

아리랑위성 2호 한반도 정사모자이크영상 제작

이광재¹ · 윤희천^{2*} · 김윤수¹

Generation of the KOMPSAT-2 Ortho Mosaic Imagery on the Korean Peninsula

Kwang-Jae LEE¹ · Hee-Cheon YUN^{2*} · Youn-Soo KIM¹

요 약

본 연구에서는 아리랑위성 2호 영상자료를 이용하여 한반도 전역에 대한 정사모자이크영상을 생성하고 정확도 평가를 실시하였다. Rational Polynomial Coefficient(RPC) 모델링 결과 지상기준점(Ground Control Point : GCP) 선점이 힘든 산악지역 등을 제외하고는 대부분 2화소 이내로 나타났다. 정사영상 제작에는 축척 1:5,000 수치지형도를 이용하여 제작한 수치고도모델(Digital Elevation Model : DEM)이 사용되었는데, 수치지형도가 존재하지 않는 접근불능지역의 경우 Shuttle Radar Topography Mission(SRTM) DEM이 사용되었다. 한편 한반도 정사모자이크영상은 정사영상 집성과 색상보정을 통해 생성되었으며, 모자이크영상에 대한 정확도 분석은 1m 칼라 합성영상에 대해 실시하였다. 위치정확도 검증을 위하여 남한지역에서 현지측량을 통해 확보한 813 검사점(Check Point)이 사용되었으며 Root Mean Square Error(RMSE) 계산을 통하여 최대 5m 이내의 오차가 확인되었다. 한편 접근불능지역 경우 참조영상(Reference Image)에서 추출한 검사점을 이용하여 정확도 분석을 실시하였는데 3m(RMSE) 이내의 위치정확도를 가지는 영상이 약 69% 정도 되는 것으로 확인되었다. 또한 인접영상과의 접합정확도 육안평가에서는 일부 산악지역에서의 약 1~2 화소 이격을 제외하고는 잘 일치하고 있는 것으로 확인되었다.

주요어 : 아리랑위성 2호, RPC, 정사모자이크영상, 수치고도모델, SRTM

ABSTRACT

In this study, we established the ortho mosaic imagery on the Korean Peninsula using KOMPSAT-2 images and conducted an accuracy assessment. Rational Polynomial Coefficient(RPC) modeling results were mostly less than 2 pixels except for mountainous regions which was difficult to select a Ground Control Point(GCP). Digital

2013년 7월 24일 접수 Received on July 24, 2013 / 2013년 9월 6일 수정 Revised on September 6, 2013
/ 2013년 9월 17일 심사완료 Accepted on September 17, 2013

1 한국항공우주연구원 위성정보연구소 Satellite Information Research Institute, Korea Aerospace Research Institute

2 충남대학교 토목공학과 Dept. of Civil Engineering, Chungnam National University

* Corresponding Author E-mail : hcyoon@cnu.ac.kr

Elevation Model(DEM) which was made using the digital topographic map on the scale of 1:5,000 was used for generating an ortho image. In the case of inaccessible area, the Shuttle Radar Topography Mission(SRTM) DEM was used. Meanwhile, the ortho mosaic image of the Korean Peninsula was produced by each ortho image aggregation and color adjustment. An accuracy analysis for the mosaic image was conducted about a 1m color fusion image. In order to verify a geolocation accuracy, 813 check points which were acquired by field survey in South Korea were used. We found that the maximum error was not to exceed 5m(Root Mean Square Error : RMSE). On the other hand, in the case of inaccessible area, the extracted check points from a reference image were used for accuracy analysis. Approximately 69% of the image has a positional accuracy of less than 3m(RMSE). We found that the seam-line accuracy among neighboring image was very high through visual inspection. However, there were a discrepancy with 1 to 2 pixels at some mountainous regions.

KEYWORDS : KOMPSAT-2, Rational Polynomial Coefficient, Ortho Mosaic Imagery, Digital Elevation Model, Shuttle Radar Topography Mission

서론

우주활용기술의 세계적인 추세는 위성으로부터 획득한 정보를 가공하여 다양한 분야에 서비스함으로써 부가가치를 높이는 방향으로 선회하고 있는데 가장 대표적인 사례로 구글어스(Google Earth)를 들 수 있다. 현재 구글어스에서 서비스되고 있는 위성영상은 부가처리를 통해 위치 정확도가 향상됨에 따라 인터넷뿐만 아니라 각종 모바일 환경에서 사용자의 위치를 정확하게 제공할 수 있으며 이로 인해 각종 서비스산업과 결합하여 다양하게 활용되고 있다. 따라서 우리나라도 우주기술 투자에 대한 효율성 제고를 위해서는 아리랑위성으로부터 획득된 위성정보의 활용도를 높이기 위한 다양한 고부가가치 창출 전략이 필요하다.

국가우주개발계획에 의하여 개발되고 있는 아리랑위성 시리즈는 1999년 아리랑위성 1호 발사와 더불어 본격적으로 운영 및 활용되기 시작하였다. 현재 아리랑위성 2호(2006년 7월 발사)와 3호(2012년 5월 발사)가 정상운영 중에 있으며, 후속위성들이 개발 중에 있다. 저궤도 고해상도 지구관측위성인 아리랑위성 시리

즈는 높은 공간해상도를 바탕으로 각종 정밀 주제도 제작을 비롯하여 국토변화, 환경감시, 재해재난 분석 등에 있어 매우 다양하게 활용되고 있다(Lee *et al.*, 2012). 그러나 아리랑위성의 경우 표준영상(1R, 1G)만을 사용자에게 제공하였기 때문에 위성영상의 활용가치를 높이기 위해서는 사용자가 부가적인 처리를 직접 수행할 수밖에 없었다. 따라서 표준화된 부가처리를 통해 신뢰성 높은 자료를 제공한다면 보다 손쉬운 위성영상 활용을 지원할 수 있을 것으로 기대되는데 이를 위해서는 다양한 지역에 대한 다량의 영상자료를 이용한 자료처리 연구가 반드시 요구된다. 국내에서 아리랑위성 2호 영상자료와 관련한 연구는 주로 주제정보 생성 및 자료처리와 관련하여 많이 진행되었는데, Lee *et al.*(2009)은 수치고도모델(Digital Elevation Model : DEM) 등과 같은 지형정보 생성에 있어 아리랑위성 2호의 활용가능성을 타진하기 위한 연구를 수행하였으며, Lee *et al.*(2009)은 아리랑위성 2호 입체영상을 이용하여 정밀 DEM을 추출하기 위한 연구를 수행한바 있다. 그리고 Lee *et al.*(2012)은 아리랑위성 2호 입체영상을 이용한 지도제작 가능성 평가를 위한 연구를 수행하였으며, 이외에도 자

동기하보정(Oh and Jung, 2012), 상대복사보정(Yeon *et al.*, 2012), 영상융합(Oh *et al.*, 2012) 연구 등과 같은 다양한 연구가 수행되었다.

한편 해외에서는 아리랑위성 2호 영상자료에 대한 품질검증과 관련된 연구가 주로 수행되었는데 그 중에서도 Saunier *et al.*(2008)은 지상기준점(Ground Control Point : GCP) 사용 유무 및 사용수량에 따른 영상자료의 위치정확도(Geolocation Accuracy) 변화를 분석하였으며, Nowak Da Costa and Walczynska (2010)은 두 종류의 상용영상처리 소프트웨어를 이용하여 GCP 수량에 따른 아리랑위성 2호 정사영상 정확도 분석을 수행하였다. 그러나 정사영상 등에서의 위치정확도는 실험 대상지역 및 사용 영상자료 수량 등에 따라서 달라질 수 있기 때문에 보다 다양한 지역에서 많은 영상자료를 이용한 체계적인 연구가 필요하다.

본 논문에서는 그 동안 아리랑위성 2호가 촬영한 한반도 영상자료를 이용하여 한반도 전역에 대한 정사모자이크영상을 생성하고 이에 대한 체계적인 정확도 분석을 통하여 아리랑위성 2호 정사모자이크영상에 대한 활용성을 평가하고자 한다.

지상참조자료 DB 구축

연구의 공간적 범위는 그림 1과 같이 한반도 전역이며 도서지역과 일부 한반도 접경지역을 포함하고 있다.

본 연구에서는 한반도 전역에 대한 2,256장의 아리랑위성 2호 영상자료(1R)가 사용되었다. 영상은 2007년부터 2012년 상반기까지 가급적 운량이 없는 맑은 날에 촬영된 영상(A 등급) 위주로 선별하였지만 한반도 전역을 대상으로 선별하는 관계로 운량 B(10%), C(25%) 등급의 영상도 일부 사용하였다. 시기적으로는 총 2,256장 중에서 2010년 이후 영상이 25%이며 나머지는 2010년 이전 영상들로 구성되었다.

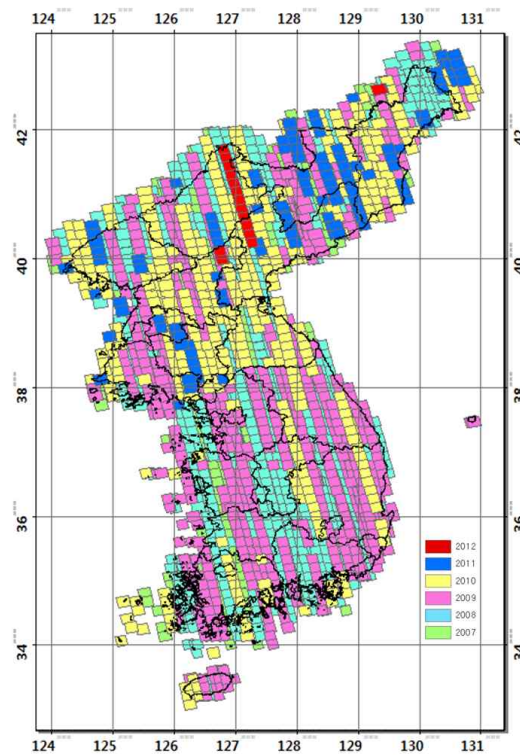


FIGURE 1. Location map of study area and image data used

자료보정에 있어 요구되는 지상기준점(X, Y) 추출을 위하여 공간해상도 25cm 급의 정사항공사진이 사용되었다. 그러나 정사항공사진이 존재하지 않는 지역에 대해서는 축척 1:5,000 수치지형도가 이용되었으며, 접근불능지역의 경우 유관기관으로부터 제공받은 고해상도 참조영상(Reference Image)이 사용되었다. 한편 표고정보(Z) 추출에 있어서는 DEM이 이용되었는데, 남한지역의 경우 ArcGIS 소프트웨어를 이용하여 축척 1:5,000 수치지형도에서 등고선, 표고점을 추출하여 격자간격 5m×5m의 DEM을 생성하여 사용하였다. 생성된 DEM에 대한 정확도 평가는 등고선, 표고점에서 임의로 추출한 검사점(Check Point)을 이용한 Root Mean Square Error(RMSE) 계산을 통해 수행되었는데 대부분 DEM 제작 정확도가 1m 정도로 균일한 것으로 확인되었다. 그림 2는 축척

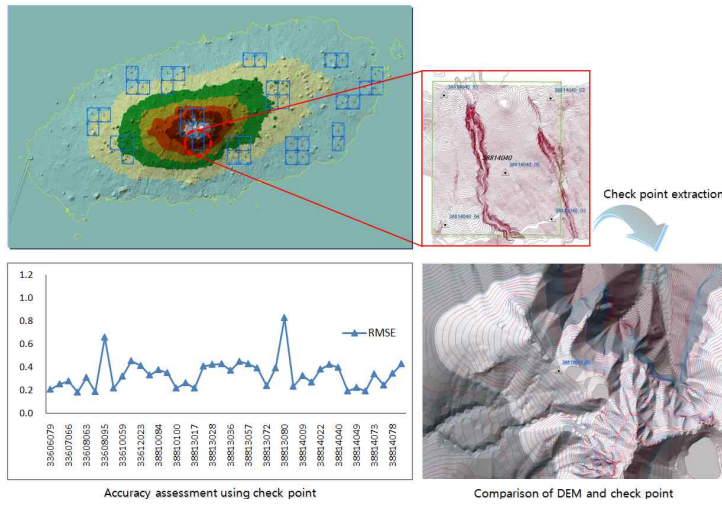


FIGURE 2. Analysis of DEM generation accuracy : the case study of Jeju area

1:5,000 수치지형도 40도엽에서 추출한 총 200점의 검사점을 이용하여 제주도 DEM에 대한 제작 정확도를 분석한 결과를 보여주고 있다.

한편 수치지형도가 존재하지 않는 접경지역 및 접근불능지역의 경우 격자간격 30m의 Shuttle Radar Topography Mission(SRTM) DEM을 이용하였는데 그림 3과 같이 정확도 평가를 수행한 후 사용하였다. SRTM DEM에 대한 정확도 분석은 접근불능지역과 같이 산악지형이 많이 존재하는 경상도, 강원도 및 경기 북부 일부지역을 대상으로 실시되었으며 정확

도 분석에는 현지측량을 통해 확보한 600점의 검사점이 사용되었다. 정확도 분석결과 검사점에 비해 SRTM DEM 높이 값이 다소 높은 것으로 나타났는데 특히 산악지형에서 그 수치는 더욱 커지는 경향이 있었다(Lee, 2012). 이는 X밴드 레이더 시스템을 기반으로 제작된 SRTM DEM의 경우 일부 나무 등과 같은 지상물체에 대한 높이 정보가 포함되어 있기 때문인 것으로 해석된다. 한편 정사 대상지역에 대한 전체 정확도는 약 4.6m(RMSE)로 확인되었다. 정사영상 및 DEM 정확도 평가를 위하여 현

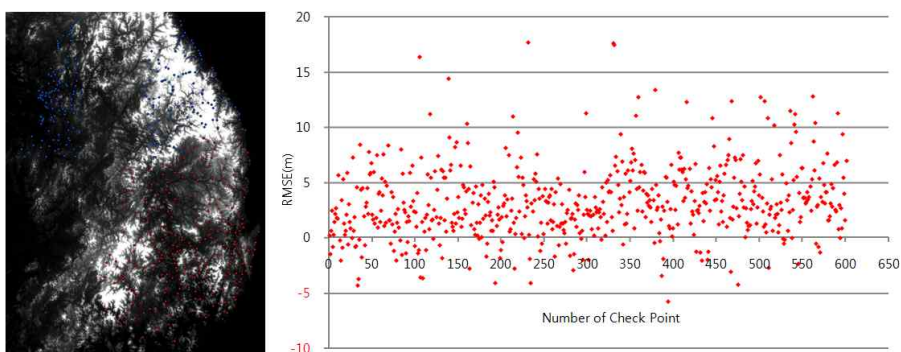


FIGURE 3. Accuracy assesment of SRTM DEM using survey data

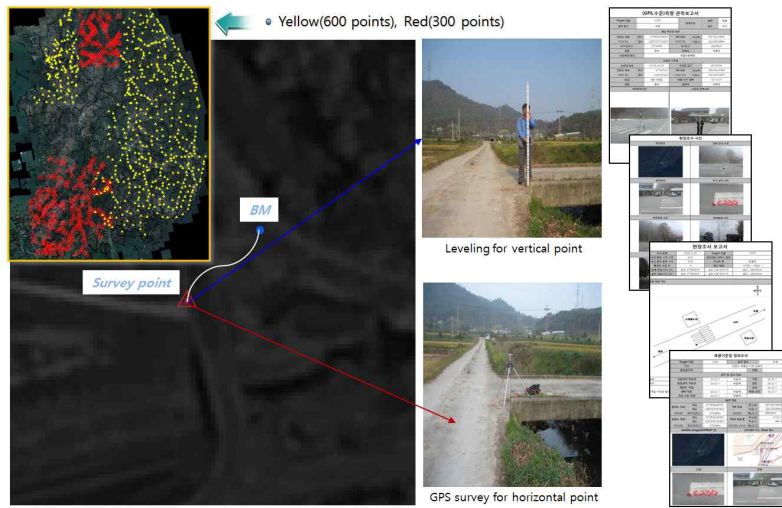


FIGURE 4. The result of check point survey

지측량을 통해 약 900여 점의 검사점을 확보하였다. 검사점 선점은 그림 4와 같이 국가 수준점(BM)에서 가까우면서 실험에 사용된 아리랑 위성 2호 영상자료에서 위치가 명확히 식별되는 지점을 최우선적으로 선정하여 GPS(Global Positioning System) 측량을 통해 수평기준점(X, Y)을 획득하고 레벨측량을 통해 표고(Z)값을 확보하였다.

자료처리 및 결과

본 연구의 자료처리는 그림 5와 같은데, 우선 선별된 영상에 대한 위성영상 모델링 과정을 거쳐 정사영상을 생성하고 영상집성을 통해 한반도 정사모자이크영상을 생성하는 순으로 진행되었다.

아리랑위성 2호는 공간해상도 1m의 흑백영

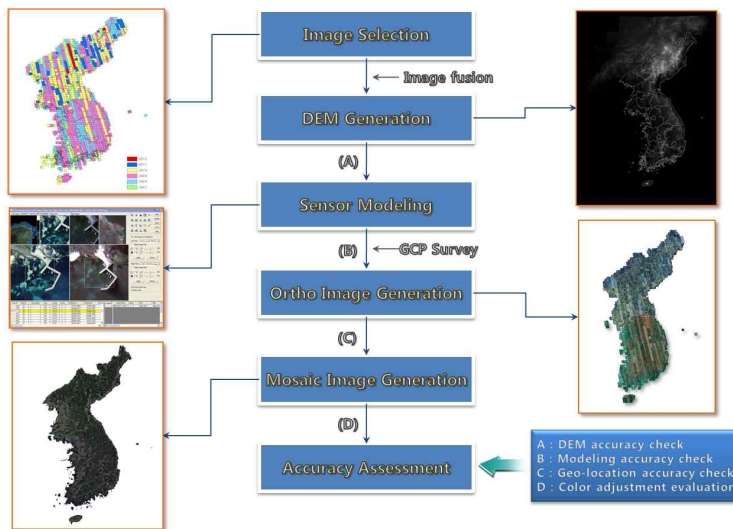


FIGURE 5. Data processing flow

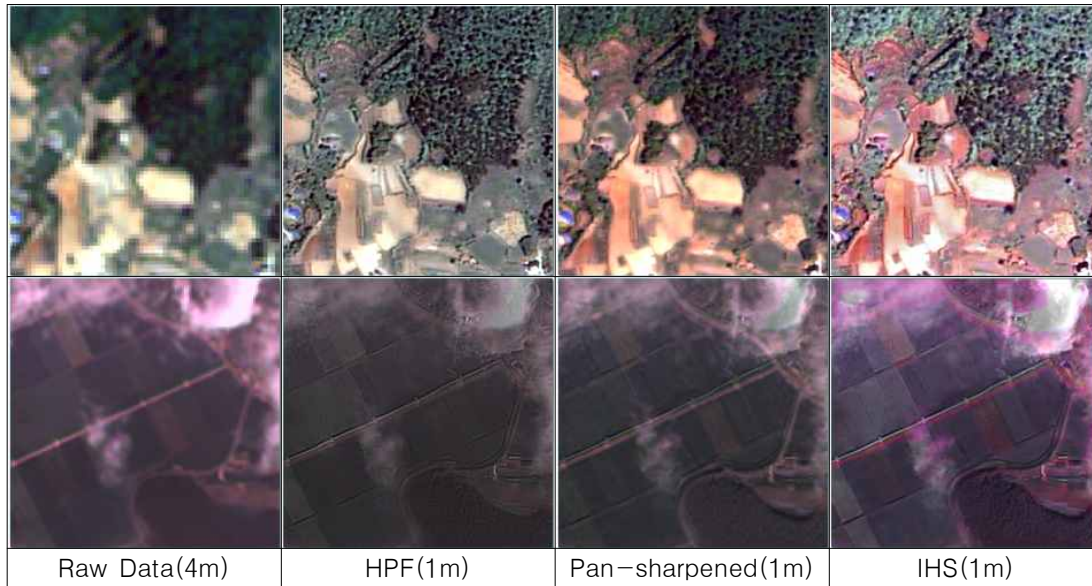


FIGURE 6. Comparison of image fusion results

상과 4m의 칼라영상을 제공하는데 이 두 가지 영상을 이용하여 1m 칼라 합성영상을 생성할 수 있다. 본 연구에서는 영상융합에 있어 가장 일반적으로 많이 사용하는 Intensity-Hue-Saturation(IHS) 계열의 영상융합 방법과 High Pass Filter(HPF) 그리고 Pan-sharpened(Zhang, 2002) 방식을 테스트하였다. 그 결과 윤량이 전혀 없는 A급 영상에서는 3가지 방식 모두 좋은 융합결과를 보여주었으나, 그림 6과 같이 영상 내에 윤량, 연무 등이 존재하거나 해안가 영상에서는 IHS 계열의 영상융합 방식과 Pan-sharpened 방식에서는 일부 색상왜곡 현상이 나타나 본 연구에서는 HPF 방식을 통해 영상융합을 실시하였다. 고역 필터를 사용하는 HPF의 경우 영상내의 선형정보를 강조하다보니 노이즈 등이 부각되는 문제점은 있었으나 다른 두 가지 방식에 비해 전반적인 색상변화가 적어 본 연구에서는 HPF 방식을 사용하였다.

아리랑위성 2호는 위성의 위치, 자세, 속도정보뿐만 아니라 위성 촬영 당시의 표정요소 등

에 관한 정보를 Rational Polynomial Coefficient(RPC)에 담아 공개하고 있는데, Oh *et al.*(2011)을 비롯하여 많은 연구자들이 Ephemeris 자료와 RPC를 이용한 3차원 위치 결정 정확도 평가 및 정확도 향상을 위한 다양한 연구를 진행하였다(Saunier *et al.*, 2008; Jeong and Kim, 2009; Lee and So, 2009; Lee *et al.*, 2010; Kim *et al.*, 2010; Oh and Jung, 2012).

일반적으로 GCP를 이용한 Affine 기반의 Refine RPC 방식을 사용하더라도 엄밀센서모델링의 결과와 마찬가지로 상당히 높은 수준의 정확도 확보가 가능한 것으로 알려져 있어(Seo *et al.*, 2009; Costa *et al.*, 2010; Oh *et al.*, 2011) 본 연구에서는 RPC 정보를 이용하여 ERDAS LPS(Leica Photogrammetry Suite)를 통해 위성영상 모델링을 수행하였다. 식 (1)은 지상 3차원 좌표(X_n, Y_n, Z_n)와 이에 대응하는 영상좌표(r_n, c_n)간의 기하학적인 관계를 비례다항식 형태로 표현한 모델로서 -1에서 +1사이의 값으로 정규화된 좌표를 가진다.

$$r_n = \frac{P_1(X_n, Y_n, Z_n)}{P_2(X_n, Y_n, Z_n)}$$

$$c_n = \frac{P_3(X_n, Y_n, Z_n)}{P_4(X_n, Y_n, Z_n)} \quad (1)$$

한편 위성영상 모델링에 있어 평균적으로 영상 당 9점의 기준점과 6점의 검사점이 사용되었는데 남한지역의 경우 25cm급의 정사항공사진과 일부 축척 1:5,000 수치지형도로부터 기

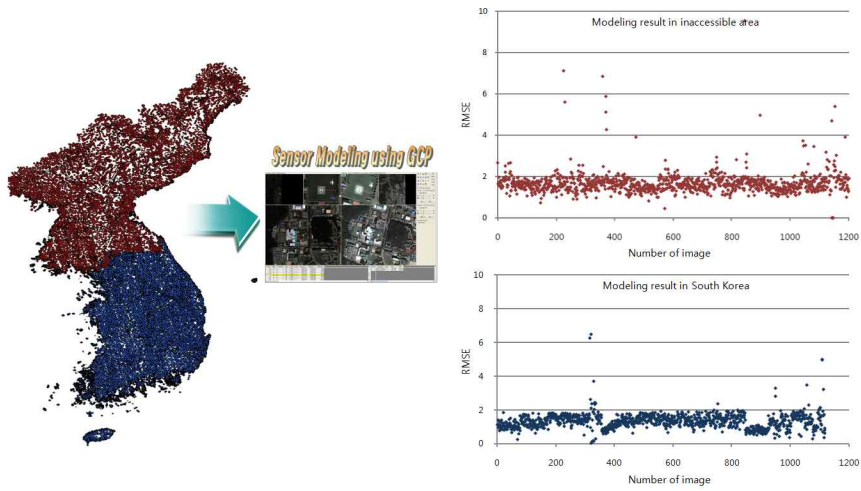


FIGURE 7. Sensor modeling results

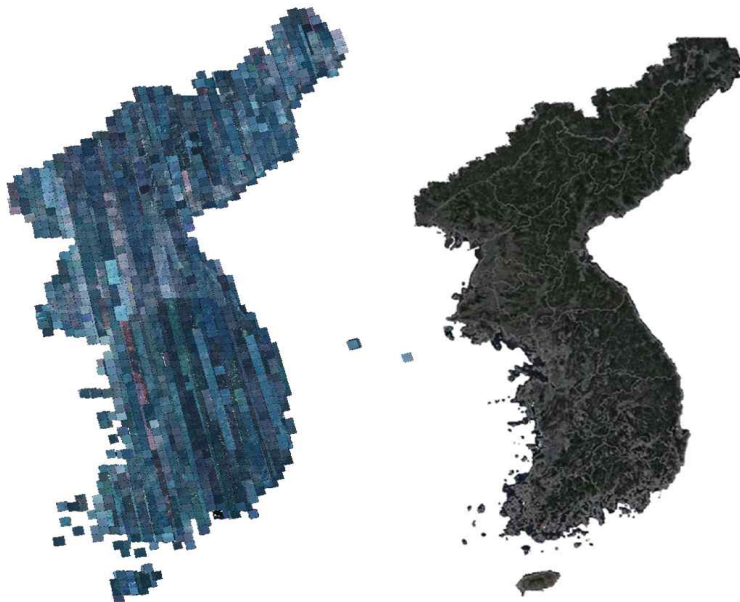


FIGURE 8. Ortho image(left) and ortho mosaic image(right) on the Korean peninsula

준점과 검사점을 추출하였으며, 접근불능지역의 경우 고해상도 참조영상을 이용하였다. 그림 7은 위성영상 모델링에 사용된 전체 기준점 및 검사점 현황과 이를 통해 수행된 모델링 결과를 보여주고 있는데 대부분 2화소(Pixel) 이내의 모델링 성과를 나타내고 있다. 그러나 그림 7에서 보듯이 최대 약 10화소까지의 모델링 오차도 존재하였는데 이와 같은 과대오차는 대부분 기준점 선점이 힘든 산악지역, 해안가 및 도서지역 등에서 많이 발생한 것으로 확인되었다.

위성영상 모델링 성과를 바탕으로 그림 8(좌)과 같이 한반도 전역에 대한 정사영상을 생성하였는데 남한지역의 경우 격자간격 5m로 제작된 DEM이 사용되었으며 접근불능지역의 경우 격자간격 30m와 일부지역에 대해서는 제한적으로 10m DEM이 사용되었다. 한편 본 연

구에 사용된 영상자료들은 서로 다른 시기에 촬영되었기 때문에 인접영상 간의 색상이 균일하지 못하여 그림 8(우)과 같이 수작업을 통한 색상보정 및 영상집성을 통해 균일한 색상을 가지는 한반도 정사모자이크영상을 생성하였다.

정확도 분석

본 연구의 최종성과물인 정사모자이크영상에 대한 정확도 분석은 1m 칼라 합성영상을 기준으로 실시하였는데 크게 검사점을 이용한 위치정확도와 인접영상과의 접합정확도 및 색상보정 상태로 구분하여 실시하였다.

우선 남한지역의 경우 앞서 그림 4에서 설명한 약 900여점의 검사점을 이용하여 위치정확도 분석을 실시하였는데 정사모자이크영상에서

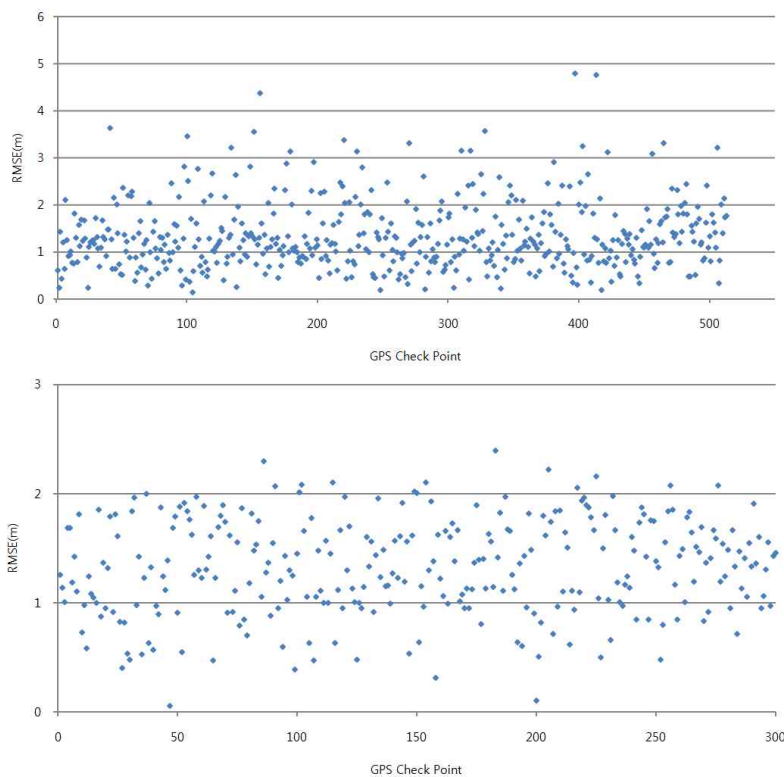


FIGURE 9. Accuracy assesment of ortho mosaic image in South Korea

검사점 위치가 명확히 식별되는 813점만을 이용하여 정확도 분석을 수행하였다. 그림 9는 경상도, 강원도 및 수도권 일부지역에 대한 513점의 검사점(위)과 전라도 및 경기북부 일부지역에 대한 300점의 검사점(아래)을 이용하여 위치정확도 분석을 실시한 결과를 보여주고 있다.

그림 9의 위쪽 그래프에서 최대 약 5m 정도까지의 오차가 존재하는 것으로 나타났는데 이는 경상도, 강원도 등의 높은 산악지형에서 발생하는 오차로 확인되었다. 일반적으로 정사영상 생성 시에는 지형기복을 보정하기 위해 사용되는 DEM의 품질이 매우 중요한데, 본 연구에서 사용된 아리랑위성 2호 영상의 촬영시기와 수치지형도의 제작시기가 일치하지 않은 관계로 지형변화가 존재하는 일부지역의 정사영상에서 지형왜곡 현상이 나타났다. 그러나 최대 오차가 5m를 넘지 않는 것으로 확인되었으며, 전체 RMSE는 약 1.5m로 확인되었다. 상대적으로 산악지형이 적은 전라도 및 경기북부 지역에서는 그림 9의 그래프와 같이 전반적으로 고른 정확도를 나타냈는데 전체 RMSE는 약 1.4m로 확인되었다.

한편 접근불능지역의 경우 지역적 제약으로 인해 현지측량을 통한 검사점 확보가 불가능하기 때문에 기준점 추출에 사용된 참조영상에서

별도로 추가적인 검사점을 추출하여 위치정확도를 분석하였는데, 그림 10과 같이 축척 1:25,000 도엽별로 약 15~20여점의 검사점을 참조영상에서 균일하게 추출하여 정사모자이크 영상과 위치를 비교하는 방식으로 이루어졌다. 정확도 분석결과 전체 약 45% 이상이 2m 이내의 정확도를 가지는 것으로 나타났으며, 3m까지는 약 69%가 만족하고 있는 것으로 확인되었다. 전체 RMSE는 약 3.44m로 나타났으며 오차편향 분석에 있어서는 Y 방향의 편향이 다소 높은 것으로 확인되었다.

정사모자이크영상의 경우 여러 시기에 걸쳐 촬영된 영상을 집성하여 제작한 것이기 때문에 인접영상과의 정합정확도와 색상의 연속성 및 균일성이 중요하다. 따라서 본 연구에서는 그림 11과 같이 개별 정사영상에 대한 정확도 평가에 있어 축척 1:5,000 수치지형도와 중첩하여 영상 가장자리에서의 기하왜곡이 존재하는지를 확인하였는데 일부 고도가 높은 산악지형을 제외하고는 대부분 수치지형도와 잘 일치하고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 영상집성 후 인접영상과의 접합부분에 있어 접합정확도를 확인하였는데 영상접합을 수작업으로 진행하였기 때문에 평지에서는 거의 왜곡이 없는 것으로 확인되었지만 지형 고저차가 존재하는 일부 지

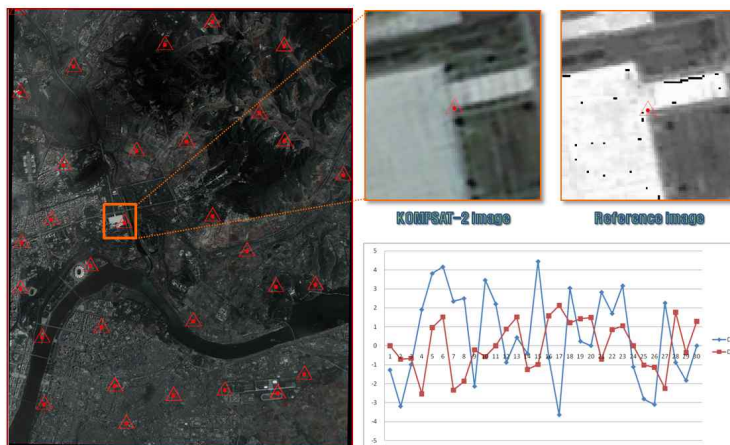


FIGURE 10. Accuracy assesment of ortho mosaic image in inaccessible area

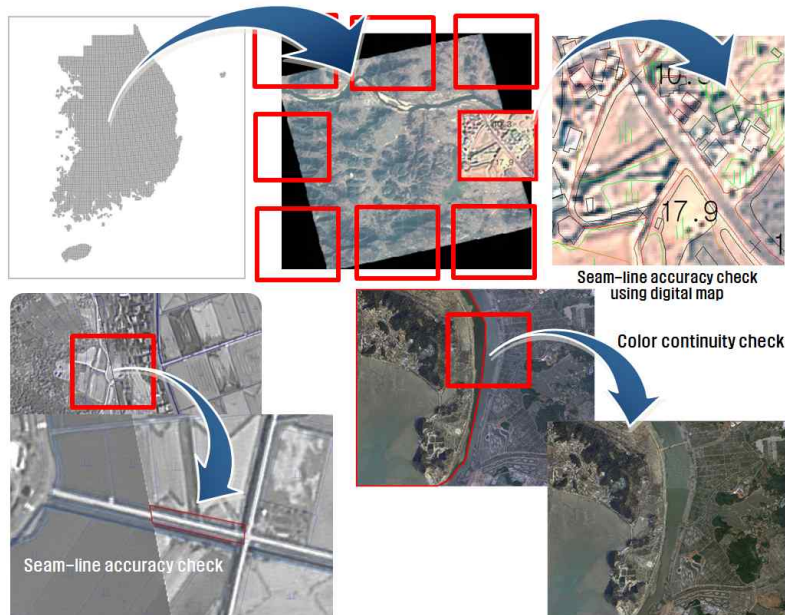


FIGURE 11. Analysis of seam-line accuracy and color continuity on the ortho mosaic image

역에서는 1~2 화소 정도 이격이 존재하는 것으로 나타났다. 한편 색상보정의 경우 사계절 영상을 모두 사용하였기 때문에 인위적으로 균일한 색상을 가지도록 색상보정 과정을 거쳤는데 주로 여름, 겨울영상이 접합된 지역에서 일부 색상차이가 존재하는 것으로 확인되었다.

결론

본 연구에서는 아리랑위성 2호 영상자료를 이용하여 한반도 전역에 대한 정사모자이크영상 자료를 구축하였다. 지금까지 한반도 전역에 대한 정밀 영상정보가 존재하지 않았는데 본 연구를 통해 우리나라 위성영상을 이용하여 독자적으로 1m급의 고해상도 정사모자이크영상을 생성할 수 있었다. 총 2,256의 아리랑위성 2호 영상자료를 선별하여 색상과 공간정보의 보존정도가 높은 것으로 확인된 HPF 방식을 통해 1m 칼라 합성영상을 생성하였다. 위성영상 모델링에 있어 기준점 선점이 힘든 산악지역, 해안가 및 도서지역 등을 제외하고는 대부

분 2화소 이내의 모델링 성과를 확인할 수 있었다. 한편 정사영상을 집성하고 색상보정 등을 통해 제작한 정사모자이크영상에 대한 정확도 평가를 실시하였는데, 남한지역의 경우 영상 상에서 위치가 명확히 구분되는 813점의 현지측량 검사점을 이용한 정확도 분석에서 최대오차가 5m(RMSE)를 넘지 않는 것으로 확인되었다. 한편 접경지역의 경우 참조영상에서 추출한 검사점을 이용하여 정확도 분석을 실시하였는데 전체 약 69%가 3m(RMSE) 이내의 오차를 가지는 것으로 나타났다. 또한 인접영상과의 접합정확도 평가에서는 일부 지형고저차가 존재하는 지역을 제외하고는 대부분 잘 일치하고 있는 것으로 확인되었다. 이와 같이 체계적인 자료처리 및 정확도 검증을 통해 한반도 정사영상에 대한 신뢰성을 확보함으로써 각종 주제도 제작을 비롯하여 다양한 지리정보 서비스에 있어 매우 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 향후 지속적인 자료갱신을 대비하여 보다 표준화된 자료처리 및 정확도 검증방안을 수립하여 자료에 대한 신뢰성을 더욱

향상시키기 위한 연구를 지속적으로 수행하고자 한다. **KAGIS**

참고문헌

- Jeong, J.H. and T.J. Kim. 2009. Comparison of orbit-attitude model between spot and kompsat-2 imagery. *Korean Journal of Remote Sensing* 25(2):133-143 (정재훈, 김태정. 2009. Spot 영상과 Kompsat-2 영상에서의 궤도 자세각 모델의 성능 비교. *대한원격탐사학회지* 25(2):133-143).
- Kim, T.J., J.H. Jeong and D.I. Kim. 2010. Analysis and improvement of interior orientation accuracy of KOMPSAT-2 PANchromatic bands. *Korean Journal of Remote Sensing* 26(4):439-449 (김태정, 정재훈, 김덕인. 2010. KOMPSAT-2 영상 PAN밴드의 내부표정 정확도 분석 및 개선 방안 연구. *대한원격탐사학회지* 26(4):439-449).
- Lee, H.J., J.H. You and Y.C. Koh. 2009. Analysis for practical use as KOMPSAT-2 imagery for product of geo-spatial information. *Journal of the Korean Society for GeoSpatial Information System* 17(1):21-35 (이현직, 유지호, 고영창. 2009. 지형공간정보 생성을 위한 KOMPSAT-2 영상의 활용성 분석. *한국지형공간정보학회지* 17(1):21-35).
- Lee, J.D. and J.K. So. 2009. Development of the accuracy improvement algorithm of geopositioning of high resolution satellite imagery based on RF models. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 12(1):106-118 (이진덕, 소재경. 2009. 고해상도 위성영상의 RF모델 기반 지상위치의 정확도 개선 알고리즘 개발. *한국지리정보학회지* 12(1):106-118).
- Lee, K.J. 2012. Accuracy analysis of ground reference data in inaccessible area. *Korea Aerospace Research Institute KARI-SSIT-TM-2012-001*. 11pp (이광재. 2012. 접근불능지역 지상참조자료 정확도 분석. *한국항공우주연구원 KARI-SSIT-TM-2012-001*. 11쪽).
- Lee, K.J., E.S Kim, J.Y. Moon and Y.S. Kim. 2012. Establishment of the KOMPSAT-2 value-added image DB in inaccessible area. 2012 Proceedings of KAGIS Fall Conference. pp.170-171 (이광재, 김은선, 문정예, 김윤수. 2012. 접근불능지역 아리랑위성 2호 고부가영상 DB 구축. *한국지리정보학회 추계학술발표논문 초록집*. 170-171쪽).
- Lee, K.J., Y.S. Kim and H.D. Seo. 2012. A feasibility study for mapping using the KOMPSAT-2 stereo imagery. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 15(1): 197-210 (이광재, 김윤수, 서현덕. 2012. 아리랑위성 2호 입체영상을 이용한 지도제작 가능성 연구. *한국지리정보학회지* 15(1):197-210).
- Lee, S.A., J.H. Jeong and T.J. Kim. 2009. DEM generation from kompsat-2 images and accuracy comparison by using common software. *Korean Journal of Remote Sensing* 25(4):359-366 (이수암, 정재훈, 김태정. 2009. Kompsat-2 영상의 DEM 생성 및 상용 소프트웨어와의 성능 평가. *대한원격탐사학회지* 25(4):359-366).
- Lee, S.J., J.U. Kim, Y.S. Choi and S.K. Jung. 2010. Accuracy assessment of 3D geopositioning of KOMPSAT-2 images using orbit-attitude model. *Journal of*

- the Korean Society for GeoSpatial Information System 18(4):3-10 (이상진, 김정옥, 최윤수, 정승균. 2010. KOMPSAT-2 영상의 정밀케도기반모델을 이용한 3차원 위치결정 정확도 평가. 한국지형공간정보학회지 18(4):3-10).
- Nowak Da Costa, J.K. and A. Walczynska. 2010. Geometric quality testing of the KOMPSAT-2 image data acquired over the JRC Maussane Test Site using ERDAS LPS and PCI GEOMATICS remote sensing software. JRC Scientific and Technical Reports No. JRC60285. 36pp.
- Oh, J., C. Lee and D. Seo. 2011. A test result on positional accuracy of KOMPSAT-2 pan imagery. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing. Proc. ASPRS Annual Conference Milwaukee, May 1-5, 9pp (on CD ROM).
- Oh, K.Y. and H.S. Jung. 2012. Automatic geometric calibration of KOMPSAT-2 stereo pair data. Korean Journal of Remote Sensing 28(2):191-202 (오관영, 정형섭. 2012. KOMPSAT-2 입체영상의 자동 기하보정. 대한원격탐사학회지 28(2): 191-202).
- Oh, K.Y, H.S. Jung and K.J. Lee. 2012. Comparison of image fusion methods to merge KOMPSAT-2 panchromatic and multispectral images. Korean Journal of Remote Sensing 28(1):39-54 (오관영, 정형섭, 이광재. 2012. KOMPSAT-2 전정색영상과 다중분광영상의 융합기법 비교평가. 대한원격탐사학회지 28(1):39-54).
- Saunier, S., B. Coolet and A. Mambimba. 2008. New third party mission quality assessment. KOMPSAT-2 mission. GAEL Consultant Ref No. GAEL-P232-DOC-005.
- Seo, D.C. and J.Y. Yang. 2009. Sensor modeling of KOMPSAT-2 PAN data using commercial software. Korea Aerospace Research Institute KARI-SDT-TM-2009-001 18pp (서두찬, 양지연. 2009. 상용S/W를 이용한 KOMPSAT-2 자료의 센서모델링. 한국항공우주연구원 KARI-SDT-TM-2009-001. 18쪽).
- Yeon, J.M., H.O. Kim and B.Y. Yoon. 2012. A study on object based image analysis methods for land use and land cover classification in agricultural areas. Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies 15(3): 66-80 (염종민, 김현옥, 윤보열. 변화지역 탐지를 위한 시계열 KOMPSAT-2 다중분광 영상의 MAD 기반 상대복사 보정에 관한 연구. 한국지리정보학회지 15(3):66-80).
- Zhang, Y. 2002. A new automatic approach for effectively fusing Landsat-7 as well as IKONOS images. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Toronto, Canada, June 24-28, 2002. pp.2429-2431. KAGIS