

지리정보기반의 재해 관리시스템 구축(I) -민간 보험사의 사례, 태풍의 경우-

장은미*

GIS-based Disaster Management System for a Private Insurance Company, in Case of Typhoons(I)

Eunmi Chang*

요약 : 자연재해 및 인위적 재해는 지리학에서 인문지리와 자연지리를 통합할 수 있는 주제로 기대되고 있으나 실제로 지리정보를 이용한 분석방법에 대한 연구와 시스템이 개발된 사례는 많지 않다. 태풍 루사와 매미가 국내 개인 및 국가에 입힌 손실만큼 손보사에게 끼친 손실이 막대하여, 보다 과학적이고 합리적인 자연재해 피해액에 대한 추정과 재보험 가격산정을 위한 시나리오 구성이 요구되었다. 태풍을 사례로 한 본 연구에서는 태풍경로에 따른 풍속예측모델을 적용하기 위하여 전국단위의 필요한 지리정보를 구축하였다. 1: 5,000 수치 지도를 기본지도로 사용하였으며, 기상자료 및 계약물건의 소재지에 대한 주소자료를 점형 자료로 구축하였으며, 과거 관측된 태풍의 주요 기압의 변화 값을 속성으로 하여 경위도 좌표로 선형 자료로 구축하였으며, 토지피복도는 풍속의 정확도를 높이기 위한 자료로 모델의 변수 조정에 사용하였다. 모든 자료를 전국을 1km 간격의 격자형자료로 변형하여 중첩할 수 있고, 태풍 풍속모델과 격자별 피해가능정도를 구할 수 있도록 하였다. 풍속에 대한모델의 정확도는 실제 기상측정지점의 측정값과 비교하여 검증과정을 거쳤으며(전체 평균 $R^2=0.68$), 변이가 큰 기상측정지점 변화를 준 보정과정을 통해 예측시스템의 정확도를 향상시켰다. 풍속에 따른 피해율을 적용한 피해민감도곡선을 주거지역, 공업지역, 기타지역으로 나누어 적용하고 실제 손해배상액과 비교해 본 결과, 과대평가된 부분과 과소평가된 부분을 동시에 관찰할 수 있었다. 본 연구와 시스템 구축으로 민간보험사는 재보험 요율에 근거자료를 보유할 수 있을 뿐더러 유사 재해 시 대응할 수 있는 시나리오를 작동함으로써 자원의 배분계획을 수립할 수 있고 대외적 신인도를 제고할 수 있을 것으로 예측된다. 향후 하천범람모형 및 태풍과 지진으로 인한 해일 모형, 내수 침수모형을 추가하여 종합적인 재해모형으로 완성할 예정이다.

Abstract : Natural or man-made disaster has been expected to be one of the potential themes that can integrate human geography and physical geography. Typhoons like Rusa and Maemi caused great loss to insurance companies as well as public sectors. We have implemented a natural disaster management system for a private insurance company to produce better estimation of hazards from high wind as well as calculate vulnerability of damage. Climatic gauge sites and addresses of contract's objects were geo-coded and the pressure values along all the typhoon tracks were vectorized into line objects. National GIS topographic maps with scale of 1: 5,000 were updated into base maps and digital elevation model with 30 meter space and land cover maps were used for reflecting roughness of land to wind velocity. All the data are converted to grid coverage with 1 km×1 km. Vulnerability curve of Munich Re was adopted, and preprocessor and postprocessor of wind velocity model was implemented. Overlapping the location of contracts on the grid value coverage can show the relative risk, with given scenario. The wind velocities calculated by the model were compared with observed value (average $R^2=0.68$). The calibration of wind speed models was done by

* 3GCORE 부설연구소, 소장(3GCORE Institute), emchang@3gcore.com

dropping two climatic gauge data, which enhanced R^2 values. The comparison of calculated loss with actual historical loss of the insurance company showed both underestimation and overestimation. This system enables the company to have quantitative data for optimizing the re-insurance ratio, to have a plan to allocate enterprise resources and to upgrade the international creditability of the company. A flood model, storm surge model and flash flood model are being added, at last, combined disaster vulnerability will be calculated for a total disaster management system.

Key Words : disaster management system, web-based GIS, typhoon, insurance, vulnerability curv

1. 서론

1) 연구배경

지리학이 자연지리-인문지리, 공간 분석적 접근-사회문화적 접근, 정량적 접근-정성적 접근으로 나누는 이분법적 사고의 틀을 극복해야한다는 것은 21세기 한국지리학의 지향점일 뿐만 아니라(박삼옥, 2005) 전 세계가 공감하는 사안이다(Kwan, 2004). 특히 이러한 접점에 놓인 주요한 주제가운데 환경문제는 지역의 생태환경과 산업화의 문제 및 재난 재해에 대한 연구를 예로 들어 왔으나 실제 연구되고 구현된 사례, 특히 공공 정책분야가 아닌 민간분야에서 사례는 매우 드물다.

재난 및 재해에 대한 용어는 학문의 특성에 따라 상이하게 정의하고 있기는 하나 지리학에서 災害(disaster)는 인위적, 자연적으로 평시와는 다른 불안정 상태가 발생하는 것으로, 홍수, 가뭄, 태풍, 지진, 독극물유출, 산불, 토네이도, 비행기추락사고 등의 상황을 의미하며, 應急狀況(emergency)은 사건 사고에 의해 긴급한 구조와 외부적 도움이 필요한 상태를 나타내는 용어로, 危險(risk)은 장기적으로 내재된 불안정 상태로 재해와 응급상황을 일으킬 수 있는 動因이라고 정의하고 있다(Zeiler, M., 1999).

전통적인 지리학의 재난 재해에 대한 연구방법은 크게 기후학적 연구와 지형학적 연구, 사회·문화지리적 연구로 나눌 수 있다. 기후학적 연구는 자연재해의 종관기후학적 연구가 가장 대표적인 연구에 해당된다. 태풍의 발생경로에 대한 계절적 특성에 대한 연구, 강설의 유형과 재난재해에 대한 연구 등 대부분 통계적

방법론에 의해 과거에 축적된 기상자료를 모아 분석하고 기압대 및 고층기후대의 특성을 연구가 그 전례이다(이병설, 1987). 지형학적 연구는 주로 1950년대 이전에 지형학의 발달과정에서 사람들의 거주가능지역과 범람의 특성을 분석한 연구들이 많았으며, 중요한 관점은 자연재해 그 자체를 인간의 거주관점보다는 지형의 형성 프로세스의 관점에서 보아, 기후변동에 의한 침식기준면의 변화라는 측면에서 홍수와 하천 쟁탈에 대한 연구가 되었다(유홍식, 2003). 최근에 태풍 루사발생시 지형변화를 고해상도 위성영상으로 분석한 장동호의 연구는 태풍 발생시 풍속에 의한 피해보다는 집중호우에 의한 하도내 지형변화를 추정하는 것이었다(장동호, 2005).

사회·문화지리학적 연구의 사례로는 자연재해가 반복되는 지역에 나타나는 주거양식 및 특이한 경관에 초점을 맞추어 지붕의 각도와 강수량의 관계, 돈대와 높은 집터의 기저층 등 홍수다발지역의 특이한 경관에 대한 연구가 1950년 이전에 주류를 이루었다. 1960년 이후 행동주의적 연구방법이 도입되면서, 재난 재해에 대한 주민의 의식과 인지지도(mental map), 대응 양식에 대한 연구가 활발히 진행되었으며 자연지리교재에서도 주요한 주제로 다루어져 왔다(Strahler and Strahler, 2004).

인간주의적 관점에서는 기후변화에 의한 재난 재해가 특정계층의 생활환경에 국한하여 차별적으로 영향을 준다는 점에서 도시생태학적 연구의 한 단면으로 재난과 재해를 분석해왔다(Cutter 외, 1996). 특히 재난 재해 이후의 인간의 강제적 이주와 자발적 이주에 대한 패턴 분석연구가 다양하게 이루어져왔다. 2005년에는 카트리나 태풍 이후의 댐 붕괴, 도시범람 등의 재난

단계별로 피난민의 이주 행적에 대한 연구가, 사회문화적 측면, 종교와 인종적 측면의 이동경로에 대한 다원적 연구가 동시에 재난과 연계하여 연구되고 있다 (Sidle, 2002).

재난재해에 대한 지리학 외부의 연구는 대부분의 모델링 관련 분석연구로 지반공학 (천병식 외, 2005) 및 토목공학분야(최병길, 2000) 및 도시계획 분야(정문섭 외, 2002)에서 활발히 적용되어 왔으며 수질모델에 관련된 오염원방출에 관련된 재해에 관한 연구가 지리학자에 의해 일부 수행된 바 있다(엄정섭 · 신소은, 2003; 서동일 외, 2005). 자연재해에 의한 손해액을 추정하는 통계적 연구에서(차재형, 2001)에서는 과거의 태풍의 손해액과 위험률을 수학적으로 구한 결과 Weibull 분포를 보인다는 결론을 얻었으나, 태풍피해에 대한 공간적 피해액의 분포에 대한 내용 즉, 공간적인 분포현황에 대한 고려는 없었다.

실제적으로 지리정보라는 도구를 가지고, 다양한 의사결정권자의 시각을 종합하여 문제를 해결하고 사회의 요구를 반영하면서 학문의 본래적 가치를 제고할 수 있을 것으로 판단되며, 본 연구에서는 지리학에서 전통적으로 자연재해 및 재난에 대한 연구와는 달리 최근에 지리정보공학의 방법론의 적용을 통해 재해관련 민간분야에서 시스템 개발에 지리학자들이 기여한 사례를 구체적으로 제시하고자 한다.

2) 연구목적

본 연구는 주택 및 공장 등의 부동산에 대한 재해보험을 운용하는 회사(○○화재)에서 재보험요율 최적화¹⁾, 재해통계분석을 통한 합리적인 보험 상품의 개발 등의 실용적 목적으로 출발하였다. 1차 연구과제로 태풍풍속(Wind/Storm Field Model)에 따른 피해규모를 산정하고 재해로 인한 피해액수에 대한 공간통계분석을 통해 물건 개별, 지역별 손해발생 피해액을 다양한 각도에서 추정할 수 있는 프로그램을 개발하고자 하였다. 향후 각종 자연재해 모델링의 확장 및 영업지원 도구로의 활용을 목표로 기본적인 지리정보의 축적을 통해 확장성 있는 기능을 구현하는 것이다. 풍속에 따른 피해예측곡선을 적용하여, 태풍경로별 주변의 1km 간격

의 격자의 예측된 풍속에 따른 피해예측액과 각 격자의 피해보상액을 비교 검토하여 유의미한 한국적 피해커브를 개발하는 것이 궁극적인 목적이다. 연속되는 논문에서 홍수와 해일, 마지막으로 침수와 통합모델의 단계로 발표할 예정이다.

3)연구지역과 연구방법

연구지역은 한반도를 포함하여 일본과 동아시아 태풍 영향권에 있는 지역을 대상으로 하여 남으로는 대만 이하 북위 20도 이상 지역을 대상으로 한다.

(1)지리정보자료의 구축과 변형

태풍 매미와 루사의 사례를 포함하며 1956년 이후의 기상청에서 기록된 태풍의 풍속과 방향 등을 지리정보로 구축하였고,²⁾ 계약물건의 위치자료를 지번을 이용하여 지리좌표를 부여하였다.³⁾ 기상정보와 연계하여 태풍사고 피해지역을 지리정보로 구축하였다. 모든 자료는 공개된 shp 파일로 형태로 구축하였으며, WGS84 경위도좌표계를 사용하였다.

기본도는 국가지리정보 1: 5000 수치지도를 근간으로 하여 행정구역경계, 지번자료, 수치고도자료를 가공하여 사용하였으며, 기상정보는 태풍별 시점에서 종점까지의 기압자료를 포인트 자료로 입력하여 이동방향에 따른 선형자료로 가공하였다. 태풍 기간 중의 기상측정지점의 자료를 누적하여 데이터베이스화 하였다. 고객 및 계약정보에 대한 내용은 계약물건의 주소를 기준으로 하여 지번도를 사용하여 위치부여과정을 진행하였으며, 주소 중 지번이 불명확한 경우에는 행정동·리 단위의 중심에 위치를 시켰으며, 후자의 경우는 전체 계약물건 48만 건 중에 10% 미만에 해당되었다.

태풍 풍속을 위한 기본 자료의 형태는 격자형 자료 구조로 변형되도록 하였다. 이 때 격자의 크기는 가로 세로 모두 1km로 하였으며, 지표의 토지이용상태에 따라 풍속이 감속이 되는 정도가 달라질 수 있는데 그 계수의 선정부분은 일본을 대상으로 한 연구사례⁴⁾에 준하여 적용하여 도심 및 고층 빌딩지역의 0.65의 가중치를 두었으며, 저층의 도시지역 및 개발지역은 0.7 하천 및 호수 등의 담수역은 1.0 그 외의 토지이용에는

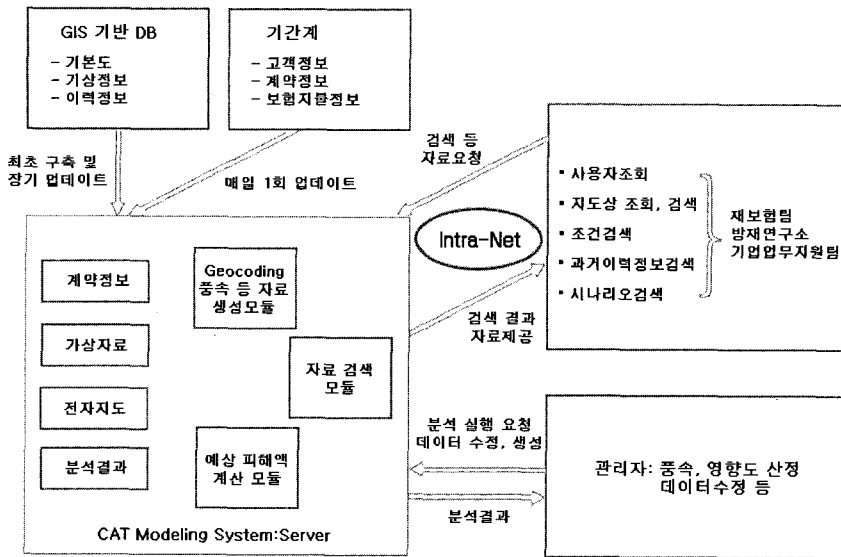


그림 1. 태풍재해관리시스템의 자료구성과 업무흐름도

0.8의 가중치를 두었다. 토지피복에 관한 자료는 환경부 토지피복분류도, 즉 TIFF파일로 된 이미지를 그리드로 면적평균법⁶⁾에 의해 재구성하여 적용하였다.

기상정보는 장기적으로 갱신될 수 있도록 하였으며, 고객 및 계약정보는 매일 계약되는 내용을 반영할 수 있도록 인터페이스를 개발하였다(그림 1).

(2) 사용소프트웨어와 자료의 가공과정

사용된 GIS 분석과 표출 소프트웨어는 Active X⁷⁾ 기반의 AnyGuide⁸⁾를 근간으로 하였으며 모델 분석과 자료 입출력 모듈의 개발은 java 언어로 구현하였다. 자료의 가공과정은 전국 및 일부지역 단위의 피해액을 산정하고, 모델의 변수 변경에 따른 피해액을 재산정하여 모델의 정확성을 높일 수 있도록 하며, 태풍경로의 변경 시나리오에 따른 피해액을 산정하며, 과거 피해액을 지역별로 계약별로 비교할 수 있도록 하며, 지역별, 위치별, 조건별 예상 피해액을 저장하여 비교할 수 있도록 통계프로그램을 개발하였다.

지리정보시스템의 기본기능에 해당하는 지역별, 보험종류별, 담보 위험별 계약물건을 검색하고 일일 갱신이 가능하도록 하며, 기상현상 가운데 가장 피해가 큰 풍속과 태풍경로에 대한 과거자료를 검색할 수 있도록 하였다. 시나리오를 통해 예상 피해액 결과를 조회하고 결과에 따른 세부적인 통계조회가 가능하도록 프로그램을 구성하였다. 기본도와

(3) 태풍에 의한 풍속계산 모형의 적용과 구현

태풍에 의한 일반화된 풍속예측 수식에 의해 각 격자별 풍속을 산출하였다. 격자별 풍속을 산출하기 위해서는 태풍의 중심 주변의 최대속도를 계산하여야 하므로 아래와 같은 식을 사용하여 기상청에서 10분마다 계산되어 보고되는 순간 풍속으로부터 1분 순간 풍속을 구한 후 다시 최대풍속을 구하는 단계를 밟아 순간 최대 풍속을 구하였다.

Calculation of Maximum Gusts (wind speed (kn))

eq 1

(1 kn=1.852 km/h)

1 min sustainable wind speed=1.15×10 min sustainable wind speed

eq. 2

Max. Gust=1.3×1 min sustainable wind speed

eq. 3

계산의 예로 특정 지점의 풍속에 대한 결과가 10분 순간속도 95kn라고 보고=된 경우=에, 최대 시간당

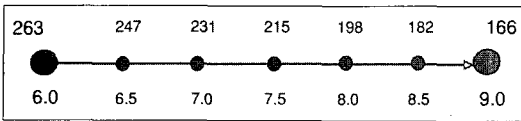


그림 2. 태풍 경로상의 최대풍속 내삽방식

풍속은 $95 \times 1.852 \times 1.15 \times 1.3 = 263$ 로 계산 되었다. 예로 최대풍속의 값 사이의 값은 내삽방식을 통해 구하였으며, 그 방법은 두 지점의 거리와 풍속을 구해 적용하였다. 그 계산의 예는 아래와 같다. 즉 태풍 발생후 6시간 지난 지점의 위치를 Position 1 이라하고 12시간 이후의 위치를 Position 2 라고 할 때 두 지점의 거리 차이를 계산하여 적용하였으며, 예로 180 km를 6시간 이동한 것에 해당되므로 시속 30km로 이동하는 것으로 계산하였다. 위의 그림 2는 6시의 태풍 경로상의 최대풍속자료와 9시의 태풍의 풍속자료를 내삽하여 30분 간격으로 이동경로에 따른 풍속을 계산한 것을 보여주고 있다. 이와 같은 논리로 각 태풍에 대한 경로에 따른 최대풍속값을 계산하여 도시할 수 있도록 하였으며 그 결과의 일부는 그림 6의 경로와 속도로 되었다.

풍속에 따른 피해를 및 피해액을 산정하는 vulnerability 수식을 적용하였으며, 그 내용은 아래의 식 4부터 식 7까지 서술되어 있다. 그림 3은 태풍 발생시 상정되는 최대풍속반경에 대한 모식도이며 이는 수식 5과 수식 7에 반영되었다. 본 수식은 Rankine의 Vortex 식을 변형한 것⁹⁾으로 원래 Rankine의 식에서는 지수×부분이 정수로 고정되어 있으나 이를 최대 관측된 바람의 속도 (Rgale) 값의 비율을 고려하여 변형한 것이다.

$$v(r) = v_m \cdot \left(\frac{r}{r_m}\right)^{-x} \quad \text{eq. 4}$$

$v(r)$: wind speed (km/h) in Distance r from RMW

v_m : maximum wind speed (at RMW)

r_m : radius of maximum wind speed

x : exponential determining shape of wind profile

$$x = \frac{\ln \frac{V_m}{62}}{\ln \left(\frac{R_{gale}}{RMW}\right)} \quad \text{eq. 5}$$

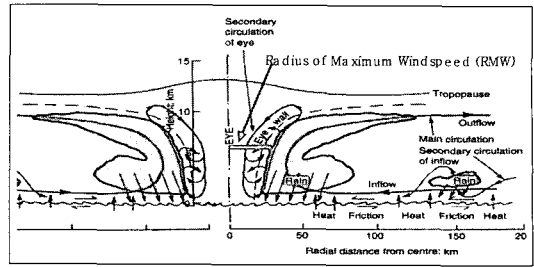


그림 3. 최대풍속반경의 개념

$$R_{gale} = 285 \cdot \ln(V_m) - 1125 \quad \text{eq. 6}$$

$$RMW = \frac{V_m}{0.58 \cdot e^{0.0090 \cdot V_m}} \quad \text{eq. 7}$$

R_{gale} = Radius of wind speed with gale force
(예로 62km/h)

v_m = Maximum wind speed (at RMW)

RMW = Radius of Maximum Wind speed

x = Exponent determining shape of wind profile

다음은 피해보상액 금액에 관한 예측부분인데, 바람의 속도에 따라 피해액의 규모를 누적하여 그래프로 표시하는 것이 피해규모예측도(vulnerability curve)이다. 이는 지표상의 바람으로 전환된 값을 가지고 적용하며, 각 지역의 토지이용에 따라 피해규모를 달리 가정하고 있는 부분이다. 특히 루사와 매미의 경우 피해보상액 금액을 계산된 피해액과 비교하였다. 태풍의 경로에 따른 각 그리드의 풍속 값을 계산하는 식은 거리에 따른 풍속감쇠, 태풍의 좌안과 우안에 따른 가중치 부여를 고려한 MATLAB 응용프로그램을 java 프로그램으로 변형하여 AnyGuide의 확장모듈로 개발을 하였다.

본 연구과정에서 추가된 모듈은 모델 관련된 세 가지 모듈이다. 첫째는 자료의 위치좌표 자동입력(geocoding)에 관한 모듈로서, 보험고객의 물건의 행정구역테스트 파일과 주소자료를 이용하여 위치좌표를 추출하는 소위 address matching 모듈이며, 이 모듈은 향후 격자자료로 변환되는 모듈과 연계되어 1km 격자별 통계지도를 추출하는데도 사용된다. 두 번째 추가된 모듈은 풍속자료 입력 시 피해지역 산출에 대한 태풍모델 모듈로서 수식 4부터 7에 이르는 과정을 계산

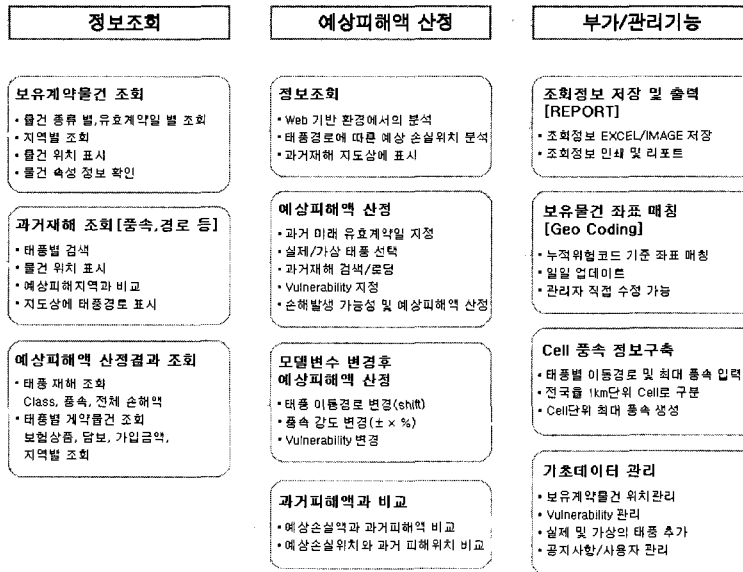


그림 4. 태풍관리시스템의 주요기능 및 내역

하여 지도로 표현해주는 모델이다. 마지막 모듈은 자료검색을 효율화시키기 위한 검색모듈로서 행정구역 별, 격자별, 주요지점별 검색이 가능하도록 인덱스 데이터 테이블을 통해 구현하였다.

시스템 개발을 위한 연구과정에서 연구자체를 위한 도구적 차원의 모듈은 태풍모델 분야에 국한되며 나머지 두 개의 모듈은 방재모델이 아닌 일반적인 GIS 검색모듈과 주소매칭 모델로 활용이 가능한 것이다.

(4) vulnerability curve의 적용과 검증과정

풍속에 따른 피해를을 설정하는 vulnerability curve의 경우는 뮌헨 재보험사가 산출하는 방식을 본 시스템에 맞도록 개발 모듈을 추가하였다.¹⁰⁾ 시스템의 사용자의 요구사항을 분석한 결과 사용자그룹을, 1차적으로는 재보험팀, 부차적으로 기업의 방재연구소 등에 근무하는 전문 재난 전문가와 마지막 그룹으로 지리정보와 시스템 전반을 책임지고 있는 시스템 관리자로나누었으며, 각각의 사용자 그룹의 자료와 업무의 흐름에 대하여 정의하였다(그림 1).

2. 본론

1) 지리정보 검색 기본기능의 개발

민간 분야의 지리정보기능에서 가장 중요한 것은 텍스트 문서와는 달리 지리정보를 통해서 쉽게 상황을 인지할 수 있는 정보 조회기능의 구현이다. 예상피해액 산정의 부분은 내부에 있는 모델의 결과를 반영할 수 있는 기능으로 실재하는 또는 가상의 태풍을 놓고 피해규모를 산출하는 형태의 결과물 표출기능에 해당된다. 또한 태풍에 대한 모델 자체의 유의성 및 정확성을 백 퍼센트 확보할 수는 없기에 모델의 변수를 일부 조정하여 사용할 수 있는 인터페이스개발 부분은 모델의 앞 단계 조정과정(pre-processor)의 기능 중 가장 중요한 부분에 해당된다. 즉 태풍의 이동경로를 달리하거나, 풍속의 강도를 변경하거나 풍속에 따른 피해가능정도(vulnerability) 함수식을 변경하는 것이 그 예에 해당된다(그림 4의 예상피해액 산정기능).

2) 격자자료의 행정구역 표출 방법에 대한 처리

지표상의 토지피복상태가 고려된 풍속자료는 풍속별 피해정도에 대한 값으로 환산되어 격자별 손실예상액이 추출된다. 각 격자별로 계약물건의 위치를 배경시킴으로써 피해액이 클 가능성이 있는 그리드 순서로 정리할 수 있다. 각 격자를 행정구역 폴리곤 단위로 잘라내어(clipping) 자료의 변형이 가능하므로 행정구역별 통계처리가 가능하게 된다. 그림 3의 오른쪽 지도는 계약물건이 점 자료로 풍속별 vulnerability 값의 격자망 위에 중첩시킨 예이다.

3) 태풍 풍속에 대한 모델의 검증과정

계산된 풍속과 태풍의 모델에 따른 검증과정은 좌표를 확보한 29개소의 태풍발생시 최대 풍속자료를 이용하여, roughness를 0.8 과 1 두 가지로 계산하였으며, 결과에서 시간당 풍속이 60km 이하의 값도 결과에 포함하였다(old case). 1차 작업결과이후 가장 큰 분산값을 갖는 기상관측소 3곳 울릉도, 울산의 태풍 발생시 풍속을 제외하고 재 모의한 결과(new case)가 그림 3 부터 그림 10 까지 정리되어 있다. X축의 값은 그리

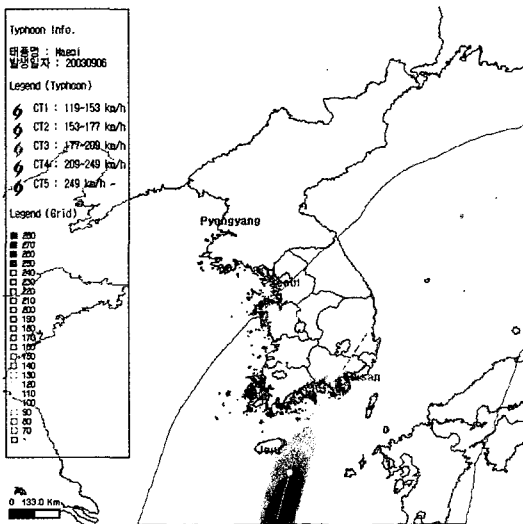


그림 5. 태풍 매미의 이동경로와 중심속도 및 계산된 1km x 1km 격자의 풍속값

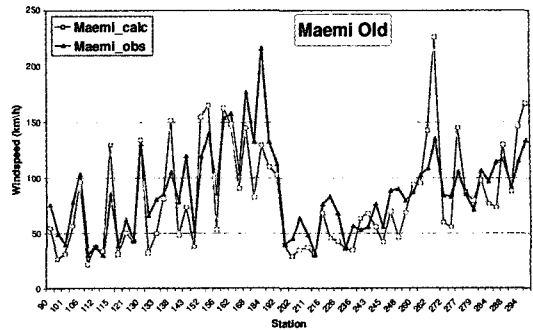


그림 6. 태풍 매미(2003)의 모델 적용 계산 값과 관측치의 비교(모든 기상관측소의 자료를 고려한 결과, roughness1과 0.8을 고려한 경우 아래 station 번호는 기상관측소 번호, 그림 5 이하 동일)

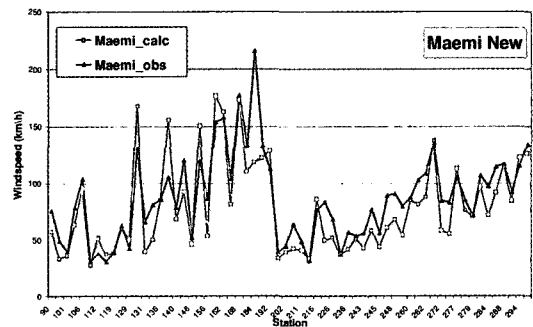


그림 7. 태풍 매미(2003)의 모델 적용 계산 값과 관측치의 비교(두 지점의 풍속자료를 제외한 형태의 모의자료, roughness 1과 0.8은 동일하게 고려 고려한 경우)

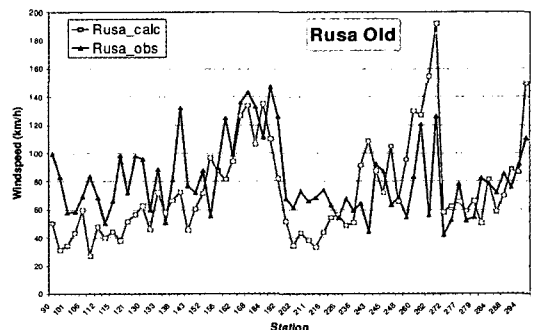


그림 8. 태풍 루사(2002)의 모델 적용 계산 값과 관측치의 비교(모든 기상관측소의 자료를 고려한 결과, roughness 1과 0.8을 고려한 경우)

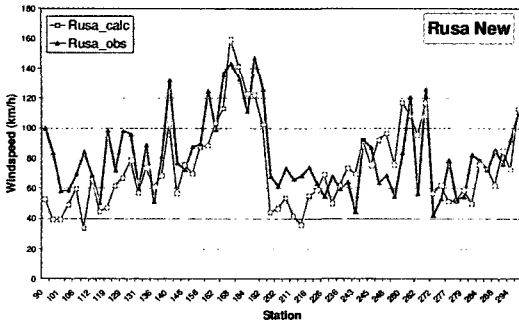


그림 9. 태풍 루사(2002)의 모델 적용 계산 값과 관측치의 비교(두 지점의 풍속자료를 제외한 형태의 모의자료, roughness 1과 0.8을 고려한 경우)

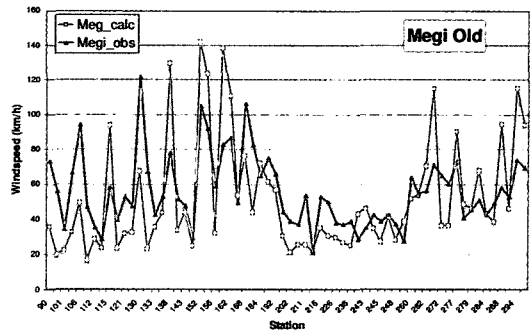


그림 12. 태풍 매기의 모델 적용 계산 값과 관측치의 비교(모든 기상관측소의 자료를 고려한 결과, roughness 1과 0.8을 고려한 경우)

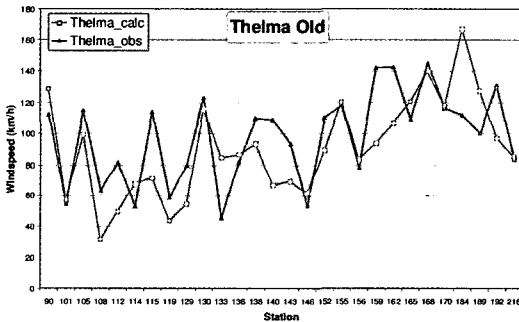


그림 10. 태풍 텔아(1987)의 모델 적용 계산 값과 관측치의 비교(모든 기상관측소의 자료를 고려한 결과, roughness 1과 0.8은 동일하게 고려 고려한 경우)

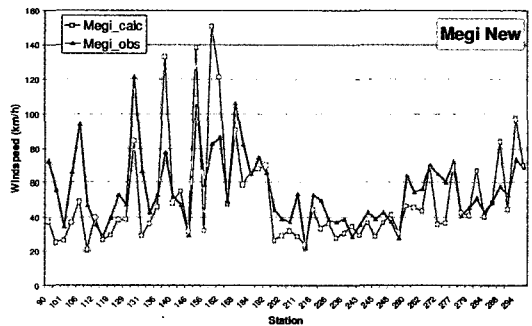


그림 13. 태풍 매기의 모델 적용 계산 값과 관측치의 비교(두 지점의 풍속자료를 제외한 형태의 모의자료, roughness 1과 0.8을 고려한 경우 1995년 이전의 관측자료라 station 개수가 적음)

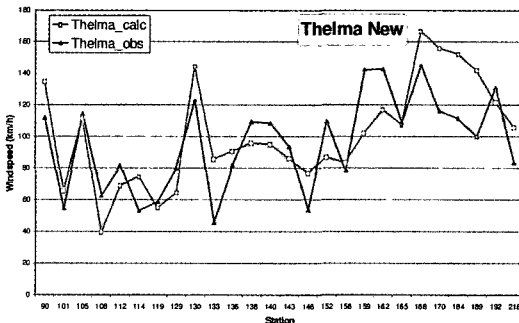


그림 11. 태풍 텔아(1987)의 모델 적용 계산 값과 관측치의 비교(두 지점의 풍속자료를 제외한 형태의 모의자료, roughness 1과 0.8을 고려한 경우 1995년 이전의 관측자료라 station 개수가 적음)

드에 대응된 기상관측소의 고유번호이다.¹¹⁾

태풍 매미의 경우에는 울릉도와 울산의 풍속자료를 넣고 내삽 하여 계산한 결과는 두 가지로 계산되었다. 첫째로 모든 관측소의 자료를 고려하여 내삽한 결과는 그림 6 에 나타나 있다. 일부 관측소에는 과대평가가 일부 관측소에는 과소평가 되고 있으나 전반적인 추세는 일치하고 있음을 알 수 있다(그림 6). 이 경우 모든 관측소 값을 내삽한 경우에는 R^2 값이 0.81로 나타났다. 두 번째로 번이가 가장 큰 관측소 두 개 즉 115번의 울릉도와 155번의 마산 관측소를 제외하고 내삽을 한 결과는 R^2 값은 0.87로 다소 높아진 것을 알 수 있다(그림 7).

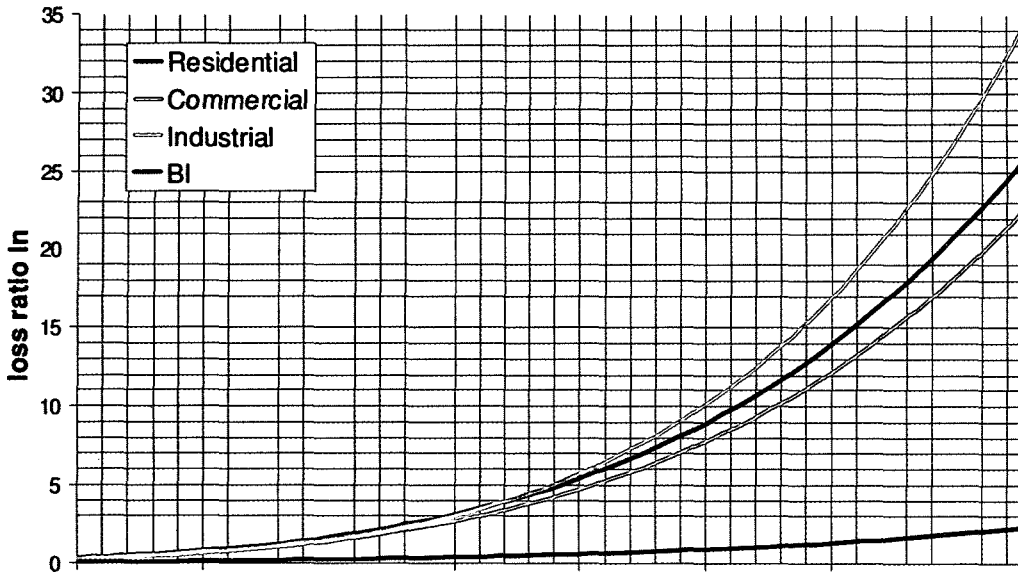


그림 14. 풍속별 vulnerability curve의 적용

주: 일반 거주지역, 상업지역, 공장지역, 이외의 지역(BI)으로 구분, BI는 line of business로 산악, 농업지역 등 인구밀도가 낮고 보험 고객수가 상대적으로 낮은 곳을 의미함.

같은 방식으로 태풍 루사의 경우 적용한 결과, 전자의 경우에는 0.49로 나타나 설명력이 매우 저조했으나(그림 8) 두 개의 관측소를 제외한 후자의 경우에는 0.71로 설명력이 급증하였다(그림 9). 태풍 메기의 경우는 0.66과 0.72, 텔마의 경우에는 각각 0.66과 0.74로 나타났다(그림 10, 11, 12, 13).

4) 중첩을 이용한 보유계약 물건의 조회

보유계약물건은 주소데이터를 기반으로 좌표를 부여하여 gee-coding 데이터베이스에 저장하였으므로, 주소별로 계약물건의 조회를 할 수 있는 것은 물론이며, 계약의 종류에 따른 분류에 의해 통계결과로 자료가 도시된다. 넓은 의미의 지역별 피해액수와 계약건수가 그리드별로 합산된 것이 지역으로 환산되어 표기되기도 한다. 도심지의 경우에는 3차원 모형에 의한 건물의 도시로 계약금액이 큰 경우에는 위치와 상황을 보다 면밀하게 파악할 수 있으며, 도시된 아이콘을 클릭하여 보유물건 정보에 대한 상세한 정보 확인이 가능하다.

시도, 시군구 등의 행정구역 선택으로 검색과 더불어

해당지역을 속성에 따라 1km×1km로 분할하여 정의가 되어서 격자에 색상 및 모양을 구분하여 표시하였다. 즉 같은 시군구 내에서 특별관리 대상지역의 위치와 상대적 중요도를 파악하도록 구성하였다. 지역별 혹은 전국단위로 보유계약의 분포와 해당지역의 재해 이력 데이터를 비교하면 지역별 취약성을 산정할 수 있게 되며, 이러한 취약성 정보는 총 예상피해액 산정의 근거자료가 된다.

5) 피해액 및 피해규모 모의의 결과

재해 종류별, 재해규모별, 발생기간별 검색을 통해 과거의 피해액을 정리하여 파악할 수 있으며, 검색결과를 선택하여 발생 피해액을 포함한 해당 재해에 대한 상세 내역을 검토할 수 있다. 단순한 조회뿐만 아니라 이동경로 표시버튼 클릭을 통하여 선택된 태풍의 이동 경로 표시할 수 있으며, 태풍이동 경로 내 피해지역과 준 피해지역을 표시하여 같은 규모의 태풍이 특정지역의 경로로 이동할 경우의 피해액을 현재의 보험 계약건에 근거하여 피해액을 모의할 수 있다.

본 연구의 결과 피해규모의 모의 결과는 실제 매미로 인한 총 보상액수를 비교한 결과 총 보상액수의 54%의 숫자에 도달하였으며, 루사의 경우에는 43%, 메기의 경우에는 65% 수준으로 계산이 되었다. 본 피해액수는 단순히 바람의 영향만을 고려한 직접적 피해를 의미하며, 홍수피해 및 범람 피해를 포함하고 있으므로 100%에 이르지 못하는 것은 당연한 결과이다. 일반적으로 태풍과 허리케인의 경우, 총 피해액의 50% 수준을 바람에 의한 피해라고 고려되고 있으므로¹²⁾ 본 추정은 일반적인 상황을 크게 벗어나고 있지 않다.

총 피해액의 50%만 수습 후 폐수해 모형을 보완된 이후에 다시 조정되어 숫자가 작아질 경우 민감도 분석에 의해 결과가 상이하게 조정될 소지가 있다.¹³⁾ 그림 14에서와 같이 공업지역의 피해가 다른 지역에 비해 풍속증가에 의한 피해액 증가율이 가파르고 상업

지역의 경우보다는 일반 주거지역의 피해가 큰 것으로 경험적으로 구성되고 있다. 아래의 식을 적용한 경우에 태풍 매미의 경우에는 주거지역의 피해 예측 값이 실제 보상액의 202%로 과대평가되고, 상업지역의 경우에는 15%로 과소평가되고, 산업지역의 경우에 60%로 평가되고 기타지역이 153% 수준으로 평가되었다. 태풍 루사의 경우에는 거주지역의 경우에는 피해 예측 값이 실제 배상액의 73%, 상업지역의 경우에는 25%, 공업지역의 경우에는 53%에 수준에 이르는 등 지역별 평가액의 변이는 50% 내외 수준에 평가되었다.

그림 15와 같이 피해액의 모의 결과와 실제 과거 태풍의 풍속과 피해물건의 도시를 통해 풍속계산의 모형과 일반화된 vulnerability curve를 여러 경우에 맞게 조정하여 최종적으로 다양한 시나리오로 경로별 피해액 가능성을 총량적으로 이해할 수 있게 된다. 계약 금

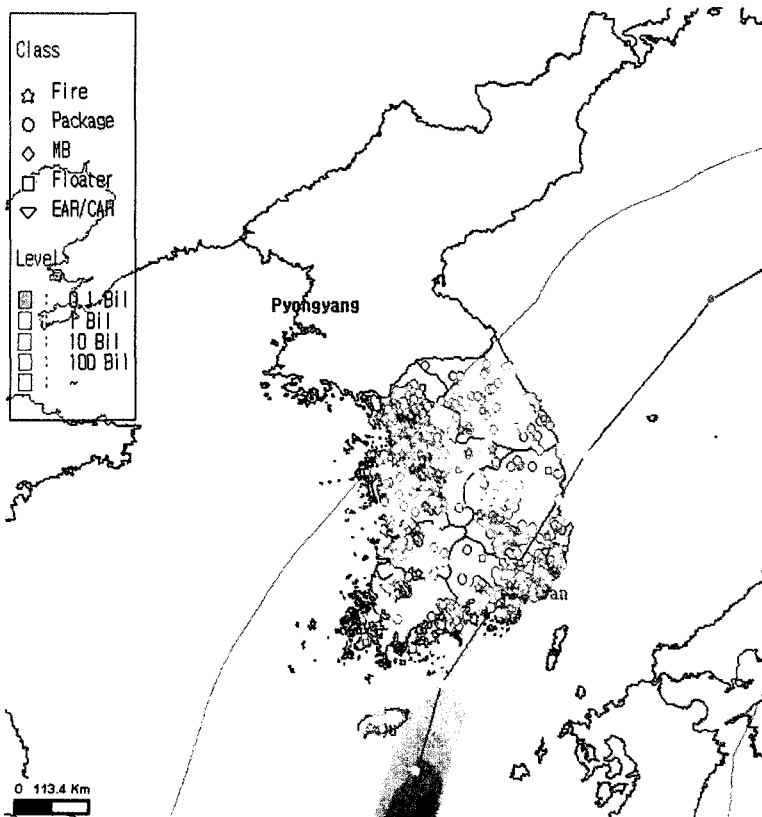


그림 15. 태풍 경로에 따른 풍속계산결과와 보험계약 종류 및 규모별 분포지도

액은 백 만원을 기준으로 10의 자리 수씩 증가분으로 5 등급으로 나누어 표현한 것이다. 전반적인 피해 보상액과의 비교를 통해 실제로 태풍경로의 변화에 따른 피해규모가 달라질 수 있는 최대, 최소의 폭을 구체적인 계약금액 숫자로 도출할 수 있다.

6) 시스템의 장점과 단점 및 활용방안

지리정보를 기반으로 한 본 연구와 시스템 구축의 첫번째 효과는 태풍에 대한 보고서자료를 질적으로 변화시키는 데 있다. 다음으로는 손해사정업무과정에서 풍수해 사고처리과정을 개선하고 결과를 피드백 하여 지식 자산으로서 데이터베이스화하여 차후 대응의 근거자료를 마련할 수 있으며, 예상피해지역별 담당자의 수와 경력 수준을 예상하여 인원 및 자원배분의 근거자료로 사용가능하다. 즉 태풍 매미를 모의한 결과에 의존하여 2005년 태풍 나비의 복상 시점에 여섯 가지 시나리오(수도권지역 통과, 부산권 통과, 부산권 및 동해지역 통과, 각각 상이한 최대풍속을 유지할 경우)를 적용하여 긴급 대응 인력배치 및 대응체계를 구성할 수 있었다.

또한 손해액에 대한 간이평가를 통하여 현금유동성을 확보하고, 태풍피해에 대한 허위청구 등의 가능성을 줄여갈 수 있는 부가적인 효과를 기대하기도 한다. S&P¹⁴⁾, AMBest¹⁵⁾ 등을 통한 대외적 평가시 선진모델 보유로 인한 가점을 얻을 수 있으며, 분석력 평가하는 과정에서 단순히 피해평가 지침서 또는 보고서만 가지고 있는 경우와 차별화 된다.

국내 최초 국제적으로 인정받은 선진모델구축을 통하여 본 시스템과 같은 모델과 지리정보와 보험사의 전문적 업종지식이 결합된 민간분야의 재해시스템 모형으로 평가될 수 있었다.

현재까지 개발된 시스템의 단점은, 바람에 의한 피해만을 추정하는 모형으로 피해액 전체와 비교할 때 홍수 및 범람의 비중을 평가하는 기준이 다소 모호하다는 점이다. 또 하나는 피해액 산정이 하나의 보험사에 국한되어, 국가차원의 피해 예측까지 유추할 수는 없다는 점이다.

7) 논의

재난정보시스템(disaster management system)은 현대의 도시 환경뿐만 아니라 국가 차원에서 변화하는 기후와 자연재해에 대응하기 위한 응용시스템으로 최근 들어 많은 연구가 이루어져왔으며 특히 업무보고용 시스템을 넘어 전문화된 분석에 중점을 둔 시스템 도입이 활발하게 진행되고 있다.¹⁶⁾

그렇다면, 다음과 같은 재해에 대한 지리학과 지리정보의 역할에 대한 논의를 해볼 필요가 있다.

- 지리학자의 역할은 무엇인가?
- 지리정보가 왜 재난에 관리시스템의 기본이 되는가?
- 무슨 재난이나 재해도 동일 자료가 필요한가?

(1) 지리학자의 역할에 대한 논의

본 과제에서도 풍속에 대한 모델은 기상학자들의 연구 결과에 의존한 부분이 있다. 그렇다면 순수한 모델을 만드는 자연과학도 및 엔지니어에게 지리정보를 제공하는 것만으로 지리학자의 역할이 다 완성이 되는가? 정확도 높은 모델을 만드는 것은 모델개발자의 목표이나 지리학자의 중심에는 순수과학 및 공학적인 이상적인 모델을 고려하는 것이 아닌 사회적 활용, 시스템으로 구현되기 위한 단순화 과정을 밟아 가는데 길잡이 역할을 할 수 있다. 즉 모델의 적용 이외 모델의 적용 결과에 대한 해석과 보다 넓은 범위로의 구체적 환경에서의 적용과정상에 발생하는 문제를 지적할 수 있다.

이와 같은 유사한 예는 지진의 경우에도 적용될 수 있다. 모델의 진도 6 이상의 지진이 발생하였을 때, 건축물 유형별로 파쇄율이 각각 얼마라는 모델이 있다고 하자. 이 상황에서 어느 건물이 그 상황에서 견디었는가를 묻는 것이 아니라 (순수 모델러의 입장) 다른 스케일에서 즉 행정가의 입장에서 또는 복구 기술자의 입장에서 상황을 정리하여 사회과학적으로 해석을 할 수 있게 된다. 즉 A라는 행정동에는 벽돌집이 몇 퍼센트 정도이고, 고층아파트는 내진설계가 되어 있으므로 어느 정도의 피해를 예측할 수 있으며 이는 B라는 행정동에 비해 상대적으로는 피해가 적을 수 있다는 수

치를 계산해내고 건축물 데이터베이스의 자료를 가공할 수 있는 방안을 제시하게 된다.

이는 각 분야의 전문가들의 정확도 향상을 위한 노력과 각각이 가지고 있는 가정과 가설을 전반적으로 이해하고 원하고자하는 답을, 전문가들의 노하우에 적합한 데이터베이스를 구성하여 설계하고 변형하거나 구현과정을 통해 변수를 조정할 수 있도록 모델의존도를 낮추어 주는 과정에 지리학자가 주도적으로 개입할 수 있다.

지리정보시스템은 재난이라는 공간적 사실을 쉽고 빠르게 파악하고 현상의 상호관계의 이해를 돕는 과정에서 필수적으로 구축되어야 하는 과정이다. 하지만 참여인력 각각이 전문적 모델개발자의 언어를 이해해야하므로 분야별 적용 사례에 대한 폭넓은 자료조사과 이해의 폭이 있어야한다. 지리학자는 자료가 어디에 어떠한 목적으로 구축된 자료가 있는지, 전국으로 되어있는지, 파일로 되어있는지, 데이터베이스로 설계되어 구축되어 있는지, know-where의 지식이 상대적으로 풍부하므로 다양한 자료를 가공할 수 있는 논리와 방법을 제시할 수 있다.

본 연구사례의 경우에는 토지피복도 자료의 대부분 형태를 일본실험식과 독일 실험식과 비교하여 매칭테이블을 만들어 제공하고 자료를 가공하여 모델의 입력 자료의 유의성을 높이는 과정에 해당된다. 이를 위해서는 자료에 대한 자료, 즉 메타데이터에 대한 폭넓은 지식과 관리시스템이 필요하다(이재명 외, 2005). 지식채굴(data mining)과정도 기존의 데이터를 유의미한 정보로 변환시키는 과정 역시 다양한 경험을 요구한다(류중희 외, 2004).

실제 재난이란 상황도 그러하고 대부분의 모델은 몇 가지 제한된 측정 자료와 다소 비현실적인 가정과 단순화된 논리에 근거하여 개발이 된다. 특히 모델의 단순성을 넘어 실제 다원화된 자료가 가용하게 주어질 때, 모델 자체가 정교화 될 수 있으므로 반드시 자료가 모델에 종속적인 것은 아니다. 특히 해외에서 개발된 국제적 모델은 한국적 자료에 맞게 국지화 될 수 있으며, 정책적 시나리오는 반드시 한국의 법, 제도적 상황에 맞게 모델의 추가적 입력 자료가 생성되어야 한다.

(2) 지리정보가 왜 재난관리시스템의 기본이 되는가?

재난관리를 위한 지리정보의 근간은 자연적 요소로 수치고도자료, 등고선 자료, 지질 및 토양정보에 대한 자료, 지하수 자료, 저수지와 댐과 변전소 및 발전소, 유류창고 등의 에너지가 집중되어 있는 지점의 위치정보와 각 규모와 특성에 대한 속성정보 등이 추가 된다. 에너지의 흐름에 해당되는 하천도와, 도로와 상하수도 관망도 역시 연결고리로서 중요한 정보가 될 수 있다.

이러한 과정에 하천에 대한 기본 지식은 모델의 단순성은 현실화하는데 도움을 주며, 여러 데이터를 통해 모델의 적용가능성을 제시해 줄 수 있다. 미국의 HAZUS 시스템과 일본의 DIS와 같은 재난재해예측시스템의 근간 역시 지리정보시스템이 차지하고 있으며 국가적 수준, 지방자치단체의 수준, 문제 지역 중심의 상세 수준으로 나누어 상이한 축척을 사용하고 있다.¹⁷⁾

지리정보는 자료 제공 외에 무슨 의미가 있는가? 모델 적용이전의 입력단계의 프로그램과정에 손쉽게 일반인이 접근할 수 있는 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)의 설계와 구현은 지리학자도 함께 수행하게 된다. 이 부분은 전문 모델의 변수를 바꿀 수 있는 환경의 설정, 적절한 자동변수 선정(default value) 등 프로젝트 설계과정에 해당되는 모델 적용이전의 조작자(pre-processor of the model)의 역할이다.

또한 모델의 결과물을 지리정보로 즉 지도화, 도표화, 그래픽표현 등으로 모델의 결과물로 표출하는 모델 이후 표출기능구현부분(post-processor of the model)도 지리정보시스템의 기능 중의 하나이자 지리학자의 주요한 수행하는 역할 중의 하나이다.

(3) 어떤 재난이나 재해에도 동일 자료가 필요한가?

본 과제에서는 지진을 사례로 하고 있고 민간 기업을 대상으로 하고 있으므로 공공성이 있는 자료구성과는 차이가 있게 된다. 즉 연구를 돕기 위한 부가적 시스템 인지 아니면 공무원들의 의사결정을 위한 시스템개발이나에 따라 상이한 자료가 적용되어야 한다. 개별 계약물건과 같이 매일 매일 변화할 수 있는 자료의 경우는 일반적인 공공 재해관련 프로젝트에서는 관심을 가질 필요도 없고 자료에 대한 접근성 자체가 불허된다.

반면에 국가차원 또는 방재행정의 입장에서는 태풍 발생 시 풍속피해라는 부분보다는 인명피해, 건물파손피해, 경제적 피해 등의 총괄적 자료의 추출이 더욱 중요해지므로 통계자료에 근거한 장기적인 자료 생산과 갱신이 가능한 자료를 선택하여야 할 것이다.

또한 자연재해라고 할 경우에도 모든 자연재해 관련 시스템에 공통적으로 사용할 자료와 재해별로 상이한 특성을 지니게 됨에 따라 다른 자료가 필요할 수 있다. 특히 격자의 크기 또한 차이가 있을 수 있다. 지진과 같이 전파속도가 빠른 자연재해의 경우에는 실시간 지진감지 시스템의 입력체계와 지질도 등의 기본 자료가 중요할 수 있고, 전국을 커다란 격자로 나누어 도 무방한 반면, 태풍과 같이 진전 속도를 위성자료 및 기상관측자료로 수 시간 동안 모의할 수 있는 경우에는 계산 모듈의 속도를 고려하기 보다는 지표면의 토지피복도와 같은 자료가 사용될 수 있다

- 재난 지리정보시스템의 기본지도로서의 공통자 (common base map)
- 현상표현을 위한 모델의 입력 자료로서 차별화된 자료(input of model for phenomena)
- 피해예측을 위한 모델의 입력 자료로서 차별화된 자료(input of model for damage estimation)
- 재난 재해 평가 결과의 효율적 표현을 위한 추가적 출력자료(output for estimated damage)
- 재난 대응 및 복구를 위한 대피소, 병원, 관공서 등의 공통자료(common base map for response)

와 같이 기관별로, 단계별로, 재해의 종류별로 상이한 자료가 필요한 반면 모든 곳에 공통적으로 사용되는 자료도 존재하게 된다.

3. 결론

자연재해의 위험을 평가하기 위한 ○○화재의 시스템 구축과정에서 고려한 것은 기후 및 기상자료, 기상측정지점의 좌표획득과 과거 태풍 풍속자료의 선형자료화, 토지피복자료의 변형 등 자연 지리적 요소와 계약물건 등의 인문적 요소이다. 측정지점과 계약물건은 점 형 자료와 행정구역 및 기본도에 해당되는 것은 플

리곤 자료로, 태풍 이동경로에 대한 자료는 라인자료로 구성이 되었으며, 모든 자료는 전국단위로 1km의 격자단위로 변환되어 통계작업 외에 모델적용에 사용되었다.

태풍 풍속모델은 정교한 모델은 아니지만 태풍의 좌·우의 풍속차이를 싸인 그래프로 처리한 원시모형을 적용하였으며, 태풍 풍속에 따른 피해가능도(vulnerability curve)는 독일의 재보험사의 아시아 태풍모형을 적용하였으며 그 정확도는 기상측정지점의 風速値와 비교하여 검증과정을 거쳤다. 결국, 고객이 원하는 적절한 재보험율의 산정, 과거 풍수해 및 계약 자료의 자산화, 자원배분의 근거자료 확보의 목표를 달성할 수 있었다.

향후 국가지리정보의 발전과정에서 구축에서 활용 중심으로, 데이터 중심에서 서비스 중심으로, 분석적 시스템의 확장을 피하고 있는 시점에 국가의 재난관리 시스템의 구축방향에 대한 논의가 활발한 가운데 있다(국토연구원, 2005; 천병식, 2005). 민간에서의 지리정보를 이용한 재해분석시스템의 사례가 발굴이 되고 소개가 되고, 심화 연구되어 민간분야와 공공분야의 역할 분담이 이루어질 것으로 예상된다. 지리학이 자리매김할 수 있는 기여의 구체적인 방향은 심도 있는 사례발굴과 개발프로젝트 수행을 통해 성취될 수 있을 것으로 사료된다.

註

- 1) 보험사들이 갑작스런 재난 재해에 대비하여 재보험사로부터 보험계약을 할 경우에 보험계약자들에게 지불한 과거의 내역과 규모, 재해 노출 정도, 계약조건 등의 자료에 근거하여 보험요율을 정하게 된다.
- 2) 기상청에 기록된 태풍관련 모든 자료를 대상으로 했으며 그 목록은 기상청 특이일 관련 정보에 수록되어있다. 시간별 태풍의 눈의 압력과 순간속도에 대한 값을 점 좌표로 하여 발생에서 소멸에 이르는 선형 자료를 생산하였다.
- 3) 계약자의 주소와 계약물건의 주소가 다른 경우 계약물건의 위치를 추적하는 방식으로 처리하였다.
- 4) 일본의 태풍모델에서 지표 거칠기 (roughness value)에 대한 연구는 Munich Re사의 내부보고서의 내용에 따라 적용하였다.

5) tagged image file format

6) 그리드 면적평균법은 1km 격자를 구성하는 세부 30 미터 격자의 기여도를 상대적으로 환산하여 가중치를 주는 방식으로 그리드 : 그리드에서는 그리드 숫자의 비례로 적용하며, 그리드 : 폴리곤의 면적평균법은 한 격자를 구성하는 폴리곤의 면적에 비례하여 폴리곤의 대표 값을 정하는 방법이다.

7) Active X는 마이크로소프트사에서 개발한 웹 개발용 소프트웨어 개발언어이다.

8) Samsung SDS의 웹자이아에스 솔루션, 서울, 한국, 2004.

9) Trinh Van Thu와 Krishnamurti의 태풍의 궤적예측을 위한 와류 초기화에 대한 개념설명을 참조하였다.

10) 윈헨 보험사의 경우에는 ESRI 툴을 커스터마이징한 형태로 구성이 되어 바로 적용할 수 없었으므로 AnyGuide에 맞도록 Java 프로그램으로 재구성하였으며 수식과 로직은 그대로 적용하였다.

11) 그림4~9의 x축의 번호는 아래와 같이 기상청의 기상관측 소고유번호에 해당된다.

12) (인천),90(속초),95(철원),101(춘천),105(강릉),106(동해),108(서울),114(원주),115(울릉도),119(수원),121(영월),129(서산),130(울진),131(청주),133(대전),136(안동),138(포항),140(군산),143(대구),146(전주),152(울산),155(마산),156(광주),159(부산),162(통영),165(목포),168(여수),170(완도),184(제주),189(서귀포),192(진주),201(강화),202(양평),203(이천),211(인제),212(홍천),216(태백),221(제천),226(보은),232(아산),236(부여),238(금산),243(부안),244(임실),245(정읍),247(남원),248(장수),256(순천),260(장흥),261(해남),262(고흥),265(성산포),272(영주),273(문경),277(영덕),278(의성),279(구미),281(영천),284(거창),285(합천),288(밀양),289(산청),294(거제),295(남해)

12) Munich Re, 2004, *Measurements of damages of Typhoons and Hurricanes*, Technical Report Series.

13) 보험계약인 이 피해실태조사를 할 때, 바람에 의한 직접 피해를 명기하거나 풍수해에 의한 피해를 기록하는 체계가 있지 않고서는 구체적인 숫자가 나올 수 있는 것은 아니며, 경험치에 의한 숫자로 재보험관련 재해 평가의 사례를 참조하여 일반화된 숫자를 사용하는 것이다.

14) S&P; Standard and Poors 신용평가기관,

15) AMbest: 1899년 설립된 에이엠베스트 사는 세계에서 가장 오래되고 권위 있는 보험 평가 및 정보 제공 업체이다. 카트리나 등의 재해시 보험액 지불 능력여부와 더불어, 재해 모델링에 대한 이해와 데이터베이스의 지속적 구축여부가 중요한 보험사의 생존을 좌우하는 요소라고 지적하고 있다 (Best News 2005,9,1 기사, Best comments on the impact

of Hurricane Katrina on the property/casualty industry)

16) 2005년 12월 지진대응시스템에 응용사업을 시작으로 하여 매년 자연재해에 대한 분석체계를 국가재난관리시스템의 응용모듈로 확대할 계획이다 (소방방재청, 정보시스템전략 보고서, 2005)

17) U.S. Geological Survey, California Geological Survey, Federal Emergency Management Agency, HAZUS numerical modeling, http://www.fema.gov/hazus/pdf/dl_hazus04.pdf

참고문헌

국토연구원, 2005, 제 10회 GIS 국제세미나, 유비쿼터스 환경하의 지리정보 토론회 자료.

류중희 · 송규봉 · 송상영 · 이재일 · 한광야, 2004, 비즈니스GIS, p17, 선도소프트. 소방방재청, 2005, 정보시스템전략보고서.

박삼옥, 2005, “한국의 지리학연구 60년 회고와 전망,” 대한지리학회 창립60주년 기념학술 심포지엄 자료집, 대한지리학회

엄정섭 · 신소은, 2001, “Web GIS를 이용한 수요자 중심의 하천수질 정보시스템 구현,” 한국GIS학회지, 10(1), 45-59.

유환희 · 강성봉 · 이성민 · 강택순, 2003, “건축물 안전관리를 위한 모바일 GIS의 적용,” 지형공간정보, 한국지형공간정보학회, 11(2), 3-11.

유홍식, 2003, 한국지구과학회, 추계발표대회 및 정기총회 발표집, 24-28.

이병설, 1997, “초하의 한발과 강수량의 경년변동,” 故李炳高教授遺稿論文集 129-144.

이재명 · 김계현 · 권오준, 2005, “XML기반의 그리드 데이터 메타데이터 통합검색시스템 개발에 관한 연구,” 한국공간정보시스템학회 논문집, 7(2), 39-45.

장동호, 2005, “고해상도 위성영상을 이용한 홍수 전·후의 하도내 퇴적환경변화탐지: 강릉 사천천 사례연구,” 한국지형학회지, 12(3), 49-58.

정문섭 · 김윤상 · 최윤복, 2002, “폐탄광GIS 구축에 관한 연구,” 한국GIS학회지, 10(1), 123-138.

차재형, 2001, 데이터마이닝과 생존분석을 이용한 보험료 및 보험료 추정에 관한 연구, 고려대학교 통계학과 박사논문.

장은미

- 최병길 · 정영동 · 김영근, 2000, "GIS를 이용한 가스관 안전 관리시스템 개발," 한국측량학회지, 18(1), 11-17.
- 천병식, 2005, "지반공학의 현황과 전망," 대한토목학회지, 53(10), 153-169.
- 野村綜合研究所, 1999, 地震註.
- Albert D.P., Wilbert, M.G., and Levergood, B., 2000, *Spatial Analysis, GIS and Remote Sensing Applications in the Health Science*, Sleeping Bear press, Chelsea.
- Cutter, S. Clark, L. and Holm, D., 1996, The role of geographic scale in monitoring environmental justice, *Risk Analysis*, 16(4), 517-526
- Seo, D., Kim, J., and Chang, E., 2005, Application of Nonpoint Source Pollutant Model, AVSWAT2000 to Estimate Pollutant Delivery to Yongdam Lake, Korea from Its Watershed, *Proceedings of Wastewater Reclamation and Reuse for Substantiality (Congress of WRRS)*.
- Kwan, Mei-Po, 2004, Beyond Difference; from Canonical Geography to Hybrid Geographies, *Annals of American Association Geographers*, 94, 756-764.
- Strahler, A. and Strahler, A., 1996, *Introducing Physical Geography*, John Wiley, New York.
- Sidle, R., *Environmental Changes and Geomorphic Hazards in Forest*, CABI Publishing.
- Thu, V Trinh and Krishnamurti, T.N., 1992, Vortex Initialization for typhoon track prediction, *Meteorology and Atmospheric Physics*, 47(2), 117-126.
- Zeiler, M., 1999, *Modeling Our World*, ESRI Press.
- 교신 : 장은미, 152-759, 서울시 구로구 구로 3동 188-5 키콕스 벤처센터 901호 쓰리지코어(이메일: emchang@3gcore.com, 전화: 02-6300-6780)
- Correspondence: Eunmi Chang, 3gcore 188-5 Guro 3-dong Guro-gu, Seoul, 152-759, Korea(e-mail: emchang@3gcore.com, phone: 02-6300-6780)

최초투고일 06. 2. 20

최종접수일 06. 3. 22