

산업사진측량에 의한 항공기 측정

Measurement of Aircraft using Industrial Photogrammetry

유정흠¹⁾ · 정성혁²⁾ · 함창학³⁾ · 이재기⁴⁾

You, Jung-Hum · Jung, Sung-Heuk · Hahm, Chang-Hahk · Lee, Jae-Kee

¹⁾ 충북대학교 대학원 토목공학과·박사과정 (E-mail: ru2000@chungbuk.ac.kr)

²⁾ 충북대학교 대학원 토목공학과·공학박사 (E-mail: email@chungbuk.ac.kr)

³⁾ 인하공업전문대학 항공지형정보시스템과 교수 (E-mail: chhahm@inhac.ac.kr)

⁴⁾ 충북대학교 공과대학 토목공학과·교수 (E-mail : leejk@chungbuk.ac.kr)

Abstract

As industries developed, industrial goods have got bigger and more precise. It led producers to feel like having a way to confirm whether the goods are good enough for the needs of consumers or not. Because of that, producers got interested in industrial photogrammetry that can get accurate data quickly without coming cotact with customers directly. Based on the need, this study is examined by photographing an O-2A aircraft which is a large and precise one to check the application of Industrial Photogrammetry.

1. 서 론

항공기 정비에서 항공기 설계도와 같은 핵심 기술은 각 국가 및 기업에서도 기밀 사항으로 분류하여 공개를 하지 않아 이용을 할 수 없는 실정이다. 따라서, 항공기의 고장이 발생하였을 경우 항공기의 설계도를 이용하여 이상유·무를 확인하는 것이 아니고 항공기의 검사점(check point)간의 거리를 측정하여 항공기의 이상유·무를 확인하고 있다. 본 연구에서는 항공기를 대상으로 현대 정밀산업분야에서 요구하는 정확하고 신속한 자료취득을 위한 산업사진측량기법을 제시하고자 한다. 이를 위하여 산업사진측량시스템인 V-Stars 시스템으로 항공기의 check point의 3차원 좌표를 측정하여 항공기 정렬상태를 측정하고, 동체의 변형 발생 부분을 Pro-Spot 시스템을 이용하여 변형량을 정량적으로 해석함으로써 항공기 정비 및 사고분석 등에 필요한 데이터를 신속히 제공하는데 목적이 있다.

2. 산업사진측량

대상물에서 하나의 좌표를 3차원으로 재현하려면 최소한 2장의 사진에 나타나야 하며, 많은 좌표가 넓게 분포되어있다면 여러 장의 영상을 접합하여야 한다. 다중영상접합은 사진의 기하학적 원리를 이용하여 여러 장의 사진들을 접합함으로써 대상물의 3차원 좌표를 정밀하게 결정하는 것이다.

본 연구에서는 다중영상접합과정을 통하여 각 표정점에 대한 3차원 좌표값을 취득하기 위하여 GSI (Geodetic Systems Inc.)의 V-STARs를 이용하였다. V-STARs는 디지털 사진기의 영상자료를 처리할 수 있으며, 기존에 수동작업에 의해 이루어졌던 모든 과정이 자동으로 신속히 수행된다. 또한 Automatch, Triangulation, Bundle과정을 각각의 조건에 맞게 처리 할 수 있으며, 이 모든 과정을 통합한 Automeasure 모듈을 이용하여 전체의 자료처리과정을 자동으로 수행함으로써 정확한 3차원 좌표값을 계산 한다.

본 연구의 다중영상접합과정은 그림. 1와 같은 단계를 거친다.

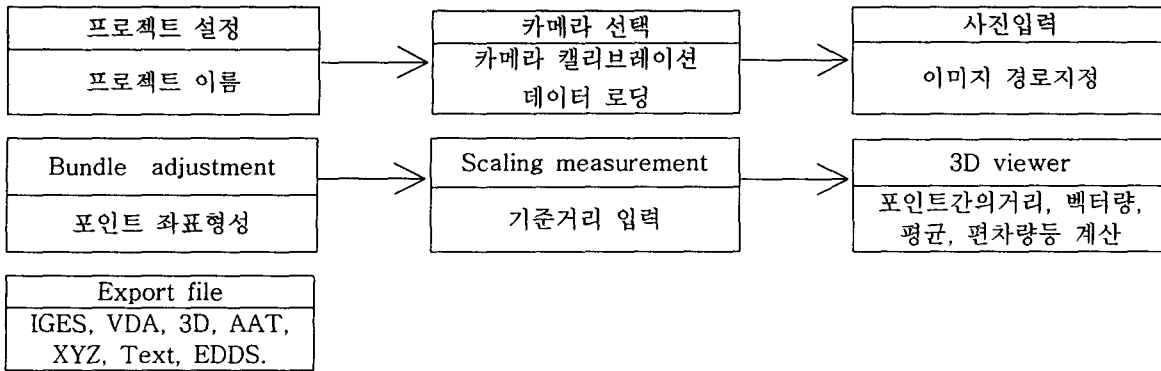


그림. 1 다중영상접합시스템의 흐름도

3. 산업사진측량 시스템

산업사진측량 시스템의 구성은 영상을 취득하기 위한 측량용 디지털카메라, 자동처리 및 특징점의 좌표를 취득하기 위한 각종 타겟, 점군데이터를 취득하기 위한 Pro-Spot 시스템, 기준 좌표축 설정을 위한 Auto bar, 측척 결정을 위한 Scale bar로 구성된다.



그림. 2 디지털 측량용 사진기

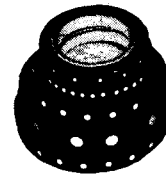
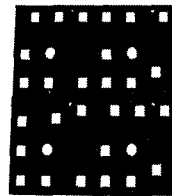


그림. 3 코드 타겟과 줄 타겟

코드 타겟 (coded target)은 프로그램상에서 각각의 고유 문양들을 자동 인식함으로써 고유번호가 부여되는 타겟으로써 사진간의 매칭작업을 자동으로 수행할 수 있게 한다. 테이프 타겟 (tape target)은 코드 타겟을 부착할 수 없는 곳에 설치하거나 일정한 간격으로 측정 하고자하는 곳에 사용하며, 시스템에서 임의로 번호가 부여된다. Pro-Spot 시스템은 점군(point cloud)를 생성하기 위하여 사용하는데, slit의 종류에 따라 600~38,000개의 프로젝션 타겟을 대상물의 표면에 투영한다.. 투영된 점들은 프로그램 상에서 각각의 점에 대하여 임의의 번호를 부여한다. pro-spot은 대상물의 표면 굴곡이나 변형상태를 알아보는데 사용된다.

Autobar는 대상물에 대한 기준 좌표계를 결정해주는 장비로써 프로세싱을 자동으로 처리하게 한다.

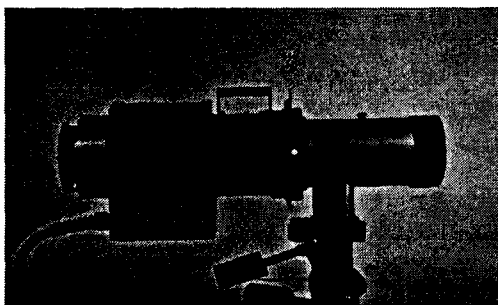


그림. 4 Pro-spot 시스템

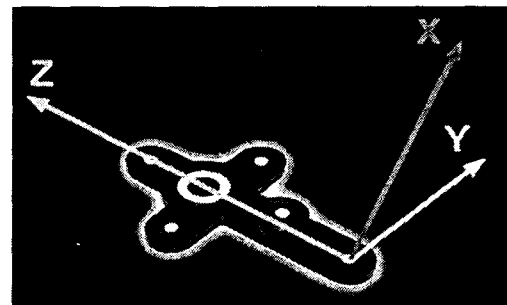


그림. 5 오토바

4. 실험 및 결과 분석

본 연구에서는 항공기의 정렬상태를 검측하기 위하여 Cessna사에서 제작한 O-2A 항공기를 선정하였다.



그림. 6 O-2A 항공기

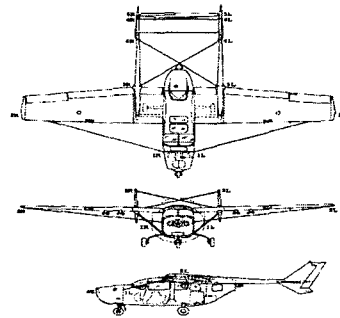


Fig. 7 검사점

대부분의 항공기는 설계도가 기밀사항으로 되어있기 때문에 항공기 정비시 설계도를 이용하여 항공기 정렬상태의 이상유·무를 알아내는 것이 아니라 항공기에 부착되어있는 검사점간의 거리를 이용하여 항공기의 정렬상태를 확인한다.

O-2항공기의 검사점은 Fig. 7와 같이 총 12개의 검사점이 있으며, 검사점간의 상호 거리로 항공기의 정렬상태를 확인한다. 각 검사점간의 거리는 표 1과 같이 항공기 TO(Technical Order)상의 값을 기준으로 한다.

표 1 검사점간 거리의 허용범위

(단위 : mm)

검사점	허용범위
1L TO 2L 1R TO 2R	5442.712 ~ 5465.064
3L TO 4R 3R TO 4L	3868.674 ~ 3887.978
5L TO 6R 6R TO 6L	2911.348 ~ 2930.652

본 연구에서는 항공기의 검사점간의 거리를 측량하기 위하여 검사점에 타겟을 부착하였고 프로세싱의 자동화를 위하여 검사점 사이에 10개의 코드 타겟을 부착하였다. 코드 타겟의 위치는 각 사진들의 중복도를 고려하여 부착하였으며, 축척자(정도; +/-0.003mm)와 기준좌표를 구성하게 하는 Autobar는 검사점간의 직선상에 위치하도록 하여 정확도를 높였다.

사진촬영은 측량용 카메라인 Nikon D1H를 이용하였으며, 사진간의 중복도를 고려하여 자유 수렴방식으로 촬영하였다.

그림. 8은 각 검사점에 설치한 타겟과 코드 타겟, 그림. 9는 Autobar, 축척자를 나타낸다.

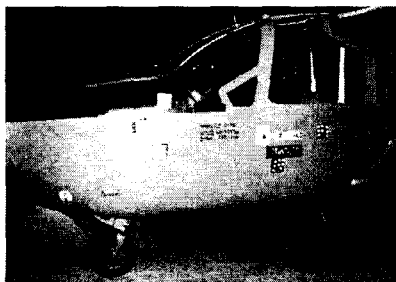


그림. 8 타겟과 코드 타겟

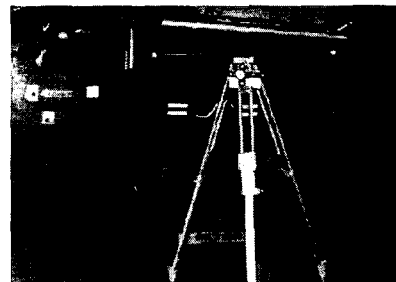


그림. 9 오토바 와 축척자

검사점간의 거리는 3차원 좌표를 추출할 수 있는 V-STARS를 이용하여 수행하였다. 입력된 영상은 Auto-matching을 이용하여 코디드 타겟과 축척자, Auto bar를 자동으로 인식하고 각각의 사진들을 매칭시키며, Bundle 조정을 거쳐 Fig. 11과 같이 3차원의 점좌표를 구하였다.

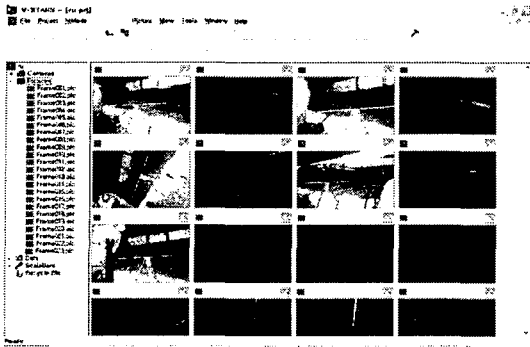


그림. 10 영상처리

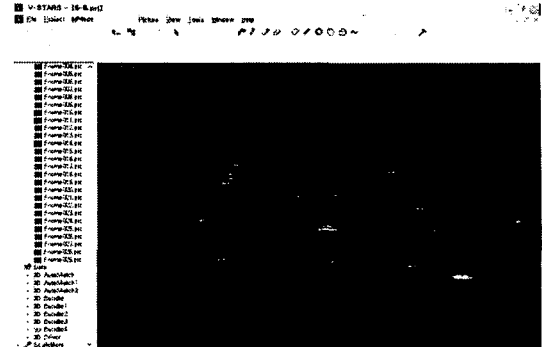


그림. 11 측정된 3차원 점

이와 같은 방법에 의해 산출된 정상항공기와 비정상 항공기의 각 검사점간의 거리는 표 2와 같다.

표 2 검사점 측정 결과

거리	비정상 항공기	정상 항공기
1L to 2L	5443.378	5445.247
1R to 2R	5451.242	5451.872
3L to 4R	3868.926	3873.259
3R to 4L	3877.438	3877.016
5L to 6R	2923.540	2915.310
5R to 6L	2932.278	2918.180

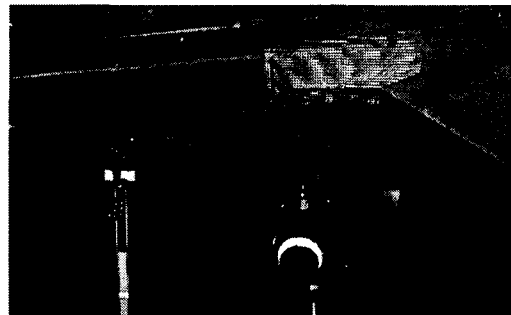


그림. 12 Pro-spot을 이용한 항공기 Boom 측정

항공기의 정렬상태를 확인하기 위하여 소요된 작업시간은 타켓설치에 10분, 사진촬영에 2분, 영상처리에 2분으로 측정 작업을 약 15분의 시간이 소요되었다.

또한, 항공기 외형의 변형상태를 알아보기 위하여 이상이 발생하였을 것으로 추측되는 항공기의 Tail Boom에 대한 외형 측량을 실시하였다. 항공기의 정확한 설계데이터가 없기 때문에 정상항공기와 이상이 발생한 항공기의 동일부분을 측량하여 서로 비교하였다.

각 항공기의 Tail Boom에 Pro-spot을 이용하여 점군 데이터를 생성하고 측량용 사진기를 이용하여 촬영을 실시하였다. Boom의 길이가 약 4.5m로 정밀측정을 위해 기준이 되는 Autobar를 중심으로 3부분으로 나누어 촬영하였다.

취득된 영상은 동일한 사진측량 시스템을 이용하여 자동으로 점군 데이터에 대하여 좌표계산을 하였다. 자동 인식된 점군 데이터는 Boom의 네 모서리에 위치한 타겟점을 이용하여 구성된 기준면으로 투영하고, 투영된 기준면으로부터 측정점들까지의 거리를 계산함으로써 두 항공기의 외형적 차이를 비교하였다.

항공기 정렬상태를 측정하기 위하여 실시한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

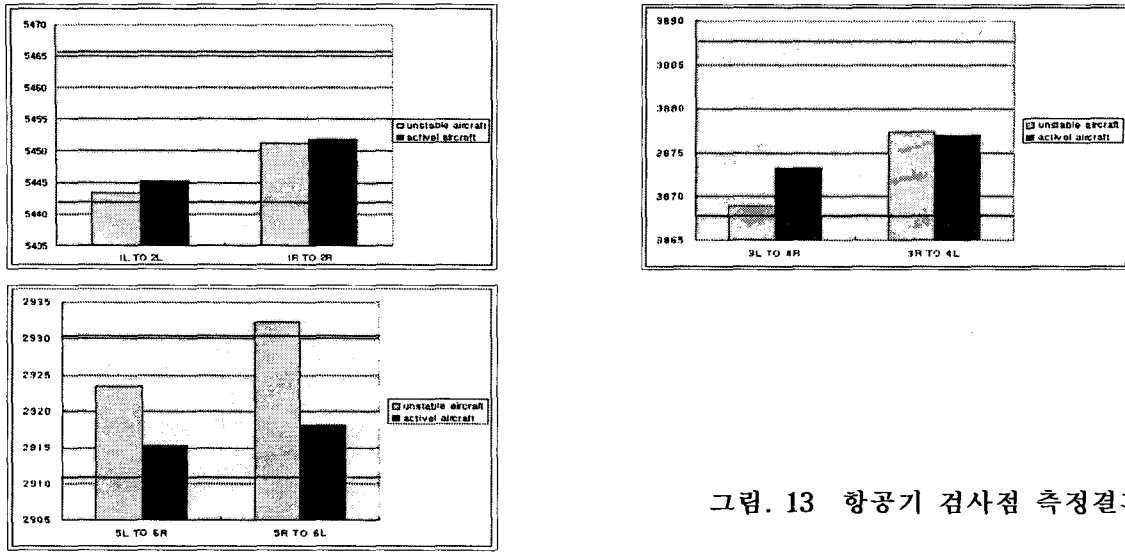


그림. 13 항공기 검사점 측정결과

그림. 13에서 보는 바와 같이 이상이 발생한 항공기의 #5과 #6사이의 거리가 한계범위를 벗어나는 것을 알 수 있었으며, 이상이 발생한 항공기에서 전체적으로 양쪽의 거리값의 차이가 많이 발생하는 것을 알 수 있다.

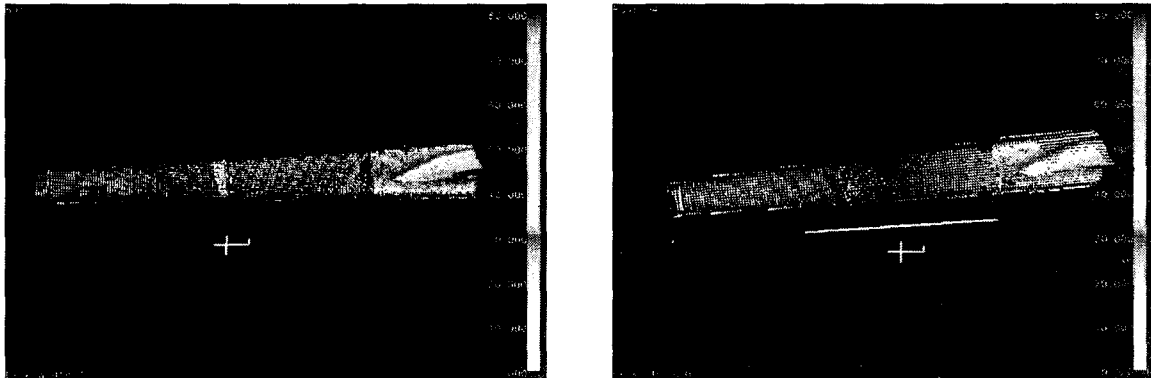


그림. 14 항공기 Boom의 Pro-spot 결과

그림. 14는 항공기의 Tail Boom을 측정한 결과로써 가상으로 구성된 기준면으로부터 측정까지의 거리를 나타낸 것이다. 항공기의 boom과 몸체의 연결부에서 정상인 항공기의 기준면으로부터의 높이보다 이상이 발생한 항공기에서의 기준면으로부터의 높이가 짧게 측정된 것을 알 수 있다.

5. 결 론

산업사진측량을 이용하여 항공기의 정렬상태를 측정하고, 변형부분을 점군 데이터를 이용하여 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 항공기의 정렬상태를 측정하기 위한 작업시간은 타켓설치에 10분, 촬영에 2분, 영상처리에 2분으로 측정 작업을 15분이 소요되었다. 기존의 측정 방법으로는 측점에 대한 3차원 측정은 측정 포인트 수

가 늘어남에 따라 측정소모시간이 계속 증가하게 되지만 산업 사진측량으로 하면 측정 포인트 수 및 항공기의 크기에 관계없이 프로세싱을 마치면 일괄적으로 측정점의 3차원 좌표가 생성되므로 측정시간이 거의 일정한 장점이 있다.

2. 각 검사점의 3차원 거리를 비교해본 결과 5R 과 6L 사이의 거리에서 오차의 범위를 1.626mm 벗어나는 것을 알 수 있다.

3. 각 섹션별 검사점 거리를 비교하면 정상 항공기 보다 이상이 발생한 항공기에서의 거리차가 더 많이 발생한 것을 정량적으로 분석할 수 있었으며, 이것은 이상이 발생한 항공기의 정렬 상태가 변형되었다는 것을 나타내고 있다.

참고문헌

1. Pazar, R. E., "Small-Scale Digital Photogrammetry in a Cryogenic Vacuum Environment", NASA CONFERENCE PUBLICATION, Vol.-No.208598, 1999.
2. Kooyman, T., "Verifying Aircraft Assembly with Real-Time Digital Photogrammetry", Sensors, Vol.17 No.6, 2000.
3. International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, "Hough transform for interior orientation in digital photogrammetry", Vol.33 No.3/2, 2000.
4. H. M. Karara., "Non-Topographic Photogrammetry", 2nd ed, pp. 349~355.
5. Sanjib K. Ghosh., "Analytical Photogrammetry", 2nd, Pergamon-press, pp. 187~195.
6. Paul R. Wolf., "Elements of Photogrammetry", 3rd ed, McGraw-Hill Inc. pp. 384~390, 551~556.
7. Edward M. Mikhail., James S. Bethel., J. Chris McGlone., "Introduction Modern Photogrammetry", John Wiley & Sons Inc., pp. 247~275.
8. V-STARS, www.3dsystems.co.kr