

원격탐사의 동향과 고해상도 위성영상의 활용

여화수* · 박경환** · 박병욱***

The Trends in Remote Sensing and the Applications of High Resolution Space Images

Hwa-Soo Yeo · Kyoung-Hwan Park · Byung-Uk Park

요 약

원격탐사는 1972년이래 꾸준히 발전을 거듭해와 오늘날 고해상도의 위성영상을 수집하는 단계에까지 이르렀다. 고해상도 위성영상은 1m 이하의 공간 해상력을 갖는 영상으로 98년도부터 본격적인 공급이 시작될 것이며, 이것은 지도제작 분야를 비롯하여 측량, 정부 또는 자치단체, 가스/전력회사, 수자원 관리, 통신, 농업 등 여러 분야에서 다양하게 활용될 것이다. 특히 지도제작 분야에 있어서는 고해상도 위성영상을 이용함으로써 기존의 항공사진을 이용하는 지도제작 방법을 혁명적으로 바꾸게 될 것이다. 따라서 본고에서는 이러한 최신기술의 동향과 그 기술의 활용방안에 대하여 검토하고자 하였다.

ABSTRACT : Since 1972, Remote Sensing has been consistently developed and reached today's technology of gaining high resolution images from space. Images from some high resolution satellites have a spatial resolution better than 1m, for example, one by Space Imaging EOSAT which will be in operation by 1998. These Images can be used in various applicable areas such as map makings, surveyings, water resource management, agriculture, by many different users, for example, central and local governments, utility companies of gas, electricity, telecommunication, and so on. Specially, availability of 1m space images will bring revolutionary changes in map making methods that has been mostly adapted for air photos. In this paper, we review trends of this new technology and discuss how to use these images.

1. 원격탐사의 동향

1972년도 LANDSAT 1호의 발사로 본격적으로 시작된 원격탐사(Remote Sensing, RS) 기술은 약 25년간에 걸쳐서 80m의 공간 해상력을 가지고 있는 LANDSAT의 MSS(MultiSpectral Scanner)에

서 30m의 TM(Thematic Mapper), SPOT의 10m의 HRV(High Resolution Visible)를 거쳐 최근에는 1m 미만의 해상력을 가진 위성영상을 얻기에 이르렀다. 이렇게 비약적으로 발전한 원격탐사 기술은 미국을 위주로 발전하던 것이 러시아, 프랑

* 청오지앤지(주) 연구원 (서울대학교 도시공학 석사과정)

** 청오지앤지(주) 대표이사 (서울대학교 도시공학 박사과정)

*** 안성산업대학교 토목공학과 조교수

그 일본, 인도, 캐나다 등의 참여로 활발히 진행되고 있는 상황이다.

인공위성으로 획득되는 원격탐사 자료는 광범위한 지역에 대한 자료를 주기적으로 얻을 수 있으며, 항공기로는 접근이 불가능한 지역에 대한 자료와 인간의 눈이 볼 수 없는 파장대의 자료를 획득할 수 있는 장점을 지니고 있기 때문에 그 활용성이 매우 높다. 국가 단위의 넓은 지역을 대상으로 하는 지리정보시스템에는 원격탐사자료는 기초 자료로서 필수적인 역할을 한다.

위성영상은 미국의 항공우주국(NASA), 일본의 NASDA(National Space Development Agency of Japan)와 MITI(Ministry of International Trade and Industry), 프랑스의 CNES(Centre National d'Etudes Spatiales) 등 정부 주도로 자료가 획득, 공급되어 왔다. 그러나 최근 들어 민간 주도로 위성들을 발사하고, 위성영상을 공급하려는 계획들이 활발히 이루어지고 있다. 이는 과거 미국과 군소편을 주축이 된 냉전 시대가 끝나면서 민간 부문에서의 위성자료 획득과 판매를 규제하던 미국 정부의 정책이 바뀌었기 때문이다. 1992년에 미국 상무부가 민간 부문의 위성 발사와 지구관측 자료 획득을 허가하는 "Open Skies" 정책으로 인해, 민간 주도에 의한 새로운 원격탐사의 시대가 열리게 되었다. 그 후 항공기를 이용한 원격탐사 뿐만 아니라, LANDSAT과 SPOT 등과 같이 인공위성에 의한 원격탐사에 대한 시장 조사가 이루어지기 시작하였고, 그 결과 1m 내외의 물체까지를 지도화할 수 있는 위성자료에 시장성이 있다는 결론이 나오게 되었다.

2. 고해상도 상업위성의 추진계획

1997년 6월 현재 상업적 용도의 가장 고해상도의 위성인 인도의 ISA(Indian Space Agency)에 의해 발사될 IRS-1C (Indian Remote Sensing

Satellite)의 5m의 공간 해상도를 가지는 전정색(panchromatic) 영상으로 Space Imaging EOSAT을 통하여 공급되고 있다. IRS-1C에 탑재된 센서는 LISS-III(Linear Imaging Self Scanning System)으로 5m의 전정색영상, 23.5m의 3밴드 다중분광(multispectral)영상과 70.5m의 열적외(Infrared multispectral)영상 등의 공간 해상도를 지니고 있다.

1994년 Lockheed Martin과 E-system가 연합한 벤처기업인 Space Imaging EOSAT사(www.spaceimage.com)는 1997년 12월에 1m의 전정색영상과 4m의 4개의 밴드(청, 적, 록, 적외)를 가진 다중분광 영상을 제공할 수 있는 첫 번째 위성을 발사할 계획이다. 이후 2004년까지 최소한 5개의 IRS 위성이 발사될 것이며, 각각의 위성들은 더욱 새롭고 향상된 영상을 세계에 공급하게 될 것이다. Space Imaging EOSAT의 전략은 지구의 정보에 관한 완전한 해결책을 CARTERRA 라는 브랜드명으로 세계 곳곳의 공급자들을 통하여, 기존의 정보는 하루이내에, 촬영되지 않은 정보는 1.2주 내의 빠른 시간에 제공한다는 목표를 세우고 있다.

Earth Watch사는 1995년에 WorldView Imaging사와 Ball Aerospace and Technology사가 연합한 벤처기업으로서, 향후 5년 동안 2기의 EarlyBird와 2기의 QuickBird 등 4기의 위성을 발사할 계획을 하고 있다. <표 1>에 EarthWatch사가 위성들에 대한 개략적인 특징이 소개되어 있다.

EarlyBird는 3m의 전정색영상과 15m의 3밴드(록, 적, 적외)의 다중분광영상을 제공하게 된다. Earlybird1은 START-1의 러시아 로켓에 장착되어 1997년 6월 발사되면, 고객의 요구에 따라 동작하는 첫 번째 상업위성이 될 것이다.

QuickBird 1, 2호는 0.82m의 전정색영상과 3.28m의 4밴드(청, 록, 적, 적외)를 가지며 1998년에 발사될 예정이다. EarlyBird 2는 더욱 향상된 이미지를 제공하는 기상의 센서를 탑재하여 1999년에서 2000년 사이에 발사될 예정이다.

Earth Watch사는 이 영상들을 다른 항공사진

원격탐사의 동향과 고해상도 위성영상의 활용

표 1. 고해상도 위성의 발사 계획

| 관할기관 | 위성명 | 발사년월 | 사용 센서명 | 공간해상도 | 분광밴드 수 | 비 고 |
|--------------------------------|------------------------|----------------|---|-----------------------------|--------------------------------|---|
| NASA (미국) | LANDSAT 4호 | 1982. 7 | (MSS) | 82 m | 4(다중분광) | 1987. 7월 이후 사용 정지됨. |
| | | | TM | 30 m 120 m | 6(다중분광) 1(열적외) | |
| | LANDSAT 5호 | 1984. 3 | MSS | 82 m | 4(다중분광) | 현재 운영중. |
| | | | TM | 30 m 120 m | 6(다중분광) 1(열적외) | |
| LANDSAT 6호 | 1993. 10 | ETM | 15 m 30 m 120 m | 1(전정색) 6(다중분광) 1(열적외) | 발사중 폭발. | |
| LANDSAT 7호 | 1998. | ETM | 15 m 30 m 60 m | 1(전정색) 6(다중분광) 1(열적외) | 발사계획중. | |
| CNES & Spot Image (프랑스) | Spot 2호 | 1990. 1 | HRV | 10 m 20 m | 1(전정색) 3(다중분광) | 현재 운영중 |
| | Spot 3호 | 1993. 9 | HRV | 10 m 20 m | 1(전정색) 3(다중분광) | 자이로스큐우프 사고로 사용 정지됨. |
| | Spot 4호 | 1998. | HRV | 10 m 20 m 1000 | 1(전정색) 3(다중분광) 4(다중분광) | 발사계획중 |
| NASDA & MITI (일본) | JERS-1 | 1992. 2 | OPS | 18m X 24m | 7(다중분광) | 정사각형이 아닌 공간 해상도 |
| Indian Space Agency (인도) | IRS-1C | 1995. | LISS-III | 5.8 m 23.5 m 70.5 m | 1(전정색) 3(다중분광) 1(IR다중분광) | 현재 운영중 2004년까지 7개의 위성이 계획중임. |
| NASA | Lewis | 1997. 6 | HSI | 5 m 30 m | 1(전정색) 384(하이퍼분광) | 위성은 준비됐으나 발사용 로켓의 문제로 인하여 일년정도 연기됨. |
| | | | LEISA | 300 m | 256(하이퍼분광) | |
| | Clark | 1997 4사분기 | WorldView Imager | 3 m 15 m | 1(전정색) 3(다중분광) | |
| EarthWatch Inc. (미국) | EarlyBirds I | 1997. 6 | 이름 없음. | 3 m 15 m | 1(전정색) 3(다중분광) | EarthWatch에서 만든 NASA의 Clark 센서와 비슷함. |
| | QuickBird I | 1998 1사분기 | 이름 없음. | 0.82 m 3.28 m | 1(전정색) 4(다중분광) | 준비 되는데로 신속하게 발사할 계획임. |
| | QuickBird II | 1998 | 이름 없음. | 0.82 m 3.28 m | 1(전정색) 4(다중분광) | |
| | EarlyBirds II | 1999 - 2000 | 이름 없음. | 3 m 15 m | 1(전정색) 3(다중분광) | 좀더 좋아진 센서를 탈재할 것 같음. |
| Space Imaging EOSAT (미국) | 이름 없음. | 1997. 12 | 이름 없음. | 1 m 4 m | 1(전정색) 4(다중분광) | |
| OrbImage (미국) | OrbView-2 (SeaStar) | 1997. 6 | The Sea Wide First Scanner (SeaWiFS) | 1,100 or 4,500 | 8(다중분광) | 문제로 인하여 연기되었으나, 현재의 계획으로 진행될 것 같음. |
| | OrbView-3 | 1997 - 1998 | 이름 없음. | 1 m 2 m 4 m | 1(전정색) 1(전정색) 4(다중분광) | |
| IAI & CST (이스라엘) | 이름 없음. | 1997. 5 | 이름 없음. | 1.5 m | 1(전정색) | |
| | 이름 없음. | 1998 - 2002 | 이름 없음. | 1 m 5 m | 1(전정색) ?(다중분광) | 5년동안 7개의 위성이 발사될 계획이 있음. |

영상들과 함께 Digital Globe data archive (www.digital-globe.com)에 저장하여 공급하는데, 이 회사는 단순히 이미지의 판매에만 그치지 않고 관련된 지도제작과 지리정보에 관련된 종합적인 해결책을 제공할 예정이다.

Orbital Image Corp. (www.Orbimage.com)는 OrbView-1, OrbView-2, OrbView-3 및 SunCast 위성을 발사하여 영상을 제공할 예정인데, 이중 1998년에 발사될 OrbView-3 위성은 1m, 2m의 전정색 영상과 4m의 4밴드를 갖는 다중분광영상을 제공하게 될 것이다. <그림 2>는 Orbital Image사의 샘플 영상이다.

1995년 이스라엘 국방성에서 발사한 첩보위성 Ofeq 3의 데이터를 상업용으로 공급하고자 했던 IAI(Israel Aircraft Industries Ltd.)사와 CST(Core Software Technology)가 연합한 벤처기업은 이 위성 데이터의 공급이 미국의 압력에 의해 좌절되자 벤처자본을 끌어들여 1997년 5월에 1.5m 해상도의 전정색영상을 공급할 위성을 발사하고, 1998년에서 2002년까지 1m의 전정색영상, 5m의 다중분광영상을 공급할 7개의 위성을 발사할 계획이다.

하이퍼분광(hyperspectral) 기술은 다중분광을 뛰어 넘는 기술로서, 넓은 파장대에 걸쳐 미세한 영역의 파장들을 감지하는 기술이다. 기존의 다중분광영상은 밴드 수가 3 - 7개 정도인 것에 비해, 하이퍼분광영상은 밴드 수가 수백 개에 이른다. 빨간색 영역에서 만도 수십 가지의 다른 종류의 빨간색을 감지할 수 있다. <표 1>에 나타나 있듯이 NASA의 Lewis는 30m 해상도의 HSI(HyperSpectral Image)와 300m 해상도의 LEISA(Linear Etalon Imaging Spectrometer Array) 등 2개의 센서를 가진다. 하이퍼분광 기술은 원격탐사 분야에서 강력한 정보를 제공할 수 있는 도구가 될 것으로 예상되지만, 현재까지는 초기단계로 실용적으로 이용하기에는 지원이 미흡한 상태에 있다.

3. 수치정사사진과 위성영상

고해상도 위성영상의 출현은 기존의 항공사진으로 제작된 수치정사사진(Digital Orthophoto)영상과의 경계를 모호하게 만든다. 수치정사사진 영상은 항공사진을 스캐닝하여 지형의 영향으로 생기는 기복변위를 보정하는 정사 보정(ortho rectification) 과정을 거쳐 제작되는 것으로 공간 해상도가 수 cm에서 1m 미만의 영상들이다. 이런 영상들은 대부분 흑백의 사진으로 제작되지만 센서를 탑재하기에 따라 다중분광대의 영상을 취득할 수도 있다.

미국의 경우 USGS(United State Geological Survey)는 <그림 3>과 같이 표준도곽 수치정사사진(Digital Orthophoto Quadrangle, DOQ) 프로그램을 통하여 미국 전역의 수치정사사진을 일반에게 제공한다. 물론 우리 나라의 경우는 항공사진은 일반에게는 공개조차 허용되지 않고 있다.

이러한 기술의 발달이 계속해서 이뤄진다면, “과연 고해상도의 항공사진이 있는데도 불구하고 인공위성을 통해 영상을 취득하는 것이 타당한가?” 라는 문제의 제기가 있을 수 있다. 그러나, 앞으로의 질문은 “위성영상이 있는데 항공사진을 이용하는 것이 타당한가?” 로 바뀌어야 할 것이다.

항공사진은 주로 지도제작의 분야에서 활용되어 왔다. 지도는 실용적인 가치를 지니기 위해서는 다음과 같은 조건들을 갖추어야 한다.

정확성(accurate), 해석성(interpretable), 현시성(current), 접근성(accessible), 일관성(consistent), 유용성(affordable), 정보력(information-rich).

최근까지는 위성영상이나, 항공사진이 이런 모든 조건을 갖추는 것은 불가능했다. 그러나, 기술의 발달로 위성영상과 항공사진은 이런 조건들을 더욱 만족시키며 정보시대의 혁명을 불러일으키고 있다. 측량분야에 있어 위성영상이 항공사진에 비해 더 효과적인 이유는 다음과 같다.

1) 정확도(Accuracy)

현재 위성영상 처리시 GPS 및 항성추적 기술을 동시에 사용하면 절대 위치 정확도 1.5m, 상대 정확도 1m 이내의 결과를 얻을 수 있다. 기존의 방법에서 변환과 해석과정에서 발생될 수 있었던 오류들과 작업자의 실수에 의한 오류들을 줄일 수 있다.

예를 들어 미국의 1:2,400 지도 제작을 위한 위치 정확도는 2m이다. 이것은 사물의 90%가 제 위치에서 2m 이내에 들어야 함을 의미한다. 현재까지의 위성인 LANDSAT의 30m나 SPOT의 10m 해상력으로는 결코 생각할 수 없는 기준이다. 그러나 1m 해상도의 위성영상의 경우 위치 정확도 1.5m는 1:2,400의 지도제작을 위해 요구하는 정확도를 충분히 만족시키게 된다. 따라서, 향후 항공사진이 아닌 위성영상을 이용한 지도제작이 활발해 질 것이다.

2) 주기성(Frequent Revisit Capability)

위성은 지구 궤도를 계속 순회하므로 넓은 지역이나 좁은 지역에 대해 동질의 영상을 계속적으로 획득하기에 용이하다. 위성과 그 궤도에 따라 차이가 있지만 수일 정도면 특정 지역에 있는 1m 영상을 얻을 수가 있다. 결과적으로 지도 제작자들은 필요할 때에 가장 최근의 영상을 구함으로 과거의 오래된 측량 데이터를 의존할 필요가 없다.

3) 자료의 확보(Accessibility)

Space Imaging EOSAT의 경우 여러 위성(LANDSAT, IRS 등)과 항공사진으로부터 취득한 전정색영상과 컬러영상들을 제공하는데, 만일 요구한 영상자료가 이 회사의 CARTERRA digital Archive에 포함되어 있으면 수 시간에서 하루이내 전달되며, 그렇지 않을 경우 적당한 위성으로 하여금 데이터를 수집하게 하여 주문 1,2 주 정도에 전해질 수 있다.

4) 비용(Cost)

일단 수집되고, 처리된 영상은 digital archive에 등록되어 제공된다. 주문되는 영상은 다른 주문자의 요구와 종종 중복되게 되며, 이 경우에 데이터 수집, 처리비용의 절감을 가져온다. 1.6 km x 1.6 km에 U\$1,000 가량 비용이 드는 항공사진에 비해 5m 미만의 해상도를 가지는 영상은 1.6 km x 1.6 km 당 U\$100 - 250 가량의 가격으로 자료를 얻을 수 있으므로 훨씬 저렴하다.

5) 분광해상력(Spectral Resolution)

다중분광대의 영상은 많은 정보를 가진다. 작물의 종류라든지, 수계, 구조물, 병충해 및 환경오염, 자연현상 등에 관한 많은 정보를 포함한다. 이런 정보들은 입지선정과 지역개발 등에 관한 전략을 세우는데 많은 도움을 준다. 따라서 흑백사진을 주로 사용하는 항공사진보다도 다중분광영상을 사용하는 위성영상의 이용도가 증가될 것이다.

향후 5년 동안에 일어날 변화들은 지도제작에 있어 "혁명적"이라 할 수 있을 것이다. 그러나 물론 고해상도 영상만이 측량의 유일한 해법은 아니다. 항공사진을 사용할 것인가, 위성영상을 사용할 것인가의 경계는 대략 1m 해상도를 기준으로, 1m 미만의 정보가 필요할 때는 항공사진이, 1m 이상의 정보에 대해서는 위성영상을 사용하는 방향으로 정립될 것이다. 고해상도 영상을 공급하는 회사들이 위성영상 뿐만 아니라 항공사진도 함께 그

표 2. 항공사진과 위성영상의 비교

| 종류 기준 | 항공사진 | 위성영상 |
|----------|------------------------------|-----------------------------------|
| 촬영주기 | 촬영 계획에 따라 (보통 수년) | 2-3일에 한번씩 |
| 분광력 | 일반적으로 흑백 영상 | 흑백 영상, 다중분광 영상 |
| 해상도 | 1m 미만 | 1m 이상 |
| 접근성 | 보통 | 뛰어남 |
| 비 용 | 1.6 km x 1.6 km 당 U\$1000 | 1.6 km x 1.6 km 당 U\$100 - 250 |

들의 상품으로 계속 사용하려는 것은 위성영상과 항공사진이 상호 보완의 기술로써 사용될 수 있기 때문이다. 항공사진과 위성영상의 상기 특성을 비교한 것을 <표-2>에 나타내었다.

4. GIS에 있어서 영상지도로의 활용

고해상도 위성영상은 벡터자료를 주로 처리하는 GIS에도 보완적 수단으로 활용될 수 있다. 영상지도를 주로 처리하는 래스터 GIS는 벡터 지도에 비해 여러 가지 장점을 갖고 있다. 먼저, 벡터 지도는 사용자의 입장에서 시각적인 해석을 필요로 한다. 즉 벡터 지도에 익숙하지 않은 일반 사용자의 경우에는 직관적인 이해가 쉽지 않다. 이에 비해 실물을 그대로 보여주는 영상 지도의 경우 전문가나 벡터 지도에 익숙하지 않은 사람들도 직관적으로 이해 할 수 있다. 이것은 아주 중요한 의미를 갖는데, 그것은 GIS를 실제로 사용할 일반 사용자 위주로 지도를 제작할 수 있다는 것이다.

벡터지도는 실제 사진이 도화 과정을 거치는 동안 전문가들에 의해 사물이 해석되는 반면, 영상 지도는 사용자가 직접 사물을 해석하게 된다. 벡터지도는 그려진 한정된 정보만을 제공하는 데에 반하여, <그림 4>와 같이 영상지도는 벡터지도에서 보이는 정보는 물론, 그밖에 보이지 않는 정보까지 제공하게 된다. 영상지도의 장점은 다중분광 영상을 통하여 기존의 벡터지도로는 제공할 수 없는 정보들과 반복 촬영에 의한 지물의 변화를 추출할 수 있고, 상세한 정보를 제공하므로 정보의 손실도 없을 뿐더러 새로운 정보를 창출해 낼 수 있다.

영상지도는 많은 저장공간을 필요로 하는 단점이 있다. 하지만 예를 들면 영상의 압축 기술, DVD 등과 같은 고용량 저장매체의 등장, 중앙처리장치의 고속화, 주기억장치의 대용량화 등 급진

하는 컴퓨터 기술들로 인하여 테라바이트 단위의 데이터를 저장하고 이를 처리하는 기술이 가까운 장래에 충분히 가능해질 것으로 보인다. 또한 영상지도의 가장 중요한 이점은 <표 3>에 나타낸 바와 같이 영상을 주기적으로 취득함으로써 데이터가 항상 최신의 정보를 보여줄 수 있다는 것과 패턴인식 등의 컴퓨터 기술을 이용하여 벡터 데이터를 갱신 할 수 있다는 것이다.

표 3. 영상지도와 벡터지도의 비교

| 기준 종류 | 자료의 시 기 | 보유 정보 | 해 석 | 기 타 |
|----------|------------|--------|--------|---------------------------|
| 영상지도 | 현시성 | 풍부한 정보 | 사용자 | 지물 추출 변화 검색 지형의 모형화 |
| 벡터지도 | 비현시성 | 추출된 정보 | 지도 제작자 | |

5. 고해상도 위성영상의 활용

고해상도 위성영상은 위성영상이 지닌 고유의 특성뿐만 아니라 기존의 항공사진의 갖고 있던 특성까지도 갖고 있으므로, 그 활용도가 매우 광범위하게 넓어질 전망이다. 이에 대해 분야별로 검토하면 다음과 같다.

5.1. 측량·조사 분야

측량 및 현지조사를 시작할 때에 고해상도의 영상은 초기의 지리정보 참고자료로 쓰일 수 있다. 지면 경계점의 확인, 작물의 성장, 하천의 위치 등 주요 지물의 특성과 생태계의 확인에 도움을 준다. 고해상도 영상으로부터 추출된 수치표고모델(Digital Elevation Model, DEM) 또한 지형의 개략적 형상을 측량업자에게 제공하여 작업의 계획 단계에서 유용하게 쓰일 수 있다. 또, 홍수시 침수면의 위치 결정, 도로선형 계획, 각종 시설물의 배

관 및 배선 계획, 기타 다른 기반 시설의 계획 등에도 유용하다. 다중분광영상을 사용하면, 특별히 작물의 성장을 모니터링하고, 도로의 폭, 자재 창고 등을 포함하여 입지선정 시 환경적 영향을 결정하는데 에 도움이 된다.

측량의 후기 단계에서도 고해상도 영상을 이용할 수 있다. 측량의 현장 작업이 끝난 후, 측량 성과와 고해상도 영상이 GIS 시스템으로 통합되면 자세하고 높은 정확도와 많은 가치 있는 정보를 지닌 수치지형기본도를 생산할 수 있게 된다. 이런 최종 생산물은 기존의 지도를 뛰어 넘어 도로 중심선을 추가하고, 토지피복 분류와 분석 등의 다양한 정보를 지닌 지도로 확장될 수 있을 것이다. 일단 한 지역에 대해 수치지형기본도가 이루어지면, 이후에도 이 지형기본도를 기초로 하여 지속적인 모니터링이 쉽고, 데이터베이스의 수정을 용이하게 함으로써 지리정보의 갱신을 효율적으로 수행할 수 있다.

5.2. 정부 및 지방자치단체의 행정분야

지방자치단체나 정부에서 대중교통계획의 경우 최적의 대중교통 노선을 선정하거나, 새로운 도로의 노선을 결정하는 등의 지역기반시설 계획에도 고해상도 영상은 유용한 도구가 된다. 또 홍수나 산불로 인한 재난이 발생하였을 때, 재난의 피해 지역을 조사하여 피해규모를 산정하고자 할 때에도 매우 유용하다. 특별히 토지이용상태 조사, 지가산정, 지번의 확인, 토지세의 산정 등의 지방자치단체의 각종 행정업무에 기초자료를 제공하는 데에 효과적으로 사용될 수 있다. 이 밖에도 관광 및 위락시설, 편의시설 등의 지역안내도 제작에의 이용은 벡터지도의 도식화되어 생략된 정보를 보강할 수 있으므로 지역주민이나 관광객에게 각광받을 것으로 예상되고 있다.

5.3. 시설물관리 분야

상하수도, 가스, 전력, 전화 등과 같이 지역전체

를 대상으로 시설물을 배치하는 단체나 회사의 경우에는 고해상도 영상의 필요성은 더욱 더 가중된다. 이는 선로 및 관로 계획시 현장작업의 비용을 줄이고, 최적지 선정과 최적의 배관경로를 계획하는데 아주 효율적으로 사용할 수 있다. 또한 시설물을 배치하고 난 후의 가스, 전력의 공급에 대한 장애물들을 주기적으로 모니터링하고, 지진, 태풍, 수해 등의 자연재난으로 인하여 발생된 피해에 대한 복구계획을 세울 때 효과적으로 사용할 수 있다.

탄광회사는 전통적으로 탄광의 탐사와 개발, 환경의 모니터링, 시설물들의 입지, 사토장의 선정 등에 위성영상을 사용해 왔다. 석유회사의 경우에도 먼 거리에 있는 현장에 대하여 시추전에 현장 작업에 대한 사전답사 및 계획을 수행하여야 하는데, 이때 고해상도 영상을 사용하면 매우 효과적인 작업을 수행할 수 있다.

5.4. 통신분야

전화나 통신회사의 경우 고해상도 영상의 효용성은 더욱 크다. 특별히 무선 통신의 경우 통신중계를 위한 기지국을 세울 때 기지국의 가시지역을 측정하여야 한다. 이때 m단위의 수치지형모델(Digital Terrain Model, DTM)을 필요하게 되는데, 이 DTM은 고해상도 영상을 통하여 얻을 수 있다. DTM은 스테레오 영상으로부터 얻어지며, 이를 통해 영상의 정사보정도 이루어진다. 그 외에도 일반적인 입지 계획단계에서도 사용되며, 사후의 기반시설 관리에도 아주 유용하다.

5.5. 천연자원관리 및 야생동식물보호 분야

천연자원이나 야생동물 등의 자연상태계에 관한 분야는 대개의 경우 광범위한 지역에 분포된 지리정보를 필요로 한다. 이런 지리정보를 취득하는데 가장 효율적인 방법 중에 하나가 고해상도 위성영상이 될 것이다.

예를 들어서 수자원 분야의 활용을 살펴보면

유역관리(watershed management)를 위한 자세한 DTM을 제작하여 이를 이용하며, 강우의 유출량 산정, 빙하의 이동, 환경영향분석, 홍수위 조절 등에 사용된다. 또한 야생동식물의 서식처에 적합한 환경을 찾는 각종 지리정보를 추출할 때에 고해상도 다중분광영상의 역할은 매우 커질 것으로 예상되고 있다.

5.6. 농업 및 임업 분야

위성영상은 농업 부문에서 가장 많은 역할을 해왔다. 위성영상은 작물의 수확량 예측이라든지 병충해 피해산정 등에 사용된다. 그러나 기존의 위성영상은 구하기 어렵고 해상도가 낮아 대단위 경작지를 제외하곤 효율적으로 활용되지 못했다. 따라서 쉽게 구할 수 있는 고해상도의 영상은 효율적인 작물 재배에 도움을 줄 수 있다. <그림 5>에서 보는 것처럼 적외선 밴드를 이용하여 작물의 성장, 병충해의 정확한 위치 등에 대한 모니터링은 많은 비용을 경감시켜준다.

6. 고해상도 위성영상과 기하보정

아무리 해상도가 좋은 영상이라도 GIS에 활용하기 위해서는 우선 사진상의 좌표와 지도상의 좌표와 일치시켜야 한다. 이를 가장 간단하게 하는 것이 기하보정(geometric correction)이다. 기하보정은 영상의 화소들을 실제 지상좌표와 일치되게 재배열하는 과정으로 지구의 곡률, 촬영시 위성 자세, 센서의 기하학적 특성, 지형의 기복 등의 오차의 원인을 제거한다. 일반적으로 위성의 위치와 자세만을 알고 수행되는 기하보정은 지역의 특성이 보정되지 않아 결과물의 정확도가 떨어지게 된다. 따라서 지역의 특성을 잘 나타내는 지상기준점(Ground Control Point, GCP)을 이용하여 기하보정을 수행하여 정확도를 높이고 있다. 지상기

준점의 좌표를 알기 위해서는 실제로 정확한 위치를 측량하여야 하나, 일반적으로 지도에서 좌표를 읽어서 알아낸다.

LANDSAT 영상의 기하보정의 경우 해상도가 30m이므로 30m 미만의 정확도를 가지는 지도에서 좌표를 읽어야 오차가 1화소 미만에 드는 결과를 얻을 수 있다. Space Imaging EOSAT의 1m 고해상도 위성의 경우 DGPS를 이용하면 위성체의 위치를 3m 이내로, 항성 추적을 통하면 위성체의 자세를 2" 이내로 알 수 있다. 이 경우 지상기준점 없이도 기하보정이 가능하고, 기하보정 후 수평위치 정확도는 12.2m로 미국의 국가지도정확도기준(National Map Accuracy Standards)의 1:24,000 축척 지도가 요구하는 위치 정확도를 만족시키게 된다. 지상 기준점을 이용하여 기하보정을 할 경우의 수평위치 정확도는 1.5m 로 1:2,400 축척 지도의 위치 정확도 기준을 만족시킨다.

그러나, 우리 나라에서 이 영상을 활용함에 있어서 보정된 영상을 그대로 사용할 수는 없다. DGPS를 이용할 경우, WGS84를 기준타원체로 사용하므로 우리 나라의 벵셀타원체로의 변환과정이 필요하고, 또한 지상기준점을 이용한 기하보정을 할 경우 기존의 1:25,000이나 1:5,000 등의 지도에서 좌표를 읽는 방법으로는 1:2,400의 정확도를 만족하는 지상기준점을 얻을 수 없기 때문에, GPS 등을 이용한 지상측량으로 정확한 지상기준점의 확보가 필요하다.

7. 결 론

고해상도 위성영상의 등장은 원격탐사 분야의 잠재력을 더욱 높일 것이지만 어떻게 효율적으로 사용하는가의 문제는 아직 우리 손에 달려 있다. 위성영상을 이용함에 있어서 고해상도의 위성만이 해법은 아니다. 각각의 사용목적에 따라 알맞은

공간 해상도와 분광력을 가진 영상을 적절하게 사용하여야 할 것이다. 과거, 측량과 지도제작은 새로운 기술을 채택하는 데에 있어 빠르지 못했지만, 이제는 적극적인 대응이 요구된다. 지구에 대한 새로운 정보들은 더욱 값싸지고, 사용하기 쉬워지고, 효율적으로 될 뿐만 아니라 지도제작을 위한 여러 가지 요구사항들을 만족시킬 것이다. 21세기로 진입함에 따라 새로운 기술들의 개발로 계속 새로운 지도 제작방법들이 출현하게 될 것이며, 새로운 사업의 기회를 창출하게 될 것이다. 이런 기술을 이용하는 사람들은 사용자들의 요구에 따라 잠재적 가능성을 늘리며, 현대의 동적인 산업 사회에서 더욱 경쟁력을 갖추게 될 것이다.

참 고 문 헌

- 박병욱, "SPOT 衛星데이터를 利用한 數値標高모델 生成에 關한 研究", 서울대학교 대학원, 박사학위 논문, 1991.
- 안철호, "Remote Sensing Data의 處理와 解析", 한국측지학회지, 제1권 제2호, 한국측지학회, 1983.
- 최재화, 조재광, "우리나라의 대축척지도 제작을 위한 최적지도 투영법의 선택에 관한 연구", 한국 측지 학회지, 제 5권 1호, 한국측지 학회, 1987.
- James K. Sokolowski, "VYING FOR A PEACE OF SKY", POB vol. 22d No. 8, 1997, pp., 48-51.
- Jeff Liedetke, "SPACE IMAGERY", POB vol. 22, No. 8, 1997, pp., 40-46.
- Robert A McDonald, "Space Imagery and News Gathering for the 1990s : So what?", Symposium on Foreign Policy and Remote Sensing, 1989.
- Lillesand, T. M., and R. W. Kiefer, "Remote Sensing and Image Interpretation", third edition, John Wiley and sons, inc., 1994.

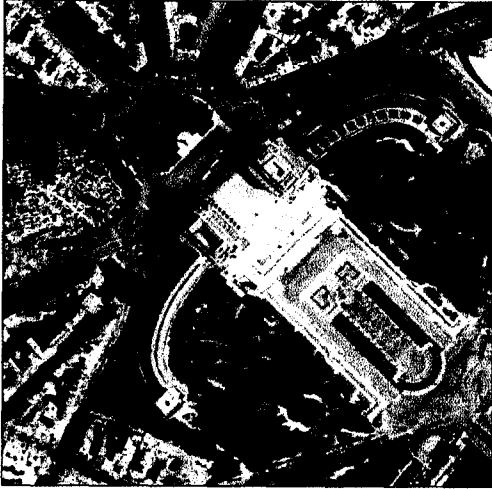


그림 1. Space Imaging EOSAT사의 샘플 영상

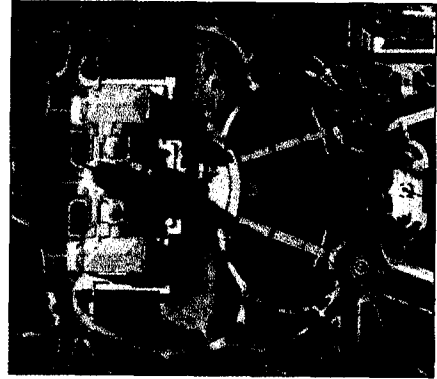


그림 2. Orbimage의 1m 해상도 영상

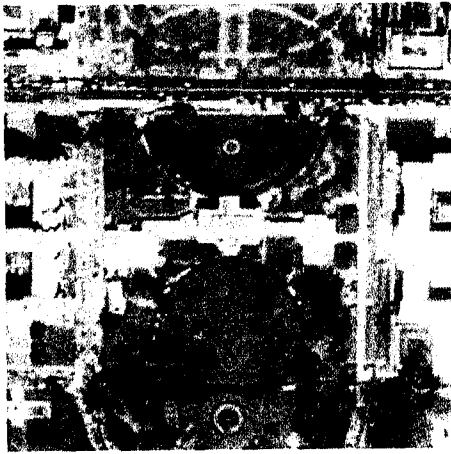


그림 3. USGS DOQ 샘플(백악관 주변)

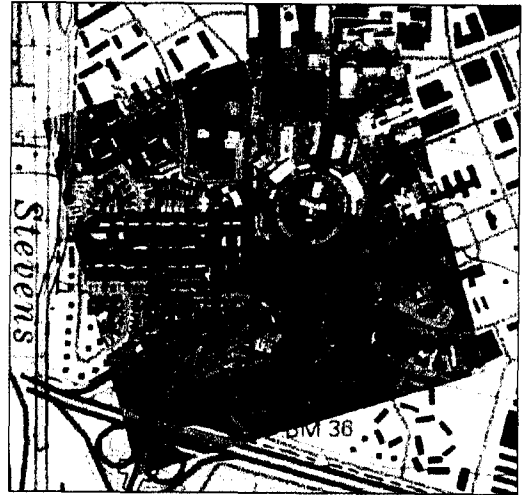


그림 4. 벡터지도와 영상지도의 비교

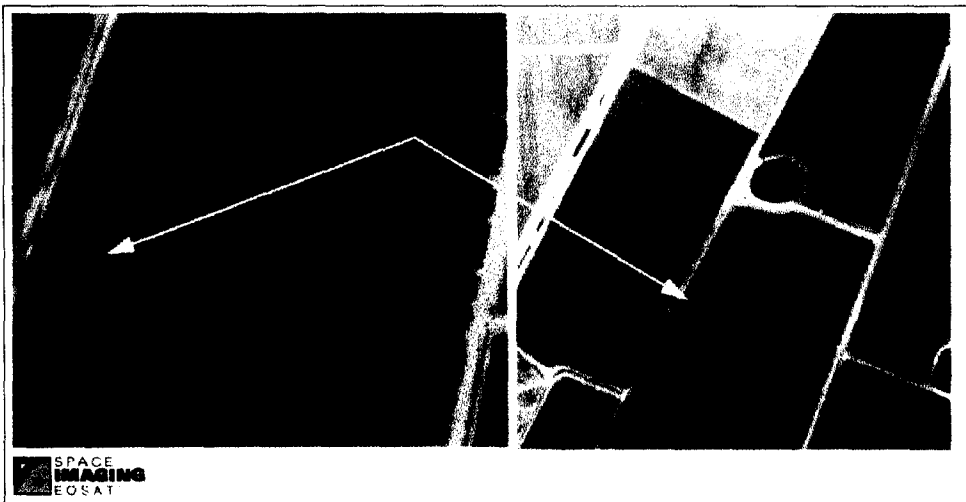


그림 5. 병충해에 감염된 작물을 보여주는 Space Imaging EOSAT의 1m 해상도 영상