

항공 카메라 검정을 위한 테스트 필드 구축방안

Establishment of Test Field for Aerial Camera Calibration

이재원* · 윤종성** · 신진수*** · 윤부열****

Lee, Jae One · Yoon, Jong Seong · Sin, Jin Soo · Yun, Bu Yeol

要 旨

최근 항공측량분야의 가장 큰 기술적 특징은 Camera 혹은 Lidar와 같은 주 센싱 장비에 GPS, IMU 등 다양한 위치결정 센서를 연계한 Direct Georeferencing 기술의 활용이다. 아울러 항공용 디지털 카메라의 기술적 우월성과 이의 활용성이 입증됨에 따라 다양한 종류의 항공용 디지털 카메라가 개발 및 보급되고 있다. 이에 부응하여 국내에서도 일반적인 항공촬영으로는 취득이 불가능한 건물측면과 비고가 큰 지형에서 발생하는 사각지역에 대하여도 3차원 정보취득과 Texture Mapping이 가능한 다각(Multi-looking)항공촬영시스템의 개발이 시도되고 있다. 하지만 다양한 센서 결합과 다중 카메라의 배열에 따른 센서들간의 시각동기화와 함께 정확한 기하 및 복사보정을 실시해야 하는 문제점이 따른다. 이를 해결하기 위해서는 항공측량 시스템의 센서검정(Sensor Calibration)에 필요한 테스트 필드가 절실히 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 항공측량용 테스트 필드 구축과 관련한 국외 사례를 고찰하고 국내 테스트 필드 구축방안을 제시하고자 한다.

핵심용어 : Direct Georeferencing, 3차원 정보, 센서 검증, 테스트 필드, 다각항공촬영시스템.

Abstract

Recently, one of the most outstanding technological characteristics of aerial survey is an application of Direct Georeferencing, which is based on the integration of main sensing sensors such as aerial camera or Lidar with positioning sensors GPS and IMU. In addition, a variety of digital aerial mapping cameras is developed and supplied with the verification of their technical superiority and applicability. In accordance with this requirement, the development of a multi-looking aerial photographing system is just making 3-D information acquisition and texture mapping possible for the dead areas arising from building side and high terrain variation where the use of traditional photogrammetry is not valid. However, the development of a multi-looking camera integrating different sensors and multi-camera array causes some problems to conduct time synchronization among sensors and their geometric and radiometric calibration. The establishment of a test field for aerial sensor calibration is absolutely necessary to solve this problem. Therefore, this paper describes investigations for photogrammetric Test Field of foreign countries and suggest an establishment scheme for domestic test field.

Keywords : Direct Georeferencing, 3D Information, Sensor Calibration, Test Field, Multi-looking Camera

1. 서 론

최근 항공측량분야의 가장 두드러진 연구개발 동향은 Camera, Lidar 등 여러 기종의 지형정보취득 센서와 측위 및 항법시스템인 GPS(Global Positioning System), IMU (Inertial Measuring Unit) 등을 통합한 Direct Georeferencing 이다. 아울러 2002년 이후 전 세계적으로 다양한 실험과 프로젝트를 통하여 경제성, 정확도, 편리성 등 모든 면에

서 필름 카메라를 능가하는 우수성이 입증된 항공측량용 디지털 카메라의 활용이 보편화 되고 있다(황순원 등, 2007). 따라서 현재 매우 상이한 기술적 특징(라인방식과 면형방식)과 사용목적(대형 포맷과 중형 포맷)을 가진 항공용 디지털 카메라들이 상용화되고 있는 실정이다.

한편, 이에 부응하여 국내에서도 지능형 국토정보기술 혁신사업의 일환으로 3차원 지리정보의 경제적인 구축과 건물벽면과 같은 사각지역에 대하여도 정보취득이 가능

2008년 5월 19일 접수, 2008년 6월 16일 채택

* 정희원·동아대학교 토목공학과 교수 (leejo@dau.ac.kr)
** 정희원·(주)범아엔지니어링 상무이사 (yoon54321@panasia.co.kr)
*** 정희원·(주)지에스엠솔루션 팀장 (jsshin@gsm-solutions.co.kr)
**** 교신저자·동아대학교 토목공학과 공학박사 (yby915@nate.com)

한 다각 촬영시스템, 즉 하나의 목표 지점을 5방향에서 촬영하여 건물의 옥상과 벽면을 동시에 관측할 수 있는 Multi-looking 항공카메라 개발 사업이 착수된 상태이다(범아엔지니어링 외, 2007). 하지만 이러한 항공촬영 시스템은 다양한 센서 결합과 다중 카메라의 배열에 따른 센서들간의 정확한 기하보정과 렌즈의 복사보정 및 공간 해상력 등에 대한 검증을 실시해야 하는 문제점이 따른다.

이를 해결하기 위해서는 탑재된 센서의 검정(calibration)과 항공측량 시스템의 성능을 증명(validation)할 수 있는 테스트 필드의 구축이 절실히 요구되고 있다. 그러나 국내에서는 영구 테스트 베드가 설치되어 있지 않아 필요 시 임시적으로 설치한 기준점을 사용하여 항공기용 센서를 검정하고 있어 경제적 부담과 함께 일관성과 신뢰성이 결여되고 있는 실정이다. 따라서 국내에서도 다양한 항공센서의 도입이 증가되고 디지털 카메라의 활용이 보편화되고 있는 시점에서 국가차원의 테스트 필드 구축에 대한 방법론, 시스템 검정, 자료처리, 결과 산출 등에 대한 표준화 등에 대한 방안의 제시가 절실하다. 하지만 이 분야에 대한 국내의 연구와 실험(이재원 등, 2005)은 사회적 인식의 부족과 경제적인 문제 등으로 인하여 매우 미흡하며 극히 제한적으로 수행되고 있는 실정이다. 이에 비해 외국의 경우 오래전부터 막대한 국가적 지원에 의한 투자를 바탕으로 테스트 필드를 설치하고 대학이나 공공기관 등에서 유지관리를 하며, 관련 산업체에서는 이를 효율적으로 활용하고 있다. 특히 이미 보편화 된 기존의 아날로그 카메라 검정기술과 노하우를 이용하여 GPS/IMU, Lidar, 위성 센서 검정 등에 활발하게 이용하고 있다. 또한 최근의 테스트 필드 설치동향을 살펴보면 과거 기하보정 위주에서 디지털 카메라 도입에 따라 기하보정과 복사보정이 동시에 가능한 표지 혹은 순수한 복사보정용 Target(resolution test bar, Siemens Star 등)의 설치가 보편적이다(Cramer, 2008, Honkavaara, 2008). 이러한 테스트 필드의 설치와 운영 및 유지관리를 위해서는 디지털 카메라의 종류에 따른 상이한 기술적 배경과 특성을 반영한 검정기법에 대한 다양한 실험과 경험을 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 항공측량용 테스트 필드 구축과 관련한 국외 사례를 고찰하고 국내 테스트 필드 구축방안을 제시하고자 하며 현재 개발되고 있는 다각항공촬영 시스템의 기술적인 부분을 고찰하여 테스트 필드의 필요성을 역설하고자 한다.

2. 다각항공촬영 시스템

현재 3차원 공간정보구축은 주로 수직 항공사진을 이용한 3차원 도화방법에 의존하고 있다. 수직 항공사진은

촬영하는 각도의 특성상 3차원 위치를 측정하는데 특수한 장비와 숙련된 경험을 필요로 하여 실제 활용에는 많은 어려움이 따른다. 따라서 하나의 목표지점을 여러 방향에서 촬영하여 건물의 옥상과 벽면정보를 동시에 취득 가능한 Multi-looking 카메라 개발이 시도되고 있다. Multi-looking 카메라는 단일의 카메라 몸체에 다중의 카메라를 설치하여 동시에 여러 방향을 촬영하도록 제작된 특수 카메라를 말한다. 다각항공촬영 카메라는 1930년대 Fairchild에서 경사사진을 촬영하기 위해 처음으로 개발하였다. 최근에는 항공기에 탑재 가능한 중해상도 비측량용 Digital camera의 발달에 따라 미국의 Pictometry, 네덜란드의 TrackAir, 중국 측회국 등에서도 개발한 바 있다. 일반 항공사진은 1개의 렌즈로 연직방향으로 촬영함에 따라 이의 활용시 실제감이 떨어져 일반인들이 사용하기 위해서는 관련 지식과 훈련과정을 거쳐야 한다. 그러나 다각항공촬영시스템 사진기는 여러 개의 렌즈로 연직방향, 전후, 좌우를 동시에 촬영하여 하나의 지점에 대해 1장의 연직사진과 4장의 경사사진으로 구성된 항공사진을 제공함으로써 건물의 벽면을 관측할 수 있어 일반인들도 쉽게 사용할 수 있는 장점이 있다. 따라서, 다각항공촬영시스템 카메라는 현장상황을 신속하게 파악해야 하는 경찰이나 소방서와 같은 기관에서 판독용, 지진, 해일 등 자연재해로 인한 지형 변화 탐지 등 그 활용범위가 다양해질 것으로 예상되어 이에 대한 시스템 개발의 필요성이 증가되고 있다(범아엔지니어링 외, 2007). 현재 지능형 국토정보기술혁신사업의 제1핵심과제내의 공중장비개발 부문에서 연구과제로 개발 중인 다각항공촬영시스템 카메라의 원리는 Figure 1과 같으며(범아엔지니어링 외, 2007), 주요 구성은 5대의 중해상도 Digital camera를 하나의 프레임에 설치하여 지상을 촬영하고 동시에 GPS/INS를 이용하여 촬영위치와 자세를 측정하는 방법이다.

즉 Figure 1과 같이 1개 지점을 5군데에서 촬영된 영상으로 동시에 관측하기 위해서는 먼저 중앙에 설치된 1번 카메라에 의한 영상의 촬영 위치와 자세를 GPS/INS에 의하여 계산하고, 나머지 사진기에 대한 촬영위치 및 자세는 1번 사진기에 대한 상대적인 'Boresight' 값을 계산하여 이용한다.

따라서, 정확한 'Boresight' 값을 산출하기 위해서는 지상의 테스트 필드 설치가 필수불가결하다. 특히, 테스트 필드의 크기와 지형조건, 접근성, 지상기준점의 수와 분포 및 렌즈의 해상도와 비행고도 등을 고려한 지상 target의 크기와 정확도 등 다양한 변수가 고려된 테스트 필드를 구축하여야 한다. 이러한 기술적 요구사항과 더불어 테스트 필드의 유지관리를 위한 방안으로써 관리주체,

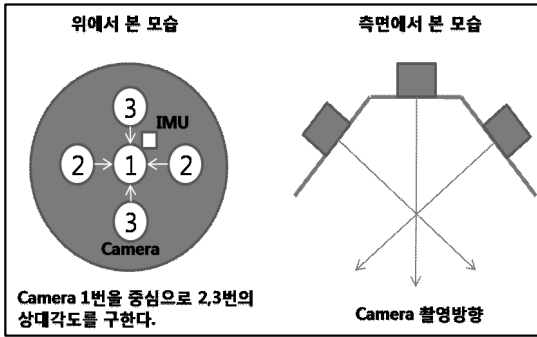


Figure 1. Principle of Multi-looking camera



Figure 2. Vaihingen Test Field and GCPs

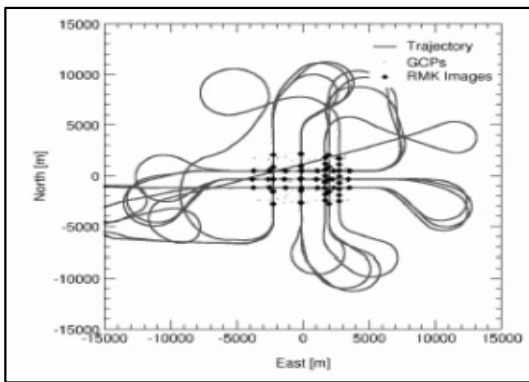


Figure 3. Flight trajectory for GPS/IMU calibration

갱신주기, 구축비용, 사용수수료 등과 관련된 법제도적인 측면까지도 세심한 검토가 필요하다.

3. 국외 테스트 필드 현황

현재 GPS/IMU, Lidar, Digital Camera 등을 사용 중인 대부분의 국가에서는 센서의 검정과 정확도 검증을 위한 테스트 필드를 설치·운영 중에 있다(국토지리정보원, 2002). 이러한 테스트 필드는 항측분야는 물론 인공위성 센서의 검정 등 다양한 목적으로도 활용되고 있다. 본 연구에서는 관련 분야의 국외 테스트 필드 구축 현황을 조사분석한 결과를 바탕으로 국내 테스트 필드 설치방안 제시를 위한 기초자료로 이용하였다.

3.1 항공사진측량

현재 항측분야에서 테스트 필드에 관한 연구와 실험을 가장 활발히 수행하고 있는 사례는 주로 유럽과 북미대륙 등에서 찾을 수 있다. 특히, 대표적인 테스트 필드의 예로는 설치국가와 장소로는 독일의 Vaihingen/Enz, 핀란드의 Sjoekulla, 노르웨이의 Fredrikstad 테스트 필드, 미국 USGS의 Stennis Space Center, 일본의 신내천 등이다.

3.1.1 독일(Vaihingen/Enz)

독일의 Vaihingen 테스트 필드는 1995년 Stuttgart 대학의 항측연구소에서 설치하여 유지관리하고 있으며, 현재 유럽내의 16개 회원국으로 구성된 EuroSDR(European Spatial Data Research)이 공동으로 활용하고 있다. 테스트 필드는 Figure 2와 같이 Stuttgart에서 북서쪽으로 약 25km정도 떨어진 산지, 농경지, 촌락 등으로 구성된 지역이다. 블록의 크기는 외부(7.5km × 5km), 내부(5km × 3km)의 2단 형태로 구성되어 축척과 해상도에 따라 센서 검정을 수행하도록 설계하였다(Cramer, 2008).

이 지역은 원래 아날로그 카메라와 GPS/IMU 검정을 위한 테스트 필드로서 90년대 후반 다양한 실험을 수행하였다. 당시 전체 기준점의 수는 80여점으로, 정적 DGPS측량으로 결정하였으며 2cm정도의 정확도를 가지고 있다. 또한 블록내의 69개의 맨홀 뚜껑에 페인트 칠을 하여 보조 기준점으로 사용하였다. 당시에 수행된 비행 궤적은 Figure 3과 같으며 주로 GPS/IMU 센서검정을 위하여 독립적으로 구해진 기존의 블록조정 결과와 Direct Georeferencing에 의한 결과를 비교하였다(Cramer, 2005a).

하지만 최근 디지털 카메라의 활용에 따라 복사보정의 필요성이 강하게 제기됨에 따라 독일항공사진측량학회 주관으로 Figure 4와 같이 테스트 필드내에 설치된 기준점의 개선작업이 이루어지고 있다. 복사보정을 위한 전체기준점의 수는 약 200점으로 Figure 2의 하단부와 같으며, 그 크기는 흰색 바탕(60cm × 60cm)에 가운데는 검정색(30cm × 30cm)으로 페인트를 칠하였다. 아울러 블록 내의 주차장과 보도블럭 부근에 크기가 각각 2m × 2m인 3색 테이블(Red, Green, Blue)과 명암썰기(gray wedge)를

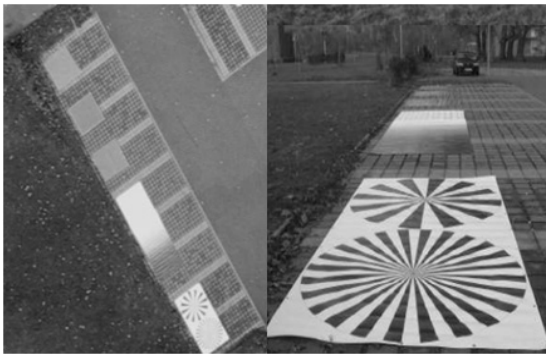


Figure 4. Targets for radiometric calibration

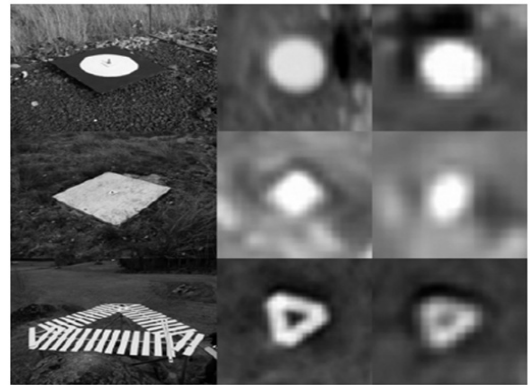


Figure 6. Targets types at test field

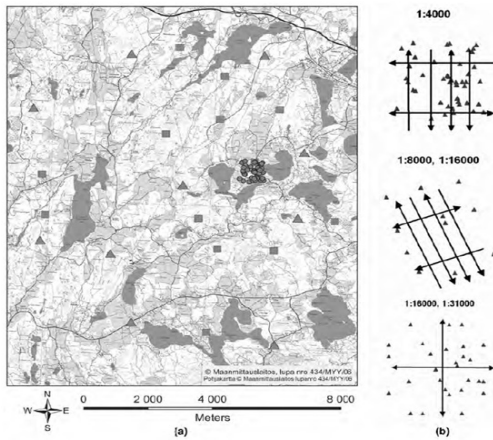


Figure 5. GCPs at the Sjoekulla test field

설치하였으며, 별도로 Siemens Star(2m × 2m, 8m × 8m)를 설치하여 2008년 여름 촬영계획으로 있다(Cramer, 2008).

3.1.2 핀란드(Sjoekulla)

Sjoekulla 테스트 필드는 Finland의 남부 지방인 Kirkkummi 부근에 위치해 있으며 1994년 측지연구소(FGI: Finish Geodetic Institute)가 설치하여 유지관리 중이다. 테스트 필드 지역은 호수, 농경지, 산림 등으로 둘러싸인 시골에 위치해 있으며, FGI와 공항에서 멀지 않은 적당한 거리에 위치해 있다(Honkavaara, 2008). 이 테스트 필드 역시 처음에는 기하보정용으로 설계되어 현재 디지털 카메라의 복사보정을 위한 기준점 개선작업이 완료된 상태이다. 블록크기는 Figure 5와 같이 10km × 10km로써 대, 중, 소축척용 검정으로 구분하여 GPS 측량으로 기준점을 설치하였으며 정확도는 5mm(평면), 10mm(수직)이다.

기준점의 총수는 44점으로 주로 암반위에 볼트로 고정

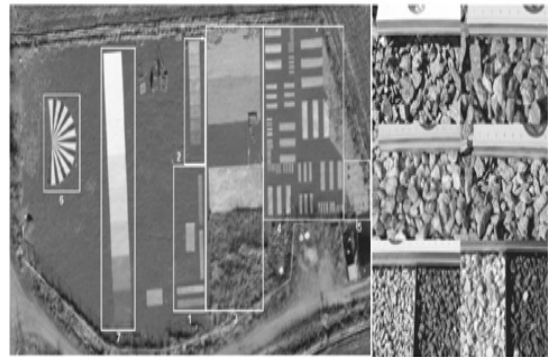


Figure 7. Sjoekulla image quality test field and samples of gravel

하였다. 기준점의 형상은 Figure 6과 같이 원형, 정방형, 삼각형의 3종류로 구성되어 있다. 원형 타겟은 합판으로 제작하였으며 흑색바탕에 직경 30cm(5cm GSD)와 40cm(8cm GSD)로 흰색을 칠하였다. 정방형 타겟 역시 합판으로 크기는 1m × 1m(GSD 25cm)이며, 삼각형은 목재로 제작하였으며 한 변의 길이가 2.4m(GSD 25cm)이다.

Sjoekulla 테스트 필드 역시 최근 디지털 항공시스템의 검정을 위하여 Figure 7과 같이 복사 및 분광 해상도 측정이 가능한 다양한 해상력 검정 타겟을 설치한 테스트 필드를 새로이 구성하였다. 그 크기는 60m × 100m이며, 안정성을 확보하고 산림, 물, 식물 등으로부터 보호하기 위하여 여러 층으로 구성하였다. 이 테스트 필드의 특이한 점은 상층부에 Figure 7의 우측과 같이 R, G, B구별이 가능한 3색상에 의해 다양한 입자크기의 자갈로 설치한 점이다(Honkavaara, 2008). 이 자갈 표지는 내구성이 좋고, 스웨덴의 지형특성상 기상(눈, 비, 산림 등)에 견디기 쉬워 검정의 대안으로 적절하여 국내의 경우에도 그 활용성이 기대된다.

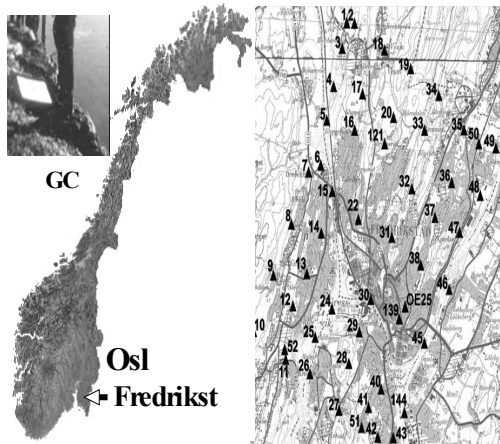


Figure 8. Fredrikstad test field

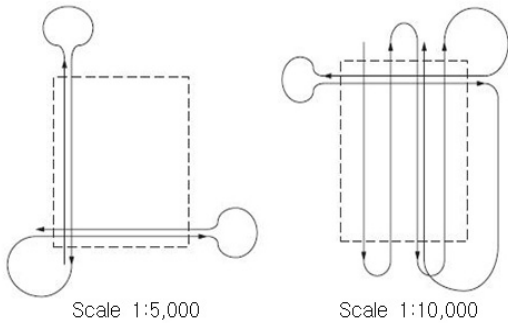


Figure 9. Calibration flight trajectory

3.1.3 노르웨이(Fredrikstad)

Frekdikstad 테스트 필드는 Figure 8과 같이 노르웨이의 수도 오슬로(Oslo)에서 남쪽으로 약 90km 떨어진 곳에 위치해 있으며, 1992년 노르웨이 농업대학의 지도과 학연구소에서 설치하여 유지관리를 담당하고 있다. 지형적으로는 대체로 평탄한 곳으로 최대 표고차가 약 70m 정도이며, 시가지, 교외, 수목, 농지, 수면 등이 포함되어 있다.

테스트 필드의 크기는 4.5km × 6km이다. GCP는 흰색으로 도색된 정방형(40cm × 40cm)의 51점이 고루 분포되어 있으며, 정확도는 밀리미터 수준이며, 영구적으로 이용할 수 있도록 기반암에 볼트로 고정되어 있다. 또한 블록의 정중앙에는 DGPS 기준국이 위치해 있다(Nilsen, 2002).

이 테스트 필드는 주로 유럽항공위원회에서 실시한 sensor orientation 프로젝트를 위하여 Figure 9와 표 1과 같이 1/5,000과 1/10,000 축척의 항공사진의 촬영을 위하

Table 1. Parameter of Fredrikstad Test Field

내용	1/10,000	1/5,000
비행고도	1,600m	1,600m
중복도	60%	60%
스트립수	7 (5+2, +방향)	7 (5+2, +방향)
촬영사진 매수	62 (5×8 + 2×11)	62 (5×8 + 2×11)

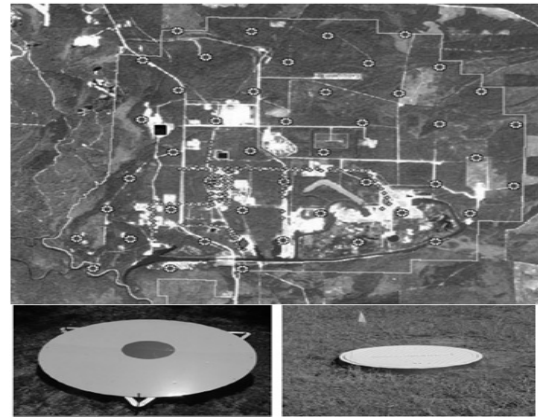


Figure 10. Stennis test field and targets

여 크게 활용된다.

1/5,000 비행에서는 두 개의 스트립이 서로 교차되도록 하였으며, 각각의 스트립은 양방향으로 비행된다. 그리고 축척 1/10,000의 비행은 테스트 필드의 전 영역에서 4개의 평행한 스트립과 한 개의 교차 스트립으로 구성되며, 한 개의 수평과 교차 스트립은 왕복 촬영되었다.

3.1.4 미국(Stennis)

미국은 1970년대 이후 아날로그 카메라의 검정을 매우 체계적으로 실시하여 오고 있다. 디지털 항공카메라의 도입에 따라 1998년 ASPRS에서 카메라 검정 패널을 구성하고 2000년에는 USGS와 ASPRS가 디지털 카메라 검정에 대한 인식을 공유하여 테스트 베드 구축을 정식으로 제안하였다. 이 제안에 따라 2004년 USGS와 NASA가 미시시피주의 SSC(Stennis Space Center)에 Figure 10과 같이 테스트 필드를 설치하였다 (Cramer, 2005b, Pagnutti, 2002).

테스트 필드의 크기는 7.5km × 7.5km이며, 총 44개의 기준점을 고루 설치하였다. 기준점은 직경 2.4m의 흰색 바탕에 가운데는 60cm 직경의 붉은색 페인트를 칠하였으며, 기준점의 정확도는 6cm이다. 이에 더하여 블록의 남쪽 지역에는 직경이 0.6m ~ 2.4m인 맨홀 뚜껑에 흰색을 칠한 136개의 인공구조물을 기준점으로 이용하고 있다. 이외는 별도로 공간해상력과 반사특성을 파악할 수

있는 기능도 제공하고 있다. 그동안 이 테스트 필드에서는 DMC, ADS40, UltraCam, DSS(Applanix) 등 디지털 카메라와 위성센서인 DAIS, IKONOS 영상 등도 검정작업을 수행하였다.

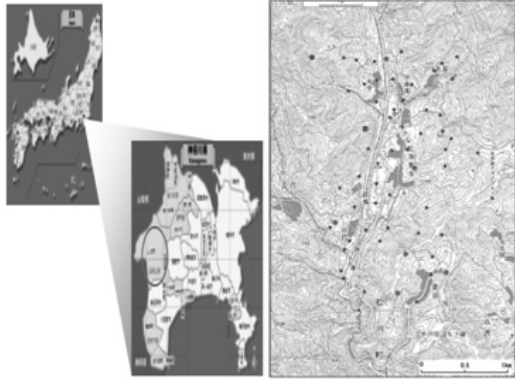


Figure 11. Test bed in Japan

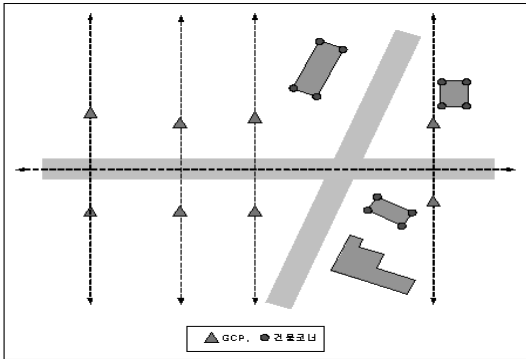


Figure 12. Test bed of EarthData International

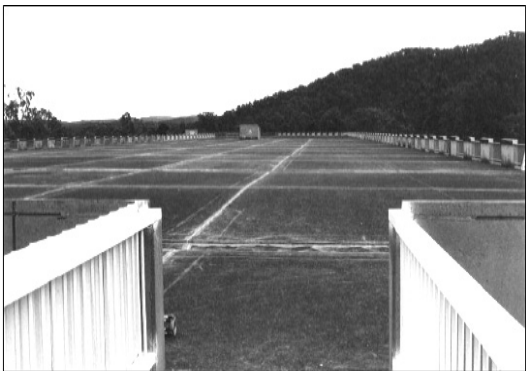


Figure 13. Test of AAM Survey Co., Ltd.

3.1.5 일본

다양한 항공 센서의 도입으로 이들의 신뢰도와 비교실험을 목적으로 공통의 테스트 필드가 필요하게 된 일본은 2002년 사진측량학회 ‘항공측정위원회’에 의해 테스트 필드를 설치하고 각종 센서를 검정하고 있다. Figure 11과 같은 테스트 필드는 카나가와현에 위치해 있으며, 크기는 3km × 5km이다. 기준점은 직경 60cm의 흰색 원형으로 초지 4점, 콘크리트 타설 3점, 포장면 44점, 맨홀 7점, 바위 2점으로 총 60여 개로 구성되어 있다. 기준점은 GPS, 토탈스테이션, 레벨 등으로 관측하였으며 평면 위치 정확도는 1.7~2.8cm, 수직 위치는 3.5cm 이내이다.

유럽지역의 테스트 필드가 대체로 평면인데 반해 일본 테스트 필드의 최대 표고차이는 약 360m로서 이는 센서의 초점거리 검증에 위한 것으로 밝히고 있다. 하지만 이러한 경사는 추후 지형의 수준측량의 정밀도 확보나 관측면에서는 비용이 많이 든다는 단점이 있다. 일본사진측량학회에서는 테스트 필드의 유지관리를 위해 10~15만엔의 사용료와 2~3년 주기로의 재 관측을 위한 5만엔의 비용을 요구하고 있다. 또한 테스트 필드 이용시 점들의 현장위치와 사진, 3차원 좌표 등이 제공된다(국토지리정보원, 2002).

3.2 항공레이저측량(LiDAR)

LiDAR(Light Detection And Ranging)는 항공사진측량 시스템과 달리 카메라가 주 용도로 쓰이지는 않는다. 일반적으로 디지털 카메라가 장착되기는 하지만 해상력이 낮아 측량용 카메라의 정밀도를 충족하지는 못하는 실정이다. LiDAR의 주된 목적은 지형지물에 대한 높이값 취득이므로 여기서의 Calibration은 정확한 고도값 취득을 위한 센서 보정이다. 대부분의 LiDAR장비 보유회사들은 일반적으로 넓은 평면지붕의 빌딩, 대형 주차장 또는 골짜기, 산림, 도로, 소형 건물 등이 섞인 다양한 삼차원의 지물이 있는 곳을 선택하여 측정하고 있다(국토지리정보원, 2002).

3.2.1 미국(EarthData International Co., Ltd.)

EarthData는 특정지역의 테스트 필드를 정하기보다는 LiDAR의 특성상 높이값을 정확히 측정할 수 있는 몇 개의 빌딩을 선정하여 이를 LiDAR 측량을 수행하기 전에 검정장으로 활용하고 있다. Figure 12는 공항의 활주로주변지역으로서 비행은 십자 형태로 코스를 정하고 서로 반대방향으로 측정하여 시스템 보정을 실시하고 있다(국토지리정보원, 2002).

3.2.2 호주(AAM Survey Co., Ltd.)

AAM Survey는 테스트 필드로 Figure 13과 같이 넓은 콘크리트 저수조 건물을 이용한다. 이 건물의 크기는 280m × 55m × 10m(길이 × 폭 × 높이)로서 지붕은 1.2m 높이의 콘크리트와 철제 난간으로 둘러쳐진 곳이다. 또한 남서쪽 코너에는 4.5m × 5.6m × 4m(길이 × 폭 × 높이) 크기로 된 블록건물이 있다. 지붕, 난간, 블록건물은 측량장비를 이용하여 3cm 이내의 정확도로 측정되었다.

테스트필드 상공 위를 수차례 다른 방향으로 비행하여 측정된 값으로, roll, pitch, heading 및 거리에 대한 조정을 하고 있다(국토지리정보원, 2002).

4. 국내 테스트 필드 설치방안

국내 테스트 필드의 설치방안은 최근 GPS/INS 항공사진측량의 실무적용 연구(국토지리정보원, 2002)를 통하여 제시한 바 있다. 따라서 기존의 제안에 더하여 국외사례를 바탕으로 최근 도입된 디지털 항공 카메라의 검정을 위한 몇 가지 요소들을 고려하면 된다. 현재 국내의 수치지도 제작을 위한 촬영축척인 1: 5,000 위주로 기준점의 수와 크기를 설계하고 동시에 1:25,000 축척의 촬영과 항공 Lidar 및 지능형 국토 정보 사업에서 개발중인 5대의 중해상도 다각 촬영 카메라의 calibration 등에 이

용할 수 있도록 설계가 되어야 한다. 따라서 본 연구에서는 테스트 필드 설치 및 운영, 활용방안 등을 제시함에 있어서 향후, 다양한 항공기 탑재센서에 확장 가능성을 Table 2와 같은 사항들을 충분히 고려하여 가까운 장래에 이용이 고려되는 각종 센서의 calibration 활용과 결과물에 대한 품질 성능 검사기준 적용에 대비하여야 할 것이다.

4.1 지역 선정

국내 테스트 필드 설치시 우선 고려사항으로는 설치 위치와 크기 등이다. 대부분의 외국 사례에서 알 수 있듯이 대개 6km × 6km 이상이나 국내의 지형조건과 부지확보문제를 고려할 때 그 크기는 4(3)km × 4(3)km 정도이면 적당하다. 가장 적합한 테스트 필드 위치로는 관리 또는 운영기관(국토지리정보원, 대학, 공공기관 등)과의 거리가 가깝고 항공회사들의 격납고 인 김포공항에서 근접한 지역을 선정하여야 한다. 아울러 한 가지 중요한 요소는 개발행위가 없어 테스트 필드 자체는 물론이고 기준점 훼손의 우려가 없는 국유지이어야 한다. 하지만 이러한 지역을 영구히 보존하기란 현실적으로 매우 어려운 실정이다. 따라서 한 가지 대안으로는 대전 연구단지 내의 공공기관(예, 항우연, ETRI 등)의 운동장과 건물 등을 활용하는 방안이다.

Table 2. Consideration factors for test field

테스트 필드의 설치	축척 해상력	- 아날로그: 촬영 축척 - 디지털: 공간해상력(GSD), image format 등
	크기 및 위치	- 외국 사례를 고려할 때 4km x 4km 정도의 크기가 적절함. - 항공기의 접근성, 공항과의 거리 등 고려, 유지관리(위탁운영기관과 근접한 지역으로 선정(부재시 공공기관 운동장 활용, 예: 항우연, ETRI 등))
	기준점 배치 및 설치	- 아날로그 및 디지털 병용 가능 - 축척과 해상력 고려하여 한 타겟에 다중 목적의 기준점 크기로 제작 - 항공센서 및 위성센서 동시 검정 가능한 기준점 설치 - 현 항공작업대규 고려한 배치
	촬영 형태	- 최적의 calibration이 가능토록 촬영 시 비행형태의 제안
테스트 필드의 운영 및 활용	운영 및 유지관리	- 테스트필드의 유지관리 주체 선정 - 지상 기준점의 정확도 확보 및 유지 - 관리방안 마련
	활용 증대	- 가까운 장래에 이용이 고려되는 각종 센서의 calibration 활용에 대비

4.1.1 위치 조건

위에서 설명한 테스트 필드 설치 요건들을 고려한 최적 위치조건을 정리하면 다음과 같다.

- 국내 항공사의 비행기 격납고가 있는 김포공항에서 거리가 가까울 것
- 관리주체인 국토지리정보원의 주변지역 일 것, 유지관리를 위탁 운영하는 경우에는 이 기관과 거리가 가까울 것
- 기준점 표식 설치시, 토지분쟁이 발생할 수 있으므로 국/공유지 혹은 공공기관의소유 토지일 것
- 향후, 운영 등을 고려하여 관리가 용이하고 지형/지물의 변동이 없는 곳
- GPS 데이터 수신에 대한 장애가 없는 곳
- 항공촬영 중 비행의 방해가 없는 곳(군사지역 및 보안 지역 제외)
- 향후 LiDAR 측량을 위해서 기복이 있는 골짜기, 산림, 도로, 소형 건물 등이 섞인 다양한 삼차원의 지물이 있는 곳

4.1.2 최적 크기

테스트 필드의 설치시, 가장 중요한 요소중의 하나는 최적의 크기이다. 면적이 너무 크면 설치와 유지관리 비용이 증가하고, 너무 작으면 효율적인 센서 검정이 어렵

다. 테스트 필드의 최적 크기의 결정은 우선 대측척을 고려한 포괄면적, 기준점 설치간격과 분포, 중복도 등을 고려하여야 한다. 또한 항공사진의 실제 촬영시 한 스트립의 길이와 유사하도록 설계하고 일반적으로 비행방향의 길이가 횡방향의 길이보다 약간 길고 짝수 스트립이 되도록 하여야만 GPS/IMU의 보정이 매우 효과적이다. 국외 사례의 경우를 살펴보면 7km × 5km(독일), 10km × 10km(핀란드), 5km × 6km(노르웨이), 7.5km × 7.5km(미국) 등으로 다양하다.

하지만 국내에서는 부지확보 문제로 인하여 이러한 대형의 테스트 필드 설치가 불가능하므로 4(3)km × 4(3)km 정도로 제한되어야 할 것이다.

4.2 기준점 설치 및 측량

선정된 테스트 베드 지역에 적절한 기준점을 평면 및 표고로 구분하지 않고, 모든 기준점을 3차원으로 배치하되 관리상의 편의를 고려하여 설치하여야 한다. 대부분의 외국 사례에서 알 수 있듯이 지형변동이 없는 기반암에 볼트로 설치하거나 콘크리트로 타설하고 있다. 또한 맨홀 등 인공지물을 활용하고 있으며 복사보정을 위하여 다양한 형태의 타겟과 자갈 및 Siemens star, resolution

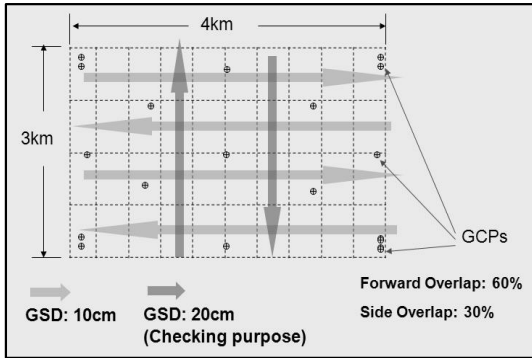


Figure 14. Scheme of proposed test field



Figure 15. Carry target

bar 등 이동형 타겟을 이용하고 있어 국내의 테스트 필드에도 이러한 방법을 적극 도입하여야 한다. 또한 기준점 배치에서 중요한 변수 중의 하나는 촬영고도 대비 적절한 비고가 되도록 표고점을 적절하게 배치하여 센서의 높이(정표고) 보정이 가능하도록 하여야 한다.

4.2.1 기준점 배치

본 연구에서 제안된 테스트 필드의 면적에 맞게 기준점을 배치시키되, 테스트 필드 경계부분 까지 포함하여 전 지역에 걸쳐 균등하게 지상기준점을 배치하여야 한다. 캐나다 Appllanix의 경우 센서 검정을 위하여 두 스트립(한 스트립 사진매수 : 5~8매)에 6~8점, 네 스트립에 10~15점 정도를 권장하고 있다. 따라서 국내에서 구축될 테스트 필드의 크기, 기준점 수와 배치 등을 고려하면 Figure 14와 같다.

4.2.2 기준점 측량

제안된 기준점에 대하여 설치가 완료된 후에 기준점 측량을 설치하되, 평면과 표고로 구분하여 각 기준점에 대하여 3차원 위치측량을 실시하도록 한다. 측량정확도의 확보를 위하여 국토지리정보원 정밀1·2차 기준점측량 작업규정에 준하여 실시하도록 하며, 측량이 완료된 기준점의 정확도는 3차원좌표가 ±2~3cm 정도이어야 만이 정밀한 센서검정이 가능할 것이다. 그리고 본 연구에서의 테스트 필드는 방사학적, 기하학적, 해상도분석, 지형 기복등에 대한 테스트가 고려되어야 하므로 수가지의 다양한 타겟이 필요하게 된다, 특히 기하학적인 검사점의 타겟은 영구적인 표식으로 설치하되 방사학적, 해상도분석과 같은 타겟은 건물 옥상과 같은 사람의 접근성이 없는 공간을 필요로 하게 된다. 그래서 Figure 15와 같은 휴대가 가능한 타겟까지도 고려되어야 할 것이다. 뿐만 아니라 표고차가 있는 타겟을 설치한다면 센서의 화면거리에 대한 변수도 검증할 수 있으므로 표고차가 있는 것이 좋다.

300m정도의 표고차가 있는 테스트필드가 제일 좋은 것으로 알려져 있으나 세계적으로 아직 설치된 적이 없는 형태에 타겟이다. 그리고 주위 배경에 반대가 되어 2진법(bit)에서 인식할 수 있는 색조가 좋을 것이며 일반적으로 백색이 바람직하여 필드내에 편중되지 않은 대공표지의 배치가 중요하다.

4.3 테스트 필드 운영방안

테스트 필드 설치 후에 정상적인 가동을 위해서는 체계적인 운영과 유지관리 방안이 제시되어야 한다. 즉 국내에 도입되는 다양한 센서의 종류를 고려한 테스트 필드

Table 3. Operational plan for Test Field

구분	해당기관	역할
관리 기관	국토지리정보원	사용료 결정 법, 제도 정비
위탁 운영 기관	1안 : 한국측량학회 2안 : 공공측량성과심사 기관 (대한측량협회) 3안 : 항공관련 대학연구소	유지관리 검측측량

의 향후 확장성을 고려하고 운영과 유지관리에 따른 문제점 등을 최소화 할 수 있도록 하여야 한다. 또한 설치된 테스트 필드에 대해서 주기적으로 검측측량을 수행하여야 하며, 운영이나 활용과 관련된 규정, 지침 등의 법제도적인 측면을 정비하여야만 향후 원활한 운영이 가능하다.

4.3.1 관리주체

본 연구에서 제안하는 테스트 필드는 지도제작용으로 이용되는 항공기 탑재 센서를 중심으로 검정을 하기 때문에 지도제작 대표기관인 국토지리정보원이 관리주체가 되어야 한다. 하지만 국토지리정보원이 직접 테스트 필드를 유지 관리하는 경우에는 업무에 큰 부담이 될 수도 있다. 따라서 국토지리정보원은 설치에만 관여하고 사용료 결정, 법제도 정비 등 중요사안에 대한 결정권만 갖고 유지관리는 학회나 협회 또는 대학 등에 위탁하는 방안이 합리적이다. 외국의 사례에서도 살펴본 바와 같이 대부분 이러한 방안으로 수행되고 있다. 따라서 테스트 필드 관리 및 운영기관으로 분리하여 Table 3과 같이 제안하고자 한다.

4.3.2 법·제도 정비

본 연구에서 제안하는 항공기 탑재 센서 검정을 위한 테스트 필드를 운영할 시에 고려되어야 하는 부분은 사용수수료의 산정, 관련분야의 작업규정, 측량법 등 법제도적인 뒷받침이 있어야 한다. 따라서 현재 운영중인 측량법의 측량기 성능검사에 대한 심사항목에서 항공기 탑재 센서에 대한 검정을 의무조항 등으로 삽입할 필요성이 있다.

3. 결 론

본 연구에서는 외국의 항공측량용 테스트 베드에 대한 사전 조사를 수행하여 국내 테스트 베드 구축방안을 제시하고자 하였다. 현재 국내에도 Lidar, 디지털 카메라, 고해상 위성센서 등이 개발내지 도입되고 있다. 특히, 현재 개발중인 Mulit-looking 항공사진기의 위치정확도가 3

~ 5cm, 지상 해상력은 최대 10cm 정도로 기대하고 있다. 따라서 이러한 항공센서 분야의 기술적 변화를 고려하여 테스트 필드를 구축하여야 한다.

본 연구를 통하여 국내 테스트 필드 설치시 반영되어야 할 몇 가지 결론은 다음과 같다.

첫째, 디지털 카메라의 도입에 따라 테스트 필드의 기준점도 기하검정과 복사검정이 동시에 가능한 다양한 타겟을 설치하여야 한다.

둘째, 테스트 필드의 크기는 국내에서는 부지확보 문제로 인하여 4km × 4km 정도가 적당한 것으로 사료된다.

셋째, 테스트 필드는 항공카메라, Lidar, 위성센서 등 다양한 분야에서 활용이 가능하도록 설계되어야 한다.

넷째, 테스트 필드의 관리기관은 국토지리정보원, 운영 및 유지관리는 학회, 협회, 대학 등에 위탁하는 방안이 현실적이다.

다섯째, EuroSDR과 같이 한국, 일본, 중국 등이 협의체를 구성하여 아시아권의 테스트 필드관련 공동연구와 경험을 공유할 수 있는 방안의 제시가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업-지능형 국토정보 기술혁신사업 과제의 연구비 지원(07국토정보 C)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 국토지리정보원, 2002, GPS/INS 항공, 사진측량 실무적용을 위한 연구(II).
2. 범아엔지니어링 외, 2007, 지능형 국토정보기술혁신사업, 공중부문 공간정보구축장비개발 제안서, pp. 139-143.
3. 이재원, 조규전, 허민, 이강원, 2005, "항공용 카메라의 검정과 촬영기술에 관한 연구", 2005년 춘계학술발표회 논문집, 한국측량학회, pp. 139-143.
4. 황순원, 김감래, 2007, "디지털 항공영상을 이용한 수치지도의 건물레이 갱신", 한국지형공간정보학회지, 한국지형공간정보학회, 제15권 4호, pp. 31-40.
5. Cramer, M., 2005a, "10 years ifp test site Vaihingen/Enz: An independent performance study", Photogrammetric Week 05, pp. 79-92.
6. Cramer, M., 2005b, "Digital airborne camera - Status and future", ISPRS Workshop on high resolution earth imaging for geospatial information, May 2005, University of Hannover.
7. Cramer, M., 2008, Evaluierung digitaler photogrammetrischer Kamera-systeme, http://www.dgpg.de/neu/projekt/dgpf-projekt-C RAMER.pdf
8. Honkavaara, E., Ahokas, E., and et al, 2006, "Geometric test field calibration of digital photogrammetric sensors",

- ISPRS*, Vol. 60, No.6, pp. 387–399.
9. Honkavaara, E., Peltoniemi, J., and et al, 2008, “A permanent test field for digital photogrammetric systems”, *PE&RS*, Vol. 74, No.1, pp. 95–106.
 10. Nilsen B., Jr., 2002, A Test field Fredrikstad and data acquisition for The OEEPE test integrated sensor orientation, *OEEPE Test Report and workshop proc.*, pp. 19–30.
 11. Pagnutti, M., et al, C.D., 2002, “Measurement sets and sites commonly used for characterizations.”, *Proc. of ISPRS Committe I*, Denver, Nov. 2002.