

全球의 潛在的 森林面積을 推定하기 위한 植生圖 製作시스템 開發

車 璟 洙

全南大學校 農科大學 林學科

Development of Global Natural Vegetation Mapping System for Estimating Potential Forest Area

Cha, Gyung Soo

Department of Forestry, Chonnam National University

ABSTRACT

Global natural vegetation mapping (GNVM) system was developed for estimating potential forest area of the globe. With input of monthly mean temperature and monthly precipitation observed at weather stations, the system spherically interpolates them onto $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ grid points on a globe, converts them into vegetation types, and produces a potential vegetation map and a potential vegetation area. The spherical interpolation was based on negative exponential function fed from the constant radius stations with oval weighing method which is latitudinally elongated weighing in temperature and longitudinally elongated weighing in precipitation. The temperature values were corrected for altitude by applying a linear lapse-rate ($0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$) with reference to a built-in digital terrain map of the globe. The vegetation classification was based upon Köppen's scheme. The potential forest area is estimated for 6.96 Gha (46.24%) of the global land area (15.05 Gha).

Key words: GNVM system, Producing PNV map, Spherical interpolation, Vegetation classification

緒 論

오늘날 지구 규모의 삼림의 減少와 劣化는 環境과 資源의 兩面에서 증대한 관심사로 되고 있다. Barney(1981)에 의하면 全 世界에 분포된 閉鎖林의 消失은 年間 2,000만 ha 라고 하는 가공할 정도의 속도로 진행되고 있다. 이와같이 消失되는 세계의 삼림 가운데 최근 20년간에 가장 급속히 파괴된 삼림은 열대림이다. FAO(1981, 1982)의 조사에 의하면, 열대림은 1976~1980년 사이에 年間 1,100만 ha로 감소했다. 또한, FAO의 최근 보고(Mercado 1991)에서는 1981~1990

년의 10年間に 熱帶諸國의 삼림감소가 年間 1,700만 ha로 加速되고 있다고 警告를 하고 있다.

지구의 生態의 危機라고 불리워질 정도의 삼림감소의 影響과 歸結을 이해하기 위해서, 지구규모로 삼림의 減少와 劣化의 추정치 중요하다는 것은 의심할 여지가 없다. 이것들의 추정과 동등한 또는 그 이상으로 중요한 것으로서, 자연생태계에 대한 人類의 影響 및 干涉을 제외했을 때 존재해야 할 潛在的 森林面積이 있다. 潛在的 森林面積을 알지 못하고 삼림의 감소속도만을 우려하는 것은, 저축의 원금을 알지 못한채 지출만을 걱정하고 있는 것과 마찬가지로, 삼림감소의 중대성과 영향을 보다 정확히 예상하기 위해서는 全球의 潛在的인 森林面積의 파악이 필요하다.

潛在的 森林面積은 세계 각국의 森林統計나 衛星寫眞에서 얻어지는 現在의 森林面積을 가지고도 추정할 수 있다. 특히, 近代에 있어서 消失된 삼림을 추정하는 것은 많은 旅行記나 記錄 등에 의해서도 가능하다. 그러나, 이러한 방법들에 있어서 가장 큰 단점은 中世以前에 減少한 삼림 또는 未來에 존재할 삼림을 추정할 수 없다는 것이다. 따라서, 潛在的 森林面積을 추정하는 가장 합리적인 방법은 식생과 기후와의 밀접한 관계에 근거하여 기후로부터 삼림식생을 추정하는 것이다.

기후로부터 삼림식생을 추정하는 것은 植生圖 製作모델을 이용함으로써 가능하다 (Robinson *et al.* 1994). 植生圖 製作모델은 Static 모델과 Dynamic 모델 2가지로 나눌 수 있다. Static 모델은 기후와 식생이 平衡하다는 假定에 기초를 두고 있으며, 지구규모의 潛在植生을 추정하는데 사용된다 (Emanuel *et al.* 1985a, b, Gütter and Kutzbach 1990). Dynamic 모델은 보다 작은 규모의 지역에 있어서, 기후에 대한 식생의 일시적인 반응을 평가하기 위해 이용된다 (Shugart 1990). 따라서, 지구전체의 潛在的 森林面積을 추정하기 위해서는 Static 모델을 채용해야 할 것이다.

Static 모델에 의해 전구의 潛在的 森林面積을 추정하기 위해서는, 우선 전 세계에 분포된 측후소에서 관찰된 기상데이터를 地球面 전체의 格子點에 補間하지 않으면 안된다. 왜냐하면, 측후소는 인간이 활동하기에 편한 온·난대에 주로 편중되어 있어, 극한지역에 대한 기후정보를 알 수 없기 때문이다. Cramer와 Leeman (1993)은 地球面 전체의 格子點에 대한 기온과 강수량의 기상데이터를 平面補間法에 의해 추정했다. 그러나 平面補間을 지구라는 球面上에 적용하면, 緯도와 經도에 의한 2次元 平面上的 直線距離를 사용하기 때문에 實際의 距離와 平面上的 距離가 틀린 高緯度地方에서의 補間은 誤差가 클 것이며, 또한 실제로는 같은 장소에 있을 東西 兩端에서 補間値가 틀리게 추정됨으로 인하여 全球의 植生分布圖에서 不連續의 境界線이 발생할 수 있다. 한편, Emanuel 등(1985a, b)은 南緯 60°~ 北緯 80°의 地域에 대한 潛在植生을 추정하기 위해 기상데이터를 球面補間法에 의해 산출하였으나, 球面補間 하는데 있어서 측후소를 어떻게 선택할 것인가 하는 점과, 補間에 이용되는 측후소와 補間の 對象地點과의 地理的인 距離나 方位에 따른 그 측후소의 影響度를 어떻게 그리고 얼마나 줄 것인가 하는 점들의 구체적인 방법들이 제안되어 있지 않다. 결국, 地球上의 潛在森林植生을 추정할 수 있는 합리적이고 신뢰성이 높은 모델의 개발이 필요하다.

본 연구의 목적은 潛在森林面積을 추정할 수 있는 합리적이고 신뢰성이 높은 植生圖製作모델을 개발하는 것이다. 본 연구에서는 그 모델을 Global Natural Vegetation Mapping(GNVM) 시스템이라고 命名한다.

資 料

현재의 연구에서는 2종류의 데이터를 준비했다. 하나는 기상데이터이며, 다른 하나는 地形데이터이다. 기상데이터로서는 Light Climatic Dataset(LCD)라고 命名된 전세계에 대하여 1,060 個所의 측후소에서 얻어진 월평균기온과 월강수량의 期間 平均值를 이용하였다. LCD를 구축하기 위해서, Müller(1982)의 데이터에서 지명, 위도, 경도, 월평균기온, 월강수량, 년평균기온, 년강수량의 기재치를 추출하였고, 한편으로는 각각에 대한 년평균기온과 년강수량을 산출하였다. 이 기재된 년간치와 산출한 년간치를 비교하여 차이를 나타내는 관측점에 대하여, 理科年表(東京天文臺 1985)와의 중복지점은 理科年表의 기상데이터로 대체되었다. 중복되지 않은 지점에 대해서는 climate-diagram map을 작성하고, 월별 평균기온과 강수량의 분포를 검토하여, 이 월별 기상에 대한 분포형태의 완만성을 기준으로 독자적인 판단에 의해 수정하였다(車와 落合, 투고 중).

한편, 地形데이터는 120×90cm의 世界地形圖(ВОЕННО-МОРСКОЙФЛОТ 1980)를 참고로 구축되었는데, 이 地形圖는 緯度 45°에서의 縮尺이 1:25,000,000의 Mercator 圖法으로 그려져 있다. 地形데이터를 구축하기 위하여, 原圖에 대한 大陸 및 커다란 섬의 海岸線과 주요한 等高線을 디지털타이저로 채취했다. 등고선을 100m 간격으로 채취할 경우 데이터의 수가 너무 방대하고 그에 따른 시간적인 문제로 인해, 주요한 等高線으로서 0 m의 표고로 표시되어 있는 海岸線의

Table 1. Inland waters accounted for topographic dataset in GNVN system

Inland water	Area (km ²)	Sea level (m)
Caspian Sea	371,000	-28
Lake Superior	82,360	183
Lake Victoria	69,480	1,134
Aral Sea	66,460	53
Lake Huron	59,570	177
Lake Michigan	58,020	177
Lake Tanganyika	32,890	722
Great Bear Lake	31,790	156
Lake Bajkal	31,500	455
Lake Nyasa	30,040	472
Great Slave Lake	28,440	156
Lake Erie	25,670	174
Lake Winnipeg	24,520	217
Lake Ontario	19,680	75
Lake Balkhash	18,430	342
Ladoga Lake	18,390	5
Lake Athabasca	8,080	213
Vänern Lake	5,550	44

Tokyo Astronomical Observatory, 1985

에, 200, 500, 1,000, 1,500, 2,000, 4,000, 6,000 m가 대상이 되었으며, 또한 Table 1에 표시한 대표적인 호수가 포함되었다. 채취했을 때의 座標系는 赤道와 그리니치 子午線을 軸으로 하는 直交(x, y)座標로 되었으며, 채취된 點列 데이터 총수는 76,121組로 나타났다. 原圖는 Mercator도법으로 그려져있기 때문에 채취한 등고선의 좌표에는 물론 왜곡이 있으나, 이 왜곡은 채취한 직교좌표를 極座標(緯度, 經度)로 변환시킬 때 없어진다. 이 座標系를 野村(1983)의 변환식에 의해 극좌표로 바꾸었다. 이 위도, 경도를 좌표로 하는 等高線點列데이터를 GNVN시스템에 이용하기 위해, 위도, 경도를 각각 行과 列로하는 格子데이터인 數值地形圖(Digital Terrain Map, DTM)로 변환했다 (Fig. 1). 그 방법으로서, 각각의 格子點에서 그 격자점을 둘러싼 격자에 點列이 들어 있으면 가장 가까운 점열의 표고를 기억시켰으며, 그와 같은 점열이 없는 격자점에 대해서는 球面補間에 의해 추정했다.

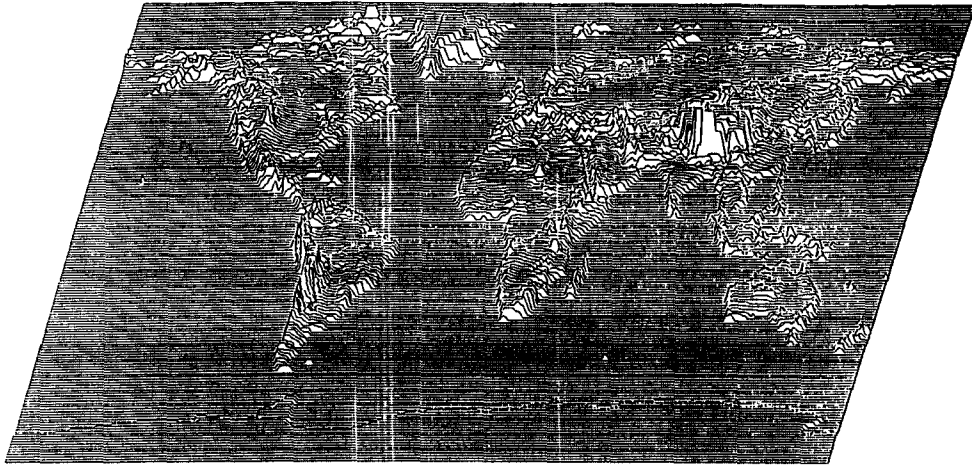


Fig. 1. Reproduction of the digital terrain map used in this study.

植生圖 製作의 基本概念

어떠한 식생구분법에 있어서도 地球上의 임의의 지점에 있어서 식생형을 결정하기 위해서는 그 지점에서 관측된 기상데이터를 필요로 한다. 그러므로 관측치가 존재하는 지점에 대한 식생구분은, 해당되는 구분법에 의해 정해지는 알고리즘에 따라 단순한 계산에 지나지 않는다. 그러나 측후소의 분포는 특정지역에 편중되어 있기 때문에, 이 限定된 관측치만을 가지고 작성한 植生圖는 불완전한 地圖에 불과하다. 완전한 植生圖를 製作하기 위해서는 地球上의 임의의 지점에 대한 기상요소의 推定値가 필요하며, 이것은 관측치의 球面補間이라고 하는 手段에 의해 구할 수가 있다.

限定된 측후소의 관측치를 가지고 전구의 植生圖를 작성하는 基本概念을 Fig. 2에 나타냈다. Fig. 2의 왼쪽에 종대로 나타난 지구는 각각의 기상요소를 의미하고, 각 地球上의 점들이 측후소를 가리키고 있다. 그 散在하고 있는 측후소에서 관측치를 가지고 지구전체를 網羅하는 格子의 格子點에 球面補間한다. 추정된 格子點마다의 기상요소에 해당되는 식생구분법에 의해 정해진 알고리즘에 따라 그 格子點에서의 植生型을 결정한다. 최종적으로는 한점 한점의 植生型을 統合하여 世界의 植生圖를 작성하며, 통합된 植生型別 面積을 산출한다.

植生圖 製作시스템의 開發

기상관측치로부터 植生圖를 작성하는데는 실제로 여러 手順이 있을 수 있으나, GNVM시스템은 크게 3가지 段階로 구분될 수 있다 (Fig. 3). 첫째 단계로서는 세계 각지에서 관찰된 기온과 강수량의 기상데이터를 지구 전체의 格子點에 대하여 球面補間하는 것이다. 기온의 補間에는 수치지형도를 가지고 高度補正을 실시하나, 강수량의 補間에는 地形과 風向, 風速 등의 요인과의 관계를 고려해야 하는 어려움이 있기 때문에 강수량만을 대상으로 하였다. 두번째 단계는 각 格

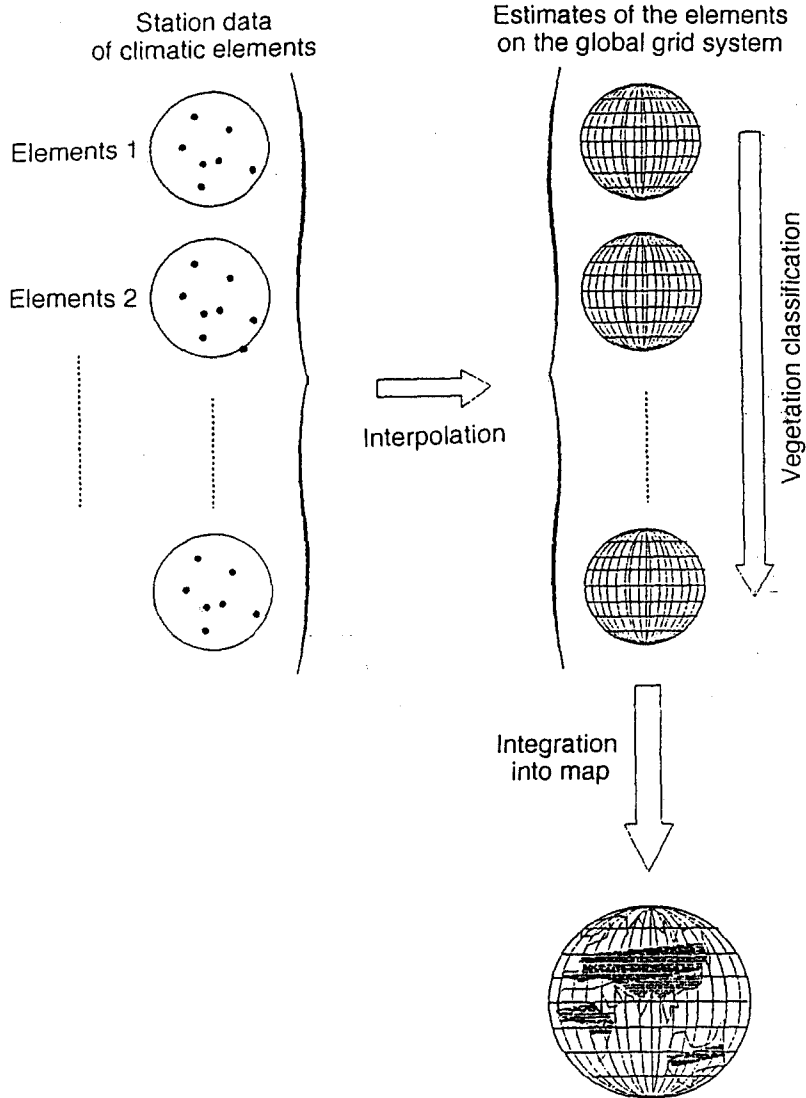


Fig. 2. Basic concept of vegetation mapping.

子点에 대한 기온과 강수량의 補間値를 가지고 정해진 식생구분법에 의해, 각 格子點에 있어서의 식생형을 결정하는 것이다. 그 식생형은 Köppen의 식생/기후구분에 근거되어 있다. 세번째는 각 格子點에 대한 식생형을 통합하여, 전구의 潛在植生圖를 산출하며, 植生帶別 面積을 계산하는 段階이다.

GNVM시스템의 프로그램은 포트란 言語로 작성되었으며, 日本 名古屋大學 컴퓨터센터의 FACOM M-780/20에 의해 수행되었다.

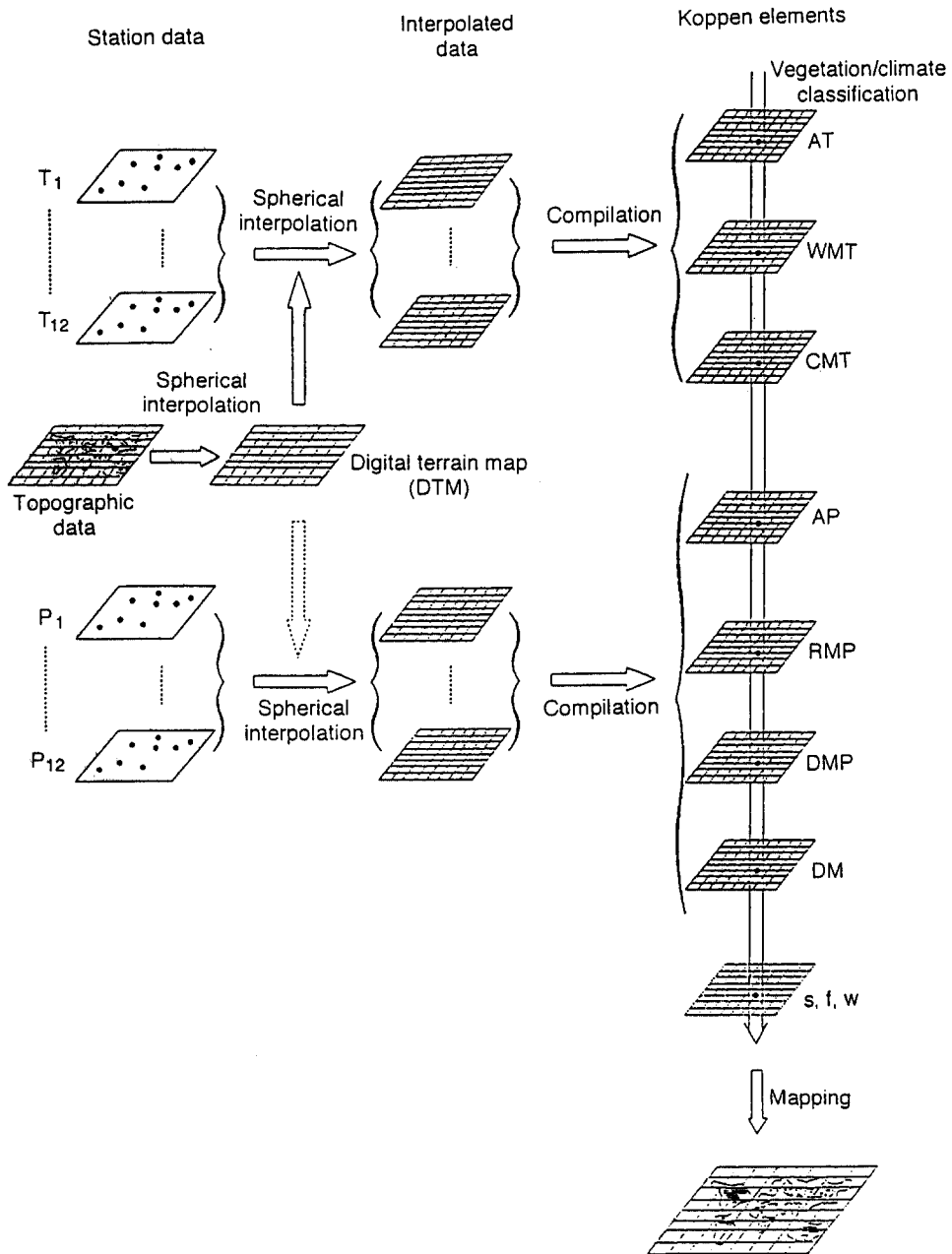


Fig. 3. GNVM system with topographic allowance.

球面補間

어느 未地點에 대한 推定值(補間值)는 그 주위에 존재하는 實測值로부터 추정될 수 있으며, 다음과 같은 일반적인 補間式에 의해 가능하다.

$$Y = \sum_{i=1}^n \left\{ \frac{A_i \cdot f(\theta_i)}{\sum_{i=1}^n f(\theta_i)} \right\} \tag{1}$$

단, Y: 補間에 의해 추정되는 格子點의 값

A_i: 補間에 이용되는 實測值

θ_i: 格子點과 측후소와의 거리, 즉 地球의 중심에서 본 2점간의 角度

f(θ_i): 格子點과 측후소의 거리에 관한 荷重式

n: 補間에 이용되는 측후소의 數 (觀測點)

(1)식에서 측후소와 未地點 間的 거리 θ_i는 球面上에서의 補間을 상징하고 있으며, 地球의 중심에서 보았을 때의 地球표면에 있는 2점간의 大圈距離이다.

地球表面上에 존재하는 2點간의 大圈距離는 측후소와 補間하려는 格子點의 球面座標, 즉 緯度와 經度가 주어지면 球面三角法에 의해 구할 수 있다. Fig. 4에서 BC, AC, AB의 중심각을 각각 θ, b, c로 하면, B(I₁, K₁)와 C(I₂, K₂)간의 大圈距離 θ는,

$$\theta = R \cdot \arccos (\sin I_1 \cdot \sin I_2 + \cos I_1 \cdot \cos I_2 \cdot \cos (K_1 - K_2)) \tag{2}$$

에 의해 표현된다 (萩原 1982). 이 θ는 球面補間에서는 (1)식의 θ_i에 해당하고, 측후소와 補間하려는 格子點간의 大圈距離이다.

기온과 강수량을 補間하기 위해서, (2)식에 의한 大圈距離의 산출은 다소 문제점을 안고 있다. 왜냐하면, 日射量은 緯度方向에서 강한 類似性을 나타내기 때문에, 기온의 補間에서는 等距離라도 經度方向보다 緯度方向에 있는 측후소의 影響度가 클 것이다. 한편, 강수량의 補間은 大氣의 大循環이 다소 經度方向을 향하고 있기 때문에, 緯度方向보다 經度方向에 있는 측후소의 影響度가 크게 될 것이다. 따라서, 車와 落合(투고중)은 (2)식에서의 經度差 K₁-K₂에 대하여 荷重係數 ω를 도입하는 것으로 方位에 따라서 荷重을 틀리게 주는 것으로 했으며, 다음과 같은 식으로 나타났다.

$$\theta = R \cdot \arccos \{ \sin I_1 \cdot \sin I_2 + \cos I_1 \cdot \cos I_2 \cdot \cos \omega (K_1 - K_2) \} \tag{3}$$

荷重係數 ω가 1미만일 때는 補間되는 格子點과 측후소와의 經度差는 실제보다도 작게 처리되며, 補間에 관계되는 요소가 經度依存性보다 緯度依存性이 크다는 것을 나타낸다. 반면에 ω가 1보다 클 때는 格子點과 측후소와의 거리는 실제보다 크게 간주되며, 補間에 관

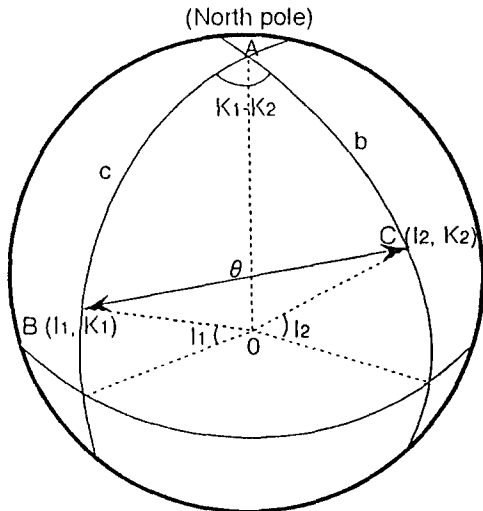


Fig. 4. Great circle distance.

Table 2. Methods and parameters used in interpolation

Used methods	Variables to be interpolated	
	Temperature	Precipitation
Negative exponential function	0.78	0.53
Fixed radius	30°	35°
Oval weight	0.4	1.2

에 이용되는 측후소의 수는 정반경 30°내에 들어 있는 총수이며, 식 (1)에서의 n 을 의미한다. 또한, 보간할 때 측후소의 거리에 관한 하중식은 -0.78 乘의 지수함수(식 (1)의 $f(\theta)$)로 산출하나, 기온에 있어서는 보간에 이용되는 관찰치가 등거리에 존재하더라도 남북방향의 관찰치에 대한 영향력을 적게 한다(식 (3)).

본 연구에서는 1,060 지점의 측후소에서 관찰된 기온과 강수량의 기상데이터를 가지고, 제안된 球面補間方法과 그에 따른 파라메타를 이용하였다. 보간은 전 세계의 육상을 대상으로 1° (緯度幅) \times 1° (經度幅)의 格子點에 대하여 실시됐다. 기온의 補間에서는 數值地形圖를 가지고 관찰치에 대하여 高度補正($0.65^\circ\text{C}/100\text{m}$)을 적용했다.

植生區分

세계의 식생을 구분하기 위한 방법은 Köppen(Lamb 1972), Holdridge(1947), Thornthwaite(1933), Walter(1985) 등에 의해 제안되어 왔으며, 이 방법들의 공통적인 특징은 기상관측치로부터 식생형을 결정하는 것이다. 이 구분법의 手順을 컴퓨터로 처리할 수 있는 알고리즘으로 대체할 수 있다면, 어떠한 식생구분법이라도 GNVM시스템에서 이용가능하다. Köppen의 식생/기후구분은 제일 먼저 작성되어 潛在自然植生에 보다 가깝고, 널리 이용되고 있기 때문에 GNVM시스템에 이 구분법을 채용했다.

Köppen구분은 세계의 기후를 크게 5가지의 기후대로 나누고, 각각을 A에서 E까지의 기호로 표시하고 있다 (Table 3). 이 기후대는 더욱 12개의 기후형으로 세분된다. 5가지의 기후대는 赤道에서 極方向으로 열대기후(A), 건조기후(B), 온대기후(C), 아한대기후(D), 한대기후(E)로 분포하고 있다.

식생의 관점에서 보면 건조기후에서는 강수량의 부족, 한대기후에서는 低溫으로 인해 수목의 생육이 不適合하지만, 나머지 3개의 기후대에서는 수목의 생육이 가능하다. 건조기후를 제외한 4개의 기후대의 분류기준은 단순하다. 열대, 온대, 아한대의 구분에는 最寒月平均氣溫(CMT, $^\circ\text{C}$)을 사용한다. 구체적으로는 열대와 아한대는 CMT가 각각 18°C 이상, -3°C 이하이고, 온대는 그 사이에 존재한다. 아한대와 한대의 구분에는 最暖月平均氣溫(WMT, $^\circ\text{C}$)을 사용하여, 그것이 10°C 이상이면 아한대, 以下면 한대로 된다.

건조대와 그 이외의 기후대와의 구분은 다소 복잡하다. 이 경계에도 森林限界의 概念이 이용될 수 있지만, 건조대에서의 수목의 생육여부는 강수량 뿐 아니라 기온에 의존하는 蒸發散量에도 좌우된다. 따라서 Köppen은 年間을 통한 降雨形態에 대해 (4)식과 같은 補正을 행했다. 이 식에서, 수목에 유효한 年降水量(AP, mm)이 年平均氣溫(AT, $^\circ\text{C}$)으로 표현되는 蒸發散量보다 적은 지역에서는 건조기후로 정의된다.

계되는 요소가 緯度依存性보다 經度依存性이 크다는 것을 의미한다. 또한, 車와 落合(투고중)은 1,060의 측후소를 수록하고 있는 Light Climate Dataset를 가지고 기온과 강수량에 대한 最適 補間方法과 파라메타를 개발하기 위해, 荷重式의 型, 補間에 이용되는 측후소의 選擇法이나 方位에 따른 荷重을 바꿔가며 비교검토하였으며, Table 2의 球面補間方法과 파라메타를 제안했다. 예를 들면, 기온의 보간

Table 3. Köppen's vegetation /climate classification. The climate factors of the scheme are listed in column 4. They are Annual mean temperature (AT), Warmest month temperature (WMT), Coldest month temperature (CMT), Annual precipitation (CMT), Annual precipitation (AP), Rainiest month precipitation (RMP), Driest month precipitation (DMP) expressed in °C and mm, and Driest month (DM)

		Climate		Vegetation type
Class	Type	Code	Definition	
A	Tropical Rain	Af	CMT > 18°C	Tropical rain forest
	Tropical Monsoon	Am	DMP ≥ 60mm	Tropical monsoon forest
	Savanna	Aw	DMP < 60mm AP ≥ 2,500-25DMP AP < 2,500-25DMP	Savanna
B			these climates occur where AP is less than the amounts given by the following formulas:	
			AP = 20AT in summer dry (s) regions where are	
			DM = summer and RMP /DMP ≥ 3	
			AP = 20(AT+14) in winter dry (w) regions where are	
			DM = winter and RMP /DMP ≥ 10	
C	Desert	BW	AP = 20(AT+7) in the other (f) regions	Desert
	Steppe	BS	AP exceeds one half the amount given by the formulas	Steppe
			AP is less than one half the amount given by the formulas	
			CMT > -3°C	
			in s regions	
D	Temperate Summer Dry	Cs	in f regions	Mediterranean vegetation
	Temperate Moist	Cf	in w regions	Broad-leaved forest
	Temperate Winter Dry	Cw	in w regions	Dry or mixed forest
E	Boreal Moist	Df	WMT > 10°C	
	Boreal Winter Dry	Dw	in f regions in w regions	Coniferous forest Coniferous forest
E	Tundra	ET	WMT ≤ 10°C	Tundra
	Ice	EF	WMT ≥ 0°C WMT < 0°C	Ice

$AP = 20 \text{ AT}$ 여름이 乾燥(s)하며 $RMP / DMP \geq 3$ 地域,
 $AP = 20 (AT + 14)$ 겨울이 乾燥(w)하며 $RMP / DMP \geq 10$ 地域, (4)
 $AP = 20 (AT + 7)$ 그 이외의 地域(f).

단, RMP는 最濕月降水量이며, DMP는 最乾月降水量을 의미한다. 본 연구에서는 北半球에서의 여름을 4~9월, 겨울을 10~3월로 하였으며, 南半球에서는 이와 반대로 하였다.

한편, 기후형은 기온과 강수량의 절대량, 강수량의 계절변화, 자연식생에 대한 영향 등으로 기후대를 세분한 것이다 (Table 3). 열대기후지역에서는 식물의 성장에 대한 온도조건은 충분하나, 강수량조건은 그 지역에 따라서 다르기 때문에, 열대기후의 기후형구분은 年降水量과 最乾月降水量과의 관계로 정의된다. 온대와 아한대에서는 기온과 강수량 모두가 식물의 성장에 영향을 미치므로, 기온과 강수량의 계절적인 형태를 가지고 구분한다. 아한대동계건조기후(Ds)는 사실상 거의 분포하지 않기 때문에, 아한대습윤기후(Df)에 포함된다. 한대기후에서는 低溫에 의해 증발이 적으므로, 식물의 성장에 대한 제한요인은 기온이다. 따라서, 最暖月の 0℃의 等溫線을 빙설기후(EF)와 툰드라(ET)의 경계선으로 한다. 사막기후와 스텝기후와의 구분은, (4)식의 年降水量(AP)이 年平均氣溫(AT, ℃)으로 표현되는 蒸發散量의 半보다 크냐, 작냐로 이루어진다.

전술한 Köppen의 구분법에 의거하여 각각의 格子點에 대한 식생형을 결정하기 위해, 먼저 각 格子點에 대한 식생구분요소를 구했다. 그리고 그 식생구분요소를 구분수순에 따라 알고리즘을 작성하여, GNVM시스템에서 이용가능하도록 했다. 식생구분요소로서는 AP, RMP, DMP, AT, WMT, CMT, DM, s, f, w 등이 있으며, 약호는 Table 3과 위에서 설명되어 있다.

植生圖 製作 및 植生面積의 算出

植生圖 製作 및 植生面積의 산출작업은 GNVM시스템의 최종단계이며, 가장 간단하다. 본 시스템에서의 면적은 2가지 방법으로 산출이 가능하다. 하나는 지구전체에 대하여 식생형별로, 다

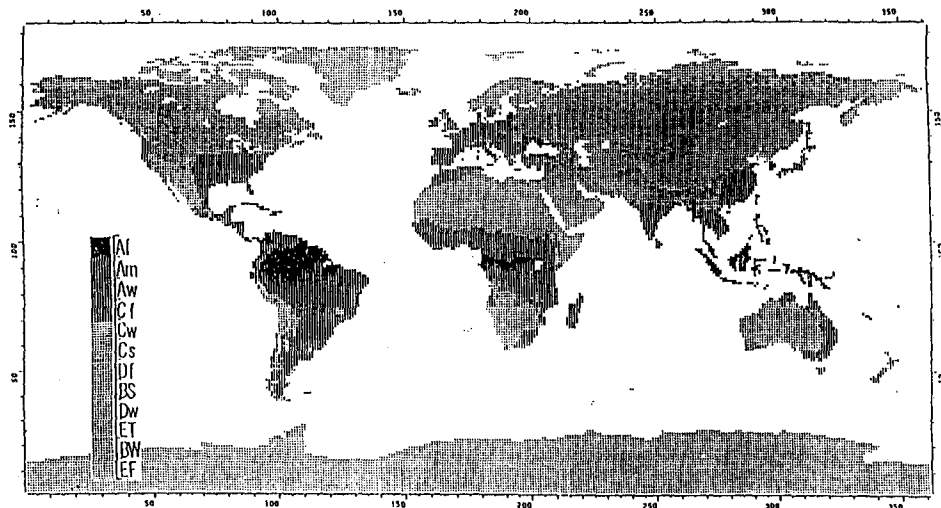


Fig. 5. Potential vegetation distribution estimated by GNVM system.

Table 4. Global and regional vegetation area estimated by GNM system based on Köppen's vegetation / climate classification (10⁸ ha)

Vegetation / climate type	North America	South America	Africa	Europe	Asia	Oceania	Antarctica	Total
Tropical rain forest (Af)		4.160	1.149		2.071	0.934		8.314
Tropical monsoon forest (Am)	0.107	2.062	1.338		0.909	0.060		4.476
Savanna (Aw)	1.261	5.032	9.167		2.248	0.644		18.352
Desert (Bw)	0.034	0.069	7.835		4.126	2.133		14.197
Steppe (Bs)	1.745	0.344	6.995	0.047	4.655	3.248		17.034
Mediterranean vegetation (Cs)	0.726	0.350	0.936	0.839	1.308	0.293		4.452
Broad-leaved forest (Cf)	3.509	4.516	0.972	3.465	2.465	1.521		16.448
Dry forest or Mixed forest (Cw)	0.279	0.469	1.583		2.854	0.267		5.452
Coniferous forest (Df)	10.799			5.941	13.174			29.914
Coniferous forest (Dw)					4.995			4.995
Tundra (Et)	4.857	0.886	0.016	0.269	5.156	0.009	0.156	11.349
Ice (Ef)	1.428	0.063		0.002	0.137		13.888	15.518
Total	24.745	17.951	29.991	10.563	44.098	9.109	14.044	150.501

른 하나는 7개 大陸 각각에 대해 식생형별로 면적을 산출한다. 또한, 總面積과 大陸別面積에 대한 식생형의 比率와 각각의 식생형에 대한 格子點의 數가 출력될 수 있도록 구축되어 있다.

각각의 格子點에 대한 Köppen의 식생구분에 따라 나타난 식생형을 식생형별로 농도를 다르게 주어 전구의 식생분포를 圖化하고 (Fig. 5), 식생대별 면적을 계산했다 (Table 4). 전구의 잠재 삼림면적은 전 육상면적(150.5억ha)의 46.24%에 달하는 69.6억ha로 추정된다. 이는 Whittaker와 Likens(1975)의 36.9%와 Bazilevich (Walter 1985)의 52.4%와는 차이가 있으나, 이들의 중간값을 보이고 있다. 한편, 지구전체의 육상면적을 理科年表(일본 國立天文臺 1994)에서는 148.9억ha로 산정하고 있다. GNVMS시스템에 의한 추정면적이 理科年表에 의하여 산정된 면적보다도 1% 정도 크게 나타났는데, 그 원인은 GNVMS시스템내에 구축된 數值地形圖에 더욱 세부적인 호수나 강이 入力되어 있지 않음으로 인하여 水域이 陸域으로 계산되었기 때문이라고 사료된다.

結 論

地球上의 潛在的 森林面積을 추정하기 위한 植生圖 製作(Global Natural Vegetation Mapping, GNVMS)시스템을 개발했다. 이 시스템은 크게 3가지 단계로 이루어져 있다. 첫번째 단계는, 세계각지의 月別 기온과 강수량의 관측치를 地球面 전체의 格子點에 대하여 球面補間한다. 각 격자점에 대한 보간치는 定半徑 內에 존재하는 측후소에서 관찰된 기온과 강수량을 기온의 緯度依存성과 강수량의 經度依存성을 반영시킨 負의 指數函數에 의해 산출된다. 또한, 기온에 대해서는 數值地形圖를 가지고 高度補正을 실시했다. 두번째 단계는, 전구의 각 格子點에 대한 補間値를 가지고 식생구분을 행하여, 각 격자점의 식생형을 결정한다. 그 식생구분은 Köppen의 구분법에 기초를 두었다. 세번째 단계는, 결정된 식생형을 통합하여 전구의 植生分布圖를 산출하고 植生帶別 面積을 계산하며 大陸別로도 가능하게 구축되어 있다. GNVMS시스템에 의해 추정된 전구의 잠재 삼림면적은 전 육상면적(150.5억ha)의 46.24%에 달하는 69.6억ha로 나타났다.

개발된 GNVMS 시스템은 아직 완전한 것은 아니나, 합리적인 球面補間法의 手段에 따라 그 결과는 신뢰성이 높다고 판단된다. GNVMS 시스템을 더욱 발전시키기 위해서는 數值地形圖의 補完과 氣象데이터의 擴充 및 강수량에 대한 地形의 영향 등이 고려되어야 할 것으로 사료된다.

要 約

지구상의 潛在的 森林面積을 추정하기 위한 植生圖 製作(Global Natural Vegetation Mapping, GNVMS)시스템을 개발했다. GNVMS시스템은, 세계 각지의 월별 기온과 강수량의 관측치에서, 球面補間法에 의해 地球面 전체의 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 의 格子點에 대하여 이것들을 추정하고, 그 추정치로부터 식생을 구분하며, 구분의 결과를 가지고 潛在的 植生圖의 출력 및 植生帶別 面積算출을 가능케한다. 기상관측치의 補間에는, 數值地形圖를 가지고 기온에 대하여 高度補正($0.65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$)을 실시하고, 定半徑안에 존재하는 측후소에서 관찰된 기온의 緯度依存성과 강수량의 經度依存성을 반영시킨 負의 指數函數가 적용되었다. 식생구분에는 Köppen의 구분기준이 사용되었다. GNVMS시스템에 의해 추정된 전구의 잠재 삼림면적은 전 육상면적(150.5억ha)의 46.24%에 달하는 69.6억ha로 나타났다.

引用文獻

- 野村正七. 1983. 地圖投影法. (財)日本地圖センター, 東京. 447p.
- 車環洙・落合 公也. 全球의 潛在植生分布를 推定하기 위한 最適球面補間法の 開發. 투고중.
- 國立天文臺. 1994. 理科年表. 丸善, 東京. 1042p.
- 東京天文臺. 1985. 理科年表. 丸善, 東京. 968p.
- 萩原 幸男. 1982. 測地學入門, 東京大學出版, 東京. 205p.
- Barney, G.O. 1981. The Global 2000 Report to the President of the U.S., Vol. 1. Pergamon, New York. 360p.
- ВОЕННО-МОРСКОЙ ФЛОТ.** 1980. The Distinct World Ocean. (in Russian)
- Cramer, W.P. and R. Leemans. 1993. Assessing impacts of climate change on vegetation using climate classification systems. *In* A.M. Solomon and H.H. Shugart (eds.), *Vegetation Dynamics and Global Change*. Chapman and Hall, New York. pp. 190-217.
- Emanuel, W.R., H.H. Shugart and M.P. Stevenson. 1985a. Climate change and the broad-scale distribution of terrestrial ecosystem complexes. *Climatic Change* 7:29-43.
- Emanuel, W.R., H.H. Shugart and M.P. Stevenson. 1985b. Response of comment: Climate change and the broad-scale distribution of terrestrial ecosystem complexes. *Climatic Change* 7:457-460.
- FAO. 1981. Forest Resources of Tropical Asia. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma. 475p.
- FAO. 1982. Tropical Forest Resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma. 106p.
- Gütter, P.J. and J.E. Kutzbach. 1990. A modified Köppen classification applied to model simulations of glacial and interglacial climates. *Climatic Change* 16:193-215.
- Holdridge, L.R. 1947. Determination of world plant formations from simple climatic data. *Science* 105:367-368.
- Lamb, H.H. 1972. *Climate: Present, Past and Future*. Methuen Co. Ltd., London. pp. 498-500, 511-521.
- Mercado, J. L. 1991. FAO Statement to the 8th Biennial Convention of the Asian Association of Agricultural Colleges and Universities. Asian Association of Agriculture Colleges and Universities. 7p.
- Müller, M.J. 1982. *Selective Climatic Data for a Global set of Standard Stations for Vegetation Science*. Dr. W. Junk Publishers, London. 306p.
- Robinson, J., S. Brush, I. Douglas, T.E. Graedel, D. Graetz, W. Hodge, D. Liverman, J. Melillo, R. Moss, A. Naumov, G. Njiru, J. Penner, P. Rogers, V. Ruttan and J. Sturdevant. 1994. Land-use and land-cover projections: Report of working group C. *In* W.B. Meyer and B.L. Turner II (eds.), *Change in Land Use and Land Cover: A Global Perspective*. Cambridge University Press, UK. pp. 324-340.
- Shugart, H.H. 1990. Using ecosystem models to assess potential consequences of global

- climatic change. *Trends Ecol. Evol.* 5:303-307.
- Thorntwaite, C.W. 1933. The climates of the earth. *Geogr. Rev.* 23:433-440.
- Walter, H.H. 1985. *Vegetation of the Earth and Ecological Systems of the Geobiosphere.* Springer, New York. 318p.
- Whittaker, R.H. and G.E. Likens. 1975. The primary production of the biosphere. *Human Ecol.* 1:299-369.

(1996년 8월 29일 접수)