(韓國造景學會誌, Vol. 26, No. 4 pp. 70~81, 1999年 1月)

GIS의 補間(Interpolation)을 이용한 토지이용변동예측에 관한 연구

- 일본 箱根국립공원을 중심으로

서주환* · 이시영** · 김상범** · 윤재남**

*경희대학교 조경학과 · **경희대학교 대학원 조경학과

A Study on the Prediction Land Use Change by Using the Interpolation of GIS

- Focusing on the Scene of HAKONE National Park in Japan-

Suh, Joo-Hwan* · Lee, Si-Young** · Kim, Sang-Bum** · Yoon, Jae-Nam**

*Dept. of Landscape Architecture, Kyunghee University
**Dept. of Landscape Architecture Graduate School, Kyunghee University

ABSTRACT

The methods of landuse change detection have been used with the algorithm of GIS (Geographic Information System). It is used for the Environmental Planning. Ultimately, it is useful to establish environment management system in landscape architecture. As one of environmental elements, the landuse is repeatedly being changed by the interaction of natural and social environments. In addition, the landuse change shows a tendency to certain characteristic. However, the data of analysis environment system are too broad to access the practical use. Therefore, the possibility of using the method of GIS has been increasing.

This study is to make the prediction model by using the interpolation of GRASS[1] version 4.1.5 and to consider about a tendency for each element in landuse change of HAKONE national park. The results of study explain as below:

1. The natural forest and the meadow have a larger tendency of decrease.

1. GRASS(Geographical Resource Analysis Support System)는 UNIX 기반의 래스터 GIS로 미군공병대건설연구소(CERL : U. S. Army Construction Engineering Research Lab)에서 개발, 배포되어진다. 주로 C코드로 작성되었으며 NASA, USGS, NOAA 등의 기관과 미국, 독일 내의 대학교에서 폭넓게 사용되고 있다. 현재 Version 4.2.1까지 개발되어 있다.

2. The area of golf club and facility land has not been changed and the some other areas have been changed to the commercial forest.
3. However, because of the natural forest preservation plan since 1970, the destruction shows comprehensively a tendency of decrease.

Key Words : GIS, 토지이용(Landuse), 보간(Interpolation), GRASS, 예측(Prediction)

Ⅰ. 서론

우리가 살고 있는 도시, 농촌 혹은, 그 외 인간이 거주 및 생산을 위하여 활용하고 있는 지역의 토지의 이용을 파악하고 예측하는 것은 그 지역의 미래를 계획하고 결정하는데 매우 중요한 사항이라고 할 수 있다.

인류초기에는 이러한 토지이용이 현재보다 단순한 요인에 의해 결정되었고 주로 생존을 위한 사람들의 이동과 정착이 주된 요인이 되었었다. 그러나 사회가 발달하고 복잡해지면서 토지이용 변화의 요인은 더욱 다양하게 나타나게 되었으며 사람들은 체계적이고 효과적인 토지이용을 위하여 토지이용을 파악하고 예측하는 많은 연구방법들을 제시하여 왔다. 하지만 기존에 제시된 방법들(격자 등)의 결과들은 그 의미를 파악하기 모호하고 예측모델에서 서로 다른 토지요소가 같은 지역에 겹치게 될 경우 그 판단이 어려워지는 문제가 있다. 그리고, 다른 환경인자와 통합하기 어려웠다. 이러한 문제들은 연구과정상에서 가중치의 문제, 분절된 자료(재분류된 경사, 고도, 도로의 영향 등)를 사용함에 따라 오는 급간과 그 경계선의 수치문제, 자료간의 단위의 통합에 관한 문제 등에서 온다고 볼 수 있다.

하지만 근래에 들어 GIS의 등장과 발달에 힘입어 다양한 종류의 자료를 처리할 수 있게 되었음은 물론, 경계선이나 분절된 급간의 문제 등을 어느 정도 해결할 수 있는 방법을 마련할 수 있게 되었다. GIS의 여러 예측 방법들은 주로 수학적인 수치처리에 의존하고 있는데, 기존의 예측방법이 가지고 있던 제문제들을 수학적인 이론의 도입으로써 해결해 나아가고 있다. 또, 기존의 격자분석와 같은 예측방법들이 갖고 있는 단편적인 분석방법이 아니라, 광의적인 환경예측으로의 통합이라는 관점에서 토양의 침식, 생태적인 변화의 예측, 수문모델, 생태적 네트워크 등과 유사한 단위체계의 이용을 통하여 환경체계로 통합되는 자료를 구축하는 방향으로 나아가고 있다. 이러한 관점에서 자료를 연속되는 값으로 연산함으로써 기존의 자료가 가지는 분절되고 다양한 가중치의 기준과 단위를 수학적으로 해결할 수 있는 근거를 마련할 수 있다. 또, 다른 여타 환경 인자들과의 수학적인 분석이 가능하게 된다. 본 연구에서는 GIS의 보간법을 사용하여 환경인자로서의 토지이용을 분절되지 않은 연속값으로 나타내고, 더불어 발달의 방향성를 파악함으로써 시간에 따른 토지이용의 변화를 파악하고 예측하는 것을 그 목적으로 한다.

Ⅱ. 연구방법

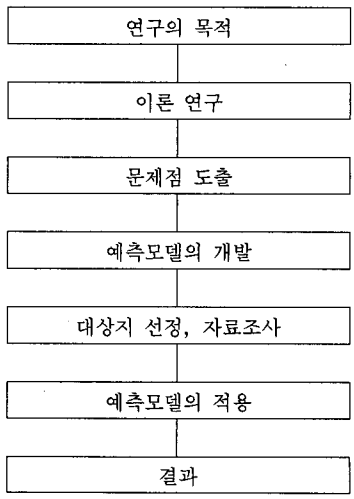

Fig 1. Study process

본 연구는 토지이용예측에 관한 기존 연구들의 조사를 통하여 문제점을 파악하고, GIS분석방법을 통하여 예측모델을 작성하였다. 그리고, 사례연구를 통하여 활용 가능한 토지이용예측기법을 제시하고자 하였다.

Ⅲ. 환경분야의 예측모델 이론연구

1. 예측의 제방법

현재 많이 쓰이고 있는 GIS의 예측모델 방법은 시간의 흐름에 의한 변화를 확률에 의하여 유추하는 방법, 격자를 이용하여 분석하는 방법, 가중거리를 이용하는 방법(Mitas *et al.*, 1996), 보간에 의한 방법(Kohn *et al.*, 1994) 등이 대표적이라고 할 수 있다.

확산 가능성의 모델은 주로 생태학 분야에서 도입이 된 경우가 많았지만 최근에는 도시 확산 등에 적용되고 있다. (Young *et al.*, 1993) 그리고, 확산 가능성의 추정에 있어서는 분절값(Reclassed data)의 자료를 배제하고 연속적인 값의 변화를 통계적인 방법에 의하여 접근하려는 노력이 이루어지고 있다. 이러한 통계는 확률 혹은 시계열 분석 등의 방법에 의한 것으로서 Markov-chain 등에 의한 토지 변동에 대한 변동률의 계산에 관한 방법 등이 나타나고 있다. (Muller and Middleton, 1994)

이러한 연구들 이외에 각 토지이용 또는 생태적인 patch의 모양비(shape)에 의한 발달을 예측하려는 노력도 이미 이루어지고 있으며, 이는 발달 방향성의 근거로 사용되고있다. 그리고 patch의 형태의 해석에 관한 분야의 연구도 활발히 이루어지고 있다. (Young *et al.*, 1993)

최근에 가장 유력한 예측 모델로 사용되고 있는 것은 가중 거리 모델에 의한 방법으로 지역의 제한요소와 장해 요소를 감안한 점과 점의 보간에 의한 방법이다. (Mitas *et al.*, 1996) 보간에 의한 방법은 자료의 연속적인 값을 보전하고, 이를 통계적으로 이용하기에 용이한 장점을 지니고 있는 방법으로 사료된다.

이상의 이론들은 현재 활발히 연구가 이루어지고 있는 대표적인 GIS를 이용한 예측 방법들이다. 그러나 이러한 방법들은 전반적인 발달의 퍼짐 정도(Young *et al.*, 1993), 혹은 모양에 의하여 발달이 어떻게 이루어졌고, 이루어질 것일까(Baker, 1994), 혹은 어느 지역이 제한 요소로 작용하고 있는가에 관한 방법들(Mitas *et al.*, 1996)로써 확산가능성에 관한 방법은 전반적인 경향에 있어서 발달의 강도 혹은 영역이 단순히 퍼져나감을 나타내는 경우가 대부분이고, patch의 형태에 의한 발달 및 형성에 관한 방법은 생태적인 문제 외에 도시 혹은 그 외의 토지이용의 부분에 있어서 그 모양비(shape) 자체가 의미를 가지는 지가 의문시 되고 있으며, 가중거리에 의한 방법은 퇴보하고 있는 지역에 민감하게 반응하기 힘든 문제를 지니고 있다.

2. 토지이용 예측방법의 정립

토지용도의 변동 예측에 있어서 가장 중요하다고 할 수 있는 부분중의 하나가 변수요인과 변량을 수량화 하는 데 있으며(Mitas *et al.*, 1996), 이는 토지용도 혹은 식생과 같은 계급적 요소, 연속값의 지형자료 등 여러 가지 다양한 단위와 기준을 가진 기초데이터를 수량화하는 것이 시뮬레이션에서는 가장 중요한 부분이라고 할 수 있을 것이다.

이를 위해 수치적으로 유리한 연속적인 값을 사용하게 되는데 이 과정에 있어서도 연속적인 값 그 자체가 해석 가능한 값이라고 보기는 어렵지만, 통계적인 접근이 용이하고, 내부적으로는 'cell'이라는 점적인 구성을 가진 격자를 사용함으로서 도면이 구성되기 때문에 분포나 혹은 우점도, 밀도, 빈도 등의 파악이 수월한 경우가 많다. (Turner and Gardner, 1991) 하지만 이 방법은 관련된 요소가 증가하면 증가할 수록 유입되는 여러 가지 자료의 형태, 단위를 정리할 때 수치적인 오류에 의하여 그 오류를 연구자가 검토하지 못하는 문제를 발생시킬 수 있는데, 격자분석과 같이 예상 외의 변화를 보이는 지역현상에 있어서 연구자의 판단을 손쉽게 적용시키기 힘든 경우도 발생하기도 한다는 단점을 지니고 있다.

위에서 설명된 내용에 의하여 예측 모델을 제시해 보면 다음과 같은 순서도로 나타낼 수 있다.

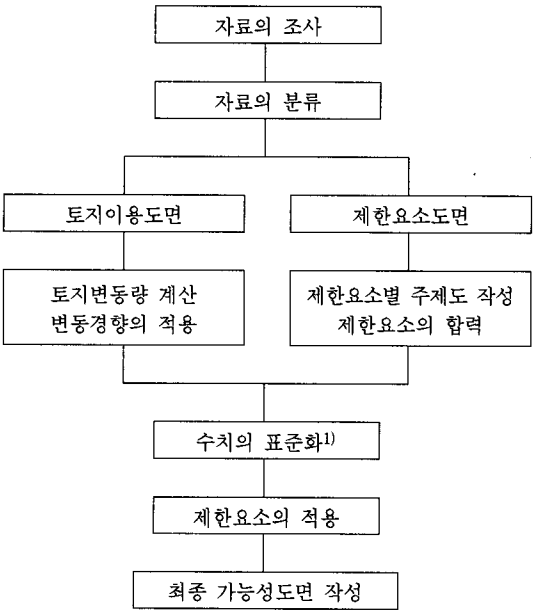

Fig 2. The flow of landuse prediction

각 토지요소의 각 분포지역에 대하여 발달의 방향성-토지는 주변의 다른 토지요소의 영향 속에서 발달, 퇴보 된다는 점에서 토지이용의 전이경향을 가중치로 부여하는 방법으로 기존의 변량에 의해서만 파악되었던 토지이용변동을 각 요소의 발달과 퇴보의 방향을 파악하려는 방법-을 파악하는 방법으로 토지이용 경향으로 얻어진 일차적인 발달가능성 모델을 3차원 표면화해 그 수치를 여타 배경적인 요소(지형, 경사, 도로, 관광시설 등)와의 관계성을 통하여 보간법(Interpolation)을 사용한 GIS의 한가지 예측모델의 방법을 구상하고 사례연구를 실시하였다.

Ⅳ. 토지이용예측방법의 적용

1. 대상지 선정

箱根는 일본의 新奈川縣에 위치한 국립공원으로 1936년에 후지산과 함께 富士·箱根국립공원으로 지정되었다. 국립공원임에도 불구하고 지역의 특소성에 의해서 다양한 토지이용의 변동을 겪고있는 지역이기도 하다. 箱根는 예전부터 온천 관광지로서 크게 각광을 받아왔고, 교통의 요지로서 사유지 비율이 70%에 이르고 있어 관광개발이 급속하게 이루어져 왔다. 그래서, 1970년에는 箱根국립공원계획의 재검토에 대한 논의가 나타나고 있다.(箱根の課題, 1970) 토지이용 자료는 1936년과 1970년 그리고, 1990년의 자료를 사용하게 되는데, 1936년은 箱根가 국립공원으로 지정되어 국립공원으로서 계획이 시작된 시기이고, 1970년대는 개발 지향적인 경향에서 보존을 전제로한 새로운 개념이 시작된 시기, 1990년은 현재의 자료로 사용하였다.

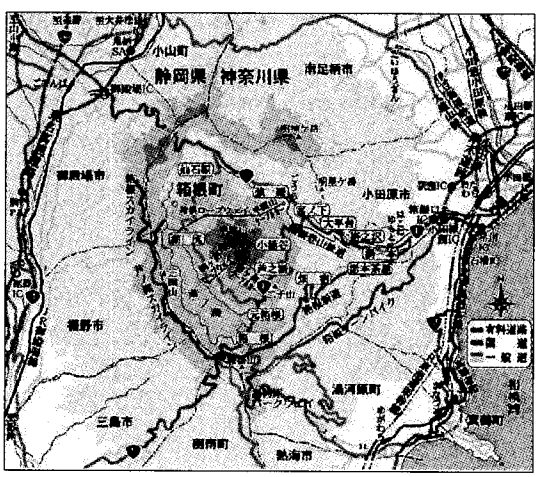

Fig 3. Hakone national park

1-1. 자료의 준비

1) 단위소거의 한 방법으로 비교하는 자료의 얻어진 조건이 다를 때 혹은, 비교하려는 대상의 단위가 다를 때 비교자료의 평균을 0, 분산을 1^2으로 만드는 것을 표준화라고 한다.

$$x_i \rightarrow \frac{x_i - \bar{x}}{S_x}$$

$\bar{x}$ = x 의 평균

S_x = x 의 표준편차

작업은 미군 공병대 건설연구소에서 배포하는 GRASS version 4.1.5를 LINUX환경에서 운용하였다. 도면의 입력은 Summagraphics사의 12인치 디지타이저를 사용하여 Autocad R12에서 입력하였다. 토지이용도면의 보정은 1980년도 Landsat TM 자료를 사용하여 보정하였다. 작업해상도는 1100×900으로 각 'Cell'의 해상도는 18m이다.

Table 1. Used map

도 면	발행처	축척	축출한 주제도
지형도	일본국토지리원	1/25000	고도, 경사, 도로
토지이용현황도	奈川縣	1/25000	토지현(1936, 1970, 1990)
관광시설분포도	奈川縣	1/25000	관광시설분포도
국립공원현황도	奈川縣	1/25000	용도지구
개발현황도	奈川縣	1/25000	관광시설분포도(2)
특수경관도	奈川縣	1/25000	가중치참조도면

2. 토지이용예측요소

토지이용은 자연림, 초지, 인공림, 골프장 및 농경지, 주거지 · 분양지 · 시설지구의 5개로 분류하였으며, 이 분류는 1970년의 神奈川縣의 箱根集團施設地區計劃調査報告書의 분류방법을 이용하였다.

토지이용에 관한 연구는 현재의 토지이용에 대하여 전체를 양으로 파악하거나, 혹은 격자의 포함영역에 의하여 발달을 예측하여 왔다. 본 연구에서는 발달과 퇴보의 영역이 한 지역의 토지이용에 있어서 동시에 나타난다는 것에 중점을 두고 그 확장과 축소의 면적을 계산하였다. 이 결과는 발달과 퇴보의 방향성을 부여하기 위해 사용하였으며 년도별 토지변동의 기울기로 적용해 어떠한 토지요소에서 다른 토지요소로의 변화 가능성 경향을 나타냈다. (Table 2)

3. 토지확산 가능성 모델의 작성

토지변동의 경향치를 각 토지요소에서 다른 토지요소로의 가중치로 사용하여 箱根지역의 도면에 적용해 일차적인 토지이용 확산 가능성 도면을 작성하였다. 이 도면은 1936년과 1970년, 1990년에 걸친 변화의 경향을 나타내는 도면으로 각 변화의 기울기를 변화의 가중치로 부여하였으며, 기울기는 3개 년

Table 2. Landuse change(1936~1990)

Type of landuse change	Quantity of landuse change	
NATURAL FOREST - NATURAL FOREST	1463.13 ha	70.66%
NATURAL FOREST - MEADOW	34.87 ha	1.68%
NATURAL FOREST - ARTIFICIAL FOREST	389.75 ha	18.82%
NATURAL FOREST - GOLF & AGRICULTURE	53.90 ha	2.60%
NATURAL FOREST - HABITATION	129.03 ha	6.23%
total	2070.68 ha	100.00%
MEADOW - NATURAL FOREST	174.05 ha	16.18%
MEADOW - MEADOW	375.10 ha	34.87%
MEADOW - ARTIFICIAL FOREST	223.16 ha	20.75%
MEADOW - GOLF & AGRICULTURE	145.61 ha	13.54%
MEADOW - HABITATION	157.68 ha	14.66%
total	1075.60 ha	100.00%
ARTIFICIAL FOREST - NATURAL FOREST	214.91 ha	16.49%
ARTIFICIAL FOREST - MEADOW	93.02 ha	7.14%
ARTIFICIAL FOREST - ARTIFICIAL FOREST	792.45 ha	60.81%
ARTIFICIAL FOREST - MEADOW	59.66 ha	4.58%
ARTIFICIAL FOREST - HABITATION	143.02 ha	10.98%
total	1303.06 ha	100.00%
GOLF & AGRICULTURE - NATURAL FOREST	12.13 ha	10.22%
GOLF & AGRICULTURE - MEADOW	0.11 ha	0.09%
GOLF & AGRICULTURE - ARTIFICIAL FOREST	11.01 ha	9.28%
GOLF & AGRICULTURE - GOLF & AGRICULTURE	40.09 ha	33.78%
GOLF & AGRICULTURE- HABITATION	55.33 ha	46.63%
total	118.67 ha	100.00%
HABITATION - NATURAL FOREST	5.52 ha	3.49%
HABITATION - MEADOW	0.38 ha	0.24%
HABITATION - ARTIFICIAL FOREST	0.24 ha	0.15%
HABITATION - GOLF & AGRICULTURE	1.74 ha	1.10%
HABITATION - HABITATION	150.46 ha	95.02%
total	158.34 ha	100.00%

도의 토지이용의 발달과 퇴보의 수치를 그래프 상에서 나타내고, 그래프 상에서의 기울기의 평균을 사용하게 된다.

$$i_n = \frac{y_n - y_{n-1}}{x_n - x_{n-1}}$$

$$\bar{i} = \frac{\sum \left[\frac{i_{n+1} + i_n}{2} \right]}{n-1}$$

x=시간
y=변량
i=경향치
n=1, 2, 3.... (data의 갯수)

이러한 가중치의 구분은 모두 20개이며, 20개로 구분된 지역에 좌표 Z값으로 부여된다. 한 토지이용을 둘러싸고 증가와 감소의 부분이 나타나게 되는데 변화가 없는 지역은 증가 부분의 높은 수치와 감소부분의 낮은 수치 사이의 값으로 보간되게 된다. 그 결

Table 3. Inclination to landuse change

	자연림-자연림	자연림-초지	자연림-인공림	자연림 -골프,농경지	자연림 -주거지,분양지
1936	2070.71 ha	2070.71 ha	2070.71 ha	2070.71 ha	2070.71 ha
1970		2035.85 ha	1682.42 ha	2015.85 ha	1947.99 ha
1990		2035.85 ha	1629.99 ha	2015.85 ha	1929.21 ha
토지변동의 기울기		-0.685974955	-8.508349732	-1.079534884	-2.725644007
	초지-자연림	초지-초지	초지-인공림	초지- 골프,농경지	초지- 주거지,분양지
1936	1075.47 ha	1075.47 ha	1075.47 ha	1075.47 ha	1075.47 ha
1970	889.28 ha		878.08 ha	902.57 ha	934.06 ha
1990	889.28 ha		870.98 ha	902.57 ha	929.77 ha
토지변동의 기울기	-3.663846154		-4.001726297	-3.402325581	-2.853653846
	인공림-자연림	인공림-초지	인공림-인공림	인공림 - 골프,농경지	인공림 - 주거지,분양지
1936	1303.12 ha	1303.12 ha	1303.12 ha	1303.12 ha	1303.12 ha
1970	1091.74 ha	1209.24 ha		1243.39 ha	1176.23 ha
1990	1044.00 ha	1209.24 ha		1243.39 ha	1141.87 ha
토지변동의 기울기	-4.94950805	-1.847370304		-1.175366726	-3.065509839
	골프,농경지 -자연림	골프,농경지 -초지	골프,농경지 -인공림	골프,농경지 -골프,농경지	골프,농경지- 주거지,분양지
1936	118.71 ha	118.71 ha	118.71 ha	118.71 ha	118.71 ha
1970	106.48 ha	118.60 ha	107.70 ha		63.48 ha
1990	105.97 ha	118.60 ha	104.10 ha		59.94 ha
토지변동의 기울기	-0.249101073	-0.00216458	-0.276225403		-1.14539356
	주거지,분양지 -자연림	주거지,분양지- 초지	주거지,분양지- 인공림	주거지,분양지- 골프,농경지	주거지,분양지- 주거지,분양지
1936	158.34 ha	158.34 ha	158.34 ha	158.34 ha	158.34 ha
1970	152.82 ha	157.96 ha	158.10 ha	156.60 ha	
1990	152.82 ha	157.96 ha	151.36 ha	156.60 ha	
토지변동의 기울기	-0.10862254	-0.007477639	-0.116252236	-0.034239714	

과 한 지역의 토지이용은 확산가능성이 낮은 수치를 가진 지역에서 높은 지역으로 이동, 확산하는 방향성을 나타내게 된다. 보간의 방법이나 알고리즘에 대해서는 일반적인 Spline에 의한 방법을 사용하였다. 보간된 각 토지이용의 1차 확산 가능성 모델은 다음과 같다.

3-1 자연림의 1차 확산 가능성 모델

도면의 수치는 경향치로 보간한 값을 통계적으로 표준화 한 값이다.

자연림의 발달 경향이 높은 지역은 神山과 明星ヶ岳지역과 淺間山과 湯本의 중간지역의 남쪽사면이 큰 것으로 나타났다.

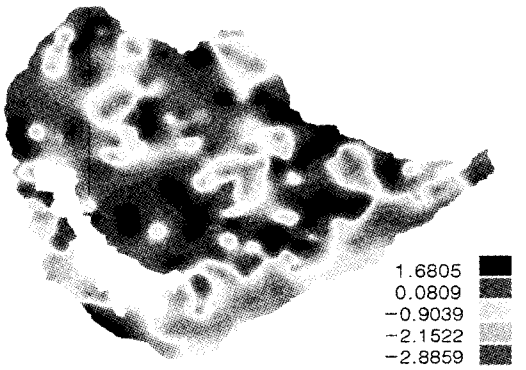

Fig 4. Primary probability model(natural forest)

3-2 초지의 1차 확산 가능성 모델

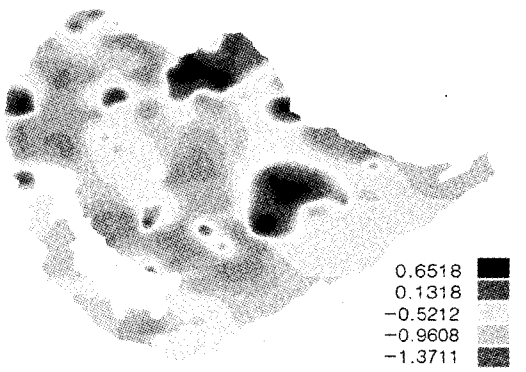

Fig 5. Primary probability model(meadow)

초지는 계속해서 감소의 일면만을 보이고 있음을 알 수 있다. 1936년에 그 양이 많았던 부분은 仙石原와 神山의 남쪽부분 등이었는데, 크게 감소한 지역은 仙石原과 二子山부근의 지역이다.

3-3 인공림의 1차 확산 가능성 모델

인공림은 전체적으로 증가한 요소나 그 증가의 속도가 감소하고 있다. 크게 증가한 부분은 古期外輪山의 남쪽사면, 仙石原의 서남부 지역이고 감소의 경향

이 높은 지역은 强羅지역과 湯本의 서부지역으로 나타났다.

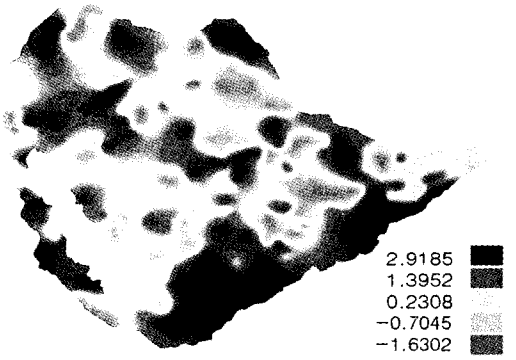

Fig 6. Primary probability model(Commercial forest)

3-4 골프장 및 농경지의 1차 확산 가능성 모델

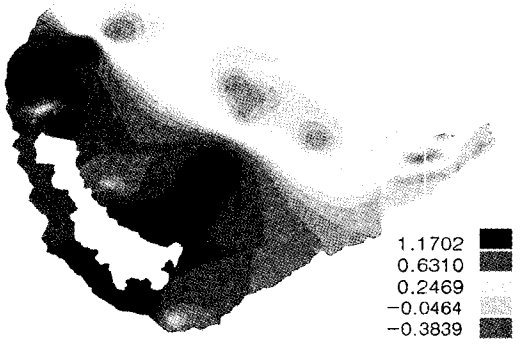

Fig 7. Primary probability model(agriculture and golf club)

골프장 및 농경지도 인공림과 같이 국립공원으로 지정된 후 활발한 개발이 있어왔지만, 증가의 가능성은 약해져가는 경향을 보이고 있다. 주로 증가의 경향을 보였던 것은 골프장이며, 仙石原의 서부지역과 元箱根을 중심으로 한 주변 지역이다. 하지만 증가의 경향을 보이는 지역도 그 값은 그리 높지 않았으며, 크게 감소의 경향을 보이는 지역은 古期外輪山 의 북, 동쪽 부분으로 나타났다.

3-5 주거지, 분양지, 시설지의 1차 확산 가능성 모델

이들 토지요소는 증가의 경향이 가장 큰 요소이며, 그 확산가능성도 가장 크다고 할 수 있다. 국립공원 지정 이후에도 계속 증가의 경향만을 보이고 있고, 감소의 추세는 거의 보이지 않는다. 특히 크게 증가한 부분은 두 개의 집단시설지구 부근과 仙石原지역 등이고 감소의 경향도 가지고 있는 지역은 그 수치는 작지만 强羅의 일부지역 등으로 나타나고 있다.

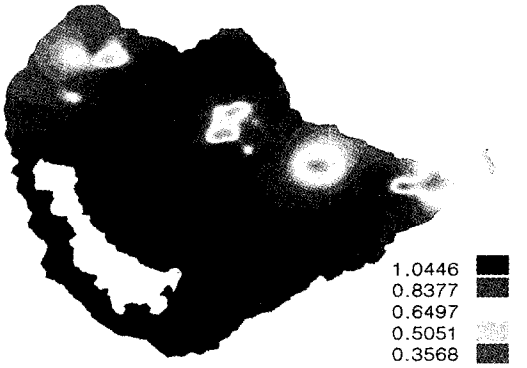

Fig 8. Primary probability model(facility land)

4. 제한요소의 작성

토지요소의 발달과 퇴보에 영향을 크게 미치는 자연, 사회환경요소로써 지형, 경사, 관광시설, 도로, 용도지구, 기후, 인구 등이 있으며 이상의 요소들 중에 결정적으로 예측의 성향을 조절할 수 있는 요소라고 보이는 5가지를 제한요소라 하였다.

한 토지이용에 있어서 어떤 지점의 제한요소가 되는 지점의 수치가 높다는 것은 그 부근의 토지이용 변동의 확산성이 높아도 최종의 확산가능성 모델에서의 값은 제한요소만큼의 수치만큼 떨어지게

된다. 이러한 제한요소가 되는 요소는 그 5개 각각의 도면이 Cluster분석에 의해 도면의 각 지점이 서로 상관성이 있는 순서에 의하여 하나의 도면으로 묶이게 되는데, 이 결과로 나온 도면의 수치는 실제 수치는 아니지만 기본 데이터를 정리함에 의해 서열 변수화 할 수 있다.

4-1 경사

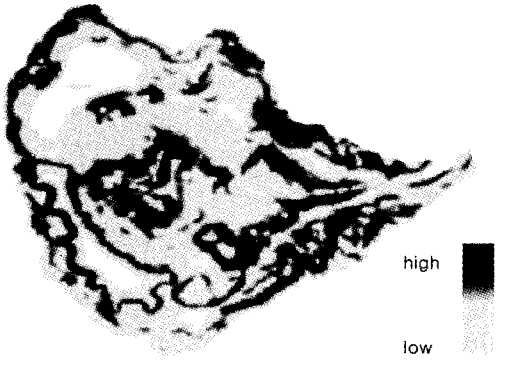

Fig 9. Slope

箱根는 경사와 고도의 상관계수가 -0.09로 고도에 따른 경사의 급함은 없는 것으로 나타나고 있다. 일반적으로 고도가 높아짐에 따라 경사가 급해지는 경우가 많은데 비하여 지형이 특이한 箱根의 경우에 있어서는 그 관계성이 낮다.

4-2 도로

도로의 평가치를 위한 가중치의 도입은 1970년의 神奈川縣의 箱根町集團施設地區計劃調査報告書를 이용하여 산정하였다. 그러나, 이러한 기준은 격자분석을 위한 가중치이기 때문에 도로가 있는 지역과 없는 지역이 얼마나 교차하는가에 의하여 산정된 도로의 분포에 관련된 값이라 할 수 있다. 따라서 각 도로에 같은 2점의 값을 기준으로 부여된 가중치를 통계적인 효율을 높이기 위해 주위의 값들과 함께 보간하였다.

보간된 3차원의 보간도면은 엄밀히 말하면 도로에 의하여 영향을 받는 지역의 Spline에 의한 예측이라고 할 수 있다.

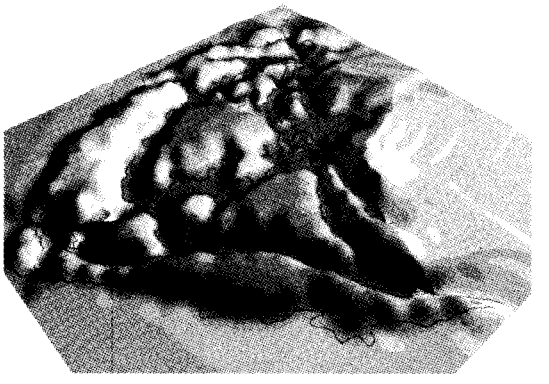

Fig 10. Influence to the road

4-3 관광시설 분포

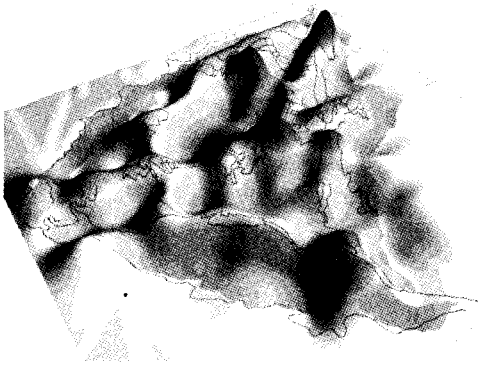

Fig 11. Influence to tourist facilities

관광시설도 도로와 같은 1970년의 神奈川縣의 箱根町集團施設地區計劃調査報告書의 기준을 사용하였다. 이것은 실제 시설의 지점에 가중치를 Z좌표 값으로 주어지고 보간되었다. 도로와 마찬가지로 3차원 도면은 관광시설이 미치는 가상의 영향권이라고 할 수 있다.

4-4 용도지구

1970년 神奈川縣의 箱根町集團施設地區計劃調査報告書의 용도지구에 관한 가중치에 대한 부분을 고려하여 용도지구 내에서 어느 정도 제한이 유효한가를 고려하여 적용하였다. 과거의 용도지구 내에서의 자연림의 파괴정도를 용도지구의 제재의 영향력을 증명하는

수치로 자연림의 파괴정도에 의해 산정, 각 용도지구별로 개발에 미치는 제재력의 비율로 적용하였다.

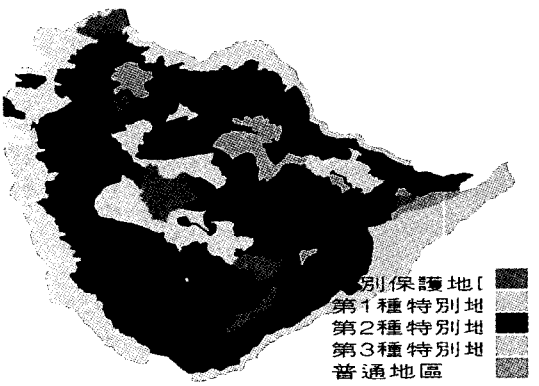

Fig 12. Classification of district

4-5 제한요소의 합력도면

Cluster분석을 사용하여 위 4개의 도면을 하나의 도면으로 합력을 구하였으며, 그 전에 입력된 도면들은 수치적으로 표준화 된 상태로 단위를 소거하였다.

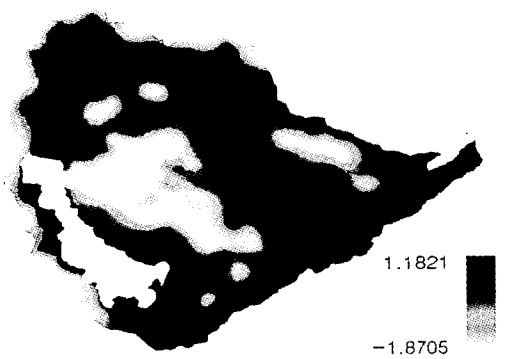

Fig 13. Sum of restraint element

5. 확산가능성 모델의 작성

Cluster분석의 결과로 높은 수치를 가진 仙石原, 强羅 지역은 개발이 상승작용을 위하여 연산될 수 있는 지역이고 神山, 外輪山 지역은 제한하는 작용을 하는 지역으로 밝혀졌다. 이 도면은 다시 이미 작성된 1차 가능성 도면과의 중첩에 의해 최종의 확산 가능성 모델의 제한 혹은 상승요소로 적용하였다.

이미 표준화된 각 도면의 범위는 자연림이 -2.8859에서 1.6805사이의 값을, 초지가 -1.3711에서 0.6518의 값을, 인공림이 -1.6302에서 2.9185을 값을 가지고, 골프장 및 농경지가 -0.3893에서 1.1702의 값을, 주거지, 분양지, 시설지는 0.3568에서 1.0446의 값을 가진다. 그리고 제한요소도면의 범위는 -1.8705에서 1.1821의 값을 가진다.

자연림 지역은 지역적으로 감소하는 경향을 보이고, 특히 초지는 큰 감소의 경향을 나타냈다. 골프장과 농경지의 면적의 변화는 거의 없으나 일부지역에서는 인공림으로 전환이 나타났다. 종합하여 보면 箱根국립공원은 자연성 파괴의 경향이 1970년 이후 감소하고는 있으나 시설지 등의 큰 확산 경향으로 지속적이고 적극적인 보전대책이 필요하다고 사료된다. 색상은 각 도면에서의 최대, 최소값을 기준으로 나타냈다.

5-1 자연림의 확산가능성 모델

자연림의 경우 확산의 가능성이 높은 지역은 神山부근과 二子山부근과 仙石原 서부의 外輪山지역이고, 퇴보의 경향이 높은 지역은 동남부의 外輪山

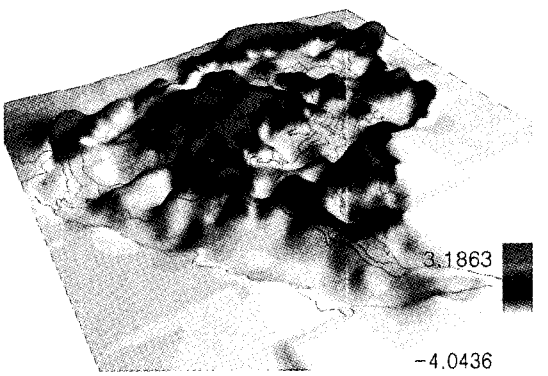

Fig 14. Find probability model(natural forest)

지역과 각 집단시설지구 부근이다. 확산의 수치가 높은 지역은 1970년대 이후 자연식생을 유도하는 계획에 의한 것으로, 실제로는 자연림이 아닌 인공림이지만 자연적인 군락이 유도되고 있기 때문에 자연림으로 분류하고 있다. 神山지역은 그 수치가 가장 높게 나타나고 있으며, 기존의 자연림 지역이다.

5-2 초지의 확산가능성 모델

초지는 확산의 가능성이 있는 지역도 많지 않지만 그 값에 있어서 낮은 수치를 나타낸다. 초지는 감소의 지역이 대부분이고, 회복의 지역은 거의 없는 것으로 나타났다. 결과적으로 보존의 가능성을 지닌 지역도 적다. 보존의 가능성을 가진 지역은 外輪山의 북쪽 일부와 湯本의 서부 일부지역으로 나타나고 있다. 초지는 토지요소 중에서 자연림과 주거, 분양, 시설지에 의하여 침범 될 것으로 예측되어진다.

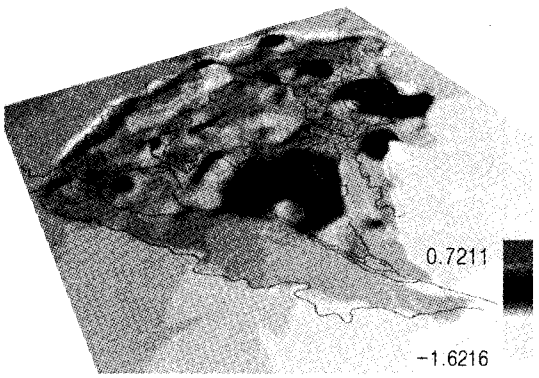

Fig 15. Find probability model(meadow)

5-3 인공림의 확산가능성 모델

인공림 지역은 아직까지는 확산의 경향이 많은 것으로 보여지며, 그 수치는 높게 나타나고 있다. 하지만 인공림이 아닌 지역에 있어서 확산의 가능성이 높은 각 지역의 규모가 적기 때문에 확산이 한정적이라고 할 수 있다. 특히 시설지 내에서 부분적으로 확산가능성의 수치가 높게 나타나고 있으며, 이는 시설지 내 부분적인 식재의 가능성 때문이라고 본다.

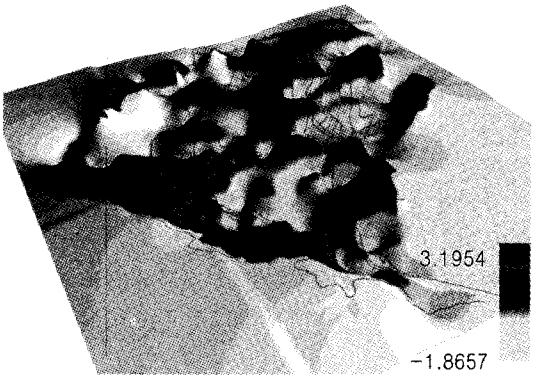

Fig 16. Find probability model(Commecial forest)

5-4 골프장 및 농경지의 확산가능성 모델

골프장 및 농경지는 계속 증가의 성향을 보이고 있으나, 1970년대에서 1990년대 사이에는 그 증가율이 크게 둔화된 상태이다. 따라서, Fig17과 같이 증가의 성향을 가지고 있는 일부지역은 그 수치가 높지만 그러한 지역이 일부에 집중되어 있다.

전체적으로 0.5의 낮은 값을 갖고, 특히 낮은 값을 보이는 지역은 골프장 보다는 농경지가 감소한 지역이며, 감소된 지역을 중심으로 넓은 지역에서 감소의 경향을 보여주고 있다. 그러나, 실제로 감소한 골프장은 없으며 1970년대 이후에도 골프장이 증가의 경향을 보이고 있을 뿐이다.

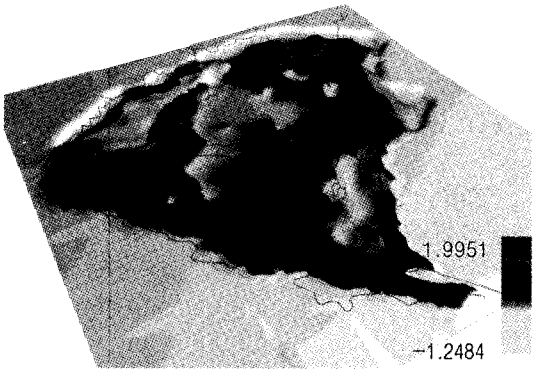

Fig 17. Final probability model(agriculture and golf club)

5-5 주거지, 분양지, 시설지의 확산 가능성 모델

이들 요소는 크게 증가한 토지요소로 확산의 수치

는 가장 높다. 감소의 성향을 보이는 지역은 용도지구에 의하여 개발이 묶인 지역들이 대부분이다. 용도지구를 제외하면 낮은 값이라 하더라도 확산의 성향이 상대적으로 낮을 뿐이고 수치는 높은 값을 나타내고 있다. 특히 元箱根지역과 仙石原 부근의 확산가능성 수치가 높고 넓게 퍼져 있으며, 가능성이 적은 지역은 神山와 湯本의 서북부 부근으로 -1정도의 수치를 가지고 있다. 特別保護地區을 제외한 어느 부분으로도 높은 수치로 발달할 가능성을 가지고 있는 것으로 나타났다.

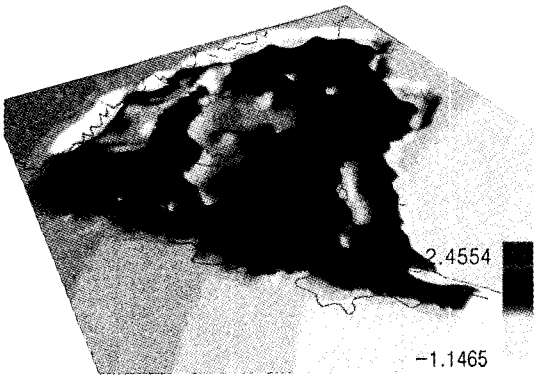

Fig 18. Final probability model(facility land)

Ⅳ. 적요

GIS의 보간에 의한 방법에 의하여 箱根국립공원의 토지예측모델을 작성하였으며, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 자연림은 증가와 감소의 차가 가장 크고 1970년 이후의 계획에 의해 자연식생으로서의 자연림이 증가의 경향을 가지고 있다. 特別保護地區 내의 자연림은 잘 보호되고 있으며 외륜산의 남쪽사면의 경우는 인공림의 침해가 많고, 예측의 결과는 급속한 감소를 나타냈다.

2. 초지의 경우도 부분적으로 일부가 보존의 경향을 보이고는 있지만 증가의 경향은 나타나지 않았다. 보호하지 않으면 가장 빨리 소멸할 것으로 나타났다.

3. 인공림은 넓은 지역에 걸쳐 증가를 예측할 수 있는 부분보다는 국소적으로 많은 장소에 그 경향을 나타내는 부분이 많다. 이는 주거지, 분양지, 시설지나 집단시설지구와 골프장 등의 내부에 식재되는 인공림의 영향으로 본다.

4. 골프장은 箱根의 서쪽 부분에 집중되고, 북동쪽은 개발의 경향이 드문 것으로 나타났다. 용도지구에 의해 그 경향치는 급격히 감소하며 집단시설지구 부근에서 그 값이 높다.

5. 주거지, 시설, 분양지는 제한구역의 일부를 제외하고는 증가의 일변도로 수치가 낮더라 하더라도 증가의 경향만 낮게 나타났다. 또한, 도로와 밀접한 관련을 가지고 있는 것으로 나타났다.

본 연구를 진행하면서 미흡했던 부분은 기초 도면의 질이 좋지 않았고, 제한요소의 선정에 있어서 기초 자료의 부족, 그리고, 가중치에 대한 좀 더 새로운 개념을 끌어내지 못했고, 컴퓨터의 한계에 의한 정밀한 해상도를 취하지 못했다는 점과 작업의 오차를 산정하지 못했다는 것이다.

하지만 기존의 분절값으로 왜곡되었던 기초자료를 연속값으로 처리함으로써 통계적, 수학적 접근을 더욱 가능하게 하고, 3차원 분석의 장점을 살려 공간적이고 환경계획에 접근할 수 있다는 것에 그 의의가 있다고 하겠다. 또한, 환경정보체계로의 통합이라는 측면에서 여타 환경정보와 통합, 분석될 수 있는 수치적인 결과를 도출했다는 데 의의가 있다.

인 용 문 헌

1. 箱根國立公園(1952) 富士箱根國立公園箱根計劃. Tokyo: 國立公園雜誌 31: 13-17.
2. 箱根國立公園(1970) 箱根の課題. Tokyo: 國立公園雜誌 248號.
3. 岩田俊二 , 岩間直人 (1987) 都市近郊の土地利用區分に關する基礎的研究. Tokyo:農村計劃學會誌 vol. 6.
4. 유근배(1995) 지리정보론. 서울: 상지사.
5. 赤土 攻(1970)國立公園箱根の推移(前). Tokyo: 國立公園雜誌 248: 23-27.

6. 池口 仁, 武內和彦(1993) 數値地理情報を用いた 日本列島の潛在自然植生の推定. 造園雜誌 56(5): 343-348.
7. Baker, W. L. (1994) The r.le Programs, A set of Grass programs for the quantitative analysis of landscape structure : University Wyoming.
8. Kohn, Gloeadow and Cox(1994) Forward a Fission Track Tectonic image of Australia. Model based interpolation in the snowy Mountains using GIS : //www.ned.dem.csiro.au/AGCRC/papers/snowy/12agc.co/x.html.
9. Langford, M., and J. Wood(1995) Grass Seeds (A Beginner's Tutorial) : Midlands Regional Research Laboratory(MRRL).
10. Mitas, L., H. Mitassova, and M. W. Brown, and M. Astley(1996) Interacting fields approach for evolving spatial phenomena. Application to erosion simulation for optimized land use, Integrating of Environmental modeling and GIS, Newyork: National center for Geographic Information and Analysis.
11. Muller, M. R. and J. Middleton(1994) A Markov model of land-use change dynamics in the Niagara Region, Canada. Landscape Ecology vol.9.
12. Turner, M. G. and R. H. Gardner (1991) Quantitative Methods in Landscape Ecology. NewYork : Spring Verlag.
13. Young, R. H., D. R. Green, and S. H. Cousins(1993) Landscape Ecology and GIS. London : Taylor & Francis.