

일본의 민간 회전익 무인항공기(UAV) 현황

안 존

세종대학교 항공우주공학과

Review on Civil Rotary Wing UAV Systems of Japan

Jon Ahn

1. 서 론

릴리엔탈, 라이트 형제와 같은 많은 선구자들의 노력과 희생 속에 인류가 유인 동력 비행에 성공 한 이후 100년 동안 항공우주 기술은, 안전하고 쾌적한 항공여행, 편리한 위성통신, 우주탐사 등 풍요한 결실을 제공하고 있다. 항공우주 기술의 21세기 발전 추세 중 하나로서, 무인항공기 기술이 최근 국내외에서 주목을 받고 있다. 사람이 탑승하지 않은 무인항공기(UAV)를 보다 높게, 빠르게, 멀리, 안전하고 신뢰성 있게 비행할 수 있도록 기술개발에 노력하는 현재의 모습은, 사람을 항공기에 태우기 위해 많은 희생을 치렀던 100년 전과 대조를 이룬다.

무인항공기의 개념은 유인 동력비행 이전에 이미 존재하였으나, 자동제어비행 및 유도항법의 시초는 1918년 무인 비행시험에 성공한 Aerial Torpedo를 개발한 Sperry와 비슷한 시기에 Bug를 개발한 Kettering으로 인정되고 있다.

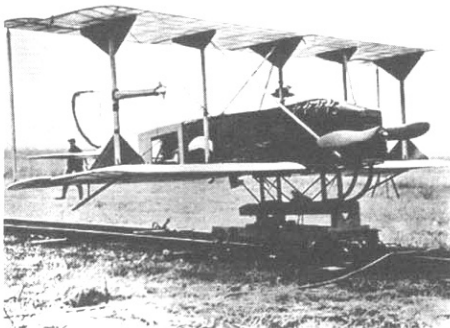


그림 1. Sperry의 Aerial Torpedo (1918)

이후 80여 년간 발전해 온 무인항공기는, 기술적 성숙에 힘입어 고장/사고율을 최근 민간 경항공기의 30배 정도 수준인 10만 시간당 30-60회 정도까지 낮추게 되었으며 [1] (그림 2 참조), 유인 군용항공기의 임무를 대체할UCAV 개발로 이어지고 있다. 향후 무인항공기 기술의 보편화에 따라 민간 수요가 창출되어, 궁극적으로는 군용 수요를 능가할 것으로 예측되고 있다[2].

민간 무인항공기는 군용에 비해, 운용 및 지원체계, 이착륙 공간 등의 확보에 공간적/경제적인 제약과 함께 유인 항공기 수준의 신뢰성 및 안전성이 요구되는 특성을 가지고 있다. 이에 따라, 민간 무인항공기는 운용 개념과 시스템설계에 있어 군용 무인항공기와는 다른 접근 방법을 요구하게 된다. 개발비용을 낮추고 높은 신뢰성을 달성하기 위해서는, 이미 보편화 된 설계개념을 적용하고 상용으로 양산되는 부품 및 장비를 바탕으로 한 시스템 구성이 바람직하다. 안전

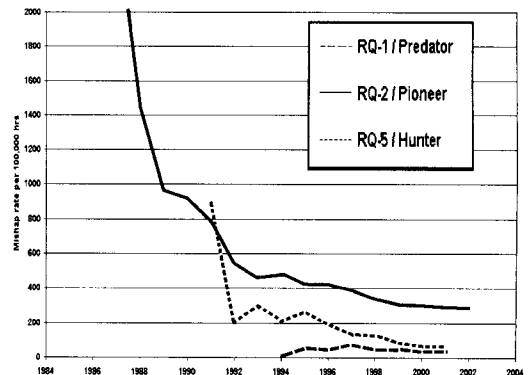


그림 2. 미국의 군용 무인항공기 사고율 추세 (US DoD UAV Roadmap, 2002. 12.)

성은 시스템 설계에 있어 최우선적인 요구 조건으로 설정되며, 다양한 시스템 오작동 요인에 대비한 안전성 확보가 무인항공기 전체 시스템의 상품성을 결정하게 된다. 또한, 이착륙 공간의 확보가 어려운 민간 무인항공기의 특성을 고려할 때, 수직 이착륙이 가능한 회전익 형태의 항공기가 보다 높은 시장성을 갖게 된다.

한국항공우주산업진흥협회와 한국항공우주학회가 공동개최한 제2회 한국로봇항공기 경연대회의 시상식 초청 세미나(2003년 10월)와, 2003년 11월 부산어쇼 등을 통해 국내에 소개된 일본 Yamaha 무인 헬리콥터 시스템은, 위에 언급한 민간 무인항공기의 특성에 기초하여 개발된 시초라 할 수 있으며, 성공적인 민간 시장을 개척하였다는 점에서 좋은 본보기가 되고 있다. 2002년을 기준으로, 일본 내에서 1200 여대가 운용되고 있으며, 누적 생산 대수는 2000 여대에 이른다(그림 3). 또한, 미국 등 각국의 대학 및 연구기관에서 동 시스템을 기초로 헬리콥터의 자동비행 제어 및 유도항법 기술의 연구 개발이 활발하게 수행되고 있다.

Yamaha 이외에도 일본에서 민간 무인헬리콥터를 개발한 업체는 Yanmar, Fuji Heavy Industry, Kawada가 있으며, 이중 Fuji는 자동항법 비행이 가능한 모델도 성공적으로 개발하였다. 이들 3사의 농업용 헬리콥터 제원을 표 1 에 요약한다. 그림 3에서 볼 수 있듯이, Yamaha는 일본 농업용 무인헬리콥터 시장을 석권하였으며, 경쟁사인

Fuji 중공업이 농업용 무인 헬리콥터 사업을 포기한 상태에서, Yamaha가 일본의 민간 회전익 무인항공기 기술개발 현황을 대표한다고 보아도 무방할 것으로 판단된다.

표 1. 일본의 농업용 무인 헬리콥터 주요제원

제작사 모델	Yamaha RMAX	Yanmar YH300	Fuji RPH2	Kawada RoboCopter
주 로터 직경 (m)	3.12	3.380	4.800	8.180
높이 (m)	1.08	1.15	1.75	2.65
공허중량 (kg)	64	58	230	500
유상하중 (kg)	30	30	100	294
최대출력 (kW)	15.4	14.7	61.4	124

일본 농업에서 무인 헬리콥터의 항공 방제 역할은 증가추세에 있으며, 2004 년 중에는 유인 헬리콥터에 의한 방제면적을 추월하여 그림 4 와 같이 전체 벼 경작면적의 1/3을 방제할 것으로 예측된다.

필자는 산업자원부가 주관하는 산업기술로드맵 무인항공기 분과위원회 활동의 일환으로, 지난 2003년 9월 Yamaha 본사 및 연구개발 현장을 방문하여 연구개발 시스템, 무인항공기 설계 개념, 운용개념 등에 대하여 조사하였다. 국내에서도 회전익 무인항공기에 대한 연구개발이 활발하게 진행되어, 2004년 9월 제3회 한국로봇항공기 경연대회에서 회전익 항공기로 참가한 충남대학교가 간발의 차이로 2위에 오르는 등 기술적인

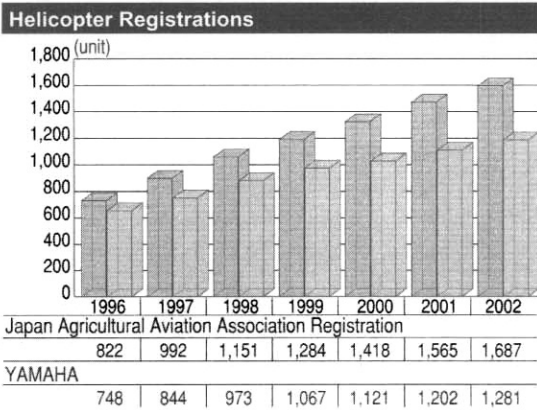


그림 3. 일본의 농업용 무인 헬리콥터 운용 추세 (Yamaha 발표자료) [6]

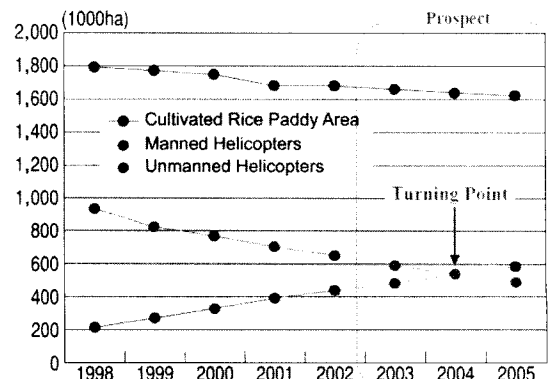


그림 4. 일본의 무인 헬리콥터 항공방제 면적 증가추세 (Yamaha 발표자료) [5]

성과가 가시화되고 있다. 이러한 시점에서, Yamaha 방문에서 얻은 결과를 중심으로 일본의 무인 헬리콥터 현황을 정리함으로써, 본 소고가 민간 회전의 무인항공기 기술개발에 대한 국내의 정책 지원을 공론화 하는데 도움이 되고자 한다.

II. Yamaha 무인 헬리콥터 현황

2.1 시장현황 및 연구개발투자

Yamaha의 회전의 항공기 무인항공기 연구개발은, 1982년 일본 정부가 농업용 무인 헬리콥터를 개발하도록 요청함에 따라 시작되었다. 1986년 동축 반전 형식의 헬리콥터 RCASS를 개발하고 (그림 5), 1990년에는 본격적인 농업용 헬리콥터 R50을 (그림 5) 1990년 양산하게 된다. 일반인도 간단한 조이스틱 형식의 조종기로 쉽게 조종할 수 있도록 안정화 시스템과 자세유지 기능을 갖추므로써 R50은 기술적인 경쟁력을 확보하였고, 경쟁사의 기종이 일본의 농업규모에 비하여 항공기 크기가 크고 가격이 높은 점에서 가격 경쟁력을 확보하였다. 경쟁사에 비해 농약 탑재량이 적은 문제점은 저고도에서 농축된 농약을 보다 작은 입자로 분무하는 새로운 분무기 시스템을 개발함으로써 해결하였다. 이후 Yamaha는 농업용 무인 헬리콥터 시장의 성장을 주도하여 연평균 150여대를 생산하였으며, 1997년에는 유상하중을 50% 증대하여 30kg 까지 탑재 가능한 RMAX를 개발하게 된다.

Yamaha의 농업용 헬리콥터만 1400 대 정도가 운용되고 있는 2003년 현재, 운용상의 미숙과 전파간섭, 기체이상 등의 결함으로 연간 150건 정도의 비행사고가 발생하고 있으며, 이에 따라 매출의 35% 정도가 대체 항공기 수요로 추정된다. Yamaha의 헬리콥

터 부문 연간 매출은 2002년 현재 4500만 달러 정도이며, 16명의 연구개발 인력을 포함하여 18명의 전담 인력이 있으며, 관련된 전체 인력은 해외 지사를 포함하여 45명에 이른다.

Yamaha의 자동비행 회전의 무인항공기 개발은 1997년부터 시작되어 2001년 자동항법 비행에 성공하였으며, 자동항법 비행 RMAX 시스템 개발에 소요된 연구개발비는 1991년부터 2003년까지 약 5000만 달러에 이른다. 주목할 점은 소수의 관리 인력으로 효율적인 사업을 운영하고 있으며, 관련 매출이 적었던 1991년부터 10여 년간 지속적인 기술개발 투자가 이루어 졌다는 것이다. 또한, 소형엔진과 이를 응용한 모터사이클, 제트스키, 스노우모빌 등의 세계시장에서 점유율 1위인 기업규모를 고려할 때, 매출기여도가 0.45%에 지나지 않는 작은 사업 분야임에도 불구하고, 장기적인 관점으로 인력을 운용하고 있다.

2.2 연구개발 환경

Yamaha 헬리콥터 연구개발 업무의 대부분은 비행시험장에 위치한 기술개발실에서 수행되고 있었다. 현장에 도착한 필자는, 단층 가건물 내부의 15평 남짓한 공간을 가득 채운 책상, 작업대, 시험장비, 부품, 시제품 사이에서 지나칠 정도로 가까이 앉아 시플레이터와 3축 안정화 gimbal 개발에 집중하는 7명의 엔지니어를 접하고 잔잔한 충격을 느끼게 되었다(그림 6).

인접한 격납고 2개 역시 각 모델의 항공기 시제품, 비행시험 중인 항공기, 항공기 부품, 지상 장비 등으로 가득찬 비슷한 규모

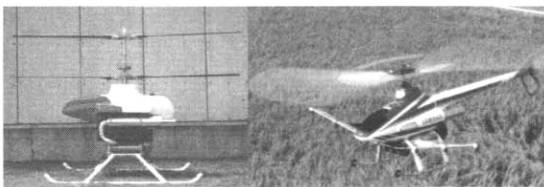


그림 5. Yamaha의 농업용 무인 헬리콥터 RCASS(왼쪽,1986)와 R-50(1990)

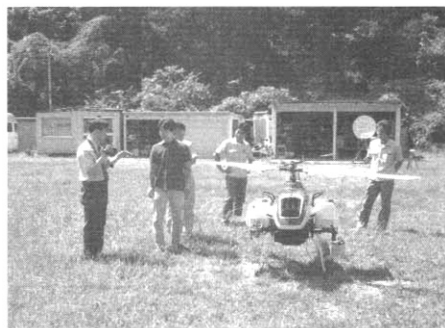


그림 6. 비행시험장에 위치한 Yamaha 기술개발실(왼쪽)과 격납고

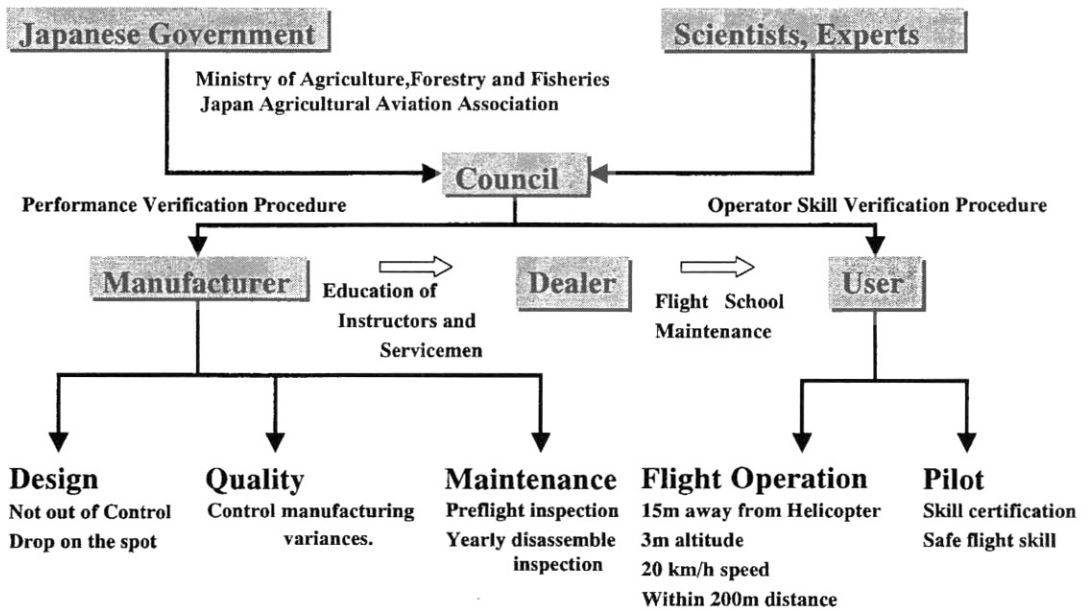


그림 7. 일본의 농업용 무인 헬리콥터 안전운용 정책 (Yamaha 제공. [7])

의 공간에서 5명의 직원이 시범비행을 위해 분주히 움직이고 있었다. 비행시험이 잦아진 2000년부터 운영되고 있는 기술개발실 외에 본사에 비슷한 공간의 연구실을 유지하고 있으며, 현재는 소프트웨어 개발업무의 일부만 담당하고 있다. 비행시험, 항공기 정비 등을 담당하는 기능직 직원을 제외하면, 실제 기술개발을 담당하는 엔지니어는 10명 내외로서, 한 사람이 시뮬레이터 소프트웨어, 비행제어 모델링, 비행컴퓨터 설계 등 다양한 임무를 동시에 수행하고 있다. 한 가지 흥미 있는 사실은 전담인력 18명 중 1/3이 Suzuki 성을 갖고 있다는 것이다. 일본에서 Suzuki가 많은 성씨이기는 하지만, 이와 같은 일은 보기 드물다 한다.

2.3 무인항공기 시스템 안전설계

Yamaha 무인 헬리콥터 설계개념과 운용 개념의 가장 큰 특징은 안전성의 강조에 있다. 연간 150 회 정도의 비행사고가 10년이 넘게 발생하였지만, 현재까지 인명사고가 없다는 점은 운용 및 지원을 포함한 시스템 설계의 우수성과, 설계에 반영된 안전운용 조건의 유효적절성을 입증한다. 일본의 무인 헬리콥터는 처음부터 정부의 요청에 의해 농업용으로 개발되었기 때문에, 안전운용 조건을 수립하는데 정부가 주도적인 역할을

수행하였다. 일본정부는 그림 7에 보인 바와 같이 학계, 연구소, 산업체의 전문가를 소집하여 안전위원회를 구성하고 제작사와 운용자가 준수하여야 할 규정을 제정하였으며, 각 항공기 제작사는 이에 부합하는 안전운용 조건을 설정하고, 설계에 적용하였다. Yamaha의 경우에는 방재, 비료살포 작업시 비행고도는 농작물로부터 3-5m 이내, 작동거리는 운용자로부터 150-200m 이내, 비행속도는 20km/h 이내로 결정하였으며, 다른 제작사 역시 비행 고도 50m 이내로 다소 높은 것을 제외하면 작동거리 300m 이내, 비행속도 20km/h 이내 등 유사한 조건을 설정하였다.

Yamaha의 항공기 안전설계에는 항공기가 조종 불가능한 상태로 비행하면서 추락하는 것을 방지하는 강제 착륙기능이 포함되어 있다. 전자파간섭 등으로 항공기가 조종기의 입력 신호를 0.3초 이상 수신하지 못하면 Collective 각을 서서히 감소시켜 1-2m/s 로 연착륙 시킨다. 자이로, 가속도계, 방위각 측정기 등의 센서가 결함을 일으키는 경우, 센서의 신호를 자동적으로 차단한다. 서보의 오류가 발생할 때는 헬리콥터는 자동적으로 Collective 각을 최대 (-) 값으로 급속히 감소시켜 빠른 속도로 수직 경착륙시키게 된다. 이상과 같은 안전설계 및 안전운용 조건

중 일부는 필자에게 다소 지나치게 느껴지는 면도 있으나, 전체 논 면적의 1/3을 방제하면서도 무인 헬리콥터와 관련된 인명사고가 발생하지 않도록 제도적인 장치를 만든 일본의 치밀함과 안전의식을 보여주는 한 측면이다.

2.4 항공기 수명설계

필자가 Yamaha 엔지니어들에게 항공기 주요 부품의 수명과 교체주기를 문의하였을 때 들었던 인상적인 답변은, 항공기 주요부품의 수명을 판단할 수 있을 정도로 장시간 운용되는 항공기는 드물다는 점이었다. 상당수의 항공기가 수명이 되기 전에 사고를 통해 파손되는 현실에서, 사고 원인의 정확한 조사와 데이터베이스 확보를 통해 사고를 예방하는 것이 중요하다는 것이다. 이에 따라, Yamaha 무인 헬리콥터 딜러들은 사고 또는 항공기 시스템 이상에 대하여 본사에 보고하도록 되어 있으며, 설계상 또는 제작 공정상 이상이 발견될 경우, 관련 시스템 또는 부품을 개선하고 필요시 교체주기를 변경하고 있다. 또한, 고객이 보유한 가동 헬리콥터에 대한 대체 부품을 신속하게 제공함으로써 항공기 시스템 안전성과 고객의 신뢰를 동시에 확보하고 있다.

또한, Yamaha는 매년 헬리콥터 기체 분해점검을 받도록 하여 사고를 예방하고, 주요부품에 대하여는 교체주기를 설정하여, 기계적 파손을 방지하고 있다. 표 2에 주요 부품별 수명 및 교체 주기를 명시한다.

표 2에서 보듯이, 수명이 정의된 품목은

표 2. Yamaha 무인 헬리콥터 주요 부품의 수명 및 교체주기 (Yamaha 제공. [7])

Component, Part	Life (Hour)	Replacement (Hour)
Engine	1000	1000
Oil Seal	500	500
Main Rotor Blade	NA	200-300
Main Rotor Hub Sys	NA	NA
Thrust Bearing	NA	Every Year
Tail Rotor Blade	NA	300
Tail Rotor Hub	NA	NA
Tail Transmission	NA	500
Tail Rotor Belt	NA	300

엔진 정도이며, 이는 Yamaha 가 소형 엔진 전문기업으로서 축적한 데이터베이스에 근거한 것으로 생각된다. 그 이외의 주요부품은 대부분 500 시간 이상의 수명을 갖도록 설계되었으나, 로터 블레이드의 경우와 같이 파손이 보고 되는 경우 교체주기를 이에 맞게 조정하고 있다.

2.5 무인항공기 시스템 구성

Yamaha의 자동항법 무인 헬리콥터의 시스템 구성은 그림 8과 같다.

아직까지 일본의 무인 헬리콥터 수요 대부분은 농업용이며, Novatel(TM) DGPS를 사용한 자동항법 모델과는 달리, 그림 8의 시스템 구성에서 수동 조종기와 Single GPS를 장착한 헬리콥터만으로 구성되어 있다. 그림 8에서 주목할 점은, ISM 2.4 GHz 주파수 대역을 사용하면서, 항공기의 전파통달 거리를 늘리도록 손쉽게 출력을 높이기보다는 일본 법규정에서 정하는 10mW의 저출력을 고수하면서 자동추적 안테나 시스템을 자체적으로 개발하였다는 점이다. 접시형 추적 레이더는 2Mbps 디지털 영상신호 Down link 용이며, 같은 방향을 향하도록 접시안테나 옆에 Yagi 안테나를 장착하여 주파수 호핑 방식의 19.2kbps data Up/Down link에 활용하고 있다. 수동 조종기는 모형항공기에 사용되는 72-73 MHz PCM을 이용한다. 필자가 Yamaha 엔지니어들을 직접 접하면서 가슴 깊이 느꼈던 점 중 하나는, 무리한 성능의 향상보다는 법규정과 안전성이 보장되는 범위 내에서 착실한 기술 축적을 이루어 간다는 것이다.

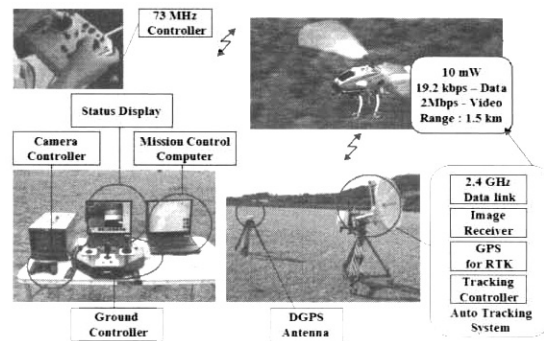


그림 8. Yamaha 자동항법 무인 헬리콥터의 시스템구성 (Yamaha 제공 [5])

2.6. 무인항공기 기체

Yamaha 무인 헬리콥터 기체는 엔진과 변속기 등을 제외하면 대부분 협력기업인 Hirobo와 협력하여 개발하고, 기체의 생산과 항공기의 최종 조립 공정은 Hirobo가 수행한다. 엔진은 Yamaha 제품의 수냉식 2행정 수평대향 2기통 엔진으로서, 진동을 감소시키기 위해 모터사이클 엔진과 유사한 Soft Mount를 사용하여 기체에 장착된다.

주 로터는 Hirobo 헬리콥터에 공통적으로 적용되는 Bell-Hiller 형식을 채택하였으며, 재질은 GFRP이다. 기체 구조물은 다이캐스트 알루미늄과 CFRP가 사용된다. 자이로를 비롯한 센서와 비행컴퓨터는 농약으로부터 보호하기 위해 기체내부에 장착되며, 엔진 및 로터의 진동 차단을 위해 Gel을 채운 점탄성 마운트를 이용한다.

2.7 비행제어, 항법시스템

비행제어, 항법 시스템의 구성요소를 그림 9에 나타내었다. 3개의 Fiber-optic 자이로는 가속도계와 함께 기체내부에 방진마운트를 사용하여 장착되며, 주 로터용 서보는 strut 형태가 사용된다.

비행시험 현장의 기술개발실을 방문하였을 때 Yamaha 엔지니어의 승인을 받고 개발 중인 비행 컴퓨터 시스템을 비디오로 녹화한 부분 중, 정지영상을 그림 10에 도시한다. 그림 10에서, 커패시터를 비롯한 수동소자들의 진동을 막기 위해 비전도성 접착제로 고정한 것을 볼 수 있다.

비행제어 컴퓨터로는 다소 생소한 SH-92 프로세서가 2개 사용된다. Hitachi 제품으로서, 32bit, 20MHz로 작동하며 10kbyte의 기억용량을 지원한다. 현재의 기준으로 성능이 낮은 프로세서를 사용하는 것이 의아하게 생각되었는데, 자동항법 비행 헬리콥터를 본격적으로 개발하게 된 1990년대에는 상당한 성능의 제품이었다 한다. 그림 10의 5층으로 구성된 보드 중 3층과 4층에 해당되는 보드에 각각 하나의 SH-92 프로세서가 사용되고, 4층은 자세, 속도, 고도 제어, 항법비행을 담당하고, 3층은 센서 신호와 통신 데이터 처리를 담당한다. SH-92 프로세서는 그림 8의 지상조종 컴퓨터에도 조이스틱 신호입력 처리에 사용된다. 비행제어 시스템의 블록선도를 그림 11에 도시한다.

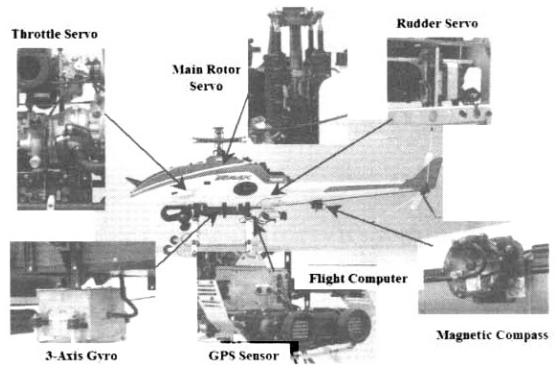


그림 9. 비행제어, 항법 시스템 구성요소 (Yamaha 제공 [5])

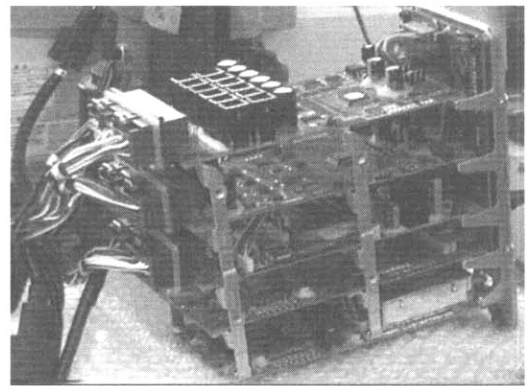


그림 10. 비행제어 컴퓨터의 내부 모습

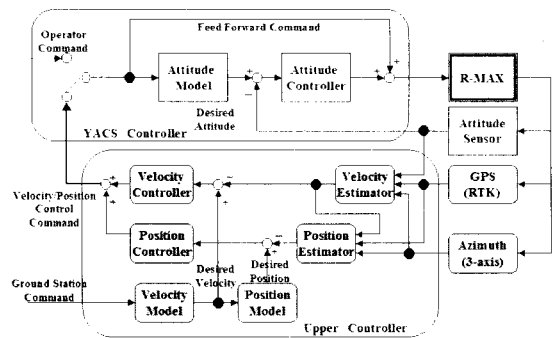


그림 11. 비행제어 시스템 블록선도 (Yamaha 제공 [5])

2.8. 무인 헬리콥터 시뮬레이터

Yamaha가 자동항법 비행 무인 헬리콥터를 개발하게 되면서 비행시험 횟수와 관련된 시간 소모가 늘게 되자, 비행시험을 대체할 수 있는 수준의 엔지니어링 시뮬레이터

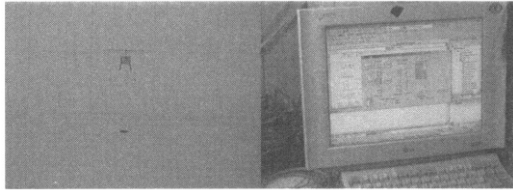


그림 12. 엔지니어링 시뮬레이터 화면

개발을 병행하게 되었다. 기술개발실을 방문한 당시, 필자는 고속 비행에 대한 시뮬레이션 결과와 당시 수행 중이던 비행시험 결과가 거의 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 5년에 걸쳐 헬리콥터 모델링에서부터 그래픽 처리까지 독자적인 노력으로 완성한 결과로서, 향후 운용자 교육지원을 위한 시뮬레이터도 계획 중이다. 그림 12에 개발된 시뮬레이터 화면을 도시한다.

III. 결 론

일본이 세계에서 유일하게 상용 무인 헬리콥터 시스템을 개발하게 된 과정과 현재 민간 무인 헬리콥터 시장에서 독점적인 지위에 있는 Yamaha의 연구개발 현황을 이상의 절에서 요약하여 보았다. 일본 정부의 주도 하에 시작되었던 민간 기술개발이 성공적인 결과를 내기까지, 정부는 전문가를 통한 안전운용 규정 제정, 재정 지원을 통한 초기 수요 보장, 개발비용 지원 등의 정책적인 지원을 10여 년간 지속하였으며, 이에 답하여 기업은 상호 협력과 경쟁 하에 안전운용 조건을 도출하는 한편, 장기적인 인적, 물적인 투자를 유지하였다.

또한 주목할 점은, 기술개발에 참여한 기업 각각은 헬리콥터 전문 업체와 협력하여 개발업무를 분담하였고, 소형엔진과 같이 핵심 요소기술 중 하나 이상의 분야에서 기술적인 경쟁력과 시장을 확보한 Yamaha, Yanmar, Fuji 와 같은 대기업이라는 점이다. 즉 핵심 요소기술을 확보하고 있고, 훈련된 기술 인력과 장기적 투자를 유지할 수 있는 기업규모를 갖춘 기업이 무인 항공기 산업에 참여할 때, 성공 가능성이 높음을 일본의 농업용 무인 헬리콥터의 성공에서 볼 수 있다.

세계에서 유일하게 민간 무인항공기를 대량으로 운용하고 있는 일본은, 축적된 운용 경험과 데이터베이스를 활용하여 자동항법

이 가능한 민간 무인항공기 운용에 필요한 안전 규정 등 제도적 지원체계를 한발 앞서 만들기 위해 2002년 4월, UAV 인증 및 ATM (Air Traffic Management) 실무그룹을 조직하였고, Kawada, Fuji, Yamaha, Yanmar 등 관련 기업과 재무성, 통상성, 일본농업항공협회, 일본민간항공협회 등이 이에 참여하고 있다.

최근 국가과학기술지도, 무인항공기 산업 기술로드맵 등의 기술정책 기획과제 수행에 이어, 한국로봇항공기경연대회를 통한 기술인력 육성인프라와 기술저변 확대라는 성과가 가시화되고 있는 현 시점에서, 필자는 일본의 성공적 기술개발 선례를 검토함으로써, 차세대 선도기술로서의 민간 회전익 무인항공기 기술개발에 대한 정책 지원을 공론화 하는데 도움이 되고자 한다.

후 기

Yamaha 방문을 지원해 주신 산업자원부와 한국항공우주학회, 산업기술로드맵 총괄위원장 조진수 교수께 감사드린다. 방문을 완벽하게 준비하여 주신 무성항공의 박장환 사장께도 사의를 표한다. 2일에 걸쳐 여러 가지 질문에 성심으로 답하며, 기술개발실 내부까지 공개해 주신 Uchiyama 부장이하 Yamaha 관계자, 특히 Nakamura 씨, 각종 자료의 공개를 허락해 주신 Sato 씨에게 감사를 드린다.

참고문헌

- 1) Unmanned Aerial Vehicles Roadmap 2002 -2027, US DoD, December 2002.
- 2) World Market for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Systems, Report 7884-I6, Frost & Sullivan, 2001.
- 3) 무인비행체 및 시스템 기술, 국가기술지도 2단계 핵심기술별 기술지도, 국가과학기술위원회, 2002년 11월.
- 4) 무인항공기, 산업기술로드맵, 산업자원부, 2004년 11월.
- 5) Akira Sato, "A Strategic Approach to Unmanned Helicopters", 제1회 한국 UAV 포럼, 부산에어쇼, 2003년 11월.

- 6) K. Nakamura and M. Hirano, "Yamaha Unmanned Helicopters", 제2회 한국로봇항공기경연대회 시상식 초청 세미나, 2003년 10월.
- 7) Yamaha 본사 및 기술개발실 방문회의, 2003년 9월 6-7일.