간이 발생한다. 이러한 영역을 흔히 슬립 스트림이라 한다. 슬립 스트림 영역에 뒤따라 오는 차량이 진입하면 공기 저항이 줄어들고, 엔진 동력이 줄어들어 선행 차량을 추월할 수 있다.

이러한 슬립 스트림 현상은 자동차 경주에서만 적용할 수 있는 것은 아니다. 일반 차량에도 동일하게 적용할 경우, 자동차의 연비를 개선할 수 있다. 연비와 직접적인 관계가 있는 것은 자동차에 작용하는 저항(항력)이다. 자동차에 작용하는 저항은 크게 구름저항과 마찰저항으로 구분할 수 있다. 구름저항은 바퀴와 지면 사이에 발생하는 저항이고, 마찰 저항은 공기에 의한 저항이다. 일반 도로와 같이 속도가 빠르지 않은 주행에서는 마찰저항은 구름저항에 비해 그 크기가 작기 때문에 무시할 수 있다. 그러나 시속 60km/h 이상에서는 구름저항과 마찰저항의 비가 1이 되며, 속도가 증가할 수록 마찰저항은 속도의 제곱에 비례하여 증가한다. 따라서 100km/h 또는 그 이상의 속도로 주행하는 고속도로에 슬립 스트림 현상을 적용하면, 자동차의 연비를 향상시킬 수 있다.

현재까지 수행된 군집주행과 관련된 연구는 주로 버스 또는 트레일러와 같은 대형차량에, 그리고 동일한 형상과 차간 간격으로 배치를 하여 연구 중에 있다. 그러나 실제 고속도로는 승용차, SUV, 버스, 트럭 등과 같은 다양한 차량이 주행한다. 따라서 다양한 형상의 차량 간격 및 배치 형상에 따른 연비 절감 효과에 대한 추가적인 연구가 필요하다.



<그림 1> 단일 차량 유동 해석의 예



<그림 2> 군집 주행 유동 해석 결과(동종 차량)

이에 학부논문 과정에서는 상용 유동해석 프로그램인 FLUENT 등을 활용하여 승용차, SUV, 버스, 트럭의 네 가지 차량을 조합하여 군집을 이룬 주행형태의 연비 개선을 분석하고, 최적의 조합을 갖는 군집 주행 형태를 도출하도록 한다.

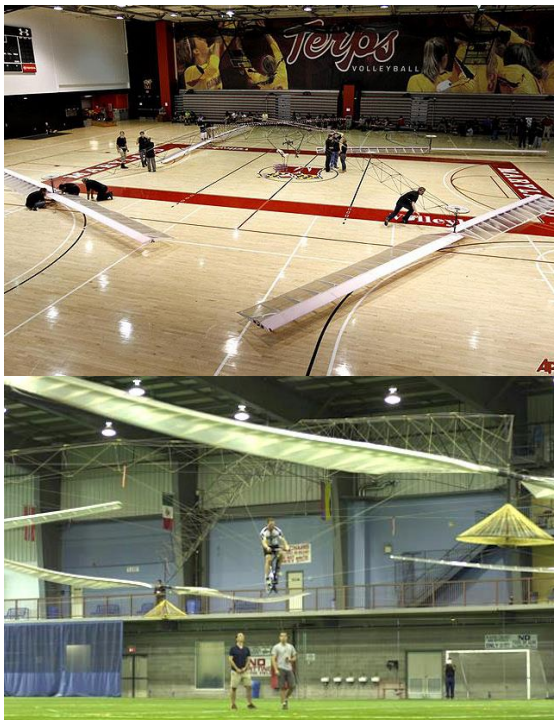
담당조교 : 조준호 (jochun86@snu.ac.kr)

1-3 인간-동력 헬리콥터 개념 설계

학사논문 지도교수 : 이 관 중

American Helicopter Society(AHS)에서는 1980년부터 인간-동력 헬리콥터 대회를 개최하고 있다. 이 대회 임무는 최대 10m×10m 크기의 헬리콥터를 이용해 최소 3m 고도에서 60초 이상 제자리 비행하는 것이다. 인간-동력 헬리콥터의 비행을 성공하기 위해서는 최소의 동력을 가지고 제자리 비행을 하기 위한 헬리콥터 설계가 되어야 한다. 또한, 인간-동력 헬리콥터를 조종하는 조종사가 가벼워야 하고 1분동안 1마력 정도의 동력을 낼 수 있어야 한다.

학부논문 과정에서는 인간의 적은 동력을 이용해 제자리 비행을 할 수 있는 헬리콥터를 설계하려고 한다. XFOIL을 이용해 에어포일의 공력성능계수를 구하고, 기 개발된 깃요소모멘텀(BEMT) 이론과 결합해 3차원 로터의 공력 성능 해석을 수행한다. 기존대회에서 비행에 성공한 인간-동력 헬리콥터형상(Gamera: University of Maryland, Yuri-I: Nihon University 등)을 참조하여 로터 형상 설계 및 해석, 구조설계, 동체설계, 동력전달장치 설계 등을 수행함으로써 항공기 개념설계의 전반적인 부분을 이해하고, 인간-동력 헬리콥터 제원을 결정하는 것을 최종 목표로 한다.



<인간동력헬리콥터 실제형상>

APPENDIX

Dimensions		
Truss Arm Length	31.4 ft	(9.5 m)
Overall Height	7.5 ft	(2.3 m)
Number of Rotors	4	
Number of Blades (N_b)	2	
Rotor Radius (R)	21.3 ft	(6.5 m)
Chord (c)	3.3 ft	(1 m)
Airfoil	Eppler387	
Taper Ratio	None	
Linear Twist	None	
Solidity ($\sigma = N_b c / \pi R$)	0.0979	
Rotor Speed	17-18 (RPM)	
Empty Weight	107.2 lb	(48.7 kg)
8x Rotor Blades	58.3 lb	(26.5 kg)
4x Rotor Shafts	3.7 lb	(1.7 kg)
Airframe	31.9 lb	(14.5 kg)
Cockpit	9.5 lb	(4.3 kg)
Other	3.7 lb	(1.7 kg)
Pilot Weight	106.9 lb	(48.5 kg)
Gross Takeoff Weight	214.1 lb	(97.2 kg)

<인간-동력 헬리콥터 Gamera 설계제원>

담당조교: 모진영 (jintaylor99@snu.ac.kr)

1-4 고고도 태양광 비행기 설계를 위한 중량 예측 모델 개발

학사논문 지도교수 : 이 관 중

해발 약 20km의 고고도에서 운용되는 태양광 추진 무인기(High Altitude Long Endurance solar powered UAV)는 낮 동안 태양에너지를 이용해 비행하고 야간에는 낮 동안 축적된 태양에너지를 이용해 비행하기 때문에 연료의 충전 없이 장기체공이 가능하며 통신 중계 및 관측 등의 임무를 지속적으로 수행할 수 있다. S-HALE UAV를 설계할 때는 일반적인 비행기를 설계할 때와 달리 공력성능과 구조안정성뿐 아니라 태양광 에너지와 required power의 에너지 밸런스 및 체공 성능에 대한 평가가 필요하다. 이러한 비행성능은 기체의 중량에 크게 좌우되기 때문에 정확한 기체중량 예측은 매우 중요하다.

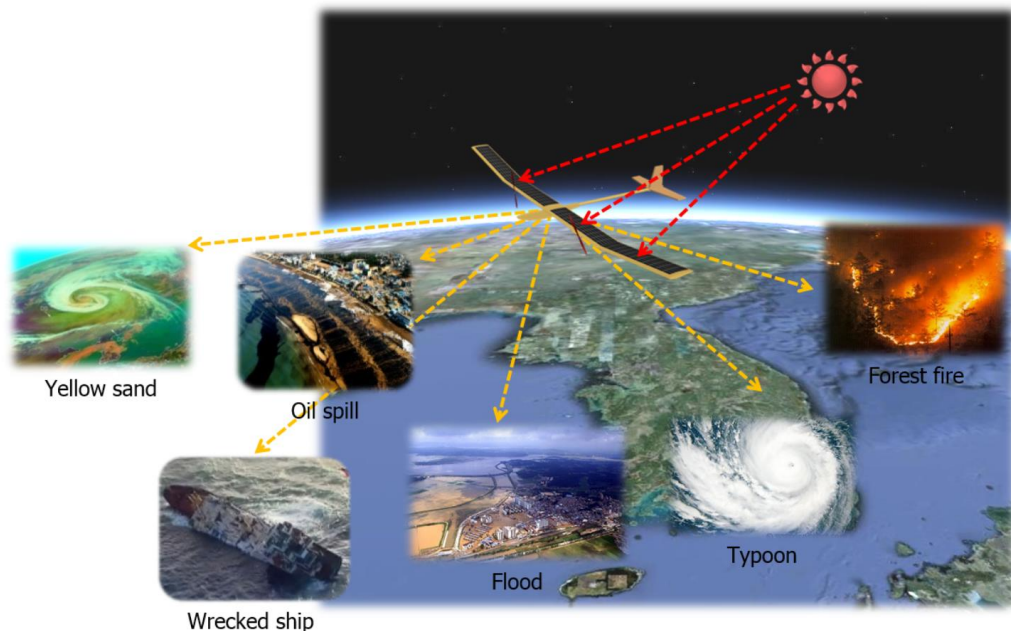


그림 1 S-HALE UAV 임무도

본 연구에서는 현재까지 개발된 태양광 비행기들의 사양과 중량을 조사하고, CAD 모델링을 통해 설계에 따른 중량을 계산해 두가지 결과로부터 새로운 태양광 비행기를 위한 중량 예측 모델식을 도출한다. 이후 도출된 중량 예측식을 이용해 태양광 비행기의 하루 동안의 에너지 흐름도를 계산하고 비행체의 사이즈에 따른 체공성능을 평가한다.

담당조교 : 이상아 (scirus26@snu.ac.kr)

1-5 고고도 과학기구 형상 설계 및 비행 시뮬레이션

학사논문 지도교수 : 이 관 중

고고도 과학기구(High Altitude Scientific Balloon)는 우주, 대기, 태양, 우주환경 관찰 및 측정 등 과학과 관련된 연구를 우주환경과 유사한 해발 약 30km의 성층권에서 수행할 수 있도록 설계된다. 지상 우주환경시험시설 및 인공위성, 로켓 등의 발사체와 비교하였을 때, 고고도 과학기구는 기구를 제작하고 운용하는 설비의 비용이 매우 낮고 제작에서 발사까지의 준비 기간이 짧으며 발사하는 장소에 제약을 받지 않는다는 장점을 가진다. 고고도 과학기구는 크게 기구, 낙하산, 임무수행장비로 구성되어 있으며 기구의 형상에 따라 Zero-Pressure Balloon과 Super-Pressure Balloon으로 구분된다.

Zero-Pressure Balloon은 기구의 바닥부분이 뚫려있어 기구의 필름 내부와 외부의 압력 차이가 없으므로, 대기의 온도 및 압력 변화에 따라 기구의 부피가 변하는 특징을 가진다. 반면 Super-Pressure Balloon은 호박 형태의 모양을 가지며 일정한 부피를 유지하므로 일정한 고도를 유지할 수 있다는 특징을 가진다. 따라서 Zero-Pressure Balloon의 경우 운용 시간이 2시간 ~ 3일 정도로 비교적 짧으며 Super-Pressure Balloon은 100일 이상의 장기간 채공이 가능하다.

본 연구에서는 주어진 임무를 성공적으로 수행하기 위한 Zero-Pressure Balloon의 형상 설계를 수행하고 그 결과를 바탕으로 고고도 과학기구의 비행 시뮬레이션을 수행하여 신뢰할 수 있는 결과를 얻는 것을 목표로 한다. 이를 위해 Zero-Pressure Balloon으로 주로 사용되는 Natural-Shape Balloon의 형상 설계 연구가 진행되며 그 후 기구의 이동 궤적을 예측하기 위하여 기구의 열역학적 특성과 동역학적 특성을 고려한 비행 시뮬레이션 프로그램 개발을 수행한다. 개발된 비행 시뮬레이션 프로그램은 선행연구에서 사용한 프로그램 또는 고고도 과학기구의 실제 비행 데이터를 이용하여 검증한다.



그림 3 Zero-Pressure Balloon

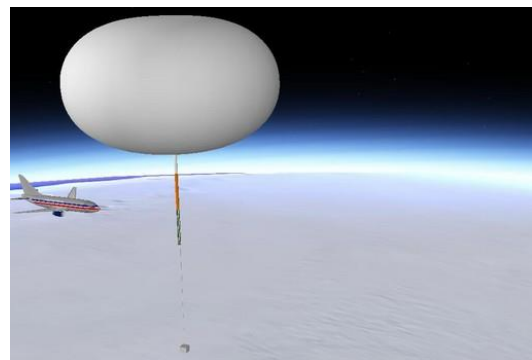


그림 4 Super-Pressure Balloon

담당조교 : 이용선 (y54545454y@snu.ac.kr)

1-6 능동형 공력개선 장치를 이용한 자동차 공기저항 감소 기법

학사논문 지도교수 : 이 관 중

과거에는 자동차 연비에 대한 관심은 유가 상승이라는 경제적인 이유에 의해 높아졌다. 최근에는 화석 에너지자원 고갈과 지구온난화 등 인류 생존 위협에 따른 전 세계 각국의 연비규제와 21세기 화두인 녹색 성장과 그린에너지로 인해 자동차 연비에 대한 관심이 더 높아지고 있다. 이로 인해 승용 차 연비 절감은 경제적인 이유뿐만 아니라 환경문제에 대한 사전 대응 차원에서도 필수적으로 이루어야 한다.

자동차의 연비를 절감하는 방법은 엔진 및 파워트레인 시스템의 효율을 개선하는 방법과 외부 형상을 저공력 특성을 고려하여 디자인하는 방법이 있다. 이중 적은 비용으로 연비를 절감하는 방법은 저공력 형상을 적용하여 차량의 공기역학적 효율을 좋게 만드는 것이다. 그러나 외부형상은 공기역학적 특성뿐만 아니라 디자인적인 감성에 의해서 결정되는 요소이며, 차량 설계시 고려해야하는 많은 변수들로 인해 외부형상의 과도한 변형은 불가능하다. 또한 저속에서 고속에 이르는 전속도 영역에서 하나의 고정된 형상만으로는 원하는 만큼의 공기저항을 줄이기가 불가능하다. 이를 극복하기 위해서는 차량 주행상태에 따라 능동적으로 작동하는 공력개선장치를 통해 주행조건에 맞는 공력 성능을 최적화할 수 있어야 한다.

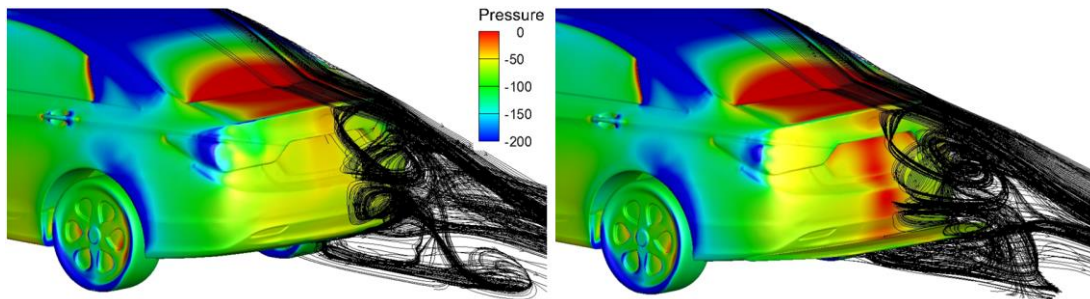


그림 2 능동형 공력저감장치를 자동차 공력개선 예

이에 학부논문 과정에서는 현재 적용되었거나 연구되고 있는 다양한 능동형 공력 개선 장치에 대해 조사하고 분석한다. 대표적인 능동형 공력개선 장치로는 액티브 디퓨저, 액티브 스포일러, 플랩, 가이드 베인 등이있다. 이들 능동형 공력 개선장치 중 하나를 선정하여 CFD 해석을 통해 제어/설계 인자별 공력 데이터를 얻고, 이를 바탕으로 능동형 공력 개선장치의 제어/설계 인자에 대한 최적화를 수행하여 차량 주행상태에 따라 능동적으로 작동하는 공력개선장치를 설계한다.

담당조교 : 조준호 (jochun86@snu.ac.kr)