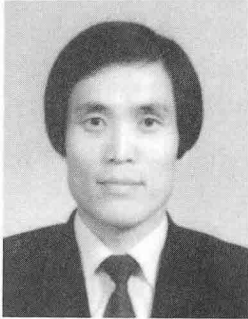


항공우주기술의 미래발전 방향 (1)



金承祚 서울대 항공우주공학과 교수
공학박사

“

항공기가 가진 신속한 기동성, 수송성 및 광범위한 정보 수집 능력등으로 인해 항공기의 국방기술에의 이용은 일찍부터 이루어져 왔고, 성공적인 국방능력 추구에서 빼놓을 수 없는 부분이 우수한 항공력 보유라는 것은 재론할 여지가 없습니다

또한, 항공기술의 응용부분이라 할수 있는 로켓 설계운용기술은 국가방어에 중요한 역할을 하는 미사일 시스템 개발에 필수적인 것이고, 점차 그 이용기술의 효과가 증대되고 있는 인공위성 등의 우주기술도 국방기술확보에 중요한 요소가 됩니다

국방 과학기술 수준의 첨단화를 위한 연구개발 방향에 대한 논의가 민간 수준에서도 많이 이루어지고 있습니다.

그 이유는 우선 문민시대를 맞이하여 많은 국가정책들이 공개적인 토론을 거쳐서 이루어지고, 따라서 국방관련 기술연구정책도 점차 공개적인 논의 대상이 된다는 것입니다.

그리고 막대한 예산이 필요한 국가 국방기술분야의 핵심 연구개발에서 예산당국의 투명한 동의를 얻어내기 위해서는 국방관련당사자들만으로 이루어졌던 의견 및 방향조정이 이제는 외부 관련기술 전문가들의 의견청취가 예산 확보를 위해 필요합니다.

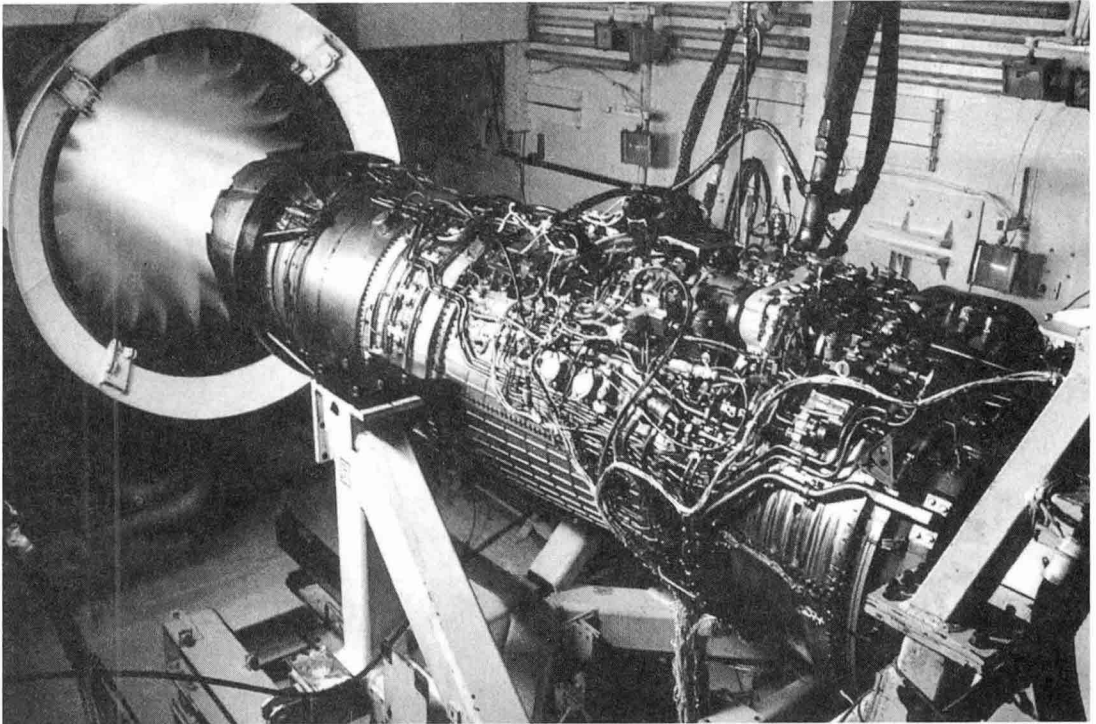
또 다른 이유는 이제 선진국으로 발돋움하는 한국의 실정에 비추어 이때까지 외국에서 손쉽게 획득, 혹은 도입 할수 있었던 핵심적인 국방관련 기술들이 미국을 위시한 선진국들의 강력한 견제에 부딪혀 더이상 필요한 기술확보가 힘들어졌습니다.

따라서 확보해야할 기술을 국내 산업체나 연구소, 대학등의 협조를 받아 자체 개발해야 하는 상황이고, 이를 위해서는 개발이 필요한 분야를 좀더 공개화 해야하기 때문입니다.

더우기 그동안의 국내산업 발전에 따라 몇몇 분야의 기술들은, 기술 수출에 선진국들의 정책적인 제약이 없더라도 우리가 원하는 기술을 가지고 있지 않아서 확보가 힘든 경우도 있습니다. 이러한 경우 당연히 장기적인 안목으로 국내의 연구개발 기반 확보와 이를 통한 필수 기술개발 능력향상이 절대적으로 중요해지는 것입니다.

즉 앞으로 우리기술 수준이 더욱 발전하면 외국으로 부터의 단순한 기술 도입의 필요보다는 자체적인 연구진들에 의한 연구 개발이 더욱 중요해집니다.

이러한 여건변화 및 상황에 따라 국방기술 연구개발계획이 좀더 넓은 범위의 전문가들에 의해 토론되고 논의되어, 세계화와 함께 탈냉전화의 시대일수록 더욱 중요해지는 자주국방능력 배양에 적절히 대처해야 하는 것입니다.



극초음속 항공기 개발을 위해서는 그에 적절한 추진기관의 개발이 필수적입니다 (성능 시험중인 제트엔진)

항공기가 가진 신속한 기동성, 수송성 및 광범위한 정보 수집 능력등으로 인해 항공기의 국방기술에의 이용은 일찍부터 이루어져 왔고, 성공적인 국방능력 추구에서 빼놓을 수 없는 부분이 우수한 항공력 보유라는 것은 재론할 여지가 없습니다.

따라서 첨단 수준의 국방능력 확보라는 관점에서 절대적으로 필요한 것중의 하나가 세계적인 항공기술 확보라 할수 있습니다.

또한, 항공기술의 응용분야이라 할수 있는 로켓트 설계운용기술은 국가방어에 중요한 역할을 하는 미사일 시스템 개발에 필수적인 것이고, 점차 그 이용기술의 효과가 증대되고 있는 인공위성등의 우주기술도 국방기술확보에 중요한 요소가 됩니다.

이들을 전체적으로 항공우주기술이라 칭하여, 이들의 발전방향을 조감해 봄으로써 어떤 특정기술들이 국방기술에 이용될수 있고, 또한 어떠한 기술들이 장래의 국가방위를 위해 연구개발 지원되어야 할 것인지 살펴 보고자 합니다.

항공우주관련 전문분야별 연구개발 토픽

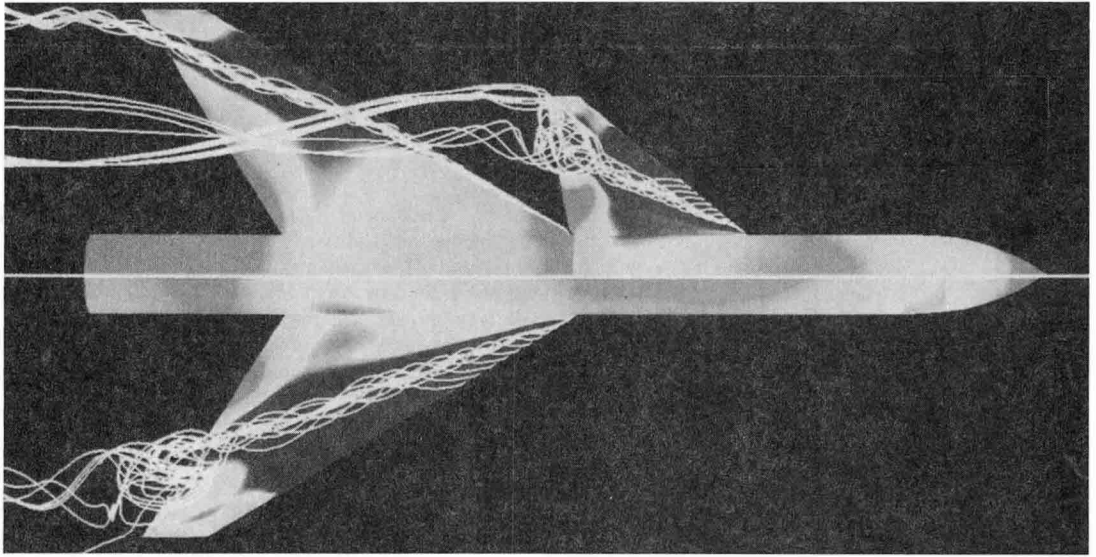
우선 항공기 설계 기초 기술로서 공기역학, 추진, 구조물설계, 신소재, 유도항법등을 구체적으로 살펴보고 여타의 응용기술로서 개발되어야 할 기술들을 살펴보기로 하겠습니다.

• 효율적 외형 설계를 위한 공기역학 기술

지난 50년간에 걸친 효율적인 항공기 외형 설계기술의 발전은 눈부셨으며, 따라서 상당히 효율성이 높은 항공기술이 현재 개발되어 운용중입니다.

그러나 이들 대부분의 기술진보는 세계적인 항공기 외형설계자가 한때 『보기좋은 모양의 외형을 가진 항공기가 역시 효율적인 항공기이다』라고 말했듯이, 주로 풍동시험 및 비행시험 결과등에 입각한 설계자의 경험적이고 감각적인 능력에 의해서 이루어졌다고 볼수 있습니다.

이러한 관점에서 일부 항공기 설계자들 사이에서, 이젠 항공기 외형설계는 특별히 개선할 점이 없다는 분위기에 젖어 있습니다.



전산유체 역학 기법에 의해 모사된 유동특성(압력분포와 와류현상)

그러나 이러한 관점은 이제까지의 외형설계의 발전이 앞에서 언급했듯이, 공기흐름에 대한 철저한 물리적인 고찰에 기초를 두었다기 보다는 경험적이고 감각적인데 근거하였기 때문에 나온 것이라 볼 수 있습니다.

따라서 최근의 컴퓨터를 이용한 해석 기법(CFD)의 발달에 의해 이루어진 공기흐름에 대한 철저한 물리적인 이해는 기존의 경험적인 자료들과 합쳐져서 더욱 효율적인 항공기 외형설계의 길을 열어놓고 있습니다.

특히 군용기들은 저아음속에서 부터 초음속까지의 넓은 속도범위에서 운용되어야 하고 또한 기동성의 향상을 위해 낮은 받음각에서 부터 높은 받음각에 걸쳐서 효율성을 보여야 하므로 첨단 항공기 설계에서 이루어야 할 최적화 요구는 더욱 커지고 있다고 볼 수 있습니다.

이러한 관점에서 외형설계기술 향상을 위한 공기역학적 연구개발 분야를 살펴보기로 하겠습니다.

*** 층류제어기술**

지난 30여년간의 각종 연구결과와 최근 눈부신 발전을 보이고 있는 CFD의 분석기능을 활용하여 적절한 능동적 및 수동적인 제어방법을 개발하면, 전체 항력을 아음속기의 경우 25%, 초음속기의 경우 30%까지 감소시킬수 있

을 것으로 예상되며, 이로 인해 높은 초음속의 경우 기체표면 온도 강하도 가능하게 됩니다.

*** 난류마찰 저항 감소기술**

CFD의 발전에 따라 그간 난류유동에 대한 철저한 이해가 이루어지면, 감지기(Sensor)와 구동기(Actuator)를 활용한 난류 제어 기구(Smart wall)를 활용하여, 동체의 마찰저항을 아음속의 경우 25~30%, 초음속의 경우 10~15%까지 줄일수 있을 것으로 예상됩니다.

*** 조파저항 감소기술**

초음속 전투기에서 조파항력은 유동제어, 조파상쇄기술, 변형된 날개형태(Ring날개, 접합날개), Wave rider개념들을 활용하면 조파항력의 40% 정도까지 줄일수 있을 것입니다.

기타 날개의 평면형상 변화 및 구조적 재배열을 통하여 양력에 기인한 항력을 줄일수 있는 방안, 접합부의 부드러운 외형 설계연구로 간섭항력감소 및 헬기에서 동체형상의 공기역학적 최적설계를 통한 항력감소방안 연구등이 언급될 수 있습니다.

*** 와류조절 기술**

와류를 조절하면 유동의 박리현상을 지연 내지 제어 할수 있으므로 양력증가 및 항력감소가 이루어질수 있고, 또한 꼬리와류를 약화시키거나 재분포시켜 항공기 이착륙시간 간격

을 줄일수 있으며, 꼬리와류로 인한 이착륙 사고를 줄일 수 있습니다.

* 추진관련 공기역학기술

— 초음속항공기 공기흡입구 최적설계

— 통상의 축대칭 노즐형상과 다른 새로운 개념의 노즐(비축대칭 및 2차원 노즐)들을 연구함으로써, 노즐에 기인한 항력을 50%까지 감소시키는 연구

— 헬기 로우터 공기역학에 대한 더욱 철저한 이해를 통해서 저소음, 그리고 높은 양항비를 가져오는 블레이드의 설계개발

• 고효율 항공기 추진기관 설계 개발기술

항공기에서 추진기관의 중요성은 재론할 필요가 없습니다. 항공기의 성능자체가 엔진의 선택에서 출발하며, 엔진이 항공기 가격의 30% 이상을 차지 한다는 면에서 대단히 큰 비중을 가지고 있습니다.

또한 극초음속 여객기등에서 볼수 있듯이 새로운 개념의 항공기 개발을 위해서는 그에 적절한 추진 기관의 개발이 필수적입니다.

새로운 설계개념의 터보팬 및 고속 터보프롭

개발 기술 및 극초음속용 램제트, 터보램제트 공기흡입엔진과 로켓의 복합기관개발 기술등을 위한 기반기술을 언급하면 다음과 같습니다.

— CFD해석기술을 활용한 Fan, 압축기, 터빈의 3차원 내부점성유동의 정밀해석

— 현재의 내열재료보다 250°C~350°C 더 높은 온도까지 견디는 내열재료 개발기술

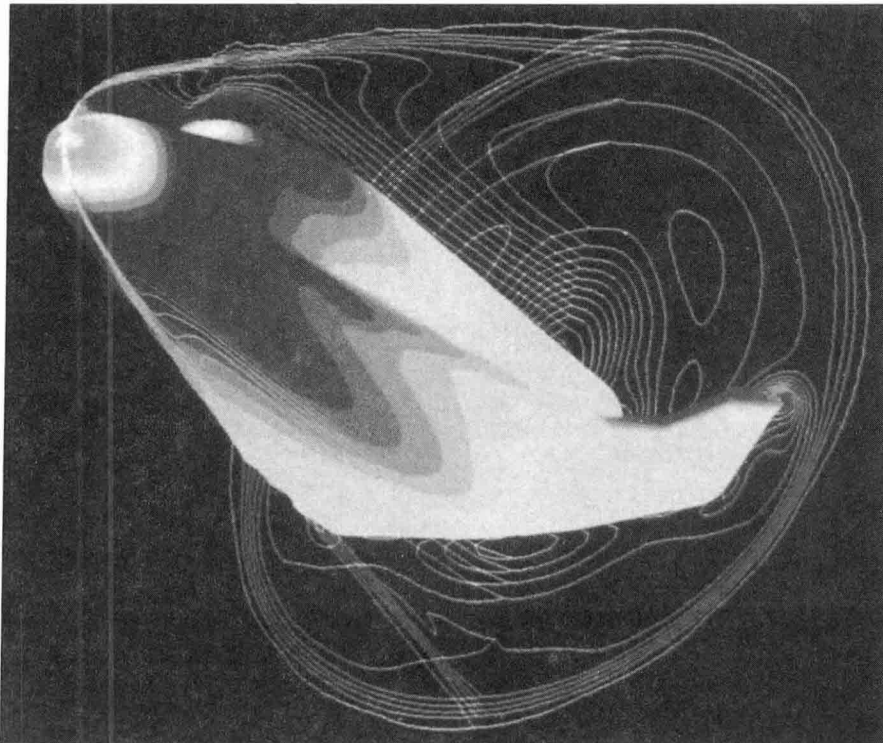
— 개선된 열전달 해석기술을 통해 1600°C에 달하는 엔진의 고온부품을 5~6°C 이내로 정확히 예측하여 엔진개발 비용을 25%까지 낮춤.

— 엔진고온 부위의 온도 및 안전성 확인을 위한 신뢰성 있는 센서기술의 확보

— 고속계산기능의 탑재컴퓨터를 사용하여 엔진의 각부품을 실시간 지능제어하여 운용성을 향상시킬수 있는 스마트 부품개발

— 비교적 낮은 온도범위(300°C까지)에 사용되어지는 금속부품들을 대체할수 있는 가벼운 신소재 복합재료개발. 궁극적으로 500°C~600°C까지 견디는 폴리머 기반 복합재료를 개발하여 엔진의 경량화 달성

— 엔진의 구조동역학적 및 공력탄성학적 해



지난 50년에 걸친 항공기 외형설계기술은 주로 풍동시험과 비행 시험 결과등에 입각한 설계자의 경험적이고 감각적인 능력에 의해 이루어졌습니다. 그러나 최근에는 컴퓨터를 이용한 해석기법(CFD)에 의한 공기흐름의 철저한 물리적이해가 더해져, 더욱 효율적인 항공기 외형설계가 가능해졌습니다.

석능력 향상으로 (5% 이내로 예측), 블레이드의 공진 회피기술 및 플러터 없는 팬의 설계개발로 전체적인 엔진의 효율 및 수명향상 기술

2000년대에는 이루어질 것으로 보이는 마하수 3.5이상의 항공기 개발을 위해서는 램제트 및 스크램제트 추진기술이 필히 이루어져야 할 것으로 보입니다.

이를 위해서 연구개발되어야 할 기술은 다음과 같습니다.

— 높은 연소실 유동속도로 인하여 짧은 시간내에 연료의 혼합, 그리고 안정적인 연소가 이루어질 수 있게하는 기술개발, 연소축진을 위한 여러기법의 개발

— 고속으로 인한 엔진유입구의 공력가열현상 및 이로 유발되는 고온에 견딜수 있는 새로운 구조재료개발, 반복적인 고온 및 고압과, 예상되는 마하수 6이상의 램제트 및 스크램제트의 연소실, 극한 조건을 견디는 고수명의 재료개발등(1000~2000회 반복사용 가능할 것.)

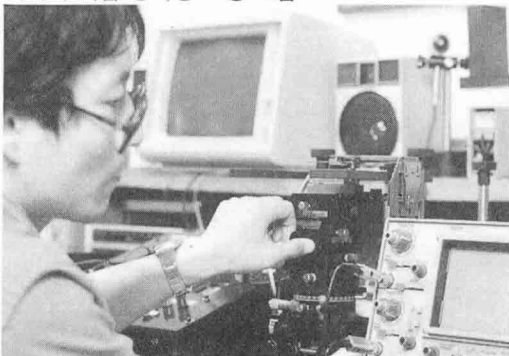
— 기타 발전하고 있는 CFD의 해석기술의 도움을 얻어 엔진 각 부위의 정밀설계 및 이들의 상호 조화를 고려한 최적설계기술.

이상의 기술발전을 근거로 해서 궁극적으로 마하수 12이상의 비행속도를 가능케하는 엔진 개발이 이루어집니다.

• 항공기 구조기술

항공기 구조물의 기본 설계 제작 원리는 가장 적은 비용으로 가장 가볍고, 동시에 최고의 안전도를 유지할수 있게끔 만드는 것입니다.

레이저 픽업 광특성 조정 모습



이에따라 지난 50여년간 항공기 구조물은 나무, 직포, 구조물을 연결해주는 쇠줄등에서 부터 최신 초음속 항공기에 사용되는 경량의 고강도 금속 및 첨단 비금속 소재에 의한 구조물 제작으로 발전되었습니다.

2000년대의 항공기에 쓰일 구조 설계 기술도 앞서의 원칙하에 계속적인 발전을 이룰 것으로 보이고, 특히 그동안 발전된 정교한 구조 해석 기술 및 다분야 최적 설계 기술 등과 각종 해석 계산 결과 및 시험 결과들의 데이터 베이스에 입각한 새로운 구조물 설계 기술들이 연구될 것으로 보입니다.

이들 중 예상되는 특기할만한 설계기술들은 다음과 같습니다.

• 적응 구조물

항공 기술에서 적응 구조란 비행여건에 따라 최적의 성능을 발휘하도록 구조물 부위의 형상을 변화시킬수 있는 기능을 말하며, 현재에는 전투기에서의 가변익 장치 또는 하중을 완화시키기 위한 제어면의 활용 등을 예로 들수 있습니다.

미래의 고성능 항공기에서는 적절한 감지기 / 구동기의 개발과 아울러 고정도의 해석과 시뮬레이션을 통하여 날개의 코드와 스펠 방향으로의 형상을 연속적으로 변화시키면서 비행 성능을 최적화할수 있게 될것입니다.

또한 능동 제어되는 착륙장치, 날개, 동체, 엔진 흡기구의 최적 종합 형상의 능동적 변화 기술, 충돌시 보호를 위한 에너지 흡수 구조, 능동적 플러터 억제 등이 실현될수 있습니다.

이들이 궁극적으로 가져다 줄 성능 향상은 다음과 같습니다.

— 총류 제어 기술 구현

— 기존의 항공기와 전혀 다른 외형을 가지는 효율적인 항공기 현실화

— 하중 경감 및 安全性 증대

— 安定性 증대 및 저항 감소

— 기동성 향상

* 내열 구조물

미래에 개발될 극초음속 항공기 개발 및 고



쌍동이형 PT6 터보 프로펠라 엔진이 장착된 Starship 항공기. 100% 복합재료 구조물로 제작되었습니다

성능, 고효율 터보팬 및 제트 엔진 개발을 위해 필수적으로 이루어져야 할 기술로, 고온 상태에서 강성 및 주어진 강도를 유지할수 있는 극 초음속 항공기(마하수 3 이상에서부터 대기권 의 비행에서 재진입하는 Transatmosphere 비행 까지)용 구조물의 설계기술 개발이 요구됩니다.

또한 고온 재료의 개발을 통해 연소 온도를 증가시킴으로써 상용 비행기용 터보 엔진의 효율 증대, 열충격으로 인한 균열이 적은 저열 응력 재료기술 응용으로 램제트 혹은 스크램 제트 실용화등을 기할수 있습니다.

*** 손상 허용 구조물**

손상 허용 구조물이란 구조물의 원재료 자체에 어떤 결함이 있거나 혹은 가공을 통해 약간의 결함이 생길수 있다는 가정하에 이를 고려한 안전한 구조 설계를 수행하여, 이들 결함이 약간 늘어나거나 소규모 파손이 생기더라도 치명적인 사고로 연결이 되지 않도록 하자는 개념에 의해 설계되는 구조물입니다.

현재의 항공 우주 구조물 설계에도 일부 사용하고 있습니다.

앞으로의 첨단 항공기에서는 이들 개념을

더욱 발전시켜서 안전성을 높임과 동시에 구조물의 수명을 연장시킬수 있게 될 것입니다.

이를 위해 개발되어야 할 기술은 다음과 같습니다.

- 손상역학의 연구로부터 새로 제작된 구조물 재료들이 과로 및 반복하중을 통해 균열로 발전하는 현상 규명
- 비선형 파괴역학 및 동역학을 이용한 균열의 전파 및 억제 현상 정밀해석
- 손상에 강한 첨단 재료 개발
- 충격시 에너지를 효율적으로 흡수할수 있는 구조 설계
- 손상 탐지 시스템을 탑재하여 구조물의 안전 상태를 모니터링하는 장치 개발
- 기타 추진기관 구조물의 공력 열탄성학적 효율적 설계 기술, 엔진의 동력학적 조화를 이룬 설계 기술들이 필요합니다.

필요한 경우 구조적인 감쇄 효과 활용, 구조적 소음 감소화 기술, 비파괴 검사 및 그 평가 기술의 고도화, 그리고 CAD/CAM을 최대한로 활용하는 최신 제작 기술 등을 언급할수 있습니다.

(다음호에 계속)