

RADARSAT SAR 영상을 이용한 농촌지역 소하천주변의 침수피해지역 추정 연구

A Study on the Extraction of Flood Inundated Scar of Rural Small Stream Area Using RADARSAT SAR Images

이 미 선* / 박 근 애* / 김 성 준**

Lee, Mi seon / Park, Geun Ae / Kim, Seong Joon

Abstract

The purpose of this study is to trace the flood inundation area around rural small stream by using RADARSAT image because it has the ability of acquiring data during storm period irrespective of rain and cloud. For the storm August 9, 1998 in the Anseong-cheon watershed, three RADARSAT images before, just after and after the storm were used. After ortho-rectification using 5 m DEM, two methods of RGB composition and ratio were tried and found the inundated area in the tributary stream, the Seonghwan-cheon and the Hakjeong-cheon. The inundated area had occurred at the joint area of two streams, thus the floodwater overflowed bounding discharge capacity of the stream. The progression of damage areas were stopped by the local road and farm road along the paddy. The result can be used to acquire the flood inundation data scattered as a small scale in rural area.

keywords : flood inundation area, rural small stream, RADARSAT images, ortho-rectification, RGB composition, ratio

요 지

본 연구의 목적은 홍수범람 시에도 침수상황의 파악이 가능한 RADARSAT SAR 영상을 이용하여 안성천 농촌유역의 홍수에 의한 침수지역을 추정하고자 하였다. 분석에 사용된 영상은 안성천유역에 1998년 8월 9일에 발생한 홍수피해시기를 중심으로 홍수 전, 직후, 후의 세 시기 영상을 선정하였다. 5m DEM 을 이용하여 정사보정을 실시한 후, 세 영상의 RGB 합성방법을 실시한 결과 침수된 지역의 공간적 위치를 파악할 수 있었으며, 영상간의 연산방법인 Ratio 방법을 적용하여 보다 정확한 침수영역을 추출할 수 있었다. 침수지역은 성환천과 학정천의 합류지점 부근의 농경지로 추정할 수 있었으며, 침수영역은 하천으로부터 도로 및 농로의 경계까지 진행되었음을 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과는 농촌지역의 소규모로 산재하여 발생한 침수지역의 자료를 작성하고, 그 결과를 정량적으로 제시하는 방법으로 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 침수피해지역, 소하천, RADARSAT SAR 영상, 정사보정, RGB 합성방법, Ratio 방법

* 건국대학교 대학원 지역건설환경공학과 박사과정
Doctoral Student, Dept. of Rural Eng., Konkuk Univ., Seoul 143-701, Korea

** 건국대학교 생명환경과학대학 사회환경시스템공학전공 부교수
Associate Professor, Dept. of Civil and Environmental System Eng., Konkuk Univ., Seoul 143-701, Korea
Corresponding Author. Tel.: +82-2-450-3749 (e-mail: kimsj@konkuk.ac.kr)

1. 서론

최근 들어 이상기후에 의한 국지강우, 태풍 등 홍수에 의한 침수피해가 늘어나고 있다. 이러한 홍수피해지역의 파악은 그 예방대책의 수립과 더불어 피해복구사업의 신속한 시행을 위해서도 정확한 현장조사가 필요하다. 그러나 홍수에 의한 피해지역이 광범위하고 특히 농촌 소하천의 경우는 그 피해실태를 모두 현장조사를 통하여 파악하기에는 한계가 따른다. 우리나라도 이제 1999년 12월에 발사된 KOMPSAT-1, 2006년 7월에 발사 성공한 KOMPSAT-2 등 자체 자원탐사위성을 보유하게 되었고, 특히 2008년에는 레이더 기술에 의한 인공위성(KOMPSAT-5)이 발사예정에 있어 이들 영상에 대한 활용도가 높아질 것으로 예상된다. 따라서 이러한 위성영상들을 활용하여 광범위하게 발생하는 농촌지역의 홍수 피해지역 및 농경지 침수피해지역을 파악하는 것은 기존의 현장조사와 더불어 경제성 있고도 과학적으로 근거 있는 피해지역의 조사방법으로 정착될 수 있을 것으로 기대된다.

홍수, 폭설, 가뭄, 산불 등 광역적으로 발생하는 자연재해의 파악을 위하여 인공위성영상에 의한 분석 및 활용도가 높아짐에 따라 국내에서도 Landsat TM, SPOT, NOAA AVHRR, Terra MODIS 등 다양한 위성영상들을 이용하여 재해관련 분석연구가 시도되고 있다. 이와 관련하여 국내에서는 박병욱과 김철(1997), 정원교 등(1998)은 홍수 전후의 Landsat TM 영상자료를 이용하여 유실된 농지 및 침수흔적을 분석한 바 있으며, 이미선 등(2004)은 Landsat TM, ETM+ 영상을 이용하여 태풍 루사 전·후의 토지피복변화 분석 기법을 연구한 바 있다. 그러나 Landsat과 같은 광학위성영상의 경우는 야간과 강우시에는 촬영할 수 없고, 또한 구름에 의한 영향을 많이 받아 특히 홍수재해와 같은 경우는 해당시기의 분석 가능한 영상획득이 거의 불가능하다. 이와는

달리 레이더기법에 의한 위성영상은 강우 및 구름에 의한 기상조건에 영향을 받지 않고, 홍수시에도 지상의 상태를 촬영할 수 있어 특히 홍수재해 분석에 있어 그 활용성이 높은 것으로 알려져 있다. 이에 국내에서는 이규성 등(2000)이 시계열 RADARSAT 영상을 이용하여 경기도 북부지역을 대상으로 1999년 7월 31일부터 8월 4일까지 발생한 홍수침수 피해지역을 효과적으로 파악한 연구가 있다.

이에 본 연구에서는 안성천유역에 발생한 1998년 8월 9일의 호우사상을 대상으로 침수피해 전, 직후, 후의 RADARSAT 영상을 이용하여 농촌 소하천지역에 발생한 침수지역을 추정하고자 하며, 침수의 원인 고찰 및 침수피해지역의 공간적 범위를 분석하고자 한다.

2. 자료 및 방법

2.1 RADARSAT SAR 영상

RADARSAT 위성은 캐나다 CSA(Canadian Space Agency)의 관리 아래 미국의 NASA(National Aeronautics and Space Administration)와 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration), 지방정부, 캐나다의 민간부문이 공조하여 환경변화를 모니터링하고 자원의 재사용을 지원하기 위하여 개발된 지구관측위성으로 레이더 센서인 SAR(Synthetic Aperture Radar)가 탑재되어 있다. Fig. 1과 같이 레이더 센서는 7개의 Beam 모드에서 촬영폭, 해상도, 촬영각도를 달리 조정하여 25가지의 다양한 Beam 위치의 영상자료를 제공한다. 촬영은 24일 주기의 궤도를 가지고 있어 동일한 지역에 대해 동일한 Beam 모드와 Beam 위치를 이용하여 자료를 취득할 수 있으며, 기상 영향에 전혀 받지 않는 장점을 가지고 있기 때문에 특히 홍수범람 등 재해 분석에 적합한 영상이라고 할 수 있다.

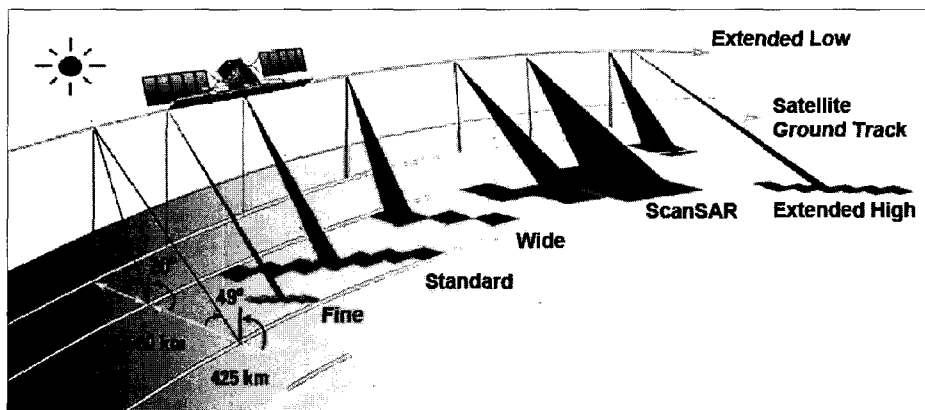


Fig. 1. RADARSAT SAR Imaging Modes (National Resources Canada, 2006)

2.2. 대상구역과 영상의 선정

안성천 유역을 대상으로 과거 침수피해를 겪은 시기에 촬영된 RADARSAT SAR 영상을 조사한 결과, 1998년 8월 2일부터 8월 18일까지 649 mm 강우에 의하여 하천 붕괴와 농경지 침수 등으로 침수피해를 겪은 시기의 영상을 선정하였다. Fig. 2는 홍수기간 중의 평택수위관측소에서의 하천수위를 나타낸 것이다. 정확도 높은 침수범위의 추정을 위해서는 하천수위가 높을 당시, 즉 침수가 진행되는 시점의 영상을 이용한 분석이 요구되지만, 이와 같은 시점의 영상을 획득하기란 매우 어렵다.

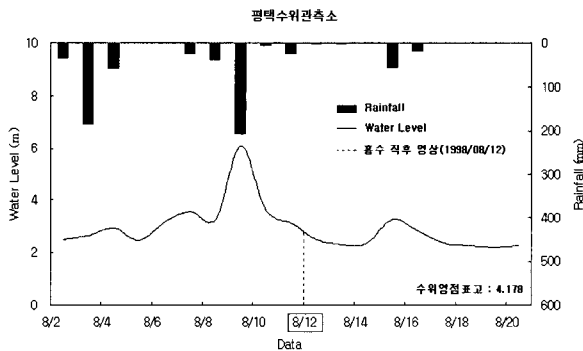


Fig. 2. River Stage of the Pyeongtaeg Gauging Station in Flood Period

본 연구에서는 침수 직후영상인 8월 12일 영상을 최종 선정하였으며, 침수분석을 위하여 2개의 영상을 추가적으로 선정하여 총 3개의 영상을 침수분석에 사용하였다. 1998년 7월 9일 영상은 침수 전의 피복 상태를 확인하기 위하여 선정하였고, 1999년 7월 25일 영상은 침수 후의 침수된 지역에 대한 안정 상태를 살펴보고자 선정하였다. Table 1은 사용된 RADARSAT 영상의 자료와 각 영상에 대한 특징을 정리한 것이다. 영상의 특징을 살펴보면 C밴드(파장: 5.6 cm)에서 촬영되었으며, 7개의 Beam 모드 중에서 Standard 모드에서 12.5 m

화소(pixel) 간격으로 촬영된 영상이다.

2.3. DEM자료를 이용한 정사보정 과정

RADARSAT SAR 영상은 기존의 전자광학적 센서가 갖고 있는 자료 취득의 제한을 극복하고, 광학적 센서와 상호 보완되는 정보를 제공한다 (신대호, 2004). 하지만 SAR 센서와 지면의 기하학적 특성(지형의 기복 등)으로 인하여 영상에 내재되어 있는 다양한 왜곡을 제거하여야 한다. SAR 센서는 한쪽 방향만을 관측하기 때문에 지표면경사에 따라 기하학적 왜곡과 방사변화가 생기는데, 특히 지표면 높이의 추정오차는 거리방향의 화소위치를 변화시키며, 절대위치도 변하게 된다. 따라서 본 연구에서는 고도에 따른 기하학적 왜곡을 보정하기 위하여 수치지도로부터 구축한 5 m DEM을 이용하여 정사보정을 실시하였다. 그 과정은 Fig. 3과 같다.

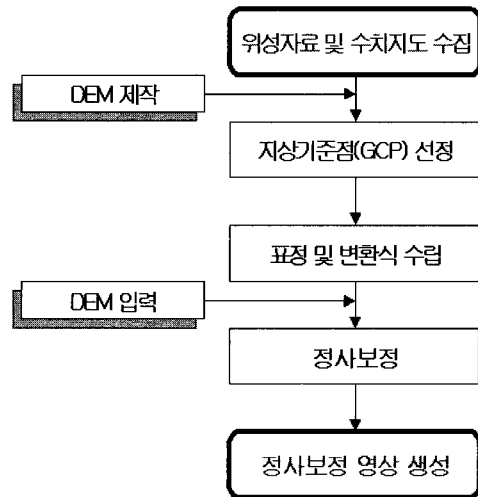


Fig. 3. Ortho-rectification Images Process

정사보정에 사용된 DEM 제작과정은 다음과 같다. 먼저 1:5,000의 수치지도 191장과 1:25,000 수치지도 7장의 DXF(Drawing eXchange Format) 파일을 이용하였으며, 지형관련 레이어인 7111(주곡선), 7114(계곡선),

Table 1. The Selected RADARSAT Images for Analysis

Part	Data		
	July 9, 1998	August 12, 1998	July 25, 1999
Part	Before inundation	Just after inundation	After inundation
Product Type	Path Image(SGF)	Path Image(SGF)	Map Image(SSG)
Beam Mode	Standard 3	Standard 6	Standard 6
Orbit	ASCENDING	ASCENDING	DESCENDING
Image Size	10,053×10,273	9,215×9,868	9,479×10,080
Pixel spacing	12.5m		

7217(표고점), 7311(삼각점)을 ARC/INFO의 스크립트언어인 AML (ARC/INFO Macro Language)을 적용하여 라인 및 포인트 커버리지로 변환하였다 (정인균 등, 2003). 추출한 커버리지의 도형자료 및 dxf-elevation 필드에 저장된 고도 값을 이용하여 TIN(Triangulated Irregular Network) 커버리지 생성, Lattice 변환과정을 거쳐 추출한 후 격자간격 5 m의 DEM을 생성하였다 (Fig. 4).

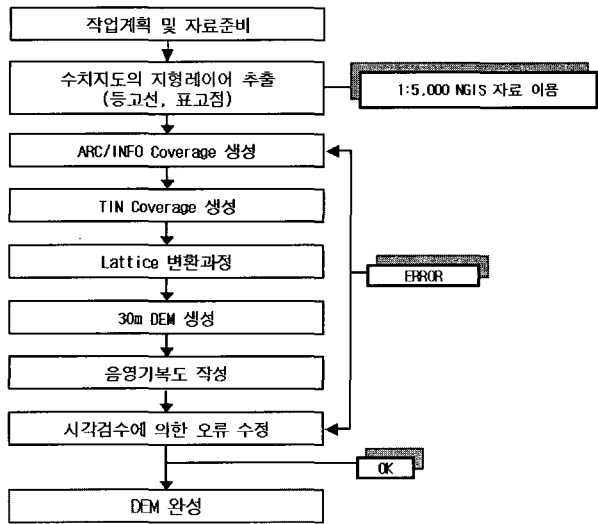


Fig. 4. DEM Process

정사보정은 RS 분석프로그램인 ERDAS IMAGINE 8.6을 사용하였으며, DEM을 이용한 정사영상 제작법은

원영상에 있는 DN값을 DEM의 영상좌표로 이동시키는 과정에서 외부표정요소, 내부표정요소, 초점거리, 공선조건을 고려하여 수정하는 방법으로, DEM의 각 픽셀의 지상좌표(X_i, Y_i, Z_i)를 공선조건에 대입한 후 원영상좌표로 변환을 하며 해당하는 원 영상좌표 주위에 있는 픽셀을 내삽법을 이용하여 DN을 결정하고 이를 다시 DEM의 각 픽셀의 위치에 지정하는 방법을 말한다.

세 영상을 중첩하기 위해서 1999년 7월 25일 영상은 Fig. 5와 같이 수치지도와 현장 GCP (Ground Control Points)자료를 이용한 image to map 방법으로 보정을 하였고, 이 영상을 이용하여 image to image 방법으로 나머지 1998년 7월 9일 영상과 1998년 8월 12일 영상을 동일한 좌표체계로 보정하였다. 약 9~10개의 지상기준점을 선정하여 Spheroid Bessel, Datum Tokyo(Korea), Projection TM(Transverse Mercator)으로 투영하였고, Bilinear 내삽법에 의해 정사보정을 실시하였다. 영상의 정사보정 결과 RMSE (Root Mean Square Error)가 해상도 12.5m에 대해 0.25~0.62 pixel로 분석되었고 NGIS 자료와 중첩하여 Fig. 6과 같이 정확도를 확인하였다.

3. 침수피해지역 추출

3.1 영상의 RGB 합성

RADARSAT 영상은 기존의 광학센서 영상에서 이용되던 토지이용분류기법의 적용이 가능하나, 광학영상

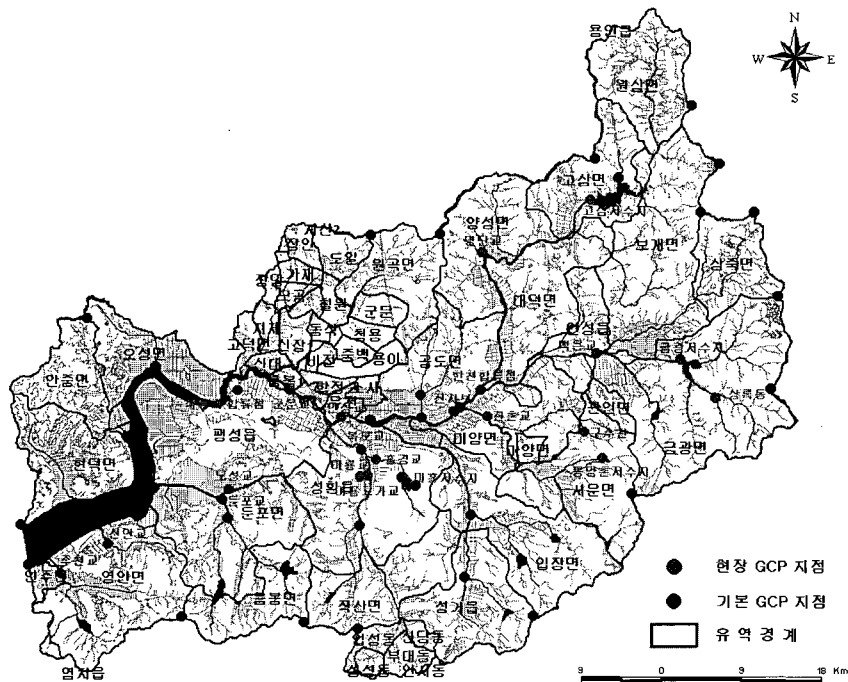


Fig. 5. Using GCPs of the RADARSAT Images for Ortho-rectification

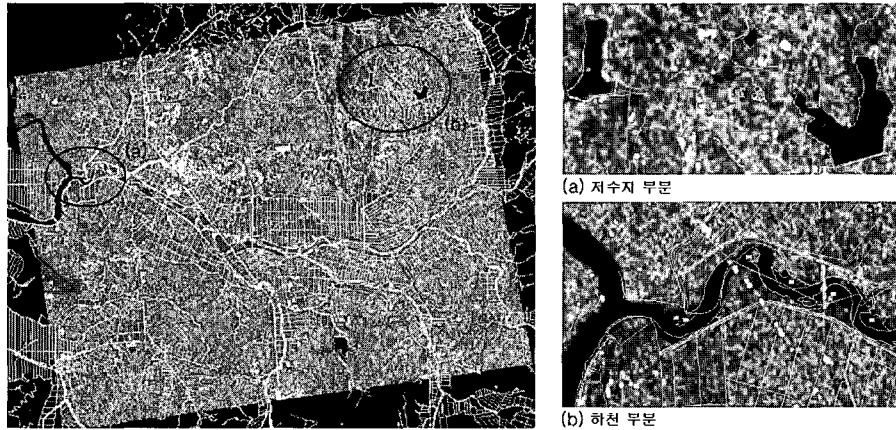


Fig. 6. The Result of Ortho-rectification

보다 분류정확도가 떨어지기 때문에 질감분석(Texture analysis) 방법, 신경망(Neural network) 방법과 각 지표물의 레이더 반사신호를 이용하여 분석하는 방법 등이 이용되고 있다. 본 연구에서는 침수지역의 범위를 추정하기 위하여, 우선 세 시기의 영상을 칼라 합성하고 레이더의 반사 값을 이용하여 나타나는 색의 변화를 살펴보고 침수여부를 판단하였다.

동일한 좌표체계로 보정한 세 시기의 영상을 중첩하여 칼라 합성하는 경우 각 시기의 상대적 화소값의 차이에 따라 독특한 색을 띠게 된다(이규성 등, 2000). 세 시기의 영상을 합성하기 위하여 ERDAS IMAGINE 8.6에서 제공하는 Layer Stack 모듈을 이용해 Fig. 7과 같이 1998년 7월 9일 영상은 적색, 1998년 8월 12일 영상은 녹색, 1999년 7월 25일 영상은 청색으로 칼라 합성하였다. RGB로 칼라 합성한 후, 이규성 등(2000)이 분석한 연구를 토대로 합성영상의 여러 지표물의 반사특

성을 고려한 결과, 주로 하천 주변의 농경지 부분에서 영상 시기별 레이더 반사신호의 차이로 인한 색변화가 나타나는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 8).

RGB 칼라 합성시 영상간의 변화가 나타나지 않는 지역에 대해서는 검은색, 회색, 흰색으로 나타나게 된다. 즉 영상에서 물과 같이 습기가 많은 곳은 반사도가 낮은 값을 가지고 있기 때문에 검게 보이며, 도심지의 경우 건물의 측면과 입사되는 레이더파의 기하학적 관계로 인해서 반사 값이 매우 높아 가장 밝게 나타나게 된다. 농경지나 산림은 식물이 1 cm 이상 되는 경우 잎과 가지에 레이더파가 접촉하게 되어 반사 값이 증가한다. 따라서 홍수로 인해 토지피복의 변화가 발생되면 그 반사값 또한 변화가 되어 합성시 홍수피해지역은 색변화가 발생하게 된다.

Fig. 8과 같이 RGB 방법으로 영상을 합성결과, 일반적으로 강이나 저수지 등은 거의 낮은 값을 가지기 때

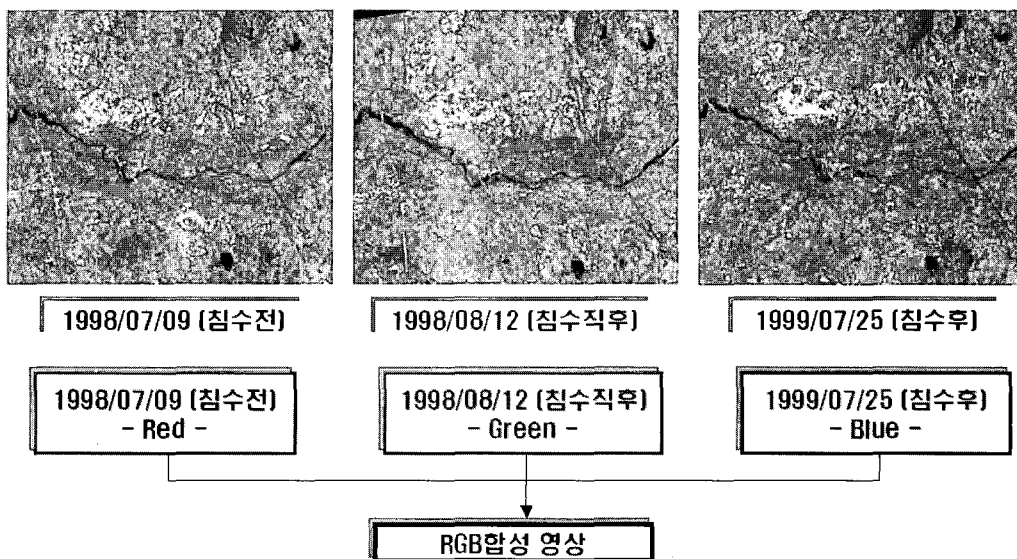


Fig. 7. RGB Composition Process

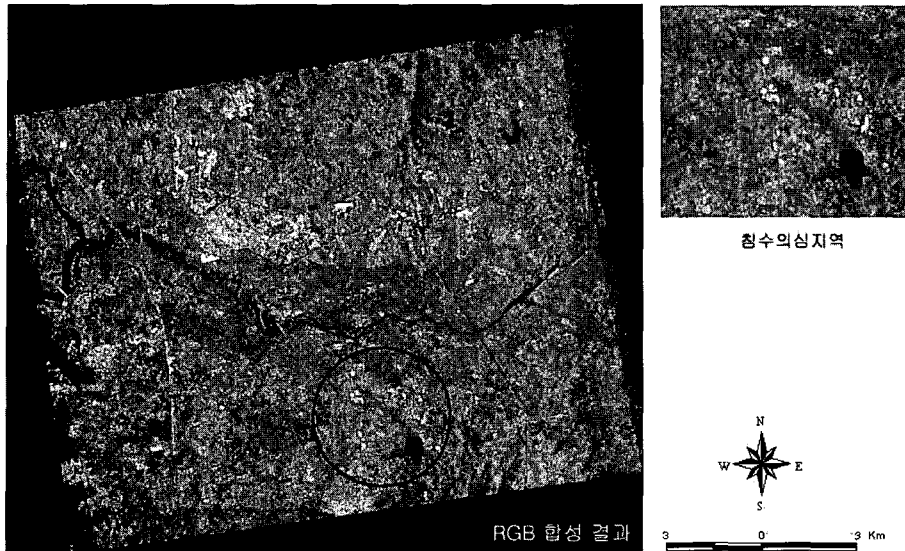


Fig. 8. RGB Composition Images and Flood Inundation Area

문에 검게 나타나며, 도로나 도심지의 경우는 밝게 나타나는 것으로 합성 전 영상과 같은 색상을 나타내었다. 하지만, 침수된 것으로 추측되는 지역의 경우 하천 본류의 주변과 농경지 일대를 중심으로 짙은 계통의 보라색이 나타나고 있다. 보라계열은 토지피복에 변화가 있는 지역은 침수 전의 적색과 후의 청색이 합성되어 보라계열의 색이 나타나는 것으로 판단된다.

3.2 영상간의 Ratio 연산

영상간의 RGB 칼라합성으로 침수의심 지역은 추출할 수 있었으나 정확한 침수지역의 경계를 파악하는 것은 불가능하였다. 이를 위해 본 연구에서는 2개의 영상을 대상으로 서로 나누는 Ratio 연산방법을 이용하여 보다 정확한 침수피해지역의 경계를 추출하고자

하였다.

Layout 모듈을 이용하여 침수 직후의 영상을 침수 전의 영상으로 나누는 Ratio 연산을 실시하였고 그 결과 ratio 값이 0.07~19.54로 분포하였다. 홍수로 침수가 발생한 지역은 낮은 반사값을 가지므로, 침수직후의 영상을 침수전의 영상으로 나누는 Ratio 값은 1보다 작은 값으로 산정되었다. 또한 1보다 작게 산정된 지역의 Ratio 값들을 몇 개의 구간으로 구분하여 표현한 결과, RGB 방법보다는 훨씬 뚜렷한 침수지역의 경계를 파악할 수 있었다(Fig. 9). Fig. 9의 침수지역 경계를 스크린 디지털라이징하여 벡터경계를 생성하였으며, 그 결과를 NGIS(National Geographic Information) 1:5,000 수치지도와 중첩하여 나타낸 결과는 Fig. 10과 같다.

그림을 살펴보면, 학정천과 성환천의 합류지점을 중

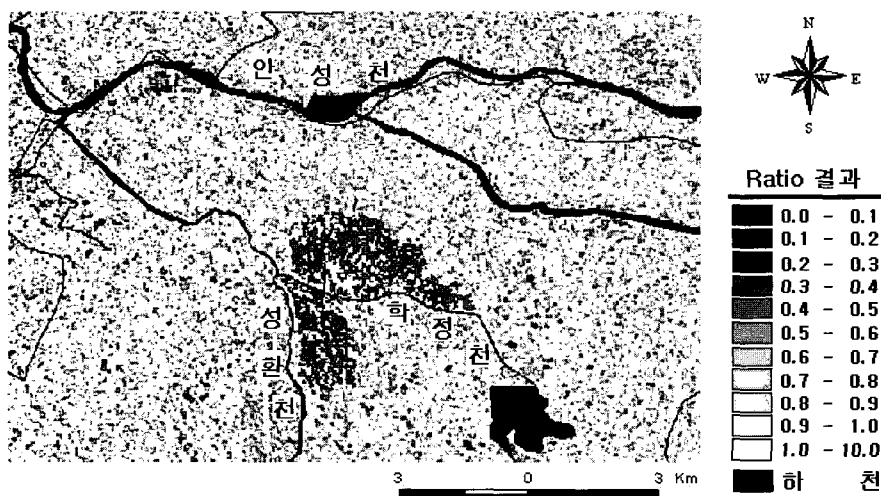


Fig. 9. The Result of Ratio Calculation

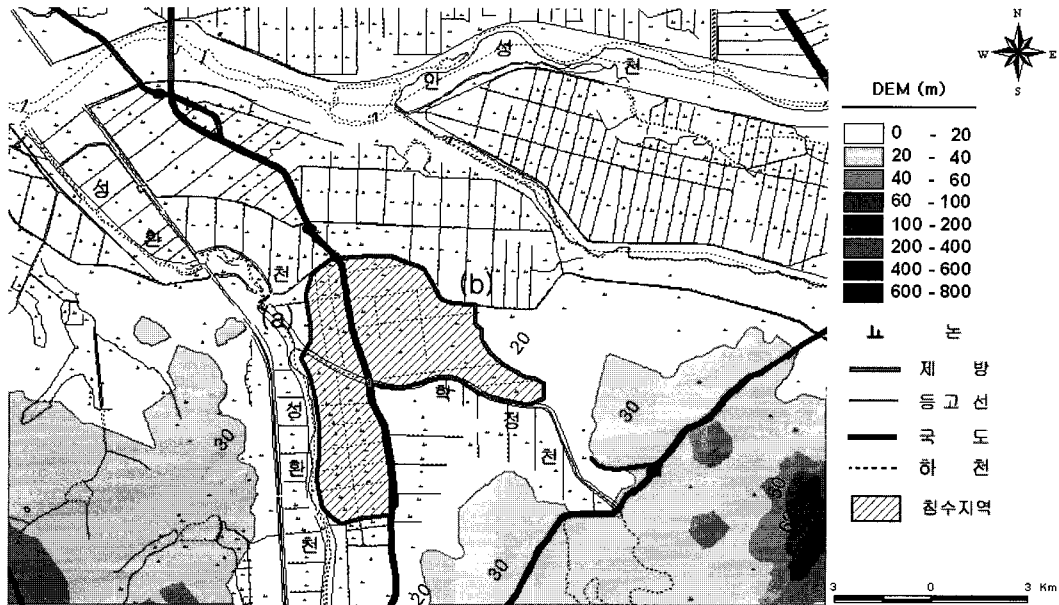


Fig. 10. Overlay of NGIS(1: 5,000) with Flood Inundation Area Map

심으로 주위의 농경지가 침수된 것을 확인할 수 있었다. 침수지역의 (a) 부분은 집중호우로 농경지 주변의 소하천 수위가 급상승하면서 하천의 합류지점에서 제방을 월류하여 표고가 낮은 하천 주변의 농경지가 침수된 것으로 판단된다. 침수지역의 (b) 부분은 학정천 하폭(평균 38m)이 성환천의 하폭(평균 86m)보다 약 2~3배 정도 작기 때문에 폭우로 인하여 일시적으로 하천의 통수능력을 상실하여 범람한 것으로 판단되어진다. 범람한 하천수는 표고가 낮은 지역을 대상으로 범람된 용량만큼 낮은 지역을 침수시키면서 진행되다가 표고가 높은 도로, 논둑을 만나면서 더 이상 침수범위가 확대되지 않고 침수위를 상승시킨 것으로 추정된다. 현장 조사결과, 침수경계의 도로와 논둑의 표고가 높은 것을 확인하였다. 분석 결과에 대한 검증은 거쳐야 하나, 1998년 성환천 유역의 침수피해 조사 결과가 있지 않아 현장조사와 주민들의 면담조사를 통하여 당시 성환천과 학정천 주변의 농경지 및 주거지가 침수되었음을 확인할 수 있었다. Fig. 10의 결과에 의한 피해면적을 토지 이용 항목별로 추출한 결과, 총 침수피해면적은 1.27 km²가 침수되었으며, 그 중에서 1.13 km²로 논이 피해가 가장 심하였고, 주거지와 나지는 0.08 km², 수역은 0.05 km², 밭은 0.01 km²가 침수된 것으로 분석되었다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 강우시에도 지상의 홍수범람에 의한 침수 상황을 파악할 수 있는 RADARSAT 인공위성영상을 이용하여 1998년 8월 9일의 호우에 의해 침수피해를 입

은 기록이 있는 안성천유역을 대상으로 농촌 소하천 지역에 발생한 침수지역을 추정하고자 하였다. 그 내용을 요약하면 다음과 같다.

1. 당시의 침수피해지역을 추출하기 위하여, 홍수직후의 8월 12일 영상을 획득하였으며, 홍수전후의 영상은 각각 1998년 7월 9일, 1999년 7월 25일의 영상을 획득하였다. 기하학적 왜곡을 보정하기 위해 NGIS 수치지도로부터 구축한 5m DEM을 이용하여 영상의 정사보정을 실시하였다. RADARSAT 영상의 해상도 12.5m에 대해 RMSE (Root Mean Square Error)가 0.25~0.62 pixel로 보정되었고, 이를 NGIS 수치지도와 중첩하여 그 정확도를 확인하였다.
2. 침수지역을 추출하기 위해 정사보정한 세 시기의 영상을 홍수전 영상은 적색으로, 홍수직후 영상은 녹색으로, 홍수후의 영상은 청색으로 RGB 합성을 시도한 결과, 침수지역은 침수피해를 입지 않은 지역과는 달리 레이더 신호가 보라색 계열로 더 강하게 반사됨을 알 수 있었다. 그러나 RGB 합성만으로는 침수지역의 공간적 범위를 정확하게 추출할 수 없었다.
3. 영상간의 RGB 합성으로 침수의심 지역은 추출할 수 있었으나, 정확한 지역 파악은 불가능하였기에 홍수직후의 영상을 홍수전의 영상으로 나누어 보다 정확한 침수지역의 경계를 추출할 수 있었으며, 이를 NGIS 수치지도와 중첩하여 침수지역의

경계특성을 파악할 수 있었다.

4. 농촌지역 소하천을 대상으로 침수피해가 발생한 경우는 당시의 현장조사를 통하여 모든 침수피해 자료의 수집에 한계가 있으므로, 본 연구에서 레이더 영상을 활용하여 소규모로 산재하여 발생한 침수지역의 자료를 수집하고, 그 결과를 분석하는 것도 하나의 조사 대안으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농림부의 「RS 및 GIS를 기반으로 한 농촌지역 홍수재해 평가 및 예측시스템 개발」 과업에 의하여 지원되었음.

참고 문헌

- 박병욱, 김철 (1997). “원격탐사 자료를 이용한 자연재해분석에 관한 연구.” **한국측지학회지**, 제15권, 제2호, pp. 237-244.
- 신대호 (2004). 단일 기준점을 이용한 RADARSAT SAR 영상의 위성궤도 보정과 3차원 위치결정. 석사 학위논문, 연세대학교.

이규성, 김양수, 이선일 (2000). “시계열 위성레이더 영상을 이용한 침수지 조사.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제24권, 제5D호, pp. 823-828.

이미선, 박근애, 김성준 (2004). “태풍 RUSA 전·후의 토지피복변화 분석 기법 연구.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제33권, 제4호, pp. 427-435.

정원교, 홍석영, 임상규, 조인상 (1998). “인공위성 영상 자료를 이용한 농경지 침수지역 조사.” **1998년도 춘계총회 및 합동 학술대회 특별강연 및 발표 논문 초록집**, 한국농화학회, pp. 71.

정인균, 이미선, 김성준 (2003). “1:5000 수치지도를 이용한 DEM생성 기법 연구.” **한국농업정보과학회논문집**, 한국농업정보과학회, 제4권, 제1호, pp. 27-35.

National Resources Canada (2006) “Educational Resources for Radar Remote Sensing,” <www.ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/gsarcd/pdf/intro_e.pdf> (2006.01.10)

(논문번호:06-16/접수:2006.01.12/심사완료:2006.10.25)